



Biología 2^{BACHILLERATO}

Biblioteca del profesorado

GUÍA Y RECURSOS

La Guía de **Biología** para 2.º de Bachillerato es una obra colectiva concebida, diseñada y creada en el departamento de Ediciones Educativas de Santillana Educación, S. L., dirigido por **Enrique Juan Redal**.

En su realización ha participado el siguiente equipo:

Miguel Ángel Madrid Rangel

Laura Díaz Navarro

Jesús Diéguez Nanclares

EDICIÓN

Laura Díaz Navarro

Pilar de Luis Villota

DIRECCIÓN DEL PROYECTO

Antonio Brandi Fernández



Proyecto **La Casa del Saber**

Santillana

Índice

• Bienvenido al Proyecto de La Casa del Saber ..	4	• Recursos de la unidad 6	220
• El Bachillerato en la Educación Secundaria	6	– Programación de aula	220
• La Prueba de Acceso a la Universidad	14	– Recursos para el aula	222
• La Prueba de Acceso a la Universidad a partir de 2010	22	– Evaluación	224
• Acceso a estudios superiores desde el Bachillerato	32	– Atención a la diversidad	226
• Recursos de la unidad 1	124	– Solucionario	228
– Programación de aula	124	• Recursos de la unidad 7	240
– Recursos para el aula	126	– Programación de aula	240
– Evaluación	127	– Recursos para el aula	242
– Atención a la diversidad	129	– Evaluación	244
– Solucionario	131	– Atención a la diversidad	246
• Recursos de la unidad 2	138	– Solucionario	248
– Programación de aula	138	• Recursos de la unidad 8	260
– Recursos para el aula	140	– Programación de aula	260
– Evaluación	142	– Recursos para el aula	262
– Atención a la diversidad	144	– Evaluación	264
– Solucionario	146	– Atención a la diversidad	266
• Recursos de la unidad 3	158	– Solucionario	268
– Programación de aula	158	• Recursos de la unidad 9	278
– Recursos para el aula	160	– Programación de aula	278
– Evaluación	163	– Recursos para el aula	280
– Atención a la diversidad	165	– Evaluación	282
– Solucionario	167	– Atención a la diversidad	284
• Recursos de la unidad 4	180	– Solucionario	286
– Programación de aula	180	• Recursos de la unidad 10	298
– Recursos para el aula	182	– Programación de aula	298
– Evaluación	186	– Recursos para el aula	300
– Atención a la diversidad	188	– Evaluación	305
– Solucionario	191	– Atención a la diversidad	307
• Recursos de la unidad 5	204	– Solucionario	309
– Programación de aula	204	• Recursos de la unidad 11	322
– Recursos para el aula	206	– Programación de aula	322
– Evaluación	208	– Recursos para el aula	324
– Atención a la diversidad	210	– Evaluación	329
– Solucionario	212	– Atención a la diversidad	331
		– Solucionario	333

• Recursos de la unidad 12	344	• Recursos de la unidad 18	462
– Programación de aula	344	– Programación de aula	462
– Recursos para el aula	346	– Recursos para el aula	464
– Evaluación	348	– Evaluación	465
– Atención a la diversidad	350	– Atención a la diversidad	467
– Solucionario	352	– Solucionario	469
• Recursos de la unidad 13	362	• Recursos de la unidad 19	482
– Programación de aula	362	– Programación de aula	482
– Recursos para el aula	364	– Recursos para el aula	484
– Evaluación	366	– Evaluación	486
– Atención a la diversidad	368	– Atención a la diversidad	488
– Solucionario	370	– Solucionario	490
• Recursos de la unidad 14	382	• Recursos de la unidad 20	500
– Programación de aula	382	– Programación de aula	500
– Recursos para el aula	384	– Recursos para el aula	502
– Evaluación	385	– Evaluación	504
– Atención a la diversidad	387	– Atención a la diversidad	506
– Solucionario	389	– Solucionario	508
• Recursos de la unidad 15	400	• ¿Cómo se hace...?	
– Programación de aula	400	– Destrezas básicas con el ordenador	519
– Recursos para el aula	402		
– Evaluación	403		
– Atención a la diversidad	405		
– Solucionario	407		
• Recursos de la unidad 16	418		
– Programación de aula	418		
– Recursos para el aula	420		
– Evaluación	422		
– Atención a la diversidad	424		
– Solucionario	426		
• Recursos de la unidad 17	442		
– Programación de aula	442		
– Recursos para el aula	444		
– Evaluación	446		
– Atención a la diversidad	448		
– Solucionario	450		



El porqué de... **La Casa del Saber**

El significado del nombre

Un nombre es algo más que un conjunto de palabras. Es una idea, un concepto. *La Casa del Saber* es un nombre que habla del trabajo educativo y de un proyecto editorial. Es un nombre que expresa unas intenciones previas de acogida, seguridad y confianza. Que plantea unos objetivos de aprendizaje bien construido. Es una metáfora de la casa del saber por excelencia, la escuela, el lugar donde los alumnos y alumnas crecen y aprenden. *La Casa del Saber* nace como un proyecto con vocación de apoyo a los alumnos y alumnas, de contribución al éxito escolar, de servicio al profesorado.

Las claves de nuestro proyecto editorial



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. *La Casa del Saber* nació de la reflexión y se diseñó cuidadosamente. Sus planos fueron los **fundamentos teóricos** de las programaciones de los materiales, de la secuencia de contenidos de cada área, de la selección de los complementos didácticos, de las propuestas de evaluación. En estos planos se especificaron las justificaciones psicopedagógicas y científicas que constituyen los cimientos teóricos de la Casa.



LOS PILARES COMUNES A TODOS LOS MATERIALES. Todos los componentes del proyecto *La Casa del Saber* comparten la atención por los **valores** (solidaridad, tolerancia, espíritu emprendedor), las **tecnologías de la información y comunicación**, y las **competencias básicas** (lingüística; matemática; conocimiento e interacción con el mundo físico; tratamiento de información y competencia digital; competencia social y ciudadana; cultural y artística; aprender a aprender; autonomía e iniciativa personal).



DIVERSIDAD: UN ESPACIO PARA TODOS. Queríamos una *Casa del Saber* abierta a todos. Un espacio en el que todos tuvieran cabida. Un lugar en el que todos encontraran recursos para aprender, crecer, desarrollarse. Recursos para aprender más o reforzar los conocimientos, para comprender mejor y aplicar lo estudiado, para explorar nuevas posibilidades. Y recursos para acoger a los recién llegados que aún no dominan nuestra lengua.

Ahora la Casa es una realidad. En su diseño y construcción participaron profesores, diseñadores, psicopedagogos, editores, ilustradores, fotógrafos, infografistas, maquetistas e informáticos. Está casi terminada. Pero falta lo fundamental: sus habitantes. Los que aportarán su experiencia, su trabajo, su esfuerzo, para llenar de Saber cada estancia, de ilusión cada pared y de vida cada rincón.

Queda el paso más importante de todos. El de convertir nuestro proyecto en el suyo. El de extender la mano y, juntos, trabajar por el triunfo de sus alumnos y alumnas.

Adelante, este es vuestro proyecto. Es vuestra Casa. Es la Casa de todos.

En qué se concreta el proyecto

Cuatro principios básicos han inspirado el contenido, la orientación y la estructura de *La Casa del Saber*: la **adecuación al nuevo marco legislativo** (la LOE), **mejorar la comprensión** de los alumnos, **prepararles para la sociedad de la información** y aportar una **gran diversidad de materiales** para facilitar la labor del profesorado.

LOS NUEVOS LIBROS PARA LOS ALUMNOS Y ALUMNAS

Libros con un **cuidado especial del texto**: lenguaje claro y sencillo, vocabulario acorde con el nivel de los alumnos y una tipografía especialmente seleccionada para mejorar la comprensión.

Libros con **ilustraciones** inteligibles para los alumnos y alumnas, que no se limitan a confirmar lo redactado. Ilustraciones que son instrumentos de gran potencia para desarrollar capacidades como la observación, el análisis, la relación, el planteamiento de interrogantes, la expresión oral...

Libros con **actividades** coherentes con los objetivos, orientadas a que los alumnos desarrollen hábitos y destrezas, elaboren y construyan significados, contextualicen y generalicen lo aprendido.

En *La Casa del Saber* hemos dado importancia a la elegancia de los libros, su formato, su diseño, la belleza de las imágenes, la textura del papel. Todo ello para reflejar un **trabajo bien hecho**, y para transmitir la **importancia de la educación y la cultura**.

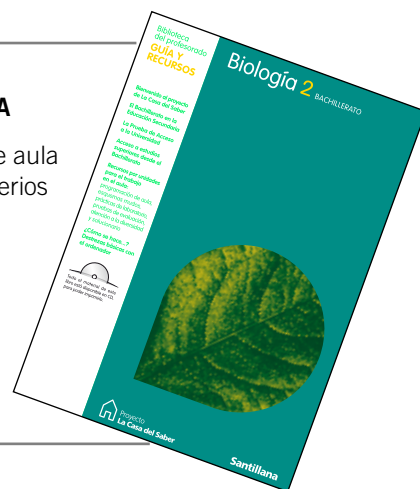


GUÍAS CON GRAN CANTIDAD DE RECURSOS PARA EL TRABAJO EN EL AULA

Guiones didácticos asociados a las unidades de los libros: con programaciones de aula que contienen los objetivos y contenidos que se trabajan en cada unidad y los criterios de evaluación; sugerencias didácticas y soluciones de las actividades.

Propuestas para trabajar la diversidad: fichas de ampliación y refuerzo y otros recursos.

Recursos complementarios: bancos de datos, esquemas mudos, prácticas de laboratorio... Muchas propuestas para facilitar la labor docente.



UN COMPLETO MATERIAL DE APOYO DIGITAL

Recursos multimedia para el trabajo en el aula. Un CD con presentaciones multimedia de cada una de las unidades: el profesorado podrá utilizarlas para presentar el tema de una forma más dinámica, navegando entre las transparencias, ampliando imágenes, mostrando esquemas, etc.

Guía en formato pdf. Para facilitar la distribución de documentos entre los alumnos y alumnas sin necesidad de utilizar la fotocopidora, o para consultarlos en el ordenador. En este CD podrás encontrar, además, las programaciones de aula.

El Bachillerato en la educación secundaria

El objetivo de este apartado es contextualizar el Bachillerato en el sistema educativo, conocer las condiciones de acceso al Bachillerato, su finalidad y sus criterios de evaluación, promoción y titulación. Además se proporcionan algunas claves para cursar el Bachillerato nocturno y a distancia, y para dar una respuesta educativa ajustada al alumnado con necesidades educativas especiales.

En este apartado también se expone información sobre las opciones académicas que tiene el alumnado que aprueba la modalidad de Bachillerato de Ciencias y tecnología. Se explican tanto las opciones académicas de grado superior no universitarias (en las que no es necesario realizar una prueba de acceso) como las de grado superior universitarias (en las que sí es necesario).

Esta información es importante para que el alumnado realice una elección de estudios y profesiones ajustada a sus intereses y aptitudes.

Contextualización del Bachillerato en el sistema educativo

El Bachillerato, la Formación Profesional de grado medio (ciclos formativos), las Enseñanzas Profesionales de Artes plásticas y diseño de grado medio y las Enseñanzas Deportivas de grado medio constituyen la educación secundaria postobligatoria. Estas enseñanzas, en el sistema educativo actual, están establecidas por la Ley Orgánica de Educación (LOE, 2006).

En la figura 1 se expone un esquema con el itinerario que puede seguir un alumno en el sistema educativo, los títulos que se obtienen al completar cada uno de los itinerarios y en qué momentos del itinerario se puede acceder a las enseñanzas a través de una prueba de acceso.

En el sistema educativo, además de las enseñanzas explicadas en la figura 1, existen enseñanzas de régimen especial. A estas enseñanzas se accede con o sin requisitos académicos, siendo necesario además realizar una prueba de madurez y una prueba específica.

Existen correspondencias entre las enseñanzas de régimen especial y el Bachillerato. Por ejemplo, la LOE articula la posibilidad de no tener que realizar la prueba específica de acceso correspondiente a las enseñanzas artísticas si se ha cursado la modalidad de Bachillerato de Artes. También contempla la posibilidad de obtener el título de Bachillerato aprobando solo las materias que son comunes a todas las modalidades de Bachillerato que existen, siempre que se hayan cursado las enseñanzas de régimen especial marcadas con * en la figura 2.

Figura 1. Itinerario que puede seguir un alumno en el sistema educativo

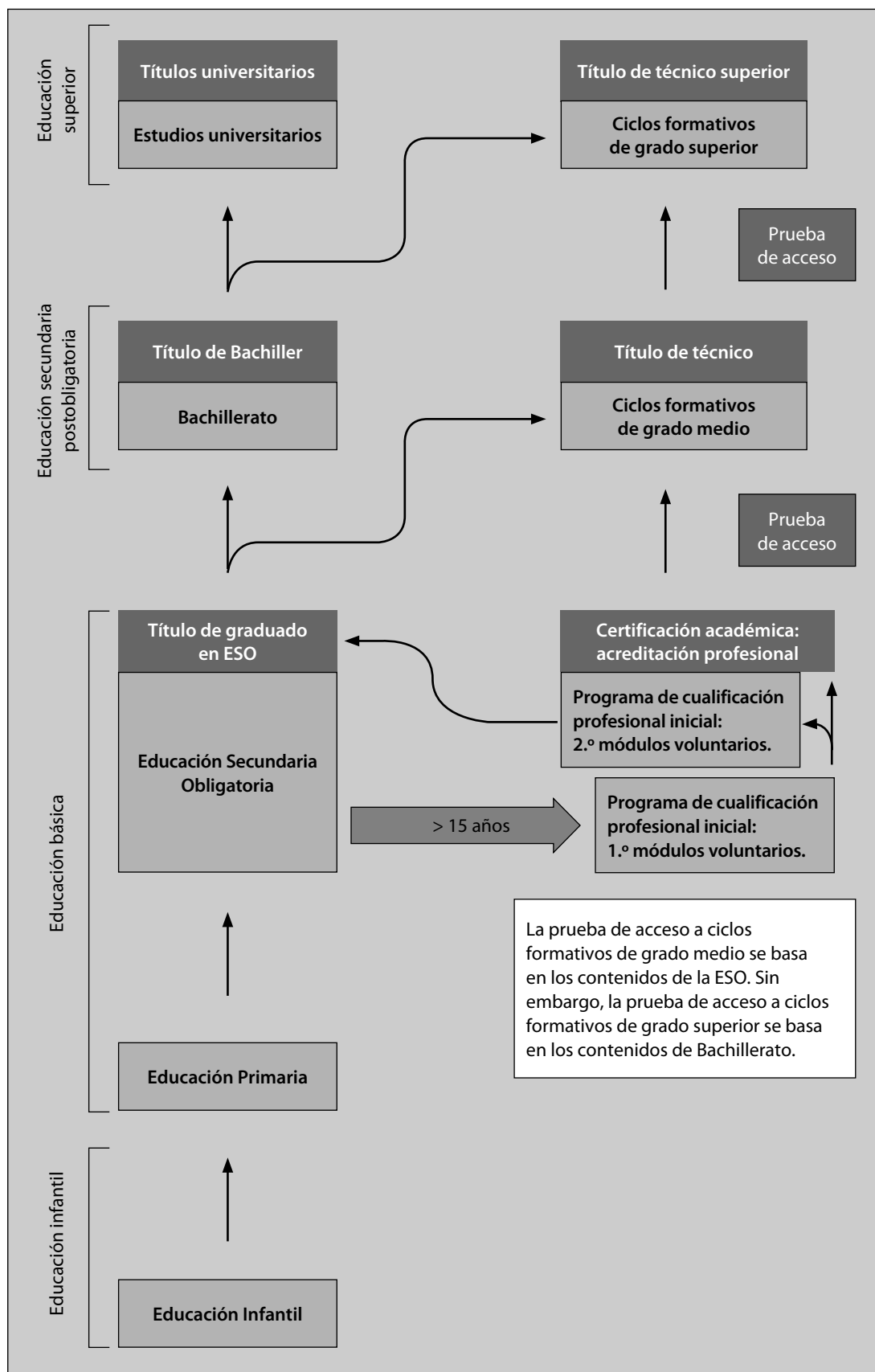
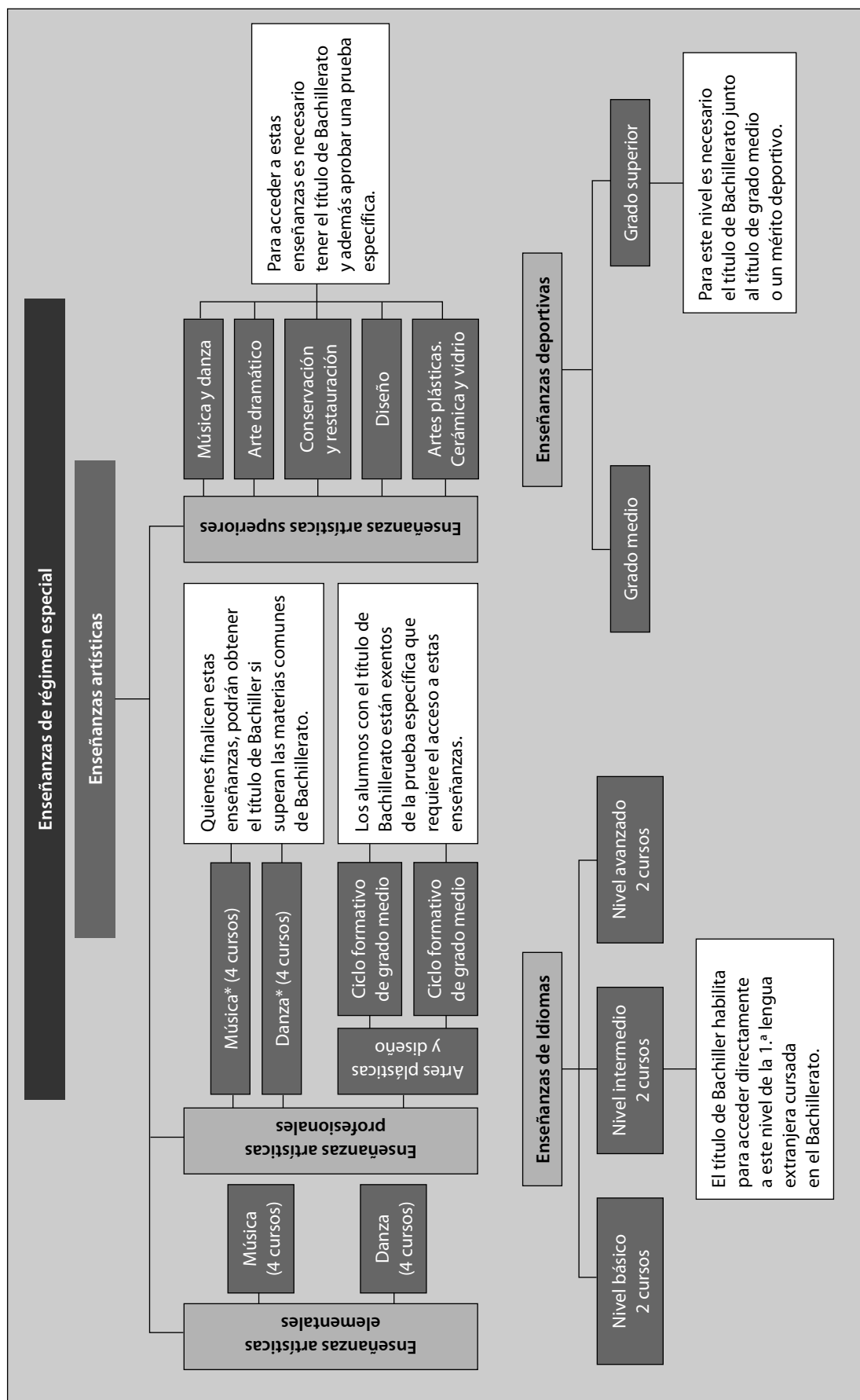


Figura 2: Enseñanzas de régimen especial y su correspondencia con el Bachillerato



Principios generales del Bachillerato

La LOE establece la finalidad del Bachillerato, los objetivos de estas enseñanzas, el acceso, los cursos que comprende, las modalidades y vías posibles, el tiempo que puede cursarse en régimen ordinario, la evaluación y promoción y cómo se obtiene el título. Estas cuestiones se desarrollan en la figura 3.

Figura 3. Características del Bachillerato

Finalidades del Bachillerato	• Proporcionar a los alumnos formación, madurez intelectual y humana, conocimientos y habilidades que les permitan desarrollar funciones sociales e incorporarse a la vida activa con responsabilidad y competencia, así como capacitar a los alumnos para acceder a la educación superior.
Cómo se accede al Bachillerato	• Con el título de Graduado en Educación Secundaria Obligatoria. • Con el título de Técnico de cualquier especialidad de Formación Profesional de grado medio. • Con el título de Técnico de Artes plásticas y diseño se puede acceder exclusivamente a la modalidad de Artes.
Objetivos del Bachillerato	• Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española, así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa. • Consolidar una madurez personal y social que permita a los alumnos actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales. • Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades existentes e impulsar la igualdad real y la no discriminación de las personas con discapacidad. • Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal. • Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su Comunidad Autónoma. • Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras. • Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación. • Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social. • Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida. • Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. • Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente. • Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico. • Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural. • Utilizar la educación física y el deporte para favorecer el desarrollo personal y social. • Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la seguridad vial.
Modalidades del Bachillerato	• Artes, que se organizará en dos vías, referidas, una de ellas a Artes plásticas, diseño e imagen y la otra a Artes escénicas, música y danza. • Ciencias y tecnología. • Humanidades y Ciencias Sociales.

Organización de las enseñanzas de cada modalidad de Bachillerato	• Cada modalidad de Bachillerato consta de – materias comunes – materias de modalidad – materias optativas • Las administraciones educativas podrán autorizar que una parte de las materias del currículo se impartan en lenguas extranjeras sin que ello suponga modificación de los aspectos básicos del currículo regulados en el Real Decreto 1467/2007. En este caso procurarán que a lo largo de ambos cursos se adquiera la terminología básica de las materias en ambas lenguas. • Para cursar estas enseñanzas no se exigirán requisitos lingüísticos.
Evaluación	• La evaluación del aprendizaje en el Bachillerato se realizará por materias y habrá dos pruebas: una de carácter ordinario y otra de carácter extraordinario que se realizará en las fechas que determinen las administraciones educativas. • Los resultados de la evaluación se expresarán mediante calificaciones numéricas de cero a diez sin decimales, considerándose negativas las calificaciones inferiores a cinco. La nota media será la media aritmética de las calificaciones de todas las materias, redondeada a la centésima más próxima y en caso de equidistancia a la superior. En la convocatoria de la prueba extraordinaria, cuando el alumnado no se presente a dicha prueba, se consignará no presentado. • El equipo docente coordinado por el profesor tutor, cuando evalúe al alumno, valorará su evolución en el conjunto de las materias y su madurez académica en relación con los objetivos del Bachillerato, así como, al final de la etapa, sus posibilidades de progreso en estudios posteriores.
Promoción	• Al finalizar el primer curso, y como consecuencia del proceso de evaluación, el profesorado de cada alumno adoptará las decisiones correspondientes sobre su promoción al segundo curso. • Se promocionará al segundo curso cuando se hayan superado todas las materias cursadas o se tenga evaluación negativa en dos materias como máximo. • Quienes promocionen al segundo curso sin haber superado todas las materias deberán matricularse de las materias pendientes del curso anterior. Los centros organizarán las consiguientes actividades de recuperación y la evaluación de las materias pendientes.
Título de Bachiller	• Quienes aprueben el Bachillerato en cualquiera de sus modalidades recibirán el título de Bachiller, que tendrá efectos laborales y académicos. • Para obtener el título de Bachiller será necesaria la evaluación positiva en todas las materias de los dos cursos de Bachillerato. • El alumnado que finalice las enseñanzas profesionales de música y danza obtendrá el título de Bachiller si supera las materias comunes del Bachillerato.

Las materias del Bachillerato

El gobierno del estado desarrolla en el Real Decreto 1467/2007 la estructura de Bachillerato, fijando unas enseñanzas mínimas para todas las Comunidades Autónomas. Cada Comunidad, respetando las competencias estatales, desarrolla los aspectos normativos que tienen que ser aplicados en su ámbito territorial (completa el currículum, establece distribución horaria de cada curso, las materias optativas, etc.). Durante el Bachillerato los alumnos cursan materias comunes, materias de la modalidad escogida y materias optativas.

Materias comunes a las tres modalidades de Bachillerato

Tras haber adquirido las competencias básicas al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria, el estudio de las materias comunes del Bachillerato propicia que los alumnos profundicen en su formación general, aumenten su madurez intelectual y humana y profundicen, asimismo, en aquellas competencias que tienen un carácter más transversal y favorecen seguir aprendiendo.

Figura 4. Materias comunes a las tres modalidades de Bachillerato

- Ciencias para el mundo contemporáneo.
- Educación física.
- Filosofía y ciudadanía.
- Historia de la filosofía.
- Historia de España.
- Lengua castellana y literatura
- Lengua extranjera.
- Si la hubiera, Lengua cooficial y literatura.

Con el fin de facilitar la homogeneidad de las pruebas de acceso a la universidad al menos las materias de Historia de la filosofía, Historia de España, Lengua castellana y literatura y Lengua extranjera deberán impartirse en segundo de Bachillerato.

Materias de modalidad

Las materias de modalidad del Bachillerato tienen como finalidad proporcionar una formación de carácter específico vinculada a la modalidad elegida, que oriente en un ámbito de conocimiento amplio, desarrolle aquellas competencias con una mayor relación con este conocimiento, prepare para una variedad de estudios posteriores y favorezca la inserción en un determinado campo laboral.

Materias de modalidad de Artes		Materias de modalidad de Ciencias y Tecnología	Materias de modalidad de Humanidades y Ciencias Sociales
Vía de Artes plásticas, imagen y diseño	Vía de Artes escénicas, música y danza		
– Cultura audiovisual. – Dibujo artístico I y II. – Dibujo técnico I y II. – Diseño. – Historia del arte. – Técnicas de expresión gráfico-plástica. – Volumen I.	– Análisis musical I y II. – Anatomía aplicada. – Artes escénicas. – Cultura audiovisual. – Historia de la música y de la danza. – Literatura universal. – Lenguaje y práctica musical.	– Biología. – Biología y geología. – Ciencias de la Tierra y medioambientales. – Dibujo técnico I y II. – Electrotecnia. – Física. – Física y química. – Matemáticas I y II. – Química. – Tecnología industrial I y II.	– Economía. – Economía de la empresa. – Geografía. – Griego I y II. – Historia del arte. – Historia del mundo contemporáneo. – Latín I y II. – Literatura universal. – Matemáticas aplicadas a las ciencias sociales I y II.

Los alumnos tienen que cursar en el conjunto de los dos cursos de Bachillerato un mínimo de seis materias de modalidad, de las cuales, al menos cinco tienen que ser de la modalidad elegida.

Las administraciones educativas distribuyen las materias de modalidad en los dos cursos que componen el Bachillerato. Las materias que requieren conocimientos de materias de primero se ofertan en segundo curso. Solo pueden cursarse estas materias de segundo (por ejemplo, Griego II) después de haber cursado las de primero (por ejemplo, Griego I). También se pueden cursar si se acreditan los conocimientos necesarios.

Los alumnos deben tener la posibilidad de elegir entre la totalidad de las materias de la modalidad que cursen. Cuando la oferta de materias en un centro quede limitada por razones organizativas, los alumnos podrán cursar alguna materia mediante la modalidad de educación a distancia o en otros centros escolares.

Materias optativas

Las materias optativas en el Bachillerato contribuyen a completar la formación del alumnado profundizando en aspectos propios de la modalidad elegida o ampliando las perspectivas de la propia formación.

El alumno tiene que elegir una materia optativa en primero y una en segundo, entre las ofertadas en cada Comunidad Autónoma.

Las optativas Segunda lengua extranjera y Tecnologías de la información y la comunicación tienen que ser ofertadas obligatoriamente en todos los centros.

Las administraciones educativas deben regular las materias optativas del Bachillerato, de forma que el alumnado tenga la posibilidad de elegir también como materia optativa al menos una materia de modalidad (ver figura 5).

Hay varios tipos de materias optativas:

- Materias optativas comunes a todas las modalidades.
- Materias optativas vinculadas a la modalidad o vía cursada por el alumno.
- Materias de la modalidad, y en su caso vía, que cursa el alumno, pero que no forman parte del itinerario elegido.
- Materias de otra modalidad, y en su caso vía, distinta de la cursada por el alumno e impartida en el centro.

Cada Comunidad Autónoma regula las optativas que se pueden ofertar en el Bachillerato.

Enseñanzas de Religión

Las Comunidades Autónomas tienen que garantizar, al inicio del curso, que los alumnos mayores de edad y los padres o tutores de los alumnos menores de edad puedan manifestar su voluntad de recibir o no enseñanzas de Religión.

La evaluación de la enseñanza de la Religión católica se realizará en los mismos términos y con los mismos efectos que la de las otras materias del Bachillerato.

Las calificaciones que se hubieran obtenido en la evaluación de las enseñanzas de Religión no se computarán en la obtención de la nota media a efectos de acceso a la universidad ni en las convocatorias para la obtención de becas y ayudas al estudio en que deban entrar en concurrencia los expedientes académicos.

Respuesta a algunas preguntas sobre las enseñanzas de Bachillerato

A continuación se exponen algunas cuestiones que pueden ser interesantes para los alumnos que están cursando el Bachillerato.

¿Se puede obtener el título de Bachiller presentándose a una prueba libre?

- Sí, las Comunidades Autónomas organizan periódicamente pruebas para que las personas mayores de 20 años puedan obtener directamente el título de Bachiller. En esa prueba la persona evaluada tiene que demostrar que ha alcanzado los objetivos del Bachillerato.
- Estas pruebas son diferentes para cada una de las tres modalidades del Bachillerato.

¿Existe correspondencia del Bachillerato con otras enseñanzas?	• Sí. Existe un régimen de reconocimiento recíproco entre materias del Bachillerato y algunos módulos de Formación Profesional y entre materias del Bachillerato y algunos módulos de Artes plásticas y diseño. • Todo el Estado tiene un régimen de convalidaciones entre algunas materias de Bachillerato y asignaturas de las Enseñanzas profesionales de música y de danza. • Hay establecida una normativa sobre la materia de Educación física para el alumnado que sea deportista de alto nivel y alto rendimiento.
¿Se puede cursar el Bachillerato en régimen nocturno?	• Sí. Este Bachillerato se cursa en más años y con menos períodos de clase a la semana. • En cada Comunidad Autónoma se regula por una orden diferente. • Las condiciones para acceder a este Bachillerato desde el Bachillerato diurno y viceversa tienen que ser analizadas individualmente porque dependen de la modalidad de Bachillerato elegida, de las materias aprobadas, de la regulación de cada Comunidad Autónoma, etc.
¿Se puede cursar el Bachillerato en régimen a distancia?	• Sí. Es una forma de cursar el Bachillerato en la que el alumnado puede matricularse del número de materias que desee de primero y segundo. • No hay limitación temporal para cursar de esta forma el Bachillerato. • Las materias de Bachillerato aprobadas en régimen diurno o nocturno siguen teniendo validez, ya que no es necesario repetir curso. • El Bachillerato a distancia tiene apoyo de un tutor al que se puede acudir voluntariamente. • Para matricularse en materias de segundo que requieren conocimientos de una materia de primero, es preciso tener evaluación positiva de la materia de primer curso. • Las condiciones para acceder a este Bachillerato son tener el título de graduado en educación secundaria y ser mayor de 18 años o cumplirlos en el año natural en el que se formaliza la matrícula. • En caso de tener entre 16 y 18 años es preciso acreditar que se está trabajando o que existen circunstancias excepcionales que impiden realizar los estudios en régimen presencial.
¿Están adaptadas las enseñanzas del Bachillerato al alumnado con altas capacidades intelectuales?	• Sí. Es posible flexibilizar las enseñanzas para el alumnado con altas capacidades intelectuales en los términos que determina la normativa vigente.
¿Es posible la adaptación de las enseñanzas de Bachillerato al alumnado con necesidades educativas especiales?	• Sí. Cada Comunidad Autónoma establece las condiciones de accesibilidad y los recursos de apoyo que favorecen el acceso al currículum del alumnado con necesidades educativas especiales. • Cada Comunidad Autónoma adapta los instrumentos y, en su caso, los tiempos y apoyos necesarios para asegurar una correcta evaluación de este alumnado.

La Prueba de Acceso a la Universidad

La Prueba de Acceso a la Universidad (PAU), también conocida como prueba de selectividad, es un examen cuya superación es necesaria para poder acceder a estudios universitarios.

A continuación se expone una contextualización de la prueba de acceso vigente hasta el curso 2009-2010, su finalidad, las vías por las que se realiza (que no equivalen a las modalidades de bachillerato aunque están relacionadas), las partes que tiene esta prueba, dónde se realiza y qué porcentaje de la nota influye, junto a la media de Bachillerato, para poder acceder a los estudios deseados. Además se proporcionan algunas claves para matricularse en la PAU, y para resolver determinadas dificultades que puedan aparecer durante el examen y, después de este, una vez conocida la calificación. Por último, se analizan la posibilidad de realizar la prueba por una o por dos vías de acceso, con las ventajas y los inconvenientes de estas opciones.

Al final de esta parte se presentan las características y especificaciones de la Prueba de Acceso a la Universidad en vigor a partir del curso académico 2009-2010.

Contextualización de la prueba

La prueba de acceso a la universidad ha estado regulada por la LOGSE, hasta el año 2010. Puede realizarse por una o por dos vías de acceso. La vía o vías de acceso por las que se realice condicionan los estudios universitarios a los que se puede acceder tras superarla.

Los alumnos que cursen Bachillerato por la modalidad de Artes están obligados a escoger la vía del mismo nombre. Esto no ocurre con el resto de modalidades, en las que se debe elegir entre dos vías en el momento de matricularse en la PAU. Esta elección obliga al alumno a examinarse de unas materias en la segunda parte de la prueba de acceso, y no de otras.

En la figura 1 se exponen las posibles vías por las que se puede realizar la prueba de acceso, la modalidad de Bachillerato que se ha tenido que cursar para elegirla y las materias vinculadas, de las que obligatoriamente se tiene que examinar cada alumno según la vía elegida.

Figura 1. Vías de acceso, modalidades de Bachillerato y materias vinculadas

VÍA DE ACCESO	MODALIDAD DE BACHILLERATO (NECESARIA PARA REALIZAR LA PRUEBA POR ESA VÍA)	MATERIAS VINCULADAS (EXAMEN DE REALIZACIÓN OBLIGATORIA)
CIENTÍFICO-TÉCNICA	• Tecnología • Ciencias de la naturaleza y de la salud	• Matemáticas • Física
CIENCIAS DE LAS SALUD	• Ciencias de la naturaleza y de la salud	• Biología • Química
HUMANIDADES	• Humanidades y ciencias sociales	• Latín • Historia del arte
CIENCIAS SOCIALES	• Humanidades y ciencias sociales	• Matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales • Geografía
ARTES	• Artes	• Dibujo artístico • Historia del arte

Estructura del Bachillerato LOGSE

Para comprender las características generales de la Prueba de Acceso a la Universidad conviene recordar la estructura del Bachillerato LOGSE, que se resume en la figura 2.

Figura 2. Estructura Bachillerato

Materias		Artes	Humanidades y Ciencias Sociales	Ciencias de la Naturaleza y de la Salud	Tecnología
OBLIGATORIAS	Comunes a todas las modalidades	– Lengua castellana y literatura II – Lengua extranjera II – Filosofía II – Historia			
	Propias de cada modalidad (3 materias de la opción elegida)	OPCIÓN ARTES - A TÉCNICAS DE EXPRESIÓN GRÁFICO-PLÁSTICA: – Dibujo artístico II – Historia del arte – Técnicas de expresión gráfico-plásticas OPCIÓN ARTES - B FUNDAMENTOS DE DISEÑO: – Dibujo artístico II – Historia del arte – Fundamentos de diseño OPCIÓN C. - IMAGEN: – Dibujo artístico II – Historia del arte – Imagen OPCIÓN D - DIBUJO TÉCNICO: – Dibujo artístico II – Historia del arte – Dibujo técnico II	OPCIÓN HUMANIDADES: (VINCULADA A LA OPCIÓN DE PRIMER CURSO DE HUMANIDADES) – Latín II – Griego II – Historia del arte OPCIÓN CIENCIAS SOCIALES GEOGRAFÍA E HISTORIA (1) (VINCULADA A LAS DOS OPCIONES DE PRIMER CURSO DE HUMANIDADES O CIENCIAS SOCIALES) – Geografía – Historia de la música – Historia del arte OPCIÓN CIENCIAS SOCIALES, ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN. (VINCULADA A LAS DOS OPCIONES DE PRIMER CURSO DE CIENCIAS SOCIALES) – Matemáticas aplicadas a las ciencias sociales II – Geografía – Economía y organización de empresas	OPCIÓN CIENCIAS E INGENIERÍA - A: (VINCULADA A LA OPCIÓN DE PRIMER CURSO DE CIENCIAS E INGENIERÍA) – Matemáticas II – Física – Dibujo técnico II OPCIÓN CIENCIAS E INGENIERÍA - B: (VINCULADA A LA OPCIÓN DE PRIMER CURSO DE CIENCIAS E INGENIERÍA) – Matemáticas II – Física – Química OPCIÓN CIENCIAS DE LA SALUD - A: (VINCULADA A LA OPCIÓN DE PRIMER CURSO DE CIENCIAS DE LA SALUD) – Química – Biología – Ciencias de la Tierra y medioambientales OPCIÓN CIENCIAS DE LA SALUD - B: (VINCULADA A LA OPCIÓN DE PRIMER CURSO DE CIENCIAS DE LA SALUD) – Química – Biología – Matemáticas II	OPCIÓN CIENCIAS E INGENIERÍA: (VINCULADA A LA OPCIÓN DE PRIMER CURSO DE CIENCIAS E INGENIERÍA) – Matemáticas II – Física – Dibujo técnico II OPCIÓN TECNOLOGÍA INDUSTRIAL: (2) (VINCULADA A LA OPCIÓN DE PRIMER CURSO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL) – Tecnología industrial II – Electrotecnia – Mecánica

Los alumnos de segundo de Bachillerato cursan una materia optativa. De manera voluntaria pueden cursar una segunda materia optativa con la misma consideración académica que el resto de las materias.

OPTATIVAS	Para todas las modalidades	– Ciencia tecnología y sociedad – Segunda lengua extranjera II			
	Vinculadas a una modalidad	– Volumen II – Talleres artísticos	– Literatura española y universal – Psicología – Fundamentos de administración y gestión	– Geología – Psicología – Tecnología industrial II	– Principios fundamentales de electrónica – Química – Biología
	Propias de la modalidad que cursa el alumno	Materias propias de la modalidad cursada correspondientes al segundo curso no incluidas en la opción elegida por el alumno.			
	Materias propias de otras modalidades impartidas en el centro	Materias propias de otras modalidades autorizadas y establecidas en el centro y que se imparten en segundo curso diferente de la elegida por el alumno, cursadas como optativa.			

(1) Para que esta opción dé paso a estudios universitarios es preciso elegir como optativa Matemáticas aplicadas a las ciencias sociales o Latín II.

(2) Para que esta opción dé paso a estudios universitarios es preciso elegir dos optativas: Matemáticas II y Física.

Características generales de la prueba

El Real Decreto 1025/2002, aprobado por el Gobierno del estado, establece entre otras cuestiones, la finalidad de la prueba de acceso, los objetivos, la estructura de la prueba y las vías posibles. Estas cuestiones se resumen y recogen en la figura 3.

Figura 3. Características de la PAU

Finalidad	• Valorar, junto a las calificaciones obtenidas en el Bachillerato, la madurez académica de los alumnos y los conocimientos adquiridos.
Acceso a la PAU	• Con el título de Bachillerato.
Objetivos en los que se basa	• La PAU se basa en los objetivos generales del Bachillerato y en los objetivos contenidos y criterios de evaluación de las materias comunes y de modalidad de 2.º de Bachillerato. • Cuando los alumnos se presentan a la prueba en una Comunidad Autónoma con lengua cooficial deberán realizar también un ejercicio correspondiente a esta lengua.
Vías de acceso	• Para realizar la prueba de acceso a la universidad, los alumnos pueden examinarse por una o dos de las siguientes vías de acceso: Científico-Técnica, Ciencias de la Salud, Humanidades, Ciencias Sociales y Artes.
Primera parte de la prueba	• Consiste en unos exámenes sobre las materias comunes cursadas por los alumnos en el segundo año de Bachillerato. Es igual para todos los alumnos. • En las comunidades con lengua cooficial, los alumnos realizan cuatro ejercicios (historia o filosofía a elegir, lengua extranjera, lengua castellana y lengua cooficial), mientras que en el resto de comunidades hacen los tres primeros.
Segunda parte de la prueba	• Consta de tres ejercicios sobre otras tantas materias propias de la modalidad de Bachillerato cursada. Entre estas materias, necesariamente deben incluirse las dos materias vinculadas a cada vía de acceso (por ejemplo, Biología y Química por la vía de Ciencias de la Salud). La tercera materia es elegida por el estudiante entre las propias de la modalidad de Bachillerato cursada (según la opción elegida)¹.
Alumnos que se presentan por dos vías	• En este caso, el alumno tiene que examinarse en la segunda parte de las cuatro materias vinculadas a las dos vías de acceso elegidas (en lugar de las tres que tendría que realizar si se presenta por una sola vía). Así, un alumno que se presente simultáneamente por las vías Científico-Técnica y Ciencias de la Salud deberá examinarse de Matemáticas, Física, Biología y Química.
Criterios de corrección de los ejercicios	• Para los exámenes de cada materia se establecen unos criterios específicos de corrección y calificación, en los que se incluye la ponderación de cada una de las preguntas o apartados de los ejercicios o determinados aspectos de los mismos. Estos criterios se hacen públicos una vez realizada la prueba.
Convocatorias de la PAU	• Cada año se celebran dos convocatorias: una ordinaria en junio y otra extraordinaria en septiembre.

¹ Ver en la figura 2 el esquema con las modalidades del Bachillerato LOGSE, las materias comunes y las propias de modalidad. Ver también las materias vinculadas a la vía de acceso que aparecen en la figura 1.

Duración de la PAU	• La prueba de acceso completa, para cada estudiante, tiene una duración de tres días, con un máximo de cuatro horas y media diarias de examen. • Esta duración debe ampliarse cuando sea preciso, por acceder el estudiante por una segunda vía. • La duración también se amplía por la especial naturaleza de algún ejercicio (materias relacionadas con el dibujo o la expresión plástica), o porque se acuerda previamente facilitar a determinados alumnos con características especiales, un tiempo superior al establecido con carácter general.
Calificación de la PAU cuando se accede por una vía	• Cada uno de los ejercicios de las dos partes de la prueba se califica entre cero y diez puntos. – La calificación de la primera parte es la media aritmética de los tres ejercicios, o cuatro, en el caso de Comunidades Autónomas con lengua cooficial propia. – La calificación de la segunda parte se obtiene sumando el 40 % de las calificaciones obtenidas en cada una de las dos materias vinculadas a la vía y el 20 % de la materia de libre elección. • La calificación global de la prueba es la media aritmética de las calificaciones obtenidas en las dos partes. • En ningún caso, un alumno puede ser declarado apto si no ha alcanzado al menos cuatro puntos en esta calificación global.
Calificación de la PAU cuando se accede por dos vías	• En este caso, la calificación de la primera parte de la prueba se hace conforme al apartado anterior. Para la segunda parte de la prueba hay dos calificaciones finales: una por cada vía. Su cálculo se desarrolla en el apartado sobre calificación de la prueba de acceso.
¿Qué es necesario para superar la PAU por una vía de acceso?	• Para superar la prueba de acceso a la universidad por una vía se tiene que alcanzar una puntuación de cinco puntos o superior en la calificación definitiva o «nota de admisión». • La prueba de acceso representa un 40 % de la calificación definitiva (nota de admisión) que facilita el acceso a estudios superiores. El otro 60 % de la nota de admisión corresponde a la nota media del expediente académico del Bachillerato. • En la nota media del Bachillerato no se tiene en cuenta la calificación obtenida en la enseñanza de la Religión.
¿Qué es necesario para superar la PAU por dos vías de acceso?	• Cuando un alumno se presenta al acceso por dos vías tiene dos calificaciones definitivas, una por cada vía de acceso. Para aprobar el alumno tiene que alcanzar una puntuación de cinco puntos o superior en la calificación definitiva. Podría darse el caso de que el alumno aprobara por una de las vías y suspendiera por la otra. En ese caso, podría acceder únicamente a los estudios universitarios vinculados a la vía aprobada.
Convocatorias	• Para superar la prueba, el alumno tiene un máximo de cuatro convocatorias. • No se considera consumida la convocatoria en la que el alumno no se presenta a ningún ejercicio.

Estructura de la prueba

La estructura de la Prueba de Acceso a la Universidad está establecida en el Real Decreto 1025/2002, y se desarrolla de la siguiente manera:

Primera parte de la prueba (fase general)

Su objetivo es valorar la formación general del alumno y evaluar destrezas académicas básicas: la comprensión de conceptos, la utilización del lenguaje, la capacidad para analizar, relacionar y sintetizar, expresar ideas y el conocimiento de una lengua extranjera.

Consta de tres o cuatro ejercicios, dependiendo de si la Comunidad Autónoma tiene o no lengua cooficial. Su estructura se recoge en la figura 4.

Figura 4. Estructura de la primera parte de la PAU (fase general)

EJERCICIOS DE LA PRIMERA PARTE			
Ejercicio 1. Composición de un texto sobre un tema o cuestión de tipo histórico o filosófico a partir del análisis de diferentes fuentes de información (textos, tablas, gráficos, imágenes y otras similares) incluidas en la propuesta de examen. La composición debe integrar los conocimientos del alumno y la información facilitada.	Ejercicio 2. Análisis de un texto de un idioma extranjero, del lenguaje común, no especializado. A partir del texto propuesto el estudiante realiza un comentario personal y responde a cuestiones relacionadas con el texto, que son planteadas y respondidas por escrito en el mismo idioma, sin ayuda de diccionario ni de ningún otro material didáctico.	Ejercicio 3. Análisis y comprensión de un texto en lengua castellana. Tiene tres partes, en las que se mide: a) la capacidad de análisis y síntesis del contenido del texto mediante la elaboración de un resumen y/o esquema del mismo; b) el comentario crítico sobre el contenido del texto, y c) las respuestas a cuestiones de lengua y literatura relacionadas con el texto.	Ejercicio 4. Examen de la lengua cooficial. Su contenido es establecido por la administración educativa competente.
La duración será de hora y media para cada ejercicio.			

Segunda parte de la prueba (fase específica)

Su objetivo es apreciar los conocimientos específicos de las materias propias de la modalidad, relacionados con los estudios universitarios posteriores. En esta parte se evalúan los conocimientos adquiridos en el Bachillerato y las destrezas básicas de la especialidad, como comprensión de conceptos, manejo del lenguaje científico, resolución de problemas y capacidades de analizar, relacionar y sintetizar.

La estructura de esta segunda parte se recoge en la figura 5.

Figura 5. Estructura de la segunda parte de la PAU (fase específica)

PRUEBA REALIZADA POR UNA VÍA		
Ejercicio 1. Primera materia vinculada a la vía escogida.	Ejercicio 2. Segunda materia vinculada a la vía escogida.	Ejercicio 3. Una de las materias propias de la modalidad cursada.
La duración será de hora y media para cada ejercicio. En cada ejercicio se ofrecen dos opciones para realizar una de ellas.		

PRUEBA REALIZADA POR DOS VÍAS			
Ejercicio 1. Primera materia vinculada a la primera vía escogida.	Ejercicio 2. Segunda materia vinculada a la primera vía escogida.	Ejercicio 3. Primera materia vinculada a la segunda vía escogida.	Ejercicio 4. Segunda materia vinculada a la segunda vía escogida.
La duración será de hora y media para cada ejercicio. En cada ejercicio se ofrecen dos opciones para realizar una de ellas.			

Cálculo de la calificación de la prueba

Cuando un alumno recibe su tarjeta con la calificación, aparecen los siguientes apartados:

- Calificación de la primera parte de la prueba.
- Calificación de la segunda parte de la prueba.
- Calificación global (media de las dos partes de la prueba).
- Calificación definitiva o nota de admisión (incluye la media de Bachillerato).

Si el alumno se presenta por dos vías aparecen los mismos apartados en cada una de las vías (tendrá, pues, dos calificaciones globales y otras dos definitivas).

Cada uno de los apartados que constituyen la calificación de la PAU tiene una nota de 0 a 10 puntos, con dos cifras decimales.

Calificación global de la PAU cuando se accede por una vía

La calificación de la primera parte de la prueba (fase general) se calcula mediante la media aritmética de los tres ejercicios que la componen (cuatro en el caso de las Comunidades Autónomas con lengua cooficial).

Para la calificación de la segunda parte (fase específica) se asignan diferentes porcentajes a cada uno de los tres ejercicios:

- Ejercicio 1. Primera materia vinculada: 40 %.
- Ejercicio 2. Segunda materia vinculada: 40 %.
- Ejercicio 3. Materia elegida entre las de modalidad: 20 %.

La calificación global se calcula mediante la media aritmética de las calificaciones obtenidas en la primera parte y la media ponderada de las calificaciones obtenidas en la segunda parte.

En ninguno de los ejercicios de la prueba hay una nota mínima requerida. Sin embargo, es necesario que la calificación global de la prueba de acceso sea al menos de 4 puntos (por ejemplo: se puede compensar una nota de un 2 en la primera parte con una nota de un 6 en la segunda parte).

Calificación de la primera parte (fase general)
$\frac{\text{Nota ejercicio 1} + \text{Nota ejercicio 2} + \text{Nota ejercicio 3}^1}{3}$
Calificación de la segunda parte (fase específica)
$(0,4 \times \text{nota de la materia vinculada 1}) + (0,4 \times \text{nota de la materia vinculada 2}) + (0,2 \times \text{nota de la materia de modalidad})$
Calificación global de la Prueba de Acceso a la Universidad
$\frac{\text{Calificación 1.ª parte (fase general)} + \text{calificación 2.ª parte (fase específica)}}{2}$

Calificación global de la PAU cuando se accede por dos vías

La calificación de la primera parte de la PAU se calcula de la misma manera en el caso de que el alumno acceda por dos vías que si lo hace por una sola vía.

En la segunda parte, el alumno tiene dos calificaciones (una para cada vía), que se calculan con el mismo procedimiento que en el caso de acceder por una (media ponderada). Para calcular esas dos calificaciones se tienen en cuenta las notas de las dos materias vinculadas a una vía y la nota más alta de las dos materias vinculadas a la otra vía.

Calificación de la segunda parte. Vía 1
$(0,4 \times \text{nota 1.ª materia vinculada a la vía 1}) + (0,4 \times \text{nota 2.ª materia vinculada a la vía 1}) + (0,2 \times \text{nota más alta de materia vinculada a la vía 2})$
Calificación de la segunda parte. Vía 2
$(0,4 \times \text{nota 1.ª materia vinculada a la vía 2}) + (0,4 \times \text{nota 2.ª materia vinculada a la vía 2}) + (0,2 \times \text{nota más alta de materia vinculada a la vía 1})$
Calificación global de la Prueba de Acceso a la Universidad por vía 1
$\frac{\text{Calificación 1.ª parte (fase general)} + \text{calificación 2.ª parte (fase específica) por vía 1}}{2}$

¹ En las Comunidades con lengua cooficial se calcula la media de los cuatro ejercicios, incluyendo el de dicha lengua.

Calificación global de la Prueba de Acceso a la Universidad por vía 2

Calificación 1.ª parte (fase general) + calificación 2.ª parte (fase específica) por vía 2

2

Puede suceder que un alumno apruebe la PAU por una vía y suspenda por la otra. En este caso tendría aprobada la PAU, pero no podría acceder a los estudios desde la vía que ha suspendido.

Calificación definitiva (incluye PAU y nota media de Bachillerato)

La calificación definitiva, o nota de admisión, se calcula sumando el 40 % de la calificación global de la PAU con el 60 % de la nota media obtenida en Bachillerato (NMB).

$$\text{Calificación definitiva} = 0,4 \times \text{PAU} + 0,6 \times \text{NMB}$$

Para ser declarado apto, la calificación definitiva tiene que ser como mínimo de 5 puntos. Además, es imprescindible haber obtenido al menos 4 puntos en la calificación global de la PAU.

Un alumno que ha obtenido un 4 en la calificación global de la PAU necesita al menos un 5,7 de media en Bachillerato para obtener un 5 como calificación definitiva, tal y como se comprueba a continuación:

$$0,4 \times 4 + 0,6 \times 5,7 = 5,02$$

El alumno que se presente **por dos vías** tendrá dos calificaciones definitivas.

$$\text{Calificación definitiva por la vía 1} = 0,4 \times \text{PAU (vía 1)} + 0,6 \times \text{NMB}$$

$$\text{Calificación definitiva por la vía 2} = 0,4 \times \text{PAU (vía 2)} + 0,6 \times \text{NMB}$$

Las condiciones para superar la PAU por cada vía son las mismas que cuando el alumno se presenta por una vía, obtener 5 puntos en la calificación definitiva con al menos 4 en la global.

La **calificación definitiva** (nota de admisión) es la que determinará el ingreso en aquellas enseñanzas universitarias oficiales de grado en las que se produzca un procedimiento de concurrencia competitiva, es decir, en el que el número de solicitudes sea superior al de plazas ofertadas.

Para acceder a las enseñanzas de grado superior no universitarias la nota que se tiene en cuenta es la media de Bachillerato, ya que no se requiere la PAU.

Respuesta a algunas preguntas sobre la PAU

A continuación se exponen algunas cuestiones que pueden ser interesantes para los alumnos que van a realizar la prueba de acceso a la universidad.

¿Cómo se realiza la inscripción en la prueba de acceso?	La inscripción se hace a través del centro en el que se cursa el Bachillerato. Se puede realizar por medio de la web de la universidad correspondiente.
¿Cuál es el plazo de inscripción y cómo se conoce la fecha del examen?	El plazo de inscripción suele ser en el mes de mayo y el examen se realiza en el mes de junio. Los datos concretos de fechas, horarios y lugares de realización en cada convocatoria se publican en las páginas web de las universidades correspondientes. Además, los alumnos suelen recibir esta información en el centro educativo en el que cursan el Bachillerato.
Si un alumno se presenta a subir nota en la PAU, ¿tiene que inscribirse en los plazos ordinarios?	No. Existe otro plazo para realizar esta inscripción. Suele ser anterior a la inscripción del alumnado ordinario. La convocatoria para esta opción se publica también en las páginas web de las universidades correspondientes.

¿Pueden dejar a algún alumno más tiempo para realizar los ejercicios de la PAU?	• Sí. La duración debe ampliarse cuando sea preciso, por acceder el estudiante por una segunda vía o por la especial naturaleza de algún ejercicio (por ejemplo, en las materias relacionadas con el dibujo o la expresión plástica). • También se puede ampliar el tiempo porque se acuerde, previamente, facilitar a determinados alumnos con características especiales un tiempo superior al establecido con carácter general. Para esto hay que enviar un informe solicitándolo al coordinador de la prueba de acceso de la universidad correspondiente. Por ejemplo, en ocasiones el alumnado con dislexia disfruta de más tiempo para realizar los exámenes.
¿Es posible la adaptación de las enseñanzas de Bachillerato al alumnado con necesidades educativas especiales?	• Sí, siempre que el alumno, en el momento de su inscripción justifique debidamente alguna discapacidad que le impida realizar la prueba de acceso con los medios ordinarios, la comisión tiene que tomar las medidas oportunas para que pueda hacerlo en las condiciones más favorables.
¿Quién decide los criterios de corrección de la PAU?	• La comisión correspondiente en cada una de las Comunidades Autónomas. Esta comisión informa a las universidades, y cada universidad se encarga de reunir a los centros educativos para informar de todos los detalles (tipo de examen con ejemplos concretos, criterios de calificación...). Esta información generalmente suele estar disponible también en las páginas web de cada universidad.
¿Se puede solicitar revisión de la calificación obtenida?	• Sí. Los alumnos pueden solicitar, ante el presidente del tribunal la revisión de la corrección de los ejercicios (o de alguno de ellos), en el plazo de tres días hábiles desde la fecha de publicación de las calificaciones. • Los ejercicios sobre los que se solicita la revisión serán corregidos por un profesor especialista distinto al que realizó la primera corrección. • La calificación resultará de la media aritmética de ambas correcciones. • En el supuesto de que existiera una diferencia de tres o más puntos entre ambas calificaciones, un tribunal distinto efectúa una tercera corrección (teniendo en cuenta la primera con la que el alumno no está conforme), otorgando la calificación que resuelve la revisión solicitada. Este procedimiento se efectúa en el plazo máximo de cinco días hábiles, contados a partir de la fecha de finalización del plazo anterior. • Sobre la calificación otorgada por el tribunal, los alumnos pueden presentar reclamación ante la comisión organizadora, en el plazo de tres días hábiles, contados a partir de la publicación de la resolución del tribunal. • La resolución adoptada por la comisión organizadora pone fin a la vía administrativa.
¿Cuáles son las diferencias prácticas entre solicitar la segunda corrección o presentar una reclamación?	• Los alumnos pueden presentar una reclamación sobre la calificación global, otorgada tras la primera corrección, en cuyo caso quedará excluida la posibilidad de solicitar la segunda corrección de algún ejercicio. • La segunda corrección puede bajar o subir la nota, la reclamación nunca baja la nota.
¿Se puede repetir la PAU para mejorar la calificación obtenida?	• Sí. Una vez superada la prueba de acceso a la universidad, el alumno puede presentarse de nuevo en sucesivas convocatorias, ordinarias y extraordinarias, con la finalidad de mejorar la nota. • La calificación global obtenida en las convocatorias para mejorar nota se tendrá en cuenta únicamente si es superior a la otorgada anteriormente.
¿Hay carreras en las que se puede matricular un alumno, independientemente de la vía de la prueba de acceso?	• Sí. Hay licenciaturas y diplomaturas a las que se puede acceder desde todas las vías por las que se realiza la prueba de acceso.

La Prueba de Acceso a la Universidad (PAU) a partir de junio de 2010

El acceso a la universidad española, tanto pública como privada, requiere, con carácter general, superar la prueba de acceso a la que se refiere el artículo 38 de la Ley Orgánica de Educación 2/2006, de 3 de mayo, y que queda regulada en el Real Decreto 1892/2008. Este Real Decreto determina las características de la prueba y el sistema de acceso para los alumnos que acaben 2.º de Bachillerato a partir de junio de 2010. También regula en qué términos podrán acceder a la universidad estudiantes con otras circunstancias (mayores de 25 años, mayores de 45 años, estudiantes procedentes de otros sistemas educativos, estudiantes con el título de Técnico de Grado Superior de Formación Profesional o con el título de Técnico Deportivo Superior, etc.).

En la nueva PAU, la modalidad por la que se realiza el Bachillerato no condiciona los estudios universitarios a los que se puede acceder tras superarla. Además, los alumnos pueden examinarse voluntariamente de materias de modalidad para subir la nota obtenida en la parte general de la prueba, siempre que estén vinculadas a la titulación elegida.

Características generales de la prueba

El Real Decreto 1892/2008 establece, entre otras cuestiones, la finalidad, los objetivos y la estructura de la prueba de acceso.

Figura 1. Características de la PAU

Finalidad	• Valorar, con carácter objetivo, la madurez académica del estudiante, así como los conocimientos y capacidades adquiridos en el Bachillerato y su capacidad para seguir con éxito las enseñanzas universitarias oficiales de grado. • Esta valoración se expresa con una calificación numérica, que permite la ordenación de las solicitudes de admisión para la adjudicación de las plazas ofertadas en los centros universitarios públicos.
Acceso a la PAU	• Con el título de Bachiller.
Dónde se realiza la prueba de acceso	• Los estudiantes que hayan cursado los estudios de Bachillerato tienen que realizar la PAU en la universidad a la que esté adscrito el centro de educación secundaria en el que hubieran obtenido el título de Bachiller. • Si un estudiante se presenta en sucesivas convocatorias a la prueba de acceso, tiene que realizar la PAU en la universidad pública a la que está adscrito el centro de educación secundaria en el que ha superado el segundo curso de Bachillerato. También puede examinarse en la universidad a la que está adscrito el instituto de educación secundaria más próximo a su lugar de residencia.
Fases de la prueba	La prueba consta de dos fases: • Una fase general, con carácter obligatorio. • Una fase específica, con carácter voluntario.

Fase general de la PAU	• Todos los estudiantes tienen que hacer esta fase de la prueba. • Consiste en cuatro ejercicios: – Un comentario, por escrito, de un texto no especializado y de carácter informativo o divulgativo, relacionado con las capacidades y contenidos de la materia de Lengua castellana y literatura. – Un ejercicio sobre una de las materias comunes cursadas por el alumno en el segundo año de Bachillerato: Historia de la filosofía, Historia de España y, en su caso, Ciencias para el mundo contemporáneo y Filosofía y Ciudadanía. – Un ejercicio de lengua extranjera (alemán, francés, inglés, italiano o portugués), en el que se valorará la comprensión oral y lectora y la expresión oral y escrita. – Un ejercicio de una de las materias de modalidad cursadas por el alumno en el segundo año de Bachillerato. • En las comunidades con lengua cooficial, los alumnos deben realizar un quinto ejercicio, si así lo establece la administración educativa. • Para la realización de los ejercicios, los candidatos pueden utilizar, a su elección, cualquiera de las lenguas oficiales de la comunidad autónoma en la que se encuentra el centro en el que se examinan. • Los ejercicios correspondientes a lengua castellana, lengua cooficial propia de la comunidad autónoma y lengua extranjera deben desarrollarse en las respectivas lenguas.
Fase específica de la prueba	• Es voluntaria. • Cada estudiante se puede examinar de cualquiera de las materias de modalidad de segundo de Bachillerato distintas a la materia de modalidad que haya elegido para examinarse en la fase general, aunque no las haya cursado durante el Bachillerato. • El estudiante tiene que indicar en la solicitud de inscripción a la prueba de acceso, las materias de las que se examinará. • Las materias de las que se examina voluntariamente el alumno, solo suben la nota de admisión cuando están relacionadas con las titulaciones de la rama de conocimiento en la que quiera ser admitido (ver figura 4). • Los ejercicios de cada una de las materias voluntarias elegidas por el estudiante consistirán en la respuesta por escrito a una serie de cuestiones adecuadas al tipo de conocimientos y capacidades que deban ser evaluados y cuyo formato de respuesta deberá garantizar la aplicación de los criterios objetivos de evaluación previamente aprobados.
Criterios de corrección y calificación de los ejercicios	• Al inicio de cada curso académico, las comisiones organizadoras de la prueba de acceso a la universidad, nombradas por las correspondientes administraciones educativas, deben hacer públicos los criterios de organización, la estructura básica de los ejercicios y los criterios generales de calificación. • Para los exámenes de cada materia, se establecen unos criterios específicos de corrección y calificación, en los que se incluye la ponderación de cada una de las preguntas o apartados de los ejercicios o determinados aspectos de los mismos. Estos criterios se hacen públicos una vez realizada la prueba.
Convocatorias de la PAU	• Cada año se celebrarán dos convocatorias de la prueba de acceso. • La Conferencia Sectorial de Educación y la Conferencia General de política universitaria pueden establecer un procedimiento para que se realicen más de dos convocatorias anuales de la totalidad de la prueba o de algunas de sus fases. • Los estudiantes pueden presentarse en sucesivas convocatorias para mejorar la calificación de la fase general o de cualquiera de las materias de la fase específica. En estos casos se tomará en consideración la calificación obtenida en la nueva convocatoria, siempre que esta sea superior a la anterior.

Duración de la PAU	• La fase general de la prueba de acceso, para cada estudiante, tiene una duración máxima de hora y media por ejercicio. • La fase específica de la prueba, para cada estudiante, tiene una duración de hora y media por ejercicio. • Entre el final de un ejercicio y el inicio del siguiente se establece un intervalo mínimo de cuarenta y cinco minutos en las dos fases. • La duración se puede ampliar porque se acuerde previamente facilitar a determinados alumnos, con características especiales, un tiempo superior al establecido con carácter general.
Calificación de la PAU y tiempo de validez de los resultados obtenidos	• Cada uno de los ejercicios de las dos partes de la prueba se califica entre cero y diez puntos redondeando con dos cifras decimales. – La calificación de la fase general se calcula mediante la media aritmética de los cuatro ejercicios (o cinco, en el caso de Comunidades Autónomas con lengua cooficial). En esta fase es necesario obtener al menos 4 puntos para superar la PAU. – En la fase específica se califica cada una de las materias a las que se presenta el alumno. Se considerará superada cada materia cuando el alumno obtiene una calificación igual o superior a 5. • La superación de la fase general de la PAU tiene validez indefinida. • La calificación de la fase específica de la PAU tiene validez para el acceso a la universidad durante los dos cursos académicos siguientes a la superación de la prueba. Un alumno puede examinarse de esta fase de la prueba tantas veces como quiera.
¿Cuándo se considera superada la prueba?	• Se considerará que un estudiante ha superado la prueba cuando obtiene una nota igual o mayor a 5 puntos como resultado de la media ponderada del 60 % de la nota media de Bachillerato y el 40 % de la calificación de la fase general (siempre que haya obtenido un mínimo de 4 puntos en esta fase). • La nota media del Bachillerato se expresará con dos decimales, redondeada a la centésima más próxima y en caso de equidistancia a la superior. • En la nota media del expediente no se tiene en cuenta la calificación obtenida en la enseñanza de la Religión.
Convocatorias	• El Real Decreto 1892/2008 no limita el número de convocatorias a las que puede presentarse un alumno.

Estructura de la prueba

La estructura de la Prueba de Acceso a la Universidad está establecida en el Real Decreto 1892/2008, y se desarrolla de la siguiente manera:

Fase general de la prueba

Su objetivo es valorar la madurez y las destrezas básicas que debe alcanzar el estudiante al finalizar el Bachillerato para seguir las enseñanzas universitarias oficiales de grado. Estas destrezas son la comprensión de mensajes, el uso del lenguaje para analizar, relacionar, sintetizar y expresar ideas, la comprensión básica de una lengua extranjera y los conocimientos o técnicas fundamentales de una materia de modalidad.

Consta de cuatro o cinco ejercicios, dependiendo de si la Comunidad Autónoma tiene o no lengua cooficial. Su estructura se recoge en la figura 2.

Figura 2. Estructura de la fase general de la PAU

EJERCICIOS DE LA PRIMERA PARTE: FASE GENERAL	Ejercicio 1 Consiste en un comentario por escrito de un texto no especializado de carácter informativo o divulgativo. El texto estará relacionado con las capacidades y contenidos de la materia de Lengua castellana y literatura. El ejercicio tendrá dos opciones diferentes, de las que el estudiante elegirá una.
	Ejercicio 2 Se basa en las capacidades y contenidos de una de las siguientes materias comunes de 2.º de Bachillerato: – Historia de la filosofía. – Historia de España. – En su caso, Ciencias para el mundo contemporáneo y Filosofía y Ciudadanía. El alumno debe responder por escrito a una serie de cuestiones adecuadas al tipo de conocimientos y capacidades que deban ser evaluados. Estas cuestiones deberán tener un formato de respuesta que garantice la aplicación de criterios objetivos de evaluación previamente aprobados. El ejercicio tendrá dos opciones diferentes, de las que el estudiante elegirá una. Los estudiantes deben indicar en la solicitud de inscripción de la prueba de acceso la materia común de la que se examinarán.
	Ejercicio 3 En este ejercicio se valora la comprensión oral y lectora y la expresión oral y escrita en una lengua extranjera. El ejercicio tendrá dos opciones diferentes, de las que el estudiante elegirá una. Los estudiantes deben indicar en la solicitud de inscripción de la prueba de acceso la lengua extranjera de la que se examinarán y pueden elegir entre: alemán, francés, inglés, italiano y portugués. La valoración de la comprensión y expresión oral se realizará a partir del curso 2011-2012.
	Ejercicio 4 Se basa en los contenidos de una de las materias de modalidad de 2.º de Bachillerato. El alumno debe responder por escrito a una serie de cuestiones adecuadas al tipo de conocimientos y capacidades que deban ser evaluados. Estas cuestiones tendrán un formato de respuesta que garantice la aplicación de los criterios objetivos de evaluación previamente aprobados. El ejercicio tendrá dos opciones diferentes, de las que el estudiante elegirá una. Los estudiantes deben indicar en la solicitud de inscripción de la prueba de acceso la materia de modalidad de la que se examinarán.
	Ejercicio 5 En las Comunidades Autónomas con lengua cooficial, la administración educativa puede establecer la obligatoriedad de un quinto ejercicio referido a la lengua cooficial. El ejercicio tendrá dos opciones diferentes, de las que el estudiante debe elegir una.
	La duración será de hora y media para cada ejercicio. Para la realización de estos ejercicios los estudiantes pueden utilizar, a su elección, cualquiera de las lenguas oficiales de la Comunidad Autónoma en la que se halle el centro en que se examinan, exceptuando los ejercicios correspondientes a lengua castellana, lengua cooficial propia de la Comunidad Autónoma y lengua extranjera.

Fase específica de la prueba

Esta fase de la prueba tiene carácter voluntario. Sus objetivos son:

- Evaluar los conocimientos y la capacidad de razonamiento en unos ámbitos disciplinares concretos, relacionados con los estudios que se pretenden cursar.
- Mejorar la calificación obtenida en la fase general.

La estructura de esta segunda parte se recoge en la figura 3.

Figura 3. Estructura de la segunda parte de la PAU (fase específica)

EJERCICIOS DE LA SEGUNDA PARTE: FASE ESPECÍFICA	Un ejercicio por cada materia de modalidad elegida El ejercicio de cada materia elegida consistirá en la respuesta por escrito de una serie de cuestiones que se adecuarán al tipo de conocimientos y capacidades que se evaluarán. Las cuestiones tendrán un formato de respuesta que garantizará la aplicación de los criterios objetivos de evaluación previamente aprobados.
	Los estudiantes se pueden examinar de cualquiera de las materias de modalidad de segundo de Bachillerato. Las materias de las que se examinen deben ser distintas a la materia elegida para realizar el cuarto ejercicio de la fase general.
	La duración será de hora y media para cada ejercicio. Entre una prueba y otra habrá un descanso de 45 minutos como mínimo.
	Los estudiantes deben indicar en la solicitud de inscripción de la prueba de acceso las materias de las que desean examinarse.

Superación de la Prueba de Acceso a la Universidad

La calificación final de la prueba se calcula como la media ponderada del 60 % de la nota media del Bachillerato y el 40 % de la calificación de la fase general. Para superarla, la calificación final tiene que ser de 5 puntos como mínimo, siempre que se hayan obtenido al menos 4 puntos en la fase general.

La calificación de la fase general de la prueba se calcula mediante la media aritmética de los cuatro ejercicios que la componen (cinco en el caso de las Comunidades Autónomas con lengua cooficial) redondeada con dos cifras decimales. Por su parte, cada uno de estos ejercicios se califican de 0 a 10, también con dos cifras decimales.

Calificación de la fase general de la PAU
$\frac{\text{Nota ejercicio 1} + \text{Nota ejercicio 2} + \text{Nota ejercicio 3} + \text{Nota ejercicio 4}^1}{4}$

La calificación final de la prueba se calcula sumando el 40 % de la calificación de la fase general de la PAU (CFG) más el 60 % de la nota media obtenida en Bachillerato (NMB).

Calificación final de la prueba
Calificación final = $0,4 \times \text{CFG} + 0,6 \times \text{NMB}$

Un alumno que ha obtenido una calificación de 4 en la fase general de la PAU (nota mínima imprescindible) necesita al menos un 5,66 de media en Bachillerato para obtener un 5 como calificación final en la PAU, tal y como se comprueba a continuación:

$$0,4 \times 4 + 0,6 \times 5,66 = 4,996^2 = 5,00$$

Cálculo de la calificación de la fase específica de la PAU

Para calcular la calificación de la fase específica se evalúan por separado cada una de las materias de modalidad de las que se examina el estudiante. Se considera superada la materia cuando el alumno obtiene una calificación igual o superior a 5 puntos.

La calificación de la fase específica no se tiene en cuenta para determinar si un alumno supera o no la prueba. La calificación obtenida en esta fase, que es voluntaria, permite mejorar la nota de admisión a las enseñanzas universitarias de grado, ya que esta puntuación se suma a la calificación final de la PAU, teniendo en cuenta los parámetros de ponderación de cada asignatura (que se explican más adelante).

¹ En las Comunidades con lengua cooficial, se calcula la media de los cinco ejercicios, incluido el de dicha lengua.

² El resultado se redondea a la centésima más próxima.

La calificación obtenida en las materias de modalidad de la fase específica de la PAU solo se incorpora a la nota de admisión si dichas materias están adscritas a la rama de conocimiento del título de grado en el que quiere ser admitido el estudiante.

En la figura 4 se exponen las materias de las que puede examinarse el alumno en la fase específica de la PAU para que la calificación se tenga en cuenta en la nota de admisión, según cada rama de conocimiento.

Figura 4. Materias de modalidad de 2.º de Bachillerato de las que puede examinarse el alumno en la fase específica en función de la enseñanza de grado que se quiere cursar

Materias de modalidad de 2.º de Bachillerato	Rama de conocimiento
– Análisis musical II – Anatomía aplicada – Artes escénicas – Cultura audiovisual – Dibujo artístico II – Dibujo técnico II – Diseño – Geografía – Griego II – Historia de la música y de la danza – Historia del arte – Latín II – Lenguaje y práctica musical – Literatura universal – Técnicas de expresión gráfico plástica – Volumen	Artes y humanidades
– Economía de la empresa – Geografía – Latín II – Literatura universal – Matemáticas aplicadas a las ciencias sociales II	Ciencias sociales y jurídicas
– Biología – Ciencias de la Tierra y medioambientales – Física – Matemáticas II – Química	Ciencias
– Biología – Ciencias de la Tierra y medioambientales – Física – Matemáticas II – Química	Ciencias de la salud
– Ciencias de la Tierra y medioambientales – Dibujo técnico II – Electrotecnia – Física – Matemáticas II – Química – Técnico industrial II	Ingeniería y Arquitectura

Cálculo de la nota de admisión a las enseñanzas universitarias oficiales de grado

Para la admisión a las enseñanzas universitarias oficiales de grado en las que se produzca un procedimiento de concurrencia competitiva, es decir, que el número de solicitudes sea superior al de las plazas ofertadas, se utiliza para adjudicar las plazas la **nota de admisión**, que se calcula utilizando la siguiente fórmula:

Nota de admisión a las enseñanzas universitarias de grado
$0,6 \times \text{NMB} + 0,4 \times \text{CFG} + a^* \times \text{M1} + b^* \times \text{M2}$

M1: la mejor calificación de las materia superadas en la fase específica.

M2: la segunda mejor calificación de las materias superadas en la fase específica.

a* y **b***: parámetros de ponderación de las dos materias con mejor calificación. Estos parámetros son de 0,1.

Aunque, las universidades pueden elevarlo hasta 0,2 en aquellas materias que consideren más idóneas para seguir con éxito determinadas enseñanzas universitarias de grado.

Las universidades harán públicos los valores de los parámetros de ponderación para las materias seleccionadas al inicio del curso correspondiente a la prueba.

Para acceder a las enseñanzas de grado superior no universitarias, como los ciclos formativos de grado superior, la nota que se tiene en cuenta es la media de Bachillerato, ya que no se requiere la PAU.

Respuesta a algunas preguntas sobre la PAU

A continuación se exponen algunas cuestiones que pueden ser interesantes para los alumnos que van a realizar la prueba de acceso a la universidad.

¿Cómo se realiza la inscripción en la prueba de acceso?	La inscripción se hace a través del centro en el que se cursa el Bachillerato. Se puede realizar por medio de la web de la universidad correspondiente.
¿Cuál es el plazo de inscripción y cómo se conocen las fechas de realización de la prueba?	El plazo de inscripción suele ser en el mes de mayo y la prueba en el mes de junio. Los datos concretos de fechas, horarios y lugares de realización en cada convocatoria se publican en las páginas web de las universidades correspondientes. Además, los alumnos suelen recibir esta información en el centro educativo en el que cursan el Bachillerato.
Si un alumno se presenta a subir nota en la PAU, ¿tiene que inscribirse en los plazos ordinarios?	Suele existir otro plazo para realizar esta inscripción. Habitualmente es anterior a la inscripción del alumnado ordinario. La convocatoria para esta opción se publica también en las páginas web de las universidades correspondientes. El alumno tiene que realizar la PAU en la universidad pública a la que está adscrito el centro de educación secundaria en el que se ha superado el segundo curso de Bachillerato. También puede examinarse en la universidad a la que está adscrito el instituto de educación secundaria más próximo a su lugar de residencia.
¿Pueden dejar a algún alumno más tiempo para realizar los ejercicios de la PAU?	La duración debe ampliarse cuando sea preciso para facilitar a determinados alumnos con características especiales un tiempo superior al establecido con carácter general. Para esto hay que enviar un informe elaborado por el departamento de orientación correspondiente, solicitándolo a la comisión organizadora de la prueba de acceso de la universidad correspondiente. Estas medidas se harán basándose en las adaptaciones curriculares cursadas en el Bachillerato.

¿Es posible la adaptación de los exámenes al alumnado con necesidades educativas especiales?	Sí, siempre que el alumno, en el momento de su inscripción justifique debidamente alguna discapacidad que le impida realizar la prueba de acceso con los medios ordinarios. La comisión tiene que tomar las medidas oportunas para que pueda hacerlo en las condiciones más favorables. Esto puede incluir un modelo especial de examen, la puesta a disposición del alumno de los medios materiales y humanos, de las asistencias y apoyos, y de las ayudas técnicas que precise para la realización de la prueba. También se garantiza al alumno el acceso a la información, a la comunicación de los procesos y al recinto o espacio físico donde esta se desarrolle.
¿Quién decide los criterios de corrección de la PAU?	La comisión organizadora correspondiente en cada una de las Comunidades Autónomas, según lo establecido por la administración educativa. Esta comisión informa a las universidades, y cada universidad se encarga de reunir a sus centros educativos adscritos para informar de todos los detalles (tipo de examen con ejemplos concretos, criterios de calificación...). Esta información generalmente suele estar disponible también en las páginas web de cada universidad.
¿Se puede solicitar revisión de la calificación obtenida?	Sí. Hay dos posibilidades: 1. Doble corrección. Con posibilidad de reclamar si no se está conforme con esta segunda corrección. • Los alumnos pueden presentar, ante el presidente del tribunal la solicitud de una segunda corrección de los ejercicios (o de alguno de ellos), en el plazo de tres días hábiles desde la fecha de publicación de las calificaciones. • Los ejercicios sobre los que se solicita la doble corrección serán corregidos por un profesor especialista distinto al que realizó la primera corrección. • La calificación resultará de la media aritmética de ambas correcciones. • En el supuesto de que existiera una diferencia de dos o más puntos entre ambas calificaciones, un tribunal distinto efectuará una tercera corrección. La calificación final será la media aritmética de las tres calificaciones. Este procedimiento se llevará a cabo en el plazo máximo de cinco días hábiles, contados a partir de la fecha de finalización del plazo anterior. • Sobre la calificación otorgada por el tribunal, tras el proceso de doble corrección, los alumnos pueden presentar reclamación de esta segunda corrección ante la comisión organizadora, en el plazo de tres días hábiles, contados a partir de la fecha la calificación sobre la que se hace pública la calificación sobre la que se formula la reclamación. • El estudiante tiene derecho a ver el examen corregido tras la segunda corrección en el plazo de cinco días. • La resolución adoptada por la comisión organizadora se notificará a los reclamantes. Las resoluciones ponen fin a la vía administrativa. 2. Reclamación. Si se presenta directamente una reclamación a la calificación obtenida, no se puede solicitar después una segunda corrección. • Los alumnos pueden presentar una reclamación sobre la calificación, otorgada tras la primera corrección, en el plazo de tres días hábiles, en cuyo caso quedará excluida la posibilidad de solicitar la segunda corrección de algún ejercicio concreto.

¿Cuáles son las diferencias prácticas entre solicitar la segunda corrección o presentar una reclamación?	La segunda corrección puede bajar o subir la nota, la reclamación nunca baja la nota.
¿Se puede repetir la PAU para mejorar la calificación obtenida?	Sí. Una vez superada la Prueba de Acceso a la Universidad, el alumno puede presentarse de nuevo en sucesivas convocatorias, con la finalidad de mejorar la calificación de la fase general o de cualquiera de las materias de la fase específica. La superación de la fase general tiene validez indefinida. La calificación de las materias de la fase específica tiene validez para el acceso a la universidad durante los dos cursos académicos siguientes a la superación de las mismas
¿Hay enseñanzas de grado a las que puede acceder un alumno, independientemente del Bachillerato cursado?	Sí. En las enseñanzas de grado se prioriza el acceso del alumnado según la nota de admisión, independientemente de la modalidad de Bachillerato cursada. En la nota de admisión se tienen en cuenta las calificaciones obtenidas en la PAU de las materias de modalidad de las que se examina el alumno en la fase específica de la misma. Un alumno puede examinarse en la fase específica de la PAU de cualquier materia de modalidad, independientemente de si la ha cursado en el Bachillerato, con el fin de obtener mayor puntuación en la fase específica y mejorar su nota de admisión.

Acceso a estudios superiores desde el Bachillerato

Los alumnos que han superado el Bachillerato tienen la posibilidad de acceder a las enseñanzas de grado superior no universitarias (ciclos formativos de grado superior). El acceso a cada uno de los ciclos formativos se prioriza en función de la modalidad de Bachillerato cursada y de la nota obtenida.

Los alumnos que han obtenido una calificación definitiva de apto en la prueba de acceso a la universidad tienen también la posibilidad de acceder a enseñanzas de grado superior universitarias. El acceso a las enseñanzas universitarias se prioriza en función de la calificación definitiva obtenida.

A continuación se contextualizan las enseñanzas de grado superior. Se proporciona información sobre los ciclos formativos a los que se accede desde el Bachillerato y las carreras universitarias a las que se accede en función de la vía elegida al realizar la Prueba de Acceso a la Universidad. Esta información se centra en las vías científico-técnica y de Ciencias de la salud.

Ciclos formativos de grado superior

A los ciclos formativos de grado superior se accede con el título de Bachillerato o a través de una prueba de acceso específica. Estos ciclos tienen como finalidad preparar a los alumnos para la actividad en un campo profesional y facilitar su adaptación a las modificaciones laborales que pueden producirse a lo largo de su vida. Asimismo, contribuyen al desarrollo personal de los alumnos y al ejercicio de una ciudadanía democrática.

En los ciclos formativos de grado superior los alumnos cursan una serie de módulos profesionales (equivalentes a las asignaturas de otras enseñanzas). La duración de los ciclos formativos es variable (desde un curso más un trimestre hasta dos cursos académicos). Los contenidos son teórico-prácticos y se adecuan a los diversos campos o familias profesionales. Para obtener el título de Técnico Superior, que se consigue al finalizar un ciclo formativo de grado superior, es imprescindible superar el módulo de Formación en Centros de Trabajo, que los alumnos realizan en un entorno productivo real.

A través de estos ciclos se puede acceder de forma directa a un porcentaje de plazas reservadas en la universidad en función de la nota media obtenida en el ciclo. Incluso existen algunas universidades en las que se pueden convalidar créditos habiendo cursado determinados ciclos formativos de grado superior.

En la actualidad conviven una serie de titulaciones derivadas del anterior sistema educativo (LOGSE) con las nuevas titulaciones que surgen como consecuencia de la aplicación de la LOE.

Se puede acceder a cualquier ciclo formativo de grado superior LOGSE desde cualquier modalidad de Bachillerato LOGSE. Sin embargo, en la admisión de alumnos en centros sostenidos con fondos públicos, cuando no existan plazas suficientes, se aplicarán sucesivamente los siguientes criterios de prioridad:

- a) Haber cursado alguna de las modalidades de Bachillerato que se determinan para cada ciclo formativo en la tercera columna de la figura 1.
- b) El expediente académico del alumno, en el que se valorará sucesivamente la nota media y haber cursado las materias de Bachillerato relacionadas en la columna cuarta de la figura 1.

La figura 1 contiene la relación de materias y modalidades de los ciclos formativos, y se ha obtenido del anexo I del Real Decreto 777/1998, de 30 de abril, por el que se desarrollan determinados aspectos de la ordenación de la Formación Profesional en el ámbito del sistema educativo, que determinó en su momento el Ministerio de Educación. No obstante, algunas Comunidades Autónomas han modificado esta normativa estableciendo una nueva lista de modalidades y materias. Para consultarlo se puede acudir a la web del departamento de educación correspondiente. Se pueden encontrar estas direcciones en el siguiente enlace:

www.mepsyd.es/educacion/relacioncomunidadesAUTONOMAs/comunidadesAUTONOMAs.htm.

Figura 1. Relación de ciclos formativos de grado superior LOGSE organizados por familias profesionales, con indicación de los criterios de admisión prioritarios determinados por el Ministerio de Educación en el anexo 1 del Real Decreto 777/1998

FAMILIA PROFESIONAL	CICLO FORMATIVO	CRITERIOS DE ADMISIÓN	
		Modalidad de Bachillerato	Materias de Bachillerato
Actividades agrarias	Gestión y organización de empresas agropecuarias	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Ciencias de la Tierra y medioambientales
	Gestión y organización de los recursos naturales y paisajísticos		
Actividades físicas y deportivas	Animación de actividades físicas y deportivas	Cualquier modalidad de Bachillerato	
Actividades marítimo-pesqueras	Producción acuícola	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Dibujo técnico Biología Electrotecnia
	Navegación, pesca y transporte marítimo		
	Supervisión y control de máquinas e instalaciones del buque		
Administración	Administración y finanzas	Ciencias de la naturaleza y de la salud Humanidades y ciencias sociales	Economía y organización de empresas
	Secretariado		
Artes gráficas	Diseño y producción editorial	Artes Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Dibujo técnico
	Producción en industrias de artes gráficas	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Tecnología industrial II
Comercio y marketing	Comercio internacional	Ciencias de la naturaleza y de la salud Humanidades y ciencias sociales	Economía y organización de empresas
	Gestión comercial y marketing		
	Gestión del transporte		
	Servicios al consumidor		
Comunicación, imagen y sonido	Imagen	Artes Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Física
	Producción de audiovisuales, radio y espectáculos	Ciencias de la naturaleza y de la salud Humanidades y ciencias sociales Tecnología	Economía y organización de empresas
	Realización de audiovisuales y espectáculos	Artes Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Física
	Sonido	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	

FAMILIA PROFESIONAL	CICLO FORMATIVO	CRITERIOS DE ADMISIÓN	
		Modalidad de Bachillerato	Materias de Bachillerato
Edificación y obra civil	Desarrollo de proyectos urbanísticos y operaciones topográficas	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Dibujo técnico
	Desarrollo y aplicación de proyectos de construcción		Dibujo técnico Mecánica
	Realización y planes de obra		Dibujo técnico
Electricidad y electrónica	Desarrollo de productos electrónicos	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Electrotecnia
	Instalaciones electrotécnicas		
	Sistemas de regulación y control automáticos		
	Sistemas de telecomunicación e informáticos		
Fabricación mecánica	Construcciones metálicas	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Dibujo técnico Mecánica
	Desarrollo de proyectos mecánicos		Dibujo técnico Tecnología industrial II
	Óptica de anteojería		Física
	Producción por fundición y pulvimetalurgia		Tecnología industrial II
	Producción por mecanizado		
Hostelería y turismo	Agencia de viajes	Ciencias de la naturaleza y de la salud Humanidades y ciencias sociales	Geografía
	Animación turística		Segunda lengua extranjera
	Alojamiento		
	Información y comercialización turísticas		Historia del arte
	Restauración		
Imagen personal	Asesoría de imagen personal	Ciencias de la naturaleza y de la salud Humanidades y ciencias sociales	
	Estética		Biología
Industrias alimentarias	Industria alimentaria		Química
Informática	Administración de sistemas informáticos	Ciencias de la salud Humanidades y ciencias sociales Tecnología	
	Desarrollo de aplicaciones informáticas		

FAMILIA PROFESIONAL	CICLO FORMATIVO	CRITERIOS DE ADMISIÓN	
		Modalidad de Bachillerato	Materias de Bachillerato
Madera y mueble	Desarrollo de productos en carpintería y mueble	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Tecnología industrial II
	Producción de madera y mueble		
Mantenimiento de vehículos autopropulsados	Automoción	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Electrotecnia Mecánica
	Mantenimiento aeromecánico		Electrotecnia
	Mantenimiento de aviónica		
Mantenimiento y servicios a la producción	Desarrollo de proyectos de instalaciones de fluidos, térmicas y de manutención	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Tecnología Industrial II
	Mantenimiento de equipo industrial		
	Mantenimiento y montaje de instalaciones de edificio y proceso	Ciencias de la naturaleza y de la salud Humanidades y ciencias sociales. Tecnología	Biología Tecnología Industrial I
	Prevención de riesgos profesionales		
Química	Análisis y control	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Química
	Fabricación de productos farmacéuticos y afines		
	Industrias de proceso de pasta y papel		
	Industrias de proceso químico		
	Plásticos y caucho		
	Química ambiental		
Sanidad	Anatomía patológica y citología	Ciencias de la naturaleza y de la salud	Biología
	Dietética		
	Documentación sanitaria	Ciencias de la naturaleza y de la salud Humanidades y ciencias sociales	
	Audioprótesis	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Física
	Higiene bucodental		Biología
	Imagen para el diagnóstico		
	Laboratorio de diagnóstico clínico		Biología
	Ortoprotésica		Dibujo técnico
	Prótesis dentales		
	Radioterapia		
	Salud ambiental		Ciencias de la Tierra y medioambientales

FAMILIA PROFESIONAL	CICLO FORMATIVO	CRITERIOS DE ADMISIÓN	
		Modalidad de Bachillerato	Materias de Bachillerato
Servicios socioculturales y a la comunidad	Animación sociocultural	Ciencias de la naturaleza y de la salud Humanidades y ciencias sociales	
	Educación infantil	Cualquier modalidad de Bachillerato	
	Interpretación de la lengua de signos		
	Integración social	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	
Textil, confección y piel	Curtidos	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Química
	Patronaje	Artes Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Dibujo técnico
	Procesos de confección industrial	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Química
	Procesos de ennoblecimiento textil		Tecnología industrial II
	Procesos textiles de hilatura y tejeduría de calada		
	Procesos textiles de tejeduría de punto		
Vidrio y cerámica	Desarrollo y fabricación de productos cerámicos	Ciencias de la naturaleza y de la salud Tecnología	Química
	Fabricación y transformación de productos de vidrio		

Los centros educativos en los que se imparten los distintos ciclos formativos pueden consultarse en la dirección: www.mepsyd.es/centros/ o en las páginas web de las distintas Comunidades Autónomas.

Enseñanza superior universitaria

Las cuestiones relacionadas con las enseñanzas universitarias se recogen en la figura 2.

Figura 2. Características de las enseñanzas universitarias

Criterio que determina la prioridad de ingreso a cada titulación	La calificación definitiva. Algunas titulaciones priorizan el ingreso en función de la vía de Bachillerato cursada por el alumno.
Duración de las enseñanzas universitarias en la actualidad	Pueden ser de ciclo corto, de ciclo largo o de segundo ciclo: - Las enseñanzas de <u>ciclo corto</u> tienen una duración de tres años y comprenden contenidos básicos y de formación general, por un lado, y contenidos orientados a la preparación para el ejercicio de actividades profesionales, por otro. Con ellas se pueden obtener los títulos de Diplomado, Maestro, Arquitecto técnico o Ingeniero técnico. - Las enseñanzas de <u>ciclo largo</u> constan de dos ciclos. El primero dura dos años como mínimo y en él se incluyen conocimientos básicos y generales. El segundo dura también como mínimo dos años. Es en el segundo ciclo cuando se desarrolla la profundización y especialización en las enseñanzas correspondientes, así como la preparación para el ejercicio de actividades profesionales. Permiten la obtención de los títulos de Licenciado, Ingeniero o Arquitecto. - Algunas licenciaturas e ingenierías solo tienen <u>segundo ciclo</u>. Para acceder a ellas es necesario haber completado otras titulaciones de primer ciclo de licenciaturas afines y cumplir las condiciones que establezca el plan de estudios correspondiente mediante la superación de los llamados complementos de formación o pasarelas. - Existen universidades que ofertan dobles titulaciones.
Asignaturas que componen el plan de estudios de una titulación. Créditos	Cada una de las asignaturas que componen el plan de estudios de una titulación tiene una equivalencia en créditos. Un crédito corresponde a diez horas de clases teórico-prácticas, y cada universidad es la que establece los sistemas de verificación de conocimientos con los que se valora la obtención de los créditos que corresponden a las distintas asignaturas.
Cómo se estructuran los planes de estudios de las distintas titulaciones	Se estructuran por materias, que se clasifican en materias troncales, obligatorias y de libre configuración: - Las <u>materias troncales</u> son comunes para todas las universidades y las fija el Estado. - Las <u>materias obligatorias</u> son establecidas por cada universidad. El alumno cursa el número de créditos que se determina, a elegir dentro de la oferta disponible. - Las <u>materias de libre configuración</u> son las que eligen los alumnos de entre las siguientes opciones: - Asignaturas troncales, obligatorias u optativas, que se imparten en la universidad correspondiente en un plan de estudios que no curse el alumno. - Asignaturas optativas del plan de estudios que curse el alumno, pero que no ha elegido como tales. - Asignaturas de oferta específica de libre elección que cada universidad haya determinado.
Qué es el <i>practicum</i>	Es la formación práctica en empresas, centros o instituciones adecuada a los objetivos docentes, que permite al estudiante obtener créditos para completar su formación. Determinados planes de estudio incluyen esta como asignatura obligatoria u optativa.
Estructura que se implantará a partir del curso 2010-2011 teniendo en cuenta la declaración de Bolonia (algunas universidades han implantado los grados experimentalmente en 2008)	- Las enseñanzas universitarias oficiales serán de Grado, Máster y Doctorado. - Estas enseñanzas se medirán en créditos europeos (ECTS). El número mínimo de horas, por crédito, será de 25, y el máximo, de 30. - En estas horas se incluyen las clases lectivas, teóricas o prácticas, las horas de estudio, las dedicadas a la realización de seminarios, trabajos, prácticas o proyectos, y las exigidas para la preparación y realización de los exámenes y pruebas de evaluación.

Qué son las enseñanzas de Grado	Son enseñanzas que tienen como finalidad la obtención por parte del estudiante de una formación general, en una o varias disciplinas, orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional. La superación de estas enseñanzas da derecho a la obtención del título de Graduado. Sus planes tienen 240 créditos que contienen toda la formación teórica y práctica. Las enseñanzas concluyen con la elaboración y defensa de un trabajo de fin de grado.
Qué son las enseñanzas de Máster universitario	Estas enseñanzas tienen entre 60 y 120 créditos que contienen toda la formación teórica y práctica que el estudiante debe adquirir: materias obligatorias, materias optativas, seminarios, prácticas externas, trabajos dirigidos, trabajo de fin de Máster, actividades de evaluación y otras que resulten necesarias según las características propias del título. El trabajo de fin de Máster tiene entre 6 y 30 créditos, y tiene que ser defendido a la conclusión del plan de estudios. Para acceder a estas enseñanzas es necesario un título universitario oficial español u otro expedido por una institución de educación superior del Espacio Europeo de Educación Superior, que permita, en el país que expide el título, el acceso a estas enseñanzas. La universidad puede establecer requisitos específicos y criterios de valoración de méritos propios.
Enseñanzas de Doctorado	Su finalidad es la formación avanzada del estudiante en las técnicas de investigación. Pueden incorporar cursos, seminarios u otras actividades orientados a la formación investigadora e incluye la elaboración y presentación de la correspondiente tesis doctoral. Los programas de doctorado tienen un periodo de formación y un periodo de investigación. Para acceder al Programa de Doctorado en su periodo de formación es necesario cumplir las mismas condiciones que para el acceso a las enseñanzas oficiales de Máster.

En la figura 3 se exponen los estudios universitarios a los que se accede de forma prioritaria desde las vías Científico-técnica y de Ciencias de la salud. Además se han incluido los estudios universitarios a los que se puede acceder con la misma prioridad tras la PAU realizada desde cualquiera de las vías.

En las titulaciones vinculadas a una de las dos vías señaladas o a las dos se ha consignado esta circunstancia de forma explícita.

La información se estructura por estudios universitarios ordenados por orden alfabético. Cuando una nueva titulación de grado conserva el mismo nombre que la antigua, se expone en una tabla situada a continuación de la anterior.

De cada titulación se explicitan las universidades españolas en las que se imparte y la nota de corte para acceder a la misma en cada una de las universidades en el año 2008.

No se han incluido las titulaciones de segundo ciclo, ya que no se puede acceder a ellas desde el Bachillerato al ser necesario haber cursado un ciclo corto universitario.

En la figura 4 se ofrece un listado de universidades, ordenado por Comunidades Autónomas en orden alfabético, para facilitar la consulta.

Figura 3. Estudios universitarios a los que se accede desde las vías Científico-técnica y de Ciencias de la salud, ordenados por titulaciones y notas de corte del año 2008

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Administración y dirección de empresas (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ABAT OLIBA CEU (privada). Barcelona		U. DE MURCIA	5,0
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Administración y dirección de empresas (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra- Cerdanyola del Vallès (Barcelona)		U. DE SALAMANCA	5,9
U. AUTÓNOMA DE MADRID		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. DE SEVILLA	5,0
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE VALENCIA	6,6
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE VALLADOLID	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID		U. DE VALLADOLID. Segovia	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Pozuelo de Alarcón (Madrid)		U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DA CORUÑA		U. DE VIGO. Orense	
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)		U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,8
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)		U. DE ZARAGOZA	5,7
U. DE ALMERÍA		U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE BARCELONA		U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	
U. DE BURGOS		U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	
U. DE CÁDIZ		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)		U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)		U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete		U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real		U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca		U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Orihuela (Alicante)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo		U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. DE CÓRDOBA		U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Administración y dirección de empresas (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz		U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	7,0
U. DE GIRONA		U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Alcoi (Alicante)	5,2
U. DE GRANADA		U. POMPEU FABRA. Barcelona	8,0
U. DE HUELVA		U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE JAÉN		U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)		U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	6,2
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)		U. REY JUAN CARLOS. Fuenlabrada (Madrid)	5,3
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA		U. REY JUAN CARLOS. Móstoles (Madrid)	5,3
U. DE LEÓN		U. REY JUAN CARLOS. Pozuelo de Alarcón (Madrid)	5,0
U. DE LES ILLES BALEARS		U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	5,0
U. DE LLEIDA		U. ROVIRA I VIRGILI. Reus (Tarragona)	5,0
U. DE MÁLAGA		UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Administración y dirección de empresas (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	6,5
U. A DISTANCIA DE MADRID (privada). Collado Villalba (Madrid)		U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR	
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. CARLOS III DE MADRID. Colmenarejo (Madrid)	6,1		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Arquitectura (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE SEVILLA	7,2
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE VALLADOLID	7,2
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	7,1
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DA CORUÑA	6,5	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	7,7	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	7,4
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	7,7	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. San Cugat del Vallés (Barcelona)	7,3
U. DE GIRONA	7,2	U. POLITÉCNICA DE MADRID	8,0
U. DE GRANADA	7,4	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	8,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,1	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE MÁLAGA	7,8	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)		U. ROVIRA I VIRGILI. Reus (Tarragona)	7,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Arquitectura (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	6,5
U. DE ZARAGOZA	7,8		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Arquitectura técnica (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE SALAMANCA. Zamora	5,5

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Arquitectura técnica (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE SEVILLA	6,0
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. DE ZARAGOZA. Almunia de Doña Godina (Zaragoza)	5,0
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	6,9
U. DA CORUÑA	5,5	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Guadalajara	5,6	U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,2	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,9
U. DE BURGOS	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	6,0
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	6,5	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,8
U. DE GIRONA	5,7	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,5
U. DE GRANADA	6,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE LES ILLES BALEARS	5,8	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LLEIDA	6,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Artes escénicas (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Bellas artes (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,9	U. DE MURCIA	6,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Aranjuez (Madrid)	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE BARCELONA	5,9	U. DE SEVILLA	5,5
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,1	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Bellas artes (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE GRANADA	5,6	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Altea (Alicante)	5,0
U. DE MÁLAGA	6,2	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,4

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Bellas artes (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,3	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE ZARAGOZA. Teruel	6,3		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Biblioteconomía y documentación (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CARLOS III DE MADRID. Colmenarejo (Madrid)		U. DE LEÓN	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)		U. DE MURCIA	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,0	U. DE VALENCIA	5,0
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE GRANADA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Biología (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,5	U. DE LEÓN	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,8	U. DE LES ILLES BALEARS	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	6,3	U. DE MÁLAGA	5,0
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE MURCIA	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Biología (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,3	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE BARCELONA	6,8	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,1
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE GIRONA	5,8	U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	6,6
U. DE GRANADA	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. DE JAÉN	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,8

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Biología Humana (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota		
U. POMPEU FABRA. Barcelona	8,2		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Biotecnología (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	8,6	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE LEÓN	8,1	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	8,7
U. DE LLEIDA	7,6	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	8,6
U. DE SALAMANCA	9,2	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	8,0
U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencia y tecnología de los alimentos (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota		
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias de la Actividad física y el deporte (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LLEIDA	5,9
U. AUTÓNOMA DE MADRID	6,6	U. DE MURCIA	6,1
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE SEVILLA	
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. DE VALENCIA	6,4
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,5
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	6,2	U. DE ZARAGOZA. Huesca	6,1
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)		U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	6,3
U. DE BARCELONA	6,4	U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	6,2	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	6,1
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	6,8	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,7
U. DE GRANADA	5,7	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,7
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LEÓN	5,5		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias de la actividad física y el deporte (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)		U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias Ambientales (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE MÁLAGA	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,1	U. DE MURCIA	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,1	U. DE SALAMANCA	5,2

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias Ambientales (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	6,5
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE VALENCIA. Gandía (Valencia)	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DE BARCELONA	6,3	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,0
U. DE GIRONA	5,0	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	
U. DE HUELVA	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	
U. DE JAÉN	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Móstoles (Madrid)	5,0
U. DE LEÓN	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias ambientales (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE ZARAGOZA. Huesca	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias empresariales (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE MÁLAGA	5,0
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE MURCIA	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Manresa (Barcelona)	5,0	U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Sabadell (Barcelona)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias empresariales (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)		U. DE SALAMANCA	5,0
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE SEVILLA	5,0
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE VALENCIA	6,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Aranjuez (Madrid)	5,0	U. DE VALLADOLID. Soria	5,0
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Guadalajara	5,0	U. DE VIGO. Orense	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE BARCELONA	5,2	U. DE ZARAGOZA. Huesca	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE CÁDIZ	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE CÁDIZ. Jerez de la Frontera (Cádiz)	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Talavera de la Reina (Toledo)	5,0	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,2	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,1
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. DE EXTREMADURA. Plasencia (Cáceres)	5,0	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0
U. DE GIRONA	5,2	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE GRANADA	5,8	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,0
U. DE GRANADA. Ceuta	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias empresariales (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE GRANADA. Melilla	5,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,8
U. DE HUELVA	5,0	U. POMPEU FABRA. Mataró (Barcelona)	5,0
U. DE JAÉN	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	5,0
U. DE LEÓN	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Reus (Tarragona)	5,0
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE LLEIDA	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias del mar (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)		U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias del mar (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota		
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ciencias del trabajo y recursos humanos (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. A DISTANCIA DE MADRID (privada). Collado Villalba (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Ciencias del transporte y la logística (Grado)	
Se imparte en:	Nota	
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Ciencias políticas y sociología (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	
UNED		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Ciencias políticas y la administración (Licenciatura)			
Se imparte en:	Nota		Se imparte en:	Nota
U. ABAT OLIBA CEU (privada). Barcelona			U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,4		U. DE VALENCIA	5,7
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)			U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid			U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Orihuela (Alicante)	5,1
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Pozuelo de Alarcón	5,0		U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0
U. DE BARCELONA	5,8		U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,7
U. DE GRANADA	5,0		U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Ciencias políticas (Grado)			
Se imparte en:	Nota		Se imparte en:	Nota
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	5,0		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Ciencias y salud animal (Grado)	
Se imparte en:	Nota	
U. DE LLEIDA	5,4	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Cine y televisión (Grado)
Se imparte en:	Nota
U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Comunicación (Grado)
Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Comunicación audiovisual (Licenciatura)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	
M. HERNÁNDEZ U. (Elche, Altea, S. Juan)	5,1	U. DE SALAMANCA	
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	7,6
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	8,0	U. DE SEVILLA	6,4
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE VALENCIA	7,8
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE VALENCIA. Gandía (Valencia)	6,6
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	6,2	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	6,3
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Aranjuez (Madrid)	5,3	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	6,8
U. DA CORUÑA		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE BARCELONA		U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. DE BURGOS	5,5	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	6,4	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE GRANADA		U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	6,3
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. DE LLEIDA		U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE MÁLAGA	5,9	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Comunicación audiovisual (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE ZARAGOZA SAN JORGE (privada)	
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	6,6	U. POMPEU FABRA. Barcelona	8,5
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. REY JUAN CARLOS. Fuenlabrada (Madrid)	5,7
U. DE MURCIA		U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	6,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Comunicación audiovisual y multimedia (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Comunicación publicitaria (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Derecho (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ABAT OLIBA CEU (privada). Barcelona		U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LEÓN	5,0
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE LES ILLES BALEARS	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,4	U. DE LLEIDA	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE MÁLAGA	5,0
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE MURCIA	5,0
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE SALAMANCA	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Derecho (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE VALENCIA	5,9
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,3	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE VALLADOLID. Segovia	5,0
U. DE BARCELONA	5,4	U. DE VIGO. Orense	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. DE CÁDIZ. Jerez de la Frontera (Cádiz)	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,1
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. POMPEU FABRA. Barcelona	6,8
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE GIRONA	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Fuenlabrada (Madrid)	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Móstoles (Madrid)	5,0
U. DE JAÉN	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Derecho (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. A DISTANCIA DE MADRID (privada). Collado Villalba (Madrid)		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. CARLOS III DE MADRID. Colmenarejo (Madrid)	5,0	U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Desarrollo, gestión comercial y estrategias de mercado (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Derecho hispano-francés (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota		
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Dirección de empresas-BBA (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota		
U. RAMON LLULL (privada). Barcelona			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Dirección financiera y contabilidad (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota		
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Dirección internacional de empresas y turismo de ocio (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)		
Se imparte en:	Nota		
U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Dirección y creación de empresas (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)		
Se imparte en:	Nota		
U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Diseño (Grado)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)		U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Diseño de interiores (Grado)		
Se imparte en:	Nota		
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Economía (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ABAT OLIBA CEU (privada). Barcelona		U. DE MÁLAGA	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,5	U. DE MURCIA	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Economía (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE SALAMANCA	5,3
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Pozuelo de Alarcón (Madrid)	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE VALENCIA	5,9
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. DE BARCELONA	5,8	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	7,4
U. DE GIRONA	5,1	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Fuenlabrada (Madrid)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Reus (Tarragona)	5,0
U. DE LEÓN		UNED	
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Economía (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota		
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	5,1		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Educación Infantil (Grado)	
Se imparte en:	Nota	
U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Educación Primaria (Grado)	
Se imparte en:	Nota	
U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Educación Social (Diplomatura)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,3	U. DE MÁLAGA	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID. Aravaca (Madrid)	5,0	U. DE MURCIA	5,0
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,8	U. DE SALAMANCA	5,5
U. DA CORUÑA	5,3	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,5
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE VALENCIA	6,0
U. DE BARCELONA	6,2	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Talavera de la Reina (Toledo)	5,0	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,5
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. DE VIGO. Orense	5,0
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	6,3	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,2
U. DE GIRONA	6,1	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE GRANADA	6,5	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,5
U. DE HUELVA	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,4	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,8
U. DE LLEIDA	5,7	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Enfermería (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LEÓN	6,7
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,5	U. DE LEÓN. Ponferrada (León)	6,4
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Manresa (Barcelona)	5,3	U. DE LES ILLES BALEARS	5,9
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Terrassa (Barcelona)	5,5	U. DE LLEIDA	6,1
U. AUTÓNOMA DE MADRID	6,6	U. DE MÁLAGA	7,5
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE MURCIA	7,1
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	7,3
U. COMPLUTENSE DE MADRID	7,1	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	7,9
U. DA CORUÑA	6,9	U. DE SALAMANCA	7,2
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	6,3	U. DE SALAMANCA. Ávila	6,1
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	6,8	U. DE SALAMANCA. Zamora	6,3
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Guadalajara	6,5	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	6,5
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	7,6	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	6,5
U. DE ALMERÍA	6,9	U. DE SEVILLA	7,3
U. DE BARCELONA	6,6	U. DE VALENCIA	7,5
U. DE BARCELONA. Hospitalet	6,5	U. DE VALLADOLID	6,8
U. DE BURGOS	6,8	U. DE VALLADOLID. Palencia	6,5
U. DE CÁDIZ	6,9	U. DE VALLADOLID. Soria	6,5
U. DE CÁDIZ. Jerez de la Frontera (Cádiz)	6,5	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	6,7	U. DE VIGO. Orense	6,3
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	6,7	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	6,1
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	7,7	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	6,3
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	7,3	U. DE ZARAGOZA. Huesca	6,4

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Enfermería (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	7,1	U. DE ZARAGOZA. Teruel	6,3
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	7,2	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	7,0
U. DE CÓRDOBA	7,2	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	6,9
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	7,9	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	6,8
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	7,2	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE EXTREMADURA. Mérida (Badajoz)	7,2	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE EXTREMADURA. Plasencia (Cáceres)	6,8	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	7,4
U. DE GIRONA	6,2	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. San Cugat del Vallés (Barcelona)	5,4
U. DE GRANADA	7,4	U. POMPEU FABRA. Barcelona	6,1
U. DE GRANADA. Ceuta	5,9	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE HUELVA	6,5	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE JAÉN	6,8	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	6,6
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	7,4	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	6,5	U. REY JUAN CARLOS. Alcorcón (Madrid)	6,7
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	8,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	6,3

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Enfermería (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE ZARAGOZA	6,9		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Estadística (Diplomatura) (sólo se puede acceder desde la vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Estadística y empresa (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota		
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Farmacia (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,4
U. COMPLUTENSE DE MADRID	6,3	U. DE SEVILLA	5,5
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	6,4	U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	7,2
U. DE BARCELONA	6,9	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,3
U. DE GRANADA	5,2	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. San Juan (Alicante)	7,2

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Farmacia (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE MURCIA		U. DE ZARAGOZA. San Jorge (privada)	
U. DE SALAMANCA	6,7		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Filosofía (Licenciatura)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. DE VALENCIA	5,0
U. DE GIRONA	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE MÁLAGA	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE MURCIA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)		UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Filosofía (Grado)	
Se imparte en:	Nota	
U. DE ZARAGOZA	5,0	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Finanzas (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	
U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Finanzas y contabilidad (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota	
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	5,0	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Física (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	6,1
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DE VIGO. Orense	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	UNED	
U. DE MURCIA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Física (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Fisioterapia (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LES ILLES BALEARS	6,3

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Fisioterapia (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Manresa (Barcelona)	5,0	U. DE MÁLAGA	7,9
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. San Cugat del Vallès (Barcelona)	5,6	U. DE MURCIA	6,7
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	7,8
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE SALAMANCA	7,9
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE SEVILLA	7,7
U. COMPLUTENSE DE MADRID	7,8	U. DE VALENCIA	7,8
U. DA CORUÑA	7,4	U. DE VALLADOLID. Soria	7,3
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	7,3	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DE ALMERÍA	7,3	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	7,3
U. DE CÁDIZ	7,6	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE CANTABRIA. Torrelavega (Cantabria)	6,2	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	7,8	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	7,2
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	7,9	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE GIRONA	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE GRANADA	8,2	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Tudela (Navarra)	7,0
U. DE JAÉN	7,5	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	7,0	U. REY JUAN CARLOS. Alcorcón (Madrid)	7,1
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	7,6	U. ROVIRA I VIRGILI. Reus (Tarragona)	7,3
U. DE LEÓN. Ponferrada (León)	7,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Fisioterapia (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. DE ZARAGOZA	7,6
U. CATÓLICA DE VALENCIA		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Geografía (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE LES ILLES BALEARS	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE LLEIDA	
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE MÁLAGA	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,3	U. DE MURCIA	5,0
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE GIRONA	5,0	U. DE VALENCIA	5,3
U. DE GRANADA	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE LEÓN	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Geografía y ordenación del territorio (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. DE LLEIDA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Geología (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0
U. DE HUELVA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Gestión cultural (Grado)	
Se imparte en:	Nota	
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Gestión y administración pública (Diplomatura)			
Se imparte en:	Nota		Se imparte en:	Nota
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)			U. DE LEÓN	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Pozuelo de Alarcón (Madrid)	5,0		U. DE MÁLAGA	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,1		U. DE MURCIA	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0		U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0
U. DE BARCELONA	5,0		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE BURGOS	5,0		U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE CÁDIZ. Jerez de la Frontera (Cádiz)	5,0		U. DE SEVILLA	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0		U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0		U. DE ZARAGOZA. Huesca	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	5,0		U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0		U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,0
U. DE GIRONA	5,0		U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,5
U. DE GRANADA. Melilla	5,0		U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	5,0
U. DE JAÉN	5,0			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Humanidades (Licenciatura)			
Se imparte en:	Nota		Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)			U. DE HUELVA	
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0		U. DE JAÉN	5,0
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid			U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,0		U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0		U. DE SALAMANCA	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Humanidades (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,1	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE VALENCIA	
U. DE BURGOS	5,0	U. DE ZARAGOZA. Huesca	5,0
U. DE CÁDIZ	5,0	U. DE ZARAGOZA. Teruel	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,2	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	7,4	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,2
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,0	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Humanidades (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	5,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Información y documentación (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CARLOS III DE MADRID. Colmenarejo (Madrid)	5,0	U. DE SALAMANCA	5,5
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería aeronáutica (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE SEVILLA	7,6	U. POLITÉCNICA DE MADRID	8,0
U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	8,4	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	8,4

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería agrónoma (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE VALLADOLID. Palencia	
U. DE ALMERÍA		U. DE ZARAGOZA. Huesca	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete		U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Orihuela (Alicante)	5,3
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)		U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE LEÓN		U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,6
U. DE LLEIDA		U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería de caminos, canales y puertos (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE GRANADA	7,3
U. DA CORUÑA	6,3	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)		U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	7,1
U. DE BURGOS	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	6,7
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	6,3	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	7,9
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	7,2		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería en diseño industrial y desarrollo de producto (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía de Artes)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE ZARAGOZA	6,3
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería de edificación (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería eléctrica (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota		
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería electrónica industrial y automática (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota		
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería en electrónica industrial (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota		
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería geológica (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,1	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE BARCELONA	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)		U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería industrial (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE ZARAGOZA	5,0
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)	6,3	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,5
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,1
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	6,9
U. DE GIRONA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,3
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	7,5
U. DE MÁLAGA	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,7
U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)		U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE SALAMANCA. Béjar (Salamanca)		U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE SEVILLA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE VALLADOLID	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería informática (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ABAT OLIBA CEU (privada). Barcelona		U. DE LES ILLES BALEARS	
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE LLEIDA	
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE MÁLAGA	5,0
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE MURCIA	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería informática (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE SALAMANCA	
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE VALLADOLID	
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. DE VIGO. Orense	
U. DE ALMERÍA		U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE BURGOS		U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE CÁDIZ		U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,1
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE CÓRDOBA		U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,8
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,0
U. DE GIRONA		U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE GRANADA	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE HUELVA		U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	
U. DE JAÉN		U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)		U. REY JUAN CARLOS. Móstoles (Madrid)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	
U. DE LEÓN	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería en informática (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)	5,0
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)	
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE ZARAGOZA SAN JORGE (privada)	
U. CARLOS III DE MADRID. Colmenarejo (Madrid)	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería mecánica (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)	6,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería de minas (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE LEÓN		U. POLITÉCNICA DE BARCELONA. Manresa (Barcelona)	
U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería de montes (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE VALLADOLID. Palencia	
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE LLEIDA		U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,0
U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Ingeniería multimedia (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	
U. RAMON LLULL (privada). Barcelona		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Ingeniería naval y oceánica (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Ingeniería en organización industrial (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Ingeniería química (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	6,7	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	6,5
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,3	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	5,1
U. DE BARCELONA	5,5	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,1

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería química (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE GRANADA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	6,8
U. DE HUELVA	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	6,4
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,7
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE MÁLAGA	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Móstoles (Madrid)	5,0
U. DE MURCIA	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería de sistemas audiovisuales (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota		
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)	5,2		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería de sistemas de comunicaciones (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)	5,2	U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería de telecomunicación (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. DE SEVILLA	5,0
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE VALLADOLID	5,0
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,5
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra- Cerdanyola del Vallès (Barcelona)		U. DE ZARAGOZA	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	6,2	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería de telecomunicación (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. POLITÉCNICA DE MADRID	6,7
U. DE GRANADA	6,1	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,0
U. DE JAÉN. Linares (Jaén)		U. POMPEU FABRA. Barcelona	
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE MÁLAGA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)		U. REY JUAN CARLOS. Fuenlabrada (Madrid)	5,0
U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería telemática (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota		
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica aeronáutica (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE LEÓN	5,4	U. POLITÉCNICA DE MADRID	6,1
U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	7,4		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica agrícola-explotaciones agropecuarias (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE SEVILLA	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica agrícola-explotaciones agropecuarias (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. DE VALLADOLID. Soria	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DE ZARAGOZA. Huesca	5,0
U. DE GIRONA	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Orihuela (Alicante)	6,4
U. DE HUELVA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE LEÓN	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE LLEIDA	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,0
U. DE SALAMANCA	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica agrícola-hortofruticultura y jardinería (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DE ZARAGOZA. Almunia de Doña Godina (Zaragoza)	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Orihuela (Alicante)	5,0
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE LEÓN	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE LLEIDA	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,0
U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica agrícola-industrias agrarias y alimentarias (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica agrícola-industrias agrarias y alimentarias (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE BURGOS	5,0	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. DE VIGO. Orense	5,0
U. DE EXTREMADURA. Almendralejo (Badajoz)	5,0	U. DE ZARAGOZA. Almunia de Doña Godina (Zaragoza)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Orihuela (Alicante)	5,5
U. DE GIRONA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE LEÓN	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE LEÓN. Ponferrada (León)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,3
U. DE LLEIDA	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE SALAMANCA. Zamora	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica agrícola-mecanización y construcciones rurales (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0
U. DE LEÓN	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE LLEIDA	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica en diseño industrial (acceso prioritario vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE SEVILLA	5,7
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE VALLADOLID	6,9
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE ZARAGOZA	
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,6

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica en diseño industrial (acceso prioritario vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,6	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	7,4
U. DE EXTREMADURA. Mérida (Badajoz)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Alcoi (Alicante)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,0
U. DE MÁLAGA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica forestal-industrias forestales (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE LLEIDA	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. DE VALLADOLID. Soria	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica forestal-explotaciones forestales (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE LLEIDA	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Plasencia (Cáceres)	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. DE VALENCIA. Gandía (Valencia)	5,1
U. DE LEÓN. Ponferrada (León)	5,0	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica industrial (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota		
U. DE LEÓN	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica industrial-electricidad (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE SEVILLA	5,2

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica industrial-electricidad (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)		U. DE VALLADOLID	5,0
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. DE CÁDIZ	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Almadén (Ciudad Real)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,5
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,4
U. DE JAÉN	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Alcoi (Alicante)	5,1
U. DE JAÉN. Linares (Jaén)	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE MÁLAGA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Vilanova i La Geltru (Barcelona) (Barcelona)	5,0
U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0	UNED	
U. DE SALAMANCA. Béjar (Salamanca)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica industrial-mecánica (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE SEVILLA	5,5
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)		U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,8

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica industrial-mecánica (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE ALMERÍA	6,4	U. DE ZARAGOZA. Almunia de Doña Godina (Zaragoza)	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	6,0
U. DE CÁDIZ	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Eibar (Guipúzcoa)	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,6
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Almadén (Ciudad Real)	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,7
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	6,0
U. DE GIRONA	5,2	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Manresa (Barcelona)	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,8
U. DE JAÉN	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Vilanova i la Geltrú (Barcelona)	5,0
U. DE JAÉN. Linares (Jaén)	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	6,2
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,8
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Alcoi (Alicante)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE LLEIDA	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,3
U. DE MÁLAGA	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Tudela (Navarra)	5,0
U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,4	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,4
U. DE SALAMANCA. Béjar (Salamanca)	5,0	UNED	
U. DE SALAMANCA. Zamora	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica industrial-química industrial (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Manresa	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE ZARAGOZA. Huesca	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Almadén (Ciudad Real)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE GIRONA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,0
U. DE JAÉN. Linares (Jaén)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Vilanova i la Geltrú (Barcelona)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,6
U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Alcoi (Alicante)	5,6
U. DE SEVILLA	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Móstoles (Madrid)	5,0
U. DE VALLADOLID	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica industrial-textil (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE SALAMANCA. Béjar (Salamanca)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Alcoi (Alicante)	5,5
U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica industrial-electrónica industrial (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE SALAMANCA. Béjar (Salamanca)	5,0
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE SEVILLA	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,2	U. DE VALLADOLID	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)		U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,1
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DE ZARAGOZA. Almunia de Doña Godina (Zaragoza)	5,0
U. DE CÁDIZ	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Eibar (Guipúzcoa)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,2	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,4
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Manresa (Barcelona)	5,0
U. DE GIRONA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Mataró (Barcelona)	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,0
U. DE JAÉN	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Vilanova i la Geltrú (Barcelona)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,1
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Alcoi (Alicante)	6,3
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica industrial-electrónica industrial (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE MÁLAGA	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica informática de gestión (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Sabadell (Barcelona)	5,0	U. DE SALAMANCA. Zamora	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. San Cugat del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Colmenarejo (Madrid)		U. DE VALLADOLID	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)		U. DE VALLADOLID. Segovia	5,0
U. CATÓLICA DE ÁVILA (privada)		U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE VIGO. Orense	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE ZARAGOZA. Teruel	5,0
U. DA CORUÑA	5,1	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,9
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE ALMERÍA	5,0	U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. DE BURGOS	5,0	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE CÁDIZ	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Orihuela (Alicante)	5,3
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica informática de gestión (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Mataró (Barcelona)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Mérida (Badajoz)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,0
U. DE GIRONA	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,0
U. DE GRANADA. Ceuta	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Alcoi (Alicante)	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. POLITÉCNICA. Vilanova i la Geltrú	5,0
U. DE JAÉN	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Móstoles (Madrid)	5,0
U. DE LLEIDA	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	5,0
U. DE MÁLAGA	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE MURCIA	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica informática de sistemas (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE MÁLAGA	5,0
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE MURCIA	5,0
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Sabadell (Barcelona)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. DE SALAMANCA	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica informática de sistemas (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	6,2
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Aranjuez (Madrid)	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DA CORUÑA	5,1	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE ZARAGOZA. Almunia de Doña Godina (Zaragoza)	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE BARCELONA	5,6	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE CÁDIZ	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,1
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,0
U. DE EXTREMADURA. Mérida (Badajoz)	5,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,0
U. DE GIRONA	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE GRANADA	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE HUELVA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Fuenlabrada (Madrid)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Móstoles (Madrid)	5,0
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE LLEIDA	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de minas-explotación de minas (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CANTABRIA. Torrelavega (Cantabria)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Almadén (Ciudad Real)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE JAÉN. Linares (Jaén)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Manresa (Barcelona)	5,0
U. DE LEÓN	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de minas-mineralurgia y metalurgia (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CANTABRIA. Torrelavega (Cantabria)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de minas-recursos energéticos (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Almadén (Ciudad Real)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE JAÉN. Linares (Jaén)	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE LEÓN	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de minas-sondeos y prospecciones (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Almadén (Ciudad Real)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE JAÉN. Linares (Jaén)	5,0	U. DE SALAMANCA. Ávila	5,0
U. DE LEÓN	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de minas-instalaciones electromecánicas (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE LEÓN	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica naval-estructuras marinas (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,0	U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica naval-propulsión y servicios (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,0	U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica obras públicas (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	6,2
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,3	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica obras públicas-construcciones (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DA CORUÑA	6,8	U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DE SALAMANCA. Zamora	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DE ZARAGOZA. Almunia de Doña Godina (Zaragoza)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	6,7

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica obras públicas-construcciones (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	6,8	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	7,3

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica obras públicas-hidrología (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DE SALAMANCA. Ávila	5,0
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,4
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica obras públicas-transporte (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE BURGOS	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,6
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	6,4
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6,4
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de telecomunicación-sistemas electrónicos (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,4
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Manresa (Barcelona)	5,0
U. DE MÁLAGA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Vilanova i la Geltrú (Barcelona)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de telecomunicación-sistemas electrónicos (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE VALLADOLID	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Gandía (Valencia)	5,1
U. DE ZARAGOZA. Teruel	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de telecomunicación-sistemas de telecomunicaciones (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,1
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)		U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE MÁLAGA	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE VALLADOLID	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Gandía (Valencia)	5,1
U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de telecomunicación-telemática (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	5,3
POLITÉCNICA VALENCIA. Alcoi	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)		U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE EXTREMADURA. Mérida (Badajoz)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Mataró (Barcelona)	5,0
U. DE JAÉN. Linares (Jaén)	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de telecomunicación-telemática (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,0
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de telecomunicación-sonido e imagen (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. DE MÁLAGA	5,0
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,1
U. CARLOS III DE MADRID. Leganés (Madrid)		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,7
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,6
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Gandía (Valencia)	5,0
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Ingeniería técnica de topografía (acceso prioritario vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE EXTREMADURA. Mérida (Badajoz)	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,7
U. DE JAÉN	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE LEÓN. Ponferrada (León)	5,0	U. POLITÉCNICA DE MADRID	5,0
U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,0
U. DE SALAMANCA. Ávila	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Lenguas aplicadas a la comunicación (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Logopedia (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE MÁLAGA	5,1
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Manresa (Barcelona)	5,0	U. DE MURCIA	5,0
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE VALENCIA	6,5
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Pozuelo de Alarcón (Madrid)	5,4	U. DE VALLADOLID	6,1
U. DA CORUÑA	5,1	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Talavera de la Reina (Toledo)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,4
U. DE GRANADA	5,7	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a audición y lenguaje (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE GRANADA	5,2
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE GRANADA. Ceuta	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID. Aravaca (Madrid)	5,0	U. DE GRANADA. Melilla	5,0
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,3
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE LEÓN	5,0
U. DA CORUÑA	5,6	U. DE MÁLAGA	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE CÁDIZ. La Línea de la Concepción (Cádiz)	5,0	U. DE SALAMANCA. Ávila	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DE VALENCIA	6,5
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,1	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,6
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a educación especial (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,5
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,8	U. DE LEÓN	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,5	U. DE LES ILLES BALEARS	5,9
U. AUTÓNOMA DE MADRID. Aravaca (Madrid)	5,0	U. DE LLEIDA	6,0
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE MÁLAGA	5,4
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE MURCIA	6,3
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,9	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,3
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE SALAMANCA	5,5
U. DE BARCELONA	6,4	U. DE SEVILLA	5,4
U. DE BURGOS	5,0	U. DE VALENCIA	6,9
U. DE CÁDIZ. La Línea de la Concepción (Cádiz)	5,0	U. DE VALLADOLID	5,2
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,1	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,8
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,0	U. DE VIGO. Orense	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,1	U. DE ZARAGOZA	6,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,2
U. DE GRANADA	5,6	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	6,1
U. DE GRANADA. Ceuta	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE GRANADA. Melilla	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE HUELVA	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	6,1

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a educación física (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,1
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,6	U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,8
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,8	U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,5

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a educación física (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LEÓN	5,3
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE LES ILLES BALEARS	6,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,9	U. DE LLEIDA	6,2
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE MÁLAGA	6,2
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Guadalajara	5,5	U. DE MURCIA	6,3
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,5	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	6,0
U. DE ALMERÍA	5,4	U. DE SALAMANCA. Zamora	5,0
U. DE BARCELONA	6,5	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0
U. DE CÁDIZ. La Línea de la Concepción (Cádiz)	5,0	U. DE SEVILLA	6,1
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,5	U. DE VALENCIA	6,9
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,4	U. DE VALLADOLID	5,5
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	6,3	U. DE VALLADOLID. Segovia	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,6	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	6,0	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,8
U. DE CÓRDOBA	5,9	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,6
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,7	U. DE ZARAGOZA	6,3
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	6,0	U. DE ZARAGOZA. Huesca	6,0
U. DE GIRONA	6,4	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,1
U. DE GRANADA	6,3	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	6,0
U. DE GRANADA. Ceuta	5,0	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE GRANADA. Melilla	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	6,5
U. DE HUELVA	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE JAÉN	5,2	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE JAÉN. Úbeda (Jaén)	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	6,2

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a educación infantil (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,9
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,6	U. DE LEÓN	5,8
U. AUTÓNOMA DE MADRID	6,1	U. DE LES ILLES BALEARS	6,2
U. AUTÓNOMA DE MADRID. Aravaca (Madrid)	5,0	U. DE LLEIDA	6,1
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE MÁLAGA	6,4
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE MURCIA	6,7
U. COMPLUTENSE DE MADRID	6,2	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	6,4
U. DA CORUÑA	5,7	U. DE SALAMANCA	5,3
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE SALAMANCA. Zamora	5,0
U. DE ALCALA DE HENARES. Guadalajara	5,6	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,9	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,9
U. DE ALMERÍA	5,7	U. DE SEVILLA	6,1
U. DE BARCELONA	6,7	U. DE VALENCIA	7,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CÁDIZ. La Línea de la Concepción (Cádiz)	5,0	U. DE VALLADOLID. Segovia	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	6,1	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	6,0	U. DE VALLADOLID. Soria	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	6,2	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,8
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	6,0	U. DE VIGO. Orense	5,4
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,7	U. DE VIGO. Pontevedra	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	6,0	U. DE VIGO. Vigo	5,5
U. DE CÓRDOBA	6,3	U. DE ZARAGOZA. Huesca	6,1
U. DE EXTREMADURA. Almendralejo (Badajoz)	5,0	U. DE ZARAGOZA. Teruel	5,7
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	6,8
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	6,1	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	7,1

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a educación infantil (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE GIRONA	6,4	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	6,3
U. DE GRANADA	6,4	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE GRANADA. Ceuta	5,0	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE GRANADA. Melilla	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	6,8
U. DE HUELVA	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE JAÉN	5,4	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,8
U. DE JAÉN. Úbeda (Jaén)	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	6,3	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	6,5
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,9		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a educación musical (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,4	U. DE JAÉN. Úbeda (Jaén)	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,3
U. AUTÓNOMA DE MADRID. Aravaca (Madrid)	5,0	U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,1
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE LEÓN	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Guadalajara	5,0	U. DE LES ILLES BALEARS	5,5
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,5	U. DE LLEIDA	5,7
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE MÁLAGA	5,0
U. DE BARCELONA	6,1	U. DE MURCIA	5,9
U. DE BURGOS	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE CÁDIZ. La Línea de la Concepción (Cádiz)	5,0	U. DE SALAMANCA. Ávila	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,2	U. DE SEVILLA	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a educación musical (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. DE VALENCIA	6,6
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	5,0	U. DE VALLADOLID. Segovia	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,8
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,5
U. DE GIRONA	6,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,5
U. DE GRANADA	5,1	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	6,4
U. DE GRANADA. Ceuta	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE GRANADA. Melilla	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,3
U. DE HUELVA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE JAÉN	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	6,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a educación primaria (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	7,0
ROVIRA I VIRGILI U. Tarragona	6,5	U. DE LEÓN	5,7
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,8	U. DE LES ILLES BALEARS	6,2
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,7	U. DE LLEIDA	6,2
U. AUTÓNOMA DE MADRID. Aravaca (Madrid)	5,0	U. DE MÁLAGA	6,3
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE MURCIA	6,9
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	6,2
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,7	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DA CORUÑA	5,7	U. DE SALAMANCA. Ávila	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE SALAMANCA. Zamora	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Guadalajara	5,4	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,2

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a educación primaria (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,9	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,9
U. DE ALMERÍA	5,6	U. DE SEVILLA	6,2
U. DE BARCELONA	6,9	U. DE VALENCIA	7,1
U. DE BURGOS	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CÁDIZ. La Línea de la Concepción (Cádiz)	5,0	U. DE VALLADOLID Segovia	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	6,0	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,7	U. DE VALLADOLID. Soria	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	6,0	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	6,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,6	U. DE VIGO. Orense	5,3
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,3	U. DE VIGO. Pontevedra	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	5,8	U. DE VIGO. Vigo	5,4
U. DE CÓRDOBA	5,8	U. DE ZARAGOZA	6,3
U. DE EXTREMADURA. Almendralejo (Badajoz)	5,0	U. DE ZARAGOZA. Huesca	5,8
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DE ZARAGOZA. Teruel	5,5
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	6,1
U. DE GIRONA	6,5	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	6,1
U. DE GRANADA	5,7	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,9
U. DE GRANADA. Ceuta	5,0	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE GRANADA. Melilla	5,0	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE HUELVA	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	6,8
U. DE JAÉN	5,1	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE JAÉN. Úbeda (Jaén)	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,9
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,8	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a lengua extranjera (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
MONDRAGÓN U. (privada). Mondragón (Guipúzcoa)		U. DE JAÉN. Úbeda (Jaén)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,4	U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	6,1
U. AUTÓNOMA DE MADRID	6,4	U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,3
U. AUTÓNOMA DE MADRID. Aravaca (Madrid)	5,0	U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,2
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LEÓN	5,0
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE LES ILLES BALEARS	5,8
U. COMPLUTENSE DE MADRID	7,0	U. DE LLEIDA	6,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	U. DE MÁLAGA	6,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Guadalajara	5,6	U. DE MURCIA	7,6
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,9	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,8
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE BARCELONA	6,4	U. DE SALAMANCA. Ávila	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DE SALAMANCA. Zamora	5,0
U. DE CÁDIZ. La Línea de la Concepción (Cádiz)	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,3
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,2	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,2
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DE SEVILLA	6,4
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,9	U. DE VALENCIA	7,2
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,3	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,0	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	6,0	U. DE VALLADOLID. Soria	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,7
U. DE EXTREMADURA. Almendralejo (Badajoz)	5,0	U. DE VIGO. Orense	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DE ZARAGOZA	6,6
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. DE ZARAGOZA. Teruel	5,0
U. DE GIRONA	6,2	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugaleta (Vizcaya)	6,3

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Maestro/a lengua extranjera (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE GRANADA	5,6	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	6,2
U. DE GRANADA. Ceuta	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE GRANADA. Melilla	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	6,7
U. DE HUELVA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE JAÉN	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	6,4

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Máquinas navales (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Marketing y Dirección Comercial (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud, vía Científico-técnica y vía Ciencias sociales)	
Se imparte en:	Nota		
U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Matemáticas (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE LES ILLES BALEARS	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE MÁLAGA	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE MURCIA	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,5	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	6,4

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Matemáticas (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	6,7
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	UNED	
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Matemáticas (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra- Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. DE SALAMANCA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Medicina (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra- Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	8,3	U. DE MÁLAGA	8,5
U. AUTÓNOMA DE MADRID	8,6	U. DE MURCIA	8,5
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	8,7
U. COMPLUTENSE DE MADRID	8,7	U. DE SALAMANCA	8,5
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	8,5	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	8,5
U. DE BARCELONA	8,6	U. DE SEVILLA	8,4
U. DE CÁDIZ	8,3	U. DE VALENCIA	8,7
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	8,2	U. DE VALLADOLID	8,5
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	8,9	U. DE ZARAGOZA	8,3
U. DE CÓRDOBA	8,4	U. DE ZARAGOZA. Huesca	8,2
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	8,6	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	8,1

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Medicina (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE GRANADA	8,6	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	8,5	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	9,1	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. San Juan (Alicante)	8,7
U. DE LLEIDA	8,2	U. ROVIRA I VIRGILI. Reus (Tarragona)	8,1

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Medicina (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE GIRONA	8,1	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)		U. POMPEU FABRA. Barcelona	
U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)		U. REY JUAN CARLOS. Alcorcón (Madrid)	8,5

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Navegación marítima (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Bilbao, Barak, Portugalete (Vizcaya)	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Barcelona	5,3
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Nutrición humana y dietética (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	6,8
U. AUTÓNOMA DE MADRID	6,1	U. DE VALLADOLID	6,7
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Nutrición humana y dietética (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. COMPLUTENSE DE MADRID	6,3	U. DE ZARAGOZA. Huesca	5,1
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,8	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,2
U. DE BARCELONA	6,3	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	7,1
U. DE GRANADA	6,7	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LLEIDA	5,6	U. ROVIRA I VIRGILI. Reus (Tarragona)	5,0
U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Nutrición humana y dietética (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota		
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Odontología (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	8,1
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE SEVILLA	8,0
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE VALENCIA	8,5
U. COMPLUTENSE DE MADRID	8,0	U. DE ZARAGOZA. Huesca	7,7
U. DE BARCELONA. Hospitalet	7,9	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	7,9
U. DE GRANADA	8,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE MURCIA	7,7	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	8,1	U. REY JUAN CARLOS. Alcorcón (Madrid)	7,8
U. DE SALAMANCA	8,3		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Óptica y optometría (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	6,1
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE VALLADOLID	6,4
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE GRANADA	5,7	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE MURCIA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CATALUNYA. Terrassa (Barcelona)	5,0
U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,5		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Pedagogía (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE BARCELONA	5,7	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,5
U. DE BURGOS		U. DE SEVILLA	5,0
U. DE GIRONA		U. DE VALENCIA	6,0
U. DE GRANADA	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE MÁLAGA	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,6
U. DE MURCIA	5,0	UNED	
U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Periodismo (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. DE SEVILLA	6,2
U. ABAT OLIBA CEU (privada). Barcelona		U. DE VALENCIA	8,3

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Periodismo (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	7,2	U. DE VALLADOLID	5,8
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,1
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,8	U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. INTERNACIONAL DE CATALUNYA (privada). Barcelona	
U. DE MÁLAGA	6,2	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	6,2
U. DE MURCIA		U. POMPEU FABRA. Barcelona	
U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)		U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	7,3	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Periodismo (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE ZARAGOZA SAN JORGE (Privada)	
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)	5,8	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	6,5	U. REY JUAN CARLOS. Fuenlabrada (Madrid)	5,4
U. DE ZARAGOZA	7,5	U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	5,7

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Podología (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE EXTREMADURA. Plasencia (Cáceres)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Manresa (Barcelona)	5,0	U. DE MÁLAGA	6,9

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Podología (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE SEVILLA	6,6
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,7	U. DE VALENCIA	7,0
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,3	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE BARCELONA Hospitalet	5,3	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	6,2

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Psicología (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. DE LES ILLES BALEARS	5,1
U. ABAT OLIBA CEU (privada). Barcelona		U. DE MÁLAGA	5,4
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,2	U. DE MURCIA	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	6,1	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	6,3
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE SALAMANCA	6,2
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	6,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,9	U. DE SEVILLA	6,3
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Pozuelo de Alarcón (Madrid)	5,0	U. DE VALENCIA	6,2
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE BARCELONA	6,2	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,8
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	6,4
U. DE GIRONA	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE GRANADA	6,1	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE HUELVA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE JAÉN	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,8
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Psicología (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. A DISTANCIA DE MADRID (privada). Collado Villalba (Madrid)		U. DE ZARAGOZA. Teruel	5,3
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Publicidad (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Publicidad y relaciones públicas (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ABAT OLIBA CEU (privada). Barcelona		U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	6,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,5	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	6,1
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. FRANCISCO DE VITORIA (privada). Pozuelo de Alarcón (Madrid)	
U. COMPLUTENSE DE MADRID	6,8	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	6,1
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,2	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,0
U. DE BARCELONA	6,9	U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. DE CÁDIZ. Jerez de la Frontera (Cádiz)		U. POMPEU FABRA. Barcelona	
U. DE MÁLAGA	6,4	U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE MURCIA		U. REY JUAN CARLOS. Fuenlabrada (Madrid)	6,1
U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)		U. REY JUAN CARLOS. Pozuelo de Alarcón (Madrid)	5,0
U. DE SEVILLA	6,8	U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	6,3
U. DE VALLADOLID. Segovia	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	6,3

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Publicidad y relaciones públicas (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,0
U. DE GIRONA	6,1	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE ZARAGOZA SAN JORGE (privada)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Química (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE LES ILLES BALEARS	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE MÁLAGA	5,0
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE MURCIA	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE NAVARRA (privada). Pamplona (Navarra)	
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DE VALENCIA. Burjassot, Godella (Valencia)	5,3
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Toledo	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0
U. DE GIRONA	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. San Sebastián (Guipúzcoa)	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,2
U. DE HUELVA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE JAÉN	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0	UNED	
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Química (Grado) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)	
Se imparte en:	Nota	
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Alcalá de Henares (Madrid)	5,0	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Radioelectrónica naval (Diplomatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud y vía Científico-técnica)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CÁDIZ. Puerto Real (Cádiz)	5,0	U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS	Relaciones laborales (Diplomatura)		
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE MURCIA	5,0
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DA CORUÑA. Ferrol (A Coruña)	5,0	U. DE SALAMANCA. Ávila	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. DE SALAMANCA. Zamora	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	5,0
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE CÁDIZ	5,0	U. DE VALENCIA	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE CÁDIZ. Jerez de la Frontera (Cádiz)	5,0	U. DE VALLADOLID. Palencia	5,0
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. DE VALLADOLID. Segovia	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Albacete	5,0	U. DE VALLADOLID. Soria	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Ciudad Real	5,0	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. DE ZARAGOZA. Huesca	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Relaciones laborales (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE EXTREMADURA. Badajoz	5,0	U. DE ZARAGOZA. Teruel	5,0
U. DE GRANADA	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0
U. DE GRANADA. Melilla	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,1
U. DE HUELVA	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,0
U. DE JAÉN	5,0	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,3	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,0
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,9	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LEÓN	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Alcorcón (Madrid)	5,0
U. DE LES ILLES BALEARS	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	5,0
U. DE LLEIDA	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE MÁLAGA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Relaciones laborales y empleo (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Sociología (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE MURCIA	5,0
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE VALENCIA	5,6
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Pozuelo de Alarcón (Madrid)	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Leioa (Vizcaya)	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	
U. DE BARCELONA	5,5	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. PONTIFICIA DE SALAMANCA (privada)	
U. DE GRANADA	5,0	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Sociología (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. CARLOS III DE MADRID. Getafe (Madrid)		U. DE SALAMANCA	
U. DA CORUÑA			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Terapia ocupacional (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE EXTREMADURA. Cáceres	6,7
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Terrassa (Barcelona)	5,0	U. DE GRANADA	6,7
U. AUTÓNOMA DE MADRID. Aravaca (Madrid)	5,0	U. DE MÁLAGA	6,5
U. CATÓLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR		U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. DE SALAMANCA	5,9
U. COMPLUTENSE DE MADRID	5,4	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	6,1
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Talavera de la Reina (Toledo)	5,0	U. REY JUAN CARLOS. Alcorcón (Madrid)	5,5

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Terapia ocupacional (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DA CORUÑA		U. DE ZARAGOZA	5,2

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Trabajo social (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Pozuelo de Alarcón (Madrid)	5,0	U. DE LES ILLES BALEARS	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,8	U. DE LLEIDA	5,0
U. DE BARCELONA	5,9	U. DE MÁLAGA	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DE MURCIA	5,0
U. DE CÁDIZ. Jerez de la Frontera (Cádiz)	5,0	U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Trabajo social (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Cuenca	5,0	U. DE SALAMANCA	5,0
U. DE CASTILLA-LA MANCHA. Talavera de la Reina (Toledo)	5,0	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Santiago de Compostela (A Coruña)	5,0
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. DE VALENCIA	6,0
U. DE EXTREMADURA. Almendralejo (Badajoz)	5,0	U. DE VALLADOLID	5,0
U. DE GRANADA	5,9	U. DE VIGO. Orense	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	5,0
U. DE JAÉN. Linares (Jaén)	5,0	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,2	U. PÚBLICA DE NAVARRA. Pamplona (Navarra)	5,0
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,5	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,2
U. DE LEÓN	5,0	UNED	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Trabajo social (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ZARAGOZA	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Traducción (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Traducción e interpretación (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE VALLADOLID. Soria	5,0
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. DEL PAÍS VASCO. Vitoria (Álava)	6,8
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Aranjuez (Madrid)	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE SALAMANCA	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	7,0
U. DE VALENCIA		U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,7

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Traducción e interpretación (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	6,4

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Traducción e interpretación alemán (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,2	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,8	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,5
U. DE GRANADA	5,0	U. PONTIFICIA DE COMILLAS (privada). Madrid	
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Traducción e interpretación francés (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,1	U. DE MÁLAGA	6,1
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,0	U. DE MURCIA	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	6,5	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	6,1
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	6,5
U. DE GRANADA	5,7	U. POMPEU FABRA. Barcelona	5,0
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Traducción e interpretación inglés (Licenciatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	6,9	U. DE MÁLAGA	7,6
U. AUTÓNOMA DE MADRID	7,4	U. DE MURCIA	7,5
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	8,3	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	
U. DE CÓRDOBA	6,8	U. DE VIGO. Vigo (Pontevedra)	7,8
U. DE GRANADA	8,4	U. PABLO DE OLAVIDE. Dos Hermanas (Sevilla)	7,6
U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,0	U. POMPEU FABRA. Barcelona	6,4

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Traducción y comunicación intercultural (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE ZARAGOZA SAN JORGE (privada)		U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Turismo (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
IE U. (privada). Segovia		U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,8
POMPEU FABRA B. Mataró (Barcelona) (adscrita)	5,0	U. DE LEÓN	5,1
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LEÓN. Ponferrada (León)	5,0
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)	5,0	U. DE LES ILLES BALEARS	5,0
U. AUTÓNOMA DE MADRID	5,7	U. DE LLEIDA	5,0
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LLEIDA. Manresa (Barcelona)	5,0
U. CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (privada). Guadalupe (Murcia)		U. DE MÁLAGA	5,0
U. CEU SAN PABLO (privada). Madrid		U. DE MURCIA	5,0
U. COMPLUTENSE DE MADRID. Aranjuez (Madrid)	5,0	U. DE OVIEDO. Gijón (Asturias)	5,0
U. DA CORUÑA	5,0	U. DE OVIEDO. Oviedo (Asturias)	5,0
U. DE ALCALÁ DE HENARES. Guadalajara	5,0	U. DE SALAMANCA. Ávila	5,0
U. DE ALICANTE. Sant Vicent Raspeig (Alicante)	5,0	U. DE SEVILLA	5,0
U. DE ALMERÍA	5,0	U. DE VALENCIA	5,9
U. DE BARCELONA	5,0	U. DE VALLADOLID. Segovia	5,0
U. DE BURGOS	5,0	U. DE VIC (privada). Vic (Barcelona)	5,0
U. DE CÁDIZ	5,0	U. DE VIGO. Orense	5,0
U. DE CÁDIZ. Algeciras (Cádiz)	5,0	U. DE ZARAGOZA	5,0
U. DE CÁDIZ. Jerez de la Frontera (Cádiz)	5,0	U. EUROPEA DE MADRID (privada). Villaviciosa de Odón (Madrid)	
U. DE CANTABRIA. Santander (Cantabria)	5,0	U. EUROPEA MIGUEL DE CERVANTES (privada). Valladolid	
U. DE CÓRDOBA	5,0	U. JAUME I. Castellón de la Plana (Castellón)	5,0

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Turismo (Diplomatura)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. DE DEUSTO (privada). Bilbao (Vizcaya)		U. MIGUEL HERNÁNDEZ. Elche (Alicante)	5,1
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	5,0	U. OBERTA DE CATALUNYA. Barcelona	
U. DE GIRONA	5,0	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Cartagena (Murcia)	5,0
U. DE GIRONA. Terrassa	5,0	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	5,0
U. DE GRANADA	5,4	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA. Gandía (Valencia)	5,0
U. DE HUELVA	5,0	U. RAMON LLULL (privada). Barcelona	
U. DE JAÉN	5,0	U. ROVIRA I VIRGILI. Tarragona	5,0
U. DE LA LAGUNA. San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)	5,6	UNED	
U. DE LA RIOJA. Logroño (La Rioja)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Turismo (Grado)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. A DISTANCIA DE MADRID (privada). Collado Villalba (Madrid)		U. REY JUAN CARLOS. Fuenlabrada (Madrid)	5,0
U. ANTONIO DE NEBRIJA (privada). Madrid		U. REY JUAN CARLOS. Vicálvaro (Madrid)	5,0
U. CARLOS III DE MADRID. Colmenarejo (Madrid)	5,0		

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Urbanismo, ordenación del territorio y sostenibilidad (Grado)	
Se imparte en:	Nota		
U. CAMILO JOSÉ CELA (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)			

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Veterinaria (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. ALFONSO X EL SABIO (privada). Villanueva de la Cañada (Madrid)		U. DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	6,8

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS		Veterinaria (Licenciatura) (acceso prioritario vía de Ciencias de la salud)	
Se imparte en:	Nota	Se imparte en:	Nota
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA. Bellaterra-Cerdanyola del Vallés (Barcelona)	7,5	U. DE LEÓN	6,6
U. CEU CARDENAL HERRERA (privada). Moncada (Valencia)		U. DE MURCIA	6,7
U. COMPLUTENSE DE MADRID	7,4	U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. Lugo	6,4
U. DE CÓRDOBA	6,9	U. DE ZARAGOZA	6,6
U. DE EXTREMADURA. Cáceres	7,5		

Figura 4. Relación de universidades ordenadas por Comunidades Autónomas

ANDALUCÍA	
Universidad:	Universidad de Almería
Ciudad:	Almería
Dirección:	Carretera Sacramento, s/n. 04120 La Cañada de San Urbano.
Teléfono:	950015000
Enlace:	www.ualm.es
Universidad:	Universidad de Cádiz
Ciudad:	Cádiz
Dirección:	c/ Ancha, 16 11001 Cádiz
Teléfono:	956015000
Enlace:	www.uca.es
Universidad:	Universidad de Córdoba
Ciudad:	Córdoba
Dirección:	c/ Alfonso XIII, 13 14071 Córdoba
Teléfono:	957218000
Enlace:	www.uco.es
Universidad:	Universidad de Granada
Ciudad:	Granada
Dirección:	Cuesta del Hospicio, s/n 18071 Granada
Teléfono:	958243025/27
Enlace:	www.ugr.es
Universidad:	Universidad de Huelva
Ciudad:	Huelva
Dirección:	c/ Doctor Cantero Cuadrado, 6 21071 Huelva
Teléfono:	959018013
Enlace:	www.uhu.es

Universidad: **Universidad de Jaén**
Ciudad: Jaén
Dirección: Casa del Estudiante
23071 Jaén
Teléfono: 953012265
Enlace: www.ujaen.es

Universidad: **Universidad de Málaga**
Ciudad: Málaga
Dirección: Avda. Cervantes, 2
29071 Málaga
Teléfono: 9521331000
Enlace: www.uma.es

Universidad: **Universidad Pablo Olavide**
Ciudad: Sevilla
Dirección: Carretera de Utrera, km 1
410013 Sevilla
Teléfono: 954349200/954 349300
Enlace: www.upo.es

Universidad: **Universidad de Sevilla**
Ciudad: Sevilla
Dirección: c/ San Fernando, 4
41004 Sevilla
Teléfono: 954556999
Enlace: www.us.es

ARAGÓN

Universidad: **Universidad de Zaragoza**
Ciudad: Zaragoza
Dirección: c/ Pedro Cerbuna, 12
50009 Zaragoza
Teléfono: 976761001
Enlace: www.unizar.es

Universidad: **Universidad San Jorge (privada)**
Ciudad: Zaragoza
Dirección: Autovía A23 Zaragoza/Huesca, km 510
50830 Zaragoza
Teléfono: 976060100
Enlace: www.usj.es

CANARIAS

Universidad: **Universidad de la Laguna**
Ciudad: San Cristóbal de la Laguna (Santa Cruz de Tenerife)
Dirección: c/ Molinos de Agua, s/n
38207 La Laguna
Teléfono: 922319000/01
Enlace: www.ull.es

Universidad: **Universidad de Las Palmas de Gran Canaria**
Ciudad: Las Palmas de Gran Canaria (Las Palmas)
Dirección: c/ Juan de Quesada, 30
35001 Las Palmas
Teléfono: 928451023
Enlace: www.ulpgc.es

CANTABRIA

Universidad: Universidad de Cantabria
Ciudad: Santander (Cantabria)
Dirección: Avda. de los Castros, s/n
39005 Santander
Teléfono: 942201500
Enlace: www.unican.es

CASTILLA-LA MANCHA

Universidad: Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad: Albacete
Dirección: Campus Universitario. Pabellón de Gobierno
02071 Albacete
Teléfono: 967599200
Enlace: www.uclm.es/sie/

Universidad: Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad: Ciudad Real
Dirección: Campus Universitario. Edificio de Servicios Generales
13071 Ciudad Real
Teléfono: 926295310
Enlace: www.uclm.es/sie/

Universidad: Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad: Cuenca
Dirección: c/ Astrana Marín, 6
Cuenca 16071
Teléfono: 969227519
Enlace: www.uclm.es/sie/

Universidad: Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad: Toledo
Dirección: Callejón de San Pedro Mártir, 1 (edificio de San Pedro Mártir)
45071 Toledo
Teléfono: 925268800
Enlace: www.uclm.es/sie/

Universidad: Universidad de Castilla-La Mancha
Ciudad: Ciudad Real
Dirección: c/ Altagracia, 6
13003 Ciudad Real
Teléfono: 902204100
Enlace: www.uclm.es

CASTILLA Y LEÓN

Universidad: Universidad Católica de Ávila (católica)
Ciudad: Ávila
Dirección: c/ Canteros, s/n
05005 Ávila
Teléfono: 920251020
Enlace: www.ucavila.es/

Universidad:	Universidad de Burgos
Ciudad:	Burgos
Dirección:	c/ Santander, 13 09004 Burgos
Teléfono:	947258700 / 947258736 / 947268386
Enlace:	www.ubu.es
Universidad:	Universidad de León
Ciudad:	León
Dirección:	Avda. de la Facultad, 25 (Sec. Gral., Pabellón de Gobierno) 24004 León
Teléfono:	987291619 / 987291617
Enlace:	www.unileon.es
Universidad:	Universidad de Salamanca
Ciudad:	Salamanca
Dirección:	Patio de Escuelas, 1 37008 Salamanca
Teléfono:	923294400
Enlace:	www.usal.es/webusal
Universidad:	Universidad Pontificia de Salamanca (católica)
Ciudad:	Salamanca
Dirección:	c/ Compañía, 5 37002 Salamanca
Teléfono:	923277100
Enlace:	www.upsa.es
Universidad:	IE Universidad (privada)
Ciudad:	Segovia
Dirección:	c/ Cardenal Zúñiga, 12 40003 Segovia
Teléfono:	921412410
Enlace:	www.ie.edu/universidad/es/
Universidad:	Universidad de Valladolid
Ciudad:	Valladolid
Dirección:	Plaza de Santa Cruz, 8 47002 Valladolid
Teléfono:	983423233
Enlace:	www.uva.es
Universidad:	Universidad Europea Miguel de Cervantes (privada)
Ciudad:	Valladolid
Dirección:	c/ Padre Julio Chevalier, 2 47012 Valladolid
Teléfono:	983228508
Enlace:	www.uemc.es

CATALUÑA

Universidad:	Universitat Abat Oliva CEU
Ciudad:	Barcelona
Dirección:	c/ Belles Guard, 30 08022 Barcelona
Teléfono:	932540900
Enlace:	www.uao.es

Universidad:	Universitat Autònoma de Barcelona
Ciudad:	Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)
Dirección:	Oficina de información 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) 935811110 / 935811111 / 934035417
Teléfono:	935811110 / 935811111 / 934035417
Enlace:	www.uab.es
Universidad:	Universitat de Barcelona
Ciudad:	Barcelona
Dirección:	Gran Vía Corts Catalanes, 585 08007 Barcelona
Teléfono:	934021100
Enlace:	www.ub.es
Universidad:	Universitat Internacional de Catalunya (privada)
Ciudad:	Barcelona
Dirección:	c/ Inmaculada, 22 08017 Barcelona
Teléfono:	932541800
Enlace:	www.unica.edu
Universidad:	Universitat de Girona
Ciudad:	Girona
Dirección:	Plaça Sant Domènec, edifici Les Aligues (Campus Barri Vell) 317071 Girona
Teléfono:	972418006
Enlace:	www.udg.es
Universidad:	Universitat de Lleida
Ciudad:	Lleida
Dirección:	Plaza Víctor Siurana, 1 (edificio del Rectorado) 25003 Lleida
Teléfono:	973702125
Enlace:	www.udl.es
Universidad:	Universitat Oberta de Catalunya (privada)
Ciudad:	Barcelona
Dirección:	Avda. Tibidabo, 39 (Sede Central) 08035 Barcelona
Teléfono:	936735000/902372373
Enlace:	www.uoc.es
Universidad:	Universitat Politècnica de Catalunya
Ciudad:	Barcelona
Dirección:	c/ Jordi Girona, 31 08034 Barcelona
Teléfono:	9340173 96
Enlace:	www.upc.es
Universidad:	Universitat Pompeu Fabra
Ciudad:	Barcelona
Dirección:	Passeig de la Circumvalació, 8 08003 Barcelona
Teléfono:	935421684 / 935421794 / 935422764
Enlace:	www.upf.es

Universidad: **Universitat Ramon Llull (privada)**
Ciudad: Barcelona
Dirección: c/ Claravall, 13
08022 Barcelona
Teléfono: 936022200 / 902502050
Enlace: www.url.es

Universidad: **Universitat de Vic (privada)**
Ciudad: Vic (Barcelona)
Dirección: c/ Sagrada Família, 7
08500 Vic
Teléfono: 938861222
Enlace: www.uvic.cat/ca

Universidad: **Universitat Rovira i Virgili**
Ciudad: Tarragona
Dirección: c/ Escorxador, s/n
43003 Tarragona
Teléfono: 902337878
Enlace: www.urv.es

COMUNIDAD DE MADRID

Universidad: **Universidad a Distancia de Madrid (privada)**
Ciudad: Collado Villalba (Madrid)
Dirección: 28400 Collado Villalba
Teléfono: 902020003
Enlace: www.udima.es

Universidad: **Universidad Alfonso X El Sabio (privada)**
Ciudad: Villanueva de la Cañada (Madrid)
Dirección: Campus de Villanueva de la Cañada
28691 Villanueva de la Cañada
Teléfono: 918109200
Enlace: www.uax.es

Universidad: **Universidad Alcalá de Henares**
Ciudad: Alcalá de Henares (Madrid)
Dirección: Plaza San Diego, s/n
28801 Alcalá de Henares
Teléfono: 918854000
Enlace: www.uah.es

Universidad: **Universidad Antonio de Nebrija (privada)**
Ciudad: Hoyo de Manzanares (Madrid)
Dirección: c/ Pirineos, 55 (Campus de La Berzosa)
28240 Hoyo de Manzanares (Madrid)
Teléfono: 902321322
Enlace: www.nebrija.com

Universidad: **Universidad Autónoma de Madrid**
Ciudad: Madrid
Dirección: Ctra. de Colmenar Viejo, km 15 (Campus de Cantoblanco)
28049 Madrid
Teléfono: 913974245
Enlace: www.uam.es

Universidad:	Universidad Camilo José Cela (privada)
Ciudad:	Madrid
Dirección:	c/ Castillo de Alarcón, 49 28692 Villanueva de la Cañada
Teléfono:	918153131
Enlace:	www.ucjc.edu
Universidad:	Universidad Carlos III de Madrid
Ciudad:	Colmenarejo (Madrid)
Dirección:	Avda. de la Universidad Carlos III, 22 28270 Colmenarejo
Teléfono:	916249500
Enlace:	www.uc3m.es
Universidad:	Universidad CEU San Pablo (privada)
Ciudad:	Madrid
Dirección:	c/ Julián Romea, 18 28003 Madrid
Teléfono:	914566300 / 915360410
Enlace:	www.ceu.es
Universidad:	Universidad Complutense de Madrid
Ciudad:	Madrid
Dirección:	Avda. de Séneca, 2 28040 Madrid
Teléfono:	91452 04 00
Enlace:	www.ucm.es
Universidad:	Universidad Europea de Madrid (privada)
Ciudad:	Villaviciosa de Odón (Madrid)
Dirección:	c/ Tajo, s/n (Urbanización El Bosque) 28670 Villaviciosa de Odón
Teléfono:	902232350
Enlace:	www.uem.es
Universidad:	Universidad Francisco de Vitoria (privada)
Ciudad:	Pozuelo de Alarcón (Madrid)
Dirección:	Carretera Pozuelo-Majadahonda, km 1,8 28223 Pozuelo de Alarcón
Teléfono:	913510303
Enlace:	www.ufv.es
Universidad:	Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Rectorado
Ciudad:	Madrid
Dirección:	c/ Bravo Murillo, 38 28015 Madrid
Teléfono:	913988867 / 902388888
Enlace:	www.uned.es
Universidad:	Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad:	Madrid
Dirección:	Avda. Ramiro de Maeztu, 7 28040 Madrid
Teléfono:	913366000
Enlace:	www.upm.es

Universidad: **Universidad Pontifica de Comillas**
Ciudad: Madrid
Dirección: c/ Universidad Comillas, 3
28049 Madrid
Teléfono: 917343950
Enlace: www.upco.es

Universidad: **Universidad Rey Juan Carlos**
Ciudad: Madrid
Dirección: c/ Tulipán, s/n
28933 Móstoles
Teléfono: 916655060
Enlace: www.urjc.es

COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA

Universidad: **Universidad de Navarra (católica)**
Ciudad: Pamplona (Navarra)
Dirección: Campus Universitario
31080 Pamplona
Teléfono: 948425600
Enlace: www.unav.es

Universidad: **Universidad Pública de Navarra**
Ciudad: Pamplona (Navarra)
Dirección: Universidad Pública de Navarra (Campus de Arrosadía)
31006 Pamplona
Teléfono: 948169103
Enlace: www.unavarra.es

COMUNIDAD VALENCIANA

Universidad: **Universidad de Alicante/Universitat d'Alacant**
Ciudad: Alicante
Dirección: Carretera San Vicente del Raspeig, s/n
03690 San Vicente del Raspeig
Teléfono: 965903400
Enlace: www.ua.es

Universidad: **Universidad Miguel Hernández**
Ciudad: Elche (Alicante)
Dirección: Avda. de la Universidad, s/n
03202 Elche
Teléfono: 966658500
Enlace: www.umh.es

Universidad: **Universitat Jaume I**
Ciudad: Castellón de la Plana (Castellón)
Dirección: Avda. de Vicent Sos Baynat, s/n
12071 Castellón
Teléfono: 964728000
Enlace: www.uji.es

Universidad: **Universidad Católica de Valencia «San Vicente Mártir» (privada)**
Ciudad: Valencia
Dirección: c/ Guillén de Castro, 94 (sede de Santa Úrsula)
46003 Valencia
Teléfono: 963637412
Enlace: www.ucv.es

Universidad: **Universitat CEU Cardenal Herrera (privada)**
Ciudad: Moncada (Valencia)
Dirección: Ed. Seminario
46113 Moncada
Teléfono: 961369000
Enlace: www.uch.ceu.es

Universidad: **Universitat Politècnica de València**
Ciudad: Valencia
Dirección: Camino de la Vera, s/n
46022 Valencia
Teléfono: 963877000
Enlace: www.upv.es

Universidad: **Universitat de València**
Ciudad: Valencia
Dirección: c/ Menéndez Pelayo, s/n (Campus de Blasco Ibáñez)
46010 Valencia
Teléfono: 963864040
Enlace: www.uv.es

EXTREMADURA

Universidad: **Universidad de Extremadura**
Ciudad: Badajoz
Dirección: Avda. de Elvas, s/n
06071 Badajoz
Teléfono: 924893000
Enlace: www.unex.es

Universidad: **Universidad de Extremadura**
Ciudad: Cáceres
Dirección: Plaza de Caldereros
10071 Cáceres
Teléfono: 927257000
Enlace: www.unex.es

Universidad: **Universidad de Extremadura**
Ciudad: Mérida (Badajoz)
Dirección: Avda. Santa Teresa de Jornet, 38
06800 Mérida
Teléfono: 924387068
Enlace: www.unex.es

Universidad: **Universidad de Extremadura**
Ciudad: Plasencia (Cáceres)
Dirección: Avda. Virgen del Puerto
10600 Plasencia
Teléfono: 927427000
Enlace: www.unex.es

GALICIA

Universidad: **Universidade da Coruña**
Ciudad: A Coruña
Dirección: Paseo da Maestranza, s/n
15001 A Coruña
Teléfono: 981167000
Enlace: www.udc.es

Universidad: **Universidade de Santiago de Compostela**
Ciudad: Santiago de Compostela (A Coruña)
Dirección: Colexio de San Xerome
Praza do Obradoiro, s/n
15782 Santiago de Compostela
981581329 / 981581455 / 981563100
Teléfono:
Enlace: www.usc.es

Universidad: **Universidad de Vigo**
Ciudad: Vigo (Pontevedra)
Dirección: Rúa do Porto, 1
36201 Vigo
986813590
Teléfono:
Enlace: www.uvigo.es

ILLES BALEARS

Universidad: **Universitat de les Illes Balears**
Ciudad: Palma (Islas Baleares)
Dirección: Carretera de Valldemossa, km 7
07120 Palma
971173000/01
Teléfono:
Enlace: www.uib.es

LA RIOJA

Universidad: **Universidad de La Rioja**
Ciudad: Logroño (La Rioja)
Dirección: Avda. de La Paz, 93
26006 Logroño
941299100
Teléfono:
Enlace: www.unirioja.es

PAÍS VASCO

Universidad: **Universidad de Deusto (católica)**
Ciudad: Bilbao (Vizcaya)
Dirección: Avda. de la Universidad, 24
48007 Bilbao
944139000
Teléfono:
Enlace: www.deusto.es

Universidad: **Mondragón Unibersitatea (privada)**
Ciudad: Mondragón (Guipúzcoa)
Dirección: c/ Lokamendi, 4
20500 Mondragón
943712185
Teléfono:
Enlace: www.mondragon.edu

Universidad: **Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea**
Ciudad: Leioa (Vizcaya)
Dirección: Barrio de Sarriena, s/n
48940 Leioa
946012000
Teléfono:
Enlace: www.ehu.es

PRINCIPADO DE ASTURIAS

Universidad: **Universidad de Oviedo**
Ciudad: Oviedo (Asturias)
Dirección: c/ Argüelles, 39
33003 Oviedo
Teléfono: 985104083
Enlace: www.uniovi.es

REGIÓN DE MURCIA

Universidad: **Universidad Católica de San Antonio de Murcia (Católica)**
Ciudad: Murcia
Dirección: Campus de los Jerónimos, s/n
30107 (Guadalupe) Murcia
Teléfono: 968278801
Enlace: www.ucam.edu

Universidad: **Universidad de Murcia**
Ciudad: Murcia
Dirección: Avda. Teniente Floresta, 5
30003 Murcia
Teléfono: 968363000
Enlace: www.um.es

Universidad: **Universidad Politécnica de Cartagena**
Ciudad: Cartagena (Murcia)
Dirección: Plaza Cronista Isidoro Valverde, s/n
30202 Cartagena
Teléfono: 968325400
Enlace: www.upct.es

El trabajo científico: la materia viva y su estudio

OBJETIVOS

1. Entender la biología como ciencia que se encarga del estudio de los seres vivos y que comprende numerosas áreas de conocimiento.
2. Conocer el método científico en biología y sus etapas.
3. Desarrollar actitudes que se asocian al trabajo científico, conociendo diferentes tipos de trabajos de investigación y la metodología que se emplea para llevarlos a cabo.
4. Reconocer la implicación y amplitud de la ciencia de la biología, así como su relación con el ámbito social y ético.

CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• La biología como ciencia. (Objetivo 1) – Biología descriptiva y biología molecular experimental. – Las áreas y aplicaciones de la biología. • Etapas del método científico. (Objetivo 2) • El trabajo de investigación. (Objetivo 3) • Ciencia, tecnología y sociedad. (Objetivo 4) • Ciencia y bioética. (Objetivo 4)	• Búsqueda bibliográfica sobre la historia de la biología. (Objetivo 1) • Búsqueda bibliográfica sobre la contribución de ciertos autores a las diferentes áreas de la biología. (Objetivo 1) • Visita a un centro de biología experimental (Universidad, Centro de Biología Molecular, Centro de investigaciones contra el cáncer, etc.). (Objetivo 1) • Aplicación de las etapas del método científico. (Objetivo 2) • Resolución de problemas aplicando estrategias científicas y de investigación. (Objetivo 3) • Documentación y búsqueda de información. (Objetivo 3). • Análisis de gráficas y datos de determinados experimentos científicos. (Objetivo 3) • Análisis, extracción de conclusiones y crítica de experiencias y textos científicos. (Objetivo 4). • Comentario y debate de noticias de prensa de actualidad. (Objetivo 4) • Construcción de un modelo de ADN (forma B). (Objetivo 5)	• Consideración y reconocimiento de la biología como ciencia cambiante y dinámica. • Reconocimiento de la importancia del método científico. • Respeto por las normas de uso del laboratorio, rigor y orden en la realización de cualquier trabajo. • Desarrollo de una actitud crítica ante la información obtenida. • Valorar la importancia de las destrezas procedimentales para poder hacer ciencia práctica. • Reconocimiento de las implicaciones éticas y morales de los resultados de las investigaciones científicas. • Desarrollo de una actitud crítica ante la información obtenida en un experimento.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Señalar y describir las diferentes áreas de la biología, explicando sus aplicaciones. (Objetivo 1)	1 y 2	1 y 2
b) Conocer el método científico y cada una de sus etapas. (Objetivo 2)	3	2
c) Identificar en un texto la formulación del problema, la hipótesis, las variables de la experimentación y el control de la experimentación, así como interpretar datos, diferenciándolos de las conclusiones. (Objetivo 3)	4	3
d) Leer e interpretar los datos organizados en tablas: identificar los datos y las variables correspondientes, señalando patrones, modelos o regularidades derivadas de la distribución de datos y relacionar conclusiones con el marco teórico del que forman parte (interpretar y justificar la información que muestra la tabla). (Objetivo 3)	5	4
e) Valorar de forma crítica los pros y los contras de los avances científicos en el campo de la biología. (Objetivo 4)		5

ESQUEMA MUDO

EXPERIMENTO DE RED I



PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

- 1 ¿Qué diferencia hay entre la proteómica y la genómica.
- 2 ¿Cuál es la principal diferencia entre la biología descriptiva y la biología experimental? Señala dos ejemplos de especialidades de cada una.
- 3 Señala si las siguientes afirmaciones sobre el método científico son verdaderas o falsas:
 - a) Sus leyes son siempre rechazadas si los hechos contradicen lo que afirman.
 - b) Usa las matemáticas como herramienta para ver la relación entre las variables.
 - c) El análisis de resultados obtenidos en una experimentación conduce a la elaboración de una hipótesis.
 - d) El conocimiento científico es siempre revisable.
 - e) El diseño de experimentos, para que sean fiables, debe asegurar que sus resultados dependan de un gran número de variables.
 - f) Cuando las hipótesis han sido repetidamente verificadas por la observación y la experimentación, se procede al enunciado de teorías.
- 4 Disponemos de varios terrarios idénticos y las correspondientes instalaciones que nos permiten controlar la temperatura y la humedad ambiental y las condiciones de luz en su interior. Podemos modificar estos factores para lograr los valores que se indican a continuación:
Temperatura ambiental: 40 °C, 35 °C, 30 °C. Humedad ambiental: muy húmedo, húmedo, seco.
Condiciones de luz: intensa, atenuada, oscuridad.
 Queremos estudiar la influencia que tiene las condiciones de luz sobre la actividad de una muestra de lagartos a lo largo de una semana. La actividad se mide a través del recuento de los movimientos de los animales.
 - a) Plantea en forma de pregunta el problema que se quiere investigar.
 - b) Identifica las variables independiente y dependiente.
 - c) Diseña un experimento para poder dar respuesta al problema que se plantea.
 - d) Los lagartos, como el resto de los reptiles, son animales poiquiloterms, ¿Qué significa este concepto? Otros animales presentan otra adaptación diferente en relación con la regulación de la temperatura. Indica esta adaptación y los grupos de animales que la presentan.
- 5 Un estudiante quiere determinar experimentalmente de dónde captan la energía las plantas. Tiene dos hipótesis:
 - Hipótesis 1: quizá las plantas captan la energía de la luz del sol.
 - Hipótesis 2: quizá las plantas captan la energía de las sales minerales del suelo.
 Para dilucidarlo ha realizado el siguiente experimento:
 1. Ha preparado varios grupos de plantas colocando el mismo número de plantas a cada grupo.
 2. Ha situado cada grupo bajo diferentes intensidades de luz y diferentes concentraciones de sales al suelo. Ha tenido cuidado de que otros factores, como la humedad o la temperatura ambiental, fueran iguales en todos los grupos de plantas.
 3. Tras dejar crecer las plantas durante un mes, ha calculado la energía que acumulaban.
 La tabla siguiente resume los resultados del experimento.

Intensidad de la luz (unidades arbitrarias)	10	20	30	40	50
Sales minerales añadidas al suelo (g)	1	2	3	4	5
Energía contenida después de un mes (kcal)	950	1 200	1 500	2 225	2 850

 - a) ¿Cuáles son las variables independientes en este experimento? ¿Y la dependiente? ¿Cuál ha sido el control del experimento?
 - b) A partir de los resultados que muestra la tabla, el estudiante ha elaborado la conclusión siguiente: «La energía se obtiene tanto de la luz del sol como de las sales minerales».
 1. Esta conclusión es coherente con los resultados obtenidos. Explícalo.
 2. Sin embargo, la conclusión es falsa. Explícalo.
 - c) ¿Podrías mejorar este experimento? En caso afirmativo, realiza un nuevo diseño, enumerando los diferentes pasos del experimento. En caso negativo explica el porqué.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

- 1 Relaciona las áreas de la biología con su objeto de estudio

- a) Histología.
- b) Organografía.
- c) Sistemática.
- d) Morfología.
- e) Anatomía.
- f) Citología.
- g) Filogenia.

- 1. Clasificación de los seres vivos según la evolución y la filogenia.
- 2. Relaciones evolutivas entre los seres vivos.
- 3. Estructura de los seres vivos.
- 4. Forma y origen de las estructuras de los seres vivos.
- 5. Estructura y función de los tejidos.
- 6. Estructura y función de los órganos.
- 7. Estructura y funciones de la célula.

- 2 Ordena los siguientes pasos que se deben seguir al aplicar el método científico.

Extracción de conclusiones; Análisis de los resultados obtenidos; Formular hipótesis; Aceptación o rechazo de la hipótesis; Enunciado de teorías; Recogida de información: observación del fenómeno, planteamiento de preguntas, Realización de experimentos, Diseño de experimentos.

- 3 Unos alumnos de bachillerato han realizado un experimento para estimar la cantidad de agua que hay en determinados alimentos. Tras pesar inicialmente los alimentos los han colocado dentro de una estufa a 60 °C y diariamente los han pesado. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

	Peso inicial (g)	1.º día (g)	2.º día (g)	3.º día (g)	4.º día (g)	5.º día (g)	6.º día (g)
Lechuga	10	3,9	2,6	1,8	1,4	1,1	1,0
Embutido	32	17,5	13,5	12	11,2	10,6	10,5

Representa gráficamente los resultados de la tabla. Justifica la forma de la gráfica. Calcula el porcentaje de agua de los alimentos.

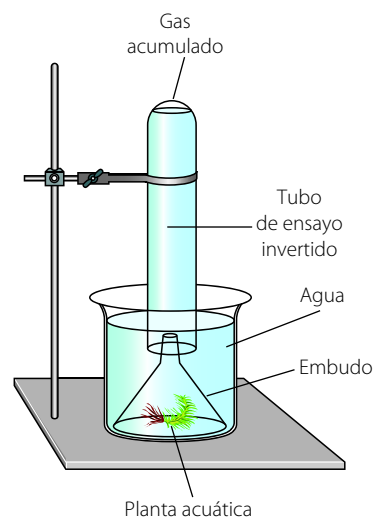
- 4 *Eloдея* canadienses es una planta acuática especialmente recomendada para acuarios de agua fría. El montaje que muestra el dibujo se ha diseñado para determinar a qué temperatura se realiza la fotosíntesis a mayor intensidad. La actividad fotosintética se mide a través del volumen de gas acumulado en la parte superior del tubo de ensayo. Disponemos de varios montajes idénticos con las correspondientes instalaciones que nos permiten controlar la temperatura, la concentración de CO₂ en el agua y las condiciones de luz. Podemos modificar estos factores para lograr los valores que se indican a continuación:

Temperatura del agua: 15 °C, 20 °C, 25 °C.

Concentración de CO₂ del agua: elevada, media, baja.

Condiciones de luz: muy intensa, intensa, atenuada.

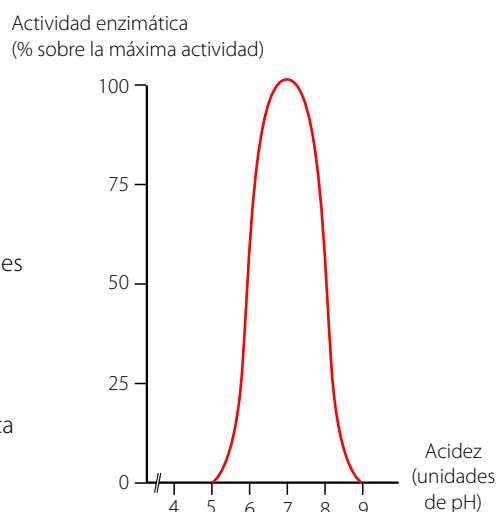
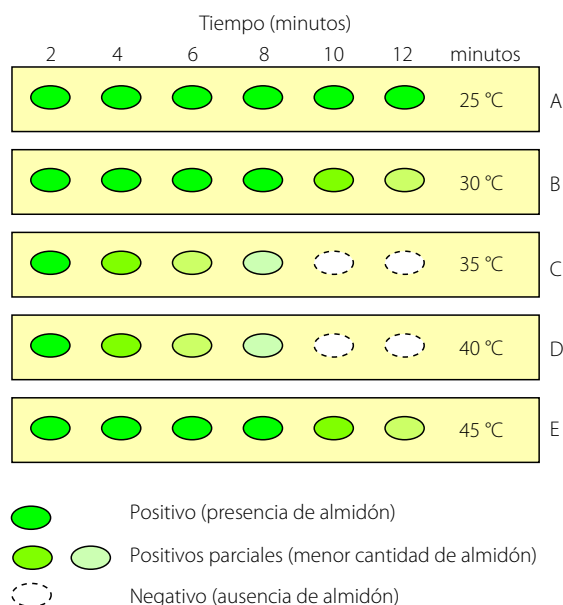
- a) Plantea en forma de pregunta el problema que se quiere investigar.
- b) Identifica las variables independiente y dependiente.
- c) En las condiciones del enunciado de la pregunta, diseña un experimento para poder dar respuesta al problema que se plantea.
- d) A partir de la ecuación general de la fotosíntesis, justifica la importancia del CO₂ en este proceso y explica cuál es el gas que se acumula en la parte superior del tubo y su procedencia.



- 5 Indica los pros y los contras que pueden llevar aparejados los diferentes descubrimientos que se están realizando sobre el genoma humano.

1 ¿En una búsqueda que pretendía estudiar cómo la temperatura afecta a la rotura del almidón por acción de la enzima α -amilasa (presente en la saliva) se siguieron los pasos que se indican:

- Preparación de cinco disoluciones de almidón (todas con la misma concentración) y cinco disoluciones de α -amilasa (la concentración de α -amilasa también era la misma en cada disolución).
- Incubación de cada una de las cinco disoluciones de almidón y de α -amilasa a diferentes temperaturas (25, 30, 35, 40, 45 °C).
- Ajuste del pH de las diferentes disoluciones, para que fuese el mismo en todas ellas.
- Mezcla de cada disolución de almidón con la correspondiente (igual temperatura) de α -amilasa.
- Valoración de la hidrólisis: a intervalos de dos minutos, durante un periodo de 12 minutos, se extraía una gota de la mezcla y se depositaban en unas tiras de papel de filtro y encima se depositaba unas gotas de lugol para detectar la presencia de almidón. El dibujo muestra los resultados que se obtuvieron.
 - A partir de los resultados indica a qué temperatura o temperaturas se produce la rotura del almidón más rápidamente y el tiempo que tarda en aparecer el resultado negativo.
 - Interpreta los resultados del experimento.
 - Indica en este experimento qué puede considerarse las variables independiente y dependiente. ¿Por qué crees que se vigiló que las concentraciones de almidón y de α -amilasa, así como el pH fueran los mismos en todas las disoluciones?
 - En un experimento análogo se investigó la influencia de la acidez (pH) sobre la actividad de la enzima α -amilasa. La gráfica siguiente muestra los resultados obtenidos. Interpreta la información que suministra.



2 Entre los animales que encontramos en un acuario doméstico hay diferentes especies de plantas y animales. Abundan las *Lymnaea ovata*, pequeños caracoles herbívoros que a menudo proliferan de forma que pueden poner en peligro las plantas del acuario. Como solución pueden introducirse ejemplares de una especie de pez carnívoro *Botia macracanthus*, que se alimenta del molusco *Lymnaea*. La tabla corresponde a los cambios observados por la población del caracol *Lymnaea* en un acuario doméstico a lo largo de tres semanas.

Población (individuos)	38	56	76	98	87	73	60	51	43	35	26
Tiempo (días)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

- Representa los datos en un gráfico. Razona los cambios que se producen en el acuario los primeros seis días y señala en el gráfico el día que probablemente se introdujo en el acuario una pareja de peces *Botia*.
- En otro acuario, también con abundantes caracoles, pero con un agua con un pH más ácido y una temperatura más baja que la del primer acuario, se introdujeron una pareja de peces *Botia* para regular la población de caracoles; sin embargo, a las pocas horas los dos peces murieron. ¿Qué variables pueden relacionarse con la muerte de los peces? Formula dos hipótesis sobre su muerte.
- Supón que dispones de más pescados *Botia* y de diferentes acuarios en los que se pueden controlar las condiciones medioambientales. Planifica brevemente un experimento para contrastar una de las hipótesis que has señalado.

- 1 El carbunco o ántrax es una enfermedad común entre el ganado causada por la bacteria *Bacillus anthracis*. Los corderos u otras especies de ganado se infectan normalmente ingiriendo hierba con esporas de la bacteria, pero la inyección de *Bacillus anthracis* también produce la enfermedad. Louis Pasteur desarrolló, en el año 1881, una vacuna contra el carbunco, a partir de bacterias atenuadas. El doctor Rossignol no creía en la eficacia de la vacuna. Rossignol consiguió 50 corderos y retó a Pasteur a que demostrara experimentalmente la eficacia de la vacuna. El experimento se demostró ante la presencia de científicos, periodistas y público en general, y supuso un rotundo éxito para Pasteur.
 - a) ¿Qué problema se intenta resolver con el experimento?
 - b) ¿Cuál era la hipótesis de Pasteur? ¿Y la hipótesis de Rossignol?
 - c) Utilizando los 50 corderos, diseña un experimento para resolver el problema. Indica qué resultados predice para el experimento cada una de las hipótesis.
 - d) En aquellos tiempos se creía que las esporas bacterianas aparecían espontáneamente a partir de materia orgánica en descomposición. Discute si esta afirmación es válida o no.

- 2 La mayoría de los principales descubrimientos en el campo de las ciencias biológicas se han efectuado en los dos últimos siglos, gracias a las aportaciones que se produjeron en los periodos históricos anteriores. Investiga cuáles son los principales autores, ideas, obras o descubrimientos de las ciencias biológicas hasta el siglo xx.

- 3 Para estudiar las numerosas especies de seres vivos ha sido necesario ordenarlos en grupos. El estudio moderno y sistematizado de los seres vivos, uno de los principales objetivos de la biología, comenzó en el siglo XVIII, con las ideas del sueco Carl von Linné (1707-1778), quien estableció agrupaciones jerarquizadas o taxones de seres vivos y propuso la famosa nomenclatura binomial para nombrar a las diferentes especies. ¿Podrías recordar en qué consiste la nomenclatura binomial? Bázate para ello en un ejemplo concreto.

- 4 Un grupo de estudiantes de zoología quiere estudiar cómo influye la presencia de cotorras americanas (un tipo de ave autóctona) en las poblaciones de palomas de la ciudad de Barcelona. En el planteamiento del diseño experimental han aparecido varias ideas, algunas de las cuales son:
 - Hacer muestreos para cuantificar las poblaciones de aves de las dos especies a lo largo del tiempo.
 - Hacer muestreos para cuantificar las poblaciones de palomas en los barrios donde no hay cotorras.
 - a) Indica cuál es el problema que se ha de investigar y formula una posible hipótesis.
 - b) ¿Cuáles son las variables independiente y dependiente del experimento?
 - c) ¿Por qué crees que en el estudio que hace este grupo de estudiantes sería necesario cuantificar las palomas en los barrios donde no hay cotorras?

- 5 Para determinar qué tipo de leche (entera o desnatada) de una determinada marca es más apropiada para obtener yogur se ha hecho el siguiente experimento:
 - Se han llenado el mismo número de pequeños recipientes idénticos con la misma cantidad de los dos tipos de leche.
 - Se ha añadido a cada recipiente una pequeña cantidad (la misma en todos los casos) de yogur.
 - Se ha añadido únicamente a los recipientes con leche desnatada una pequeña cantidad de espesa (una cucharada de leche en polvo). Se han cerrado todos los recipientes.
 - Se han colocado todos los recipientes en el mismo baño de agua que se ha mantenido caliente en torno a los 35 °C, durante 36 horas.
 - a) ¿Cuál es el problema que se investiga? ¿Cuáles son las variables independiente y dependiente?
 - b) El experimento, tal como está descrito, muestra algún error relacionado con el control de las variables. Identifica y explica la causa del error.

RECUERDA Y CONTESTA

1. Ciencia es el estudio razonado de la materia. En el caso de la biología, se trata de la materia viva.
2. Un ser vivo es el que puede realizar las tres funciones vitales; es decir, puede nutrirse, relacionarse y reproducirse.
3. La biosfera es el conjunto de todos los seres vivos que existen en nuestro planeta junto con la zona que ocupan en él. Es, pues, el gran y, en realidad, único ecosistema que hay en nuestro planeta.
4. Un recurso renovable es aquel que se genera continuamente, como el agua, los cultivos, la ganadería o la pesca. También se incluyen aquellos que son inagotables a la escala humana de tiempo, como la energía solar o el calor interno de la Tierra. Por el contrario, un recurso no renovable es aquel que no se regenera a la escala humana de tiempo y, por tanto, sus reservas tienden a disminuir a medida que los consumimos, como el petróleo, el carbón o los minerales.

ACTIVIDADES

1. Porque no utilizan el método científico.
2. La biología descriptiva se basa en la simple observación de la estructura y el funcionamiento de los seres vivos para realizar descripciones de lo observado.
La biología experimental se basa en la experimentación, es decir en la aplicación del método científico al estudio de la vida.
3. La biología pura se ocupa de todos aquellos aspectos de la investigación biológica que tienen como finalidad conocer el funcionamiento de los seres vivos en todos sus niveles, desde el molecular hasta el de poblaciones, sin buscar ninguna aplicación inmediata. Por ejemplo, el estudio del ciclo de vida de un determinado microorganismo.
La biología aplicada tiene como objetivo la aplicación de los descubrimientos de la biología pura a otras áreas como: medicina, veterinaria, industria alimentaria, ganadería, agricultura y conservación del medio ambiente, etc. Por ejemplo, la elaboración de nuevas vacunas en medicina.
4. La búsqueda de información debe realizarse tras la observación, puesto que cada vez con más frecuencia, se parte del conocimiento generado previamente.
5. La hipótesis ya nos viene dada: «la administración de vitamina C reduce la incidencia del resfriado».

Experimentación: se consideran dos grupos de personas, uno de ellos está constituido por personas a las que no se les administra vitamina C y el otro por personas a las que se les administra vitamina C. Después de un tiempo se observan los resultados obtenidos en cuanto a la incidencia de resfriados en las personas pertenecientes a ambos grupos.

Análisis de resultados: se trabaja sobre los resultados obtenidos en la experimentación; se anotan, se analizan, se estudian estadísticamente, etc. Finalmente, se realiza una comparación de los resultados con los que cabría esperar de ser cierta la hipótesis planteada, en el grupo de personas a las que se les ha administrado vitamina C, la incidencia de resfriados debe ser menor.

Conclusiones y establecimiento de leyes científicas: si a partir de los resultados obtenidos se concluye que la hipótesis inicial era errónea, se debe plantear una nueva hipótesis de trabajo

y, entonces, se deben repetir las etapas anteriores. Aunque en una investigación se llegue a esta conclusión, la investigación es útil, ya que permite avanzar hacia la respuesta correcta.

Si la hipótesis ha sido repetidamente verificada por la observación y la experimentación, se puede proceder al enunciado de una teoría o de un modelo de funcionamiento del fenómeno en cuestión.

6. Significa que en cualquier momento o lugar se pueda repetir la experimentación y los resultados sean siempre los mismos.
7. Es indispensable cumplir los criterios metodológicos y éticos para aplicar con rigor el método científico y así, realizar investigaciones científicas utilizando datos, procedimientos y actitudes, que sean objetivos, contrastados e incuestionables.
8. Generalmente, las muestras se refieren a superficies en los ecosistemas terrestres, a volúmenes en ecosistemas acuáticos o a número de individuos en encuestas. En los muestreos suele ser preferible tomar varias réplicas, por ejemplo, tomar tres muestras iguales en cada punto. Esto permite estudiar las desviaciones debidas al proceso de muestreo.
9. Es conveniente tomar transectos si se estudia el tipo de organismos que viven en el mar, puesto que las especies son diferentes según la profundidad.

Si estudiamos la diversidad de especies de la fauna infralaplídica (habita debajo de las piedras) no es necesario tomar transectos.

10. El área mínima de la muestra es de 3000 cm² aproximadamente.
11. CTS significa ciencia, tecnología y sociedad.

El objetivo general de la perspectiva CTS es que las sociedades democráticas no sean un sujeto pasivo frente a los avances de la ciencia y las tecnologías, sino el sujeto activo que regula en que grado deben aplicarse para evitar desequilibrios sociales y para salvaguardar del medio ambiente (desarrollo sostenible).

Los descubrimientos científicos y sus aplicaciones a la vida diaria, es decir las tecnologías, constituyen un elemento muy importante que incide en la estructura y el funcionamiento de la sociedad y en el medio ambiente natural.

12. Cuando se habla de encontrar tratamiento para enfermedades hoy incurables, de descubrir fuentes de energía inagotables y no contaminantes, o de poder predecir con suficiente antelación las catástrofes naturales, todos los países y sociedades confían en la ciencia y no en otros campos del saber. Solo es posible investigar estas situaciones si los gobiernos invierten dinero de forma que la sociedad pueda confiar en la ciencia para encontrar soluciones a algunos de sus problemas.
13. Se considera como uno de los objetivos de la bioética, que todos los pueblos han de poder acceder a los avances en medicina, en agricultura, a las variedades transgénicas, etc., y no solo los países que dominan estas técnicas. De no ser así, se aumentarían aún más los desequilibrios entre países pobres y países ricos, con los enormes perjuicios que ello comporta. Muchas de las investigaciones que se realizan, fundamentalmente en el campo de la salud humana, son llevadas a cabo por entidades particulares, entre cuyos fines está la lícita recuperación de las inversiones realizadas. Debido a esto, han de ser los gobiernos y las asociaciones internacionales, los que se responsabilicen de que dichos descubrimientos también sean accesibles a los países con pocos recursos económicos.

14. Porque muchas de las investigaciones que se realizan son llevadas a cabo por entidades particulares, que pretenden, como uno de sus fines, recuperar las inversiones realizadas en la investigación. Si los gobiernos no se encargasen de que los descubrimientos científicos fueran accesibles para todas las personas, aumentarían los desequilibrios entre unos países y otros.
15. La clasificación de los seres vivos según la biología descriptiva se basa en la simple observación y según la biología experimental dicha clasificación se basa en la experimentación, es decir, en la aplicación del método científico.
16. a) Si la planta acuática ha sido sometida a la acción de la luz y dispone de los sustratos necesarios para hacer la fotosíntesis (dióxido de carbono y agua), habrá sintetizado materia orgánica y oxígeno. Dado el montaje, este gas se ha ido acumulando y ha formado un pequeño volumen de gas en la parte superior del tubo de ensayo. El gas acumulado, el oxígeno, proviene de la fotólisis del agua que acontece en la fase lumínica de la fotosíntesis.
- b) El alumno confunde el gas acumulado en el montaje que ha estado a oscuras con el que se acumula en el montaje iluminado. Él piensa que el gas que se observa en el montaje B procede de la fotosíntesis.
- La planta a oscuras no hace la fotosíntesis, pero sí ejecuta la respiración celular (que funciona con y en ausencia de luz). El gas acumulado en este montaje que se ha mantenido a oscuras es dióxido de carbono y procede de la respiración celular. No ha habido fotosíntesis a oscuras.
- c) VI: la iluminación, la presencia/ausencia de luz. VD: la actividad fotosintética (medida a través del gas acumulado en el tubo de ensayo).
- d) Se trata de un experimento con/sin (con luz/sin luz), por tanto, podemos entender que el montaje sin (luz) actúa como control del experimento. También hace falta considerar que esta es la única diferencia entre las condiciones a las que se han sometido los montajes. El control del experimento sirve por asegurar que los cambios experimentado por la variable dependiente proceden de los cambios inducidos en la variable dependiente y no de otros factores.
17. Las etapas que se deben desarrollar en una investigación aplicando el método científico son:
- Observación. Se puede realizar en la naturaleza o en un medio no natural. Se trata de una observación inteligente en la que el observador intenta entender lo que sucede.
 - Formulación de una hipótesis. Consiste en plantear posibles respuestas, al problema planteado. Esta etapa acaba cuando, después de descartar todas aquellas hipótesis que tienen menos posibilidades de ser válidas, se selecciona una capaz de explicar el problema planteado.
 - Experimentación. Se basa en diseñar y realizar una serie de experimentos cuyos resultados puedan confirmar o descartar la hipótesis planteada. Los experimentos han de estar diseñados de forma que los resultados sean reproducibles en cualquier momento y lugar.
 - Análisis de resultados. Se trabaja sobre los resultados obtenidos en la experimentación; se anotan, se analizan, se estudian estadísticamente, etc. Finalmente, se realiza una comparación de los resultados con los que cabría esperar de ser cierta la hipótesis planteada.

- Conclusiones y establecimiento de leyes científicas. Si a partir de los resultados obtenidos se concluye que la hipótesis inicial era errónea, se debe plantear una nueva hipótesis de trabajo y, entonces, se deben repetir las etapas anteriores.

Cuando una hipótesis ha sido repetidamente verificada por la observación y la experimentación, se puede proceder al enunciado de una teoría o de un modelo de funcionamiento del fenómeno en cuestión.

A comienzos del siglo XVII, el científico Francesco Redi (1626-1698), se cuestionó la teoría de la generación espontánea. En aquella época era creencia general que las larvas de mosca se generaban a partir de la carne en putrefacción. Sus propias observaciones indicaban que estas larvas aparecían en la carne varios días después de que las moscas se posaran en ella. Redi relacionó la aparición de larvas con la presencia de moscas y elaboró una hipótesis al respecto: si las moscas se posan sobre la carne, entonces aparecen larvas al cabo de varios días. A partir de esta hipótesis diseñó una serie de experimentos con los que pudo comprobar que las larvas solo aparecían en la carne en la que antes se habían posado las moscas.

En la fase de resultados y conclusiones, Redi comprobó que no era la ausencia de aire lo que impedía la generación de larvas en la carne, sino la imposibilidad de acceso a la carne por parte de las moscas.

La conclusión a la que llegó Redi es que las larvas no se generan a partir de la carne sino que provienen de los huevos que las moscas ponen en ella. Con estos resultados y con los de otros experimentos similares, Redi estableció una teoría contraria a la teoría de la generación espontánea, válida al menos para la generación de las larvas de mosca. Esta se puede expresar así: las larvas de mosca no se originan espontáneamente a partir de la carne en putrefacción sino que se forman a partir de los huevos que en ella ponen las moscas.

18. Louis Pasteur realizó un experimento similar al que efectuó anteriormente Redi. Pasteur sabía que en el aire existían pequeñas «estructuras» que recordaban a ciertos microbios y a esporas de hongos, y postuló que al depositarse causaban la descomposición de los restos de los seres vivos.

El experimento de Pasteur consistió en introducir un caldo de cultivo en un recipiente de cuello estrecho y largo; después dobló el cuello en forma de S, aplicando calor, dejó su extremo abierto y calentó el caldo hasta la ebullición. Si se dejaba enfriar el caldo, y el recipiente se mantenía vertical, no se producía contaminación microbiana, ya que los microbios que pudieran entrar por gravedad y se acumulasen en el codo, no podían ascender al estar el tubo seco y no haber corrientes de aire. Pero si el recipiente se inclinaba hasta que el caldo contactaba con la abertura del cuello (cargada de microbios), en poco tiempo aparecían microbios en el caldo. Con ello, Pasteur demostró que la falta de crecimiento en el recipiente vertical no era debida a la destrucción de algún «principio vital» por el calentamiento del caldo, sino a la ausencia de contaminación por bacterias del aire. De esta forma se desechó definitivamente la teoría de la generación espontánea y se demostró que todos los seres vivos proceden de otros seres vivos.

19. a) Argumentación:

A) Aun cuando la respuesta a la pregunta es que sí se puede hacer, la justificación es incorrecta. Los organismos tienen una cierta capacidad adaptativa limitada a algunas características que no son heredables. En todo caso, la afirmación «o se adaptan o se

mueren» como motor de cambio y adaptación no es cierta.

- B) La respuesta B concuerda con las ideas científicas actuales. Las poblaciones, no los organismos, se adaptan por el efecto selectivo del medio sobre la variabilidad genética mostrada por las poblaciones.

- b) Aun cuando el enunciado de la pregunta no lo pide, siempre es interesante plantear el problema en forma de pregunta: ¿Influye la humedad del suelo en la germinación de las semillas?

Variables:

- Variable independiente: humedad del suelo.
- Variable dependiente: germinación (la pregunta no concreta si se trata del tiempo o del número de semillas, por tanto, aceptaríamos respuestas en esta línea).

Diseño:

Deberá contener los siguientes elementos:

1. Sembrar un mismo número de semillas en cada test.
2. Fijar en todos los terrarios los mismos valores para las diferentes condiciones ambientales.
3. Decidir sobre el tratamiento de la variable independiente, así como el número de réplicas. Un posible diseño sería:
 - Fijar tres grados de humedad del suelo (o de la tierra de las macetas): baja, media, alta.
 - Mantener en un grupo (como en cada terrario hay varias macetas, con un par o tres de terrarios habría suficiente) de terrarios una humedad baja en la tierra de las macetas.
 - Mantener en otro grupo de terrarios una humedad media en la tierra de las macetas y, por último, mantener un grupo de terrarios con una humedad alta en el tierra de los tiestos.
4. O bien observar una vez transcurrido el tiempo necesario el número de semillas que germinan en cada una de las condiciones.

O bien determinar el tiempo que tardan en germinar un determinado número de semillas.

O bien la observación dependerá del método que se haya escogido para medir la variable dependiente.

20. La hipótesis de Redi era: 'si las moscas se posan sobre la carne, entonces aparecen larvas al cabo de varios días'.

- a) La aparición o no de larvas de moscas en las distintas muestras de carne.
- b) Redi comprobó que no era la ausencia de aire lo que impedía la generación de larvas en la carne, sino la imposibilidad de acceso a la carne por parte de las moscas. Y la conclusión a la que llegó Redi es que las larvas no se generan a partir de la carne sino que provienen de los huevos que las moscas ponen en ella.

21. a) La hipótesis sería que los grupos de animales que han sido vacunados con al menos una de las tres vacunas posiblemente no presentarán un cuadro de peste porcina, y sí en cambio aquellos animales no vacunados.

- b) La aparición o no de peste porcina clásica en los diferentes animales.

- c) La administración de las vacunas A, B o C, o bien la no administración (o administración de un placebo).

- d) El estudio estará diseñado con réplicas, pues haríamos cuatro grupos, cada uno de los cuales tendría siete animales. A tres de los cuatro grupos de animales les administraríamos las vacunas (respectivamente A, B o C) y al cuarto grupo no, o bien administraríamos un placebo: este sería el grupo control. Además, todos los animales son de 50 días y un peso muy similar, y todos se encuentran en condiciones nutritivas similares (control de otras variables).

Comprobaríamos la presencia o ausencia de anticuerpos anti-peste porcina a día 0 y día 30, y administraríamos, respectivamente, vacuna (o placebo a los animales control) –día 0– y una cepa/sopa patógena del virus –día 30– (a todos los animales). Por último, a los 60 días comprobaríamos si han aparecido síntomas de la peste porcina en los animales vacunados o en los animales control.

22. a) Son preguntas válidas las siguientes:

- ¿Influye la cantidad de cafeína presente en el alimento en las alteraciones en el cuerpo de la descendencia?
- ¿Hay relación entre la cantidad de cafeína ingerida y las mutaciones que se presentan en el cuerpo de la descendencia?

- b) Variable independiente: cantidad de cafeína.

Variable dependiente: alteraciones o mutaciones en el cuerpo de la descendencia.

En esta pregunta hará falta concretar el porqué de la respuesta. Con sus palabras habrán de explicitar que el experimentador modifica directamente los valores de la variable independiente para observar los cambios que experimenta otra variable, la dependiente.

- c) El diseño que haga el alumno deberá contener los siguientes elementos.

1. Hacer varios grupos de moscas (con machos y hembras) criadas con alimento que contiene diferentes dosis de cafeína (baja, media, alta). De cada grupo hace falta realizar varias réplicas.

2. Criar igualmente como mínimo un grupo de moscas con alimento sin cafeína.

El control del experimento se centra en el hecho de que se varíe la dosis de cafeína en el alimento y en la presencia de un grupo sin cafeína.

3. Asegurarse de que el resto de condiciones (o variables) que puedan afectar a la aparición de mutaciones en la descendencia se mantienen en los mismos valores en todos los grupos de moscas del experimento.

4. Analizar, en la descendencia, la presencia de alteraciones del cuerpo. Determinar en cuáles de los diferentes grupos hay una mayor incidencia de alteraciones en el cuerpo por tal de cuantificar los resultados y poder relacionarlos con las diferentes dosis de cafeína (variaciones de la variable independiente).

23. Hipótesis: Quizás un aumento de la cantidad de horas de luz diarias hace más corto el estado de crisálida.

Variable independiente: la cantidad de horas de luz diarias.

Variable dependiente: duración (tiempo) del estadio de crisálida.

Control:

- La variación de la variable independiente desde 0 a 24: por ejemplo, disponemos de siete terrarios: A con 0 horas de luz, B con 4 h, C con 8 h, D con 12 h, E con 16 h, F con 20 h, G con 24 h.

- El resto de variables (temperatura, humedad ambiental...) las fijamos para todos los terrarios: por ejemplo, 28 °C y 70 % de humedad relativa.

Réplicas o repetitividad: utilizamos un número elevado de crisálidas en cada terrario; por ejemplo, diez.

En cada terrario regulamos el sistema de iluminación para ajustarlo a A-0 h, B-4 h, etc., nos aseguramos de que la temperatura y humedad ambientales son constantes para todos los terrarios, y disponemos las diez crisálidas. Por último, comprobamos la duración del estado de crisálida en cada individuo de cada terrario.

24. a) El alumno puede argumentar en dos líneas que se considerarán correctas:
- La crítica está evidentemente fundamentada. El experimento, tal y como se ha realizado, no permite conocer cuál sería el resultado del crecimiento en un medio donde faltara exclusivamente el fósforo.
 - La crítica es correcta siempre que, si lo que el alumno argumenta es cierto, los resultados son compatibles con su hipótesis.
- b) El diseño que haga el alumno deberá contener los siguientes elementos.
1. Preparar diferentes grupos de plantas y hacerlas crecer en dos sustratos diferentes:
 - Requerimientos normales de nitrógeno y fósforo.
 - Requerimientos normales de nitrógeno con déficit de fósforo.
 2. Vigilar que, en todos los grupos de plantas utilizados, el resto de condiciones que puedan influir en el crecimiento y en la forma y el color de las hojas sean las mismas.
 3. Analizar en los diferentes grupos si el crecimiento de las plantas es normal, así como la presencia de alteraciones en las hojas y determinar en cuáles de los sustratos hay una mayor incidencia de alteraciones en el crecimiento y desarrollo de las hojas.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. La proteómica es el estudio de la estructura y de las funciones de todas las proteínas que se derivan de un genoma, mientras que la genómica es el estudio del funcionamiento, evolución y origen de los genomas y la ingeniería genética es la biotecnología de la transferencia de ADN para, por ejemplo, crear nuevas variedades más aptas, para obtener productos y para corregir defectos (terapia génica).
2. La biología descriptiva se basa en la simple observación de la estructura y funcionamiento de los seres vivos, con el fin de poder realizar descripciones. Por el contrario, la biología experimental se basa en la experimentación, aplicando el método científico al estudio de la vida.
Entre las especialidades de la biología descriptiva podemos citar la anatomía humana, la morfología animal y vegetal y la fisiología. Como especialidades de la biología experimental destacan la genética, la ecología, la bioquímica, etc.
3. a) Verdadero.
b) Verdadero.
c) Falso. El análisis de resultados conduce a la extracción de conclusiones y pueden ser suficientes para aceptar o rechazar una hipótesis. Es la recogida de información

(observación y planteamiento de preguntas) la que conduce a la formulación de una hipótesis.

- d) Verdadero.
- e) Falso. El diseño de experimentos debe asegurar que sus resultados dependan únicamente de una variable.
- f) Verdadero.
4. a) Posibles preguntas serían:
- ¿Hay relación entre las condiciones de luz y la actividad de los lagartos?
 - ¿Cómo influye la luz sobre la actividad de los lagartos?
- También podría ser válida cualquier pregunta en la que se relacionen de alguna manera las dos variables de la investigación (condiciones de luz y actividad de los lagartos).
- b) Variable independiente: condiciones de luz:
Variable dependiente: actividad de los lagartos (o movimiento de los lagartos).
- c) Son posibles diferentes diseños del experimento, en todos ellos se debería tener en cuenta el siguiente esquema básico:
1. Elegir como mínimo tres terrarios que se someterán a condiciones de luz diferentes (intensa, atenuada, oscuridad). También sería posible en el experimento un número de terrarios múltiple 3.
 2. Fijar la temperatura y la humedad ambiental de los terrarios en unos valores a determinar. Aunque posiblemente sería más pertinente fijar los valores intermedios para la temperatura y la humedad, bastará que sean los mismos en todos los casos y mientras dure el experimento.
 3. Introducir varios lagartos en cada terrario.
 4. En unos intervalos de tiempo a determinar (cada día, dos veces al día, etc.), medir la actividad de los animales a través del recuento de los movimientos. Anotar las observaciones.
 5. Finalizado el periodo de una semana dar por terminado el experimento. Estudiar los datos para ver en qué condiciones de luz (intensa, atenuada, oscuridad) se produce una mayor o menor actividad.
 6. Elaborar las conclusiones del experimento y hacer una justificación.
 7. Los organismos poiquiloterms son aquellos que la temperatura interna de su cuerpo experimenta variaciones según la temperatura del medio donde se encuentran. En condiciones desfavorables emigran, permanecen aletargados o enterrados en estado larvario.
- d) Los animales homeoterms (aves y mamíferos) mantienen una temperatura interna constante. Presentan distintas estructuras aislantes, como el pelo, las plumas o gruesas capas de grasa. Algunos animales, como los osos o las marmotas, hibernan entrando en un estado en el que se ralentiza su actividad.
5. a) Las variables independientes son la intensidad de la luz y las sales minerales añadidas al suelo. La variable dependiente es la energía contenida en las plantas.
En el diseño ha habido un problema de control. Aun cuando, como se explica en el enunciado, algunos factores se han mantenido en los mismos valores en todos los grupos de plantas, se habría de haber fijado una de las variables independientes y tratar la otra y a la inversa.

b) 1. Los resultados son consistentes con la conclusión, puesto que muestran que la energía acumulada por las plantas aumenta cuando también lo hacen tanto la intensidad de la luz como las sales minerales añadidas al suelo. Por esto estos resultados pueden ser explicados por la conclusión del estudiante.

2. La conclusión es falsa porque las plantas obtienen la energía solo de la luz del sol. Esta energía, captada durante la fase lumínica de la fotosíntesis, se aprovecha para fabricar ATP y NADPH, moléculas que durante el ciclo de Calvin se utilizan para fabricar materia orgánica fijando dióxido de carbono.

Las sales minerales no proporcionan energía a las plantas, solo aportan bioelementos (como fósforo, azufre, sodio, cloro, hierro, etc.) necesarios para fabricar algunas de las biomoléculas de la planta. Esta conclusión falsa es consecuencia indirecta de que el experimento ha sido mal planteado.

c) El experimento es claramente mejorable, porque en el diseño mencionado se hacen variar las dos posibles variables independientes al mismo tiempo, y así es imposible separar los efectos. Un diseño experimental mejorado podría ser seguir los tres mismos puntos mencionados en el experimento inicial, pero haciendo variar las variables independientes de esta manera:

Intensidad de la luz (unidades arbitrarias)	Sales minerales añadidas al suelo (g)
10	1
10	2
10	3
10	4
20	1
20	2
20	3
20	4
20	5
30	1
30	2
30	3
30	4
40	1
40	2
40	3
40	4

Conviene fijar una de las dos variables independientes y dar diferentes valores a otra variable. Después invertir el proceso fijando la otra variable independiente y modificando el valor de la primera.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. a) 5; b) 6; c) 1; d) 4; e) 3; f) 7; g) 2.

2. El orden correcto sería:

1. Recogida de información: observación del fenómeno, planteamiento de preguntas.
2. Formular hipótesis.

3. Diseño de experimentos.

4. Realización de experimentos.

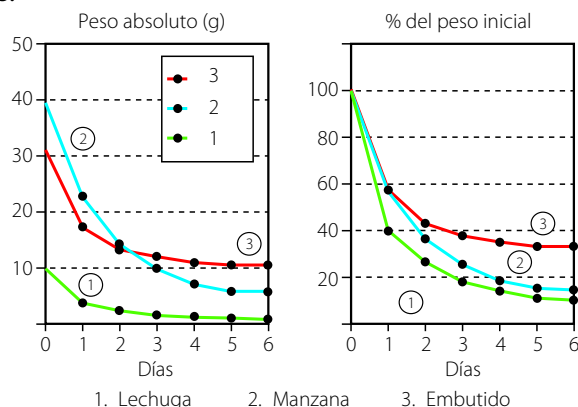
5. Análisis de los resultados obtenidos.

6. Extracción de conclusiones.

7. Aceptación o rechazo de la hipótesis.

8. Enunciado de teorías.

3.



La forma de las gráficas indica que el sexto día los alimentos prácticamente ya no pierden agua, por tanto, puede considerarse que lo que pesan es su peso seco. El agua perdida (peso inicial-peso seco), en % del peso inicial será:

Lechuga: 90,00%.

Embutido: 67,19%.

4. a) Algunas posibles preguntas podrían ser:

- ¿Hay relación entre la temperatura y la fotosíntesis (tasa fotosintética o similar)?
- ¿Influye la temperatura en la fotosíntesis?

En cualquiera de las preguntas que se formule deben estar presentes las variables independiente y dependiente del experimento (temperatura, fotosíntesis).

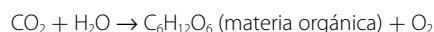
b) Variable independiente: la temperatura.

Variable dependiente: la fotosíntesis.

c) Las líneas básicas del diseño que debe llevar el experimento deben ser:

- Se ha de fijar la concentración de dióxido de carbono en uno de los valores.
- Se han de fijar las condiciones de luz en uno de los valores.
- En montajes diferentes sometidos a la concentración y condiciones de luz escogidas se varía la temperatura (15°, 20°, 25 °C).
- Se han de vigilar otras condiciones que puedan afectar al experimento (la duración, la cantidad de *Elodea* que se usa en el experimento, etc.), es necesario que sean las mismas en todos los montajes.
- Se determina la cantidad de gas que se ha producido después de un tiempo determinado.

d) La ecuación general de la fotosíntesis:



La fotosíntesis es un proceso anabólico, de síntesis de materia orgánica. El dióxido de carbono es incorporado a biomoléculas orgánicas gracias a la fotosíntesis. De

esta manera la obtención posterior de glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (al menos de su esqueleto carbonato) depende de la fotosíntesis.

El gas que se acumula en el tubo es oxígeno procedente de la fotólisis-rotura-de las moléculas de agua.

5. Pros:

- Permitirá la identificación temprana de enfermedades genéticas, como la diabetes o el cáncer.
- Posibilitará la prevención, debido a que puede determinarse la predisposición de un individuo a padecer una determinada enfermedad.
- Permitirá el diseño de fármacos individualizados, personalizando los tratamientos.
- Posibilitará el descubrimiento de las relaciones evolutivas entre las distintas razas humanas y revelará las claves de la evolución.

Contras:

- Desigual uso de sus beneficios en función de la compañía que posea la patente del descubrimiento de un determinado gen, y del poder adquisitivo de los individuos.
- Publicación de informaciones extremadamente confidenciales de los datos genéticos de un individuo.
- Discriminación laboral o de compañías de seguros, que podrán exigir el genoma a sus clientes y subir las primas en función de la disposición a padecer una determinada enfermedad.
- Manipulación genética de los individuos antes de su nacimiento.

AMPLIACIÓN

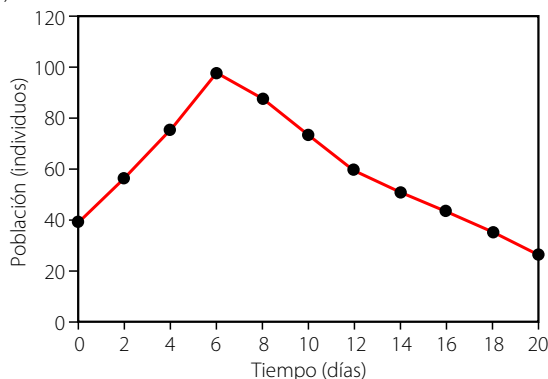
- a) La rotura del almidón se produce más rápidamente a 35 y 40 °C (casos C y D). El resultado negativo aparece después de 10 minutos de la mezcla de las disoluciones de almidón y α -amilasa.
- b) En las condiciones en que se realiza el experimento, las temperaturas de 35 y 40 °C permiten que una mayor fracción de moléculas de la enzima hayan adquirido su estructura nativa, aquella que conlleva su actividad. Si hay un número mayor de moléculas activas es previsible que la reacción química incremente su velocidad y, por tanto, el almidón desaparezca más rápidamente.
- c) En este experimento podemos considerar:
 - Variable independiente: la temperatura (factor sobre el que se actúa modificando su valor en los diferentes tratamientos).
 - Variable dependiente: velocidad de la reacción (tiempo que tarda en desaparecer el almidón).

No obstante convendrá ir diferenciando las variables del método que se usa para medirlas.

Se vigilará que las concentraciones de almidón y de α -amilasa, así como el pH fueran los mismos en todas las disoluciones para asegurarnos de que los resultados obtenidos dependían únicamente de las variaciones introducidas en la temperatura.

- d) La gráfica informa de que la máxima actividad se obtiene a un pH de 7. Esto se debe a que a otros valores de acidez, las moléculas de enzima (proteínas) se desnaturalizan, van perdiendo su estructura tridimensional activa (estructura nativa).

2. a)



Los moluscos proliferan durante los primeros días, de forma que la población crece a un ritmo considerable debido a la reproducción y disponibilidad de alimento. Probablemente la introducción del pez carnívoro se realiza entre el sexto y séptimo día, debido a la caída en el número de caracoles.

- b) Hay que considerar la temperatura y el pH como variables que pueden influir en la muerte de los peces. Dos hipótesis plausibles podrían ser:

- Quizá los peces han muerto por encontrarse en una temperatura demasiado baja que no es compatible con su vida.
- Quizá los peces han muerto por encontrarse en un pH demasiado bajo que no es compatible con su vida.

También pueden considerarse válidas otras hipótesis indirectas, como: tal vez el pH y/o la temperatura más bajos han hecho que los caracoles mueran, lo que ha hecho que los peces carnívoros (*Botia*) se queden sin alimento y también mueran.

- c) Consideraremos, por ejemplo, la hipótesis de la temperatura. La planificación de un posible experimento sería:
 - Dispondremos de varios acuarios a temperaturas diferentes (como, por ejemplo, 10, 20, 30 °C), medidas convenientemente con termómetros.
 - En cada acuario el agua deberá tener el mismo origen, el mismo pH, la misma exposición a la luz, etc.
 - Introduciremos varios peces en los diferentes acuarios.
 - Observaremos los cambios.
 - Si los peces modifican su actividad de una manera importante en algunos de los acuarios, probablemente será porque la temperatura es la variable que afecta su supervivencia.
 - Conviene, además, realizar todo el experimento en varias ocasiones.

REFUERZO

- a) El problema debe estar planteado en forma de pregunta y referirse explícitamente a la comprobación de la eficacia de la vacuna de Pasteur. Por ejemplo: «¿Es eficaz la vacuna de Pasteur para prevenir el carbunco?», o «¿Se cura el carbunco con la vacuna de Pasteur?».
- b) Las hipótesis son posibles respuestas al problema. La hipótesis de Pasteur era «Quizá mi vacuna funciona», mientras la de Rossignol era «Tal vez la vacuna de Pasteur no sirve de nada».

- c) Un posible experimento podría ser: se dividen los animales en dos grupos iguales (de 25 corderos cada uno) al azar. El primer grupo se debe vacunar con la vacuna de Pasteur, mientras al otro grupo (el grupo control) no se le debe aplicar la vacuna (se puede inyectar suero fisiológico o nada en absoluto).

Posteriormente se ha de provocar la enfermedad en todos los animales de la misma manera (por ejemplo, dándoles de comer hierba con esporas o inyectando directamente la bacteria) y comprobar qué animales sufren la enfermedad, cuáles se mueren y cuáles no.

Según la hipótesis de Pasteur, los animales vacunados no desarrollarán la enfermedad, o lo harán de forma leve, mientras que los animales del grupo control se pondrán enfermos de carbunco.

Según la hipótesis de Rossignol, no habrá de haber diferencias significativas, en cuanto al carbunco, entre el grupo de animales vacunados y el grupo control.

- d) La afirmación explica la aparición de esporas bacterianas basándose en la generación espontánea y, por tanto, es claramente errónea. Las esporas bacterianas que se encuentran en las hierbas son hijas de las bacterias que se encontraban en los cuerpos de los animales muertos de carbunco.

2.

Época	Autores y principales ideas, obras o descubrimientos
Siglo VI a. C.	Jenófanes de Colofón. Explica la presencia de restos de animales marinos en las montañas.
Siglo IV a. C.	Aristóteles. Considerado el padre de la zoología, describe y ordena en grupos a numerosos animales.
Siglo II d. C.	Galeno. Importantes descubrimientos en el campo de la Medicina.
Siglo XII	San Albarto Magno. Escribió dos grandes obras sobre plantas (<i>De vegetabilibus libri</i>) y animales (<i>De animalibus libri</i>)
Siglo XV	Leonardo da Vinci. Estudia la anatomía humana.
Siglo XVI	Andreas Vesalio. Introdujo nuevos métodos de estudio de la anatomía humana basados en la disección de cadáveres.
Siglo XVII	Francesco Redi. Rebate experimentalmente la idea de la generación espontánea.
Siglo XVII	Robert Hooke. Introduce el término de célula al observar el tejido suberoso del corcho.
Siglos XVII-XVIII	A. van Leeuwenhoek. Perfecciona las lentes de aumento y observa bacterias, protozoos, células nerviosas, glóbulos rojos, etc.
Siglo XVIII	Carl von Linné. Establece el sistema binomial de nomenclatura de los seres vivos.
Siglo XIX	Jean-Baptiste de Lamarck. Defiende la evolución orgánica, pero admitela heredabilidad de los caracteres adquiridos a lo largo de la vida.

Época	Autores y principales ideas, obras o descubrimientos
Siglo XIX	Georges Cuvier. Considerado el padre de la anatomía comparada animal moderna.
Siglo XIX	Charles Darwin. Defiende la evolución de las especies por selección natural.
Siglo XIX	Schwann y Schleiden. Enuncian la teoría celular.
Siglo XIX	Louis Pasteur. Descubre la vacuna antirrábica.
Siglo XIX	Gregor Mendel. Publica sus trabajos sobre las leyes de la herencia biológica.

3. Según la nomenclatura binomial de Linné, cada uno de los tipos de seres vivos viene definido por los dos taxones más inferiores, el género y la especie, que deben recibir un nombre en latín y en cursiva o en negrita, para diferenciarlo del resto del texto. Por ejemplo, el pez conocido vulgarmente como salmónete de roca se denomina científicamente *Mullus surmuletus*; el primer nombre, *Mullus*, es el del género, mientras que el segundo, *surmuletus*, es el de la especie. El nombre del género va con la inicial en mayúsculas, mientras que la especie se escribe con la inicial en minúscula. Para completar la nomenclatura binomial de los seres vivos, a continuación del nombre específico debe ir el nombre del científico que primero efectuó la descripción de la especie en cuestión, y a continuación el año en que fue publicada esta descripción en una revista científica. En nuestro ejemplo fue descrito por primera vez por Linné en 1758, de modo que el nombre correcto de la especie sería: *Mullus surmuletus* Linné 1758.
4. a) El problema a investigar podría ser: ¿cómo influye la presencia de las aves no autóctonas (las cotorras) en las poblaciones de palomas de la ciudad de Barcelona?
- Una posible hipótesis podría ser: las cotorras americanas establecen competencia con las poblaciones autóctonas de palomas, de forma que estas últimas se ven disminuidas.
- b) Variable independiente: el tiempo transcurrido.
Variable dependiente: el número de individuos en las poblaciones estudiadas.
- c) La cuantificación de las poblaciones de palomas en los barrios donde no hay cotorras haría la función de control experimental, pues aquí no se da el posible efecto de una población sobre la otra.
5. a) Adecuación del tipo de leche para la obtención de yogur.
La variable independiente en este experimento es el tipo de leche: entera o desnatada.
La variable dependiente es la cantidad y calidad del yogur obtenido con cada tipo de leche.
- b) El error está en la espesa (leche en polvo) que solo se añade a los recipientes con leche desnatada y esto puede introducir variables nuevas que no están controladas.

Los bioelementos, el agua y las sales minerales

OBJETIVOS

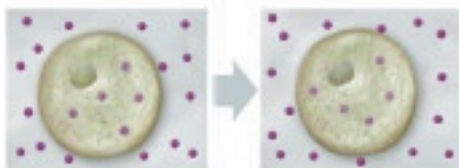
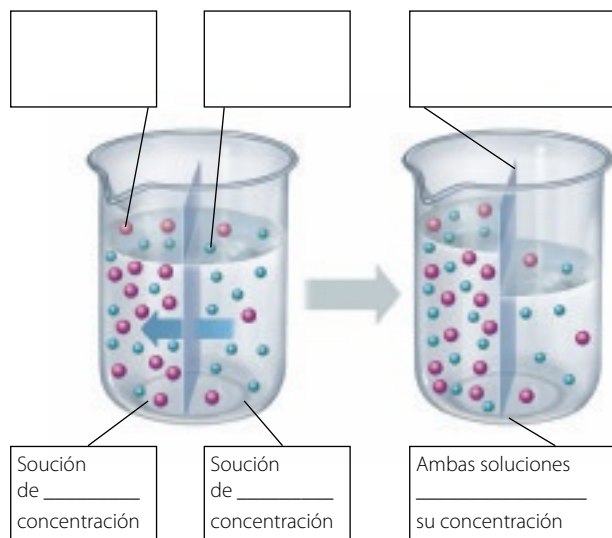
1. Conocer los elementos que forman parte de la materia viva.
2. Indicar los diferentes enlaces interatómicos e intermoleculares, así como sus características principales.
3. Describir la estructura química del agua y relacionarla con sus propiedades físico-químicas y sus funciones biológicas.
4. Comprender el papel que desempeñan las sales minerales en los seres vivos.
5. Describir los procesos osmóticos y señalar la importancia que desempeñan en los seres vivos.
6. Indicar cómo funciona un sistema tampón en los seres vivos.
7. Entender las propiedades que tienen las dispersiones coloidales.
8. Saber el fundamento de las técnicas de cromatografía, electroforesis, ultracentrifugación y la técnica de radioisótopos.

CONTENIDOS

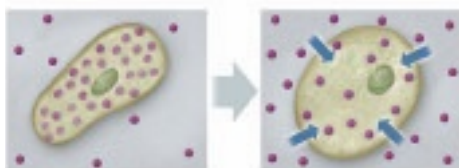
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Bioelementos: primarios y secundarios. (Objetivo 1) • Enlaces químicos; tipos e importancia en biología. (Objetivo 2) • Características del agua. (Objetivo 3) • Propiedades del agua. (Objetivo 3) • Sales minerales y sus funciones en los seres vivos. (Objetivo 4) • Disoluciones. Propiedades de las disoluciones: ósmosis, difusión, pH. (Objetivos 5 y 6) • Dispersiones coloidales. (Objetivo 7) • Métodos de estudio de los constituyentes de la materia viva: cromatografía, electroforesis, ultracentrifugación, técnicas de radioisótopos. (Objetivo 8)	• Comparación entre los elementos presentes en la materia viva y en la materia inerte. (Objetivo 1) • Interpretación de gráficas de la variación del contenido de agua en diferentes especies y su variación con el tipo de tejido y la edad del individuo. (Objetivo 3) • Búsqueda bibliográfica de las funciones de ciertos bioelementos en los seres vivos. (Objetivo 4) • Observación de fenómenos osmóticos en células animales y vegetales sometidas a diferentes concentraciones. (Objetivo 5) • Determinar el pH de diferentes disoluciones biológicas. (Objetivo 6) • Visualización de diferentes tipos de dispersiones coloidales, para analizar sus propiedades. (Objetivo 7) • Comprobar prácticamente cómo se realiza una cromatografía. (Objetivo 8)	• Valoración de la importancia del agua para el desarrollo de los seres vivos. • Mantenimiento del orden y la limpieza en el laboratorio. • Interés por conocer los métodos y aparatos que se utilizan para el estudio de los constituyentes químicos de los seres vivos.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Conocer la clasificación de los bioelementos, señalando algunas de sus propiedades. (Objetivo 1)	1	1
b) Citar algunas propiedades de los enlaces interatómicas e intermoleculares. (Objetivo 2)	2, 3	
c) Explicar las funciones biológicas del agua y describir las propiedades de esta que las justifican. (Objetivo 3)	4, 5	2, 3, 4
d) Señalar de qué forma se pueden encontrar las sales minerales en los seres vivos, indicando ejemplos y conociendo sus funciones biológicas más relevantes. (Objetivo 4)	6	5
e) Conocer los procesos de ósmosis y presión osmótica. (Objetivo 5)	7	6, 7, 8
f) Conocer cómo funciona un sistema tampón en los seres vivos. (Objetivo 6)	8	
g) Indicar qué es una dispersión coloidal, sus componentes y algunas de sus propiedades. (Objetivo 7)	9, 10	9, 10

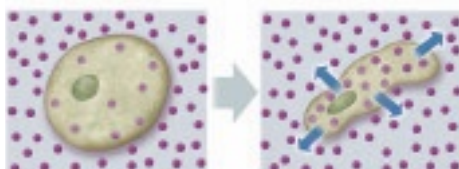
ÓSMOSIS



En un medio externo isotónico ...



En un medio externo hipotónico ...



En un medio externo hipertónico ...

Fenómeno de ósmosis en células vegetales

La mayor parte de las membranas biológicas son impermeables a las moléculas de elevado peso molecular, pero permiten el paso de agua y solutos de bajo peso molecular. Son así membranas semipermeables.

Cuando una membrana semipermeable (por ejemplo, la membrana plasmática de las células) separa dos soluciones de distinta concentración, se produce el proceso de ósmosis. La ósmosis es un caso especial de difusión que tiene lugar cuando dos soluciones, separadas por una membrana semipermeable, de diferente concentración se ponen en contacto. Por difusión el disolvente (agua) pasará de la más diluida o hipotónica a la más concentrada o hipertónica. El proceso continúa hasta que las soluciones tengan la misma concentración, o sea, sean isotónicas.

Objetivos

- Comprender el concepto de ósmosis.
- Comparar el proceso de ósmosis en células animales y vegetales.
- Entender la importancia de los procesos osmóticos para la vida de las células.

Material necesario

- Microscopio.
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Cuchilla.
- Gotero
- Pinzas.
- Agua destilada.
- Agua del grifo.
- Solución saturada de azúcar o sal.
- Pétalos de flores (gladiolos, tulipán, etc.) u hojas de col lombarda.

Desarrollo

1. Con la ayuda de la cuchilla hacer tres cortes longitudinales en la cara interna del pétalo de la flor o de la hoja de lombarda, con el fin de obtener tres pequeños fragmentos de la epidermis, procurando que aparezcan células.
2. Montar tres preparaciones microscópicas. Para ello, extender cada fragmento de epidermis en sendos portas.
3. Rotular cada preparación con V1, V2 y V3, respectivamente.
4. Añade a la preparación rotulada con V1 unas gotas de agua destilada, a la preparación rotulada con V2 unas gotas de una disolución saturada de sal o azúcar y a la rotulada con V3 unas gotas de agua corriente. Cubre cada porta con un cubreobjetos y observa cada preparación al microscopio. Utiliza en primer lugar el objetivo más pequeño (4 aumentos) enfocando con el macro. Pasa después al siguiente objetivo (10 aumentos), enfocando con el micro. Dibuja en cada caso lo que observas.

Practica

1. Dibuja en cada caso lo que observas al microscopio.
2. Describe lo que ocurre, estableciendo la distinción entre cada preparación. ¿Cómo aparecen las vacuolas en cada caso? ¿A qué es debido?
3. ¿En qué preparación se muestra el fenómeno de turgescencia? ¿Y el de plasmólisis?
4. ¿Cuál es la importancia de estos fenómenos para la célula?
5. ¿Por qué las células vegetales a las que se les añade agua destilada no llegan a estallar? ¿Ocurrirá lo mismo en las células animales?
6. ¿Por qué las plantas no deben regarse con agua salada?

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

- 1 Relaciona cada bioelemento con la función biológica que realiza:
- | | |
|--------------|---|
| a) Hierro. | 1) Hace falta para sintetizar la vitamina B ₁₂ . |
| b) Cobalto. | 2) Componente de la clorofila. |
| c) Magnesio. | 3) Necesario para la síntesis de la hormona tiroidea. |
| d) Calcio. | 4) Junto a la insulina, interviene en la regulación de la concentración de glucosa en sangre. |
| e) Cromo. | 5) Necesario para la síntesis de la hemoglobina de la sangre. |
| f) Silicio. | 6) Interviene en la contracción muscular. |
| g) Flúor. | 7) Forma parte del esmalte dentario. |
| h) Iodo. | 8) Proporciona resistencia al tejido conjuntivo. |
- 2 ¿Cuáles son las interacciones que mantienen unidas unas moléculas con otras?
- 3 Indica a qué tipo de enlace corresponden las siguientes afirmaciones:
- Se forma cuando dos átomos comparten electrones.
 - Se produce cuando uno de los átomos capta electrones de otro.
 - Tipo de interacción que se produce entre moléculas apolares.
 - Se produce entre el átomo de hidrógeno de una molécula y un átomo de oxígeno de otra molécula próxima.
 - Se da entre átomos de diferente electronegatividad.
 - Se produce entre átomos con igual o muy parecida electronegatividad.
- 4 El agua es uno de los componentes más importantes de los seres vivos, ya que se encuentra en una elevada proporción en la mayoría de las especies, siendo por término medio entre el 50 y el 90 % de su peso. Las especies acuáticas son las que mayor porcentaje de agua poseen, como las algas o las medusas, en las que el agua representa entre el 93 y el 97 % de agua. Sin embargo, ¿poseen todos los organismos de la misma especie la misma cantidad de agua en todas sus células? Razona la respuesta.
- 5 Una de las propiedades del agua es su capacidad como disolvente de un gran número de sustancias. ¿A qué característica de la molécula de agua crees que se debe esta propiedad?
- 6 ¿Cuál es la principal función de las sales minerales precipitadas presentes en los seres vivos? Señala algún ejemplo.
- 7 Tres muestras de sangre humana son sometidas a una prueba en el laboratorio:
- A la muestra número 1 se le añade agua destilada. ¿Qué le sucede a los glóbulos rojos? Razona la respuesta.
 - A la muestra número 2 se le añade una solución saturada de sal. ¿Qué le ocurrirá a los glóbulos rojos? ¿Qué aspectos presentarán dichas células al microscopio? ¿Cómo se denomina el fenómeno?
 - A la muestra número 3 se le añade una solución isotónica. ¿Qué le ocurrirá a los glóbulos rojos?
- 8 ¿Qué es un sistema tampón? Indica algún ejemplo y señala cómo actúa.
- 9 ¿En qué se diferencian las dispersiones coloidales de las disoluciones verdaderas?
- 10 ¿En qué consiste la técnica de electroforesis? ¿Para qué se suele utilizar esta técnica?

- 1 Define los siguientes términos y señala, al menos, un ejemplo concreto de cada uno de ellos.
 - a) Bioelemento o elemento biogénico.
 - b) Biomolécula.
 - c) Oligoelemento.
- 2 Dibuja una molécula de agua y marca sobre ella las regiones con carga parcial positiva y con carga negativa.
¿Cuáles son las principales consecuencias de la polaridad de la molécula de agua?
- 3 Indica las principales funciones biológicas del agua en los seres vivos.
- 4 ¿Cuántos enlaces de hidrógeno puede formar una molécula de agua con sus «vecinas»? ¿Se formarán los mismos enlaces en estado sólido que en estado líquido? Razona la respuesta.
- 5 Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:
 - a) Las sales minerales precipitadas se encuentran generalmente disociadas en sus iones.
 - b) La principal función de las sales minerales disueltas es formar estructuras de protección o sostén.
 - c) Las concentraciones iónicas de sales minerales se mantienen constantes, dentro de unos límites, en los distintos organismos.
 - d) Las sales minerales disueltas contribuyen al mantenimiento de la homeostasis.
 - e) Los iones que se encuentran en el interior de las células son más o menos los mismos que los del medio externo.
- 6 Define los siguientes conceptos:
 - a) Medio hipertónico.
 - b) Medios isotónicos.
 - c) Presión osmótica.
 - d) Ósmosis.
- 7 ¿Qué le ocurriría a un glóbulo rojo si lo ponemos en una solución hipotónica? Razona la respuesta.
- 8 ¿Qué sucedería si introducimos un pez marino en un acuario con agua dulce?
- 9 ¿Qué es una dispersión coloidal? ¿En qué dos estados podemos encontrar las dispersiones coloidales?
¿Cuándo se produce cada una de ellas?
- 10 ¿Qué diferencias hay entre adsorción y absorción?

- 1 El helio (He) y el neón (Ne) son dos elementos químicos muy abundantes en el universo. Sin embargo, estos elementos no forman parte de la materia viva. ¿A qué crees que es debido?
- 2 ¿Qué consecuencias podría tener para los seres vivos que viven en el mar que el hielo fuese más denso que el agua?
- 3 Las moléculas con enlaces covalentes polares tienen regiones cargadas positivamente y regiones cargadas negativamente, lo que da a la molécula carácter polar. Sin embargo, existen moléculas que a pesar de tener enlaces polares, son apolares. ¿Cómo es posible este hecho?
- 4 En las siguientes tablas se muestran los elementos químicos más abundantes en la corteza terrestre y en los seres vivos. ¿Qué diferencias encuentras? ¿Qué elementos representan el 99% de la materia que forma los seres vivos?

Elemento	Corteza terrestre (%)	Ser vivo (%)
H	0,2	49
O	47	25
C	0,14	12
N	0,04	2,5
P	0,05	1,1
Al	8,17	trazas
Fe	26	0,01
Si	28	trazas

- 5 ¿En qué consiste el proceso de solvatación iónica? Realiza un dibujo que explique dicho fenómeno.
- 6 Al añadir un ácido a una disolución de cloruro sódico se produce un gran descenso en el valor del pH. Sin embargo, si se añade la misma cantidad de ácido al plasma sanguíneo, apenas cambia el pH. Propón una explicación para este hecho. ¿Cuáles serían las consecuencias de las variaciones bruscas de pH en los seres vivos?
- 7 ¿Qué células pueden explotar más fácilmente si se hallan en un medio hipotónico, las células animales o las células vegetales? ¿Por qué?
- 8 ¿En qué consiste la hemodiálisis?
- 9 En las regiones costeras las temperaturas son más moderadas a lo largo del año, con inviernos no tan fríos y veranos no muy calurosos. Por el contrario, las temperaturas del interior suelen marcar diferencias más acusadas entre el invierno y el verano. ¿A qué crees que es debido?
- 10 Si colocamos una hoja de afeitar sobre la superficie del agua en un barreño, flota, a pesar de ser el metal más denso que el agua. De igual forma, ciertos insectos, como los zapateros, pueden desplazarse sobre la superficie del agua sin llegar a hundirse. ¿A qué crees que es debido?
- 11 La concentración salina del interior de los glóbulos rojos de la sangre de las personas es del 9%. El suero fisiológico que se inyecta por vía intravenosa a los enfermos, también posee una concentración del 9%. ¿Por qué es importante que las disoluciones salinas en alimentación intravenosa sean isotónicas con el medio intracelular de los glóbulos rojos? ¿Qué ocurriría si fuese hipertónico? ¿Y si fuese hipotónico?
- 12 Los bioelementos primarios son un grupo de elementos químicos que se encuentran en una elevada proporción en casi todos los seres vivos. Estos elementos son el carbono (C), el oxígeno (O), el hidrógeno (H), el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S). ¿Qué propiedades físico-químicas de estos bioelementos hace que se encuentran en tan elevada proporción?

- 1 Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas, e indica en este último caso la respuesta correcta.
 - a) El oxígeno es el elemento más abundante en el cuerpo humano.
 - b) El azufre es un oligoelemento muy abundante en el cuerpo humano.
 - c) Los bioelementos primarios son: carbono, hidrógeno y fósforo.
 - d) El carbono es el elemento más abundante en la corteza terrestre.
 - e) A partir de los oligoelementos se construye la materia viva para formar las biomoléculas.
- 2 ¿Por qué el carbono es un elemento químico ideal para la constitución de la materia viva?
- 3 ¿Qué son los bioelementos? ¿Cuáles son los más abundantes? ¿Hay bioelementos exclusivos de los seres vivos? ¿Cuáles?
- 4 Indica qué bioelementos son indispensables para que se desarrollen las siguientes funciones en el organismo:
 - a) Forma los grupos amino de los aminoácidos.
 - b) Permite establecer enlaces ricos en energía.
 - c) Constituyente principal de los caparazones de los moluscos.
 - d) Hace falta para sintetizar la vitamina B₁₂.
 - e) Se encuentra en el esmalte de los dientes.
 - f) Participa en la coagulación de la sangre.
 - g) Componente de la clorofila.
 - h) Transporte de oxígeno a las células.
 - i) Interviene en la transmisión del impulso nervioso.
- 5 Relaciona las características físico-químicas del agua con sus funciones en los seres vivos:

a) Elevado calor de vaporización. b) Elevada tensión superficial. c) Elevado calor específico. d) Elevada cohesión y adhesión. e) Mayor densidad en estado líquido que en estado sólido.	1) Permite el ascenso de savia bruta desde la raíz hasta las hojas. 2) Por eso, en climas fríos los mares y lagos se hielan en superficie, y el hielo actúa como aislante térmico. 3) Los seres vivos utilizan esta propiedad para refrescarse al evaporar el sudor. 4) Permite a los seres vivos desplazarse por la película superficial del agua. 5) Explica por qué los seres vivos usan el agua como aislante térmico.
- 6 Se realiza un experimento en el que se somete a dos ejemplares de geranio a diferentes concentraciones. El ejemplar A se riega con agua marina, y el ejemplar B, con agua destilada. ¿Qué crees que ocurrirá en cada caso?
- 7 Señala las principales funciones de tipo general que llevan a cabo las sales minerales en los seres vivos.
- 8 ¿Qué significa que la membrana plasmática es una membrana semipermeable?
- 9 ¿Qué diferencias hay entre el proceso de ósmosis y el de diálisis?
- 10 ¿En qué estados podemos encontrar las dispersiones coloidales? ¿Cuándo se produce cada uno de ellos?
- 11 ¿Qué diferencias hay entre la técnica de cromatografía y electroforesis?

RECUERDA Y CONTESTA

- Los seres vivos están formados por bioelementos que pueden ser de dos tipos: los primarios, indispensables para la formación de biomoléculas orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos), y los secundarios, que pueden encontrarse en biomoléculas orgánicas o en otras biomoléculas.
- Los bioelementos primarios constituyen el 96,2% del total de la materia viva, son seis elementos: el oxígeno (O), el carbono (C), el hidrógeno (H), el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S).
Forman las biomoléculas orgánicas: glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, que están presentes en todos los seres vivos.
- Los bioelementos secundarios son aquellos que pueden encontrarse en biomoléculas orgánicas o bien en otras biomoléculas.
Se distinguen dos tipos:
 - Los indispensables, que se encuentran en todos los seres vivos y son imprescindibles para la vida. Son bioelementos indispensables el calcio (Ca), el potasio (K), el magnesio (Mg), el cloro (Cl), el hierro (Fe) y el yodo (I).
 - Los variables, que no están presentes en todos los organismos. Son bioelementos variables el bromo (Br), el cinc (Zn) y el titanio (Ti).
- El agua posee una elevada fuerza de cohesión entre sus moléculas, elevada fuerza de adhesión a paredes de conductos pequeños, elevada tensión superficial, elevado calor específico y de vaporización, su densidad es más alta en estado líquido que en estado sólido, elevada constante dieléctrica y tiene bajo grado de ionización.
- Un ejemplo de sal mineral disuelta en el cuerpo humano sería el ion sodio (Na^+), como sal mineral precipitada podemos destacar el carbonato de calcio (CaCO_3), que forma parte de los huesos.

ACTIVIDADES

- No. Materia viva son todas las biomoléculas que están formando parte de un ser vivo, mientras que materia orgánica son los compuestos formados básicamente por C e H. En la naturaleza los compuestos orgánicos solo los forman los seres vivos o bien son derivados de ellos, como sucede con el carbón y el petróleo, pero fuera de la naturaleza no son exclusivos de ellos. Por ejemplo, los plásticos son materia orgánica pero no son materia viva.
- Los bioelementos indispensables se encuentran en todos los seres vivos y los variables no están presentes en todos los organismos.
- Los bioelementos primarios tienen una masa atómica relativamente pequeña, por tanto, la tendencia de sus núcleos a completar el último orbital con electrones es muy alta, esto lo consiguen mediante la formación de enlaces covalentes, que resultan muy estables.
- Porque los enlaces carbono-carbono forman cadenas estables, y los enlaces carbono-hidrógeno también son estables y forman moléculas apolares, es decir, moléculas que no se disolverán en el agua. Esto les permite formar estructuras que perduran mucho tiempo, pero, a la vez, no son excesivamente estables; es decir, se pueden romper con un poco de energía, lo cual permite que reaccionen con otras sustancias y la reacción química es imprescindible para la vida.
- Por oxidación mediante sustracción de hidrógenos a los átomos de carbono de una cadena hidrocarbonada.
- El carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el nitrógeno son bioelementos de peso atómico bajo y que tienen por lo menos la mitad de los electrones necesarios para completar su último orbital, hecho que les facilita formar enlaces covalentes. El carbono y el hidrógeno son elementos escasos en las capas más externas de la Tierra y los compuestos químicos que forman no se disuelven bien en agua.
- Porque su función es reguladora o biocatalizadora, es decir, forman parte de muchas enzimas, y no estructural. Debido a ello resultan indispensables, aunque sea suficiente que solo se encuentren en pequeñas cantidades.
- Por los puentes de hidrógeno que se forman continuamente entre las moléculas de agua, que hacen que las moléculas permanezcan unidas. Así, por ejemplo, si se unen 10 moléculas de agua el polímero resultante tiene de peso molecular 180, que es mucho más elevado que el peso molecular del SO_2 , que es 64.
- Entre los dipolos de la molécula de agua se establecen fuerzas de atracción (puentes o enlaces de hidrógeno) que originan polímeros de elevada masa molecular, que confieren al agua todas sus propiedades de fluido.
- El agua es un gran disolvente de los compuestos iónicos, como por ejemplo el NaCl, porque como es una molécula dipolar, con sus cargas eléctricas positivas atrae los iones Cl^- y con sus cargas negativas atrae los iones Na^+ y así debilita los enlaces entre estos dos iones. También disuelve bien los compuestos covalentes polares, como por ejemplo la glucosa, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, porque debilita los enlaces entre las moléculas de glucosa. No disuelve los hidrocarburos porque estos son moléculas apolares; es decir, sin cargas eléctricas.
- Porque al dejarlas en agua, las hojas de lechuga se encuentran en un medio hipotónico y, por tanto, sus células, absorben agua. En cambio, al aliñarlas, se encuentran en un medio hipertónico, por lo que pierden agua, dejan de estar turgentes y se arrugan.

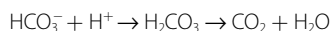
12.

Propiedades	Funciones
Fuerza de cohesión entre moléculas.	Turgencia en plantas, esqueleto hidrostático en animales, amortiguador mecánico (función estructural).
Fuerza de adhesión.	Capilaridad.
Elevada tensión superficial.	Permite la vida de organismos en película superficial del agua.
Elevado calor específico y de vaporización.	Termorregulador.
Densidad más alta en estado líquido que en estado sólido.	Termoaislante.
Elevada constante dieléctrica.	Disolvente por solvatación y reactivo de numerosas reacciones químicas.
Bajo grado de ionización.	Disolvente y reactivo.

13. Porque las aguas continentales son aguas que proceden de aguas de lluvia, que es vapor de agua condensado y, por tanto, agua sin sales, que solo ha discurrido una vez por la corteza terrestre, que es donde están las sales. En cambio, en los mares hay agua que ha «lavado» miles o millones de veces las sales continentales.
14. Iones antagónicos son los que desempeñan funciones antagónicas dentro de los organismos. Por ejemplo, el K^+ y el Ca^{2+} . El K^+ aumenta la turgencia de la célula y el Ca^{2+} la disminuye.
15. Que sufriría variaciones importantes del valor de pH, lo cual perjudicaría gravemente el funcionamiento celular.
16. Porque al salarlos se aumenta la concentración del medio extracelular (lo hace hipertónico), lo que provoca la salida de agua de esos alimentos; es decir, quedan secos y, como las bacterias que producen su putrefacción ya no tienen agua para vivir, los alimentos se puedan conservar durante mucho tiempo.
17. Si fueran más concentradas que la salinidad interna de los glóbulos rojos, provocarían la salida de agua, que el glóbulo rojo se arrugara e incluso que se rompiera su membrana. Si fuera mucho menos concentrada que la del interior del glóbulo rojo, provocaría la entrada de agua y que el glóbulo rojo estallara (hemólisis).
18. Porque el pH del medio es crucial en la mayoría de los procesos biológicos, un ligero cambio en el pH supone un gran cambio en el proceso.
19. Si se produjera una subida de pH, el tampón bicarbonato se transformaría en ion carbonato desprendiendo protones que neutralizarían el exceso de basicidad.



Si se produjera una bajada de pH, el carbonato absorbería protones y se transformaría en bicarbonato, descomponiéndose a continuación a dióxido de carbono y agua.



20. Porque las partículas de agua quedan adheridas a las fibras entrelazadas que forman el gel.
Ejemplos de las ventajas que aportan los geles son:
- La capacidad de algunos organismos unicelulares para pasar parte del citoplasma de sol a gel que hace que puedan emitir pseudópodos y desplazarse.
 - Las sustancias mucosas que recubren la superficie de los caracoles terrestres y de los anfibios, que les permite mantener su piel húmeda. Si se secan les provocaría graves trastornos.
21. Porque facilita el contacto entre las enzimas y los sustratos, lo que favorece las reacciones bioquímicas, y porque facilita el contacto entre los antígenos y los anticuerpos, lo que favorece la eficacia de la respuesta inmunológica.
22. Las dispersiones coloidales son muy viscosas porque contienen moléculas o agrupaciones de moléculas muy grandes.
23. Se puede conseguir que las dispersiones coloidales sedimenten si se someten a la acción de la fuerza centrífuga.
24. Depende de la carga eléctrica y de la masa molecular. La velocidad es mayor cuanto más alta sea la carga eléctrica de las partículas y cuanto menor sea su masa molecular.

25. Bioelemento: elemento químico que forma parte de la materia viva.

Biomolécula: molécula resultante de la unión por enlaces químicos de bioelementos y que forma parte de los seres vivos.

Ejemplos bioelementos: oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, calcio, hierro, carbono, etc.

Ejemplos biomoléculas: glúcidos, lípidos, proteínas, agua, etc.

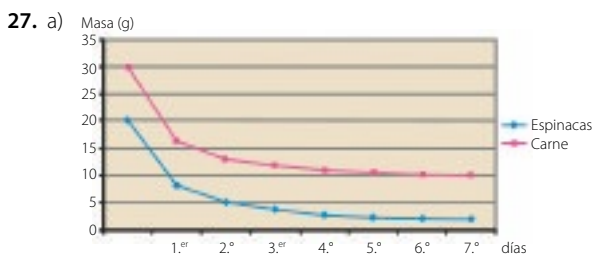
Importancia biológica de bioelementos: el oxígeno y el hidrógeno constituyen la molécula de agua, el nitrógeno forma parte de los aminoácidos y de las bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos presentes en todos los seres vivos, el fósforo es indispensable para constituir el ATP, que es una molécula energética, y para formar los fosfolípidos de las membranas celulares, el calcio forma los caparazones de los moluscos y los esqueletos de muchos organismos y el hierro forma parte de la hemoglobina y mioglobina, que son moléculas transportadoras de oxígeno en animales.

Importancia biológica de biomoléculas: los glúcidos presentan una función energética y estructural como componentes de animales y plantas. Los lípidos son depósitos de reserva energética, poseen función estructural en las membranas biológicas y algunos desempeñan funciones vitamínicas u hormonales. Las proteínas presentan funciones muy diversas: de reserva, como la ovoalbúmina de la clara de huevo; estructural, como el colágeno; hormonal, como la insulina; etc. El agua es la sustancia más abundante en la materia viva y participa en numerosas funciones, como termorregulador, disolvente, medio en el que se producen las reacciones químicas, etc.

26. Los bioelementos son elementos químicos que forman parte de la materia viva. Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Bioelementos primarios. Son indispensables para la formación de las biomoléculas orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos) que están presentes en todos los seres vivos. Estos constituyen el 96,2 % del total de la materia viva, son seis elementos: el oxígeno (O), el carbono (C), el hidrógeno (H), el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S).
- Bioelementos secundarios. Son aquellos que pueden encontrarse en biomoléculas orgánicas o en otras biomoléculas. Se distinguen dos tipos:
 - Indispensables: se encuentran en todos los seres vivos y son imprescindibles para la vida. Son bioelementos indispensables el calcio (Ca), el potasio (K), el magnesio (Mg), el cloro (Cl), el hierro (Fe) y el yodo (I).
 - Variables: no están presentes en todos los organismos. Son bioelementos variables el bromo (Br), el cinc (Zn) y el titanio (Ti).

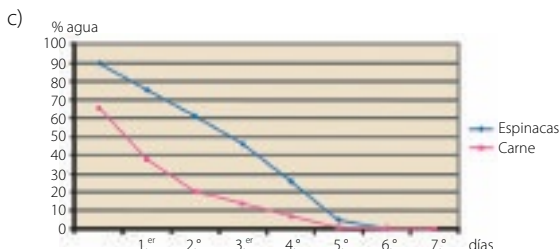
La importancia de los bioelementos radica en las funciones que desempeñan. Así, el carbono y el hidrógeno forman largas cadenas hidrocarbonadas que constituyen, por ejemplo, macromoléculas como el ADN, el oxígeno forma parte de la molécula de agua, el nitrógeno forma los grupos amino de los aminoácidos que constituyen las proteínas, el fósforo es indispensable para constituir el ATP –que es una molécula energética–, el potasio y el cloro mantienen el grado de salinidad de las células, el hierro forma parte de la hemoglobina y la mioglobina, que son moléculas transportadoras de oxígeno, o el cinc, que es abundante en el cerebro, en los órganos sexuales y el páncreas.



- b) Los porcentajes de agua en los alimentos al principio del experimento son:

Espinacas. Al principio tenían 18 g de agua ($20 - 2 = 18$), por tanto, un porcentaje de $(18/20) \cdot 100 = 90\%$.

Carne. Al principio tenía 19,7 g de agua ($30 - 10,3 = 19,7$), por tanto, un porcentaje de $(19,7/30) \cdot 100 = 65,66\%$.



- d) Se sabe que hemos llegado a la deshidratación porque entre el sexto y el séptimo día ya no ha disminuido más el peso de los alimentos.

El porcentaje se ha calculado así:

Las espinacas tenían al principio 18 g de agua ($20 - 2 = 18$), por tanto, un porcentaje de $18/20 \cdot 100 = 90\%$.

El segundo día tenían 6,1 g de agua ($8,1 - 2 = 6,1$), por tanto, un porcentaje de $6,1/8,1 \cdot 100 = 75,31\%$, etc.

28. a) La ósmosis es el paso del disolvente a través de una membrana semipermeable entre dos disoluciones de diferente concentración. Este paso de disolvente se produce desde la disolución más diluida hacia la más concentrada hasta que las dos disoluciones alcanzan el equilibrio, igualándose sus concentraciones.

- b) Una solución isotónica es aquella en la que la concentración de soluto está en equilibrio fuera y dentro de la célula.

- c) En el caso de una célula animal, si el medio externo es hipotónico (menos concentrado) respecto al interior celular, entra agua al interior de la célula y esta se hincha, incluso puede llegar a estallar, fenómeno conocido como hemólisis en el caso de los eritrocitos.

Si el medio es hipertónico (más concentrado) respecto al interior celular, la célula pierde agua y se arruga, fenómeno denominado crenación en los eritrocitos.

- d) En las células vegetales que se encuentran en un medio hipotónico lo que ocurre es que la célula se pone turgente (se hincha) porque entra agua a su interior.

Si el medio es hipertónico, las células vegetales pierden agua, se deshidratan y mueren, fenómeno conocido como plasmólisis.

29. a) Cuando la solución es hipotónica con respecto al medio interno, que es hipertónico, se produce la entrada de agua hacia el interior celular, lo que provoca un aumento del volumen de la célula y una disminución de la presión osmótica en el interior celular. Esto ocurre debido al pro-

ceso de ósmosis, por el cual, al poner en contacto dos disoluciones de diferente concentración separadas por una membrana semipermeable, se produce el paso de disolvente (agua) desde la zona más diluida (hipotónica) hacia la zona más concentrada (hipertónica). Cuando el agua pasa de la disolución hipotónica a la hipertónica, esta se diluye, mientras que la hipotónica se concentra al perder agua. El proceso continúa hasta que ambas disoluciones igualan su concentración, es decir, ambos medios son isotónicos.

- b) Cuando la solución es hipertónica con respecto al medio interno celular, sale agua de la célula por ósmosis. Como consecuencia, la célula disminuye el volumen celular y aumenta la presión osmótica en su interior. Dicho proceso se produce por el mismo mecanismo que en el apartado anterior, es decir, por ósmosis.

- c) Las membranas plasmáticas se comportan como membranas semipermeables, que dejan pasar el agua pero que no permiten el paso de determinados solutos.

- d) En el apartado a) en las células vegetales, que presentan una pared rígida de celulosa, este hecho provoca que la célula se hinche y se vuelva turgente, debido a la pared celular, produciéndose la turgencia celular. Las células animales se hincharían y podría llegar a producirse el estallido de la célula, proceso conocido como lisis celular.

En el caso del apartado b) en las células vegetales provoca la rotura de la célula o plasmólisis, al desprenderse la membrana plasmática de la pared celular. En las células animales, como por ejemplo los eritrocitos, disminuye también el volumen celular y la célula se arruga, se deshidrata y muere.

Los procesos de ósmosis explican cómo las plantas consiguen absorber grandes cantidades de agua del suelo y por qué el agua del mar no sacia la sed, ya que, al estar más concentrada que el medio intracelular, provoca la pérdida de agua en las células.

30. Las principales propiedades físico-químicas del agua explican las funciones que esta desempeña en los seres vivos, como:

- Función disolvente de sustancias. El agua es así el principal medio en el que tienen lugar la mayoría de las reacciones biológicas.
- Función de transporte. El agua permite el transporte de sustancias desde el exterior hacia el interior del organismo y en el propio organismo.
- Función estructural. El volumen celular y la turgencia de las plantas se debe a la presión que ejerce el agua interna.
- Función bioquímica. El agua, además de ser el medio en el que transcurren muchas reacciones, puede participar de forma activa en las mismas, como en las reacciones de hidrólisis.
- Función mecánica. El agua del líquido sinovial de las articulaciones de los vertebrados evita el contacto entre los huesos.
- Función termorreguladora. Debido al elevado calor específico y a su elevado calor de vaporización, el agua permite mantener constante la temperatura interna del organismo, así como eliminar gran cantidad de calor con poca pérdida de agua.

Todos los seres vivos mantienen constante el pH de su medio interno. Si variase el pH, muchas reacciones químicas cambiarían su sentido de reacción, y muchas enzimas precipitarían, con lo que se provocarían graves trastornos al organismo,

incluso la muerte. Para evitar estas variaciones de pH existen en el organismo los llamados sistemas tampón o disoluciones amortiguadoras. Una disolución tampón o amortiguadora es aquella capaz de mantener constante el valor del pH, ya que puede neutralizar adiciones de ácidos y de bases que no sean excesivas. Uno de los principales sistemas tampón intracelular es tampón fosfato monobásico:



Este sistema mantiene constante el pH interno celular en 7,2. Si en el interior celular se produce un aumento de protones (H^+), el equilibrio se desplazaría hacia la izquierda (según el principio de Le Châtelier), produciéndose un aumento del ion dihidrógeno fosfato (H_2PO_4^-) y una disminución de protones y de los iones monohidrógeno fosfato (HPO_4^{2-}). Si por el contrario se produce una disminución, el equilibrio se desplaza en sentido contrario. Así se amortiguarán las variaciones.

Otro ejemplo es el sistema tampón bicarbonato:



El ácido carbónico es muy inestable y enseguida se descompone en dióxido de carbono y agua. Ante una acidez en sangre (exceso de protones), el CO_3^{2-} se une al exceso de H^+ , dando H_2CO_3 , que se descompone inmediatamente en CO_2 y H_2O .

31. Las principales propiedades físico-químicas del agua en los seres vivos son:

- Elevada fuerza de cohesión entre sus moléculas, debido a los enlaces de hidrógeno. Ello explica que el agua sea un líquido prácticamente incompresible, ideal para dar volumen a las células, provocar la turgencia de las plantas, constituir el esqueleto hidrostático de algunos animales, como anélidos. También explica que el agua posea una elevada tensión superficial (su superficie opone una gran resistencia a romperse). Ello permite que determinados organismos puedan desplazarse por la lámina superficial del agua, y la ascensión de la savia bruta por los tubos capilares (capilaridad).
- Elevado calor específico. Por ello hace falta mucho calor para elevar su temperatura. Esto convierte al agua en estabilizador térmico del organismo frente a los cambios bruscos de temperatura del ambiente.
- Elevado calor de vaporización. Cuando el agua pasa del estado líquido al gaseoso absorbe mucho calor, con el que poder romper los enlaces de hidrógeno. Cuando el agua se evapora en la superficie de un ser vivo, absorbe calor del individuo, actuando así como regulador térmico.
- Mayor densidad en estado líquido que en estado sólido. Ello explica que el hielo forme una capa superficial termoisolante que permite la vida por debajo ella en mares, lagos, ríos.
- Elevada constante dieléctrica. Debido a su polaridad, el agua es un medio idóneo para disolver compuestos iónicos, como las sales minerales, y de compuestos covalentes, como los glúcidos. Esta capacidad de disolvente y su abundancia en el medio hace que sea el principal disolvente biológico, el vehículo de transporte de sustancias y el medio en el que se desarrollan todas las reacciones bioquímicas del organismo.
- Bajo grado de ionización. En el agua líquida solo existe una muy pequeña cantidad de moléculas ionizadas. Ello explica que la concentración de iones hidronios (H_3O^+) y de iones hidroxilo (OH^-) sea muy baja.

32. La molécula de agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, los electrones de los dos átomos de hidrógeno están desplazados hacia el átomo de oxígeno. La molécula de agua presenta un polo negativo, con densidad electrónica alta, donde está el átomo de oxígeno, y dos polos positivos, donde se encuentran los dos núcleos de hidrógeno, con densidad electrónica baja. Por ello, el agua es una molécula dipolar.

Entre los dipolos se establecen fuerzas de atracción, denominadas puentes o enlaces de hidrógeno, que originan polímeros de tres, cuatro y hasta poco más de nueve moléculas. Con esto se logra una masa molecular elevada, y el agua se comporta como un líquido. Estas agrupaciones confieren al agua todas sus propiedades de fluido.

En cuanto a las propiedades físico-químicas del agua, podemos citar la elevada cohesión entre sus moléculas y su alta constante dieléctrica, que le confieren las propiedades de ser un medio óptimo para el transporte de sustancias y disolvente de compuestos iónicos. El agua posee un elevado calor específico, que le permite actuar como termorregulador, y también un elevado calor de vaporización, con lo que en ocasiones actúa como sustancia refrigerante del organismo; asimismo, su densidad en estado sólido permite la vida acuática en zonas frías.

33. a) La molécula de agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, los electrones de los dos átomos de hidrógeno están desplazados hacia el átomo de oxígeno. La molécula de agua presenta un polo negativo, con densidad electrónica alta, donde está el átomo de oxígeno, y dos polos positivos, donde se encuentran los dos núcleos de hidrógeno, con densidad electrónica baja. Por ello, el agua es una molécula dipolar.

Entre los dipolos se establecen fuerzas de atracción, denominadas puentes o enlaces de hidrógeno, que originan polímeros de tres, cuatro y hasta poco más de nueve moléculas. Con esto se logra una masa molecular elevada, y el agua se comporta como un líquido. Estas agrupaciones confieren al agua todas sus propiedades de fluido.

En cuanto a las propiedades físico-químicas del agua, podemos citar la elevada cohesión entre sus moléculas y su alta constante dieléctrica, que le confieren las propiedades de ser un medio óptimo para el transporte de sustancias y disolvente de compuestos iónicos. El agua posee un elevado calor específico, que le permite actuar como termorregulador, y también un elevado calor de vaporización, con lo que en ocasiones actúa como sustancia refrigerante del organismo; asimismo, su densidad en estado sólido permite la vida acuática en zonas frías.

b) Todos los seres vivos mantienen constante el pH de su medio interno. Si variase el pH, muchas reacciones químicas cambiarían su sentido de reacción, y muchas enzimas precipitarían, con lo que se provocarían graves trastornos al organismo, incluso la muerte. Para evitar estas variaciones de pH existen en el organismo los llamados sistemas tampón o disoluciones amortiguadoras. Una disolución tampón o amortiguadora es aquella capaz de mantener constante el valor del pH, ya que puede neutralizar adiciones de ácidos y de bases que no sean excesivas.

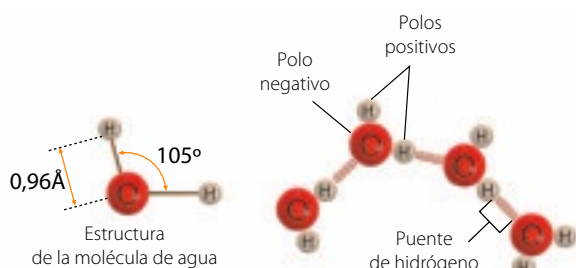
c) Gracias a la pared celular (estructura rígida constituida fundamentalmente por celulosa) que rodea la membrana plasmática de las células vegetales, estas son capaces de

soportar mayores variaciones en la presión osmótica que las células animales.

- d) En el caso de una célula animal, si el medio externo es hipotónico (menos concentrado) respecto al interior celular, entra agua al interior de la célula y esta se hincha, incluso puede llegar a estallar, fenómeno conocido como hemólisis en el caso de los eritrocitos.

34. La molécula de agua presenta un polo negativo, con densidad electrónica alta, donde está el átomo de oxígeno, y dos polos positivos, donde se encuentran los dos núcleos de hidrógeno, con densidad electrónica baja. Por ello, el agua es una molécula dipolar.

Entre los dipolos se establecen fuerzas de atracción, denominadas puentes o enlaces de hidrógeno, que originan polímeros de tres, cuatro y hasta poco más de nueve moléculas. Con esto se logra una masa molecular elevada, y el agua se comporta como un líquido. Estas agrupaciones confieren al agua todas sus propiedades de fluido.



El agua posee las siguientes propiedades inherentes a su estructura: elevada fuerza de cohesión entre moléculas, elevada fuerza de cohesión, elevada tensión superficial, elevado calor específico y de vaporización, densidad más alta en estado líquido que en estado sólido, elevada constante dieléctrica y bajo grado de ionización.

Las principales propiedades físico-químicas del agua explican las funciones que esta desempeña en los seres vivos, como:

- Función disolvente de sustancias. El agua es así el principal medio en el que tienen lugar la mayoría de las reacciones biológicas.
- Función de transporte. El agua permite el transporte de sustancias desde el exterior hacia el interior del organismo y en el propio organismo.
- Función estructural. El volumen celular y la turgencia de las plantas se debe a la presión que ejerce el agua interna.
- Función bioquímica. El agua, además de ser el medio en el que transcurren muchas reacciones, puede participar de forma activa en las mismas, como en las reacciones de hidrólisis.
- Función mecánica. El agua del líquido sinovial de las articulaciones de los vertebrados evita el contacto entre los huesos.
- Función termorreguladora. Debido al elevado calor específico y a su elevado calor de vaporización, el agua permite mantener constante la temperatura interna del organismo, así como eliminar gran cantidad de calor con poca pérdida de agua.

35. a) Algunas de las funciones del agua de importancia biológica son:

- Función disolvente de sustancias. El agua es así el principal medio en el que tienen lugar la mayoría de las reacciones biológicas.

- Función de transporte. El agua permite el transporte de sustancias desde el exterior hacia el interior del organismo y en el propio organismo.
- Función estructural. El volumen celular y la turgencia de las plantas se debe a la presión que ejerce el agua interna.
- Función bioquímica. El agua, además de ser el medio en el que transcurren muchas reacciones, puede participar de forma activa en las mismas, como en las reacciones de hidrólisis.
- Función mecánica. El agua del líquido sinovial de las articulaciones de los vertebrados evita el contacto entre los huesos.
- Función termorreguladora. Debido al elevado calor específico y a su elevado calor de vaporización, el agua permite mantener constante la temperatura interna del organismo, así como eliminar gran cantidad de calor con poca pérdida de agua.

b) Una disolución tampón o amortiguadora es aquella capaz de mantener constante el valor del pH, ya que puede neutralizar adiciones de ácidos y de bases que no sean excesivas.

c) Si en el interior celular se produce un aumento de protones (H^+), el equilibrio se desplazaría hacia la izquierda (según el principio de Le Châtelier), originándose un aumento del ion dihidrógeno fosfato ($H_2PO_4^-$) y una disminución de protones y de los iones monohidrógeno fosfato (HPO_4^{2-}).

d) Los organismos vivos soportan muy mal las variaciones del pH, aunque tan solo se trate de unas décimas de unidad, y por ello han desarrollado en la historia de la evolución sistemas tampón o *buffer* que mantienen el pH constante, mediante mecanismos homeostáticos. Las variaciones de pH afectan a la estabilidad de las proteínas y, en concreto, en la actividad catalítica de los enzimas, pues en función del pH, pueden generar cargas eléctricas que modifiquen su actividad biológica.

36. El agua es la sustancia química más abundante en los seres vivos. El contenido de agua en los diferentes seres vivos depende de varios factores:

- La especie. Las especies que viven en medios acuáticos tienen más contenido en agua, pudiendo alcanzar en algunas, como las medusas, el 99% de su peso. Por el contrario, las especies que habitan en zonas desérticas o en medios muy secos, el contenido de agua es menor.
- Edad del individuo. Los tejidos y órganos de los individuos jóvenes tienen un mayor contenido de agua que los de más edad.
- De la actividad fisiológica del tejido u órgano. Las estructuras biológicas que tienen una mayor actividad biológica contienen una mayor cantidad, como el tejido nervioso o el sanguíneo, de agua que los que tienen una actividad biológica baja, como ocurre con el tejido óseo.

La molécula de agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. La unión entre el oxígeno y el hidrógeno se realiza mediante un enlace covalente, en el que cada átomo de hidrógeno comparte un par de electrones con el átomo de oxígeno. Al ser la electronegatividad del oxígeno mayor que la del hidrógeno, el par de electrones compartidos es atraído con más fuerza por el átomo de oxígeno, lo que crea una carga parcial negativa sobre el átomo de

oxígeno y una carga parcial positiva sobre los dos átomos de hidrógeno. Ello da lugar a una molécula en la que se establece un dipolo, con lo que adquiere carácter dipolar.

Debido a este carácter bipolar, las moléculas de agua pueden establecer entre ellas fuerzas de atracción electrostáticas, llamadas enlaces de hidrógeno, lo que convierte al agua en una molécula cohesiva, ya que cada molécula de agua puede establecer hasta cuatro enlaces de hidrógeno con otras moléculas. Aunque los enlaces de hidrógeno son más débiles que los enlaces covalentes, su presencia determina algunas de las características de la molécula de agua, como:

- Elevada fuerza de cohesión entre sus moléculas, debido a los enlaces de hidrógeno. Ello explica que el agua sea un líquido prácticamente incompresible, ideal para dar volumen a las células, provocar la turgencia de las plantas, constituir el esqueleto hidrostático de algunos animales, como anélidos. También explica que el agua posea una elevada tensión superficial (su superficie opone una gran resistencia a romperse). Ello permite que determinados organismos puedan desplazarse por la lámina superficial del agua, y la ascensión de la savia bruta por los tubos capilares (capilaridad).
- Elevado calor específico. Por ello hace falta mucho calor para elevar su temperatura. Esto convierte al agua en estabilizador térmico del organismo frente a los cambios bruscos de temperatura del ambiente.
- Elevado calor de vaporización. Cuando el agua pasa del estado líquido al gaseoso absorbe mucho calor, con el que poder romper los enlaces de hidrógeno. Cuando el agua se evapora en la superficie de un ser vivo, absorbe calor del individuo, actuando así como regulador térmico.
- Mayor densidad en estado líquido que en estado sólido. Ello explica que el hielo forme una capa superficial termoisolante que permite la vida por debajo de esta capa en mares, lagos, ríos.
- Elevada constante dieléctrica. Debido a la polaridad del agua, es un medio idóneo para disolver compuestos iónicos, como las sales minerales, y de compuestos covalentes, como los glúcidos. Esta capacidad de disolvente y su abundancia en el medio hace que sea el principal disolvente biológico, el vehículo de transporte de sustancias y el medio en el que se desarrollan todas las reacciones bioquímicas del organismo.
- Bajo grado de ionización. En el agua líquida solo existe una muy pequeña cantidad de moléculas ionizadas. Ello explica que la concentración de iones hidronios (H_3O^+) y de iones hidroxilo (OH^-) sea muy baja.

Todas estas características permiten que el agua desempeñe gran número de funciones en los seres vivos, como:

- Función disolvente de sustancias. El agua es así el principal medio en el que tienen lugar la mayoría de las reacciones biológicas.
- Función de transporte. El agua permite el transporte de sustancias desde el exterior hacia el interior del organismo y en el propio organismo.
- Función estructural. El volumen celular y la turgencia de las plantas se debe a la presión que ejerce el agua interna.
- Función bioquímica. El agua, además de ser el medio en el que transcurren muchas reacciones, puede participar de forma activa en las mismas, como en las reacciones de hidrólisis.
- Función mecánica. El agua del líquido sinovial de las articulaciones de los vertebrados evita el contacto entre los huesos.

- Función termorreguladora. Debido al elevado calor específico, y su elevado calor de vaporización, el agua permite mantener constante la temperatura interna del organismo, así como eliminar gran cantidad de calor con poca pérdida de agua.

En los seres vivos el estado líquido está constituido por dispersiones de muchos tipos de moléculas dispersas o solutos y un solo tipo de fase dispersante o disolvente, que es el agua. Los solutos pueden ser de bajo peso molecular, denominados cristaloideos, como, por ejemplo, la glucosa; pueden tener un elevado peso molecular, denominados coloides, como determinadas proteínas. Las dispersiones de solutos de bajo peso molecular se denominan disoluciones verdaderas o disoluciones, y las de elevado peso molecular se denominan dispersiones coloidales.

Todas las dispersiones coloidales pueden presentarse en dos estados físicos:

- Estado de sol o estado líquido. Se produce cuando la fase dispersa es un sólido y la fase dispersante un líquido.
- Estado de gel o estado semisólido. Se produce cuando la fase dispersa es un líquido y la fase dispersante es un conjunto de fibras entrelazadas entre las cuales quedan retenidas por capilaridad e hidratación las moléculas del líquido. Tienen aspecto semipastoso o gelatinoso.

En la célula el estado de sol y gel se alternan, según las variaciones de concentración de las partículas coloidales y los lugares en los que se encuentran. Presenta estado de gel el citosol que hay en la periferia de la célula (ectoplasma), mientras que el citosol interior (endoplasma) se encuentra en estado de sol. El paso de ectoplasma a sol permite la emisión de pseudópodos y, por tanto, el movimiento ameboide y la fagocitosis. La transformación de sol en gel, y viceversa, está en relación con la síntesis o con la despolimerización, respectivamente, de proteínas fibrilares.

Pueden formar geles las pectinas de las frutas, con las que se hacen mermeladas y las secreciones mucosas de los animales. Los geles, al retener el agua, permiten mantener húmedas estructuras que se hallan en ambientes muy secos. Del estado de sol se puede pasar al de gel, pero no siempre este proceso es reversible.

- Al añadir una solución de glucosa en el brazo A con una concentración de 25 g por litro, este quedará hipertónico respecto al brazo B, por tanto, como les separa una membrana semipermeable, el disolvente tiende a pasar del medio hipotónico (brazo B) al hipertónico (brazo A), con lo cual la situación final sería la que refleja la figura 1.
- Si el medio es muy ácido, habrá muchos iones H^+ y, por tanto, el grupo $-\text{COOH}$ no se podrá ionizar.
 - Si el medio es muy básico, habrá mucho $-\text{OH}$ y, por esta causa, muchos grupos $-\text{NH}_2$ ya no se podrán ionizar. De esta forma la disolución resiste al cambio de pH, es decir, actúa como una disolución tampón.
- Solubles: $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$ (etanol), CH_3-COOH (ácido acético) y NaCl (cloruro de sodio).
Insolubles: C_4H_{10} (butano), C_8H_{18} (octano), C_6H_6 (benceno).
- Las sales minerales son biomoléculas inorgánicas que aparecen en los seres vivos de diferentes formas: precipitadas, disueltas o asociadas a sustancias orgánicas.
 - Las sales minerales precipitadas. Constituyen estructuras sólidas, insolubles, con función esquelética. Por ejemplo,

el carbonato de calcio en las conchas de los moluscos, el fosfato de calcio y el carbonato de calcio que, depositados sobre el colágeno, forman los huesos, el cuarzo en los exoesqueletos de las diatomeas y en las gramíneas.

- b) Las sales minerales disueltas. Aparecen como cationes o aniones: como cationes más abundantes en los seres vivos podemos citar: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , y como aniones: Cl^- , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , etc.

Las sales disueltas desempeñan diversas funciones, entre ellas:

- Mantienen el grado de salinidad.
- Amortiguan los cambios de pH, mediante el efecto tampón.
- Controlan la contracción muscular.
- Producen gradientes electroquímicos.
- Estabilizan dispersiones coloidales.
- Regulan la actividad enzimática.
- Generan potenciales eléctricos.

- c) Las sales minerales asociadas a sustancias orgánicas suelen encontrarse junto a proteínas, como las fosfoproteínas; junto a lípidos, como los fosfolípidos, y junto a glúcidos, como en el agar-agar.

41. Un bioelemento es un elemento químico que forma parte de los seres vivos.

Un oligoelemento es un elemento presente en los organismos en proporciones reducidas.

Las principales funciones de las sales minerales son: estructural, osmorreguladora, catalítica y tamponadora.

Un sistema tampón es una solución que tiende a mantener constante el pH dentro de ciertos límites. Por ejemplo, el tampón fosfato o el tampón bicarbonato.

42. a) Las soluciones nutritivas, en general, consideran en su formulación aniones y cationes en sus formas absorbibles por la planta, que son nitrógeno como nitrato (NO_3^-) y como amonio (NH_4^+), fósforo como fosfato diácido (H_2PO_4^-), azufre como sulfato (SO_4^{2-}), potasio como catión (K^+), calcio como catión (Ca^{2+}), magnesio como catión (Mg^{2+}). Por otra parte, una relación adecuada nitrato-amonio permite mantener el pH estable.

Es muy frecuente el uso de sales simples en sistemas de riego aplicados a cultivos hidropónicos, pero pueden presentarse algunos problemas debido a factores como el de la presencia en las aguas de carbonatos y/o bicarbonatos especialmente de calcio, que confieren al agua una dureza que puede llegar a reaccionar con algunos elementos especialmente aquellos formulados a base de sulfatos. Hay productos alternantes para evitar este problema en las formulaciones, pero también existen métodos que pueden contribuir a corregir este problema. Cuando el agua viene con bicarbonatos, estos suelen producir desórdenes en la nutrición de los cultivos, entre los cuales la clorosis férrica y la deficiencia de nitrógeno son los más importantes. El anión bicarbonato presente en tales aguas engaña el mecanismo de asimilación de los nitratos, siendo asimilado como anión HCO_3^- , el cual en el interior de la planta se desdobra en CO_2 y OH^- . Este último produce alcalinidad fisiológica, causando clorosis en las plantas. Aparte de los problemas fisiológicos ocasionados al cultivo, también existen problemas químicos de compatibilidad.

La disolución se encuentra en contacto con las células de las raíces de la plantas, estas células están vivas.

- b) Esta disolución va a nutrir a las plantas a lo largo de toda su vida, no solo durante un corto período de tiempo, por tanto, no puede faltar ningún elemento, aunque solo sea necesario en cantidades muy bajas.
- c) Las plantas sintetizan los compuestos orgánicos que necesitan gracias a la fotosíntesis, por tanto, no es necesario que la solución nutritiva contenga glucosa.
- d) En los cultivos hidropónicos las sales fertilizantes presentan una baja solubilidad, porque las plantas viven en contacto con agua dulce, que entra en ellas por osmosis.

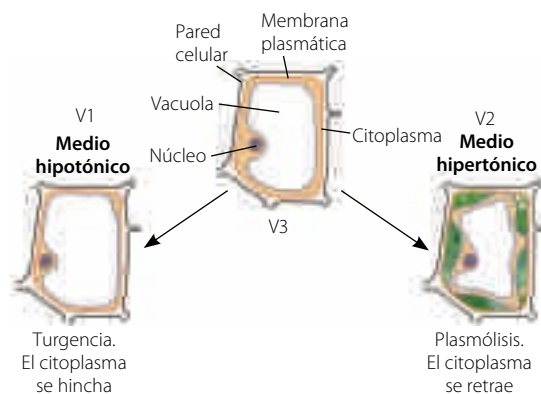
Las células animales viven en contacto con la sangre, que es un medio más salado.

43. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

44. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

LABORATORIO

1.



2. **Preparación V1.** Se aprecian células epidérmicas con una gran vacuola, de color variable según la muestra empleada, debido a que contienen pigmentos responsables del color. Dicha vacuola ocupa una gran parte del citoplasma. El medio exterior (agua destilada) es hipotónico respecto al interior de la célula (hipertónico), por lo que entra agua e hincha a la célula.

Preparación V2. Se aprecia en cada célula, que la única vacuola está encogida (en algunos casos puede haberse fragmentado la vacuola en otras pequeñas, por lo que se aprecian manchas de color en el interior). La membrana plasmática, que de forma normal está adherida a la pared celular, está despegada de esta y adopta forma esférica. El medio externo (disolución saturada) es hipertónico respecto a la vacuola (medio hipertónico), por lo que sale agua de esta al medio externo.

Preparación V3. El medio externo es isotónico respecto al interior celular; es decir, tienen la misma concentración, por lo que la célula no se deforma.

3. Se muestra el fenómeno de turgescencia en la preparación V1, y el fenómeno de plasmólisis en la preparación V2.
4. En la célula vegetal el proceso de ósmosis explica cómo las plantas consiguen absorber grandes cantidades de agua del suelo a través de las raíces.
5. Las células vegetales no llegan a estallar debido a que poseen una pared celular rígida, por encima de la membrana plasmá-

tica. Las células animales sí llegarían a estallar, debido a que no poseen dicha membrana celular.

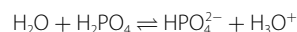
6. Si regásemos las plantas con agua salada, se produciría la rotura de la célula o plasmólisis. El medio extracelular (agua salada) sería el medio hipertónico, respecto al interior celular (medio hipotónico), por lo que se produciría la salida de agua de la célula por ósmosis. Como consecuencia disminuiría el volumen celular y aumentaría la presión osmótica en el interior de la célula. Este hecho provocaría la rotura de la célula por plasmólisis, al desprenderse la membrana plasmática de la pared celular.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. a) 5, b) 1, c) 2, d) 6, e) 4, f) 8, g) 7, h) 3.
2. Las interacciones más importantes que mantienen unidas ciertas moléculas o que asocian ciertas moléculas con otras son de dos tipos, dependiendo de la naturaleza de las moléculas:
 - **Enlaces de hidrógeno.** En ellos el átomo de hidrógeno de una molécula (polar) es atraído por el átomo de otra molécula (polar), también pequeño y electronegativo. Este tipo de enlace está generalizado en sustancias que contienen enlaces N–H, O–H y F–H.
 - **Fuerzas de Van der Waals.** Interacciones muy débiles que se producen entre moléculas, ya sean polares o apolares. Cuanto más grande sea una molécula más fuerza puede alcanzar este enlace, ya que hay más posibles puntos de atracción y las capas electrónicas se deforman más fácilmente.
3. a) Covalente; b) Iónico; c) Fuerzas de Van der Waals (fuerzas de London); d) Enlaces de hidrógeno; e) Iónico; f) Covalente.
4. La cantidad de agua en los diferentes individuos de la misma especie depende de dos factores:
 - a) De la edad del individuo. Los ejemplares jóvenes son los que presentan un mayor porcentaje de agua; por el contrario, los individuos mayores presentan menor cantidad de agua y mayor cantidad de sales minerales.
 - b) Del tipo de tejido u órgano. Las reacciones biológicas se llevan a cabo en un medio acuoso; por ello, los tejidos u órganos sometidos a mayor actividad fisiológica, como el plasma sanguíneo o el tejido nervioso, poseen mayor cantidad de agua. Por el contrario, los tejidos u órganos que constituyen estructuras esqueléticas o de sostén presentan menor contenido en agua, como el tejido óseo o el tejido cartilaginoso.
5. La polaridad de la molécula de agua es la responsable de la capacidad disolvente. Dicha polaridad se debe a que en la molécula de agua sus átomos tienen diferente electronegatividad. El átomo de oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno, por lo que atrae con más fuerza el par de electrones compartidos. Este desplazamiento crea una carga parcial positiva en el átomo de oxígeno y una carga parcial positiva sobre los dos átomos de hidrógeno. Ello da lugar a una molécula en la que se establece un dipolo, que adquiere carácter polar.
6. Las sales minerales precipitadas constituyen estructuras sólidas, insolubles, con función esquelética. Por ejemplo, el carbonato de calcio en las conchas de los moluscos, el fosfato de calcio y el carbonato de calcio que, depositados sobre el colágeno, constituyen los huesos, el cuarzo en los exoesqueletos de las diatomeas y en las gramíneas.

7. a) Se produce el proceso de ósmosis, es decir, el paso de agua desde la disolución más diluida (hipotónica) a la más concentrada (hipertónica), a través de una membrana semipermeable, hasta que se igualen las concentraciones de ambas disoluciones. En este caso, el glóbulo rojo es la disolución más concentrada (hipertónica) y el agua destilada la más diluida (hipotónica). La membrana celular se comporta como una membrana semipermeable, y al ser el medio hipotónico el agua penetra en el interior de la célula haciendo que se hinche.
 - b) En este caso, el glóbulo rojo se comporta como la disolución hipotónica. Por tanto, sale agua del glóbulo rojo. Dichas células aparecerán arrugadas, y el fenómeno se denomina plasmólisis.
 - c) En una solución isotónica hay un equilibrio en el flujo de agua a través de la membrana, por tanto, la célula no se deforma y podría seguir desarrollando su función biológica.
8. Todos los seres vivos mantienen constante el pH de su medio interno. Si variase el pH muchas reacciones químicas cambiarían su sentido de reacción, y muchas enzimas precipitarían, con lo que se provocarían graves trastornos al organismo, incluso la muerte. Para evitar estas variaciones de pH existen en el organismo los llamados sistemas tampón o disoluciones amortiguadoras. Una disolución tampón o amortiguadora es una disolución capaz de mantener constante el valor del pH, ya que son capaces de neutralizar adiciones de ácidos y de bases que no sean excesivas.

Uno de los principales sistemas tampón intracelular es también fosfato monobásico:



Este sistema mantiene constante el pH interno celular en 7,2. Si en el interior celular se produce un aumento de protones (H^+), el equilibrio se desplazaría hacia la izquierda (según el principio de Le Châtelier), produciéndose un aumento del ion dihidrógeno fosfato (H_2PO_4^-) y una disminución de protones y de los iones monohidrógeno fosfato (HPO_4^{2-}). Si por el contrario se produce una disminución, el equilibrio se desplaza en sentido contrario. Así se amortiguarán las variaciones.

Otro ejemplo es el sistema tampón bicarbonato:



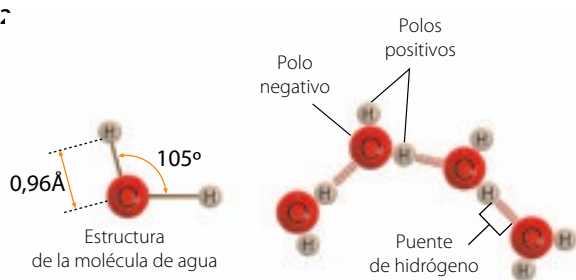
El ácido carbónico es muy inestable y enseguida se descompone en dióxido de carbono y agua. Ante una acidez en sangre (exceso de protones), el CO_3^- se une al exceso de H^+ , dando H_2CO_3 , que se descompone inmediatamente en CO_2 y H_2O .

9. Las dispersiones coloidales se diferencian de las disoluciones verdaderas en que las partículas de estas últimas no forman geles, su viscosidad es en general baja, no son absorbentes, son ópticamente vacías, no sedimentan por ultracentrifugación y no se pueden separar los solutos por electroforesis.
10. La electroforesis consiste en el transporte de las partículas coloidales gracias a la acción de un campo eléctrico a través de un gel. Generalmente se utiliza para separar las distintas proteínas que se extraen juntas de un tejido.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. a) Elemento que se encuentra en la materia viva. Por ejemplo: carbono (C), nitrógeno (N), oxígeno (O), hidrógeno (H), etc.

- b) Moléculas formadas por la combinación de bioelementos. Las biomoléculas pueden ser inorgánicas, como el agua o las sales minerales u orgánicas, como los glúcidos, los lípidos o las proteínas.
- c) Bioelementos secundarios esenciales para la vida pero que se encuentran en una proporción muy baja, normalmente no superan el 0,1 %. Son ejemplos de bioelementos el hierro (Fe), cinc (Zn), cobre (Cu), cobalto (Co), manganeso (Mn), etc.



En la molécula de agua los dos electrones de los dos hidrógenos están desplazados hacia el átomo de oxígeno, por ser este átomo mucho más electronegativo, por lo que atrae con más fuerza el par de electrones compartidos del enlace. Como consecuencia aparece un polo negativo, donde se sitúa el átomo de oxígeno, debido a la mayor densidad electrónica, y dos polos positivos, donde están los dos núcleos de hidrógeno, debido a la menor densidad electrónica. Así, la molécula de agua presenta distribución asimétrica de sus electrones, lo que la convierte en una molécula polar, constituyendo un dipolo.

El carácter polar de la molécula de agua permita que se establezcan interacciones con otras moléculas polares o iones. Estas interacciones entre las propias moléculas de agua, relativamente intensas, se denominan enlaces o puentes de hidrógeno. Así, como consecuencia del carácter bipolar del agua podemos citar:

- Su capacidad como disolvente, ya que es capaz de disolver gran cantidad de sustancias polares y no polares.
- El agua presenta una fuerte cohesión entre sus moléculas, debido a los enlaces de hidrógeno que se establecen entre dichas moléculas. Esta fuerte cohesión es responsable del elevado calor específico que posee el agua, lo que le permite actuar como amortiguador de los cambios de temperatura. Además, la fuerte cohesión y la elevada fuerza de adhesión permite que se mantenga la forma de orgánulos y de la propia célula, lo que posibilita las deformaciones citoplasmáticas y explica los procesos de capilaridad.

3. Las principales funciones del agua en los seres vivos son:

- **Función disolvente de sustancias.** El agua es así el principal medio en el que tienen lugar la mayoría de las reacciones biológicas.
- **Función de transporte.** El agua permite el transporte de sustancias desde el exterior hacia el interior del organismo y en el propio organismo.
- **Función estructural.** El volumen celular y la turgencia de las plantas se debe a la presión que ejerce el agua interna.
- **Función bioquímica.** El agua, además de ser el medio en el que transcurren muchas reacciones, puede participar de forma activa en las mismas, como en las reacciones de hidrólisis.

- **Función mecánica.** El agua del líquido sinovial de las articulaciones de los vertebrados evita el contacto entre los huesos.
- **Función termorreguladora.** Debido al elevado calor específico y a su elevado calor de vaporización, el agua permite mantener constante la temperatura interna del organismo, así como eliminar gran cantidad de calor con poca pérdida de agua.

4. Una molécula de agua puede formar un máximo de cuatro enlaces de hidrógeno con otras tantas moléculas (dos por medio de cada uno de sus átomos de hidrógeno y otros dos gracias a su átomo de oxígeno). Ello es debido a que en el hielo la molécula de agua tiene una disposición tetraédrica de los electrones alrededor del átomo del oxígeno. Sin embargo, en estado líquido cada molécula de agua solo forma un promedio de 3,4 enlaces de hidrógeno con otras moléculas, debido a la mayor movilidad de las moléculas en estado líquido.

5. a) Falso.
b) Falso.
c) Verdadero.
d) Verdadero.
e) Falso.
6. a) **Medio hipertónico** (o hiperosmótico). Medio que tiene una elevada concentración de soluto en comparación con otro en el que la concentración es inferior.
b) **Medios isotónicos** (o isoosmóticos). Medios que tienen la misma concentración.
c) **Presión osmótica.** Presión que sería necesaria para detener el flujo de agua a través de una membrana semipermeable.
d) **Ósmosis.** Tipo de difusión pasiva que se caracteriza por el paso de disolvente (agua) a través de una membrana semipermeable desde la zona más diluida (hipoosmótica) hacia la zona más concentrada (hiperosmótica), hasta que se igualen las concentraciones de ambas (se hagan isotónicas).
7. La ósmosis es un fenómeno que se produce al poner en contacto dos disoluciones de diferente concentración separadas por una membrana semipermeable (que no deja pasar el soluto). El disolvente (agua) pasaría a través de dicha membrana semipermeable desde la disolución más diluida (hipotónica) a la más concentrada (hipertónica). Cuando el agua pasa de la disolución hipotónica a la hipertónica, esta se diluye, mientras que la hipotónica se concentra al perder agua. El proceso continúa hasta que ambas disoluciones igualan su concentración; es decir, ambos medios son isotónicos.
- Cuando el medio celular es hipertónico con respecto al medio interno, sale agua de la célula por ósmosis. En este caso, al poner el glóbulo rojo en una disolución hipotónica se produce la entrada de agua hacia el interior del glóbulo rojo, lo que puede llegar a provocar el estallido de la célula, proceso conocido como hemólisis.
8. En el caso del pez marino su medio externo (el mar) es hipertónico respecto a su medio interno (hipotónico). Por tanto, tienden a perder agua y ganar sales. Para compensar la pérdida de agua beben agua de mar, acompañada de un exceso de sales. La sal se elimina de dos maneras, bien a través de las branquias o mediante una orina muy concentrada. Si introdujimos el pez marino en agua dulce, el medio externo pasaría a ser hipotónico respecto al medio interno del pez (hipertónico).

co), por lo que entraría agua por ósmosis al interior del pez, y sus células se hincharían, proceso conocido como turgencia. Dichas células pueden llegar a estallar, lo que provocaría la muerte del pez.

9. Una dispersión coloidal es una mezcla heterogénea en la que las moléculas de soluto que constituyen la fase dispersa tienen elevado peso molecular.

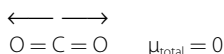
Las dispersiones coloidales pueden presentarse en dos estados: en forma de sol, o estado líquido, y en forma de gel, o estado semisólido.

El estado de sol se produce cuando la fase dispersa es un sólido y la fase dispersante (disolvente) es un líquido. Tiene aspecto de líquido. El estado de gel se produce cuando la fase dispersa es un líquido y la fase dispersante es un conjunto de fibras entrelazadas entre las cuales quedan retenidas por capilaridad e hidratación las moléculas del líquido. Tiene aspecto semipastoso o gelatinoso.

10. La adsorción es la atracción que ejerce la superficie de un sólido sobre las moléculas de un líquido o de un gas. La misma cantidad de sustancia ejerce mayor adsorción si se encuentra finalmente dividida. Ejemplo biológico de adsorción son los contactos entre los enzimas con sus sustratos. Por tanto, la adsorción implica la adhesión de las moléculas de un fluido a una superficie sin penetrarla. Por el contrario, la absorción supone la penetración. Ejemplos de absorción son la captación de agua por parte de las raíces y el enriquecimiento en oxígeno del agua mediante la aireación de las mismas.

AMPLIACIÓN

1. Tanto el helio (He) como el neón (Ne) son gases nobles. Estos elementos se caracterizan por tener la última capa o capa de valencia completa ($1s^2$ para el helio y $2s^2p^6$ para el neón). Esto hace que estos elementos tengan poca o nula tendencia a participar en reacciones químicas con otros átomos.
2. Si el hielo fuese más denso que el agua, los mares se helarían desde el fondo hacia la superficie, lo que impediría la vida en el agua.
3. Aunque la existencia de enlaces covalentes polares es un requisito para que una molécula sea polar, no todas las moléculas que tienen enlaces covalentes polares presentan polaridad. Así, en las moléculas poliatómicas se debe considerar no solo la polaridad de los enlaces, sino también la geometría de la molécula, ya que el momento bipolar total de la molécula se obtiene por composición vectorial de los momentos bipolares asociados a cada enlace. Por ejemplo, la molécula de dióxido de carbono, aunque está formada por enlaces polares C-O, al ser una molécula lineal, su momento bipolar resultante es cero y la molécula no es polar.



4. Los elementos mayoritarios en los seres vivos no coinciden con los elementos químicos más abundantes en la corteza terrestre, a excepción del oxígeno. Por el contrario, el oxígeno, el silicio, el aluminio y el hierro son los elementos más abundantes en la corteza terrestre.

Los elementos que representan el 99 % de la materia que forman los seres vivos son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno, el fósforo y el azufre. Dichos elementos constituyen los bioelementos primarios, ya que son indispensables para la formación de las biomoléculas orgánicas, que constituyen

todos los seres vivos y que, además, en la naturaleza solo son producidas por ellos.

5. Las moléculas de agua, al ser polares, se disponen alrededor de los grupos polares del soluto, llegando en el caso de los compuestos iónicos a desdoblarlos en aniones y cationes, que quedan así rodeados por moléculas de agua. Este fenómeno recibe el nombre de solvatación iónica.



Acción disolvente del agua sobre los compuestos iónicos

6. Cuando se añade ácido al plasma, el valor del pH apenas sufre variación. Ello es debido a que en los seres vivos existen unos mecanismos químicos que tienen como función mantener constantes los valores de pH del medio interno. Estos mecanismos reciben el nombre de disoluciones amortiguadoras o tampón. Dichas disoluciones se constituyen de las formas disociadas y no disociadas de un ácido débil en equilibrio. La adición de iones H^+ , procedentes del ácido, o de OH^- , procedentes de una base, desplazarán el equilibrio en uno u otro sentido, haciendo que el pH apenas varíe.

Si se producen variaciones bruscas del pH en los seres vivos, se provoca, entre otras cosas, la desnaturalización de las proteínas, lo que hace que dejen de realizar su función biológica.

7. En un medio hipotónico, en el que la concentración salina es menor que la que hay en el interior celular, se produce la entrada de agua hacia la célula. Como consecuencia, la célula animal, como un glóbulo rojo, puede llegar a estallar. Sin embargo, es más difícil que la célula vegetal estalle, debido a que posee una pared celular rígida que lo impide.
8. La hemodiálisis es un tipo de aplicación práctica de la diálisis. Se aplica dicho método a enfermos del riñón, que son incapaces de eliminar la urea. Consiste en enfrentar la sangre del enfermo, cargada de urea, a una solución especial a través de una membrana semipermeable que permite el paso del agua, sales, urea y otras moléculas pequeñas. Al cabo de un tiempo, si se han enfrentado volúmenes iguales, la concentración de urea en la sangre será la mitad. La hemodiálisis dura unas ocho horas y se debe realizar una, dos o tres veces por semana.
9. Las moléculas de agua son capaces de absorber grandes cantidades de calor sin que se eleve su temperatura por el elevado calor específico que posee. Ello se debe a que cuando se aplica calor al agua (por el aumento de la temperatura), gran parte de la energía se emplea en romper los enlaces de hidrógeno y no en elevar su temperatura. Esto convierte al agua en un estabilizador térmico frente a los cambios bruscos de temperatura. Este hecho dificulta los cambios bruscos de temperatura en las regiones costeras, cercanas a las grandes masas de agua (océanos). Así, cuando hace mucho calor la temperatura del agua asciende muy lentamente, y desciende también más lentamente al perder calor.
10. Una de las propiedades físico-químicas del agua es su elevada tensión superficial, es decir, que su superficie opone gran re-

sistencia a romperse. Así, en el interior de una masa de agua, las moléculas están cohesionadas unas con otras, en todas las direcciones del espacio, mediante puentes de hidrógeno. Sin embargo, las moléculas de agua situadas sobre la superficie solo están sometidas a la acción de las moléculas del interior del líquido. Esto origina que la superficie oponga una gran resistencia a ser traspasada, lo que permite que pueda flotar una cuchilla de afeitar, a pesar de ser más densa que el agua. Asimismo, muchos organismos, como los insectos zapateros, pueden desplazarse por su superficie sin llegar a hundirse.

11. Si se introdujera una concentración salina de diferente concentración a la del medio intracelular de los glóbulos rojos, se produciría el proceso de ósmosis.

Si la disolución salina, que se introdujera por vía intravenosa fuera hipertónica, se produciría el paso de disolvente (agua) de los glóbulos rojos al medio extracelular, lo que provocaría una disminución en el volumen de los eritrocitos, y estos dejarían de ejercer su función.

Por el contrario, si el suero salino fuese hipotónico respecto a la concentración del interior de los glóbulos rojos, se produciría la entrada de agua hacia el interior de la célula, lo que ocasionaría un aumento de volumen celular, que terminaría provocando el estallido de los glóbulos rojos o hemólisis.

12. La razón por la que el carbono, el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno, el fósforo y el azufre son los bioelementos mayoritarios reside en las siguientes propiedades:

- Poseen un número atómico (Z) bajo. Cuanto menor es un átomo, mayor es la tendencia del núcleo positivo a completar su último orbital con los electrones que forman los enlaces y, por tanto, más estables son dichos enlaces.
- Poseen capas electrónicas incompletas, por lo que pueden formar fácilmente enlaces covalentes y formar biomoléculas.
- Dado que el oxígeno y el nitrógeno son elementos muy electronegativos, al establecer enlaces covalentes con otros tipos de átomos con frecuencia dan lugar a moléculas bipolares. Dado que el agua también es bipolar, estos compuestos se disuelven bien en ella y pueden reaccionar entre sí, haciendo posible los procesos bioquímicos imprescindibles para la vida.
- Estos bioelementos se encuentran en moléculas como CO_2 , H_2O , nitratos, etc., lo que permite que se puedan incorporar fácilmente a los seres vivos desde el medio externo. Esto asegura el intercambio constante de materia entre los organismos y el medio.

REFUERZO

1. a) Falso. El hidrógeno es el bioelemento más abundante en el cuerpo humano.
b) Falso. El azufre es uno de los bioelementos primarios.
c) Falso. Los bioelementos primarios son: C, H, O, N, P y S.
d) Falso. El elemento más abundante en la corteza terrestre es el oxígeno.
e) Falso. Los oligoelementos desempeñan funciones esenciales en los seres vivos, a pesar de encontrarse en proporciones inferiores al 0,1 %. Son los bioelementos primarios los componentes fundamentales de las biomoléculas.
 2. El carbono posee cuatro electrones en su última capa y puede formar enlaces covalentes estables con otros carbonos. Esto le permite unirse entre ellos para formar largas cadenas y, por tanto, un gran número de moléculas diferentes.
- Además, el átomo de carbono se une con cuatro enlaces distribuidos en forma de tetraedro, lo que permite la formación de estructuras tridimensionales, es decir, moléculas cuya forma coincida exactamente con la necesaria.
- Los átomos de carbono pueden formar enlaces simples (C-C), dobles (C=C) o triples (C≡C).
3. Los bioelementos son los elementos presentes en la materia viva.
Los bioelementos mayoritarios son el carbono (C), el hidrógeno (H), el oxígeno (O) el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S).
Todos los elementos están incluidos en la tabla periódica, por lo que podemos decir que no hay bioelementos exclusivos de los seres vivos.
 4. a) Nitrógeno (N).
b) Fósforo (P).
c) Calcio (Ca).
d) Cobalto (Co).
e) Flúor (F).
f) Calcio (Ca).
g) Magnesio (Mg).
h) Hierro (Fe).
i) Sodio (Na), potasio (K) y cloro (Cl).
 5. a) 3; b) 4; c) 5; d) 1; e) 2.
 6. En ambos casos se produce el proceso de ósmosis; es decir, el paso de disolvente (agua) desde la zona más diluida (hipotónica) a la más concentrada (hipertónica), hasta que se igualen las concentraciones (es decir, se hagan isotónicas).
En el primer caso, ejemplar de geranio A, el agua marina actúa de disolución hipertónica con respecto al medio interno del geranio (disolución hipotónica). Se produce la salida de agua de la célula por ósmosis. Este hecho provoca la rotura de las células vegetales o plasmólisis, ya que se desprende la membrana plasmática de la pared celular.
En el segundo caso, ejemplar de geranio B, el agua destilada actúa de medio hipotónico y el medio interno del geranio como hipertónico. Se produce así la entrada de agua hacia el interior de la célula, lo que provoca en las células vegetales un aumento de volumen celular, haciendo que presenten paredes rígidas (fenómeno conocido como turgencia celular).
 7. Las principales funciones de tipo general de las sales minerales en los organismos son:
 - Formar estructuras esqueléticas.
 - Estabilizar dispersiones coloidales.
 - Mantener el grado de salinidad en el medio interno.
 - Constituir soluciones amortiguadoras.
 - Regular la actividad enzimática.
 - Regular la presión osmótica y el volumen celular.
 - Generar potenciales eléctricos.
 8. La membrana de las células es una membrana semipermeable, ya que permite el paso del agua por difusión pero no la de iones y otros materiales.
 9. La ósmosis es un fenómeno en el que se produce el paso de disolvente, no de soluto, desde la disolución más diluida (hipotónica) hacia la más concentrada (hipertónica) a través de una membrana semipermeable. Por el contrario, mediante la diálisis se produce el paso, también a través de una membra-

na semipermeable, de moléculas de pequeño tamaño (sales minerales, iones) y agua, y se impide el paso de las macromoléculas o partículas coloidales.

10. Las dispersiones coloidales pueden presentarse en dos estados: en forma de sol, o estado líquido, y en forma de gel, o estado semisólido. El estado de sol se produce cuando la fase dispersa es un sólido y la fase dispersante es un líquido. El estado de gel se produce cuando la fase dispersa es un líquido, y la
11. La cromatografía se basa en la diferente afinidad que tienen las moléculas por un disolvente y por la trama porosa de la matriz a través de la que fluyen. La electroforesis tiene el mismo fundamento físico que la cromatografía, pero se produce en presencia de un campo magnético a través de un gel.

OBJETIVOS

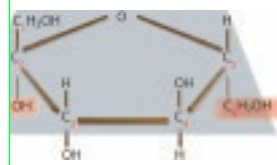
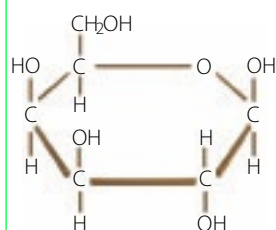
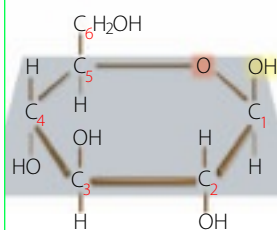
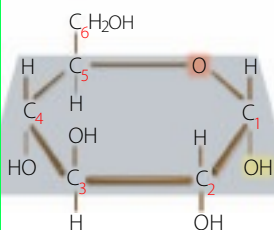
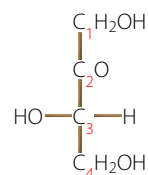
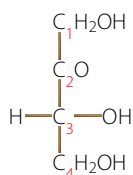
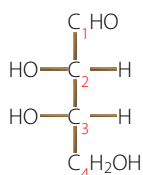
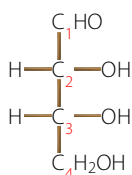
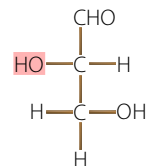
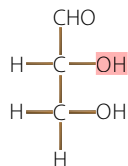
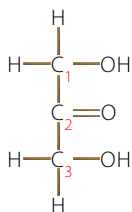
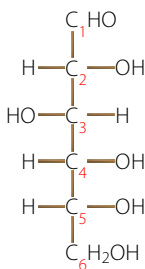
1. Conocer las principales funciones, características y clasificación de los glúcidos.
2. Entender la isomería y la actividad óptica, diferenciando claramente entre enantiómeros, epímeros, anómeros y formas dextrógiras (+) y levógiras (–).
3. Clasificar los monosacáridos, conociendo la fórmula de alguno de ellos.
4. Comprender cómo tiene lugar la ciclación de pentosas y hexosas.
5. Explicar cómo tiene lugar la formación del enlace O-glucosídico, describiéndolo como el enlace característico de los disacáridos y polisacáridos.
6. Reconocer los principales disacáridos de interés biológico, su estructura química, función y localización.
7. Conocer los principales polisacáridos de interés biológico.
8. Describir la función de los principales heterósidos.
9. Aplicar en el laboratorio los principales métodos de identificación de glúcidos.

CONTENIDOS

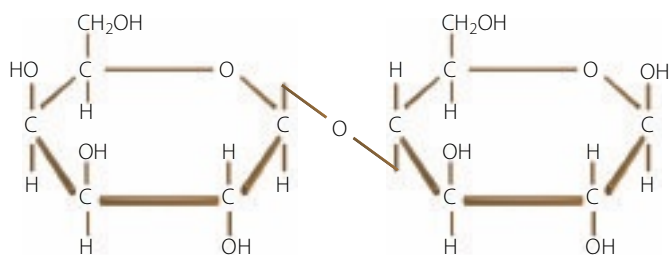
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Glúcidos: características, función y clasificación. (Objetivo 1) • Monosacáridos: composición química, isomería, actividad óptica. Clasificación de los monosacáridos. (Objetivos 2 y 4) • Sustancias derivadas de los monosacáridos. (Objetivo 3) • Enlace O-glucosídico para la formación de disacáridos y polisacáridos. (Objetivo 5) • Disacáridos. Principales disacáridos de interés biológico. (Objetivo 6) • Polisacáridos: estructurales y de reserva. (Objetivo 7) • Heterósidos. (Objetivo 8) • Métodos de identificación de glúcidos. (Objetivo 9)	• Elaboración de fórmulas de los principales glúcidos de interés biológico. (Objetivos 2, 3, 6, 7 y 8) • Ciclación de pentosas y hexosas según las proyecciones de Haworth. (Objetivo 2) • Identificación de epímeros, enantiómeros y anómeros de determinados monosacáridos. (Objetivo 2) • Formación de enlaces entre monosacáridos para obtener disacáridos y polisacáridos. (Objetivo 5) • Realización de dibujos de almidón, glucógeno y celulosa. (Objetivo 7) • Identificación de las analogías y diferencias entre almidón, glicógeno, celulosa y quitina. (Objetivo 7) • Comprobar algunas propiedades de los glúcidos que puedan servir para su identificación práctica en el laboratorio. (Objetivo 9)	• Valoración de la importancia de los glúcidos desde el punto de vista energético. • Interés por conocer los alimentos ricos en glúcidos. • Valorar la necesidad de una dieta rica en fibra vegetal. • Espíritu crítico para identificar errores propagandísticos referentes a los glúcidos. • Respeto por las normas de uso del laboratorio.

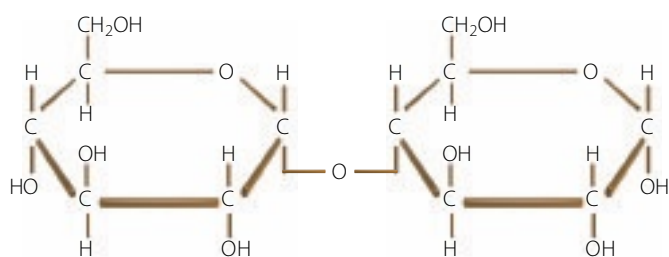
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Conocer las características, función y clasificación de los glúcidos. (Objetivo 1)	1	1, 2
b) Distinguir la estereoisomería y la actividad óptica de diferentes monosacáridos. (Objetivo 2)	2	3
c) Identificar monosacáridos, sus propiedades y funciones. (Objetivo 3)	3	4 y 5
d) Comprender el proceso de ciclación de un monosacárido, indicando el nombre de las formas anoméricas resultantes. (Objetivo 4)	4	
e) Formular la reacción de formación del enlace O-glucosídico. (Objetivo 5)	5	6
f) Identificar la fórmula de un disacárido, así como conocer la función y localización de los principales disacáridos de interés biológico. (Objetivo 6)	5	7
g) Reconocer los principales polisacáridos de interés biológico, estableciendo diferencias entre ellos en cuanto a localización, función y estructura. (Objetivo 7)	6, 7 y 8	8, 9 y 10
h) Conocer la función biológica de algunos heterósidos. (Objetivo 8)	9 y 10	11

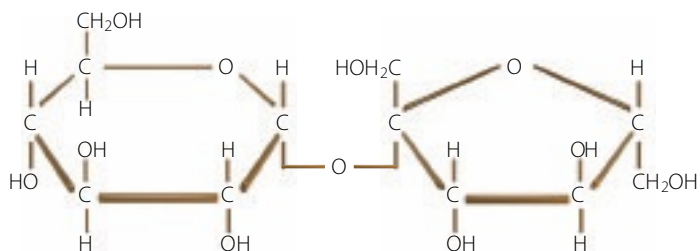
MONOSACÁRIDOS

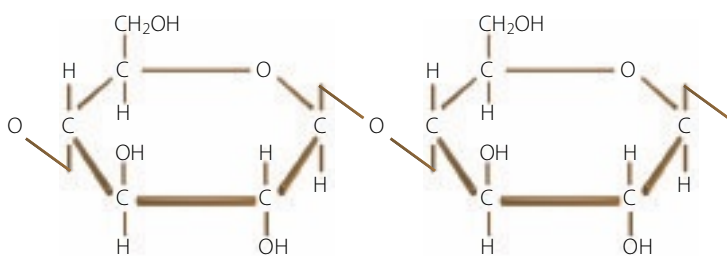


DISACÁRIDOS









Propiedades y reconocimiento de glúcidos

Una de las propiedades de los glúcidos es la de poseer o no carácter reductor. Dicho carácter se debe al grupo aldehído ($-\text{COH}$) que tienen en su molécula. Este poder reductor puede ponerse de manifiesto frente a sulfato cúprico (de color azul), ya que el ion cúprico se reduce por ganancia de un electrón, pasando a ion cuproso y formándose óxido cuproso, de color rojo intenso.

El polisacárido almidón es, en realidad, una mezcla de dos compuestos: la amilopectina y la amilosa. Este último compuesto se colorea de color azul intenso en presencia de yodo. Gracias a esta técnica podremos detectar la presencia de almidón en determinados alimentos. Así, comprobaremos que hay fabricantes que añaden almidón a muchos alimentos sin avisarnos, como ocurre con un gran número de fiambres o embutidos.

Objetivos

- Introducir en las técnicas de laboratorio más elementales para el reconocimiento de biomoléculas.
- Identificar la presencia de determinados azúcares basados en la obtención de compuestos coloreados.
- Comprobar la existencia de almidón de diferentes alimentos, utilizando la técnica del lugol.

Material necesario

– Gradilla para tubos de ensayo.	– Muestras de diferentes alimentos (jamón York, chopped, mortadela, salchichón, maizena, patata, zanahoria, arroz, pan, harina, etc.).
– Tubos de ensayo.	– Solución A y B de Fehling.
– Mechero.	– Platos de papel pequeños.
– Pipetas o cuentagotas.	– Solución de lugol o Betadine.
– Pinzas para calentar tubos.	
– Muestras de glucosa, lactosa, sacarosa y almidón.	

Desarrollo

- A) En primer lugar vamos a reconocer glúcidos reductores mediante la **prueba de Fehling**.
1. Para ello prepara cuatro disoluciones de glucosa, lactosa, sacarosa y almidón (de 3 a 5 g/100 cm³).
 2. Coloca unos 3 cm³ de cada disolución en un tubo de ensayo. Rotula cada tubo de ensayo para saber de qué tipo de disolución se trata (G: glucosa, L: lactosa, S: sacarosa y A: almidón).
 3. Con una pipeta añade 1 mL de reactivo de Fehling A y la misma cantidad de Fehling B. Ojo, utiliza pipetas diferentes para cada reactivo.
 4. Con la ayuda de unas pinzas, calienta suavemente cada tubo a la llama de un mechero. Procura no llegar a ebullición, pues el líquido podría salir disparado y quemarte.
 5. Anota en tu cuaderno de prácticas los resultados. Si el azúcar es reductor, la disolución se teñirá de color rojo.
- B) A continuación vamos a detectar la presencia de almidón en diferentes alimentos mediante la **técnica del lugol**.
- El lugol es una solución alcohólica de yodo (disolución de yodo, al 5 %, y yoduro de potasio, al 10 %, en agua) que sirve para averiguar si en una disolución de azúcares no reductores existe el polisacárido almidón. También se puede utilizar esta técnica usando productos yodados que se venden en las farmacias, por ejemplo, el Betadine (en este caso debes diluir 1 gota de Betadine con 10 mL de agua). En presencia de yodo, el almidón se tiñe de azul-violeta. Realmente no se produce una reacción, sino la absorción o fijación del yodo en las hélices de glucosa de la molécula de amilosa, lo cual solo ocurre en frío.
1. En platitos pequeños de papel coloca muestras de diferentes alimentos (patata, jamón York de varias clases, chopped, mortadela, pescado, maizena, etc.). Añade a cada muestra unas gotas de lugol o de Betadine diluido.
 2. Si en unos pocos minutos no ves bien el resultado, puedes cocer una pequeña muestra del alimento y dejarlo enfriar. Añade a continuación la disolución de yodo.

Practica

1. ¿Qué glúcidos poseen carácter reductor?
2. Los enfermos de diabetes eliminan glucosa con la orina ¿Cómo se podría diagnosticar esta enfermedad?
3. ¿Qué alimentos han dado positivo a la prueba de lugol o de yodo?
4. ¿Los alimentos que contienen almidón son de origen animal o vegetal?

1 Realiza una clasificación de los glúcidos atendiendo al número de cadenas que contienen, señalando un ejemplo concreto de cada tipo.

2 Escribe un ejemplo de dos monosacáridos enantiomorfos y de dos monosacáridos epímeros. Define ambos conceptos.

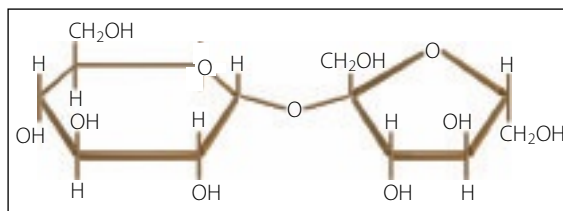
3 Relaciona los términos de ambas columnas:

1. Cetohehexosa.	a) Único monosacárido sin ningún carbono asimétrico.
2. Dihidroxiacetona.	b) Desoxirribosa.
3. Aldopentosa.	c) Forma el polisacárido xilana de la madera.
4. Glucosa.	d) Fructosa.
5. Galactosa.	e) Junto con la D-glucosa forma la lactosa.
6. D-xilosa.	f) En la sangre se halla en concentraciones de 1 g/L.
	g) Aldopentosa.

4 Realiza la ciclación de una molécula de D-glucosa e indica las formas anoméricas posibles.

5 Observa la molécula representada y contesta a las siguientes preguntas:

- ¿De qué tipo de biomoléculas se trata?
- ¿Qué nombre recibe?
- ¿Cómo se denominan las unidades o moléculas que la constituyen?
- ¿Qué tipo de enlace une ambas moléculas? Explícalo.
- ¿Tendrá poder reductor el compuesto? ¿Por qué?



6 Las células vegetales están formadas mayoritariamente de un homopolisacárido, ¿de qué compuesto se trata? ¿Qué estructura tiene dicho compuesto? Indica que otras biomoléculas poliméricas tienen una composición parecida a la molécula indicada anteriormente, señala para cada una de ellas su función biológica.

7 ¿Qué tienen en común el glucógeno, la celulosa y el almidón? ¿Qué es lo diferente desde el punto de vista de su estructura?

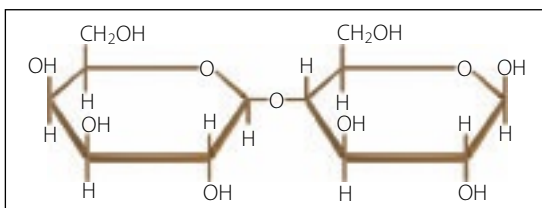
8 ¿Qué diferencias hay entre los enlaces O-glucosídicos de tipo α y los enlaces O-glucosídicos tipo β ? ¿Qué tipo de polisacáridos los presentan?

9 ¿Qué son las glucoproteínas? ¿En qué parte de la célula suelen ser preferentes? ¿Qué papel biológico desempeñan?

10 Relaciona los glúcidos de la columna de la derecha con su función biológica.

1. Anticoagulante.	a) Ácido hialurónico.
2. Constituyente de la pared bacteriana.	b) Mureína.
3. Abunda en el líquido sinovial.	c) Digitalina.
4. Se utiliza en el tratamiento de enfermedades vasculares.	d) Agar-agar.
5. Antibiótico.	e) Gomas.
6. Función defensiva en plantas.	f) Heparina.
7. Base para medio de cultivo de microorganismos.	g) Estreptomina.

- 1 ¿Qué significa que los monosacáridos son polihidroxialdehídos y polihidroxiketonas?
- 2 Señala las funciones que llevan a cabo los glúcidos, indicando ejemplos concretos de cada una.
- 3 Explica el significado de los siguientes símbolos relativos a los monosacáridos:
 - a) D y L.
 - b) α y β .
 - c) Señala ejemplos de cada tipo.
- 4 Escribe la fórmula de la D-glucosa y de la L-glucosa. Indica cuál será dextrógira y cuál será levógira, así como el número de carbonos asimétricos de cada una.
- 5 ¿Darán positiva la reacción de Fehling con galactosa? ¿Y con sacarosa? ¿Por qué?
- 6 ¿Qué diferencia hay entre el enlace O-glucosídico monocarbonílico y dicarbonílico? Explícalo mediante un ejemplo.
- 7 Observa la siguiente molécula y contesta a las preguntas que se plantean a continuación:
 - a) ¿A qué tipo de biomoléculas pertenece la molécula representada? ¿A qué subtipo?
 - b) ¿Qué tipo de enlace permite unir las subunidades de dicha biomoléculas? ¿Se trata de una sustancia reductora?
 - c) Describe las características principales de este subtipo de biomoléculas e indica diferentes ejemplos, señalando su estructura química y función biológica. ¿Son todos los ejemplos señalados reductores?



- 8 Relaciona los glúcidos de la primera columna con los de la segunda y con los de la tercera

a) Celobiosa	1. Fructosa	A. Glucógeno
b) Sacarosa	2. Glucosa	B. Leche
c) Maltosa	3. Galactosa	C. Almidón
d) Lactosa		D. Celulosa
		E. Azúcar de caña

- 9 Realiza un cuadro donde se señalen las analogías y las diferencias entre el almidón y la celulosa.
- 10 Elabora un esquema de la vía metabólica de la digestión del glucógeno (fases y enzimas necesarias) hasta llegar a glucosas.
- 11 ¿Qué tipo de compuestos son los proteoglucanos? ¿Qué función llevan a cabo?

- 1 Escribe la fórmula del enantiómero de la D-eritrosa. Señala los carbonos asimétricos que posee cada uno de dichos compuestos.
- 2 ¿Es lo mismo osas que ósidós? Razona la respuesta.
- 3 ¿Qué analogías y qué diferencias presentan la D-eritrosa y la D-treosa?
- 4 Representa la molécula de β -D-glucopiranososa mediante la conformación de silla y barco.
- 5 Cicla una molécula de D-galactosa e indica las dos formas anoméricas posibles.
- 6 Cicla una molécula de D-fructosa y señala las formas anoméricas posibles.
- 7 ¿Cuántas moléculas de glucosa se obtendrán de la hidrólisis de dos moléculas de los siguientes compuestos: maltosa, celobiosa y sacarosa?
- 8 ¿Qué fórmula empírica (abreviada) tiene un polisacárido que está constituido por 100 glucosas? ¿Qué peso molecular expresado en daltons tiene?
- 9 ¿Por qué crees que no es posible ciclar los monosacáridos de tres y cuatro átomos de carbono, así como las cetopentosas?
- 10 ¿Cuántos monosacáridos contiene una α -amilosa que tiene un peso molecular de 80 000 daltons? ¿Qué tipo de monosacárido contiene?
- 11 ¿Es la celulosa un nutriente para los animales?
- 12 El glucógeno es un polímero de α -D-glucosas que presenta una estructura muy parecida a la amilopectina, pero con mayor número de ramificaciones, cada 8 o 10 glucosas aproximadamente. ¿Qué ventaja crees que puede presentar para los animales tantas ramificaciones?
- 13 La lactosa es un azúcar que está presente en todas las leches de los mamíferos: vaca, cabra, oveja y en la humana, y que también puede encontrarse en muchos alimentos preparados. Es el llamado azúcar de la leche. Determinados grupos de población son incapaces de digerir la lactosa, ya que carecen del enzima lactasa, siendo intolerantes a la lactosa, como es el caso de los tailandeses, entre los cuales el 97 % de los adultos no la digieren. Aquellos pueblos que han sido tradicionalmente «ganaderos», que se han alimentado generación tras generación de la leche de los animales, presentan menos casos de intolerancia a la lactosa que otros pueblos no acostumbrados a su consumo. La mayoría de la población mundial adulta tiene déficit de lactasa, excepto la población del norte y centro de Europa. La acumulación de lactosa provoca diferentes síntomas, como náuseas, dolor abdominal, hinchazón y distensión abdominal, diarreas ácidas, etc.
 - a) ¿Qué tipo de azúcar es la lactosa?
 - b) ¿Cuáles son los productos resultantes de la acción de la lactosa?
 - c) ¿Qué enlace une los componentes de la lactosa? ¿Cómo se produce? Dibuja dicho enlace.
 - d) La lactosa no digerida, y acumulada, provoca la liberación de líquidos al intestino, lo que origina una diarrea líquida. ¿Qué fenómeno es el responsable de este proceso? ¿Cómo tiene lugar?

- 1 ¿Es correcto decir que los glúcidos son hidratos de carbono? ¿Por qué?
- 2 Escribe la fórmula lineal de las D-cetohexosas.
- 3 ¿Qué hexosa recibe el nombre de levulosa porque pese a tener estructura D es muy levógira?
- 4 ¿Por qué, los monosacáridos y los disacáridos son solubles en agua?
- 5 ¿En qué se parecen y en qué se diferencian las formas cicladas de la D-ribosa y la D-fructosa?
- 6 ¿Qué es un carbono asimétrico? ¿Cuántos carbonos asimétricos tiene una aldohexosa? ¿Cuántos estereoisómeros podemos encontrar? ¿Cuántos son de la forma D? ¿Cuántos de la forma L?
- 7 Escribe la fórmula de la D-glucosa. Señala el estereoisómero de la D-glucosa. Dibuja un epímero de la D-glucosa respecto al carbono 4.
- 8 Escribe una reacción catalizada por cada una de las siguientes enzimas.
 - a) CELULASA + CELULOSA =
 - b) α -AMILASA + AMILOSE =
 - c) LACTASA + LACTOSA =
- 9 Formula un disacárido resultante de la unión de una molécula de β -D-galactosa y una molécula de β -D-glucosa con enlace 1 $\rightarrow$ 4. Nombra correctamente el disacárido formado. ¿Posee carácter reductor el disacárido formado?
- 10 Escribe un pentasacárido formado por cinco moléculas de glucosa de las cuales cuatro se unen por enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$ y la quinta se une a una de las anteriores por un enlace $\alpha(1 \rightarrow 6)$.
- 11 Relaciona los términos de ambas columnas:

a) Desoxirribosa.	1) Polisacárido de reserva vegetal.
b) Fructosa.	2) Monosacárido constituyente del ADN.
c) Sacarosa.	3) Aldotriosa.
d) Quitina.	4) Polisacárido estructural.
e) Almidón.	5) Cetohexosa.
f) Gliceraldehído.	6) Disacárido.
- 12 Contesta las siguientes preguntas:
 - a) ¿Qué tipo de polisacáridos se distinguen según los tipos de monosacáridos que se repiten?
 - b) ¿Qué tipo de polisacáridos se diferencian según el tipo de enlace y su función?
 - c) ¿Cómo se denominan los polisacáridos según el tipo de disacárido que se repite?
- 13 Las células vegetales están formadas mayoritariamente de un homopolisacárido, ¿de qué compuesto se trata? ¿Qué estructura tiene dicho compuesto? Indica qué otras biomoléculas poliméricas tienen una composición parecida a la molécula indicada anteriormente, señala para cada una de ellas su función biológica.

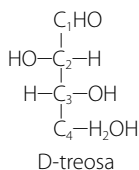
RECUERDA Y CONTESTA

1. La celulosa, ya que los árboles constituyen la biomasa más abundante en el planeta.
2. Las dos moléculas tienen unos enlaces químicos muy difíciles de romper y por ello pueden constituir estructuras perdurables.
3. Las dos moléculas tienen unos enlaces químicos muy fáciles de romper, lo que les permite poder obtener las glucosas que necesitan las células para vivir.
4. Porque los animales se alimentan de materia orgánica y la primera que hubo y la más abundante, y que todavía lo sigue siendo, es la materia orgánica vegetal, que es básicamente glucídica. Por ello sus células siguen utilizando la glucosa, y los animales carnívoros, para conseguirla, presentan procesos de generación de glucosa a partir de las proteínas.

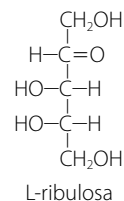
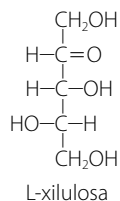
ACTIVIDADES

1. Los radicales hidroxilo ($-\text{OH}$) y los radicales hidrógeno ($-\text{H}$) de los monosacáridos les confieren elevada polaridad, por esta razón establecen fuerzas de atracción eléctrica entre ellos y con las moléculas de agua, que también son polares.
2. Los monosacáridos son capaces de oxidarse, es decir, de perder electrones, ante otras sustancias que, cuando los aceptan, se reducen y liberan energía.
3. No, porque no tienen ningún carbono asimétrico. Por tanto, no tiene actividad óptica, es decir, no es dextrógira ni levógira.

4. Solo hay dos aldótetrosas debido a que en ellas únicamente hay dos carbonos asimétricos.

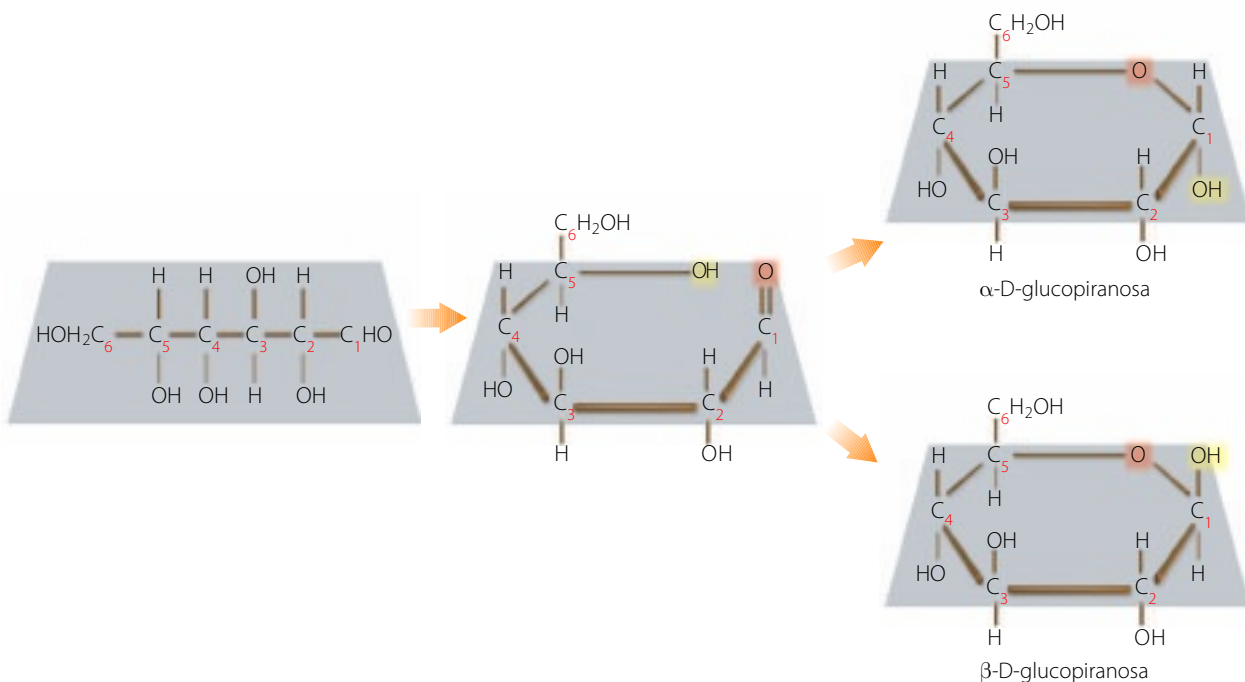


5. No, no es posible deducir si la D-eritrosa es levógira o dextrógira. Para saberlo es necesario comprobarlo experimentalmente. Hay monosacáridos con estructura D que son levógiros, como la fructosa, y otros también con estructura D que son dextrógiros, como la glucosa.
6. Como tan solo hay dos carbonos asimétricos, el tercero y el cuarto, y el más alejado del grupo cetónico, es decir el cuarto, debe tener su $-\text{OH}$ a la izquierda, solo hay dos L-cetopentosas, según el tercer carbono tenga su $-\text{OH}$ a la izquierda o a la derecha. Sus estructuras son:

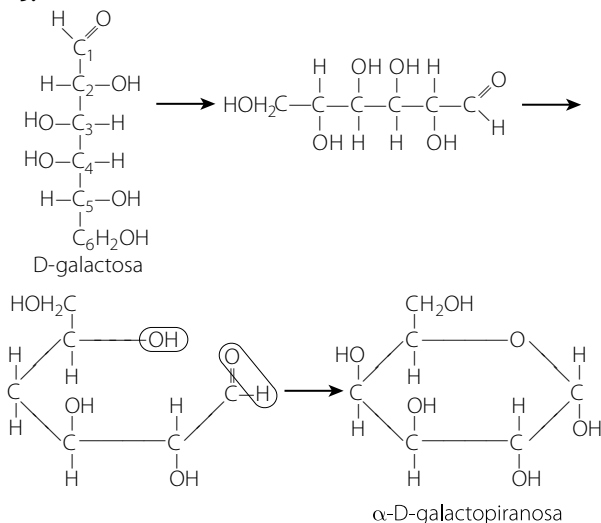


7. La D-treosa.

8.



9.



10. El carbono 1.

11. Tan solo se puede decir que es una hexosa.

12. La α-glucopiranososa presenta el radical $-\text{OH}$ del carbono anomérico en diferente lado que el radical $-\text{CH}_2\text{OH}$ y la β-glucopiranososa presenta estos dos radicales en el mismo lado del plano. Las dos son dextrógiras pero en un grado diferente. La α-glucosa produce un desvío de $122,2^\circ$ y la β-glucosa produce un desvío de solo $18,7^\circ$.

13. La sacarosa es la D-glucopiranososa-α(1 → 2)-D-fructofuranosa. La maltosa es la D-glucopiranososa-α(1 → 4)-D-glucopiranososa. La celobiosa es la D-glucopiranososa-β(1 → 4)-D-glucopiranososa. La lactosa es la D-galactopiranososa-β(1 → 4)-D-glucopiranososa.

14. Porque la miel, a causa de las enzimas sacarasas que hay en la saliva de las abejas, se hidroliza y la mezcla de D-glucosa y de D-fructosa que queda es levógira, dado que la D-fructosa es mucho más levógira que dextrógira es la D-glucosa.

15. Porque la miel, a causa de las enzimas sacarasas que hay en la saliva de las abejas, se hidroliza y aparecen libres moléculas de D-glucosa y de D-fructosa que tienen su carbono anomérico libre, es decir, el carbono que puede reducir el reactivo de Fehling.

16. La α-amilasa cataliza la hidrólisis de la cadena lineal (amilosa) y la ramificada (amilopectina) del almidón, rompiendo enlaces (1 → 4) interiores (endoamilasa) para formar una mezcla de dextrinas; por ello se la conoce como enzima dextrinogénica.

Por su acción, la α-amilasa provee de fragmentos menores que pueden ser utilizados por la enzima β-amilasa.

La β-amilasa se la conoce con el nombre de enzima sacarogénica, pues actúa sobre la amilosa, rompiendo unidades (1 → 4) y dando maltosa. Sobre la amilopectina actúa en las uniones α(1 → 4) de la cadena recta, y detiene su acción a distancia de dos unidades de glucosa antes de atacar las uniones α(1 → 6). Se trata de una exoamilasa, ya que actúa sobre el terminal de la molécula; mientras la amilosa es transformada totalmente en maltosa, la cadena ramificada de la amilopectina se conserva en un 40-45 % sin hidrolizar.

17. Que las enzimas amilasas rompen los enlaces α(1 → 4), mientras que las enzimas R-desramificantes rompen los enlaces α(1 → 6).

18. Su fórmula empírica es $\text{C}_{600}\text{H}_{1002}\text{O}_{501}$ y su peso molecular es 16218 daltons.

19. La celulosa y la quitina presentan enlaces β(1 → 4).

20. Se almacenan en forma de gránulos y están constituidos por largas cadenas ramificadas de centenares de glucosas.

Porque se consigue que no aumente la concentración del medio interno celular, evitando así la entrada de agua por ósmosis.

21. A. α-D-galactopiranososa.

B. α-D-ribofuranosa.

C. α-D-fructofuranosa.

D. α-D-glucopiranososa.

22. Los glúcidos son biomoléculas constituidas por una o más cadenas formadas por átomos de carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), en la proporción $(\text{CH}_2\text{O})_n$. Se les denomina también azúcares porque todos ellos son dulces; otro nombre frecuente es el de hidratos de carbono o carbohidratos, por la proporción existente entre los átomos de C, H y O.

La unidad estructural de los glúcidos es el monosacárido. En todos los glúcidos siempre hay un grupo carbonilo, que puede ser aldehído ($-\text{CHO}$), formando un polihidroxialdehído, o un grupo cetónico ($-\text{CO}-$), que da lugar a una polihidroxiacetona.

Las principales funciones que desempeñan los glúcidos son:

- Energética: glucosa, almidón y glucógeno.
- Estructural: celulosa, quitina y hemicelulosa.
- Anticoagulante: heparina.
- Antibiótico: estreptomicina.
- Hormonal: hormonas gonadotropas.
- Inmunológica: inmunoglobulinas.

23. Definición: los glúcidos son biomoléculas formadas básicamente por C, H y O. También se les suele llamar hidratos de carbono o carbohidratos.

Características químicas: los glúcidos son polihidroxialcoholes o polihidroxiketonas. En todos los glúcidos siempre hay un grupo carbonilo (un carbono unido a un oxígeno mediante un doble enlace).

El grupo carbonilo puede ser un grupo aldehído ($-\text{CHO}$) o un grupo cetónico ($-\text{CO}-$), el resto de los carbonos se une a grupos alcohólicos ($-\text{OH}$), también llamados grupos hidroxilos, y a radicales hidrógeno ($-\text{H}$).

Funciones. Fundamentalmente las funciones de los glúcidos son:

- Energética (glucosa, almidón, glucógeno...).
- Estructural (celulosa, quitina, hemicelulosa...).
- Anticoagulante (heparina).
- Antibiótico (estreptomicina).
- Hormonal (hormonas gonadotropas).
- Inmunológica (anticuerpos).

Clasificación. Los glúcidos se clasifican según el número de cadenas polihidroxialdehídicas o polihidroxiketónicas que contengan. Se distinguen tres tipos:

- Monosacáridos u osas. Constituidos por una sola cadena polihidroxialdehídica o polihidroxiketónica. Son los sillares de los glúcidos (ejemplos: glucosa, fructosa...).

- Holósidos. Glúcidos constituidos solamente por monosacáridos. Según el número de monómeros que tengan, se distinguen:
 - Oligosacáridos. Contienen entre dos y diez monosacáridos (ejemplos: sacarosa, celobiosa...).
 - Polisacáridos. Contienen más de diez unidades de monosacáridos (ejemplos: almidón, celulosa...).
- Hererósidos. Resultan de la unión de un glúcido con otra sustancia de naturaleza no glucídica, como proteínas, lípidos o ácidos nucleicos. Por ejemplo: glucoproteínas, (anticuerpos) o glucolípidos (cerebrósidos).

Ejemplos:

Triosas: gliceraldehído, dihidroxiacetona.

Pentosas: ribosa, desoxirribosa, arabinosa, xilosa, lixosa, ribulosa, xilulosa.

Hexosas: alosa, astrosa, glucosa, manosa, gulosa, idosa, galactosa, talosa, sícosa, fructosa.

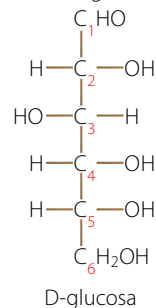
24. a) Una aldohexosa es un glúcido de tipo monosacárido de seis átomos de carbono y que posee un grupo aldehído ($-\text{CHO}$).
- b) La glucosa aporta la mayor parte de la energía que necesitan las células, por su capacidad de atravesar la membrana plasmática sin necesidad de ser transformada en moléculas más pequeñas. Algunas células, como las neuronas y los glóbulos rojos, dependen exclusivamente de la glucosa como fuente de energía.
- Polimerizada da lugar a polisacáridos con función de reserva energética, como el almidón de los vegetales o el glucógeno de los animales, o, con función estructural, como la celulosa de las plantas.
- c) En su fórmula lineal, la D-glucosa tiene el grupo hidroxilo ($-\text{OH}$) del carbono asimétrico más alejado al grupo carbonilo a la derecha mientras que en la L-glucosa se encuentra hacia la izquierda.
- La α -D-glucopiranososa y la β -D-glucopiranososa son las distintas formas cicladas de la D-glucosa, pero se diferencian entre sí en que la primera presenta el grupo $-\text{OH}$ del carbono anomérico (carbono 1) por debajo del plano de ciclación y la segunda forma presenta el $-\text{OH}$ por arriba del plano.

25. Un monosacárido es un glúcido constituido por una sola cadena que presenta entre tres y siete átomos de carbono. Están constituidos, al igual que el resto de los glúcidos, por átomos de carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), en la proporción $(\text{CH}_2\text{O})_n$.

Dos de las principales funciones de los monosacáridos son la estructural y la energética. Así, la desoxirribosa, que es un monosacárido de cinco átomos de carbono, forma parte de la estructura de los ácidos nucleicos y la glucosa, que es un monosacárido de seis átomos de carbono, tiene una destacable función de reserva energética y es el monosacárido más abundante en el medio interno de la célula.

Los monosacáridos se clasifican según el número de átomos de carbono y se denominan añadiendo la terminación -osa al número de carbonos. De esta manera podemos diferenciar: triosas, tetrasas, pentosas, hexosas y heptosas.

La fórmula desarrollada de la glucosa es la siguiente:



26. a) En enlace O-glucosídico se establece entre dos monosacáridos para dar lugar a un disacárido. Tiene lugar entre el grupo hidroxilo del primer monosacárido y cualquier hidroxilo del segundo monosacárido. Estos quedan enlazados por un átomo de oxígeno y se desprende una molécula de agua.

Hay dos tipos de enlace O-glucosídico según que el carbono del segundo monosacárido sea o no el carbono carbonílico.

- Enlace monocarbonílico. Se establece entre el carbono carbonílico del primer monosacárido y un carbono no carbonílico del segundo. Como en este queda libre su carbono carbonílico, el disacárido resultante tiene la capacidad de reducir el reactivo de Fehling. Presentan este enlace la maltosa, la celobiosa y la lactosa.
- Enlace dicarbonílico. Se establece entre el carbono carbonílico del primer monosacárido y el carbono no carbonílico del segundo. Como no queda libre ningún carbono carbonílico, el disacárido resultante no tiene la capacidad de reducir el reactivo de Fehling. Presenta este enlace la sacarosa.

- b) La maltosa o azúcar de malta se encuentra libre en el grano germinado de la cebada y de otras semillas. La cebada germinada artificialmente se utiliza para fabricar cerveza, y la cebada tostada, como sustitutivo del café, es la llamada malta.

La lactosa se encuentra libre en la leche de los mamíferos, durante la digestión se hidroliza por la enzima lactasa. Muchas personas que dejan de ingerir leche durante un tiempo prolongado pierden la capacidad de producir lactasa y ya no pueden hidrolizar la lactosa de la leche.

27. Los disacáridos son glúcidos que resultan de la unión de dos monosacáridos por enlace O-glucosídico, mono o dicarbonílico. Los principales monosacáridos de interés biológico son:

- Maltosa: está formada por dos moléculas de α -glucosa unidas por enlace monocarbonílico $\alpha(1 \rightarrow 4)$.

La maltosa se encuentra libre en el grano germinado de la cebada. La cebada germinada artificialmente se utiliza para la fabricación de cerveza, y tostada, como sustitutivo del café. En la industria se obtiene de la hidrólisis del almidón y del glucógeno.

- Sacarosa: es el azúcar de mesa. Resulta de la unión de α -D-glucosa y β -D-fructosa mediante enlace dicarbonílico $\alpha(1 \rightarrow 2)$. Se encuentra en la caña de azúcar y en la remolacha azucarera. Debido al enlace dicarbonílico, es el único disacárido que no tiene carácter reductor.
- Lactosa: disacárido formado por la unión de β -galactosa y β -D-glucosa unidas mediante enlace monocarbonílico $\beta(1 \rightarrow 4)$. La lactosa es el azúcar de la leche de los mamíferos. Posee carácter reductor y se encuentra libre en la naturaleza.

- Celobiosa: disacárido formado por dos moléculas de D-glucosa unidas mediante enlace $\beta(1 \rightarrow 4)$. No se encuentra libre en la naturaleza. Se obtiene por hidrólisis de la celulosa.

28. La molécula representada es un glúcido del tipo disacárido, en concreto se trata de la sacarosa. Consta de una molécula de D-glucopiranosas y otra de D-fructofuranosa unidas mediante un enlace $\alpha(1 \rightarrow 2)$. Se encuentra en la caña de azúcar (20% en peso) y en la remolacha azucarera (15% en peso).

El enlace O-glucosídico que se establece entre los dos monosacáridos es de tipo dicarbonílico, pues se realiza entre el $-\text{OH}$ del carbono anomérico del primer monosacárido y el $-\text{OH}$ del carbono anomérico del segundo monosacárido. Por ello, la sacarosa no tiene poder reductor sobre el reactivo de Fehling.

- 29.** a) La glucosa pertenece al grupo de los glúcidos, que es un tipo de principio inmediato orgánico.
- b) El glucógeno es un polisacárido de reserva energética de los animales, formado por cadenas ramificadas de glucosa. Se halla en gran cantidad en el interior de las células del hígado, lo que constituye la reserva energética general del organismo y también en las células de los músculos, formando la reserva exclusiva de estos.

30. Los homopolisacáridos son polímeros de monosacáridos formados por un solo tipo de monosacáridos. Los homopolisacáridos se clasifican según el tipo de monosacárido que se repite y según el tipo de enlaces. Podemos encontrar enlaces α y enlaces β .

Los enlaces α son más débiles y se rompen y forman con facilidad, por lo que también pueden hidrolizarse con facilidad, encontrándose en polisacáridos que desempeñan funciones de reserva energética. Por el contrario, los enlaces β son mucho más estables, confieren gran resistencia a la hidrólisis del polisacárido, y son característicos de los homopolisacáridos con función estructural.

Como homopolisacáridos con función de reserva encontramos:

- En animales: glucógeno.
- En vegetales: almidón.

Como homopolisacáridos con función estructural se encuentran:

- En animales: quitina.
- En vegetales: celulosa.

El glucógeno es un polímero de α -D-glucopiranosas unidas por enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$ con ramificaciones muy abundantes (cada 8 ó 12 glucosas) en posición $\alpha(1 \rightarrow 6)$. Se almacena en forma de gránulos en el hígado y músculo esquelético, donde se hidroliza con facilidad. Forma dispersiones coloidales en el interior de la célula.

El almidón se acumula en forma de gránulos densos dentro de la célula vegetal, en el interior de los plastos (amiloplastos). El almidón se compone en realidad de dos moléculas: la amilosa y la amilopectina.

- La amilosa está formada por largas cadenas sin ramificar de α -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces $(1 \rightarrow 4)$ dispuestas en forma de hélice.
- La amilopectina también está constituida por α -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces $(1 \rightarrow 4)$ y enlaces $(1 \rightarrow 6)$, que originan ramificaciones cada doce glucosas.

La celulosa es un polisacárido con función estructural de los vegetales. Es el constituyente principal de las paredes de las

células vegetales. Se trata de un polímero lineal de β -D-glucopiranosas, con enlaces $(1 \rightarrow 4)$ formados por largas cadenas sin ramificar. Entre las glucosas de una misma cadena se establecen puentes de hidrógeno intracatenarios. Varias cadenas lineales se disponen en paralelo y se mantienen unidas unas a otras mediante enlaces intercatenarios, lo que confiere gran resistencia y estabilidad a la celulosa. La unión de varias cadenas de celulosa forma micelas de celulosa. La agrupación de 20 a 30 micelas da lugar a microfibrillas, que se unen para formar microfibrillas, que a su vez, se agrupan construyendo fibras, que son observables a simple vista.

La quitina es un polímero de N-acetil-D-glucosamina unido mediante enlaces $\beta(1 \rightarrow 4)$ de forma parecida a la celulosa. Como ella, forma cadenas paralelas, lo que le confiere gran resistencia y dureza. Es el componente esencial del exoesqueleto de artrópodos y de las paredes celulares de los hongos. En los crustáceos se encuentra impregnada de carbonato de calcio, lo que aumenta su dureza.

31. Los polisacáridos son polímeros de monosacáridos. Como ejemplos de polisacáridos podemos citar:

- Polisacáridos con función de reserva:
 - En animales: glucógeno.
 - En vegetales: almidón.
- Polisacáridos con función estructural:
 - En animales: quitina.
 - En vegetales: celulosa.

El glucógeno es un polímero de α -D-glucopiranosas unidas por enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$ con ramificaciones muy abundantes (cada 8 ó 12 glucosas) en posición $\alpha(1 \rightarrow 6)$. Se almacena en forma de gránulos en el hígado y músculo esquelético, donde se hidroliza con facilidad. Forma dispersiones coloidales en el interior de la célula.

El almidón se acumula en forma de gránulos densos dentro de la célula vegetal, en el interior de los plastos (amiloplastos). El almidón se compone en realidad de dos moléculas: la amilosa y la amilopectina. La amilosa está formada por largas cadenas sin ramificar de α -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces $(1 \rightarrow 4)$ dispuestas en forma de hélice. La amilopectina también está constituida por α -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces $(1 \rightarrow 4)$ y enlaces $(1 \rightarrow 6)$, que originan ramificaciones cada doce glucosas.

La celulosa es un polisacárido con función estructural de los vegetales. Es el constituyente principal de las paredes de las células vegetales. Se trata de un polímero lineal de β -D-glucopiranosas, con enlaces $(1 \rightarrow 4)$ formados por largas cadenas sin ramificar. Entre las glucosas de una misma cadena se establecen puentes de hidrógeno intracatenarios. Varias cadenas lineales se disponen en paralelo y se mantienen unidas unas a otras mediante enlaces intercatenarios, lo que confiere gran resistencia y estabilidad a la celulosa. La unión de varias cadenas de celulosa forma micelas de celulosa. La agrupación de 20 a 30 micelas da lugar a microfibrillas. Estas se unen para formar microfibrillas, que a su vez se agrupan constituyendo fibras, observables a simple vista.

La quitina es un polímero de N-acetil-D-glucosamina unido mediante enlaces $\beta(1 \rightarrow 4)$ de forma parecida a la celulosa. Como ella, forma cadenas paralelas, lo que le confiere gran resistencia y dureza. Es el componente esencial del exoesqueleto de artrópodos y de las paredes celulares de los hongos. En los crustáceos se encuentra impregnada de carbonato de calcio, lo que aumenta su dureza.

32. El almidón se acumula en forma de gránulos densos dentro de la célula vegetal, en el interior de los plastos (amiloplastos). El almidón se compone en realidad de dos moléculas: la amilosa y la amilopectina. La amilosa está formada por largas cadenas sin ramificar de α -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces (1 $\rightarrow$ 4) dispuestas en forma de hélice. La amilopectina también está constituida por α -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces (1 $\rightarrow$ 4) y enlaces (1 $\rightarrow$ 6), que originan ramificaciones cada doce glucosas.

La celulosa es un polisacárido con función estructural de los vegetales. Es el constituyente principal de las paredes de las células vegetales. Se trata de un polímero lineal de β -D-glucopiranosas, con enlaces (1 $\rightarrow$ 4) formados por largas cadenas sin ramificar. Entre las glucosas de una misma cadena se establecen puentes de hidrógeno intracatenarios. Varias cadenas lineales se disponen en paralelo y se mantienen unidas unas a otras mediante enlaces intercatenarios, lo que confiere gran resistencia y estabilidad a la celulosa. La unión de varias cadenas de celulosa forma micelas de celulosa. La agrupación de 20 a 30 micelas da lugar a microfibrillas. Estas se unen para formar microfibrillas, que a su vez se agrupan y originan fibras, observables a simple vista.

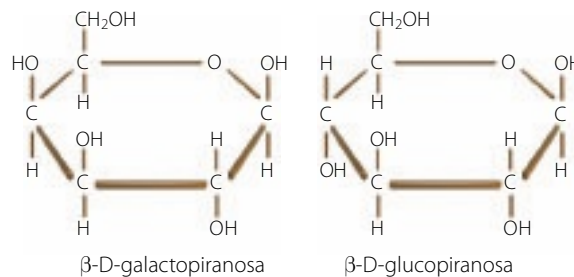
33. a) El almidón se acumula en forma de gránulos densos dentro de la célula vegetal, en el interior de los plastos (amiloplastos). El almidón se compone en realidad de dos moléculas: la amilosa y la amilopectina. La amilosa está formada por largas cadenas sin ramificar de α -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces (1 $\rightarrow$ 4) dispuestas en forma de hélice. La amilopectina también está constituida por α -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces (1 $\rightarrow$ 4) y enlaces (1 $\rightarrow$ 6), que originan ramificaciones cada doce glucosas.

El glucógeno es un polímero de α -D-glucopiranosas unidas por enlaces α (1 $\rightarrow$ 4) con ramificaciones muy abundantes (cada 8 ó 12 glucosas) en posición α (1 $\rightarrow$ 6). Se almacena en forma de gránulos en el hígado y músculo esquelético, donde se hidroliza con facilidad. Forma dispersiones coloidales en el interior de la célula.

- b) El almidón y el glucógeno llevan a cabo su función de reserva energética en las células vegetales y animales, respectivamente.
34. Porque en la maltosa las dos glucosas están unidas por un enlace α -glucosídico y, en cambio, en la celobiosa están unidas por un enlace β -glucosídico. Si ingerimos celobiosa, no aumenta el nivel de glucosa en sangre porque nuestras enzimas no son capaces de romper el enlace β -glucosídico.
35. Porque la lactosa presenta enlace β -glucosídico y digerir esta sustancia quiere decir romper este enlace, lo cual precisa una molécula de agua, de ahí que esta reacción se denomine hidrólisis, y una enzima especial denominada lactasa. Se trata de una enzima diferente de la maltasa y de la sacarasa. No pueden tomar leche ni queso fresco porque los dos presentan lactosa, en cambio, el yogur, al ser un producto fermentado por las bacterias ya no contiene lactosa, que ha sido hidrolizada y ha dado lugar a una molécula de galactosa y una de glucosa.
36. a) Se trata de un glúcido del grupo de los disacáridos, en concreto es la lactosa.
- b) El enlace que une las dos unidades del disacárido es O-glucosídico monocarbonílico se establece entre el carbono carbonílico del primer monosacárido (D-galactopiranos) y el carbono 4 del segundo monosacárido (D-glucopirano-

sa). La lactosa tiene la capacidad de reducir el reactivo de Fehling, puesto que el carbono carbonílico del segundo monosacárido queda libre.

- c) Como resultado de la hidrólisis de la lactosa se obtiene una molécula de D-galactopiranos y otra de D-glucopiranos.



37. La unidad estructural del β (1 $\rightarrow$ 4) glucano de las fibrillas de celulosa es la glucosa.
38. Que el elevado número de ramas ofrece muchos puntos de ataque para iniciar su hidrólisis e, igualmente, muchos puntos de inicio para realizar una nueva síntesis y el alargamiento o elongación de las cadenas.
39. Observando la gráfica podemos ver, que tras las comidas hay un incremento de glucosa en sangre y la disminución progresiva al paso de las horas, también podemos deducir que esta disminución es proporcional a la actividad realizada.
40. a) 5, b) 1, c) 4, d) 2, e) 3, f) 10, g) 7, h) 9, i) 8 y j) 6.
41. a) Se trata de los glúcidos.
- b) Monosacárido: fructosa.
- c) Oligosacárido: maltosa.
- d) Polisacárido: glucógeno.
- e) Homopolisacárido: almidón.
- f) Heteropolisacárido: pectina.
- g) Función energética: glucosa.
- h) Función estructural: quitina.
42. a) Monosacárido: fructosa.
Disacáridos: sacarosa, lactosa.
Polisacáridos: almidón, celulosa, glucógeno.
- b) El almidón y la celulosa se encuentran en las células eucariotas vegetales. El almidón está presente en los amiloplastos de dichas células, principalmente en raíces, tallos y semillas.
- La celulosa es el componente fundamental de la pared celular de las células vegetales.
- El glucógeno se encuentra en las células eucariotas de animales; de forma abundante en el hígado y en los músculos, y en los hongos. También puede aparecer en algunas bacterias.
- c) El almidón desempeña en las células vegetales la función de reserva energética, pues puede hidrolizarse fácilmente liberando las glucosas que lo componen cuando sea necesario.
- La celulosa tiene una función estructural, ya que forma parte de la pared de las células vegetales.
- El glucógeno constituye el polisacárido de reserva propio de los animales y los hongos, en los que forma gránulos citoplasmáticos.
- d) Algunos ejemplos de monosacáridos son:
- Triosas: gliceraldehído, dihidroxiacetona.

Pentosas: ribosa, ribulosa, desoxirribosa, arabinosa, xilosa.
Hexosas: galactosa, glucosa, gulosa, idosa, alosa, astrosa, manosa, talosa.

Función	Tipo de glúcido	Lugar en el que actúa
Reserva energética	Glucosa (monosacárido) Almidón (homopolisacárido de células vegetales) Glucógeno (homopolisacárido de células animales)	Células animales y vegetales
Estructural	Celulosa (homopolisacárido de células vegetales) Quitina (homopolisacárido de células animales) Peptidoglucano (glúcidos asociados a aminoácidos)	Células animales y vegetales Artrópodos Bacterias
Anticoagulante	Heparina (proteoglucano)	Hígado, pulmón y saliva de animales hematófagos.
Hormonal	Hormona hipofisaria	Sistema nervioso de vertebrados
Antibiótico	Estreptomcina	Células animales
Inmunológica	Glucoproteínas	Sistema inmunológico
Enzimática	Ribonucleasas	ARN
Principio activo de plantas medicinales	Digitalina (glúcidos unidos a otras moléculas)	Músculo cardíaco

44. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

45. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

LABORATORIO

- Poseen carácter reductor, por tanto, dan positiva la reacción de Fehling los monosacáridos y los disacáridos constituidos por enlaces O-glucosídicos monocarboxílicos. Los azúcares no reductores (sacarosa, etc.) y los polisacáridos (almidón, celulosa...) no dan positiva la reacción de Fehling.
- La presencia de glucosa en la orina se denomina glucosuria. La orina normal contiene cantidades pequeñas de azúcares dentro de las cuales encontramos fructosa, levulosa, pentosa, galactosa, glucosa, maltosa, etc., que no son detectados por las pruebas rutinarias que se realizan en el laboratorio. En el riñón sano, después de que la glucosa ha sido filtrada a través del glomérulo, la mayor parte es absorbida por el túbulo proximal. Por el contrario, las personas diabéticas excretan con la orina una elevada concentración de glucosa. Generalmente, se puede detectar la presencia de glucosa en una muestra de orina empleando una tira reactiva compuesta de una almohadilla sensible al color. Esta almohadilla contiene compuestos químicos específicos que reaccionan con la glucosa. El color resultante le indica al médico qué cantidad de glucosa hay en la sangre.

3. Dará positiva la técnica de lugol en aquellos alimentos que contienen almidón, como patata, trigo, maíz, avena, arroz. Sin embargo, algunos alimentos, como los fiambres, suelen contener almidón, sin que lo indiquen en la etiqueta, por lo que estamos ante un fraude alimentario. Entre los alimentos que podemos encontrar que contengan almidón añadido están: jamón York de baja calidad, chopped, mortadela, etc. Normalmente, el jamón cocido que contiene almidón no informa sobre la presencia del mismo. Sin embargo, el chopped y la mortadela sí, puesto que se utiliza como espesante.

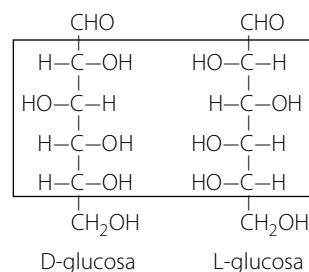
4. El almidón es un homopolisacárido de origen vegetal, que se acumula en los gránulos de los cloroplastos (amiloplastos). Por tanto, todos los alimentos que contengan almidón deben ser de origen vegetal.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

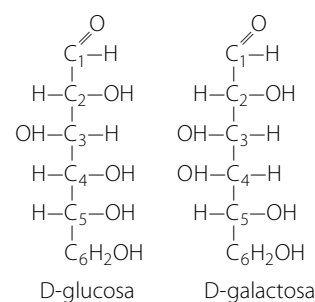
1. Atendiendo al número de cadenas que contienen, los glúcidos se clasifican en los siguientes tipos:

- **Monosacáridos.** Glúcidos constituidos por una sola cadena. Ejemplo: glucosa, fructosa, galactosa, etc.
- **Oligosacáridos.** Glúcidos formados por la unión de dos a diez monosacáridos. Según el número de monosacáridos pueden ser: **disacáridos** (como la sacarosa, lactosa; etc.), **trisacáridos**, etc.
- **Polisacáridos.** Glúcidos formados por la unión de más de diez monosacáridos. Por ejemplo: almidón, glucógeno, quitina, etc.

2. **Enantiómeros.** Isómeros en los que varía la posición de todos los —OH de los carbonos asimétricos. Se trata de imágenes especulares uno del otro. Los enantiómeros conservan el mismo nombre, añadiendo la indicación D o L. Aplicaremos la forma D cuando el —OH del último carbono asimétrico está a la derecha, y la forma L cuando el —OH quede a la izquierda. Como ejemplos de enantiómeros podemos señalar la D y la L glucosa.

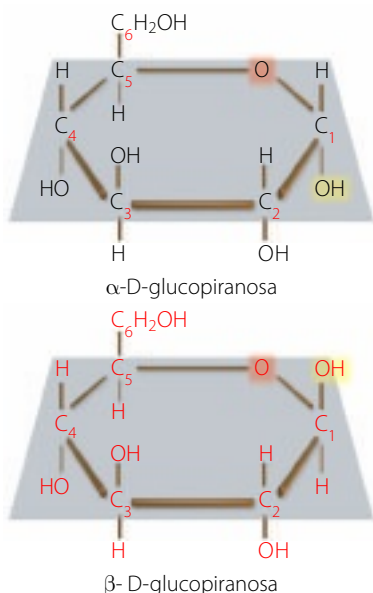


Epímeros. Estereoisómeros en los que solo varía la posición del grupo —OH de uno de los carbonos asimétricos. Son epímeros la D-glucosa y la D-galactosa.



3. 1) d; 2) a; 3) b; 4) f; 5) e; 6) c.

4.



- Se trata de un glúcido, concretamente de un disacárido, formado por la unión de dos monosacáridos.
- Sacarosa α-D-glucopiranosil (1 → 2) β-D-fructofuranósido.
- Monosacáridos. Concretamente está formada por una α-D-glucosa y una β-D-fructosa unidas con enlace 1 → 2.
- Enlace O-glucosídico, del tipo dicarbonílico, ya que intervienen los grupos hidroxilos de los carbonos anoméricos de los dos monosacáridos.
- No tiene carácter reductor, ya que no posee ningún carbono anomérico libre.

- La principal molécula que constituye la pared rígida de las células vegetales es la celulosa.

La celulosa es un polímero de β-D-glucopiranosas unidas mediante enlaces β(1 → 4). Cada polímero está constituido por entre 150 a 1 500 moléculas de glucosa. Los polímeros forman cadenas moleculares lineales que se pueden disponer paralelamente uniéndose mediante enlaces de hidrógeno intercatenarios. Además, entre las glucosas de una misma cadena se establecen enlaces de hidrógeno intracatenarios. Todo ello confiere a la celulosa una gran resistencia. La unión de distintas cadenas de celulosa (60 o 70 cadenas) forma una micela. La asociación de 20 micelas da lugar a microfibrillas. Estas se unen para formar fibras de diferente grosor, que son visibles a simple vista.

Otras moléculas poliméricas parecidas a la celulosa son:

- **Quitina.** Polímero de N-acetil-D-glucosamina unidas mediante enlaces β(1 → 4). Al igual que la celulosa, forma cadenas lineales paralelas unas a otras. Constituye el exoesqueleto de los artrópodos y la pared celular de los hongos.
- **Almidón.** Homopolisacárido con función de reserva en las células vegetales. Está formado por la mezcla de dos componentes: amilosa y amilopectina.
 - **Amilosa.** Polímero lineal no ramificado de α-D-glucosas unidas por enlace α(1 → 4) dispuestas helicoidalmente
 - **Amilopectina.** Polímero de α-D-glucosas unidas por enlace α(1 → 4) y con ramificaciones en posición α(1 → 6).
- **Glucógeno.** Homopolisacárido con función de reserva en las células animales. Se encuentra abundantemente en el hígado y en los músculos. Su constitución es parecida a las cadenas de amilopectina, constituido por α-D-glucosas

unidas mediante enlaces α(1 → 4), con ramificaciones mucho más frecuentes en posición α(1 → 6).

- Las tres moléculas son homopolisacáridos, es decir, formadas por largas cadenas del mismo monosacárido (glucosa).

Desde el punto de vista estructural presentan las siguientes diferencias:

El **glucógeno** es un polímero de α-D-glucopiranosas unidas por enlaces α(1 → 4) con ramificaciones muy abundantes (cada 8 o 12 glucosas) en posición α(1 → 6).

El **almidón** se compone en realidad de dos moléculas: la amilosa y al amilopectina.

- La **amilosa** está formada por largas cadenas sin ramificar de α-D-glucopiranosas unidas mediante enlaces (1 → 4) dispuestas en forma de hélice.
- La **amilopectina** también está constituida por α-D-glucopiranosas unidas mediante enlaces (1 → 4) y enlaces (1 → 6), que originan ramificaciones cada doce glucosas.

La **celulosa**, por el contrario, es un polímero lineal de β-D-glucopiranosas, con enlaces (1 → 4) formados por largas cadenas sin ramificar. Entre las glucosas de una misma cadena se establecen puentes de hidrógeno intracatenarios. Varias cadenas lineales se disponen en paralelo y se mantienen unidas unas a otras mediante enlaces intercatenarios, lo que confiere a la celulosa una gran resistencia.

- Los enlaces tipo α son más débiles, por lo que se rompen con mayor facilidad (se hidrolizan más fácilmente). Los encontramos así en polisacáridos con función de reserva, como el glucógeno (en células animales) y el almidón (en células vegetales). Por el contrario, los enlaces O-glucosídicos de tipo β son mucho más estables y resistentes a la hidrólisis del polisacárido, siendo característico de polisacáridos con función estructural, como la celulosa (en células vegetales).
- Las glucoproteínas son heterósidos; es decir, moléculas formadas por una parte glucídica (generalmente el 5%) y una fracción no glucídica de naturaleza proteica. Un gran número de ellas se localizan en la cara externa de la membrana y su función es actuar como receptores y marcadores fundamentales para las relaciones celulares. En este grupo destacan algunas mucinas de secreción, como las salivares, la protombina del plasma sanguíneo del sistema inmune, las inmunoglobulinas, y las glucoproteínas de la membrana plasmática.
- Solución 1) f; 2) b; 3) a; 4) c; 5) g; 6) e; 7) d.

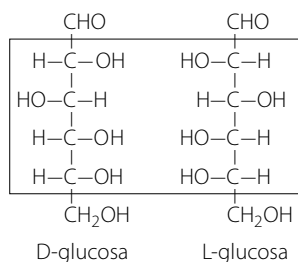
PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

- Los monosacáridos son glúcidos constituidos por una sola cadena que presentan entre tres a siete átomos de carbono. Se denominan así: **triosas** (tres átomos de carbono), **tetrosas** (cuatro átomos de carbono), **pentosas** (cinco átomos de carbono), **hexosas** (seis átomos de carbono), etc. Químicamente son polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas; es decir, formados por un grupo aldehído (–CHO) en el carbono 1 y grupos alcoholes (–OH) en el resto de los carbonos o un grupo cetona (–CO) en uno de los carbonos interiores de la cadena y grupos hidroxilo (–OH) en el resto de la cadena.
- Los glúcidos llevan a cabo fundamentalmente dos funciones: la energética y la estructural, aunque también realizan, de forma específica, otras funciones:
 - **Función energética.** Los glúcidos constituyen la principal fuente de energía celular. La principal sustancia utilizada

para ello es la glucosa que circula por la sangre. A partir de un gramo de glucosa, por la vía de la respiración celular, se pueden obtener 4,3 kcal. Las formas de almacenar glucosa en los seres vivos son el almidón (en los vegetales) y el glucógeno (en los animales).

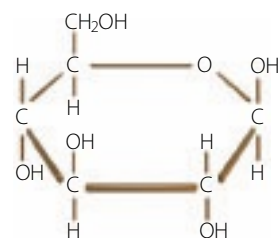
- **Función estructural.** Gran número de glúcidos forman parte de estructuras de los seres vivos, debido fundamentalmente a la presencia de enlaces β -glucosídicos. Entre ellos destacan la celulosa en los vegetales, formando parte de la pared celular; los peptidoglucanos, componente fundamental de la pared bacteriana, o la quitina, componente esencial del exoesqueleto de los artrópodos y crustáceos.
- **Función antibiótico.** Por ejemplo, la estreptomycin.
- **Función especificidad de las membranas.** Las glucoproteínas y glucolípidos de la membranas biológicas contribuyen a la selección de determinadas sustancias que pueden entrar en las células.
- **Función vitamínica.** Como la vitamina C.
- **Función anticoagulante.** Como la heparina.
- **Función hormonal.** Como la hormona hipofisiaria.
- **Función inmunológica.** Por ejemplo, las glucoproteínas de la membrana constituyen antígenos y las inmunoglobulinas forman anticuerpos.
- **Principios activos en plantas medicinales.** Determinados glúcidos se unen a moléculas como alcohol, fenoles..., constituyendo principios activos que se utilizan con frecuencia para elaborar medicamentos, como la digitanila o la glicerina.

3. a) Debido a la existencia de carbonos asimétricos, cuando se representa una molécula lineal, según las proyecciones de Fischer, nos encontramos con dos fórmulas, correspondientes a dos estereoisómeros, que se diferencian en la posición del grupo hidroxilo ($-\text{OH}$) de los carbonos asimétricos: la forma D cuando el $-\text{OH}$ del último carbono asimétrico se encuentra a la derecha y la forma L, si el $-\text{OH}$ se encuentra a la izquierda. Ejemplos:

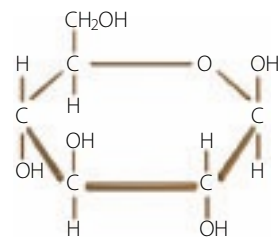


- b) Al producirse la reacción de ciclación en los monosacáridos que se pueden ciclar (aldopentosas y hexosas), se produce un enlace hemiacetal entre el grupo aldehído y un alcohol (aldosa) o un enlace hemicetal entre el grupo cetona y un alcohol (cetosa). El carbono carbonílico correspondiente a los grupos aldehído y cetona se designa ahora como carbono anomérico. La posición del $-\text{OH}$ de este nuevo carbono anomérico determina un nuevo tipo de isomería denominado anomería. Existen así dos tipos de formas anoméricas: la α y la β . El anómero α tiene el grupo alcohol ($-\text{OH}$) del carbono 1 en posición *trans*, es decir, al otro lado del plano donde está situado el $-\text{CH}_2\text{OH}$ portado por el carbono 3. El anómero es β si

estos dos radicales están en posición *cis*, es decir, en el mismo plano.

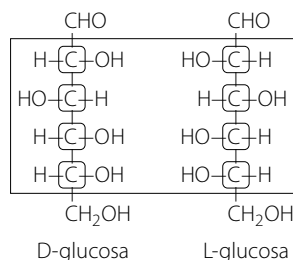


α -D-glucopiranos



β -D-glucopiranos

4.



Un carbono asimétrico es aquel que está unido a cuatro grupos distintos. Tanto en la D como en la L glucosa podemos distinguir cuatro carbonos asimétricos.

La D-glucosa y la L-glucosa son imágenes especulares, es decir, estereoisómeros que se diferencian en la posición del grupo hidroxilo ($-\text{OH}$) de los carbonos asimétricos: la forma D cuando el $-\text{OH}$ del último carbono asimétrico se encuentra a la derecha y la forma L, si el $-\text{OH}$ se encuentra a la izquierda.

La presencia de carbonos asimétricos proporciona a los monosacáridos la propiedad de la actividad óptica. Si un rayo de luz polarizada incide en una disolución de estas moléculas, se produce una desviación de su plano de vibración, y el rayo refractado surge con otro plano de polarización. Si lo desvía hacia la derecha, se denominan dextrógiras o formas (+), y si lo hacen hacia la izquierda se llaman levógiras o formas (-).

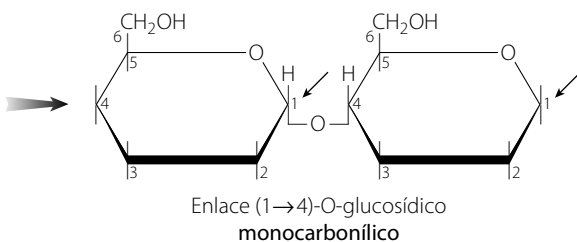
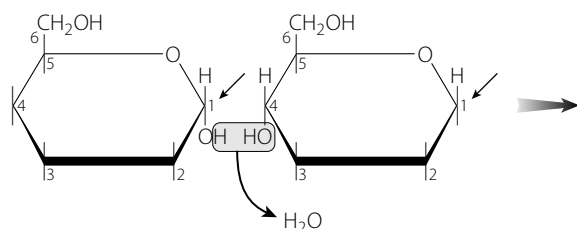
No hay ninguna relación entre las formas D o L con las formas dextrógiras o levógiras. Así, la D-glucosa puede ser dextrógira (+) o levógira (-), de igual forma le ocurre a la L-glucosa.

5. Los monosacáridos gracias a su grupo aldehído o cetónico pueden reducir al Cu^{2+} , propiedad que se utiliza para su reconocimiento químico (prueba de Fehling).

El reactivo de Fehling es una disolución, de color azul, de sulfato de cobre en agua. Cuando los iones Cu^{2+} ganan electrones (se reducen) pasan a iones Cu^+ , los cuales forman Cu_2O , que es

insoluble y forma un precipitado de color rojizo. El cambio de color azul a rojo revela la presencia de estos glúcidos. La lactosa (aldohexosa) sí se reducirá con el reactivo de Fehling. Por el contrario, la sacarosa (formada por glucosa y fructosa) es el único disacárido que no posee carácter reductor, debido a que el enlace O-glucosídico se produce entre el —OH del carbono anomérico del primer monosacárido y el —OH del carbono anomérico del segundo monosacárido (enlace dicarbonílico).

6. El enlace O-glucosídico se establece entre dos grupos hidroxilo (—OH) de diferentes monosacáridos. Si en el enlace participa el hidroxilo del carbono anomérico del primer monosacárido y otro grupo alcohol del segundo monosacárido, se forma un enlace monocarbonílico. Por el contrario, si en el enlace participan los grupos hidroxilos de los carbonos anoméricos de los dos monosacáridos, se formará un enlace dicarbonílico.



Enlace (1→4)-O-glucosídico
monocarbonílico

Enlace (1→2)-O-glucosídico
dicarbonílico

7. a) Pertenece a los glúcidos, al subtipo disacáridos.
b) El disacárido representa la lactosa, formada por una molécula de D-galactopiranosas y otra de D-glucopiranosas.

ranosa. Dichas subunidades se unen mediante enlace O-glucosídico del tipo monocarbonílico, β (1 → 4). Si posee carácter reductor, ya que la molécula tiene un carbono anomérico implicado en el enlace O-glucosídico.

- c) Los disacáridos se forman por la unión de dos monosacáridos. Los principales disacáridos de interés biológico son:

Maltosa (α -D-glucopiranosil (1 → 4) α -D-glucopiranosas).

Lactosa (β -D-galactopiranosil (1 → 4) α -D-glucopiranosas).

Celobiosas (β -D-glucopiranosil (1 → 4) β -D-glucopiranosas).

Sacarosa (α -D-glucopiranosil (1 → 2) β -D-fructofuranósido).

Todos son reductores, excepto la sacarosa, y la principal función es energética.

Maltosa: se encuentra libre en el grano germinado de la cebada. En la industria se obtiene de la hidrólisis del almidón y el glucógeno.

Celobiosas: no se encuentra libre en la naturaleza, se obtiene de la hidrólisis de la celulosa.

Lactosa: se encuentra libre en la leche de mamíferos.

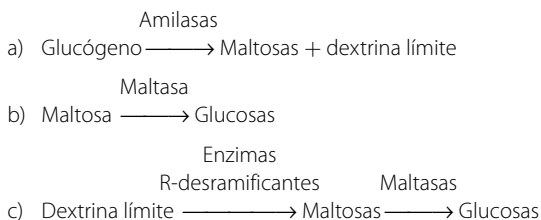
Sacarosa: se encuentra en la caña de azúcar y en la remolacha azucarera.

8. a-2-D; b-1 y 2-E; c-2 A y C, y d-2 y 3-B.

9.

	ALMIDÓN	CELULOSA
DIFERENCIAS	- Polímero constituido por moléculas de α-D-glucosa, mezcla de dos componentes: amilosa (cadenas no ramificadas de α-D-glucosa con enlaces α(1 → 4)) y amilopectina (cadenas ramificadas constituidas de α-D-glucosa con uniones α(1 → 4) y puntos de ramificación con enlaces α(1 → 6). - Función reserva. Se encuentra en los amiloplastos de las células vegetales. - Forma dispersiones coloidales. - Formado por largas cadenas helicoidales y ramificadas.	- Polímero lineal de moléculas de β-D-glucosa con enlaces β(1 → 4). D-fructosa. - Función estructural. Es uno de los componentes fundamentales de las paredes celulares de los tejidos vegetales. - Es insoluble en agua. - Formado por largas cadenas lineales.
ANALOGÍAS	- No poseen carácter reductor. - Son homopolisacáridos vegetales.	

10.

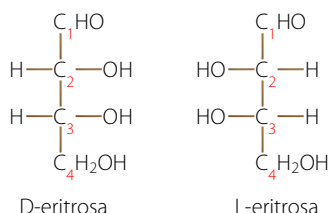


11. Los proteoglicanos son moléculas formadas por una gran fracción de polisacáridos, denominados glucosamínglicanos, y una pequeña fracción proteica. Se pueden distinguir los glucosamínglicanos estructurales y los de secreción.

- Glucosamínglicanos estructurales: los más importantes son el ácido hialurónico y los sulfatos de condroitina. Son heteropolisacáridos que presentan alternancia de enlaces $\beta(1 \rightarrow 4)$ y enlaces $\beta(1 \rightarrow 3)$. Forman la matriz extracelular muy abundante en los tejidos conjuntivos, cartilagosos y óseos. El ácido hialurónico además, abunda en el líquido sinovial y en el humor vítreo del ojo.
- Glucosamínglicanos de secreción. El más conocido es la heparina. Es un heteropolisacárido que presenta alternancia de enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$ y enlaces $\alpha(1 \rightarrow 3)$. Se encuentra en la sustancia intercelular, principalmente en el hígado y en el pulmón. Impide el paso de protombina a trombina y con ello la coagulación de la sangre. Está también presente en la saliva de animales hematófagos (sanguijuelas, mosquitos, vampiros, etc.). En medicina se utiliza para evitar las trombosis.

AMPLIACIÓN

1. Dos compuestos son enantiómeros si entre ellos: varía la posición de todos los $-\text{OH}$ de los carbonos asimétricos. Se trata de imágenes especulares uno del otro. Los enantiómeros conservan el mismo nombre, añadiendo la indicación D o L. Aplicaremos la forma D cuando el $-\text{OH}$ del último carbono asimétrico está a la derecha, y la forma L cuando el $-\text{OH}$ quede a la izquierda. Así, el enantiómero de la D-eritrosa será la L-eritrosa.



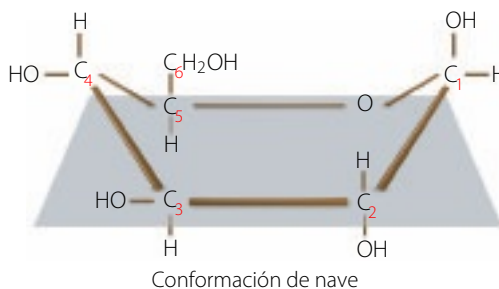
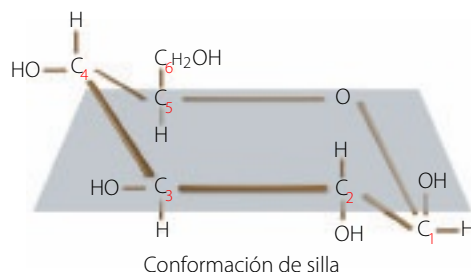
Un carbono asimétrico es aquel que está unido a cuatro grupos distintos. Tanto la D-eritrosa como la L-eritrosa poseen dos carbonos asimétricos (que son el C_2 y el C_3).

2. No, no es lo mismo. Las osas, también llamados monosacáridos, son los glúcidos más simples o monómeros de los glúcidos. Por el contrario, los ósidos resultan de la unión de estos monómeros, pudiendo llegar a tener un número variable de osas e incluso poder asociarse a otras moléculas de naturaleza diferente a los glúcidos (como proteínas o lípidos).

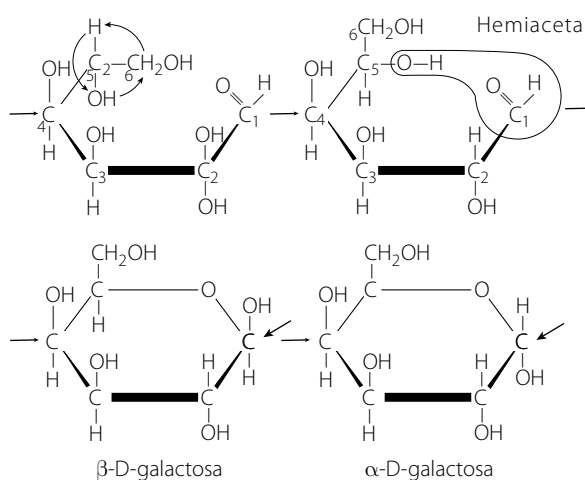
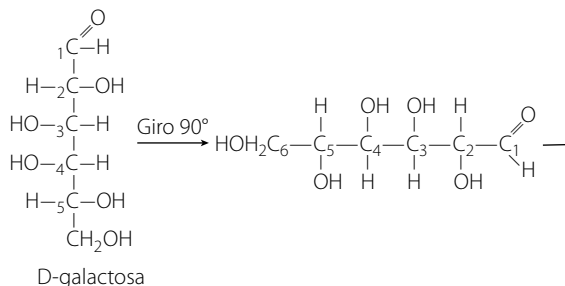
3. **Analogías.** Tanto la D-eritrosa como la D-treosa son monosacáridos formados por cuatro átomos de carbono (poseen la misma fórmula empírica) con un grupo aldehído en el C_1 y grupos hidroxilo en el resto de los carbonos (aldotetrosas). Además, poseen el mismo número de carbonos asimétricos (el C_2 y el C_3).

Diferencias. Ambos compuestos son epímeros, es decir, en ellos solo varía la posición del grupo $-\text{OH}$ del carbono 2.

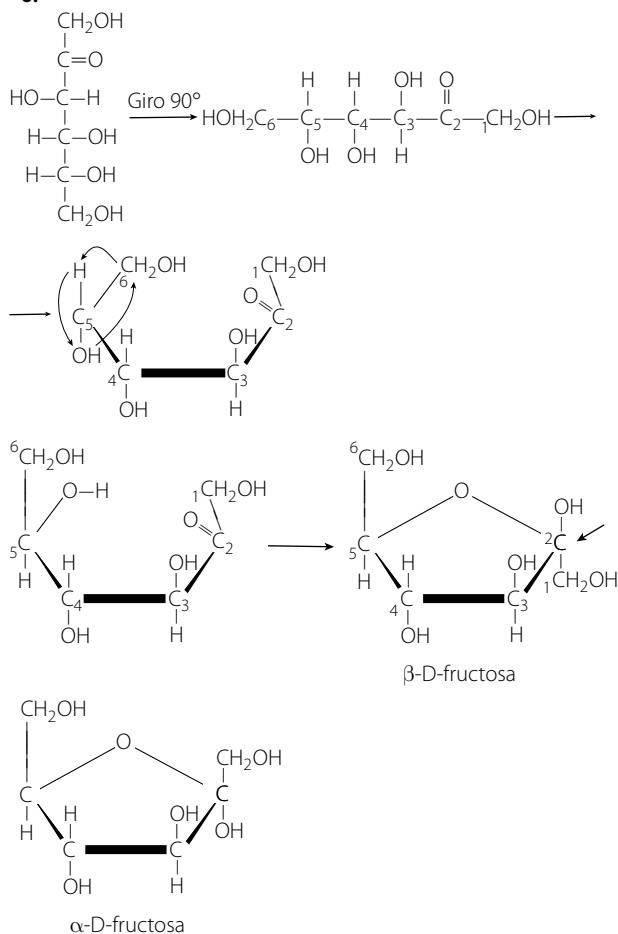
4.



5.



6.



7. De las dos maltosas se obtendrán 4 glucosas, de las dos celobiosas se obtendrán 4 glucosas y de las dos sacarosas se obtendrán 2 glucosas.

8. Su fórmula empírica es $C_{600}H_{1002}O_{501}$ y su peso molecular es 16218 daltons.

9. Debido a los ángulos de los enlaces, solo son estables los ciclos de cinco y de seis átomos.

10. Contiene α -glucosas. Su número de glucosas (n) resulta de la siguiente suma de pesos atómicos $C_{6n}H_{12n-2(n-1)}O_{6n-(n-1)} = 80000$. Es decir: $12(6n) + 1(12n - 2(n - 1)) + 16(6n - (n - 1)) = 80000$. De aquí sale que $n = 493,7$; es decir, unas 494 α -glucosas.

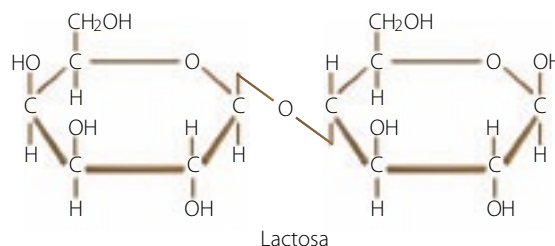
11. La celulosa solo puede ser hidrolizada por los enzimas segregados por determinados hongos y microorganismos, como protozoos y bacterias simbióticas, debido a las peculiaridades del enlace β . Los animales herbívoros poseen en su aparato digestivo microorganismos simbióticos que producen celulasa, el enzima que hidroliza la celulosa, por lo que para ellos sí es un nutriente. Para el resto de animales, incluidos los seres humanos la celulosa no es un nutriente, ya que no somos capaces de digerirla. Sin embargo, es importante tomarla en la dieta, debido a que constituye la llamada fibra alimenticia, ya que facilita el tránsito intestinal.

12. El glucógeno, al igual que la amilopectina, está constituido por un polímero de maltosas unidas mediante enlaces

$\alpha(1 \rightarrow 4)$, con ramificaciones en posición $\alpha(1 \rightarrow 6)$, pero con mayor abundancia de ramas. Estas aparecen, aproximadamente, cada ocho o diez glucosas.

La hidrólisis enzimática del glucógeno empieza por los extremos no reductores, situados al final de cada ramificación. Así, cuanto más ramificado esté, más rápida será la degradación del glucógeno y el suministro de glucosa. Esto supone una gran ventaja para los animales, ya que ante una situación en la que precisa rápidamente de glucosa, como la huida ante un depredador, movilizan en un breve espacio de tiempo sus reservas energéticas de glucosa.

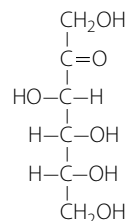
13. a) La lactosa es un disacárido.
 b) La lactasa es el enzima que produce la hidrólisis de la lactosa. Como consecuencia se originan dos monosacáridos, la α -D-glucopiranososa y la β -D-fructofuranosa.
 c) La α -D-glucopiranososa y la β -D-fructofuranosa se unen mediante un enlace O-glucosídico monocarbonílico que se produce entre el grupo hidroxilo ($-OH$) del carbono 1 del primer monosacárido y el grupo hidroxilo del carbono 2 del segundo monosacárido, enlace $\alpha(1 \rightarrow 2)$.



- d) El proceso que tiene lugar es el de ósmosis. Como consecuencia de la cantidad de lactosa en el intestino, aumenta la concentración de esta, se hace un medio hipertónico, con respecto al interior celular de las células (medio hipotónico) que tapizan el intestino. Como consecuencia se produce la liberación de agua, a través de la membrana plasmática (membrana semipermeable) desde las células al medio externo celular (luz del intestino).

REFUERZO

1. No es correcto. El nombre de hidratos de carbono es poco apropiado, ya que los glúcidos no son átomos de carbono hidratados; es decir, enlazados a moléculas de agua, sino átomos de carbono unidos a grupos alcohólicos ($-OH$), llamados también radicales hidroxilo, y a radicales hidrógeno ($-H$).
2. Un ejemplo de fórmula lineal de una D-cetohexosa sería el de la D-fructosa, que es la siguiente:



3. La fructosa (cetohexosa).
4. Son solubles en agua debido a la polaridad que presentan. Y como la polaridad está hacia los extremos pueden realizarse enlaces covalentes. Disacáridos: solubles en agua y

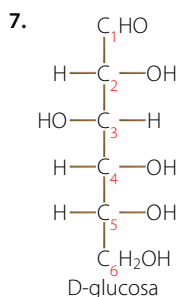
ligeramente solubles en alcohol éter. La fructosa es el monosacárido más soluble seguido de la sacarosa y la glucosa, mientras que la lactosa es el menos soluble, por lo que cristaliza más fácil.

5. **Analogías.** Ambos compuestos ciclados adoptan la forma de un pentágono, semejante al de una molécula llamada furano. Además, ambos compuestos poseen tres carbonos asimétricos (en la D-ribosa los carbonos 2, 3 y 4, y en la D-fructosa los carbonos 3, 4 y 5).

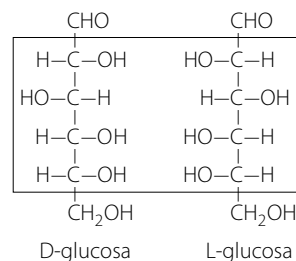
Diferencias. La D-ribosa es una aldopentosa (formada por cinco átomos de carbono y un grupo aldehído en el C₁). Por el contrario, la D-fructosa es una cetohexosa (formada de seis átomos de carbono y un grupo cetónico en el C₂).

6. Un carbono asimétrico es aquel que está unido a cuatro grupos distintos. Las aldohexosas poseen seis carbonos. El C₁ posee un grupo aldehído, y el carbono 6 posee un grupo hidroxilo y dos hidrógenos, el resto de los carbonos (C₂, 3, 4 y 5) son asimétricos. Por tanto, cada aldohexosa posee cuatro carbonos asimétricos.

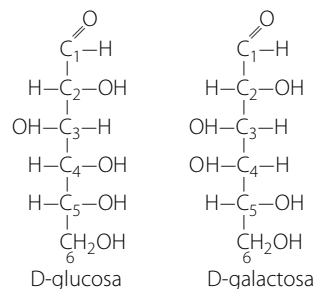
Los estereoisómeros son moléculas aparentemente iguales pero que difieren en ciertas propiedades, debido a que tienen sus átomos en diferente disposición espacial. La estereoisomería se debe a la presencia de carbonos asimétricos. Las aldohexosas tienen cuatro carbonos asimétricos y, por tanto, hay dieciséis posibles estructuras moleculares diferentes ($2^4 = 16$), de los cuales 8 son de la forma D y 8 son de la forma L.



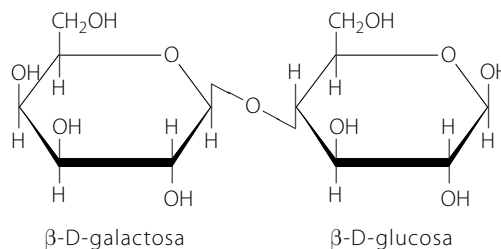
El enantiómero de la D-glucosa es la L-glucosa. Ambos compuestos se diferencian en la posición de todos los —OH de los carbonos asimétricos. Por tanto, una molécula es la imagen especular de la otra.



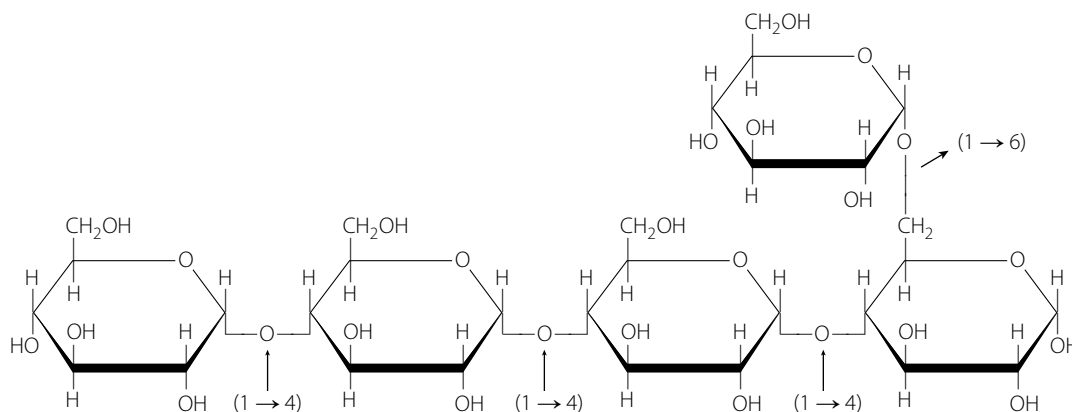
Epímeros. Estereoisómeros en los que solo varía la posición del grupo —OH de uno de los carbonos asimétricos. Son epímeros la D-glucosa y la D-galactosa.



8. a) CELULASA + CELULOSA = β -glucosa + β -glucosa (n)
 b) α -AMILASA + AMILOSA = glucosa (n) + maltosa (n)
 c) LACTASA + LACTOSA = β -D-galactopiranosas + β -D-glucopiranosas.
9. La unión monocarbonílica de β -D-galactosa y β -D-glucosa, mediante enlace $\beta(1 \rightarrow 4)$ da lugar al disacárido lactosa. Posee carácter reductor, ya que la glucosa posee el carbono anomérico libre.



10.



11. a) 2; b) 5; c) 6; d) 4; e) 1; f) 5.
12. a) Hay dos tipos: los homopolisacáridos, o polímeros de un solo tipo de monosacárido, y los heteropolisacáridos, o polímeros en los que intervienen más de un tipo de monosacárido.
- b) Hay dos tipos: los que presentan enlace β -glucosídico, que pocos organismos lo pueden romper por carecer de la enzima apropiada, que tienen por ello función estructural (por ejemplo, la celulosa y la quitina) y los que presentan enlace α -glucosídico, que todos los organismos pueden romper por poseer la enzima apropiada, que tienen por ello función de reserva energética (por ejemplo, el almidón y el glucógeno).
- c) Los que repiten maltosas se denominan amilosas, los que repiten celobiosas se denominan celulosas, y los que repiten quitobiosas se denominan quitinas.
13. La principal molécula que constituye la pared rígida de las células vegetales es la celulosa.

La **celulosa** es un polímero de β -D-glucopiranasas unidas mediante enlaces $\beta(1 \rightarrow 4)$. Cada polímero está constituido entre 150 a 1 500 moléculas de glucosa. Los polímeros forman cadenas moleculares lineales que se pueden disponer paralelamente uniéndose mediante enlaces de hidrógeno intercatenarios. Además, entre las glucosas de una misma

cadena se establecen enlaces de hidrógeno intracatenarios. Todo ello confiere a la celulosa una gran resistencia. La unión de distintas cadenas de celulosa (60 o 70 cadenas) forma una micela. La asociación de 20 micelas da lugar a microfibrillas. Estas se unen para formar fibras de diferente grosor, que son visibles a simple vista.

Otras moléculas poliméricas parecidas a la celulosa son:

Quitina. Polímero de N-acetil-D-glucosamina unidas mediante enlaces $\beta(1 \rightarrow 4)$. Al igual que la celulosa, forma cadenas lineales paralelas unas a otras. Constituye el exoesqueleto de los artrópodos y la pared celular de los hongos.

Almidón. Homopolisacárido con función de reserva en las células vegetales. Está formado por la mezcla de dos componentes: amilosa y amilopectina.

- **Amilosa.** Polímero lineal no ramificado de α -D-glucosas unidas por enlace $\alpha(1 \rightarrow 4)$ dispuestas helicoidalmente
- **Amilopectina.** Polímero de α -D-glucosas unidas por enlace $\alpha(1 \rightarrow 4)$ y con ramificaciones en posición $\alpha(1 \rightarrow 6)$.

Glucógeno. Homopolisacárido con función de reserva en las células animales. Se encuentra abundantemente en el hígado y en los músculos. Su constitución es parecida a las cadenas de amilopectina, constituido por α -D-glucosas unidas mediante enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$, con ramificaciones mucho más frecuentes en posición $\alpha(1 \rightarrow 6)$.

4 Los lípidos

OBJETIVOS

1. Conocer la heterogeneidad del grupo de los lípidos y clasificarlos.
2. Reconocer, fórmulas y clasificar los ácidos grasos, señalando sus características más relevantes.
3. Identificar y construir la estructura molecular de un lípido simple y de un lípido complejo, señalando sus funciones biológicas.
4. Describir la estructura molecular de los diferentes tipos de lípidos insaponificables, señalando ejemplos de cada uno e importancia biológica.
5. Entender el comportamiento de los diferentes tipos de lípidos en el medio acuoso, así como sus propiedades para la constitución de las membranas biológicas.
6. Reconocer las principales funciones de los lípidos.

CONTENIDOS

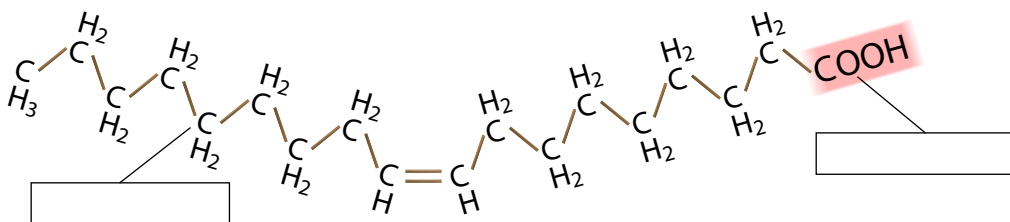
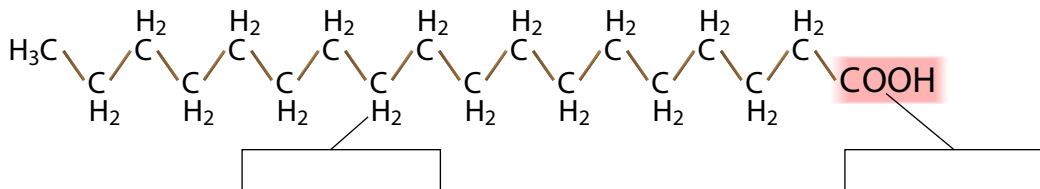
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Los lípidos: concepto y clasificación. (Objetivo 1) • Los ácidos grasos: clasificación y propiedades físicas y químicas. (Objetivo 2) • Los lípidos saponificables: lípidos simples y lípidos complejos. Estructura y funciones biológicas. (Objetivo 3) • Lípidos insaponificables: isoprenoides, esteroides y prostaglandinas. Estructura y funciones biológicas. (Objetivo 4) • Las funciones de los lípidos. (Objetivos 4 y 5)	• Comparar diferentes criterios de clasificación de lípidos. (Objetivo 1) • Realizar técnicas de detección de presencia de lípidos en los alimentos. (Objetivos 1 y 6) • Fabricación de jabón con aceite y sosa cáustica. (Objetivo 2) • Comparar la estructura de diferentes ácidos grasos saturados e insaturados con sus puntos de fusión y su estado a temperatura ambiente. • Realización de esquemas que representen la estructura química de los diferentes tipos de lípidos. (Objetivos 2, 3 y 4) • Observar a través de distintas experiencias el comportamiento de los lípidos en diferentes medios. (Objetivo 5) • Buscar información sobre la presencia de colesterol en sangre y las enfermedades que esto provoca. (Objetivo 6)	• Valorar la importancia de incorporar ácidos grasos esenciales en la dieta como parte de una alimentación completa. • Comprender la importancia de los lípidos como reserva energética en los animales. • Valorar el papel del colesterol en la constitución de las membranas biológicas. • Sensibilizar sobre la relación de la ingesta de grasas saturadas y las enfermedades cardiovasculares. • Reconocimiento del proceso de saponificación y esterificación en diversas aplicaciones industriales. • Sensibilizar sobre la importancia de la dieta mediterránea y los malos hábitos alimenticios importados de otras culturas.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Describir el concepto de lípidos y clasificarlos según su estructura. (Objetivo 1)	1	1
b) Escribir la fórmula general de un ácido graso, describiendo sus características químicas. Clasificar los ácidos grasos según la presencia o no de dobles enlaces. (Objetivo 2)	2	2
c) Escribir la reacción de esterificación y saponificación. (Objetivo 2)	3	3, 4
d) Realizar o identificar esquemas de lípidos saponificables, conocer su clasificación e importancia biológica. (Objetivo 3)	4, 5 y 6	5, 6, y 7
e) Realizar o identificar esquemas sencillos que representen la estructura molecular de los lípidos insaponificables, conocer su clasificación y la importancia biológica de cada uno de ellos. (Objetivo 4)	6, 7 y 8	8 y 9
f) Conocer el comportamiento de los diferentes tipos de lípidos en el medio acuoso, relacionando esta propiedad con la estructura de las membranas biológicas. (Objetivo 5)	9	10
g) Comprender y conocer la importancia biológica de los lípidos. (Objetivo 6)	10 y 11	11

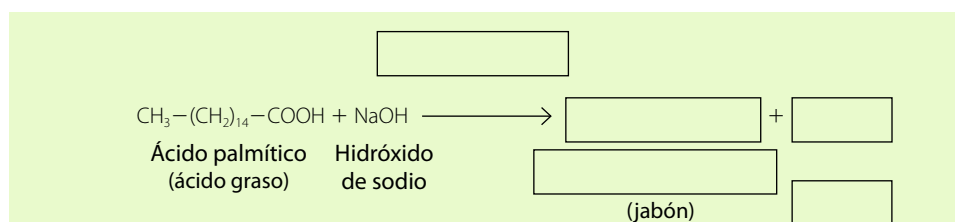
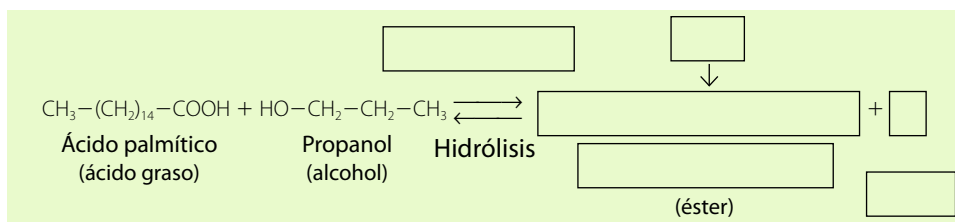
CLASIFICACIÓN DE LOS LÍPIDOS

LÍPIDOS	Ácidos grasos		
			Céridos
			Fosfoesfingolípidos
			Glucoesfingolípidos
	Lípidos sin ácidos grasos o insaponificables	Isoprenoides o terpenos	

LOS ÁCIDOS GRASOS



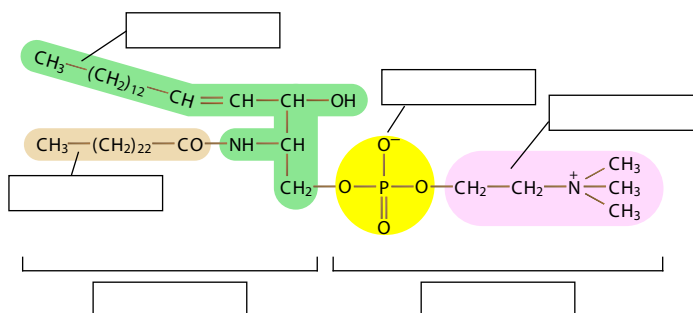
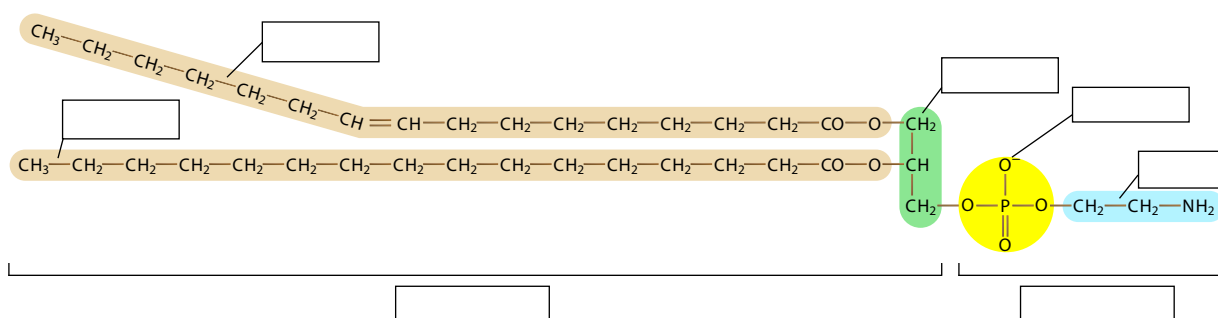
PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS ÁCIDOS GRASOS



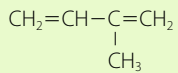
LOS LÍPIDOS

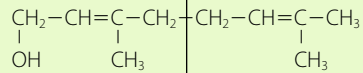
LÍPIDOS	Ácidos grasos		
			Céridos
			Fosfoglicéridos
			Glucoesfingolípidos
	Lípidos sin ácidos grasos o insaponificables		
		Esteroides	
			Prostaglandinas

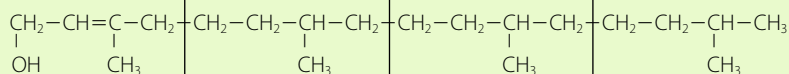
LÍPIDOS COMPLEJOS

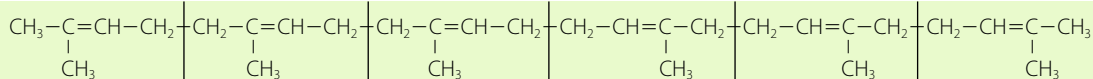


LÍPIDOS INSAPONIFICABLES ISOPRENOIDES O TERPENOS

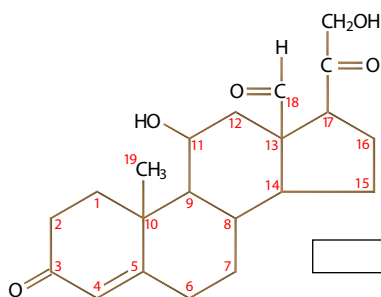


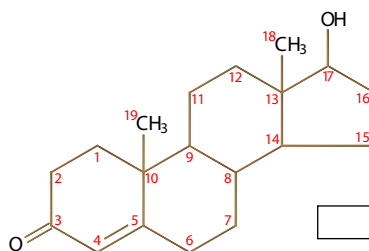






ESTEROIDES





Reconocimiento de lípidos

Los lípidos no son polares, por tanto, la presencia de lípidos se puede identificar fácilmente por su insolubilidad en agua. Además, podemos identificar si un lípido es saponificable a través de la reacción de saponificación o formación de jabón.

Objetivos

- Introducir en las técnicas de laboratorio más elementales para el reconocimiento de principios inmediatos.
- Comprobar ciertas propiedades de los lípidos, algunas de las cuales pueden servir para su identificación.

Material necesario

- 3 tubos de ensayo.
- Gradilla para tubos de ensayo.
- Aceite de oliva o de girasol.
- Aceite usado.
- Agua del grifo.
- Hidróxido sódico al 20%.
- Pipetas.
- Acetona, cloroformo, éter o benceno.
- Mechero bunsen.
- Pinzas para sujetar tubos de ensayo.
- Baño María.
- Plantas aromáticas y colorantes alimenticios (opcional).

Desarrollo

Solubilidad

1. Coloca en un tubo de ensayo 2 mL de agua y en otro 2 mL de benceno, éter o cloroformo.
2. Añade a cada tubo 1 mL de aceite. Agita enérgicamente. Observa lo que ocurre al terminar de agitar.
3. Añade unas gotas de jabón líquido al tubo que contiene la mezcla de aceite y agua. Anota lo que ocurre al momento y transcurridos unos minutos.

Reacción de saponificación y obtención de jabón

4. Colocar unos 50 mL de aceite en un tubo de ensayo.
5. Añadir 50 mL de hidróxido sódico (NaOH) al 20%. Agitar enérgicamente. Calentar al baño María durante unos 30 minutos, removiendo de vez en cuando.
6. Deja reposar el tubo unas horas y observa las diferentes capas que se forman. Anota tus observaciones.
7. Utilizando el mismo principio, se trata ahora de obtener jabón.
 1. Coloca en un recipiente grande 30 mL de agua y 5 g de sosa. Remover de forma constante durante unos minutos. Deja enfriar la mezcla durante 10 minutos.
 2. Añade a la mezcla 30 mL de aceite usado. Remueve la mezcla en el mismo sentido, manteniendo un ritmo lento.
 3. Transcurridos 30 minutos, la masa adquiere la consistencia de yogur. Vierte entonces la mezcla sobre los moldes y deja solidificar, se obtendrá jabón en forma de pastillas. Para obtener jabón de color y olor se puede añadir junto al aceite esencias (plantas aromáticas) y colorantes culinarios. Se puede añadir sal de cocina para aumentar la consistencia del jabón o glicerina, y vaselina para obtener una mayor suavidad y transparencia del jabón.

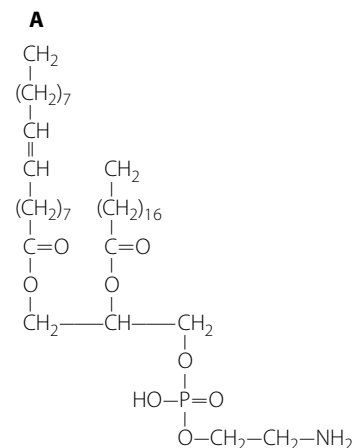
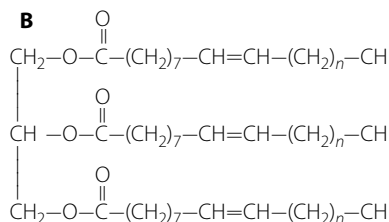
Practica

1. ¿Qué ocurre con la mezcla de aceite y agua al terminar de agitar? ¿Y con la de aceite y cloroformo? ¿Qué sucede transcurridos unos minutos?
2. ¿Qué ocurre al añadir jabón a la mezcla de aceite y agua? ¿A qué se debe?
3. Al terminar la reacción de saponificación en el tubo de ensayo aparecen tres capas. ¿A qué corresponde cada fase?
4. ¿Por qué en la saponificación la glicerina aparece en la fase acuosa?
5. ¿Qué enzima logra en el aparato digestivo la hidrólisis de las grasas?
6. ¿Qué son los jabones? ¿Cómo se pueden obtener? Escribe la reacción que tiene lugar.

- 1 ¿Qué es un lípido? Según su estructura molecular, señala los tipos de lípidos que podemos encontrar.
- 2 Escribe la fórmula de un ácido graso saturado de 20 átomos de carbono, indicando: los diferentes grupos químicos presentes en la molécula y la región hidrófila e hidrófoba.
- 3 Escribe la reacción de saponificación de una grasa de cerdo que contiene triestearina con sosa cáustica (NaOH).
Nota: La triestearina es un triglicérido constituido por un alcohol, la glicerina, esterificado con tres ácidos grasos de 18 átomos de carbono saturados (ácido esteárico).
- 4 Explica la diferencia, desde el punto de vista químico, entre los aceites (grasas líquidas a temperatura ambiente) y los sebos (grasas sólidas a temperatura ambiente).

- 5 En relación con los lípidos representados en las figuras A y B, responde a las siguientes cuestiones

- a) ¿A qué tipo de lípido pertenece el A? ¿Y el B? Justifica tus respuestas.
- b) ¿Son lípidos saponificables? Justifica tus respuestas.
- c) ¿Cuál de ellos es un lípido de membrana? Indica, además, otros dos tipos de lípidos de membrana y representa su disposición en las membranas celulares.
- d) ¿Cuál de ellos tiene función energética?



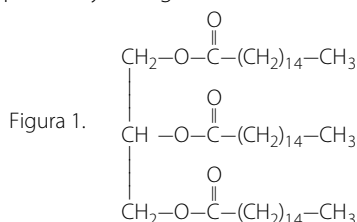
- 6 Relaciona las moléculas de la columna de la izquierda con el tipo de lípidos de la columna de la derecha.

A. Vitamina A.	1. Glucoesfingolípido.
B. Trioleína.	2. Triacilglicérido.
C. Lecitina.	3. Isoprenoide.
D. Ácido oleico.	4. Esteroide.
E. Gangliósido.	5. Fosfoglicérido.
F. Colesterol.	6. Ácido graso.

- 7 Con respecto a los esteroides:
 - a) ¿De qué compuestos derivan los esteroides?
 - b) ¿Qué diferencia a los distintos esteroides?
 - c) ¿Cómo se clasifican los esteroides? ¿Qué caracteriza a cada grupo? Señala dos ejemplos de cada grupo.
- 8 ¿A partir de qué molécula se forman las prostaglandinas? Indica sus funciones principales.
- 9 De los siguientes lípidos de membrana indicar los componentes que constituyen las regiones hidrofóbicas e hidrofílicas:
 - a) Fosfatidiletanolamina.
 - b) Esfingomielina.
 - c) Galactosilcerebrósido.
 - d) Gangliósido.
- 10 En las células animales, señala un lípido con función estructural y otro con función energética.
- 11 Indica tres lípidos que tengan función transportadora y comenta a qué es debido que tengan esta función.

- 1 ¿En qué criterio se basa la clasificación de lípidos saponificables e insaponificables? Señala ejemplos de cada grupo.
- 2 Escribe la fórmula de un ácido graso insaturado de 20 átomos de carbono, indicando: los diferentes grupos químicos presentes en la molécula y la región hidrófila e hidrófoba.
- 3 Desarrolla la reacción de formación del palmitato de propilo, un éster formado por un alcohol, el propanol, y un ácido graso saturado de 16 carbonos. Indica qué tipo de reacción química ha tenido lugar.
- 4 Se dispone en el laboratorio de dos tubos de ensayo:
El tubo A contiene un lípido sólido a temperatura ambiente.
El tubo B contiene una sustancia líquida a temperatura ambiente.
Tras añadir soda cáustica (NaOH) a cada una de las muestras se obtienen los siguientes resultados:
 - En el tubo A aparecen dos componentes: un jabón de 18 carbonos y un alcohol monohidroxílico de 18 C. Ninguna de las dos moléculas sufre variación alguna al ser tratadas con cloro molecular, que se fija a los dobles enlaces.
 - En el tubo B aparece una molécula de tres carbonos, y un jabón de 18 carbonos. Este último se encuentra en una proporción molecular 3:1 respecto al alcohol, y presenta un punto de fusión de -3°C y al ser tratado con halógenos, muestra la presencia de dos dobles enlaces en las posiciones 9 y 14.
 Identificar y representar las moléculas que aparecen en las muestra A y B. Razona la respuesta.

- 5 Identifica a qué tipo de biomoléculas pertenece la que se representa en la figura 1. Basándote en su estructura, comenta sus propiedades físico-químicas y biológicas.



- 6 ¿Qué explicación tiene el que algunos «triglicéridos» sean líquidos a temperatura ambiente y otros sean sólidos o semisólidos a la misma temperatura?
- 7 Indica la función principal de las siguientes clases de lípidos:

a) Fosfolípidos.	d) Ceras.
b) Esfingolípidos.	e) Glucolípidos.
c) Grasas.	
- 8 ¿Cuántas moléculas de isopreno contiene la estructura de la vitamina A? ¿Y la del β -caroteno? ¿Cuál es la función de cada uno de estos compuestos?
- 9 Respecto a los lípidos insaponificables:
 - a) Define lípido insaponificable.
 - b) ¿Qué tipos de lípidos insaponificables conoces?
 - c) De los siguientes compuestos indica cuáles son lípidos insaponificables y a qué grupo de los citados en el apartado anterior pertenecen: colesterol, escualeno, aceite de oliva, progesterona, caucho, fosfatidilcolina, ácido fosfatídico, aceite de girasol, cerebrósido, carotenoides, vitamina D, vitamina K, cefalina, limoneno, ácido cólico, aldosterona, testosterona, licopeno, fosfatidiletanolamina, estradiol, fitol.
- 10 Dibuja esquemáticamente el comportamiento de las moléculas de agua:

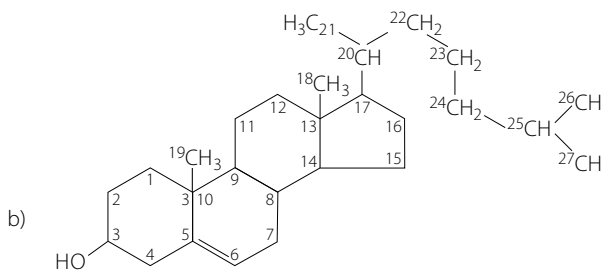
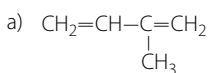
a) Al introducir moléculas de aceite.	b) Al introducir moléculas de un ácido graso.
- 11 ¿Por qué los animales utilizan lípidos como reserva energética y los vegetales usan más a menudo glúcidos para la misma finalidad?

- 1 Consulta la fórmula de los siguientes ácidos grasos y ordénalos según el punto de fusión creciente, razonando la respuesta.
Ácido palmítico, ácido oleico, ácido láurico, araquidónico, ácido esteárico.
- 2 La familia de los camélidos está formada por unos mamíferos rumiantes sin cuernos, entre ellos destacan el dromedario, con una joroba, y el camello, con dos jorobas. Una creencia ampliamente difundida es que tanto camellos como dromedarios pueden pasar largos periodos sin agua, debido a que usan sus jorobas como tanques de agua, lo que permite a estos animales recorrer grandes distancias sin necesidad de beber. ¿Por qué crees que no es cierta esta creencia?
- 3 Cuando las grasas y aceites se dejan en contacto con el aire y la humedad durante cierto tiempo, sin tomar precauciones para evitar su descomposición, sufren cambios en sus caracteres organolépticos que reciben comúnmente el nombre de rancidez o enranciamiento. ¿En qué consiste dicho proceso? ¿Cómo se evita esta reacción en los organismos vivos?
- 4 Los cachalotes son unos cetáceos que alcanzan una longitud media de 25 m. Tienen una cabeza rectangular enorme, su longitud puede ser hasta un tercio del total del cuerpo y en ella se aloja el llamado órgano del espermaceti, que constituye cerca del 90 % del peso de la cabeza. Dicho órgano, localizado por encima de la alargada mandíbula superior, consiste en una especie de masa de fibras tendinosas rellenas de hasta cuatro toneladas de aceite espermaceti, que es una mezcla de ésteres y triacilglicéridos con abundantes ácidos grasos insaturados. Averigua qué función desempeña dicho órgano en los cachalotes.
- 5 Actualmente sabemos que el exceso de grasa saturada en la dieta tiene un efecto perjudicial para la salud. Sin embargo, recientes estudios afirman que el efecto de la grasa *trans* puede resultar todavía más peligroso. ¿Qué son las grasas *trans*? ¿En qué alimentos podemos encontrarlas? ¿Cuáles son los efectos de dichas grasas para la salud?
- 6 ¿Qué son los ácidos omega-3 y omega-6? ¿En qué alimentos abundan?
- 7 ¿Cómo nos afectaría una hipervitaminosis de vitamina D y de vitamina A? ¿Qué precaución se debe tomar con estas vitaminas?
- 8 Observa la tabla que figura a continuación y responde las cuestiones que se plantean sobre los datos de esta.

	PRINCIPALES ÁCIDOS GRASOS (%) COMPONENTES DE LOS DEPÓSITOS DE GRASAS						
	Hombre	Vaca	Oveja	Oliva	Maíz	Algodón	Girasol
Mirístico	4,5	3,6	2,4	0,	1,3	1,6	0,1
Palmítico	25,5	29,3	24,8	19,9	14,1	22,6	7,6
Esteárico	5,	33,6	34,2	3,2	1,6	5,6	3,3
Palmitoleico	8,	4,4	1,4	3,	1,8	1,6	3,5
Oleico	47,5	21,5	27,3	53,5	35,5	18,7	33,6
Linoleico	3	1,2	1,3	19,4	43,9	50,9	51,5

- a) Elabora dos gráficos que muestren para la vaca y para el maíz las diferentes concentraciones de ácidos grasos que contienen.
- b) Elabora gráficos que muestren para los ácidos grasos palmítico y oleico las diferentes concentraciones en qué aparecen en los seres vivos de la tabla.
- c) ¿Qué ácido graso permitió diferenciar los animales de los vegetales?
- d) ¿Qué ácidos grasos tienen una concentración similar en animales y en vegetales?
- e) ¿Aparecen en la misma proporción los ácidos grasos saturados que los ácidos grasos insaturados?

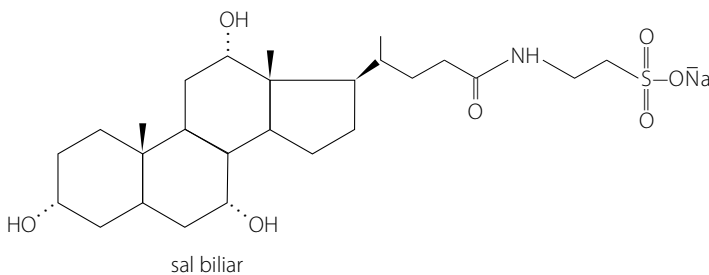
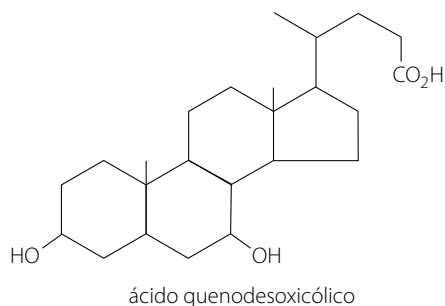
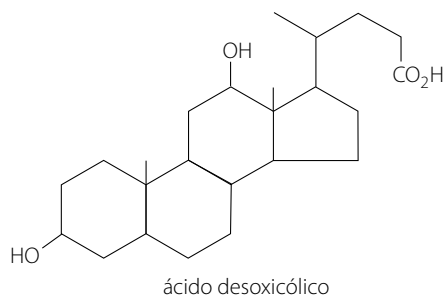
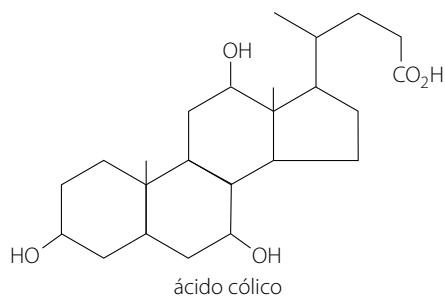
- 1 El ácido palmítico posee como fórmula empírica la siguiente: $C_{16}H_{32}O_2$. Escribe su fórmula desarrollada. ¿Se trata de un ácido graso saturado o insaturado? Razona la respuesta.
- 2 ¿Qué compuestos se obtienen de la hidrólisis de un triglicérido?
- 3 ¿A qué se debe la intensa coloración de los pigmentos derivados del isopreno, como carotenos o xantófilas?
- 4 ¿Qué semejanzas y qué diferencias hay entre los gangliósidos y los cerebrósidos?
- 5 Identifica a qué grupo de lípidos pertenecen las siguientes moléculas:



- 6 ¿Qué analogías y qué diferencias existe en la estructura química entre grasas y ceras?
- 7 Clasifica los siguientes lípidos según la función que llevan a cabo:
 Hormonas esteroideas, esteroides, acilglicéridos, glucolípidos, vitaminas lipídicas, ácido biliar, fosfolípidos, ácidos grasos, ceros, fosfolípidos, prostaglandinas.

Función de reserva	
Función estructural	
Función biocatalizadora	
Función transportadora	

- 8 Las moléculas adjuntas son ácidos biliares. Estos esteroides son compuestos de 24 átomos de carbono dihidroxilados o trihidroxilados, constituidos por la combinación de los aminoácidos glicina o taurina con el ácido cólico (un derivado del colesterol).
 ¿Dónde se producen los ácidos biliares? ¿Cómo actúan dichas sustancias? ¿Cuál es su papel en la digestión de las grasas?



- 9 Relaciona las moléculas de la columna de la izquierda con el tipo de lípidos de la columna de la derecha.

A. Vitamina A.	1. Glucoesfingolípido.
B. Trioleína.	2. Triacilglicérido.
C. Lecitina.	3. Isoprenoide.
D. Ácido oleico.	4. Esteroide.
E. Gangliósido.	5. Fosfoglicérido.
F. Colesterol.	6. Ácido graso.

- 10 ¿Qué es un liposoma? ¿Para qué se suelen utilizar?
- 11 ¿Cómo se llama el anillo a partir del cual se forman los esteroideos? Dibújalo. ¿Qué tipos de esteroideos podemos encontrar? ¿Qué les caracteriza? Indica diferentes ejemplos de cada grupo
- 12 Desarrolla la reacción de obtención del oleato de etilo.
- 13 Desarrolla la reacción del ácido oleico con el hidróxido potásico e indica a qué da lugar.
- 14 Construye un diacilglicérido mediante la esterificación de las moléculas siguientes: glicerina, ácido esteárico y ácido oleico.
- 15 Escribe la fórmula del triesteracilglicérido (triestearina).
- 16 ¿Qué efecto tiene la presencia de colesterol en la membrana de la célula?
- 17 ¿Qué significa que los ácidos grasos tienen carácter anfipático?
- 18 Indica las funciones principales que llevan a cabo los lípidos, indicando ejemplos de cada una.

RECUERDA Y CONTESTA

1. Son lípidos los aceites vegetales y las grasas animales. Son ricos en lípidos los embutidos, el jamón serrano, los helados, la nata, la yema de huevo, etc.
2. Su principal característica es que contienen mucha energía, por lo que con poca cantidad en la dieta es suficiente para obtener la energía necesaria para vivir, además son las biomoléculas ideales para almacenar energía de reserva. El consumo excesivo de lípidos conlleva un riesgo que consiste en que un pequeño exceso es suficiente para que se sobrepase el peso adecuado (obesidad). Otra característica es que son insolubles en agua, por lo que son imprescindibles para constituir estructuras con función impermeable, como las membranas celulares.
3. Tienen menor densidad que el agua, no se disuelven en agua pero sí en disolventes orgánicos como la gasolina, el benceno, etcétera, manchan la ropa y para extraerlos se precisan jabones o detergentes.
4. Originan láminas impermeables que protegen la superficie de muchos órganos vegetales, como hojas, tallos y frutos.

ACTIVIDADES

1. Una cadena alifática es una cadena acíclica; es decir, lineal.
2. Debido a la presencia de dobles enlaces en la molécula.
3. Los ácidos de 4 o 6 carbonos son solubles en agua, pero a partir de 8 carbonos son prácticamente insolubles en ella. Ello es debido a que, a diferencia de los jabones, su grupo carboxilo se ioniza muy poco y, por tanto, su grupo hidrófilo es muy débil. Cuanto más larga es la cadena hidrocarbonada, que es lipófila, más insolubles son en agua y más solubles son en disolventes apolares. Así, al verter un ácido graso en agua sus moléculas se disponen con el grupo carboxilo dentro del agua y la cadena hidrocarbonada fuera de ella, formando una empalizada que constituye una fina película superficial, denominada micela.
4. Las micelas no se unen entre sí porque, como tienen cargas negativas en su superficie, atraen los cationes (Na^+ o K^+), que forman una capa de cargas positivas, que a su vez atraen moléculas de agua (solvatación iónica), y estos escudos de agua impiden la unión entre las micelas.
5. Cuanto más larga sea la cadena alifática más enlaces de Van der Waals se forman y, en consecuencia, más tendencia presentan a constituir sólidos. Por otro lado, la presencia de enlaces dobles hace que las cadenas lineales presenten «codos», lo cual dificulta la ordenación espacial en paralelo de las cadenas hidrocarbonadas y, por tanto, la formación de enlaces de Van der Waals. Así, cuanto más largas sean las moléculas y menos enlaces dobles presenten, más enlaces de Van der Waals habrá y, debido a ello, tanto más alto será el punto de fusión.
6. Los codos dificultan la ordenación espacial en paralelo de las cadenas hidrocarbonadas y, por tanto, la formación de enlaces de Van der Waals.
7. Las cadenas insaturadas presentan angulaciones o codos debidas a los dobles enlaces, lo que hace que su empaquetamiento no sea tan fuerte como en los ácidos grasos saturados, por lo que las interacciones o fuerzas son más débiles y más fáciles, y se forman relativamente pocos enlaces de Van der Waals; en consecuencia, sus puntos de fusión son más bajos y a temperatura ambiente son líquidos.
8. Las sales de los ácidos grasos y Na^+ o K^+ , los denominados jabones de Na^+ o K^+ , tienen un comportamiento anfipático, es decir, presentan una parte lipófila, la cadena hidrocarbonada, capaz de establecer enlaces de Van der Waals con las cadenas hidrocarbonadas de las grasas, y una parte hidrófila, los grupos $-\text{COONa}$ o $-\text{COOK}$, que, en contacto con el agua, generan un grupo carboxilo ionizado ($-\text{COO}^-$) y un catión (Na^+ o K^+). Así pues, cuando el jabón entra en contacto con la mancha de grasa, su parte lipófila se extiende en el seno de la grasa, y la parte hidrófila queda fuera, dirigida hacia el exterior de la mancha. En presencia de agua, el polo hidrófilo se ioniza ($-\text{COO}^-$), se aproxima el catión (Na^+ o K^+) gracias a las fuerzas eléctricas, y este, a su vez, queda rodeado de moléculas dipolares de agua, también gracias a atracciones de tipo eléctrico (hidratación iónica). La agitación que se produce en el lavado posibilita la subdivisión de la mancha de grasa en micelas, que están formadas por moléculas de grasa, al interior y por una monocapa, no necesariamente continua, de moléculas de jabón ionizado a la periferia. Las micelas quedan rodeadas por los cationes, y estos, por capas de moléculas de agua, hecho que impide la unión entre las micelas. El agua tiene una función mecánica de arrastre de las micelas fuera del sustrato manchado.
9. a) No es ni un cérido ni un acilglicérido; es una molécula de glicerina.
b) Es la cera de abeja, el palmitato de miricilo, formado por la unión de un alcohol monovalente de cadena larga, el alcohol miricílico, y un ácido graso, el ácido palmítico.
c) No es ni un cérido ni un acilglicérido; es una molécula del jabón palmitato sódico.
d) No es ni un cérido ni un acilglicérido; es una molécula de alcohol miricílico.
10. Es la diestearina o diestearato de glicerina.

$$\begin{array}{c} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}-\text{CH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$$
11. La trioleína o aceite de oliva es un aceite, es decir, es una grasa líquida a temperatura ambiente porque es un triacilglicérido que presenta tres ácidos grasos insaturados (tres ácidos oleicos), hecho que le confiere una disposición espacial que dificulta el establecimiento de enlaces de Van der Waals entre las diferentes moléculas de trioleína. Debido a ello su punto de fusión es bajo. La triestearina es un sebo, es decir, una grasa sólida a temperatura ambiente, puesto que tiene tres ácidos grasos saturados, tres ácidos esteáricos, cuya configuración espacial les permite establecer un gran número de enlaces de Van der Waals con otras moléculas de triestearina, hecho que impide el movimiento de las moléculas entre sí; es decir, que se encuentre en estado sólido. Así pues, su punto de fusión es más elevado que el anterior.
12. Es un fosfoglicérido.
13. Constituyen, junto con otros tipos de lípidos, la doble capa lipídica de la membrana plasmática.
14. Presenta dos zonas hidrófilas, una de las cuales es el grupo amino, que, cuando se pone en contacto con el agua, se une con una molécula de agua y queda en forma iónica ($-\text{NH}_3^+$). La reacción es: $-\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow -\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$. La otra es el radical $-\text{OH}$ del grupo fosfato que, cuando se pone en contacto con

el agua, se ioniza y queda con una carga negativa. La reacción es ($\text{—OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{—O—} + \text{H}_3\text{O}^+$). Sus zonas lipófilas son las dos cadenas hidrocarbonadas simbolizadas con las letras R1 y R2.

15. Las prostaglandinas son sustancias derivadas del ácido prostanoico, el cual está constituido por un anillo ciclopentano y dos cadenas alifáticas. Este ácido se forma a partir de ácidos grasos insaturados, presentes en los fosfolípidos de la membrana plasmática, al establecerse un enlace entre sus carbonos 8 y 12. Las prostaglandinas se sintetizan continuamente en cantidades muy bajas y siempre actúan localmente.
16. La aspirina, constituida por ácido acetilsalicílico, bloquea una enzima de la síntesis de las prostaglandinas, por lo que presenta acción antiinflamatoria.
17. Los lípidos acumulan mucha más energía por gramo que los glúcidos. En organismos sésiles, como por ejemplo los vegetales, no hay ningún inconveniente en utilizar glúcidos

(generalmente almidón) como reserva energética, mientras que para los organismos que se mueven, como la gran mayoría de los animales, cuanto mayor sea la energía almacenada por unidad de peso, menor peso tendrán sus reservas energéticas, y esto facilitará más sus movimientos.

18. El exceso de vitamina D produce la calcificación de órganos, como por ejemplo el riñón, el hígado y el corazón. El exceso de vitamina A provoca descamación de los cabellos, debilidad y vómitos. Dado que las vitaminas liposolubles, como la A y la D, no se eliminan tan fácilmente como las hidrosolubles, como la B y la C, su ingesta debe ser muy prudente y siempre consultando a un médico.
19. Básicamente es debido a que en el intestino los lípidos son emulsionados por los ácidos biliares, como el ácido cólico. Estos ácidos introducen su parte lipófila en el seno de los lípidos ingeridos, y su polo hidrófilo ionizado queda dirigido hacia el exterior. Por la acción mecánica de las paredes del intestino, estos lípidos emulsionados se escinden en numerosas

20.

Lípidos saponificables	Lípido	Función biológica	Estructura molecular	Solubilidad en agua (capacidad de formar o no micelas)
	Ácidos grasos	Producción de energía y componentes de membranas celulares.	Poseen una cadena hidrocarbonada (de carácter hidrófobo) y un grupo carboxilo (de carácter hidrófilo).	Prácticamente insolubles en agua, forman micelas.
	Acilglicéridos	Reserva energética.	Ésteres formados por esterificación de la glicerina con una, dos o tres moléculas de ácidos grasos.	Son moléculas apolares, insolubles en agua, no tienen capacidad de formación de micelas.
	Céridos	Forman parte de estructuras como la epidermis, los pelos, las plumas o las escamas reptilianas.	Ésteres formados por un alcohol monovalente de cadena larga y una molécula de ácido graso.	Muy insolubles en agua, molécula completamente apolar, muy hidrófoba, no forman micelas.
	Fosfoglicéridos	Forman membranas celulares.	Constan de dos ácidos grasos, una glicerina, un ácido fosfórico y un alcohol.	Son moléculas fuertemente anfipáticas, por lo que en solución acuosa forman micelas.
	Fosfoesfingolípidos	Función estructural, presentes principalmente en las membranas celulares.	Ésteres formados por la unión de un ácido graso, una esfingosina, un grupo fosfato y un aminoalcohol como la colina.	Debido a su carácter anfipático, sí son capaces de formar micelas.
	Glucoesfingolípidos	Actúan como receptores de moléculas externas en las bicapas lipídicas de las membranas plasmáticas de todas las células.	Están formados por la unión de ácido graso, una esfingosina y un glúcido.	Debido a su carácter anfipático, sí son capaces de formar micelas.
Lípidos insaponificables	Isoprenoides	Muy abundantes en vegetales, algunos con función vitamínica.	Derivan del isopreno.	No forman micelas al carecer de grupos polares.
	Esteroides	Estabilidad en membranas plasmáticas (como el colesterol), emulsión de grasas en el intestino (las sales biliares) y algunos función hormonal (hormonas suprarrenales y sexuales)	Derivan del esterano.	No forman micelas al carecer de grupos polares.
	Prostaglandinas	Percepción del dolor, regulación del funcionamiento de los aparatos e intervienen en coagulación de la sangre.	Derivan del ácido prostanoico.	No forman micelas al carecer de grupos polares.

micelas, que quedan separadas entre sí porque cada una de ellas queda rodeada de muchas moléculas dipolares de agua, atraídas por los polos hidrófilos ionizados.

21. Algunos lípidos insaponificables derivados del esterano (esteroides) poseen función vitamínica. Por ejemplo, el grupo de las vitaminas D está formado por un conjunto de esteroides que regulan el metabolismo del calcio y su absorción intestinal.

La vitamina D₂ o calciferol se forma a partir del ergosterol, provitamina de origen vegetal, y la vitamina D₃ o colecalciferol, proviene del colesterol.

22. Fórmula general de un ácido graso: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH} \dots$

Esterificación: reacción de un grupo alcohol y otro carboxilo con pérdida de una molécula de agua.

Las moléculas anfipáticas presentan una parte hidrófila o polar y otra hidrófoba o apolar.

Las grasas saturadas carecen de dobles enlaces y las insaturadas tienen uno o más.

23. a) La imagen representa un fosfolípido, los fosfolípidos son lípidos saponificables, químicamente están constituidos por glicerina, esterificada en el carbono 3 con un grupo fosfato y en los carbonos 1 y 2 por ácidos grasos. Son las principales moléculas constitutivas de la doble capa lipídica de las membranas plasmáticas.

El número 1 representa la cabeza polar, constituida por el grupo fosfato y de naturaleza hidrofílica y el número 2 señala las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos o colas apolares de naturaleza hidrofóbica.

- b) Los fosfolípidos son las principales moléculas constitutivas de la doble capa lipídica de las membranas plasmáticas.

24. Triacilglicérido: éster de glicerina con tres ácidos grasos.

Fosfolípido: éster de glicerina con dos ácidos grasos y un ácido fosfórico unido a un alcohol.

Propiedades:

- Triacilglicéridos: solubles en disolventes orgánicos, saponificables, etc.
- Fosfolípidos: solubles en disolventes orgánicos, saponificables, anfipáticos, anfóteros, etc.

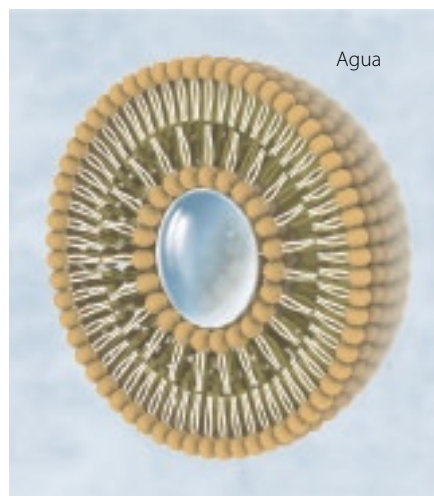
Funciones:

- Triacilglicéridos: energética.
- Fosfolípidos: estructural.

25. a) Los ácidos grasos intervienen en la formación de las micelas.

- b) Los ácidos grasos poseen un carácter anfipático, puesto que presentan una zona polar o hidrófila (grupo carboxilo ionizado) y otra zona apolar o hidrófoba (cadena hidrocarbonada). Así, cuando los ácidos grasos se encuentran en un medio acuoso, los grupos carboxilos se disponen dentro del agua y las cadenas hidrocarbonadas fuera de ella, formando una emulsión que constituye una fina película superficial. Si por agitación esta película se hunde, las partes hidrófobas de las moléculas se agrupan y originan estructuras más o menos esféricas, denominadas micelas, en las que las partes hidrófilas de las moléculas quedan hacia fuera.

26.



Los ácidos grasos forman micelas en un medio acuoso debido a su carácter anfipático.

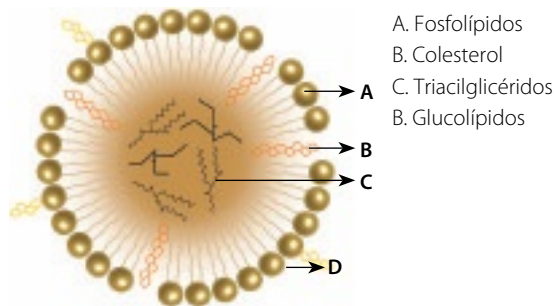
27. Los triacilglicéridos no son moléculas anfipáticas, es decir, son apolares, por lo que son insolubles en agua y formarían grandes gotas esféricas.

Los fosfolípidos son moléculas fuertemente anfipáticas, por lo que en solución acuosa forman micelas.

Los glucolípidos en solución acuosa forman bicapas lipídicas que se cierran sobre sí mismas.

El colesterol es un esteroide presente en todas las membranas de las células eucariotas, en ellas se dispone intercalándose entre las colas hidrofóbicas de los fosfolípidos y glucolípidos. El colesterol en una solución acuosa, no se disolverá debido a su alto carácter hidrofóbico, pudiendo precipitar.

Si mezclásemos todas las moléculas en un recipiente, los fosfolípidos y los glucolípidos formarían una estructura a modo de bicapa lipídica en la que se intercalarían las moléculas de colesterol. Los triacilglicéridos quedarían encerrados en el interior de la bicapa, a modo de grandes gotas lipídicas.

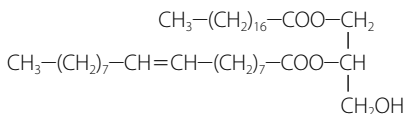


28.
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}-\text{CH} + 3 \text{ NaOH} \rightarrow \\ | \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}-\text{CH}_2 \end{array}$$

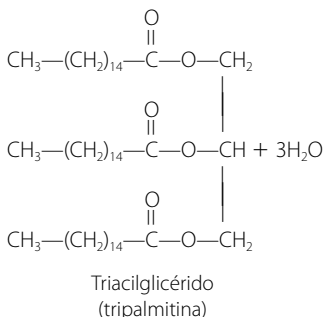
$$\rightarrow 3 [\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COONa}] + \text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$$

29. La trioleína o aceite de oliva es un aceite; es decir, es una grasa líquida a temperatura ambiente porque es un triacilglicérido que presenta tres ácidos grasos insaturados (tres ácidos oleicos), hecho que le confiere una disposición espacial que difiere

culta el establecimiento de enlaces de Van der Waals entre las diferentes moléculas de trioleína. Debido a ello su punto de fusión es bajo. La triestearina es un sebo; es decir, una grasa sólida a temperatura ambiente, puesto que tiene tres ácidos saturados, tres ácidos esteáricos, cuya configuración espacial les permite establecer un gran número de enlaces de Van der Waals con otras moléculas de triestearina, hecho que impide el movimiento de las moléculas entre sí; es decir, que se encuentre en estado sólido. Así pues, su punto de fusión es más elevado que el anterior.



30.



- Se trata de un lípido simple.
 - Es un éster formado por esterificación de glicerina con tres moléculas de ácidos grasos. En este caso, los ácidos grasos son ácidos palmíticos.
 - La reacción que conduce a la formación de un triacilglicérido es la esterificación. Este proceso consiste en la formación de un éster y agua al reaccionar tres ácidos grasos con un alcohol (normalmente la glicerina).
 - De la hidrólisis de la tripalmitina obtendríamos tres moléculas de ácido palmítico y glicerina.
 - La hidrólisis es normalmente enzimática, se lleva a cabo por enzimas lipasas que transforman el triacilglicérido en una molécula de glicerina y tres moléculas de ácidos grasos.
31. a) Alifático: compuesto orgánico constituido por cadenas de carbono, saturadas o insaturadas. Las moléculas alifáticas constan generalmente de un esqueleto de átomos de carbono y otros átomos unidos a este, generalmente hidrógeno, oxígeno, nitrógeno o azufre. El término alifático se usa en contraposición con aromático.
- Anfótero: molécula que presenta un radical ácido y otro base, pudiendo actuar así como ácido o como base, según el medio en que se encuentre.
 - Hidrofílico: es el comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua.
 - Hidrofóbico: molécula repelida por el agua o que no se puede mezclar con ella.
 - Efecto emulsionante: característica de las micelas monocapas cuyo interior es hidrofóbico, por tanto, no contiene prácticamente agua, pero sí gotitas de lípidos que actúan como detergente.
32. Las ceras son lípidos saponificables simples. Se obtienen por esterificación de un ácido graso con un alcohol monovalente de cadena larga. En las plantas llevan a cabo funciones de

protección y revestimiento. Su fuerte carácter lipófilo origina láminas impermeables que protegen muchos tejidos y formaciones dérmicas de animales y vegetales. En las plantas forman una película que recubre hojas, frutos, tallos jóvenes y flores, protegiéndoles de la evaporación y del ataque de parásitos. También pueden aparecer mezclados con ácidos grasos libres y esteroides, como la cera de abeja, la lanolina o el cerumen del conducto auditivo. La cubierta de las uvas está formada por ceras, por ello repelen al agua.

33. a) Los lípidos constituyen un grupo muy heterogéneo de sustancias químicas, tanto desde el punto de vista estructural como de las funciones que realizan. Son biomoléculas constituidas básicamente por carbono, hidrógeno y la mayoría, también presentan oxígeno, pero en proporciones muy bajas. Algunos lípidos además contienen fósforo, nitrógeno y azufre.

Los fosfolípidos son lípidos saponificables, químicamente están formados por glicerina, esterificada en el carbono 3 con un grupo fosfato y en los carbonos 1 y 2 por ácidos grasos. Son las principales moléculas constitutivas de la doble capa lipídica de las membranas plasmáticas.

- Las moléculas anfipáticas presentan una zona apolar o hidrófila y otra zona polar o hidrofóbica. Los lípidos, por su comportamiento anfipático, se disponen formando bicapas en contacto con el agua, quedando las zonas hidrofóbicas (cadenas hidrocarbonadas) en la parte interior y las zonas hidrófilas (grupos ácidos) en las exteriores, en contacto con las moléculas de agua.
- Las grasas tienen función de reserva energética en el organismo, en los animales se almacenan en los adipocitos. Pueden ser aceites, sebos o mantequillas, por ejemplo; el sebo de buey está constituido por el triglicérido trioleína, formado por glicerina y tres ácidos oleicos.

Los esteroides son lípidos insaponificables derivados del esterano, poseen diferentes funciones, entre las que destaca la función hormonal. Por ejemplo; hormonas suprarrenales, como el cortisol y la aldosterona, y hormonas sexuales, como la progesterona y la testosterona.

34. Porque la molécula de las ceras es muy hidrofóbica por los dos extremos; en cambio, los acilglicéridos sí son monoacilglicérido o diacilglicéridos, no lo son, y si son triacilglicéridos, no lo son con la misma intensidad que las ceras.

35. a) Un acilglicérido es un tipo de lípido saponificable, químicamente es un éster formado por la esterificación de glicerina (propanotriol) con una, dos o tres moléculas de ácidos grasos, denominándose monoacilglicéridos, diacilglicéridos y triacilglicéridos o triglicéridos. Tienen función de reserva en el organismo. Según el tipo de ácido graso, se pueden clasificar en aceites, sebos y mantequillas.

Un ácido graso es un tipo de lípido formado por largas cadenas hidrocarbonadas de tipo alifático, a partir de doce carbonos, con un número par de carbonos. El último carbono es un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$), también denominado grupo ácido. Se diferencian por la longitud de su cadena y por el número y posición de los dobles enlaces en caso de ser insaturados.

Un ácido graso saturado es aquel que solo tiene enlaces simples entre los átomos de carbono. Debido a ello, las cadenas hidrocarbonadas son rectilíneas. Por ejemplo, el ácido palmítico y el ácido esteárico. Los ácidos grasos insaturados tienen uno o más dobles enlaces entre los carbonos de la

cadena hidrocarbonada y, por ello, sus moléculas presentan codos en los lugares donde están los dobles enlaces. Los que tienen un único enlace doble se denominan monoinsaturados, por ejemplo, el ácido oleico, y si tienen más, se llaman poliinsaturados, por ejemplo, el ácido linoleico.

- b) Los fosfolípidos son lípidos saponificables, químicamente están constituidos por glicerina, esterificada en el carbono 3 con un grupo fosfato y en los carbonos 1 y 2 por ácidos grasos.

Los fosfolípidos son moléculas anfipáticas, presentan una zona polar o hidrófila (grupo carboxilo ionizado) y otra zona apolar o hidrófoba (cadena hidrocarbonada). Así, cuando los ácidos grasos se encuentran en un medio acuoso, los grupos carboxilos se disponen dentro del agua y las cadenas hidrocarbonadas fuera de ella, formando una empaquetada que constituye una fina película superficial. Si por agitación esta película se hunde, las partes hidrófobas de las moléculas se agrupan y originan estructuras más o menos esféricas denominadas micelas, en las que las partes hidrófilas de las moléculas quedan hacia fuera.

Son las principales moléculas constitutivas de la doble capa lipídica de las membranas plasmáticas, constituyendo la estructura en bicapa lipídica.

Las bicapas lipídicas son estructuras que separan dos medios acuosos, las cadenas hidrofóbicas de las dos capas de lípidos se orientan hacia el interior, mientras que las cabezas polares están en contacto con el medio acuoso existente a cada lado de la bicapa.

36. La figura muestra la presencia de colesterol y de fosfoglicéridos o fosfolípidos (sería correcto que el alumno mencionara también los glucolípidos). Estas moléculas muestran carácter anfipático; es decir, una parte de su molécula tiene carácter polar –afinidad por el agua–, mientras que la otra tiene carácter apolar –rechazo del agua–. Esta característica permite a los lípidos que la presentan constituir bicapas que separan medios acuosos. La orientación de cada una de las capas no es al azar, sino que, mientras la parte no polar se recoge en el interior de la bicapa, las partes polares establecen interacciones con las moléculas de agua de los medios acuosos.

37. a) Es un triacilglicérido, éster de ácidos grasos con el glicerol: 3 ácidos grasos por cada molécula de glicerol. Por tanto, el enlace que une cada ácido graso con el glicerol es un enlace éster.

b)

	proteínas	glúcidos	lípidos	total kcal/ 100 g	% kcal de los lípidos
Entera g/100 g kcal/100 g	2,90 11,6	4,60 18,4	3,60 32,4	62,4	51,9
Desnatada g/100 g kcal/100 g	3,10 12,4	4,30 17,20	0,30 2,7	32,3	8,4

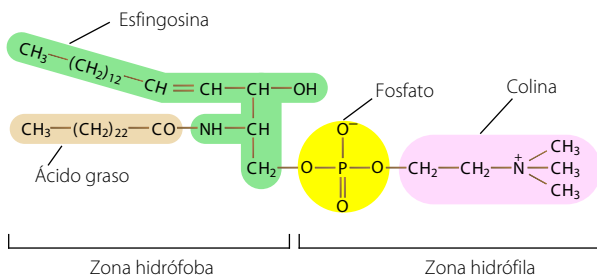
38. a) Los lípidos son principios inmediatos (biomoléculas) orgánicos, compuestos básicamente por carbono, oxígeno e hidrógeno. Algunos lípidos además contienen fósforo, nitrógeno y azufre. Los lípidos forman un grupo de sustancias muy heterogéneo que comparten solo dos características:
- Son insolubles en agua y otros disolventes polares.
 - Son solubles en disolventes orgánicos, es decir, no polares.

Los lípidos se clasifican en tres grupos:

- **Ácidos grasos:** moléculas formadas por una larga cadena hidrocarbonada alifática (lineal) con un número par de átomos de carbono. Todos los ácidos grasos tienen un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) en un extremo de la cadena. Los ácidos grasos se pueden clasificar en dos tipos: saturados (tienen enlaces simples entre los átomos de carbono) e insaturados (tienen uno o varios enlaces dobles en su cadena hidrocarbonada).
 - **Lípidos saponificables:** contienen en su molécula ácidos grasos. Todos los lípidos saponificables son ésteres de ácidos grasos y un alcohol o un aminoalcohol. Los lípidos saponificables forman jabones, sales de ácidos grasos, al someterlos con álcalis o bases (NaOH o KOH). Pertenecen a este grupo:
 - **Acilglicéridos o grasas:** formados por la esterificación de una, dos o tres moléculas de ácidos grasos con la glicerina.
 - **Ceras o céridos:** resultan de la esterificación de un ácido graso con un alcohol monovalente de cadena larga.
 - **Fosfolípidos:** resultan de la unión de la glicerina mediante enlace éster en el carbono 3 con un ácido fosfórico y en los carbonos 1 y 2 con sendos ácidos grasos. Además, el ácido fosfórico se puede unir mediante enlace éster a un sustituyente polar que puede ser aminoalcohol o polialcohol.
 - **Esfingolípidos:** se constituyen de un aminoalcohol de cadena larga de 18 átomos de carbono (llamado esfingosina), un ácido graso y un grupo polar de diferente naturaleza. La esfingosina se une al ácido graso mediante enlace amida, para formar un compuesto denominado ceramida. A la ceramida se une la molécula polar para constituir el esfingolípidos completo.
 - **Lípidos insaponificables:** no contienen ácidos grasos. Se distinguen tres tipos:
 - **Terpenos.** Polímeros de isopreno.
 - **Esteroides.** Derivados del ciclopentanoperhidrofenantreno o esterano.
 - **Prostaglandinas.** Se forman por ciclación de ácidos grasos poliinsaturados.
- b) Los fosfolípidos pertenecen al grupo de los lípidos saponificables (que contienen ácidos grasos en su composición). Los fosfolípidos son lípidos saponificables complejos constituidos por una molécula de glicerina esterificada en el carbono 1 y 2 por sendos ácidos grasos y en el carbono 3 con un grupo fosfato. Generalmente, el ácido graso que esterifica el carbono 1 es saturado y el que esterifica el carbono 2 es insaturado. Además, el ácido fosfórico puede estar unido, mediante enlace éster, a un segundo alcohol de cabeza.
- c) Los fosfolípidos son moléculas anfipáticas porque poseen una región polar hidrófila, constituida por el grupo fosfato y los sustituyentes polares que se unen a él, y una zona apolar o hidrófoba, formada por los ácidos grasos que esterifican a la glicerina. El carácter anfipático de este tipo de lípidos permite que en las membranas biológicas se dispongan formando bicapas, en las que se orientan orientando sus radicales polares hacia el medio acuoso y sus radicales hidrofóbicos hacia los radicales hidrofóbicos de la otra capa, lo que origina un autoensamblaje.

39. a) Se trata de una hidrólisis alcalina denominada saponificación. Es la reacción de un ácido graso con una base fuerte, en este caso NaOH, que da lugar a una sal de ácido graso, comúnmente denominada jabón y agua.
- b) Un triacilglicérido se forma por la esterificación de una molécula de glicerina con tres ácidos grasos.
- c) Las ceras tienen función estructural y protectora, así originan láminas impermeables que protegen la epidermis y las formaciones dérmicas de animales, como pelos, plumas y escamas reptilianas, y la superficie de muchos órganos vegetales, como hojas, tallos y frutos.
- Las grasas tienen función de reserva energética en el organismo, en los animales se almacenan en los adipocitos.
- Los fosfolípidos presentan una función estructural formando parte de la membrana plasmática de las células.
40. Porque la molécula de las ceras es muy hidrófoba por los dos extremos, en cambio los acilglicéridos si son monoacilglicéridos o diacilglicéridos, no lo son, y si son triacilglicéridos, no lo son con la misma intensidad que las ceras.

Esfingomielina



Se trata de un fosfoesfingolípido, que son ésteres formados por la unión de un ácido graso, una esfingosina (aminoalcohol de cadena muy larga), un grupo fosfato y un aminoalcohol como la colina. Los fosfoesfingolípidos tienen comportamiento anfipático, el más frecuente es la esfingomielina (representado en el dibujo anterior), presente en las membranas plasmáticas y especialmente abundante en las vainas de mielina que protegen los axones de las neuronas.

41. a) Los fosfolípidos son lípidos saponificables complejos que presentan un ácido fosfórico en su zona polar. Se dividen en dos grupos: fosfoglicéridos y fosfoesfingolípidos. Los fosfoglicéridos están constituidos por un alcohol, la glicerina, que se une mediante enlace éster a dos ácidos grasos (el que esterifica el carbono 1 es saturado y el que esterifica el carbono 2 es insaturado) y a un ácido fosfórico. El ácido fosfórico se une a su vez mediante enlace éster a un segundo alcohol de cabeza (que puede ser un aminoalcohol con uno o más grupos amino). El ácido fosfatídico es el fosfoglicérido más sencillo, ya que no tiene segundo alcohol de cabeza.
- Otros fosfolípidos son: fosfatidilcolina o lecitina, fosfatidilserina, cefalina, etc.
- Los fosfoesfingolípidos son ésteres formados por un alcohol de 18 átomos de carbono (esfingosina), un ácido graso saturado o monoinsaturado de cadena larga, un ácido fosfórico y un alcohol o aminoalcohol de cabeza. La esfingosina se une mediante enlace amida al ácido graso para formar un compuesto denominado ceramida.
- b) Los fosfolípidos son las principales moléculas constituyentes de la doble capa lipídica de las membranas citoplas-

máticas, por lo que también se les denomina lípidos de membrana.

- c) Los fosfolípidos poseen un comportamiento anfipático, ya que presentan una zona polar (hidrófila), formada por el grupo fosfato unido a un alcohol o a un aminoalcohol, y una zona apolar (hidrófoba) en la que aparecen los ácidos grasos. Este comportamiento es lo que les permite formar bicapas lipídicas. Además, confiere a las membranas otras propiedades, como la fluidez o la composición lípido-proteína.
42. Similitudes: los tres son ésteres. Diferencias: los triacilglicéridos son lípidos simples; es decir, solo están constituidos por un alcohol esterificado con ácidos grasos, en cambio los fosfoglicéridos y los fosfoesfingolípidos además presentan otro tipo de moléculas. La diferencia entre estos dos últimos es que los fosfoglicéridos tienen el alcohol glicerina y, en cambio, los fosfoesfingolípidos presentan el alcohol esfingosina.
43. a) El colesterol es un lípido insaponificable del grupo de los esteroides. Forma parte estructural de las membranas de las células animales, a las que proporciona estabilidad, situándose entre los fosfolípidos de la membrana.
- b) Una molécula es insaturada si tiene uno o varios enlaces dobles en la cadena hidrocarbonada. Por ejemplo, el ácido graso oleico, $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$.
- c) La molécula representa un fosfolípido, concretamente el ácido fosfatídico, el fosfolípido más sencillo. El ácido fosfatídico es un éster de una molécula de ácido fosfórico con un diacilglicérido, que tiene un ácido graso saturado y otro insaturado. Los fosfolípidos son los principales componentes de las membranas biológicas.
44. El colesterol es un lípido insaponificable del grupo de los esteroides. Forma parte estructural de las membranas de las células animales, a las que proporciona estabilidad, situándose entre los fosfolípidos de la membrana.
45. Como para almacenar una misma cantidad de energía haría falta el doble de peso, el ave no podría prácticamente volar.
46. a) Porque como las plantas no se mueven, para ellas no es un grave problema el aumento de peso y de volumen que supone tener las reservas energéticas en forma de polisacáridos en lugar de lípidos.
- b) Las estructuras vegetales que presentan un alto porcentaje de lípidos son las semillas. La razón es porque cuanto más pequeñas sean más fácil resulta su dispersión y porque como han de estar enterradas en tierra húmeda para poder germinar, es mejor tener las reservas energéticas en forma de lípidos, ya que estos resultan más estables que los polisacáridos frente a la acción fermentadora de las bacterias de la tierra.
47. La función de reserva energética la realizan los acilglicéridos y los ácidos grasos. Por ejemplo, la triestearina, la trioleína y la tripalmitina. Al ser apolares no se dispersan en el agua, sino que forman acumulaciones sólidas o líquidas en el interior de las células.

A nivel celular la función estructural la realizan los lípidos de membrana, es decir, fosfoglicéridos, fosfoesfingolípidos, glucosfingolípidos y colesterol. La razón es que al ser moléculas anfóteras se disponen formando bicapas, lo cual les permite delimitar espacios incomunicados con el exterior. A nivel de órganos también tienen esta función los acilglicéridos. Estos,

al acumularse constituyendo estructuras insolubles y blandas, sirven como protectores mecánicos.

48. Realizan la función impermeabilizadora las ceras, como la cera de abeja, la lanolina de la lana y el cerumen del conducto auditivo. La razón es que al ser muy hidrófobas por sus dos extremos, resultan muy útiles como impermeabilizantes.

Realizan la función transportadora los ácidos biliares y los proteolípidos, que son asociaciones de proteínas específicas con colesterol y fosfoglicéridos básicamente. La razón es que al ser moléculas anfipáticas pueden unirse por un extremo al lípido y, por el otro, establecer enlaces de tipo eléctrico con las moléculas de agua y así posibilitar su transporte por la sangre y la linfa.

49. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.
50. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

LABORATORIO

1. El aceite se disuelve en el cloroformo o acetona y en cambio no lo hace en el agua.

Al agitar la mezcla de aceite y agua, se forma una emulsión inestable. Si se espera unos instantes, se ve cómo las gotas de grasa, por su menor densidad, suben y se unen entre sí, formándose dos capas.

2. Al añadir jabón, la emulsión que se forma es permanente. Esto se debe a que las gotas de aceite se recubren de una capa de moléculas de jabón, quedando éstas con su polo lipófilo unido al aceite y su ionizado polo hidrófilo hacia el exterior (en contacto con el agua). Al tener la misma carga (-), estas partículas se repelen y el aceite queda emulsionado.

3. La capa inferior, clara, contiene la glicerina disuelta en agua; la intermedia, semisólida de aspecto grumoso, contiene el jabón formado; y la superior, amarilla, está constituida por el aceite que no ha reaccionado.

4. Debido a que la glicerina es polar y se disuelve en agua, ya que establece interacciones, enlaces de hidrógeno, entre los grupos hidroxilo (-OH) y las moléculas de agua.

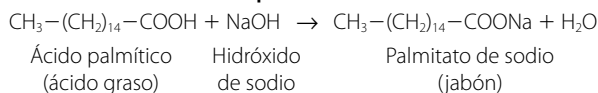
5. Las lipasas, contenidas en el jugo pancreático.

6. Los jabones son las sales sódicas de los ácidos grasos. Se obtienen mediante la reacción de saponificación.

El aceite (grasa) al calentarse reacciona con el hidróxido sódico (NaOH) descomponiéndose en los dos compuestos que lo integran: la glicerina y los ácidos grasos. Los ácidos grasos se combinan con los iones Na^+ y se forman las sales de ácido graso o jabones.

La reacción que tiene lugar es la siguiente:

Saponificación



PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. Los lípidos son un grupo de moléculas orgánicas, básicamente compuestos por carbono e hidrógeno. La mayoría además presenta oxígeno, pero en proporciones muy bajas. Algunos lípidos pueden contener además fósforo, nitrógeno y azufre. Constituye un grupo muy heterogéneo en cuanto a su composición química, pero todos ellos se caracterizan por:

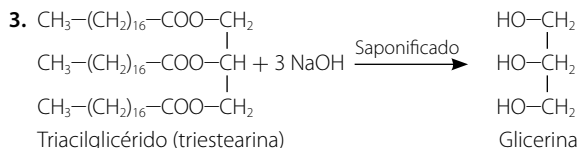
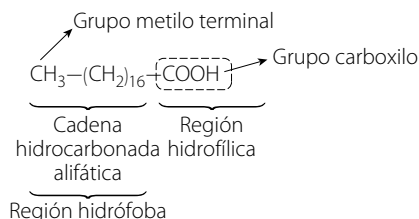
Ser insolubles en agua y en otros disolventes polares.

Son solubles en disolventes orgánicos, no polares, como éter, cloroformo o benceno.

Según su estructura molecular, podemos distinguir los siguientes tipos:

Lípidos	Ácidos grasos		
	Lípidos con ácidos grasos o saponificables	Simples	Acilglicéridos
			Céridos
		Complejas	Fosfoglicéridos
			Fosfoesfingolípidos
			Glucoesfingolípidos
	Lípidos sin ácidos grasos o insaponificables	Terpenos o isoprenoides	
		Esteroides	
		Prostaglandinas	

- 2.



4. Si un acilglicérido presenta como mínimo un ácido graso insaturado, dicho acilglicérido es líquido y recibe el nombre de aceite; por ejemplo, el aceite de oliva es un éster de tres ácidos grasos oleicos con una glicerina. Por el contrario, si todos los ácidos grasos son saturados, el acilglicérido es sólido y recibe el nombre de sebo, como la grasa de buey, de caballo o de cabra.

5. a) El A corresponde a un glicerofosfolípido (vulgarmente denominados fosfolípidos), ya que se constituye de un alcohol, la glicerina, que forma dos enlaces éster con sendos ácidos grasos y un enlace éster con una molécula de ácido fosfórico (u ortofosfórico), que a su vez forma otro enlace éster con un grupo alcohol de un derivado aminado (en este caso la etanolamina).

El compuesto B representa un triglicérido, constituido por un alcohol, la glicerina, que lleva esterificados tres ácidos grasos insaturados.

- b) Se trata de lípidos saponificables, ya que se constituyen de ácidos grasos, por tanto, son capaces de formar jabones al reaccionar con bases alcalinas (NaOH o KOH).
- c) El A (fosfolípido) es un lípido constituyente de las membranas biológicas. Otros lípidos de membrana podrían ser el colesterol, los fosfoesfingolípidos o los glucolípidos.

Representar una membrana plasmática e indicar sobre ella los fosfolípidos y el colesterol (rescatar el dibujo del texto).

d) El compuesto B (triglicérido) es una sustancia de reserva alimenticia (energética) en el organismo. En los animales se almacena en los adipositos del tejido adiposo. Su combustión metabólica produce 9,4 kilocalorías por gramo.

6. A) 3, B) 2, C) 5, D) 6, E) 1 y F) 4.

7. a) Los esteroides son lípidos insaponificables derivados de un compuesto cíclico denominado ciclopentano perhidrofenantreno (esteroano).

b) Los diferentes esteroides se diferencian entre sí en la posición de los dobles enlaces y el tipo de grupo funcionales sustituyentes en el anillo, así como la posición que ocupa.

c) Los esteroides comprenden dos grandes grupos de sustancias: los esteroides y las hormonas esteroideas.

Los esteroides poseen un grupo hidroxilo unido al carbono 3 y una cadena alifática en el carbono 17. Los principales esteroides son el colesterol, los ácidos biliares, las vitaminas D y el estradiol.

Las hormonas esteroideas se caracterizan por la presencia de un átomo de oxígeno unido al carbono 3 mediante un doble enlace. Hay dos grupos de hormonas esteroideas: las hormonas suprarrenales (aldosterona y cortisol) y las hormonas sexuales (progesterona y testosterona).

8. Las prostaglandinas son sustancias derivadas del ácido prostanoico, el cual está constituido por un anillo ciclopentano y dos cadenas alifáticas (figura 19). Este ácido se forma a partir de ácidos grasos insaturados, presentes en los fosfolípidos de la membrana plasmática, al establecerse un enlace entre sus carbonos 8 y 12. Las prostaglandinas se sintetizan continuamente, en cantidades muy bajas y siempre actúan localmente.

Las funciones de las prostaglandinas en el organismo son muy diversas. Entre ellas destacan: la producción de las sustancias que regulan la coagulación de la sangre y el cierre de las heridas; la sensibilización de los receptores del dolor y la iniciación de la vasodilatación de los capilares, lo que origina la inflamación después de los golpes, heridas o infecciones; la aparición de fiebre como defensa en las infecciones; la disminución de la presión sanguínea al favorecer la eliminación de sustancias en el riñón; la reducción de la secreción de jugos gástricos, facilitando la curación de úlceras de estómago; la regulación del aparato reproductor femenino y la iniciación del parto.

9. a) El fosfatidiletanolamina es un fosfoglicérido. Su región polar hidrofílica está constituida por el grupo fosfato y el sustituyente polar que se une a él (la etanolamina), y la región apolar hidrofóbica está formada por los dos ácidos grasos que esterifican a la glicerina.

b) La esfingomielina es un fosfoesfingolípido, ésteres formados por un alcohol denominado esfingosina, un ácido graso, un ácido fosfórico y un alcohol o aminoalcohol. La parte polar o hidrofílica está constituida por el ácido fosfórico y el aminoalcohol, y la parte apolar o hidrofóbica está formada por la ceramida, constituida por el alcohol, la esfingosina, unido al ácido graso.

c) Los galactosilceterbrosidos son glucolípidos formados por la unión de una esfingosina, un ácido graso y un monosacárido (glúcido) denominado galactosa. La parte polar o hidrofílica la constituye el monosacárido, mientras que la parte apolar o hidrofóbica está formada por la ceramida (esfingosina unida al ácido graso).

d) Los gangliósidos son esfingoglucolípidos en los que la ceramida lleva como grupo polar un oligosacárido ramifi-

cado en el que siempre aparece el ácido siálico. Por tanto, la parte polar o hidrofílica está constituida por el oligosacárido, y la parte apolar o hidrofóbica la forma la ceramida (esfingosina unida al ácido graso).

10. Con función estructural, por ejemplo, fosfolípidos y esfingolípidos; con función energética: por ejemplo, aceites y sebos.

11. Realizan esta función los ácidos biliares y los proteolípidos, que son asociaciones de proteínas específicas con colesterol y fosfoglicéridos básicamente. La razón es que al ser moléculas anfipáticas pueden unirse por un extremo al lípido y, por el otro, establecer enlaces de tipo eléctrico con las moléculas de agua y así posibilitar su transporte por la sangre y la linfa.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. Los lípidos son un grupo muy heterogéneo, que se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios. Según su estructura molecular, se pueden dividir en saponificables e insaponificables. Los saponificables poseen ácidos grasos en su composición, y, por tanto, son capaces de formar jabones al reaccionar con bases alcalinas (como NaOH o KOH). Dentro de los lípidos saponificables distinguimos a los ácidos grasos y sus derivados. Por el contrario, los lípidos insaponificables carecen de ácidos grasos, por lo que no forman jabones tras la hidrólisis alcalina.

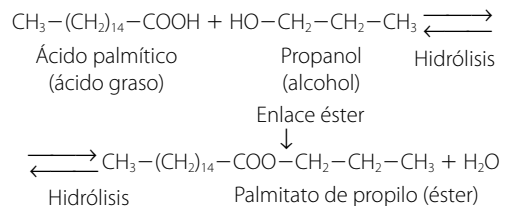
Lípidos	Ácidos grasos		
	Lípidos con ácidos grasos o saponificables	Simples	Acilglicéridos
			Céridos
		Complejas	Fosfoglicéridos
			Fosfoesfingolípidos
	Lípidos sin ácidos grasos o insaponificables	Terpenos o isoprenoides	
		Esteroides	
		Prostaglandinas	

2. Grupo metilo terminal

$$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_9-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$$

Cadena hidrocarbonada alifática (región hidrofóbica) Región polar o hidrofílica (grupo carboxilo)

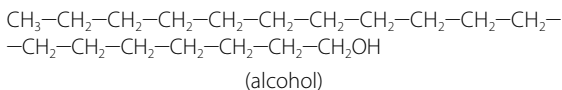
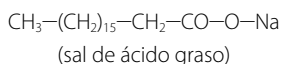
3. Esterificación



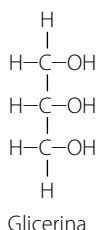
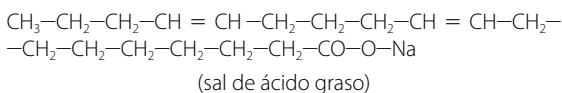
La reacción que tiene lugar es la esterificación, en la que un ácido graso se une a un alcohol (propanol) mediante un enlace covalente, formando un éster y liberándose una molécula de agua.

4. En ambos casos, al someter a cada tubo a NaOH se ha producido la reacción de saponificación. En dicha reacción un éster, debido al NaOH, se ha hidrolizado para producir una sal (estérato) sódica y un alcohol.

En el tubo A se encuentra un lípido simple, probablemente una cera, formado por un ácido graso saturado (sin dobles enlaces) y un alcohol de cadena larga (de 18 átomos de carbono, sin dobles enlaces). La estructura de dichas moléculas es:



En el tubo B se encuentra un monoglicérido, constituido por un ácido graso insaturado (concretamente poliinsaturado, con dos insaturaciones situadas en el carbono 9 y el 14) y un alcohol que parece ser la glicerina.



5. La molécula representa un triglicérido, constituida por una molécula de glicerina (alcohol de tres átomos de carbono, propanotriol), esterificado a tres ácidos grasos saturados. Al tener los ácidos grasos saturados a temperatura ambiente es una sustancia sólida y recibe el nombre de sebo.

Las grasas tienen función de reserva energética en el organismo. En los animales se almacenan en las células del tejido adiposo (adipocitos). Su combustión metabólica produce 9,4 kilocalorías por gramo.

Además, otras de sus funciones son: actúan como aislantes térmicos y almacén de alimentos.

Son moléculas insolubles en agua y que flotan sobre ella ya que tienen menor densidad que el agua. Los triacilglicéridos carecen de polaridad, por lo que también se denominan grasas neutras. Dichos compuestos, si reaccionan con bases (como NaOH o KOH), dan lugar a jabones; es decir, son saponificables.

6. Se debe al punto de fusión de los ácidos grasos que constituyen el triglicérido, que depende de la fuerza de las interacciones entre sus cadenas alifáticas. Estas interacciones son menores en los ácidos grasos de cadena corta y en los que presentan insaturaciones. Los dobles enlaces o insaturaciones obligan a formar curvaturas en las cadenas, lo que dificulta el empaquetamiento y debilita las interacciones de Van der Waals. Así, cuando los ácidos grasos son saturados más enlaces hay que romper, más energía calorífica se ha de gastar y, por tanto, más alto es su punto de fusión, por lo que el triglicérido es sólido a temperatura ambiente. Por el contrario, los triglicéridos que poseen ácidos grasos insaturados tienen mucho más bajos los puntos de fusión, por lo que son líquidos a temperatura ambiente.
7. a) Forman parte de la estructura de las membranas celulares.
b) Forman parte de la estructura de todas las membranas de células eucariotas. Se encuentran fundamentalmente en la vaina de mielina que rodea las fibras nerviosas.

- c) Son sustancias de reserva alimenticia (energética) en el organismo. En los animales se almacenan en los adipositos del tejido adiposo. Su combustión metabólica produce 9,4 kilocalorías por gramo. Además actúan como aislantes térmicos y almacén de alimentos.
- d) Realizan funciones de protección y revestimiento. Originan láminas impermeables que protegen muchos tejidos y formaciones dérmicas de animales (pelos, plumas, etc.) y vegetales (hojas, frutos, etc.).
- e) Se sitúan en la cara externa de la membrana celular, donde realizan una función de relación celular, siendo receptores de moléculas externas que darán lugar a respuestas celulares.

8. La vitamina A es un diterpeno, constituida por cuatro moléculas de isopreno. El β -caroteno es un tetraterpeno, formado por ocho moléculas de isopreno.

La vitamina A, o vitamina antixeroftálmica, actúa protegiendo tejidos epiteliales y en los procesos de visión, ya que participa en las reacciones que se producen en el ojo al percibir estímulos luminosos.

El β -caroteno está implicado en la síntesis de vitamina A, pues cada molécula suministra dos moléculas de vitamina A.

9. a) Lípidos que carecen de ácidos grasos, por lo que no forman enlaces éster y no forman jabones tras la hidrólisis alcalina.
- b) Los lípidos insaponificables agrupan a los terpenos o isoprenoides, los esteroides y las prostaglandinas.
- c) Son lípidos insaponificables: colesterol, progesterona, caucho, carotenoides, vitamina D, vitamina K, limoneno, ácido cólico, aldosterona, testosterona, licopeno, estradiol, fitol.

Terpenos o isoprenoides: caucho, carotenoides, vitamina D, vitamina K, limoneno, licopeno, fitol.

Esteroides: colesterol, progesterona, ácido cólico, aldosterona, testosterona, estradiol.

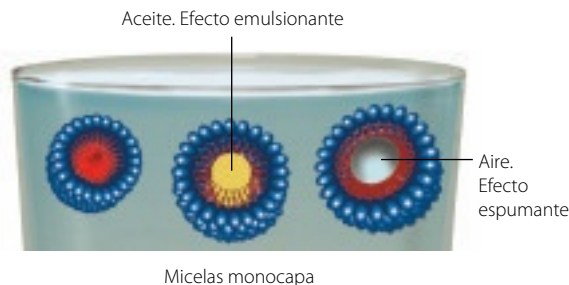
10. a) El aceite es un triglicérido formado por la esterificación de tres moléculas de ácidos grasos con una molécula de glicerina (propanotriol). Los triglicéridos carecen de polaridad, por lo que también se denominan grasas neutras, por tanto, no pueden establecer interacciones con las moléculas de agua y, en consecuencia, no pueden disolverse en agua. Al ser el aceite menos denso que el agua, se formará una capa aceitosa sobre la superficie del agua.



- b) Los ácidos grasos son compuestos anfipáticos, es decir, constituidos por una parte polar o hidrófila (cabeza con el grupo carboxilo, que en disolución queda ionizado), que tiende a contactar con el agua, y una zona lipófila o hidrófoba (cadena hidrocarbonada), que rehúye el contacto con el agua.

Al echar ácidos grasos en agua, las cabezas polares se orientan hacia el agua y las colas huyen, por lo que

quedan orientadas hacia el interior formando una región hidrófoba. Por tanto, constituyen grupos denominados micelas monocapa.



- Los lípidos acumulan mucha más energía por gramo que los glúcidos. En organismos sésiles, como por ejemplo, los vegetales, no hay ningún inconveniente en utilizar glúcidos (generalmente almidón) como reserva energética, mientras que para los organismos que se mueven, como son la gran mayoría de los animales, cuanto mayor sea la energía almacenada por unidad de peso, menor peso tendrán sus reservas energéticas, y esto facilitará más sus movimientos.

AMPLIACIÓN

- El ácido palmítico posee 16 carbonos y 0 insaturaciones (se trata de un ácido graso saturado).

El ácido oleico posee 18 carbonos y 1 insaturación (ácido graso insaturado).

El ácido láurico posee 12 carbonos y 0 insaturaciones (ácido saturado).

El ácido araquidónico posee 20 carbonos y 4 insaturaciones (ácido graso insaturado).

El ácido esteárico posee 18 carbonos y 0 insaturaciones (ácido graso saturado).

Cuanto más largas son las cadenas, mayor número de enlaces de Van der Waals e interacciones hidrofóbicas se pueden establecer y, por tanto, los ácidos grasos tendrán mayores puntos de fusión. Por otra parte, los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados imponen una curvatura en la estructura lineal que evita la formación de enlaces de Van der Waals, por lo que sus puntos de fusión son más bajos.

Por tanto, de menor a mayor punto de fusión (°C).

Ácido oleico < ácido láurico < ácido palmítico < ácido esteárico < ácido araquidónico.

- Las jorobas de los camellos y dromedarios no son depósitos de agua, sino reservas de grasa. El consumo de esa grasa acumulada, mediante la combustión metabólica a través de la respiración aerobia realizada en las mitocondrias, les permite producir algo más de un litro de agua por cada kilo de grasa metabolizada.

Pero el hecho más sorprendente acerca de los camellos no consiste en la distancia que pueden recorrer sin agua –después de todo, muchos animales nunca beben–, sino en cómo soportan un calor tan excesivo. Los camellos y dromedarios viven y trabajan en las condiciones tórridas del desierto y necesitan eliminar el calor libremente. Esta capa actúa como una manta que conserva el calor, de tal forma que la mayor parte del agua producida se pierde por evaporación en la joroba, y es un útil recurso de termorregulación para permanecer frescos.

- El enranciamiento oxidativo se debe a la oxidación de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados con formación de peróxidos o hidroperóxidos, que posteriormente se polimerizan y descomponen, dando origen a la formación de aldehídos, cetonas y ácidos de menor peso molecular. Este proceso es acelerado en presencia de la luz, el calor, la humedad, otros ácidos grasos libres y ciertos catalizadores inorgánicos, como las sales de hierro y cobre.

En el interior de los organismos vivos este proceso de enranciamiento u oxidación está impedido por la presencia de una sustancia antioxidante, la vitamina E.

- Aunque no existe consenso absoluto sobre la función de este órgano, parece estar relacionado con la flotabilidad y el sentido de ecolocalización. Respecto al primero, se cree que el cachalote calienta o enfría, a voluntad, el aceite de espermaceti, aumentando o disminuyendo su densidad, lo que le facilitaría la ascensión a superficie o la inmersión hacia zonas profundas. Los cachalotes se alimentan casi exclusivamente de cefalópodos en aguas muy profundas. En sus inmersiones, con el objeto de alimentarse, pueden llegar a estar sumergidos hasta 50 minutos y permanecer quietos esperando a que lleguen los bancos de cefalópodos. Por el contrario, solo les bastan unos 10 minutos para permanecer en la superficie, reponiendo el oxígeno y expulsando el dióxido de carbono.

Para que el animal pueda permanecer a cierta profundidad debe poseer la misma densidad que el agua de su entorno. Gracias a los aceites contenidos en el órgano espermaceti, el cachalote puede hacer cambiar su flotabilidad, tanto en aguas superficiales tropicales como a grandes profundidades en las que el agua es mucho más fría, y tiene, por tanto, mayor densidad.

Al descender, la temperatura del aceite espermaceti disminuye varios grados, con lo que se congela o cristaliza o se hace más denso, variando así la flotabilidad, lo que la hace compatible con la densidad del agua del mar profunda. Al ascender, el aceite de espermaceti congelado se calienta y se funde, decreciendo su densidad hasta alcanzar una flotabilidad neutra igual a la de la superficie del agua.

En la ecolocalización, el órgano actuaría como caja de resonancia en la producción de sonidos.

- La grasa *trans* aparece al incorporar hidrógeno a algunos aceites vegetales, en un proceso químico denominado hidrogenación. Este proceso consiste en inyectar hidrógeno a los ácidos grasos poliinsaturados de los aceites de semillas, como el de girasol o el de soja, obteniendo así lo que se conoce como grasas hidrogenadas o parcialmente hidrogenadas. Con ello, los ácidos grasos poliinsaturados cambian su estructura original, denominada *cis*, por una artificial, denominada *trans*, y se transforman en saturados, con lo que se modifica el aspecto físico de los aceites, que pasan de líquido a estado sólido. En esta transformación, los aceites vegetales se enriquecen en grasas saturadas, que consumidas en exceso pueden provocar graves consecuencias para la salud.

La incorporación de este tipo de grasas hace que aumente la vida útil de los productos en los que se emplea este proceso, potencia su sabor y mejora su textura. Además, la adición de grasas hidrogenadas a los productos abarata los costes, algo que comporta beneficios para la industria alimentaria.

Las grasas *trans* se encuentran principalmente en bollería industrial, margarinas, *snacks* y aperitivos salados, como patatas

fritas, productos precocinados, como croquetas, pizzas, empanadillas, etc.

El problema de las grasas *trans* radica en el abuso de los productos que las poseen, con consecuencias negativas para la salud. Su principal consecuencia es su influencia sobre el colesterol y los triglicéridos, ya que hace aumentar los niveles de los mismos en sangre, lo que provoca un mayor riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares. Concretamente hacen que disminuya el colesterol «bueno», o HDL, y elevan el «malo», o LDL.

También pueden retrasar el crecimiento y la maduración del cerebro.

6. Los ácidos grasos omega-3 y omega-6 pertenecen al grupo de los ácidos grasos poliinsaturados y son un tipo de ácidos grasos esenciales, ya que el cuerpo no puede producirlos por sí solo de tal manera que los debemos obtener de los alimentos. Dichos ácidos grasos abundan en vegetales de hoja verde, aceite de linaza y pescado azul, como el atún, el salmón y la caballa.

Los ácidos grasos omega intervienen en la reducción del colesterol transportado en lipoproteínas de baja densidad (sobre todo las partículas más pequeñas y densas, y de mayor peligro, el «colesterol malo» o LDL), y facilitando el aumento de las lipoproteínas de alta densidad (el «colesterol bueno» o HDL) que limpia las arterias en vez de deteriorarlas. Tienen, además, un papel en el funcionamiento normal del endotelio (el tapizado interior de las arterias del organismo), en cuyo seno se producen las lesiones de la arteriosclerosis.

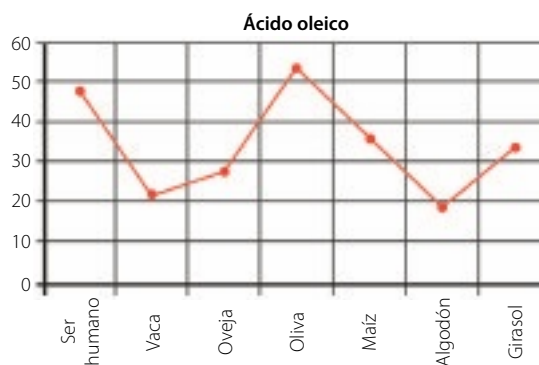
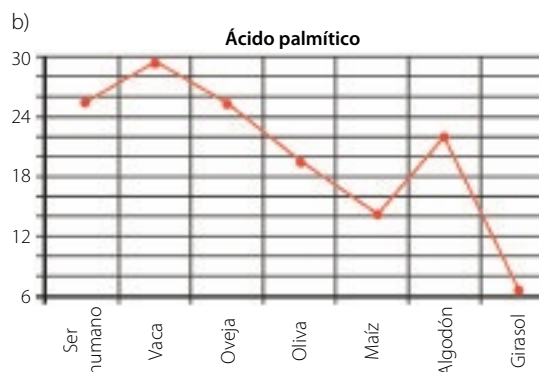
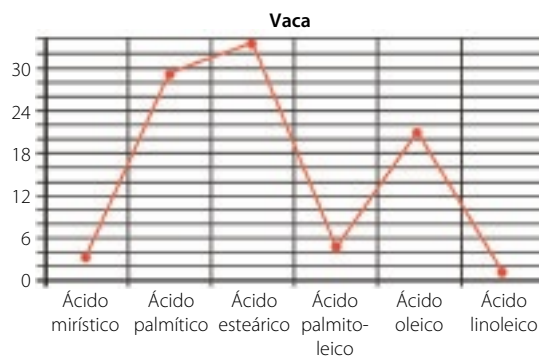
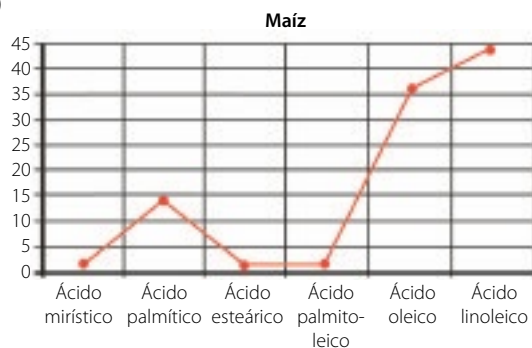
Los ácidos omega-3 están relacionados con el ácido alfa-linolénico. Existen tres tipos de ácido graso omega-3:

- Ácido alfa-linolénico (ALA), que se encuentra fundamentalmente en el aceite de las semillas vegetales, tales como el aceite de lino.
- Ácido eicosapentanoico (EPA), que se encuentra principalmente en los aceites de pescado azul y en la leche materna.
- Ácido docosahexaenoico (DHA), que se encuentra en aceites de pescado azul.

Los ácidos grasos omega-6 son derivados del ácido linoleico y araquidónico.

7. El exceso de vitamina D produce la calcificación de órganos, como, por ejemplo, el riñón, el hígado y el corazón. El exceso de vitamina A provoca descamación de los cabellos, debilidad y vómitos. Dado que las vitaminas liposolubles, como son la A y la D, no se eliminan tan fácilmente como las hidrosolubles, como son la B y la C, su ingesta debe ser muy prudente y siempre consultando a un médico.

8. a)



- c) El ácido linoleico, puesto que es muy abundante en los vegetales y muy escaso en los animales. En menor grado, el ácido mirístico, puesto que es más abundante en los animales que en los vegetales.
- d) Por orden de parecido son el ácido oleico, el palmítico-leico, el esteárico y el palmítico.
- e) En los animales predominan los saturados, mientras que los insaturados (oleico y linoleico) tan solo oscilan entre el 22,7 y el 50,5%. En los vegetales predominan los insaturados, puesto que oscilan entre el 69,6 y el 84,5%.

REFUERZO

1. $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$
Se trata de un ácido graso saturado, ya que no tiene en su molécula ningún doble enlace.
2. De la hidrólisis de un triglicérido se obtiene una molécula de glicerina (propanotriol) y tres moléculas de ácido graso.
3. Los pigmentos, tales como carotenos (color rojo) y las xantofilas (color amarillo) se caracterizan por presentar una larga ca-

dena de dobles enlaces conjugados. La disposición de estos dobles enlaces hace que los electrones se encuentren muy deslocalizados, por lo que son fácilmente excitables y emiten energía en esos colores.

4. Semejanzas: tanto gangliósidos como cerebrósidos son lípidos complejos saponificables, formados por la unión de un ácido graso, una esfingosina y un glúcido. Asimismo, son compuestos anfipáticos, constituidos por una zona hidrófila (glúcido) y una zona hidrofóbica (ácido graso y esfingosina). Ambos compuestos, además, son lípidos de membrana; es decir, son moléculas constitutivas de la doble capa lipídica de las membranas plasmáticas.

Diferencias: los cerebrósidos presentan como parte glucídica un único monosacárido o un oligosacárido sencillo de quinque monosacáridos. Por el contrario, los gangliósidos contienen un oligosacárido complejo en el cual siempre hay una molécula, denominada ácido siálico.

5. a) Se trata del isopreno.
b) Representa un lípido insaponificables, un esteroide del grupo de los esteroides. Concretamente se trata de una molécula de colesterol, derivado del ciclopentanoperhidrofenantreno, que contiene un grupo hidroxilo ($-\text{OH}$) en el carbono 3 y una cadena hidrocarbonada en el 17.
6. Analogías: tanto las grasas como las ceras son lípidos saponificables, formados por ácidos grasos, simples (ésteres formados exclusivamente por ácidos grasos y un alcohol).

Diferencias: las grasas son ésteres formados por la esterificación de glicerina (propanotriol) con tres moléculas de ácidos grasos. Por el contrario, las ceras o céridos son ésteres formados por un alcohol monovalente de cadena larga y una molécula de ácido graso.

7.	Función de reserva	Ácidos grasos Acilglicéridos (grasas)
	Función estructural	Glucolípidos Céridos Esteroides Acilglicéridos Fosfolípidos
	Función biocatalizadora	Vitaminas lipídicas Hormonas esteroideas Prostaglandinas
	Función transportadora	Ácidos biliares

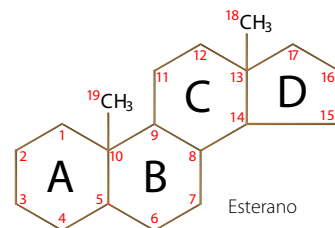
8. Los ácidos biliares son formados y concentrados por el hígado, y son secretados por el hígado a la bilis, y de aquí pasan al tracto gastrointestinal (duodeno) vía conducto biliar, donde actúan como emulsificantes biológicos de gran importancia. Ayudan a solubilizar los glóbulos de grasa del alimento, de tal modo que las enzimas hidrosolubles o lipasas, pueden reaccionar con las moléculas de grasa y desdoblarlas para facilitar la absorción de la grasa. Los ácidos biliares también facilitan la principal ruta de excreción del colesterol.

9. A) 3, B) 2, C) 5, D) 6, E) 1 y F) 4.

10. Los liposomas son estructuras que se obtienen en el laboratorio, formadas por una bicapa de lípidos, que forman vesículas esféricas, que contienen en su interior un compartimento acuoso.

Los liposomas se utilizan como vehículos de transporte entre el exterior y el interior de la célula, tales como cosméticos, medicamentos u otras sustancias.

11. Los esteroides son lípidos derivados del esterano o ciclopentanoperhidrofenantreno, cuya estructura la componen tres anillos de ciclohexano unidos a un ciclohexano. Se diferencian dos tipos de esteroides, en función de los radicales que poseen y de la posición en la que se encuentran: esteroides y hormonas esteroideas.

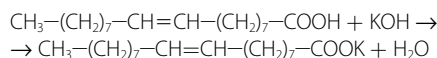


Los esteroides poseen un grupo hidroxilo, unido al carbono 3, y una cadena alifática en el carbono 17. Son ejemplos de esteroides: colesterol, ácidos biliares, grupo de las vitaminas D y estradiol.

Las hormonas esteroideas tienen un átomo de oxígeno unido al carbono 3 por medio de un doble enlace. Son ejemplos de hormonas esteroideas: las hormonas suprarrenales (aldosterona y cortisol) y las hormonas sexuales (progesterona y testosterona).

12. $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH} + \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

13. Da lugar al oleato potásico que es un jabón potásico de aceite de oliva.



- 14.
- $$\begin{array}{c} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COO}-\text{CH} \\ | \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$$

- 15.
- $$\begin{array}{c} \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}-\text{CH} \\ | \\ \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO}-\text{CH}_2 \end{array}$$

16. El colesterol se dispone en el hueco que origina la cadena no rectilínea de los ácidos grasos insaturados. Lo hace interaccionando su grupo polar con la zona hidrófila de los fosfolípidos y su sector apolar con la zona lipófila de estos mismos fosfolípidos. Todo ello produce la estabilización de la membrana porque disminuye la movilidad de los fosfolípidos entre sí.

17. El carácter anfipático es una propiedad física de los ácidos grasos. Indica que poseen dos zonas en su molécula, una zona polar de carácter hidrófilo, soluble en agua, y otra apolar o hidrofóbica, es decir, insoluble en agua.

La zona hidrófila corresponde al grupo carboxilo ionizado ($-\text{COO}^-$), que gracias a su carga eléctrica establece atracciones de tipo eléctrico con las moléculas de agua y con otras moléculas polares.

La zona hidrofóbica es la cadena hidrocarbonada que presenta repulsión respecto al agua y que es capaz de establecer enlaces de Van der Waals con moléculas lipídicas.

18. Los lípidos llevan a cabo, principalmente, cuatro funciones:

- a) Energética. Realizan esta función los acilglicéridos y los ácidos grasos.
- b) Estructural. Cumplen esta función los fosfoglicéridos, los fosfoesfingolípidos, los glucoesfingolípidos y el colesterol.
- c) Protectora. Llevan a cabo esta función las grasas que rodean ciertos órganos, como el hígado o los riñones, las ceras de los cabellos y de los frutos.
- d) Biocatalizadora. Cumplen esta función las vitaminas lipídicas, las hormonas lipídicas y las prostaglandinas.
- e) Transportadora. Realizan esta función, por ejemplo, los proteolípidos, asociaciones de proteínas y colesterol.

OBJETIVOS

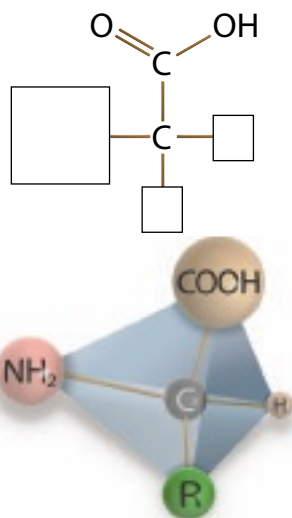
1. Indicar las características estructurales básicas y las propiedades de las unidades constituyentes de las proteínas: los aminoácidos.
2. Clasificar los aminoácidos.
3. Indicar cómo se forma el enlace peptídico y las peculiaridades del mismo.
4. Conocer los diferentes niveles estructurales de las proteínas: estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria.
5. Clasificar las holoproteínas y las heteroproteínas, indicando ejemplos de cada grupo.
6. Describir las propiedades de las proteínas, como especificidad, desnaturalización y solubilidad, explicando su importancia biológica.
7. Enumerar las funciones de las proteínas, indicando ejemplos de cada una de ellas.
8. Aplicar los principales métodos de identificación de proteínas.

CONTENIDOS

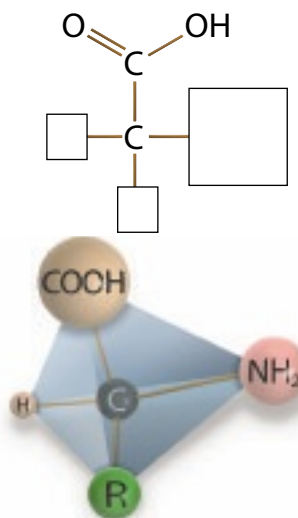
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Aminoácidos: concepto y estructura general. Características. (Objetivo 1) • Clasificación de aminoácidos (Objetivo 2) • Enlace peptídico: características. (Objetivo 3) • Estructura de las proteínas. Relación, estructura y función. (Objetivo 4) • Clasificación de las proteínas. (Objetivo 5) • Propiedades de las proteínas. (Objetivo 6) • Funciones de las proteínas. (Objetivo 7)	• Formulación de aminoácidos e identificación de su estructura química. (Objetivos 1 y 2) • Formación de enlaces peptídicos entre diferentes aminoácidos. (Objetivo 3) • Dibujos de los diferentes niveles estructurales de proteínas. (Objetivo 4) • Elaboración de esquemas de la clasificación de proteínas en función de su estructura química y función biológica. (Objetivos 5 y 7) • Estudio experimental de la desnaturalización de las proteínas de la clara de huevo. (Objetivo 6) • Comparación de la secuencia de aminoácidos de diferentes especies de seres vivos. (Objetivo 6) • Identificación de proteínas por el método de Biuret y otras pruebas. (Objetivo 8)	• Valoración de la importancia de la proteínas, especialmente por su especificidad. • Reconocimiento de la importancia de los descubrimientos sobre el enlace peptídico. • Interés por conocer los alimentos ricos en proteínas. • Valorar la importancia de las proteínas como componentes estructurales y funcionales de las células.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Conocer la fórmula general de los aminoácidos, describiendo sus propiedades y comportamiento químico. (Objetivo 1)	1, 2 y 3	1 y 2
b) Clasificar los aminoácidos, señalando ejemplos de cada grupo. (Objetivo 2)	4	3
c) Formular la reacción de formación del enlace peptídico, indicando los grupos implicados. (Objetivo 3)	5	1 y 4
d) Describir la estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas. (Objetivo 4)	6, 7 y 8	5
e) Conocer la clasificación de proteínas, citando ejemplos de cada grupo y su función correspondiente. (Objetivo 5)	9	6
f) Comprender las propiedades de las proteínas y su importancia biológica. (Objetivo 6)	10 y 11	7 y 8
g) Describir las diferentes funciones que desempeñan las proteínas con ejemplos concretos. (Objetivo 7)	12	9

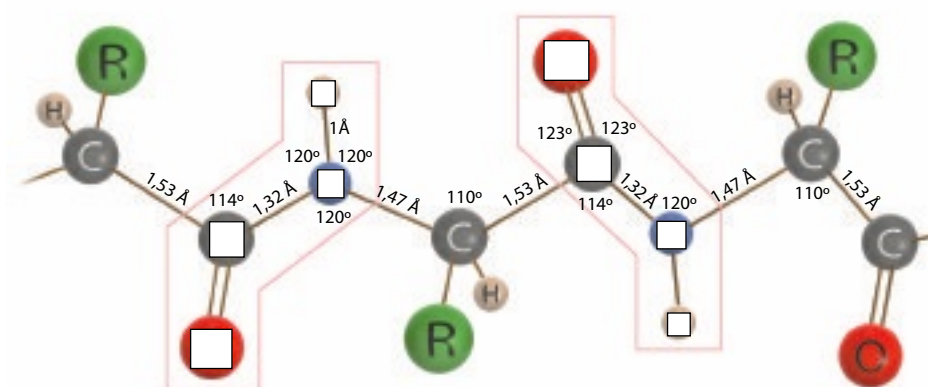
CONFIGURACIÓN L



CONFIGURACIÓN D



ESTRUCTURA DE UN PÉPTIDO



Desnaturalización y métodos de identificación de las proteínas

Una forma de detectar la presencia de una proteína en una disolución es provocando la coagulación de la misma, bien por el efecto del calor o por la adición de determinadas sustancias.

Para detectar fácilmente la presencia de proteínas en cualquier material biológico existen diferentes métodos; entre los que destacan la prueba de Biuret y la xantoproteica.

La prueba de Biuret se basa en la reacción típica de los enlaces peptídicos, en la cual los átomos de cobre del reactivo se unen a los grupos amino de dicho enlace, lo que provoca una reacción rosa-violácea característica.

Mediante la prueba xantoproteica se forma un compuesto aromático nitrato de color amarillo al ser tratadas las proteínas con ácido nítrico concentrado. Dicha prueba es aplicable a todas las proteínas que contienen aminoácidos con grupos bencénicos en su cadena lateral.

Objetivos

- Introducir en las técnicas de laboratorio más elementales para el reconocimiento de principios inmediatos.
- Identificar los diferentes factores que provocan la desnaturalización de las proteínas.
- Conocer algunas de las pruebas más comunes para la identificación de las proteínas.

Material necesario

– 10 tubos de ensayo.	– Mechero Bunsen.	– Acetona.
– Gradilla para tubos de ensayo.	– Trípode para vaso de precipitados.	– Hidróxido sódico.
– Pinzas de sujeción de tubos de ensayo.	– Disolución de clara de huevo.	– Sulfato cúprico.
– Vaso de precipitados .	– Leche.	– Ácido nítrico.
	– Ácido clorhídrico.	– Amoníaco.

Desnaturalización

1. Prepara tres tubos de ensayo con 3 mL de solución acuosa de clara de huevo (en proporción 1 a 6) y numera los tubos. Haz lo mismo con otros tres tubos con 3 mL de leche.
2. Calienta los tubos numerados con el número 1 al baño María. Observa y anota qué ocurre.
3. A cada tubo numerado con el número 2 añade 0,5 mL de ácido clorhídrico (HCl) y calienta al baño María. Observa y anota qué ocurre.
4. En cada tubo número 3 añade 3 mL de acetona o de ácido acético. Agita y deja reposar unos tres minutos. Observa y anota qué sucede.

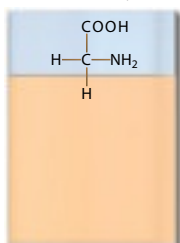
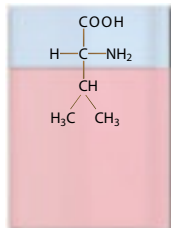
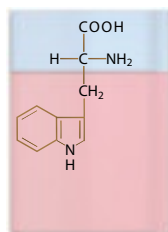
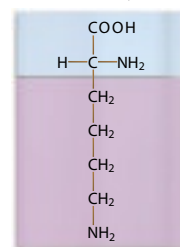
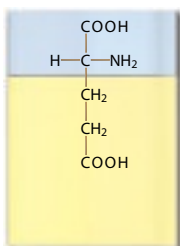
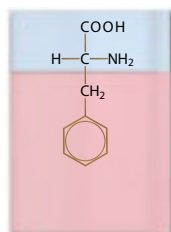
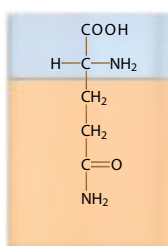
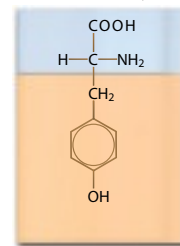
Reconocimiento de proteínas

1. Prepara cuatro tubos de ensayo y numéralos como I, II, III y IV. En los tubos I y II deposita 3 mL de disolución acuosa de clara de huevo, y en los tubos III y IV añade 3 mL de leche.
2. En los tubos I y III añade 2 mL de disolución de hidróxido sódico o potásico al 20%. Agita y a continuación agrega 5 gotas de una disolución al 1 % de sulfato cúprico. Observa y anota qué ocurre.
3. A los tubos numerados con II y IV añade 3 mL de ácido nítrico concentrado. Anota la coloración que observas. Calienta a continuación los tubos al baño María durante unos minutos y anota lo que sucede. Deja enfriar los tubos y añade 8 gotas de amoníaco concentrado a cada uno. Anota el cambio producido.

Practica

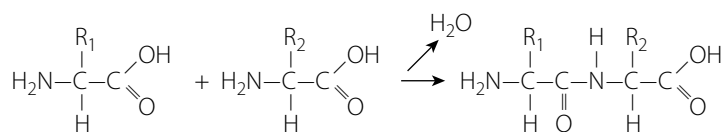
1. ¿Qué proteínas están presentes en la clara de huevo y en la leche? ¿A qué se debe la coagulación de dichas proteínas? ¿Es un proceso irreversible?
2. ¿Se producirá la reacción de Biuret en una disolución de aminoácidos libres?
3. ¿Se puede emplear la prueba de Biuret para detectar proteínas en la orina? ¿Por qué?
4. ¿Se puede aplicar la prueba xantoproteica para identificar cualquier proteína?
5. ¿De qué color se vuelven las disoluciones proteicas al añadir HNO_3 concentrado? ¿Y cuando se calienta? ¿Y cuando se añade amoníaco?

- 1 ¿Cómo se denominan las unidades estructurales de las proteínas? ¿Cuál es su estructura general?
- 2 ¿Qué le ocurre a los aminoácidos en soluciones cuyo pH esté próximo a 7?
- 3 Escribe las fórmulas de la L-valina y de la D-valina. ¿Cuál de las dos será dextrógira?
- 4 Observa los siguientes aminoácidos y clasifícalos según su grupo R.

Glicina (Gly)**Valina (Val)****Triptófano (Trp)****Lisina (Lys)****Ácido glutámico (Glu)****Fenilalanina (Phe)****Glutamina (Gln)****Tirosina (Tyr)**

- 5 ¿Qué enlace se produce entre los monómeros de una cadena polipeptídica? ¿Qué grupos químicos participan en su formación? Escribe la reacción de formación de dicho enlace.
- 6 Define estructuras terciaria y cuaternaria de las proteínas y señala los enlaces y las fuerzas que las estabilizan.
- 7 ¿A qué crees que es debido que la presencia del aminoácido prolina en una cadena polipeptídica desestabilice la estructura en α -hélice?
- 8 Explica las diferencias que hay entre las α -hélices y las láminas plegadas en la estructura secundaria de las proteínas.
- 9 ¿Qué criterio se utiliza para clasificar a las heteroproteínas? Realiza un cuadro donde se muestren los diferentes tipos de heteroproteínas, indicando un ejemplo concreto de cada una.
- 10 Supón que disponemos de albúmina de huevo en un tubo de ensayo. Diseña cuatro experiencias físicas o químicas sencillas que alteren la conformación nativa de esa proteína y explica brevemente el porqué de la alteración en cada caso.
- 11 ¿Crees que un cambio en la secuencia de aminoácidos puede alterar su función biológica? Justifica la respuesta.
- 12 Ordena las siguientes proteínas según su función.
Ferritina, ovoalbúmina, lipoproteínas, tripsina, caseína, hormona de crecimiento, trombina, hemoglobina, catalasa, tubulina, seroalbúmina, corticotropina, actina, dineína, elastina, fibroína, inmunoglobulinas, fibrinógeno, toxina botulínica, colágeno, insulina, queratina, mioglobina, miosina.

- 1 A la vista de la imagen adjunta, responde a las siguientes cuestiones:



- a) ¿Qué tipo de biomoléculas están representadas en la primera parte de la ecuación? ¿Cuáles son sus principales características? ¿Qué representan R_1 y R_2 ? ¿Qué nombre recibe el enlace que se produce? Indica la procedencia de los átomos de hidrógeno y de oxígeno de la molécula de agua que se libera en la reacción.
- b) ¿Qué nombre recibe la molécula resultante en el esquema? ¿Qué orgánulo está implicado en la formación de este enlace? ¿Qué nombre reciben las moléculas formadas por gran cantidad de monómeros unidos por enlaces de este tipo? Enumera tres de sus funciones.
- 2 Los aminoácidos son compuestos anfóteros. ¿Qué significa este término?
- 3 ¿Cómo se clasifican los aminoácidos? Señala un ejemplo concreto de cada tipo.
- 4 El enlace peptídico es un enlace covalente que se establece entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino del siguiente. Se trata de un enlace muy preciso con características especiales, que fueron observadas en 1940 por Linus Pauling y Robert Corey. Averigua cuáles son las características especiales de dicho enlace.
- 5 Nombra y describe brevemente los tipos de estructura secundaria en las proteínas.
- 6 Relaciona los compuestos de ambas columnas.
- | | |
|---|---------------------|
| 1. Proteína fibrosa presente en la piel, cartílago, hueso, tendones, etc. | a) Histonas. |
| 2. Glucoproteína. | b) LDL. |
| 3. Proteína fibrosa que se obtiene a partir del fibrinógeno plasmático. | c) Hemoglobina. |
| 4. Proteína globular con función transportadora. | d) Hemocianina. |
| 5. Lipoproteína. | e) Colágeno. |
| 6. Cromoproteína porfirínica. | f) Inmunoglobulina. |
| 7. Proteína globular de carácter básico asociada al ADN. | g) Albúmina. |
| 8. Cromoproteína no porfirínica. | h) Fibrina. |
| 9. Fosfoproteína. | i) Caseína. |
- 7 ¿De qué depende la especificidad de una proteína?
- 8 ¿Qué proceso tiene lugar cuando freímos un huevo? ¿Qué proteína se ve afectada? ¿Qué propiedad física de dicha proteína se ve alterada? ¿Qué agente produce dicho cambio?
- 9 Enumera las funciones que pueden desempeñar las proteínas e indica un ejemplo de cada una de ellas.

- 1 ¿Conserva su poder nutritivo una proteína desnaturalizada? Razona la respuesta.
- 2 ¿Dos dipéptidos diferentes pueden tener la misma masa molecular? Razona la respuesta.
- 3 Se dispone de cuatro aminoácidos: metionina (Met), valina (Val), triptófano (Trp) y lisina (Lys).
¿Cuántos tetrapéptidos distintos se pueden formar con dichos aminoácidos?
- 4 ¿Cuántos tripéptidos distintos se pueden formar con los 20 aminoácidos proteicos?
- 5 ¿Entre que aminoácidos se forma un puente o enlace disulfuro? ¿Cómo se denomina el producto resultante?
Escribe la formación de dicho enlace.
- 6 Escribe los dos isómeros ópticos de la alalina, nombrándolos correctamente.
- 7 ¿Poseen todos los aminoácidos proteicos un solo átomo de carbono asimétrico?
- 8 ¿Cuáles son los aminoácidos cuya cadena lateral tiene carga a pH neutro? Escribe su nombre completo, su denominación abreviada con tres letras y su estructura.
- 9 De los veinte aminoácidos proteicos, ¿cuál no presenta estereoisómeros? ¿Por qué no los presenta?
¿Presentará dicho aminoácido actividad óptica?
- 10 Indica por qué la presencia de los siguientes aminoácidos desestabiliza la estructura en alfa-hélice:
a) Prolina. b) Glicina. c) Fenilalanina.

- 11 En la tabla adjunta se muestran el peso molecular y el número de cadenas de determinadas proteínas.
a) Calcula el número aproximado de residuos de aminoácidos de cada proteína.
b) ¿Qué proteínas de las indicadas pueden alcanzar estructura cuaternaria? ¿Por qué?

Proteína	Pm	N.º de cadenas
Insulina (bovina)	51	2
Lisozima (clara de huevo)	129	1
Mioglobina (corazón de caballo)	153	1
Hemoglobina (humana)	574	4
Quimiotripsina (páncreas bovino)	241	3

- 12 El cabello está formado por 2 % de proteínas, % de lípidos y % de agua. La proteína más abundante es la α -queratina, que está compuesta por cadenas polipeptídicas muy ricas en el aminoácido cisteína. La unidad básica de la estructura es una cadena polipeptídica de α -queratina en forma nativa de hélice α . Tres cadenas de hélice α forman un cordón superenrollado de tres hebras y once de tales cordones constituyen una microfibrilla de pelo.
a) ¿De qué crees que depende la forma de un cabello rizado o lacio?
b) ¿Cuál es el significado químico de la técnica de la «permanente» sobre el pelo lacio?
- 13 El colágeno es una proteína que forma parte de los tejidos conectivos y los tendones. Está compuesta en su mayoría por el aminoácido prolina. Dicha proteína presenta una variedad particular de estructura secundaria. ¿De qué estructura se trata? ¿Cómo se produce dicha estructura? ¿Cómo se consigue la estabilidad de la hélice de colágeno?
- 14 ¿Se podrían separar los distintos aminoácidos de una mezcla en función de su carga eléctrica? Justifica la respuesta.
- 15 ¿Qué son los dominios estructurales de una proteína? ¿Qué significado tienen desde el punto de vista evolutivo?
- 16 Describe los acontecimientos que tienen lugar desde que se sintetiza una glicoproteína hasta su salida al exterior de la célula.

- 1 Explica muy brevemente los distintos tipos de estructuras que existen en las proteínas.
- 2 En relación con las proteínas:
 - a) ¿Qué es una proteína? Explica su formación.
 - b) ¿Qué es la estructura primaria de la proteína?, ¿por qué es importante? Razonando la respuesta, explica su relación con el ADN.
 - c) Cita dos funciones de las proteínas y pon un ejemplo en cada caso.
- 3 Relaciona los términos de la primera columna con los de la segunda.

1. Alanina.	a) Aminoácido con un radical cíclico.
2. Vitelina.	b) Proteína filamentosa.
3. Histona.	c) Cromoproteína.
4. Hemoglobina.	d) Fosfoproteína.
5. Tirosina.	e) Proteína globular.
6. Queratina.	f) Aminoácido alifático, es decir, sin radical cíclico.
- 4 Indica si los enunciados que hay a continuación son ciertos o falsos:
 - a) En la cromatina humana no hay proteínas.
 - b) La tripsina es una hormona.
 - c) La penicilina tiene función de reserva.
 - d) Las queratinas son unas proteínas con función de reserva.
 - e) Las lipoproteínas transportan hierro.
- 5 Explica cómo se denomina el proceso por el que una proteína pierde su estructura terciaria o globular y señala dos causas que lo pueden desencadenar.
- 6 Se dispone del siguiente péptido: COOH-Ala-Val-Leu-Val-Tyr- Thr-Thr-Gln-Val-Leu-Pro-Ala-Ser-H₂N.
 - a) ¿Cuántos aminoácidos posee la cadena?
 - b) ¿Cuál es el primer aminoácido? ¿Y el último?
 - c) ¿Cuántos enlaces peptídicos se han formado para constituir dicho péptido?
- 7 De las siguientes proteínas indica cuáles son fibrosas y cuáles son globulares:
Colágeno, actina, queratina, elastina, lactoalbúmina, protamina, histonas, miosina, fibrina, ovoglobulina, inmunoglobulina.
- 8 Relaciona los compuestos de la columna de la derecha con los conceptos de la columna de la izquierda.

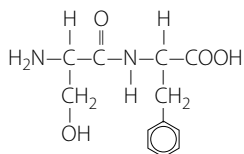
1. Aminoácido que no posee átomo de carbono asimétrico.	a) Albúmina.
2. Proteína globular con función transportadora.	b) Fibrinógeno.
3. Cromoproteína.	c) Glicina.
4. Aminoácido apolar aromático.	d) Triptófago.
5. Proteína con función de protección.	e) Cisteína.
6. Aminoácido que forma enlaces disulfuro.	f) Mioglobina.
- 9 ¿Qué modelos de estructuras se encontrarían en una proteína globular de una sola cadena, rica en cisteína? Razona la respuesta.
- 10 ¿Qué factores producen la desnaturalización de una proteína? ¿Qué tipos de enlaces se rompen durante dicho proceso? ¿Puede ser reversible?

RECUERDA Y CONTESTA

1. Las principales estructuras constituidas por proteínas son los músculos y los huesos.
2. Los alimentos de origen animal ricos en proteínas son la carne, la leche, el queso y los huevos.
3. Los alimentos de origen vegetal ricos en proteínas son las semillas, como los garbanzos, las judías, las lentejas, las almendras, las avellanas, etc.
4. La dieta rica en proteínas es muy importante para los niños, ya que para crecer necesitan fabricar músculos, y estos básicamente están constituidos por proteínas, y huesos, que en un 50 % también están formados por proteínas. En los deportistas también es esencial una dieta rica en proteínas para mantener y desarrollar más su musculatura.

ACTIVIDADES

1. En todos los aminoácidos, excepto en la glicocola, existe un carbono asimétrico, es el carbono α .
2. No. La disposición L o D es independiente de la actividad óptica. Es decir, tanto un L-aminoácido como un D-aminoácido pueden ser levógiros o dextrógiros.
3. Se refiere a la posibilidad de los aminoácidos de comportarse a la vez como bases y como ácidos en disolución acuosa. Ello se debe a que el grupo ácido o carboxilo libera protones, mientras que el grupo básico o amino capta protones.
4. Si el pH del medio coincide con el punto isoelectrico del aminoácido, entonces este adopta una forma dipolar neutra, con tantas cargas positivas como negativas. Por tanto, la alanina presentará ionizados tanto el grupo carboxilo (COO^-) como el grupo amino (NH_3^+).
5. a) Verdadera. En disolución acuosa, los aminoácidos se comportan a la vez como ácidos y como bases, lo que se denomina comportamiento anfótero. Ello se debe a que el grupo ácido o carboxilo libera protones, mientras que el grupo básico o amino capta protones. Se origina así una forma iónica dipolar.
b) Verdadera. Debido a su comportamiento anfótero, los aminoácidos mantienen constante el pH del medio; es decir, ejercen un efecto amortiguador o efecto tampón sobre el pH del medio.
c) Verdadera. El punto isoelectrico de un aminoácido es el valor del pH al cual dicho aminoácido se encuentra en su forma dipolar neutra; es decir, presenta tantas cargas positivas como negativas.
6. Los componentes de una cadena polipeptídica son los aminoácidos. Estos se unen entre sí por enlaces peptídicos.
7. El grupo carboxilo del primer aminoácido se une con el grupo amino del segundo aminoácido.



8. Cada molécula de agua posee una masa molecular de 18 u, si se forman 99 enlaces peptídicos (y en cada uno se libera una molécula de agua) para constituir una proteína de 100 aminoácidos y cada uno de los aminoácidos tiene una masa

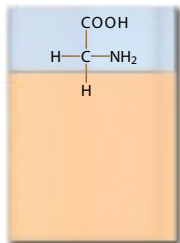
molecular de 120 u, entonces la masa molecular de la proteína sería:

$$100 \times 120 \text{ u} - 99 \times 18 \text{ u} = 12000 \text{ u} - 1782 \text{ u} = 10218 \text{ u}$$

9. a) $\text{Lys} + \text{H}_2\text{N}-\text{Met}-\text{Ala}-\text{Arg}-\text{COOH} + \text{H}_2\text{N}-\text{Met}-\text{Val}-\text{COOH}$
b) $\text{Lys} + \text{HOOC}-\text{Arg}-\text{Met}-\text{Cys}-\text{NH}_2 + \text{HOOC}-\text{Lys}-\text{Phe}-\text{NH}_2$
10. La estructura secundaria de la α -hélice se mantiene debido a los enlaces de hidrógeno entre el oxígeno del $-\text{CO}-$ de un aminoácido y el hidrógeno del $-\text{NH}-$ del cuarto aminoácido siguiente.
11. Las conformaciones globulares se mantienen estables debido a los enlaces entre los radicales (R) de los aminoácidos. Estos enlaces pueden ser de varios tipos: enlace disulfuro, enlace de hidrógeno, interacciones iónicas, fuerzas de Van der Waals o interacciones hidrofóbicas.
12. Los enlaces que mantienen la estructura cuaternaria de una proteína pueden ser enlaces débiles (no covalentes) y, en ocasiones, enlaces covalentes del tipo enlace disulfuro.
13. La actividad biológica y la especificidad de una proteína dependen de su estructura primaria.
14. Al someter una molécula proteica a una temperatura elevada, se rompen los enlaces que mantienen las estructuras terciarias y cuaternarias y, en ocasiones, la secundaria. El proceso se denomina desnaturalización. Las proteínas desnaturalizadas no pueden realizar funciones de tipo enzimático, transportador u hormonal.
15. Las proteínas filamentosas presentan cadenas polipeptídicas largas, no se pliegan y, por tanto, no son solubles en agua.
16. Las inmunoglobulinas son proteínas que constituyen los anticuerpos y estos se asocian a sustancias extrañas en el organismo, puede ocurrir que el órgano trasplantado sea reconocido como extraño y se produzca el rechazo inmunológico.
17. Tiene función contráctil que posibilita la movilidad de la bacteria.
18. La hemoglobina es un pigmento respiratorio que transporta el oxígeno.
19. La acción biocatalizadora se refiere a la actividad de las enzimas que regulan las reacciones bioquímicas.
20. Las proteínas filamentosas son insolubles en agua, generalmente los polipéptidos de estas proteínas están enrollados en una sola dimensión, formando fibras paralelas. Las proteínas globulares tienen una estructura más o menos globular y compleja. La mayoría son solubles en agua o bien en disoluciones polares. Las inmunoglobulinas pertenecen al grupo de proteínas globulares.
21. Las heteroproteínas se dividen en cinco grupos según la naturaleza de su grupo prostético:
 - Cromoproteínas: su grupo prostético es una sustancia con color.
 - Glucoproteínas: su grupo prostético es un glúcido.
 - Lipoproteínas: tienen ácidos grasos como grupos prostéticos.
 - Fosfoproteínas: presentan como grupo prostético el ácido fosfórico.
 - Nucleoproteínas: tienen un ácido nucleico como grupo prostético.

22. Los pigmentos porfirínicos tienen como grupo prostético una porfirina, es decir, un anillo tetrapirrólico. En el centro de este anillo hay un catión metálico. Si se trata de un catión ferroso (Fe^{2+}), la porfirina se denomina grupo hemo. Pertenecen a este grupo la hemoglobina y la mioglobina.

23. **Glicina (Gly)**



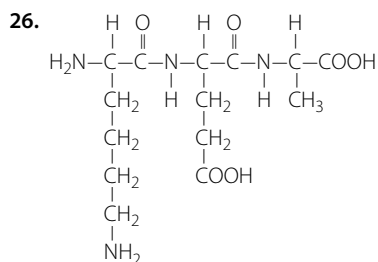
24. Si el pH del medio coincide con el punto isoelectrico del aminoácido, entonces este adopta la forma dipolar neutra, con tantas cargas positivas como negativas.

Si el pH del medio es 4 y, por tanto, inferior al punto isoelectrico, el aminoácido capta protones y presenta carga positiva.

Si el pH del medio es 10 y, por tanto, superior al punto isoelectrico, el aminoácido libera protones y presenta carga negativa.

El aminoácido se desplazará hacia el cátodo cuando el pH del medio sea 4, hacia el ánodo cuando el pH sea 10 y quedará inmóvil si el pH es 6,5.

25. El tripéptido podría ser: Ala-His-Glu o Ala-Lys-Glu.



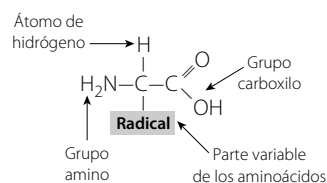
27.

Aminoácidos no polares o hidrofóbicos	Aminoácidos polares sin carga	Aminoácidos polares con carga negativa	Aminoácidos polares con carga positiva
Alanina (Ala) Valina (Val) Leucina (Leu) Isoleucina (Ile) Metionina (Met) Fenilalanina (Phe) Prolina (Pro) Triptófano (Trp)	Glicina (Gly) Serina (Ser) Treonina (Thr) Cisteína (Cys) Asparagina (Asn) Glutamina (Gln) Tirosina (Tyr)	Ácido aspártico (Asp) Ácido glutámico (Glu)	Lisina (Lys) Arginina (Arg) Histidina (His)

28. Como intervienen doce aminoácidos, habrá once enlaces peptídicos que habrán liberado una molécula de agua cada uno; por tanto, la masa molecular del oligopéptido es:

$$3 \text{ (MM de la alanina = 89)} + 4 \text{ (MM de la lisina = 146)} + 5 \text{ (MM de la valina = 117)} - 11 \text{ (MM del agua = 18)} = 1238$$

29. Aminoácidos.



Atendiendo a la variedad de radicales, pueden ser: ácidos, básicos, neutros, aromáticos, hidrófilos, hidrófobos, heterocíclicos.

Transporte: hemoglobina; enzimática: pepsina; contracción de células musculares: miosina; hormonal: insulina; inmunitaria: inmunoglobulinas; estructural: queratina.

30. Definición: secuencia lineal o conjunto de aminoácidos unidos en un determinado orden.

Tipo de enlace: enlace peptídico.

Grupos que participan: grupo carboxilo de un aminoácido y amino del otro.

Desnaturalización: pérdida de las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria que puede o no ser reversible.

Síntesis: ribosomas y retículo endoplasmático. Empaquetamiento: complejo de Golgi.

31. Conformación en α -hélice y conformación β .

α -hélice: estructura helicoidal, radicales dispuestos en la periferia de la hélice, estabilizada por puentes de hidrógeno.

Conformación β : estructura laminar, varias cadenas polipeptídicas unidas y estabilizadas por puentes de hidrógeno.

32. Estructura terciaria: plegamiento de una cadena polipeptídica. Plegamiento mantenido por interacciones hidrofóbicas, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, fuerzas electrostáticas y puentes disulfuro.

Estructura cuaternaria: asociación de varias subunidades polipeptídicas. Asociación mantenida por interacciones hidrofóbicas, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, fuerzas electrostáticas y puentes disulfuro.

33. Con dos de diferente tipo se pueden hacer dos. Con dos del mismo tipo solo se puede hacer uno.

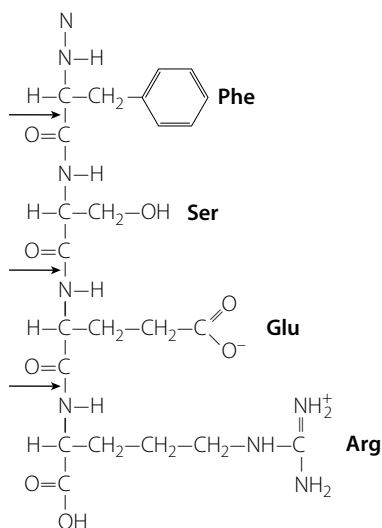
34. 1. Ala-Ser-Gly.
2. Ala-Gly-Ser.
3. Ser-Ala-Gly.
4. Ser-Gly-Ala.
5. Gly-Ser-Ala.
6. Gly-Ala-Ser.

35. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

36. a) Se trata del tetrapéptido «Phe-Ser-Glu-Arg».

b) Los monómeros que lo forman se denominan aminoácidos. Los aminoácidos son compuestos orgánicos que se caracterizan por poseer un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) y un grupo amino ($-\text{NH}_2$). Las otras dos valencias del carbono se saturan con un átomo de H y con un grupo variable denominado radical, R. Según este radical, se distinguen 20 aminoácidos.

c) Enlaces peptídicos, que se encuentran donde están las flechas:



d) La secuencia de nucleótidos del ADN.

37. 1-a); 2-f); 3-d); 4-b); 5-c); 6-e).

38. a) **Aminoácidos.** Compuestos por un grupo amino y uno carboxilo; se diferencian por sus residuos, que les dan diversidad, pudiendo ser polares, apolares, alifáticos, aromáticos, etc. Los aminoácidos proteicos existen en número muy limitado, no sobrepasan la veintena en la naturaleza. Representan las cadenas laterales o residuos que diferencian a unos aminoácidos de otros.

Enlace peptídico.

Un hidrógeno del grupo amino y un hidroxilo del grupo carboxilo.

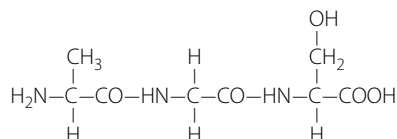
b) **Dipéptido.**

Ribosomas.

Polipéptidos o proteínas.

Funciones: transportadora, catalítica, estructural, reguladora, reconocimiento celular, etc.

39. a)



b) Las holoproteínas son las proteínas que están constituidas exclusivamente por aminoácidos. Las heteroproteínas son las proteínas que además de aminoácidos presenta algún otro tipo de molécula.

c) La función biológica de una proteína depende básicamente de su estructura terciaria, y las que tienen estructura cuaternaria, también de ella. Las proteínas globulares suelen ser solubles en agua y por ello pueden realizar funciones enzimáticas, de transporte y hormonales. En cambio, las proteínas filamentosas son insolubles en agua y, por tanto, son idóneas para realizar funciones esqueléticas, como formar huesos, cartílagos, tendones y ligamentos.

d) Las proteínas no pueden almacenar información genética ya que no se transmiten a los descendientes ni existe ningún mecanismo natural que permita sintetizar proteínas a partir de otras proteínas.

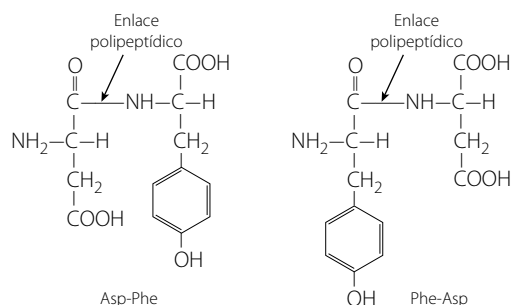
40. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

41. Porque las hormonas son proteínas transportadas por el medio interno del organismo que llegan a determinadas células a las que estimulan para iniciar ciertas reacciones, en muchas ocasiones imprescindibles para la vida.

42. Porque los enlaces que constituyen la estructura del colágeno y de la seda son más estables que los de la lana.

43. Un grupo prostético es una molécula de naturaleza no proteica que unida a una secuencia de aminoácidos constituyen una heteroproteína. Ejemplos de grupos prostéticos: glucido, ácido graso, ácido fosfórico, porfirina o ácido nucleico.

44. a)



b) Las principales funciones de las proteínas en el organismo son:

- **Estructural.** A nivel celular las proteínas forman parte de la estructura de la membrana plasmática, constituyen los cilios y los flagelos y sirven de soporte al ADN.
- **Enzimática.** Tienen acción biocatalizadora regulando las reacciones bioquímicas. Por ejemplo, la maltasa que convierte la maltosa en glucosas.
- **Hormonal.** Son proteínas transportadoras que llegan a determinadas células y estimulan ciertas reacciones. Por ejemplo, la insulina.
- **Homeostática.** Consiste en mostrar constante los valores de determinadas variables, como la acidez o la concentración de glucosa. Por ejemplo, trombina y fibrinógeno.

45. 1-j); 2-a); 3-h); 4-b); 5-e); 6-g); 7-i); 8-c); 9-d); 10-f).

46. a) Se trata de la proteína caseína.

b) Ha precipitado porque se ha desnaturalizado al cambiar el grado de ionización de sus radicales con carga cuando se añade el ácido.

c) Su nombre común es requesón o queso fresco.

d) Se puede reconocer haciendo la prueba Biuret (ver la práctica final).

e) Se trata de triglicéridos (grasas), básicamente de triestearina. En la leche se encuentra emulsionada por la proteína caseína, que constituye una capa envolvente de cada pequeña gota de grasa.

f) Su nombre común y comercial es «nata».

g) Se puede reconocer constatando que se colorea de rojo con el colorante Sudán III, que es específico de los lípidos, y porque se solubiliza en disolventes polares como el benceno.

h) El glúcido que hay en en la leche es el disacárido lactosa.

i) La presencia de este disacárido se puede detectar constatando si da positivo con el reactivo de Fehling.

LABORATORIO

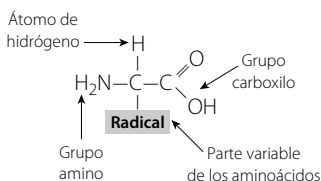
1. En la clara de huevo predomina la albúmina, y en la leche, la caseína.

La coagulación de dichas proteínas se debe a la desnaturalización, por aumento de calor y adición de las sustancias ácido clorhídrico y acetona). En dicho proceso los enlaces, que mantienen la estructura secundaria y terciaria de la proteína, se rompen, y como consecuencia la proteína adopta una conformación filamentosas. Entonces, la capa de moléculas de agua no recubre totalmente las moléculas proteicas, que tienden a unirse entre sí originando grandes partículas que precipitan. Se trata de un proceso irreversible.

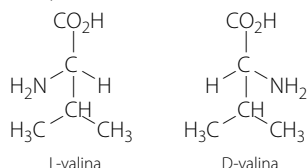
2. La prueba de Biuret detecta la presencia de cualquier compuesto con más de un enlace peptídico, por lo que no sirve para aminoácidos libres y dipéptidos.
3. No. La prueba de Biuret consiste en la formación de un complejo de coordinación de los iones Cu^{2+} , de color rosado-violetado. Además de las proteínas otras moléculas no proteicas que posean grupos $-\text{C}-\text{N}-$, pueden producir dicha coloración, como la urea presente en la orina.
4. La prueba xantoproteica es aplicable a las proteínas que contengan aminoácidos con grupos bencénicos en su cadena lateral (como la tirosina y la fenilalanina). Dicha prueba se puede realizar con casi cualquier proteína, ya que casi todas llevan alguno de dichos aminoácidos en su larga cadena.
5. Al añadir ácido nítrico concentrado se produce un precipitado blanco, que al calentar se vuelve amarillo (coloración típica de la presencia de proteínas) y naranja cuando se neutraliza con amoníaco.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. Aminoácidos. Cada aminoácido está formado por un grupo amino (NH_2) que es básico y un grupo carboxilo (COOH) de naturaleza ácida. Ambos grupos se unen a un átomo de C central, al cual también se une un grupo radical $-\text{R}-$, o cadena lateral y un átomo de hidrógeno.



2. Cuando el pH esté próximo a 7 los aminoácidos están ionizados. El grupo amino capta un protón, actuando como una base, mientras que el grupo carboxilo pierde un protón y actúa como un ácido. Así, el aminoácido a pH 7 se encuentra en estado de iones híbridos, formando dipolos.
3. Los dos isómeros ópticos de la valina son: L-valina y D-valina.



La disposición L o D es independiente de la actividad óptica.

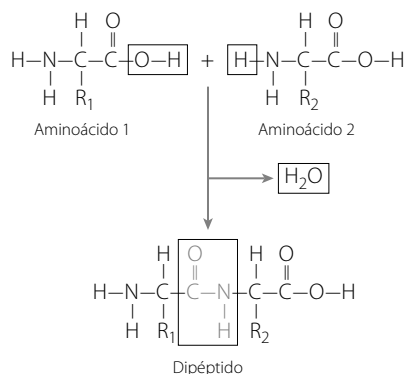
4. Aminoácidos no polares o hidrófobos: valina (B), triptófano (C), fenilalanina (F).
Aminoácidos polares sin carga: glicina (A), glutamina (G), tirosina (H).

Aminoácidos ácidos: ácido glutámico (E).

Aminoácidos básicos: lisina (D).

5. Una cadena polipeptídica está formada por la unión de aminoácidos, unidos mediante enlace peptídico.

El enlace peptídico es un enlace que se establece entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino del siguiente. Este enlace da lugar al desprendimiento de una molécula de agua.



6. Estructura terciaria: plegamiento de una cadena polipeptídica. Dicho plegamiento se mantiene por interacciones hidrofóbicas, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, fuerzas electrostáticas y puentes disulfuro.

Estructura cuaternaria: asociación de varias subunidades polipeptídicas. Dicha asociación se mantiene por interacciones hidrofóbicas, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, fuerzas electrostáticas y puentes disulfuro.

7. Debido a la cadena lateral de naturaleza alifática tan voluminosa que posee el aminoácido prolina.
8. La α -hélice se forma cuando la estructura primaria se enrolla helicoidalmente sobre sí misma. Esto es debido a la formación de enlaces de hidrógeno entre el oxígeno del $-\text{CO}-$ de un aminoácido y el hidrógeno del $-\text{NH}-$ del cuarto aminoácido que lo sigue. Su estructura se mantiene así por puentes de hidrógeno intracatenarios.

Por el contrario, en la conformación β , o lámina plegada, los aminoácidos no forman una hélice, sino una cadena distendida en forma de zigzag debido a la ausencia de enlaces de hidrógeno entre los aminoácidos próximos. Si la cadena se repliega, se pueden establecer enlaces de hidrógeno entre segmentos, antes distantes, que debido al plegamiento han quedado próximos a la conformación en lámina plegada, denominados enlaces de hidrógeno intercatenarios.

9. Las heteroproteínas resultan de la unión de un grupo proteico (secuencia de aminoácidos) y de un grupo prostético no proteico. Según la naturaleza de este último grupo, se clasifican en varios tipos:

Cromoproteínas	Porfirínicas	• Hemoglobina • Mioglobina • Catalasa • Citocromos
	No porfirínicas	• Hemocianina
Glucoproteínas	Glucoproteínas de la membrana, hormona estimulante del folículo (FSH), hormona luteinizante (LH), etc.	

Lipoproteínas	Quilomicrones, lipoproteínas sanguíneas.
Fosfoproteínas	Caseína, vitelina.
Nucleoproteínas	Asociaciones ADN-histonas.

10. Física: calentando el tubo de ensayo (desnaturalización por calor).
Química: añadiendo vinagre o limón (cambio de pH).
Química: añadiendo al tubo de ensayo una solución salina concentrada.
Física: agitando fuertemente el tubo de ensayo.
En cualquiera de los casos se trata de una desnaturalización proteica, con lo que la proteína se volvería biológicamente inactiva.
11. Si, debido a que cualquier cambio de la secuencia de aminoácidos puede afectar a los distintos niveles de plegamiento y, por tanto, a la funcionalidad de la proteína.
12. Función enzimática: catalasa y tripsina.
Función transporte: hemoglobina, seroalbúmina, mioglobina, lipoproteínas.
Función reserva y nutritivas: ovoalbúmina, ferritina, caseína.
Función contráctil-móvil: actina, miosina, tubulina y dineína.
Función estructural: colágeno, elastinas, queratina y fibroína.
Función defensiva: inmunoglobulinas, fibrinógeno, trombina, toxina botulínica.
Función reguladora: insulina, hormona de crecimiento, corticotropina.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. a) **Aminoácidos.** Son compuestos orgánicos que se caracterizan por poseer un grupo amino y uno carboxilo; se diferencian por sus residuos, que les dan diversidad, pudiendo ser polares, apolares, alifáticos, aromáticos, etc. Los aminoácidos proteicos existen en número muy limitado, no sobrepasando la veintena en la naturaleza.

R_1 y R_2 representan las cadenas laterales o residuos que diferencian a unos aminoácidos de otros. El enlace que se produce se denomina enlace peptídico.

Un hidrógeno del grupo amino y un hidroxilo del grupo carboxilo.

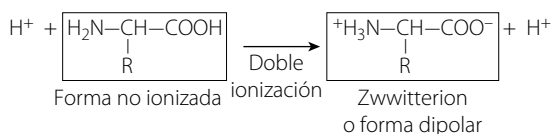
- b) **Dipéptido.**

El orgánulo implicado en la formación del enlace peptídico es el ribosoma.

Polipéptidos o proteínas.

Funciones: transportadora, catalítica, estructural, reguladora, reconocimiento celular, etc.

2. Los aminoácidos en disolución acuosa se comportan a la vez como ácidos y como bases, lo que se denomina comportamiento anfótero. Ello es debido a que el grupo ácido o carboxilo libera protones ($-\text{COOH} \rightarrow -\text{COO}^- + \text{H}^+$), mientras que el grupo básico o amino capta protones ($-\text{NH}_2 + \text{H}^+ \rightarrow -\text{NH}_3^+$). Se origina así una forma dipolar iónica denominada zwitterion.



Si se acidifica el medio en el que se encuentra la forma dipolar, es decir, si se añaden protones (H^+), el grupo carboxilo ionizado capta estos protones, esto es, se comporta como una base ($-\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow -\text{COOH}$) y amortigua dicha acidificación. Si se basicifica el medio en el que se encuentra la forma dipolar, es decir, se disminuye el número de protones o iones hidrógeno (H^+), el grupo amino ionizado libera protones, esto es, se comporta como un ácido ($-\text{NH}_3^+ \rightarrow -\text{NH}_2 + \text{H}^+$) y amortigua la basicificación.

3. Los aminoácidos se clasifican, según el radical R , en:

• **Aminoácidos no polares o hidrofóbicos.** Son los aminoácidos en los cuales el radical R es una cadena hidrocarbonada. Por ejemplo, la alanina (Ala).

• **Aminoácidos polares sin carga.** Son los aminoácidos en los cuales el radical R es una cadena que presenta radicales que forman enlaces de hidrógeno con el agua. Por esta razón son más solubles que los anteriores. Por ejemplo, la glicina (Gly) y la cisteína (Cys).

• **Aminoácidos polares con carga negativa o ácidos.** Son los aminoácidos en los cuales el radical R presenta un grupo ácido ($-\text{COOH}$). Son el ácido aspártico (Asp) y el ácido glutámico (Glu).

• **Aminoácidos polares con carga positiva o básicos.** Son los aminoácidos en los cuales el radical R presenta un grupo básico, como un grupo amino ($-\text{NH}_2$). Por ejemplo, la lisina (Lys).

4. En el enlace peptídico los cuatro átomos del grupo péptido se hallan en el mismo plano, de modo que el átomo de oxígeno del grupo carboxilo y el átomo de hidrógeno del grupo $-\text{NH}-$ se hallan en posición *trans*, uno respecto a otro. El enlace $\text{C}-\text{N}$ que une dos aminoácidos mediante enlace peptídico es más corto que la mayoría de los enlaces $\text{C}-\text{N}$. Además, el enlace $\text{C}-\text{N}$ posee cierto carácter de doble enlace, lo que le impide girar libremente. Este hecho impone ciertas restricciones al número de conformaciones en el espacio que podrían ser adoptadas por una cadena polipeptídica.

5. Las distintas estructuras que podemos encontrar en las proteínas son:

- Primaria: formada por la secuencia lineal de aminoácidos.
- Secundaria: formada por la disposición espacial en forma de hélice, lámina plegada o tipo colágeno.
- Terciaria: plegamiento espacial.
- Cuaternaria: formada por la unión de varias subunidades o monómeros.

6. 1) e; 2) f; 3) h; 4) g; 5) b; 6) c; 7) a; 8) d; 9) i.

7. La especificidad de una proteína depende de la posición que ocupan determinados aminoácidos. Esta secuencia condiciona la estructura terciaria o cuaternaria de una proteína, lo que a su vez condiciona su función biológica.

8. Al freír un huevo se produce la desnaturalización. En dicho proceso se ve alterada la ovoalbúmina.

La propiedad física que se ve alterada es la solubilidad de dicha proteína, que pasa de soluble a proteína precipitada.

El agente que origina dicho cambio es la temperatura.

9. Las proteínas son macromoléculas capaces de adoptar una gran diversidad estructural, lo que les permite desempeñar funciones muy diversas:

– **Función estructural.** A nivel celular destacan las glucoproteínas de la membrana plasmática, las proteínas que forman parte de los microtúbulos del citoesqueleto, cilios

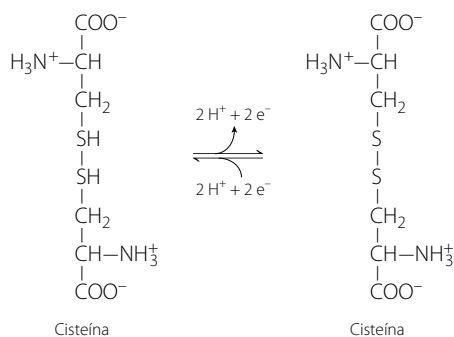
y flagelos, o las histonas, que se asocian al ADN para formar la cromatina. A nivel histológico podemos citar la queratina de la dermis o el colágeno del tejido conjuntivo.

- **Función contráctil.** La actina y la miosina son proteínas que se asocian entre sí, llevando a cabo la contracción muscular.
- **Función reserva.** Desempeñan esta función la ovoalbúmina de la clara de huevo o la caseína de la leche.
- **Función de transporte.** Son proteínas transportadoras las permeadas de la membrana celular, la hemoglobina de la sangre de vertebrados, que se encarga del transporte de oxígeno por la sangre o las lipoproteínas del plasma sanguíneo (HDL, LDL, etc.).
- **Función hormonal.** Son proteínas reguladoras que, distribuidas por la sangre actúan por todo el organismo. Entre ellas podemos citar la insulina y el glucagón, segregadas por el páncreas, que regulan el metabolismo de la glucosa.
- **Función enzimática.** Son proteínas que favorecen las reacciones químicas que tienen lugar en la célula de los organismos. Entre ellas cabe citar la catalasa, la peroxidasa, los citocromos, etc.
- **Función defensiva.** Destacan las inmunoglobulinas o anticuerpos, que defienden al organismo contra las infecciones, o la trombina y el fibrinógeno, que participan en la coagulación sanguínea.
- **Función homeostática.** Realizan esta función proteínas capaces de mantener el equilibrio del medio interno.

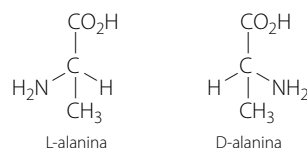
AMPLIACIÓN

1. El poder nutritivo de las proteínas radica en que son fuente de aminoácidos. La desnaturalización no afecta a la estructura primaria ni a los aminoácidos y, por tanto, no afecta al poder nutritivo.
2. Sí, y solo si los dos dipéptidos se constituyen por los mismos aminoácidos en diferente orden. Es decir, cuando los dos aminoácidos cambian de posición. Por ejemplo, un dipéptido puede estar formado por los aminoácidos alanina y valina y el otro por valina y alanina.
3. Cada tetrapéptido se caracteriza por poseer una secuencia determinada de aminoácidos. Por tanto, el número de tetrapéptidos diferentes que podemos formar con los cuatro aminoácidos será:

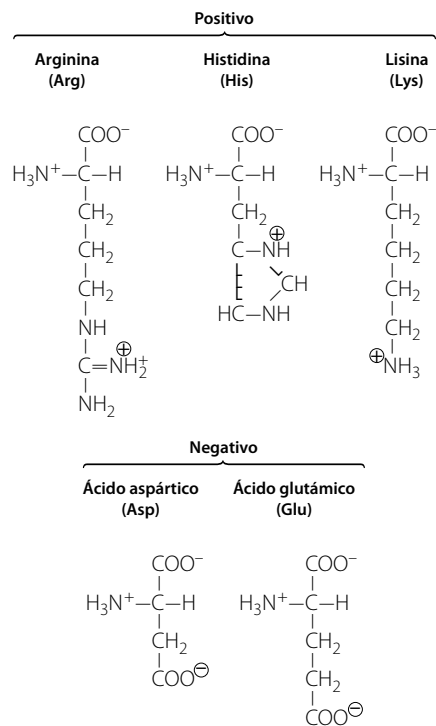
$$V^4_4 = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24 \text{ tetrapéptidos diferentes}$$
4. $20^3 = 8000$ tripéptidos diferentes.
5. El enlace o puente disulfuro (—S—S—) se forma a partir de los grupos sulfhídricos (—SH) de dos residuos de cisteína. El producto resultante es un residuo de cisteína.



6. Los dos isómeros ópticos de la alanina son: L-alanina y D-alanina.



7. No, la glicina es el único aminoácido que no posee carbono asimétrico. Además, la treonina y la isoleucina poseen dos carbonos asimétricos.
8. Los aminoácidos con cadena lateral cargada positivamente a pH neutro son: lisina (Lys), arginina (Arg) e histidina (His).
Los aminoácidos con cadena lateral cargada negativamente a pH neutro son aspartato (Asp) y glutamato (Glu).



Aminoácidos con cadenas laterales cargados eléctricamente

9. No presenta estereoisomería la glicina o glicocola.
No presenta estereoisomería debido a que carece de carbonos asimétricos.
No presentará actividad óptica debido a que no tienen carbonos asimétricos.
10. a) Imposibilidad de formar puentes de hidrógeno.
b) Rigidez de la molécula, debido a que el radical es muy pequeño.
c) El radical es muy voluminoso.
11. a) Se puede calcular el número aproximado de residuos de aminoácidos de una holoproteína, dividiendo su peso molecular por 110.

Proteína	Pm	N.º de cadenas	N.º de residuos
Insulina (bovina)	5733	2	52
Lizozima (clara de huevo)	13930	1	126

Proteína	Pm	N.º de cadenas	N.º de residuos
Mioglobina (corazón de caballo)	16 890	1	153
Hemoglobina (humana)	64 500	4	586
Quimiotripsina (páncreas bovino)	22 600	3	205

- b) Llegarán a adoptar estructura cuaternaria las proteínas que posean más de una cadena polipeptídica (proteínas oligoméricas), es decir, las proteínas: insulina (bovina), hemoglobina (humana) y quimiotripsina (páncreas bovino).
12. a) La forma del cabello depende de la disposición de los enlaces disulfuro entre las moléculas de α -queratinas. En los cabellos lisos los puentes disulfuro entre las cadenas se establecen en posición recta, al mismo nivel. Por el contrario, en el pelo rizado los enlaces disulfuro se establecen a diferente nivel.
- b) Para conferir el rizado que se realiza en la permanente se utilizan reactivos (generalmente un compuesto que contiene un grupo tiol o sulfhídrico) que rompen los enlaces transversales entre las cisteínas de diferentes cadenas (dispuestos al mismo nivel en el pelo lacio). A medida que los enrollamientos polipeptídicos se curvan con el calor, se establecen nuevos enlaces disulfuro entre regiones diferentes.
13. La cadena polipeptídica de la proteína colágeno tiene una disposición en hélice especial, que es algo más alargada que la α -hélice, debido a la abundancia de prolina y de hidroxiprolina. Los radicales de estos dos aminoácidos tienen una estructura que dificulta la formación de enlaces de hidrógeno, por lo que no se forma una α -hélice, sino una hélice más distendida, que tan solo presenta tres aminoácidos por vuelta. La estabilidad de la hélice de colágeno es debida a la asociación de tres hélices que originan una superhélice o molécula completa de colágeno. Las tres hélices se unen por media de enlaces covalentes y de enlaces débiles de tipo enlace de hidrógeno.
14. Sí, para ello se sometería la mezcla de aminoácidos a una electroforesis. La electroforesis es un método muy utilizado para separar una mezcla de moléculas que se encuentran juntas en los organismos, basándose en su carga eléctrica y en su peso molecular. Se utilizan mucho para separar mezclas de aminoácidos, de proteínas y también de fragmentos de ADN. Consiste en hacer que la mezcla atraviese una estructura tridimensional, que dificulta el avance de las moléculas, gracias a que dichas moléculas tienen carga eléctrica y se aplica un campo eléctrico. Las moléculas que adelantan además velocidad son las de menor peso molecular y con más carga eléctrica, y las más lentas son las de mayor peso molecular y menor carga eléctrica. Las que tienen carga negativa, las aniónicas, se mueven hacia el electrodo positivo o ánodo y las que tienen carga positiva, las catiónicas, se mueven hacia el electrodo negativo o cátodo.
15. Se ha observado que hay combinaciones de α -hélice y de conformación β que se encuentran repetidas en una misma proteína y también en proteínas diferentes. Estas combinaciones suelen ser estables, compactas y de aspecto globular, y reciben el nombre de dominios estructurales. Desde una perspectiva evolutiva, se considera que los dominios estructurales

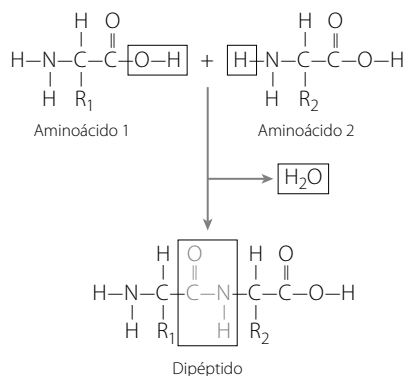
son «clichés estructurales» de elevada eficacia biológica y que, por ello, han servido como unidades modulares por constituir muchos tipos diferentes de proteínas globulares.

16. La proteína se sintetiza en los ribosomas, que se encuentran adheridos a la membrana del retículo endoplasmático rugoso. Dicha proteína puede quedarse a formar parte de las proteínas de la membrana (proteína transmembrana) o pasar al interior del lumen del retículo. En el lumen del retículo la proteína es glucosidada para así convertirse en glicoproteína (este proceso se completará en muchos casos en el aparato de Golgi). Del RER la proteína sale englobada en vesículas, que se unen a la región *cis* del dictiosoma. El contenido del dictiosoma va avanzando hacia la cara *trans* o de maduración, mediante pequeñas vesículas (vesículas intercisternas), y una vez que llega a la cara *trans* la glicoproteína es concentrada y acumulada en vesículas mucho mayores que las anteriores, denominadas vesículas de secreción.

Desde la cara *trans* se desprenden dichas vesículas de secreción. Estas se dirigen a continuación hacia la membrana plasmática, para verter la glucoproteína al exterior, mediante exocitosis, y además soldarse a ella, lo que permite la regeneración y crecimiento de la membrana.

REFUERZO

- Las distintas estructuras que podemos encontrar en las proteínas son:
 - Primaria: formada por la secuencia lineal de aminoácidos.
 - Secundaria: constituida por la disposición espacial en forma de hélice, lámina plegada o tipo colágeno.
 - Terciaria: plegamiento espacial.
 - Cuaternaria: originada por la unión de varias subunidades o monómeros.
- a) Las proteínas son polipéptidos de aminoácidos que están unidos mediante enlaces peptídicos. El enlace peptídico se produce entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino del otro, con la liberación de una molécula de agua.



- b) La estructura primaria de las proteínas es la secuencia de aminoácidos. La secuencia de nucleótidos del ADN determina la secuencia de aminoácidos de las proteínas.
- c) Función estructural: glicoproteínas de la membrana plasmática, histonas del cromosoma, queratinas, etc.
 Función de transporte: permeasas, pigmentos respiratorios, seroalbúminas, lipoproteínas, etc.
 Función enzimática: tripsina, catalasa, etc.

Función hormonal: hormonas hipofisiarias, tiroxina, etc.

Función de defensa: globulinas, trombina, etc.

Función contráctil: actina, miosina.

Función de reserva: ovoalbúmina, zeína, etc.

Función homeostática: proteínas sanguíneas, etc.

3. 1-f; 2-d; 3-e; 4-c; 5-a; 6-b.

4. a) Falso. La cromatina se constituye de ADN y proteínas.

b) Falso. La tripsina es una enzima peptidasa, producida en el páncreas, que rompe los enlaces de las proteínas mediante hidrólisis para formar péptidos o aminoácidos de menor tamaño.

c) Falso. La penicilina tiene función defensiva que, segregada por hongos, evita la competencia con otros microorganismos.

d) Falso. Las queratinas de las formaciones dérmicas tienen función estructural.

e) Falso. Las lipoproteínas sanguíneas se encargan de transportar lípidos por el torrente circulatorio desde su lugar de absorción, el intestino, hasta los tejidos de destino.

5. El proceso se denomina desnaturalización. En él los enlaces que mantienen la conformación globular se rompen y la proteína adopta la conformación filamentosas. Las proteínas en este estado no son funcionales.

Algunas de las causas que pueden desencadenar la desnaturalización son:

– Cambios de pH.

– Alteraciones en la concentración.

– Agitación molecular.

– Variaciones de temperatura.

6. a) 13 aminoácidos.

b) El primer aminoácido, el que posee el extremo N-terminal con un grupo amino libre, es la serina (Ser). El último aminoácido es el que posee el grupo C-terminal (con el grupo carboxilo libre), es decir, la alanina.

c) Se han formado 12 enlaces peptídicos.

7. Proteínas fibrosas: colágeno, queratina, elastina, miosina y fibrina.

Proteínas globulares: actina, lactoalbúmina, protamina, histonas, ovoglobulina, inmunoglobulina.

8. 1-c; 2-a; 3-f; 4-d; 5-b; 6-e.

9. Al ser la proteína de una sola cadena únicamente podría alcanzar la estructura primaria, secundaria y terciaria. Solo alcanzan la estructura cuaternaria las proteínas constituidas por más de una cadena polipeptídica (protómero).

10. Los factores que producen la desnaturalización de una proteína son: cambios de pH, variaciones de temperatura, alteraciones en la concentración salina del medio o por simple agitación molecular.

La desnaturalización supone la pérdida de la estructura terciaria y cuaternaria y, en ocasiones, también de la secundaria, debido a la rotura de los enlaces que las constituyen.

Como la desnaturalización no afecta los enlaces peptídicos, si se vuelve a las condiciones normales, algunas proteínas pueden recuperar su conformación inicial, hecho que se denomina renaturalización.

OBJETIVOS

1. Conocer la composición y estructura de los nucleótidos, así como su nomenclatura.
2. Comprender cómo se unen los nucleótidos para formar polinucleótidos, señalando los grupos químicos implicados.
3. Comparar ADN y ARN, señalando sus analogías y diferencias en cuanto a localización celular, composición, estructura y función biológica.
4. Describir el modelo de Watson y Crick, así como los pasos previos que llevaron a dicho descubrimiento.
5. Entender cómo se organiza el ADN en eucariotas y procariotas.
6. Indicar los diferentes tipos de ARN, señalando su estructura y función en la síntesis de proteínas.

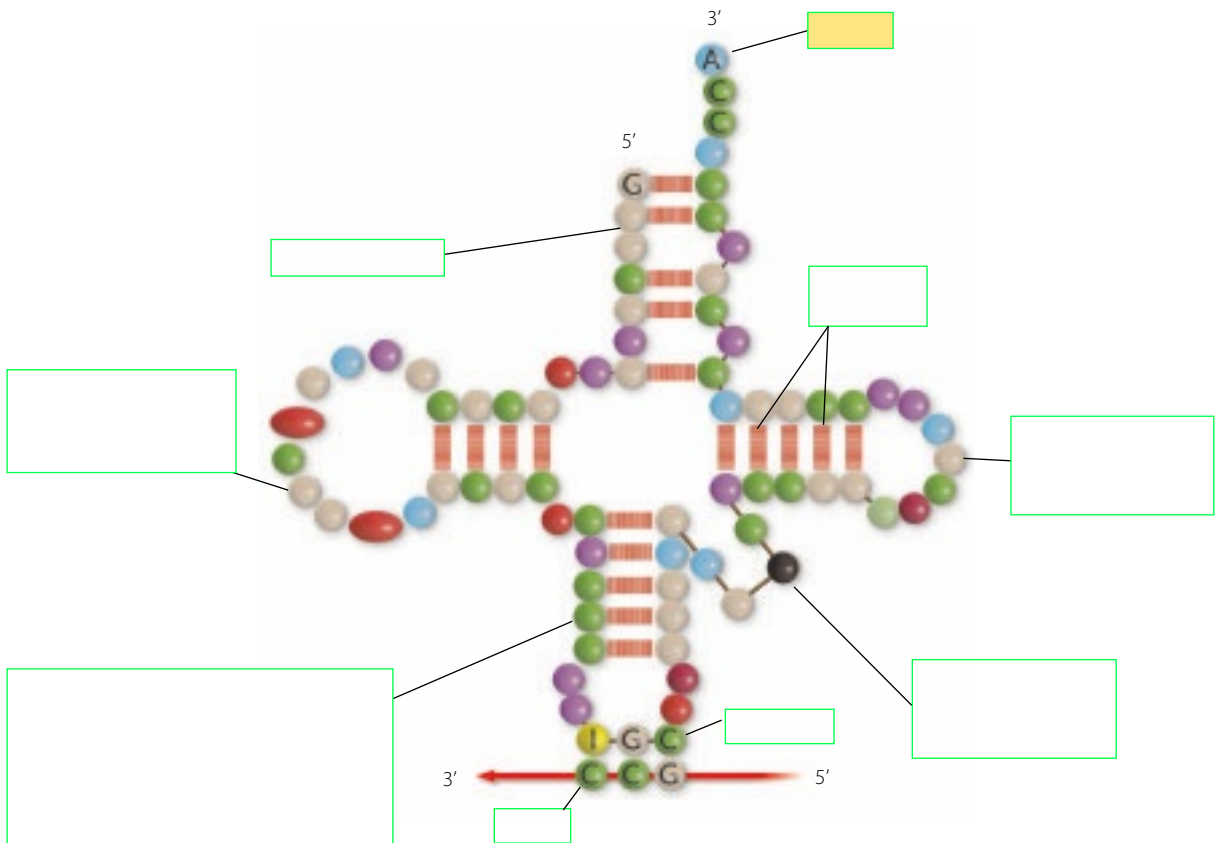
CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Nucleósidos y nucleótidos: concepto y composición química. (Objetivo 1) • El enlace fosfodiéster. (Objetivo 2) • Estructura y función del ADN: la doble hélice (modelo de Watson y Crick). (Objetivo 4) • Estructura terciaria del ADN. (Objetivo 5) • Ácido ribonucleico (ARN): estructura y función de los principales tipos. (Objetivo 6)	• Formulación de nucleótidos. (Objetivo 1) • Formulación de cadenas de polinucleótidos. (Objetivo 2) • Realización de un cuadro comparativo entre estructura, función y localización del ADN y el ARN. (Objetivo 3) • Resolución de actividades relativas a la identificación del tipo de ácido nucleico en relación con diferentes porcentajes de bases nitrogenadas. (Objetivo 3) • Construcción de un modelo de ADN (forma B). (Objetivo 4) • Extracción e identificación de ADN de diferentes organismos. • Identificación de dibujos mudos sobre la estructura del ADN y el ARN. (Objetivos 4 y 7) • Elaboración de esquemas o dibujos de los diferentes niveles estructurales y de empaquetamiento del ADN. (Objetivo 5)	• Valoración de la importancia de los ácidos nucleicos en los seres vivos. • Reconocimiento de la técnica de desnaturalización y renaturalización para conocer el grado de parentesco entre individuos. • Valoración de la importancia del conocimiento de la estructura del ADN como paso previo al desarrollo de la ingeniería genética. • Mostrar interés por conocer los pasos e investigaciones previas al descubrimiento de la estructura del ADN. • Valorar desde el punto de vista ético los avances en los estudios sobre el ADN.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Conocer y nombrar los componentes de los nucleótidos, así como la forma en que se unen. (Objetivo 1)	1 y 2	1
b) Describir entre qué grupos se establece el enlace fosfodiéster. (Objetivo 2)	3	2
c) Establecer diferencias entre el ADN y el ARN en cuanto a localización, composición, estructura y función. (Objetivo 3)	4	3
d) Describir la estructura y función del ADN. (Objetivo 4)	5, 6, 11 y 12	4 y 5
e) Conocer los niveles de organización del ADN en eucariotas y procariotas. (Objetivo 5)	7 y 8	6
f) Describir la estructura y función de los diferentes tipos de ARN. (Objetivo 7)	9 y 10	7 y 8

ESQUEMA DEL ARNt DE LA ALANINA



Extracción casera de ADN de un producto vegetal

Cada célula vegetal contiene unos 3 metros de ADN. La extracción del ADN de una muestra celular, ya sea animal o vegetal, se basa en el hecho de que los iones salinos son atraídos hacia las cargas negativas del ADN, lo que permite su disolución y posterior extracción de la célula. Para extraer el ADN, primero se debe romper la pared celulósica y la membrana plasmática, para acceder al contenido celular. Después se debe romper la membrana nuclear, y que así quede libre el ADN.

Objetivos

- Utilizar técnicas sencillas de laboratorio para extraer ADN.
- Observar la estructura fibrilar del ADN.

Material necesario

- 1 cebolla, 1 kiwi o cualquier otro producto vegetal.
- Detergente lavavajillas.
- Zumo de piña o de papaya.
- Filtro de café.
- Pipeta.
- Sal fina.
- Agua destilada.
- Alcohol de 96° muy frío.
- Tubos de ensayo.
- Vasos de precipitados.
- Varilla de vidrio.
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Microscopio.
- Orceína acética.

Desnaturalización

1. Corta la parte central de la cebolla o la muestra vegetal que desees (ajo, tomate, kiwi, etc.) en dados e introdúcelos en un vaso de precipitados.
2. Echa en el vaso de precipitados 4 cucharadas de detergente y 1 de sal (NaCl). Añade agua destilada hasta llenar el vaso (si no dispones de agua destilada, puedes utilizar agua mineral). Agita la mezcla suavemente con una varilla de vidrio.
3. Tritura durante unos minutos la mezcla con la batidora a impulsos de 10 segundos, hasta obtener una especie de puré o papilla.
4. Filtra varias veces el contenido del vaso con un filtro de café o dos gasas juntas.
5. Mide el volumen del filtrado con una probeta.
6. Introduce el volumen de filtrado a un nuevo vaso de precipitados. A continuación añade al filtrado la misma cantidad de alcohol, asegurándote de que esté muy frío. Si no dispones de alcohol puedes utilizar una bebida alcohólica muy fría, como vodka. Deja caer lentamente el alcohol resbalando por las paredes del vaso de precipitados mediante una pipeta, teniendo este inclinado, con el fin de que forme una capa sobre el filtrado. El alcohol quedará flotando.
7. Incorpora a la mezcla del vaso de precipitados 4 cucharaditas de zumo de piña o de papaya. Agita la mezcla suavemente con una varilla de vidrio y deja reposar unos minutos. Se podrá observar una zona turbia entre las dos capas, que corresponde a la formación de unos filamentos blancos de ADN en la interfase, que se van enganchando y enrollando a la varilla. La capa superior corresponde al alcohol, y la inferior, a la de filtrado. El ADN tiene la apariencia de una sustancia mucosa blanca y filamentosa.
8. Con la misma varilla deposita algunos de estos filamentos sobre un portaobjetos, añade unas gotas de orceína acética o hematoxilina y deja que se tiñan durante unos cinco o diez minutos. A continuación lava la preparación con agua destilada, cuidando de no arrastrar las fibras de ADN, seca los bordes, añade una gota de glicerina, pon un cubre y observa al microscopio.
9. Las fibras de ADN presentan una coloración morada, mientras que el resto del material es de color marrón.

Practica

1. ¿Qué función tiene el detergente que has añadido?
2. ¿Y la sal añadida?
3. ¿Qué ha ocurrido al añadir el zumo de piña o papaya?
4. ¿Crees que el producto filamentoso obtenido en la extracción es ADN puro?

- 1 Dibuja un nucleósido exclusivo de ADN señalando sus constituyentes y los enlaces que se establecen entre ellos.
- 2 En la célula se encuentran los nucleótidos que tienen una notable importancia biológica. ¿Cuál es la composición química de un nucleótido?
- 3 ¿Cómo se llama el enlace que une a dos o más nucleótidos? ¿Cómo se produce dicho enlace?
- 4 ¿Cuáles son las diferencias estructurales entre el ADN y el ARN?
- 5 Dibuja la estructura del ADN, indicando los diferentes grupos moleculares que lo componen. ¿Qué tipos de enlaces mantienen unidas ambas hebras?
- 6 Si sometemos un ADN bicatenario a temperaturas próximas a 100 °C, se desnaturaliza. ¿Qué quiere decir esto? Menciona otras biomoléculas que también se desnaturalicen.
- 7 Con respecto a los niveles de empaquetamiento del ADN en eucariotas:
 - a) Ordena de menor a mayor nivel de complejidad los siguientes niveles de organización del ADN: cromosoma, «collar de perlas», doble hélice de ADN, bucles radiales, solenoide.
 - b) ¿Qué es el solenoide?
 - c) ¿Qué diferencia la cromatina laxa de la cromatina compacta?
- 8 Comenta la veracidad o falsedad de la siguiente frase: «El ADN se presenta de la misma forma en todos los organismos».
- 9 ¿Cuántos tipos de ARN conoces? ¿Qué funciones llevan a cabo?
- 10 ¿Pueden existir regiones con doble hélice en un ARN monocatenario? Justifica la respuesta.
- 11 En el proceso de extracción de un ADN se ha perdido un trozo de una de las dos cadenas. Completa cómo es el fragmento que falta.
5 ... CCGACT ... 3'
3 ... GGCTGATACTGTCTGCA ... 5'
- 12 El ADN del bacteriófago ØX174 está formado por un 25 % de A, 33 % de T, 24 % de G y 18 % de C. ¿Corresponden estos porcentajes a lo esperado según el modelo de «doble hélice» propuesto por Watson y Crick?

- 1 ¿Qué diferencias hay entre un nucleósido y un nucleótido?
- 2 ¿Cuántos enlaces tipo éster hay en un trinucleótido, cómo se llaman y dónde están?

- 3 En una célula se pueden encontrar estos dos tipos de ácidos nucleicos. Copia la tabla adjunta y complétala resaltando las diferencias entre las dos macromoléculas.

Composición química	Azúcar	ADN	ARN
	Bases nitrogenadas		
Estructura			
Función			
Localización			

- 4 Una determinada molécula de ADN de cadena doble presenta 30% de adenina. Contesta razonadamente a las siguientes preguntas.
- ¿Cuáles serán los porcentajes del resto de bases nitrogenadas?
 - ¿Cuál será el porcentaje conjunto de bases púricas? ¿Y de bases pirimidínicas?
 - Indica qué valor tomará la relación bases púricas/bases pirimidínicas en dicha molécula.

- 5 Relaciona las descripciones de la columna de la izquierda con los términos de la columna de la derecha.

1. Número de enlaces de hidrógeno que se establecen entre la guanina y la citosina.	a) 10 pares
2. Distancia que separa cada pareja de nucleótidos en una cadena de ADN.	b) 0,34 nm
3. Número de nucleótidos que aparecen en cada vuelta de la doble hélice.	c) 3
4. Longitud de cada vuelta de la hélice.	d) 2 nm
5. Diámetro de la hélice de ADN.	e) 100 Å
6. Número de enlaces de hidrógeno que se establecen entre la adenina y la timina.	f) 3,4 nm
7. Diámetro de la fibra de cromatina.	g) 2

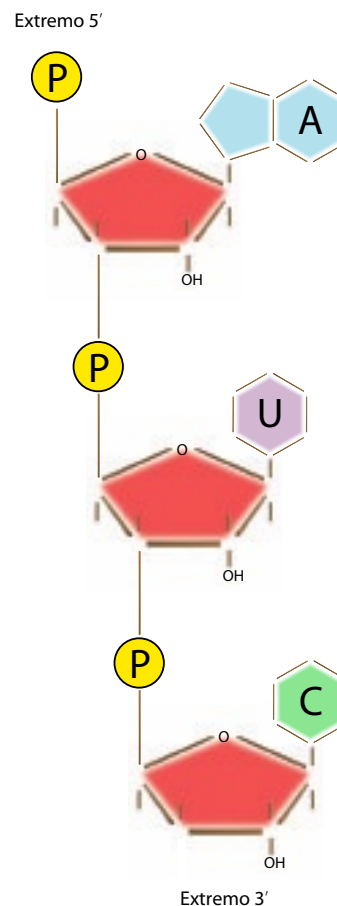
- 6 Comenta los siguientes conceptos:

- Histonas.
- Protaminas.
- Nucleosomas.

- 7 Dada la molécula indicada en la figura adjunta:

- ¿De qué molécula se trata?
- ¿Qué unidades estructurales puedes identificar?
- ¿Qué importancia biológica de esta molécula puedes señalar?

- 8 Mediante un dibujo explica la estructura química y la función del ARN transferente.



- 1 ¿Cuál es el único caso en que el ADN de dos personas es idéntico?
- 2 Completa el siguiente cuadro sobre composición aproximada de ADN de diferentes especies.

- 3 ¿Qué longitud tiene un fragmento de ADN humano que presenta 600 nucleótidos?

- 4 En el proceso de extracción de un ácido nucleico se ha encontrado el trozo abajo indicado. Comenta:

- a) ¿De qué tipo de ácido nucleico se trata?
 - b) ¿Cómo sería la estructura completa?
 - c) ¿Podría corresponder al sector del anticodón de un ARNt?
 - d) ¿Podría corresponder a uno de los brazos de un ARNt?
- 5 ... CCGACU ... 3'
- 3 ... GGCUAUCUCA ... 5'

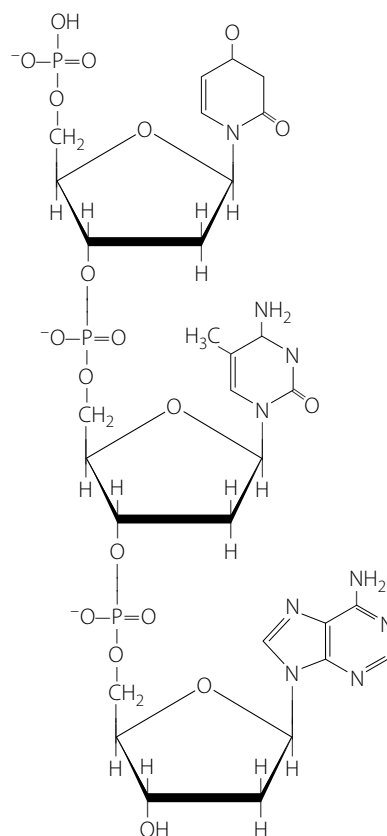
Especie	Bases púricas		Bases pirimidínicas	
	A	G	C	T
<i>Homo sapiens</i>	30		20	
<i>E. coli</i>	25	26	26	
Erizo de mar			17	33
Espermatozoides de salmón		21		29

- 5 En condiciones fisiológicas normales, el ADN es una molécula muy estable. ¿A qué crees que es debido?
- 6 Respecto al ADN. ¿Es constante el diámetro de la molécula en toda su longitud? Razona la respuesta.
- 7 En un dúplex de ADN ambas cadenas se encuentran unidas gracias a determinados enlaces. Explica cuáles son y cómo mantienen la estructura de la molécula.
- 8 ¿Qué diferencia existe entre un ARN mensajero y un ARN de transferencia?
- 9 El ARN de los eucariotas presenta dos tipos de fragmentos distintos. ¿Cómo se denominan dichos fragmentos? ¿Qué diferencia existe entre ellos? ¿Cómo afectan estas estructuras a la traducción del ADN?
- 10 La configuración del ADN descrita por Watson y Crick, denominada forma B, se consideró durante mucho tiempo la única. Sin embargo, actualmente se consideran otras dos formas de estructura en la doble hélice de ADN: las formas A y Z. Averigua en qué consiste la estructura de dichas formas.
- 11 ¿Cuántas moléculas de ADN hay en una célula somática de las personas? ¿Y en un espermatozoide?
- 12 ¿Qué es la renaturalización del ADN? ¿A qué temperatura aproximada se produce?
- 13 En un organismo cuyo material hereditario es ADN de doble hélice, las proporciones A + T/G + C y A + G/T + C de una de las dos hélices valen 0,5 y 0,2, respectivamente.
 - a) ¿Cuánto valdrán esas mismas proporciones en la hélice complementaria?
 - b) ¿Cuánto valdrán en la molécula completa?

- 1 ¿En qué se diferencia el ADN de dos personas distintas?
- 2 Relaciona los tipos de moléculas de la columna de la izquierda con los moléculas de la columna de la derecha.
- 3 Un ADN bacteriano presenta un 26 % de guanina. ¿Qué porcentaje presenta de las otras bases nitrogenadas?
- 4 Al analizar un ácido nucleico lo primero que se sabe es que tiene ribosa, lo siguiente es que presenta un 22 % de uracilo, un 24 % de adenina, un 28 % de citosina, un 16 % de guanina y un 10 % de bases sin especificar. Por último, se supo que su peso molecular es aproximadamente de 26 000 daltons. ¿Qué se ha podido decir progresivamente de este ácido nucleico?

Tipo de moléculas	Moléculas
A. ARN de vida corta	1. Virus
B. Nucleósido	2. ARNt
C. Base púrica	3. Timina
D. Molécula de unos $3,6 \cdot 10^{12}$ uma de peso molecular	4. Guanosina
E. Molécula presente a el ARN	5. CMP
F. El tipo de ARN más abundante	6. ADN
G. Proteínas asociadas al ADN	7. Guanina
H. Nucleótido	8. Histona
I. Base pirimidínica	9. Uracilo
J. Tipo de materia viva que puede tener ADN o ARN	10. ARNr

- 5 Observa el siguiente segmento de un ácido nucleico e indica:
 - a) ¿Cuántos nucleótidos presenta?
 - b) ¿Qué longitud tiene?
 - c) ¿De qué tipo de ácido nucleico se trata?
 - d) ¿Dónde están el segmento 3' y el extremo 5'?
 - e) ¿Cuál es su secuencia ordenada de nucleótidos?
 - f) ¿Cuál sería la secuencia ordenada de nucleótidos de la cadena complementaria?
 - g) ¿Qué tipos de enlaces presenta y cuántos hay de cada tipo?
- 6 Indicar si las siguientes secuencias de bases nitrogenadas pertenecen a un ADN o a un ARN.
 - A) 5' ... CTCCGATCC ... 3'
 - B) 5' ... UCCGCAAUA ... 3'
 - C) 5' ... ATACGATTA ... 3'
 - D) 5' ... CCGCGCAAC ... 3'
- 7 Indica cómo tiene lugar la desnaturalización del ADN. ¿Es reversible el proceso? Cita un agente físico y otro químico que desnaturalice el ADN.
- 8 Independientemente de la longitud y secuencia específica de un ADN de doble cadena:
 - a) ¿Qué bases nitrogenadas podríamos encontrar?
 - b) ¿Qué relaciones cuantitativas existirían entre dichas bases?
 - c) ¿Se cumplirían esas relaciones para el caso de un ADN de cadena sencilla? Razona la respuesta.

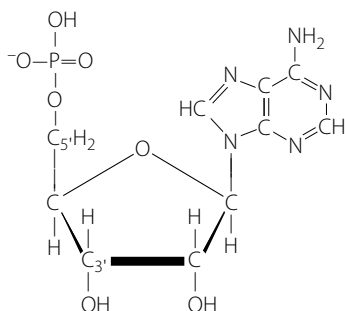


RECUERDA Y CONTESTA

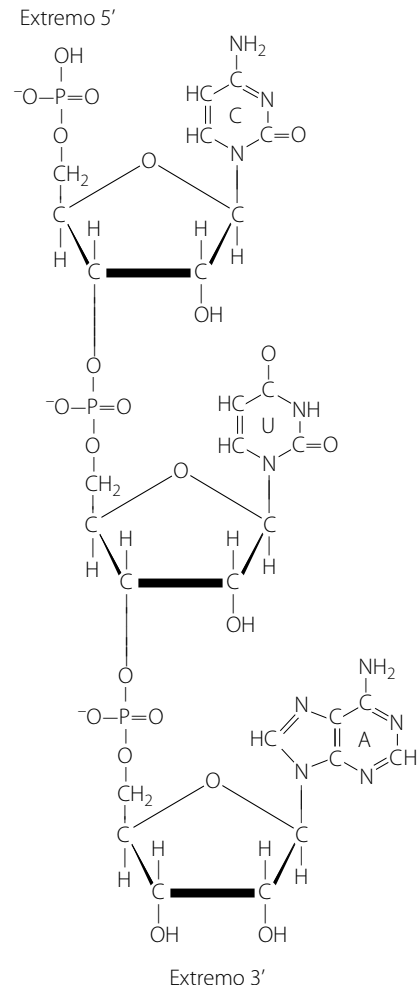
1. Esta molécula se encuentra en el interior de las células y en el interior de una gran parte de virus. En las células procariotas aparece más o menos condensado en una zona del citoplasma, y en las células eucariotas se encuentra rodeado de una doble membrana, constituyendo un orgánulo denominado núcleo.
2. Cada molécula de ADN está formada por dos largas cadenas de polinucleótidos enrolladas alrededor de un eje imaginario, formando una doble hélice. Las dos cadenas son antiparalelas y se mantienen unidas por puentes de hidrógeno. Además, son complementarias, la adenina siempre queda emparejada con la timina, y la guanina, con la citosina.
3. El aspecto más adecuado de esta estructura es que al estar constituida por dos cadenas, estas son susceptibles de separarse entre sí y cada una de ellas servir de molde para sintetizar sobre ella la cadena complementaria. De esta forma, se pueden obtener dos moléculas idénticas, con la información biológica completa, que cuando una célula se divide en dos, pueden servir para cada una de ellas.
4. En las células eucariotas, el ARN se localiza en el núcleo y en el citoplasma.
Estructuralmente está formado por una sola cadena de nucleótidos, excepto en reovirus, que es bicatenario. Está constituido por nucleótidos de ribosa, con las bases adenina, guanina, citosina y uracilo. No tiene, pues, timina como el ADN.
5. Las moléculas de ADN están constituidas por desoxirribonucleótidos de adenina, guanina, citosina y timina, la pentosa siempre es la desoxirribosa, mientras que las moléculas de ARN presentan ribonucleótidos de adenina, guanina, citosina y uracilo, la pentosa en este caso es la ribosa.
El ARN es la molécula que extrae la información del ADN y dirige la síntesis de proteínas a partir de esta información.

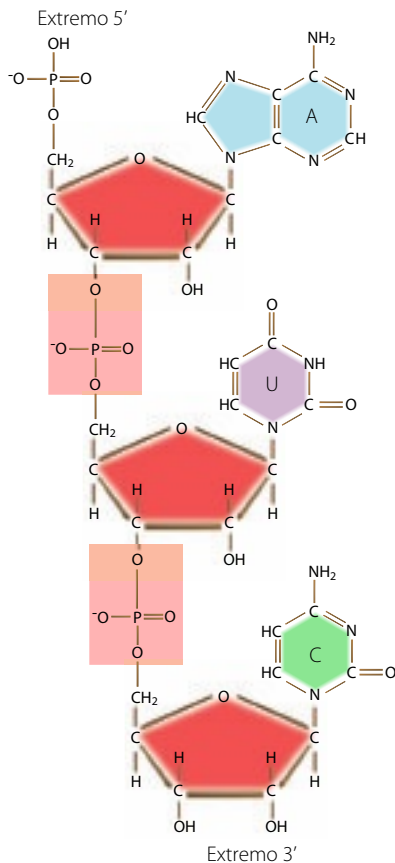
ACTIVIDADES

1. Bases que forman parte del ADN: adenina, guanina, citosina y timina.
Bases que forman parte del ARN: adenina, guanina, citosina y uracilo.
Bases púricas. Derivan de una molécula de purina y son: la adenina (A) y la guanina (G).
Bases pirimidínicas. Derivan de una molécula de pirimidina y son: la citosina (C), la timina (T) y el uracilo (U).
2. El nucleótido representado se denomina desoxiadenosina 5'-monofosfato (dAMP).

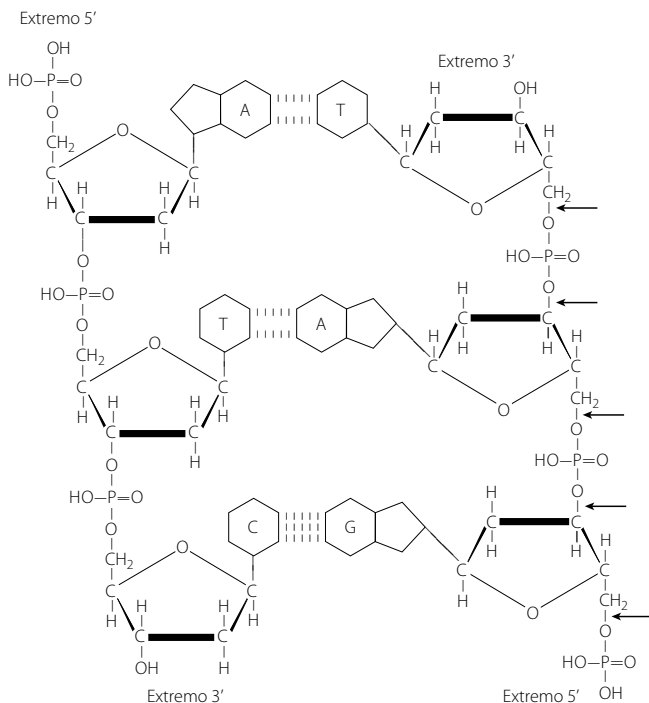


3. La secuencia de bases de la cadena representada es adenina-uracilo-citosina.
4. Porque cada uno de los nucleótidos que constituyen los ácidos nucleicos poseen un ácido fosfórico.
- 5.





6. Cada enlace de tipo éster queda señalado por una flecha.



7. Si hay un 23% de A, habrá un 23% de T. Como que entre A y T suman un 46%, entre C y G sumarán un 54% ($100 - 46 = 54$), y como ha de haber la misma cantidad de C que de G, habrá un 27% de C y un 27% de G.

8. Se trata de un ARN, puesto que el ADN no presenta U, sino T. Es de un solo filamento, porque si fuera de doble filamento habría la misma cantidad de A que de U, y la misma cantidad de G que de C.

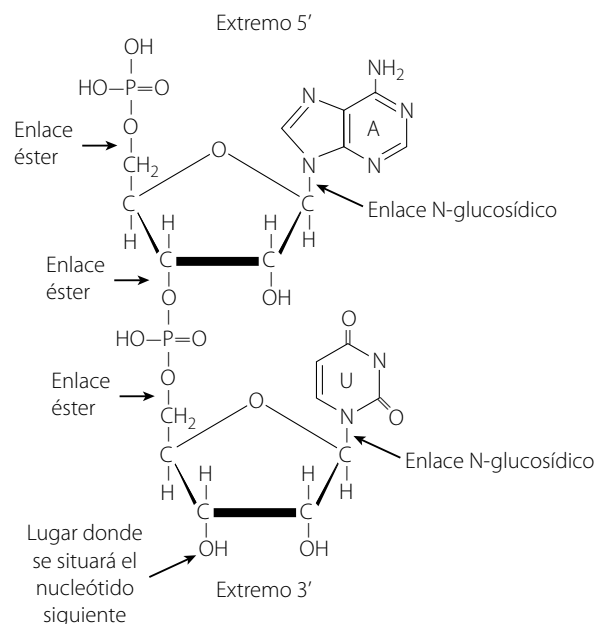
9. Los niveles estructurales se refieren a los diferentes rangos de complejidad estructural que presenta el ADN. Así se distinguen: estructura primaria, secundaria y terciaria o ADN superenrollado. En las células eucariotas el ADN se une además a histonas, lo que determina los niveles de empaquetamiento.

10. La cromatina laxa está constituida por una sucesión de partículas de 100 Å de diámetro denominadas nucleosomas. Si los nucleosomas se asocian a una molécula de histona H1, la fibra se acorta y pasa a estar compacta o condensada.

11. El ADN puede clasificarse según su forma en: lineal y circular.

12. El ADN de las células procariotas se encuentra asociado a proteínas parecidas a las histonas y a proteínas no histónicas.

13.



14. El ARNm de eucariotas presenta algunas zonas con doble hélice y zonas monocatenarias. Se encuentra asociado a proteínas formando partículas ribonucleoproteicas. Posee capucha, cola de poli-A, intrones y exones. Es monocistrónico, ya que lleva información para que se sintetice una proteína.

El ARNm de procariotas no presenta intrones, no tiene capucha ni cola de poli-A y empieza con un nucleótido trifosfato no invertido. Puede ser policistrónico, es decir, puede contener información para dos o más cadenas polipeptídicas.

15. Se debe a la presencia de bases complementarias entre distintos segmentos, esto facilita que se doblen y formen una estructura en doble hélice.

16. Una forma de diferenciar los tipos de ARNt es según el anticodón que presenten, que es el que se complementa con el triplete codón del ARNm.

17. Tipos de ARN: ARN mensajero, ARN de transferencia y ARN ribosómico.

- ARN mensajero: monocatenario y tipos de nucleótidos; localización: núcleo y citoplasma; función: transferencia de información.
- ARN de transferencia: monocatenario y regiones de doble hélice o de apareamiento interno y tipos de nucleótidos; localización: núcleo, citoplasma o ribosoma; función: transferencia de aminoácidos en la síntesis de proteínas.
- ARN ribosómico: monocatenario y regiones de doble hélice o de apareamiento interno, asociación a proteínas y tipos de nucleótidos; localización: se sintetiza en el nucléolo y se transporta al citoplasma asociado a proteínas; función: soporte de la síntesis de proteínas.

18. Composición: pentosa (ribosa o desoxirribosa); bases nitrogenadas (adenina, timina, guanina, citosina y uracilo) y ácido fosfórico.

Estructura: fosfato unido a pentosa, y esta, a base nitrogenada.

En cuanto a las funciones de los nucleótidos, podemos destacar que son los monómeros estructurales de los ácidos nucleicos, en ocasiones actúan como mediadores fisiológicos en procesos clave y algunos, como el ATP, participan en el metabolismo energético de las células.

19. a) ADN:

1: desoxirribosa y fosfato; 2: bases púricas y pirimidínicas

Puentes de hidrógeno.

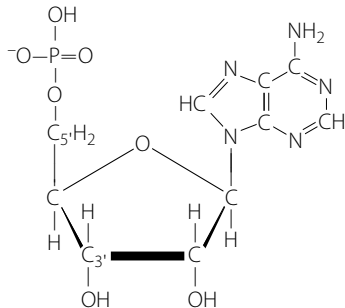
Fosfodiéster.

b) Replicación y transcripción:

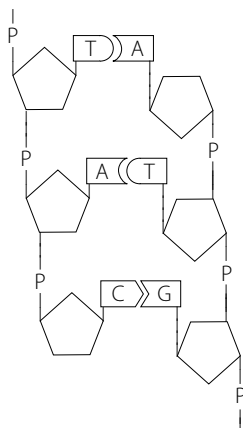
Replicación: garantiza la conservación y transmisión del material genético.

Transcripción: permite la expresión de la información genética.

20. a)

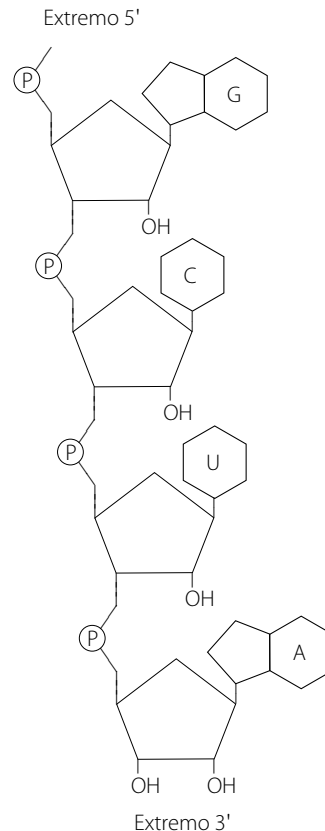


b)



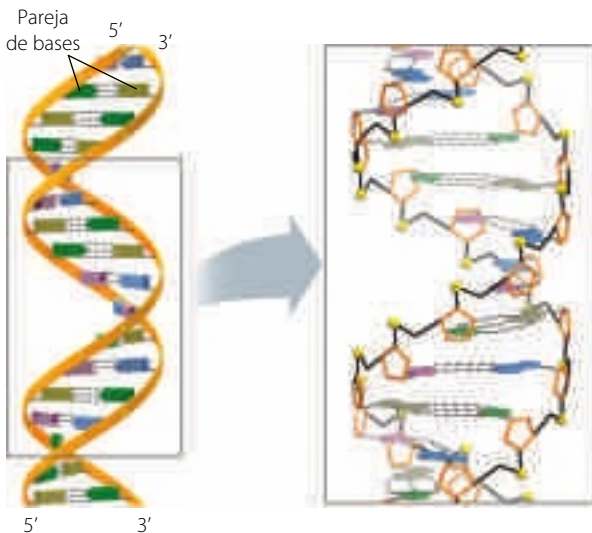
- c)** Por lo general, el ADN está constituido por una doble hélice, de 2 nm de diámetro, formada por dos cadenas de polinucleótidos enrolladas alrededor de un eje imaginario. En la mayoría de los organismos, el ARN es monocatenario, excepto en algunos virus, que es bicatenario. En los monocatenarios algunas zonas de su molécula, denominadas horquillas, pueden presentar estructura de doble hélice como resultado de la formación de enlaces de hidrógeno entre bases complementarias. Cuando las zonas complementarias están separadas por regiones no complementarias, se forman bucles.

21. a)



- b)** Se trata de un fragmento de ARN, puesto que como base nitrogenada posee uracilo en lugar de timina y como pentosa tiene ribosa en lugar de desoxirribosa.
- c)** La principal función del ARN (en concreto ARNm) es copiar la información contenida en el ADN y llevarla hasta los ribosomas para que se sintetizen las proteínas a partir de los aminoácidos que aportan los ARN de transferencia (ARNt).

22.

Estructura de la doble hélice de ADN

El ADN (ácido desoxirribonucleico) está formado por dos cadenas lineales de desoxirribonucleótidos dispuestos en doble hélice, de 2 nm de diámetro, alrededor de un eje imaginario. Las dos cadenas de polinucleótidos son antiparalelas; es decir, con los enlaces 5' → 3' orientados en sentido opuesto, y son complementarias.

Cada nucleótido de ADN se forma a su vez de tres componentes:

- Una base nitrogenada, que puede ser púrica (adenina, guanina) o pirimidínica (citocina, timina).
- Un azúcar, pentosa de cinco átomos de carbono, la desoxirribosa.
- Un ácido fosfórico u ortofosfórico.

La base nitrogenada se une al azúcar (pentosa) mediante un enlace N-glucosídico, lo que da lugar a un nucleósido. Dicha unión se establece entre el carbono 1' del azúcar y el nitrógeno 1 si la base es pirimidínica o el nitrógeno 9 si es púrica. El nucleósido se une al ácido fosfórico mediante un enlace éster, que se produce entre el grupo hidroxilo del carbono 5' de la pentosa y el ácido fosfórico.

Los diferentes desoxirribonucleótidos que conforman cada cadena se unen entre sí mediante enlaces fosfodiéster, que se establecen entre el carbono 5' de un nucleótido y el radical hidroxilo (—OH) del carbono 3' del otro nucleótido. Las

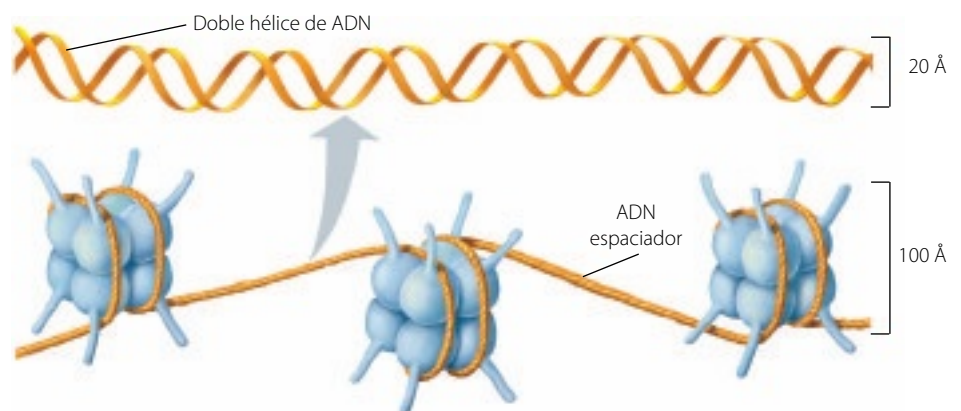
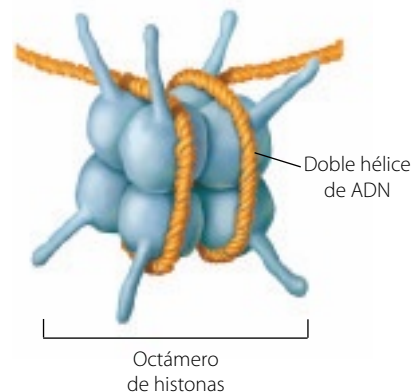
bases nitrogenadas de las dos cadenas de polinucleótidos se mantienen unidas por enlaces de hidrógeno. Dichos enlaces dependen de la complementariedad entre las bases. Siempre que en una cadena haya adenina en la complementaria habrá timina, unidas por dos enlaces de hidrógeno; y siempre que en una cadena haya guanina en la otra habrá citosina, unidas por tres enlaces de hidrógeno.

23. a) Si el fragmento está constituido por un 30% de adenina, tendrá también un 30% de timina, 20% de guanina y 20% de citosina. Puesto que el apareamiento de las bases es adenina con timina y guanina con citosina, y así la suma de los porcentajes de todas las bases da 100%.
- b) Al indicar que el fragmento es bicatenario, se tratará de ADN, puesto que el ARN se presenta, en la mayoría de los casos como una sola cadena. Por tanto, se ha considerado en el apartado anterior que posee timina y no uracilo.
- c) La pentosa que forma parte de la composición química del ADN es la desoxirribosa.
- d) El ADN de la célula se localiza en el núcleo.

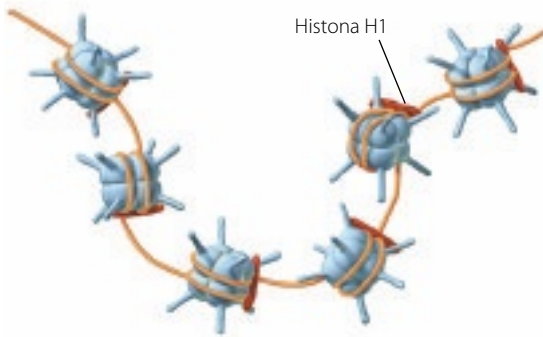
24. Sí, se trata de un ADN monocatenario, porque si el 40% de las bases son de guanina y el 30% de adenina, ya suman 70% que debe repartirse entre los porcentajes de citosina y uracilo.

No podría ser bicatenario, puesto que la adenina se une por complementariedad de bases con el uracilo en el ARN, entonces tendría que haber otro 30% de uracilo, que sumado al 30% de adenina, al 40% de guanina y al otro 40% que tendría que haber de citosina (unida por complementariedad con cada guanina) supera la cifra del 100%.

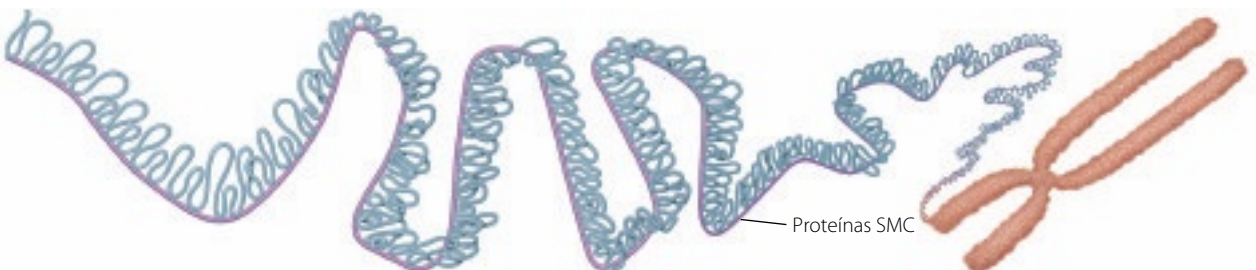
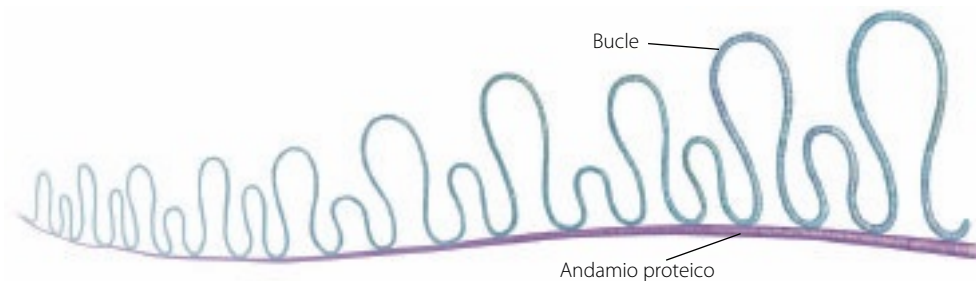
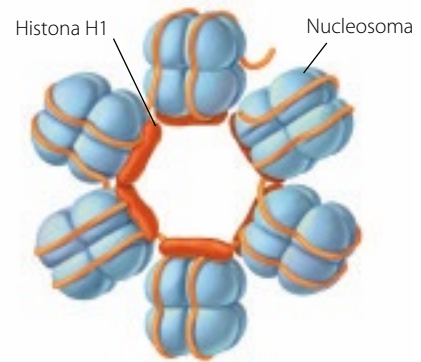
25.

Nucleosoma

Fibra de cromatina compacta



Eje central del solenoide



26. El ADN asociado a proteínas de tipo histonas presenta diferentes niveles de empaquetamiento y constituye la cromatina. Los cromosomas se forman a partir del empaquetamiento de la fibra de cromatina. Así, el cromosoma en metafase presenta el grado máximo de empaquetamiento de la fibra de cromatina.

27. a) Representa el empaquetamiento del ADN, dando lugar a los cromosomas, distintos grados de condensación de la cromatina.

A: molécula de ADN de cadena doble.

B: nucleosomas (ADN + histonas).

E: cromosoma.

b) Los cromosomas durante la división celular.

Empaquetar el largo filamento de ADN que constituye el genoma en los cromosomas, facilitando el reparto equitativo del material genético en las divisiones celulares.

28. a) Podemos considerar cuatro tipos de ARN:

- ARN mensajero (ARNm). Copia la información del ADN nuclear y la transporta hasta los ribosomas.
- ARN ribosómico (ARNr). Se asocia a proteínas y forma los ribosomas, donde se sintetizan las proteínas.
- ARN transferente (ARNt). Se une a aminoácidos y los transporta hasta los ribosomas para formar las proteínas.
- ARN nucleolar (ARNn). Se encuentra asociado a proteínas, constituyendo el nucléolo.

- b) Todos los ARN se originan a partir de una secuencia de ADN, mediante el proceso de transcripción, que tiene lugar en el interior del núcleo en las células eucariotas y en el citoplasma, donde se encuentra el ADN, en las procariotas.
- c) Intrones. Se trata de secuencias de bases más o menos largas que se transcriben pero no se traducen. Estos segmentos se encuentran en el ARN transcrito de las células eucariotas. Dicho ARN sufre un proceso de maduración en el que se eliminan dichos segmentos y se unen los exones entre sí.
- d) Exones.
29. a) La secuencia numérica de los procesos implicados desde el gen hasta la proteína sería: 2, 3.
- b) 1: duplicación del ADN.
2: transcripción.
3: traducción.

30. a) El ARN (ácido ribonucleico) es un ácido nucleico constituido por ribonucleótidos. Cada ribonucleótido, a su vez, está formado por una base nitrogenada (adenina, guanina, citosina o uracilo), un azúcar de cinco átomos de carbono (ribosa) y un ácido fosfórico. La base nitrogenada se une al azúcar por un enlace N-glucosídico y constituye un nucleósido. El ácido fosfórico se une al nucleósido mediante un enlace éster. Los diferentes ribonucleótidos que forman el ARN se unen entre ellos por enlace fosfodiéster.

El ARN suele estar constituido por una sola cadena, aunque en algunos virus puede ser bicatenario. En ocasiones, la cadena de ARN presenta apareamiento de bases nitrogenadas. Esto hace que aparezcan tramos bicatenarios, originados por el plegamiento de la cadena sobre sí misma, formando horquillas y bucles. Generalmente, el ARN es una cadena mucho más corta que el ADN, y puede encontrarse tanto en el núcleo como en el citoplasma de las células eucariotas.

- b) Podemos considerar cuatro tipos de ARN:
- ARN mensajero (ARNm). Copia la información del ADN nuclear y la transporta hasta los ribosomas.
 - ARN ribosómico (ARNr). Se asocia a proteínas y forma los ribosomas, donde se sintetizan las proteínas.
 - ARN transferente (ARNt). Se une a aminoácidos y los transporta hasta los ribosomas para formar las proteínas.
 - ARN nucleolar (ARNn). Se encuentra asociado a proteínas, constituyendo el nucléolo.

31. a) Se espera encontrar adenina, guanina, citosina y timina.
- b) En general, el ADN es circular y bicatenario en las bacterias, por tanto, cabe esperar el mismo porcentaje entre adenina y timina, así como entre guanina y citosina, porque son bases que quedan apareadas.
- La relación cuantitativa será de uno entre la adenina y la timina y también uno entre guanina y citosina.
- c) En el caso de los virus existe mayor diversidad, puesto que el material genético puede ser ADN o ARN, monocatenario o bicatenario, circular o lineal, depende del tipo de virus. El material genético humano de los cromosomas está constituido por ADN lineal y bicatenario, entonces sí podríamos afirmar cuáles son sus bases y la relación cuantitativa entre ellas.
- d) Si en el ADN existía un 22% de adenina, entonces el ARN tendrá un 22% de uracilo.

- e) El orden de las bases nitrogenadas de los 333 nucleótidos determina la secuencia de aminoácidos de la proteína que codifica.

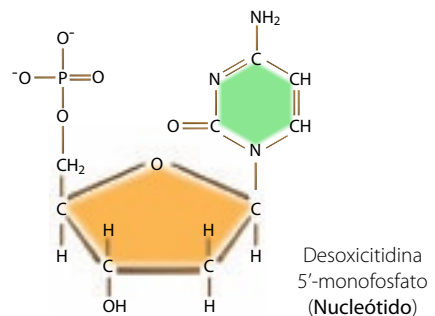
32. a) La molécula representada es el ARNt (transferente). Las zonas bicatenarias se deben a la complementariedad entre las bases de unos segmentos y los de otros. La complementariedad se establece entre el nucleótido que contiene como base la adenina de un segmento y el nucleótido que contiene el uracilo de otro, así como entre el nucleótido que contiene guanina de un segmento y el nucleótido que contiene citosina de otro.
- b) La principal función del ARNt es transportar los aminoácidos hasta los ribosomas, para que se unan y formen las proteínas.
- c) El ARNt, además de en el citoplasma, podemos encontrarlo en orgánulos como mitocondrias y cloroplastos.

LABORATORIO

1. El detergente rompe (lisa) la membrana nuclear, disolviendo los lípidos y las proteínas de la célula. Posteriormente, el detergente forma complejos con estos lípidos y proteínas, permitiendo su eliminación de la solución por filtración en un filtro de café.
2. La sal ayuda a romper la pared celular y las membranas plasmáticas y nuclear, permitiendo que precipite el ADN.
3. El zumo de piña o de papaya contiene una enzima, la papaína, que contribuye a separar las proteínas que se encuentran unidas al ADN.
4. El producto filamentososo obtenido de la extracción no es ADN puro, ya que entremezclado con él hay fragmentos de ARN. En los laboratorios, de forma más profesional, se añaden enzimas específicos que fragmentan las moléculas de ARN e impiden que queden unidas al ADN.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. Los nucleósidos se forman por la unión de un azúcar de cinco átomos de carbono (pentosa) con una base nitrogenada, mediante un enlace N-glucosídico entre el carbono 1' de la pentosa y el nitrógeno 1' de la base nitrogenada, si esta es pirimidínica, o el nitrógeno 9' si es una base púrica. Al ser un nucleósido exclusivo de ADN, el azúcar solo puede ser la desoxirribosa, y las base nitrogenadas pueden ser la adenina, la guanina, la citosina o la timina.



2. Un nucleótido está formado por una base nitrogenada, un azúcar de cinco átomos de carbono (pentosa) y una molécula de ácido fosfórico.

La base nitrogenada puede ser púrica (adenina o guanina) o pirimidínica (citosina, timina o uracilo). El uracilo solo está presente en los nucleótidos del ARN, y la timina, en los de ADN.

El azúcar de cinco átomos de carbono (pentosa) puede ser de dos tipos: ribosa (β -D ribofuranosa), presente en los nucleótidos de ARN; y desoxirribosa (β -D-2 desoxirribofuranosa), presente en los nucleótidos de ADN.

El ácido fosfórico u ortofosfórico se encuentra en forma de ion fosfato.

La base nitrogenada se une al azúcar mediante enlace N-glucosídico, constituyendo así un nucleósido. La unión se produce entre el carbono 1' de la pentosa y el nitrógeno 1' de la base nitrogenada, si esta es pirimidínica, o el nitrógeno 9, si es una base púrica.

El nucleósido se une al ácido fosfórico mediante un enlace éster fosfórico, constituyendo en nucleótido. La unión se produce entre el grupo hidroxilo del carbono 5' del azúcar y el ácido fosfórico.

3. Los nucleótidos se unen unos a otros mediante enlaces fosfodiéster. Dicho enlace se establece entre el radical fosfato situado en el carbono 5' de un nucleótido y el radical hidroxilo ($-\text{OH}$) del carbono 3' del otro nucleótido.
4. Las principales diferencias entre el ADN y el ARN son:
 - Los nucleótidos de ADN contienen como azúcar la desoxirribosa y como bases nitrogenadas A, G, C y T. Los nucleótidos de ARN poseen como azúcar la ribosa y como bases nitrogenadas A, G, C y U.
 - En la mayoría de los organismos el ADN es una molécula bicatenaria (salvo en algunos virus), mientras que el ARN es monocatenaria (excepto en reovirus). En algunos casos, como el ARNt, existe un apareamiento de bases intracatenarias, lo que hace que aparezcan tramos bicatenarios, originados por el plegamiento de la cadena sobre sí misma.
 - El ADN, asociado o no a proteínas nucleares, puede llegar a adoptar estructuras superenrolladas o empaquetadas.
 - El ADN tiene como función almacenar, conservar y transmitir la información genética de células padres a hijas. El ARN tiene como función básica el articular los procesos de expresión de la información genética del ADN en la síntesis de proteínas existen diversos tipos de ARN: ARN mensajero, ARN ribosómico y ARN de transferencia.
 - Las cadenas de ARN son más cortas que las de ADN y pueden aparecer tanto en el núcleo como en el citoplasma, mientras que el ADN solo se localiza en el núcleo o en el interior de mitocondrias y cloroplastos.



El ADN (ácido desoxirribonucleico) está formado por dos cadenas lineales de desoxirribonucleótidos dispuestos en doble hélice, de 2 nm de diámetro, alrededor de un eje imaginario. Las dos cadenas de polinucleótidos son antiparalelas, es decir, con los enlaces $5' \rightarrow 3'$ orientados en sentido opuesto, y son complementarias.

Cada nucleótido de ADN se forma a su vez de tres componentes:

- Una base nitrogenada, que puede ser púrica (adenina, guanina) o pirimidínica (citosina, timina).
- Un azúcar, pentosa de cinco átomos de carbono, la desoxirribosa.
- Un ácido fosfórico u ortofosfórico.

La base nitrogenada se une al azúcar (pentosa) mediante un enlace N-glucosídico, lo que da lugar a un nucleósido. Dicha unión se establece entre el carbono 1' del azúcar y el nitrógeno 1 si la base es pirimidínica o el nitrógeno 9 si es púrica.

El nucleósido se une al ácido fosfórico mediante un enlace éster, que se produce entre el grupo hidroxilo del carbono 5' de la pentosa y el ácido fosfórico.

Los diferentes desoxirribonucleótidos que conforman cada cadena se unen entre sí mediante enlaces fosfodiéster, que se establecen entre el carbono 5' de un nucleótido y el radical hidroxilo ($-\text{OH}$) del carbono 3' del otro nucleótido. Las bases nitrogenadas de las dos cadenas de polinucleótidos se mantienen unidas por enlaces de hidrógeno. Dichos enlaces dependen de la complementariedad entre las bases. Siempre que en una cadena haya adenina, en la complementaria habrá timina, unidas por dos enlaces de hidrógeno; y siempre que en una cadena haya guanina, en la otra habrá citosina, unidas por tres enlaces de hidrógeno.

6. Que el ADN se desnaturalice significa que los enlaces de hidrógeno entre las bases nitrogenadas que unen sus dos cadenas quedan rotos, por lo que se produce la pérdida de la estructura espacial. No se rompe ningún enlace covalente, por ejemplo, entre los nucleótidos de cada cadena. Así se separan las dos cadenas de un ADN dúplex.

Las proteínas también se pueden desnaturalizar si pierden su estructura tridimensional pero sin que tampoco haya rotura de enlaces covalentes. Por tanto, la estructura primaria queda intacta. La desnaturalización puede producirse por un aumento de temperatura (en el caso de las proteínas empiezan a desnaturalizarse a partir de unos 40°C), por cambios de pH o de concentración de iones en el medio.

7. a) Doble hélice de ADN $\rightarrow$ «collar de perlas» $\rightarrow$ solenoide $\rightarrow$ bucles radiales $\rightarrow$ cromosoma.
- b) El solenoide o fibra de cromatina de $300\text{ \AA}$ es el segundo nivel de empaquetamiento del ADN. Se forma por el enrollamiento sobre sí misma de la fibra condensada de cromatina de $100\text{ \AA}$, es decir, la que contiene la histona H1. Para hacerlo las histonas H1 se agrupan entre sí y forman el eje central de la fibra de $300\text{ \AA}$. Se invierten unos seis nucleosomas por vuelta. Esto provoca un acortamiento de cinco veces, aproximadamente, la longitud del «collar de perlas». En el núcleo interfásico, la mayor parte de la cromatina (la denominada eucromatina) se encuentra en forma de fibras de $100\text{ \AA}$, en cambio, en los cromosomas, el nivel más bajo de empaquetamiento es la fibra de $300\text{ \AA}$.
- c) La cromatina laxa corresponde a la fibra de cromatina constituida por la sucesión de nucleosomas (formados por un octámero de histonas y por una fibra de ADN de $200\text{ \AA}$).

pares de bases). Cuando cada nucleosoma se asocia a una molécula de un quinto tipo de histona (la denominada H1), la fibra se acorta y recibe el nombre de forma condensada.

8. No siempre el ADN se presenta de la misma forma en todos los organismos. Pueden distinguirse cuatro clases de ARN:

- **ADN lineal monocatenario:** es muy poco frecuente. Podemos encontrarlo, por ejemplo, en forma lineal en los parvovirus o en el virus MS2.
- **ADN circular monocatenario:** propio de ciertos virus, como el bacteriófago ØX174.
- **ADN lineal bicatenario:** es el que presentan la mayoría de los organismos, como sucede en el ADN del núcleo de las células eucariotas y en algunos virus, como el bacteriófago T4 y el virus del herpes. El ADN bicatenario puede presentar superenrollamientos.
- **ADN circular bicatenario:** como sucede en las bacterias, en las mitocondrias, en los cloroplastos y en algunos virus, como el SV40 y el virus del poliovirus. También puede ser lineal.

9. El ARN participa en la expresión de la información contenida en el ADN mediante la síntesis de proteínas.

Hay varios tipos de ARN, que realizan funciones de manera coordinada: ARNm (mensajero), ARN (ribosómico), ARN (nucleolar) y ARN (transferente).

Las funciones que llevan a cabo los diferentes ARN son:

- **ARN mensajero (ARNm).** Copia la información del ADN nuclear y la transporta hasta los ribosomas.
- **ARN ribosómico (ARNr).** Se asocia a proteínas y forma los ribosomas, donde se sintetizan las proteínas.
- **ARN transferente (ARNt).** Su función consiste en llevar un aminoácido específico al ribosoma. En él se une a la secuencia complementaria del ARNm, mediante el anticodón. A la vez, transfiere el aminoácido correspondiente a la secuencia de aminoácidos que está formándose en el ribosoma.
- **ARN nucleolar (ARNn).** Se encuentra constituyendo en parte el nucléolo.
- **ARN pequeño nuclear.** Se une a ciertas proteínas del núcleo formando las ribonucleoproteínas nucleares (RNPn) que actúan eliminando los intrones, en el proceso de maduración del ARNm, gracias a que tiene secuencias complementarias a las de los extremos de los intrones.
- **ARN de interferencia.** Es utilizado por determinados enzimas para reconocer ARN mensajeros concretos, gracias a la complementariedad de las bases con una de sus cadenas, y posteriormente degradarlos, impidiendo así que estos ARNm originen proteínas. Se considera que constituyen un mecanismo de autocontrol de la célula.

10. Sí, en algunos ARN monocatenarios pueden existir zonas en la molécula con estructura en doble hélice, denominadas horquillas, como ocurre en el ARNt. Dichas zonas se originan por la formación de puentes de hidrógeno entre bases complementarias.

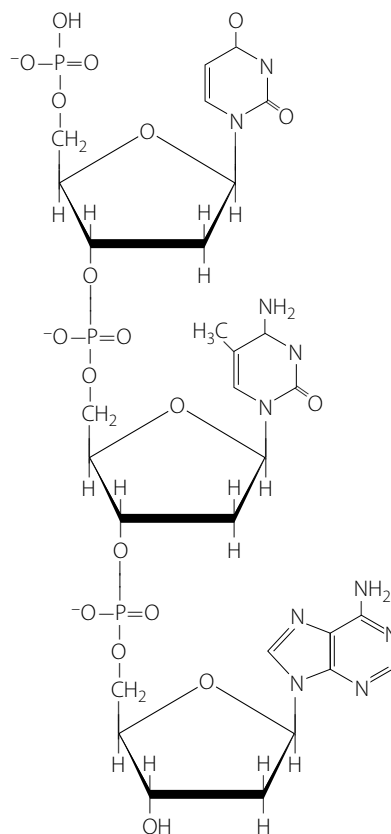
11. El fragmento que falta es la secuencia: 5' ... ATGACAGACGT ... 3'.

12. Las proporciones de las bases nitrogenadas para el modelo del ADN de doble hélice propuesto por Watson y Crick están basadas en la regla de Chargaff, y son las siguientes: $A = T$, $C = G$ y $A + T = G + C$. Por tanto, $A + T/G + C = 1$.

El ADN del bacteriófago tiene $A = 25\%$, $T = 33\%$, $G = 24\%$ y $C = 18\%$. Por consiguiente, no se cumplen las reglas de Chargaff, al existir diferentes proporciones de A y T, y de G y C.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. Los nucleósidos se forman por la unión de una ribosa o de una desoxirribosa con una base nitrogenada, mediante un enlace N-glucosídico entre el carbono 1' de la pentosa y el nitrógeno 1' de la base nitrogenada, si esta es pirimidínica, o el nitrógeno 9' si es una base púrica. Por el contrario, un nucleótido se forma por la unión de un nucleósido y un ácido fosfórico, mediante un enlace entre el grupo hidroxilo del quinto carbono de la pentosa y el ácido fosfórico. Este enlace recibe el nombre de enlace éster fosfórico.
2. Hay cinco, se llaman enlaces fosfoestéricos están donde se indica en el siguiente dibujo.



3.

		ADN	ARN
Composición química	Azúcar	Desoxirribosa	Ribosa
	Bases nitrogenadas	A, G, C, T	A, G, C, U
Estructura		Generalmente bicatenario (doble hélice, cadenas complementarias)	Monocatenario, en ocasiones bicatenario

Función	Contiene la información genética y es el encargado de transmitirla de generación en generación	Encargado de recoger la información genética del ADN y traducirla a proteínas.
Localización	En células eucariotas en el núcleo, también en el interior de cloroplastos y mitocondrias. En el citoplasma en procariotas.	Se forma en el núcleo por transcripción de un fragmento de ADN y pasa al citoplasma, donde tiene lugar la traducción o síntesis de proteínas.

4. a) Al tratarse de un ADN de doble cadena, y según la complementariedad de bases: el porcentaje de adenina será igual al de timina, y el porcentaje de citosina será igual al de guanina. Así: $T = 30\%$, $G = 20\%$ y $C = 20\%$.
- b) Las bases púricas son adenina y guanina, y las pirimidínicas son citosina y timina. Por tanto, el porcentaje de bases púricas será del 50% ($A + G = 30 + 20$), y el de pirimidínicas, 50% ($T + C = 30 + 20$).
- c) La relación bases púricas/pirimidínicas será 1.
5. 1-c); 2-b); 3-a); 4-f); 5-d); 6-g); 7-e).
6. a) Proteínas básicas junto a las que se empaqueta el ADN en todas las células eucariotas.
- b) Proteínas junto a las que se empaqueta el ADN de los espermatozoides.
- c) Unidad básica estructural de la fibra de cromatina de $100 \text{ \AA}$. Cada nucleosoma está formado por un octámero de histonas (ocho moléculas de cuatro tipos diferentes de histonas: dos moléculas de H2A, dos moléculas de H2B, dos moléculas de H3 y dos de H4) y por una fibra de ADN de 200 pares de bases de longitud.
7. a) Se trata de una molécula de ARN, ya que se forma de la unión de ribonucleótidos mediante enlace fosfodiéster. Además, posee uracilo, base nitrogenada exclusiva del ARN.

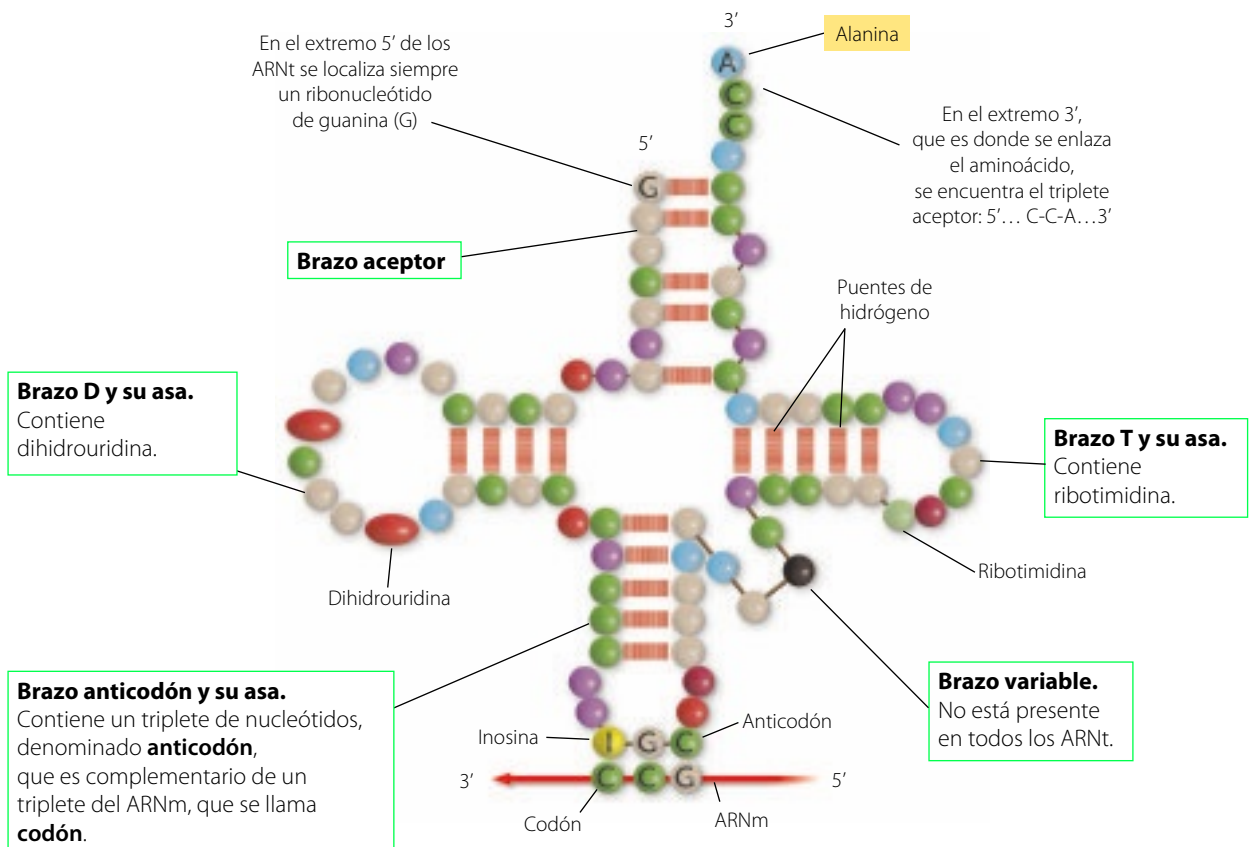
b) En este fragmento de ARN se observan tres ribonucleótidos formados cada uno de ellos por una base nitrogenada (A, G y U), una pentosa (ribosa) y un ácido fosfórico. La base nitrogenada se une con el carbono 1' de la ribosa mediante enlace N-glucosídico; a su vez, el ácido fosfórico se une mediante enlace éster con el carbono 5' de la ribosa.

c) Según su función, existen varios tipos de ARN:

- **ARN mensajero:** lleva la información genética desde el núcleo hasta los ribosomas localizados en el hialoplasma, para que tenga lugar la síntesis de proteínas.
- **ARN transferente:** transporta los aminoácidos específicos hasta los ribosomas.
- **ARN ribosómico:** se encuentra asociado a proteínas, formando los ribosomas.
- **ARN nucleolar:** se asocia a proteínas, procedentes del citoplasma y forma una ribonucleoproteína. Posteriormente, la gran partícula de ribonucleoproteína se escinde en tres ARN; a continuación se añade un ARN de 5S, también asociado a proteínas, sintetizado fuera del nucléolo; es decir, en el nucleoplasma, a partir de otro segmento del ADN. A partir de todos ellos se forman las dos subunidades ribosómicas, que atraviesan la doble membrana nuclear y pasan al citoplasma, donde cuando llega un ARNm, se asocian las dos dando lugar a un ribosoma completo.
- **ARN pequeño nuclear:** se une a ciertas proteínas del núcleo formando las ribonucleoproteínas nucleares (RNPpn), que actúan eliminando los intrones, en el proceso de maduración del ARNm, gracias a que tiene secuencias complementarias a las de los extremos de los intrones.
- **ARN de interferencia:** es utilizado por determinados enzimas para reconocer ARN mensajeros concretos, gracias a la complementariedad de las bases con una de sus cadenas, y posteriormente degradarlos, impidiendo así que estos ARNm originen proteínas. Se considera que constituye un mecanismo de autocontrol de la célula.

8. EL ARN de transferencia (ARNt) tiene entre 70 y 90 nucleótidos, su peso molecular es aproximadamente 25 000, y se encuentra en el citoplasma en forma de molécula dispersa. Hay unos cincuenta tipos de ARNt. Su función es transportar aminoácidos específicos hasta los ribosomas, donde, según la secuencia especificada en un ARN mensajero (transcrito, a su vez, del ADN), se sintetizan las proteínas.

Esquema del ARNt de la alanina



EL ARNt presenta zonas con estructura secundaria en doble hélice, debido a la complementariedad entre las bases de unos segmentos y las de otros, y zonas con estructura monocatenaria, que forman asas o bucles, lo que confiere a la molécula una forma de hoja de trébol. En ella se distingue un brazo denominado brazo D y su asa, un brazo T y su asa, y un brazo llamado brazo anticodón y su asa, y un brazo aceptor de aminoácidos. En realidad, si la molécula se observa en tres dimensiones, el ARNt presenta una estructura terciaria en forma de L.

Entre los nucleótidos que forman los ARNt, además de A, G, C y U, aparecen otras bases nitrogenadas como la dihidrouridina (UH_2), la ribotimidina (T), la inosina (I), etc., que constituyen el 10% de los ribonucleótidos totales del ARNt.

El brazo D se denomina así porque contiene dihidrouridina; el brazo T, porque contiene ribotimidina, y el brazo anticodón, porque contiene un triplete de nucleótidos denominado anticodón, que es complementario de un triplete del ARNm que recibe el nombre de codón.

En el extremo 5' de los ARNt se localiza siempre un ribonucleótido de guanina (G), y en el extremo 3', que es donde se enlaza el aminoácido, se encuentra siempre el triplete: 5'... C-C-A...3'.

AMPLIACIÓN

1. Cuando son gemelos univitelinos, es decir, proceden del mismo cigoto, que se separó en dos en alguna fase del desarrollo embrionario.

2.

Especie	Bases púricas		Bases pirimidínicas	
	A	G	C	T
<i>Homo sapiens</i>	30	20	20	30
<i>E. coli</i>	25	26	26	23
Erizo de mar	33	17	17	33
Espermatozoides de salmón	29	21	21	29

3. Si tiene 600 nucleótidos y es humano tiene 300 nucleótidos en cada cadena. Como cada nucleótido ocupa un espacio de longitud de 3,4 Å, el total tendrá 1 020 Å de longitud ($3,4 \cdot 300 = 1 020$).
4. a) Se trata de un ARN, puesto que presenta como base nitrogenada uracilo, exclusiva del ARN.
b) La estructura completa sería:
5' ... CCGACUGAGAGU ... 3'
3' ... GGCUAUCUCUA ... 5'
- c) No puede corresponder al sector del anticodón, puesto que presenta estructura secundaria (dos segmentos espiralizados uno sobre el otro) y el anticodón está en un segmento con solo estructura primaria.
- d) Sí que podría corresponder a un brazo, puesto que una parte de los brazos presenta estructura en doble hélice.

5. La estabilidad que presenta la molécula de ADN se debe fundamentalmente a los numerosos enlaces de hidrógeno que se producen entre las bases nitrogenadas, así como a las interacciones hidrofóbicas entre los anillos aromáticos y los radicales $-\text{CH}_3$ de las bases nitrogenadas.
6. Sí. El ácido desoxirribonucleico tenía una estructura fibrilar de 20 Å (2 nm) de diámetro en toda su longitud, en la que se podía distinguir una forma de 34 Å de longitud que se iba repitiendo, dentro de la cual se podía distinguir una forma más pequeña, que se repetía cada 3,4 Å. Estos datos fueron aportados por Franklin y Wilkins entre los años 1950 y 1953 gracias a sus observaciones del ADN mediante la técnica de la difracción de rayos X.
7. Los enlaces que se producen son:
- **Enlaces de hidrógeno** entre los grupos polares de las bases complementarias que se encuentran emparejadas. Entre la adenina (A) y su base complementaria la timina (T), se establecen dos puentes de hidrógeno, y entre la citosina (C) y su base complementaria, la guanina (G), se establecen tres puentes de hidrógeno.
 - **Interacciones hidrofóbicas** entre las zonas apolares de las bases nitrogenadas.
 - **Interacciones de Van der Waals** entre las zonas apolares de las bases nitrogenadas.
 - **Asociación con cationes Mg^{2+}** entre las cargas negativas de los grupos fosfatos de la cadena.
8. El **ARN mensajero** es monocatenario y lineal. En eucariotas presenta algunas zonas en doble hélice (estructura secundaria) debido a la complementariedad de las bases. Se forma en el núcleo celular, a partir de una secuencia de ADN. Sale del núcleo y se asocia a ribosomas, donde se construye la proteína. A cada tres nucleótidos (codón) corresponde un aminoácido distinto. Así, la secuencia de aminoácidos de la proteína está configurada a partir de la secuencia de los nucleótidos del ARNm.

En eucariotas, el ARNm es monocistrónico, es decir, porta información para la síntesis de una proteína. El ARNm se forma a partir del transcrito primario (pre-ARNm), también llamado ARN heterogéneo nuclear. Este posee una serie de segmentos con información, denominados exones, alternando con otros sin información, denominados intrones, que luego son suprimidos (mediante el proceso de maduración) y no aparecen en el ARNm. Posee además un extremo 5' con una guanosina trifosfato metilada en el nitrógeno 7, que recibe el nombre de caperuza. En el extremo 3', o extremo final, posee de 150 a 200 nucleótidos de adenina, lo que se denomina cola de poli A.

En procariotas, el ARNm no presenta intrones ni exones, carece de caperuza y de cola poli-A, además es policistrónico, es decir, porta información para la síntesis de varias proteínas.

Respecto a su función, copia la información del ADN nuclear y la transporta hasta los ribosomas.

Por el contrario, el ARN transferente o soluble es un ARN no lineal, que contiene entre 70 y 90 nucleótidos. Se encuentra en el citoplasma en forma de molécula dispersa. Se trata de un ARN monocatenario, pero en él se pueden observar tramos de doble hélice intracatenaria, es decir, entre las bases que son complementarias, dentro de la misma cadena, lo que confiere a la molécula una forma de hoja de trébol. Esta estructura se estabiliza mediante puentes de hidrógeno.

Además de los nucleótidos de adenina, guanina, citosina y uracilo, el ARN transferente presenta otros nucleótidos con bases metiladas (como dihidrouridina, ribotimidina, inopina, metilguanosina, etc.). Estos nucleótidos no pueden emparejarse, y su existencia genera puntos de apertura en la hélice, produciendo bucles.

En el ARNt se distinguen tres tramos (brazos). En uno de ellos aparece una secuencia de tres nucleótidos, denominada anticodón. Esta secuencia es complementaria con una secuencia del ARNm, el codón. En el brazo opuesto, en el extremo 3' de la cadena, se une un aminoácido específico predeterminado por la secuencia de anticodón. El extremo 3' está formado por tres bases nitrogenadas (ACC) sin aparear. En el extremo 5' hay un triplete de bases nitrogenadas en el que siempre existe guanina y un ácido fosfórico libre.

Además, el ARNt posee dos brazos denominados brazo T (por llevar timina) y brazo D (zona por donde se une el enzima que cataliza su unión con el aminoácido).

Su función consiste en llevar un aminoácido específico al ribosoma. En él se une a la secuencia complementaria del ARNm, mediante el anticodón. A la vez, transfiere el aminoácido correspondiente a la secuencia de aminoácidos que está formándose en el ribosoma.

9. El ARN (denominado premensajero) posee una serie de segmentos con información, denominados exones, alternando con otros sin información, llamados intrones, que luego son suprimidos (mediante el proceso de maduración) y no aparecen en el ARNm maduro.

En el proceso de transcripción son copiados los intrones y los exones, por lo que pasan del ADN al ARN. Posteriormente, en la fase de maduración del ARN, se eliminan dichos intrones, así en la traducción solo se leerán los intrones.

10. La forma B fue la descrita por Watson y Crick. Es una hélice dextrógira con las bases complementarias situadas en planos horizontales, de manera que el eje de la molécula atraviesa dichos planos por su centro. La forma B es la forma más corriente en el ADN en dispersión.

La forma A también es dextrógira, pero las bases complementarias se encuentran en planos inclinados y une el eje de la molécula que atraviesa dichos planos por puntos desplazados del centro. Esta forma aparece cuando se deseca la forma A. No se ha encontrado en condiciones fisiológicas.

La forma Z es levógira, y tiene un enrollamiento irregular que provoca una configuración en zigzag, a la que hace referencia su nombre. Esta estructura aparece en regiones del ADN donde se alternan muchas citosinas y guaninas. Se piensa que la forma Z constituye señales para las proteínas reguladoras de la expresión el mensaje genético.

11. En una célula somática de las personas hay 46 moléculas de ADN (o 46 moléculas de cromatina) y en un espermatozoide hay la mitad; es decir, 23 moléculas de ADN (o 23 moléculas de cromatina).
12. Es la nueva unión de los dos filamentos complementarios de un ADN de doble hélice, que previamente se han separado. Si la desnaturalización se ha provocado por el calentamiento del medio, la renaturalización se inicia cuando se enfría por debajo de los 65 °C.
13. a) Las proporciones de las bases nitrogenadas en un ADN de doble hélice son las siguientes: $A = T$ y $G = C$. Por tanto, $A + G/T + C = 1$.

Es decir, la adenina (A) de una hélice empareja con la timina (T) de la complementaria y viceversa, y la guanina (G) de una hélice empareja con la citosina (C) de la complementaria y al contrario.

Si la proporción $A + T/G + C$ de una hélice es 0,5; esa misma proporción en la complementaria se obtiene de la siguiente forma:

Si una hélice posee una A en la complementaria hay T. Si una hélice tiene una T la complementaria posee una A. Cuando hay una G en la complementaria existe una C y, por último, si una hélice tiene una C, la complementaria posee una G. Por tanto, la proporción $A + T/G + C$ de una hélice es igual que la proporción $T + A/C + G$ de la complementaria. Como se puede ver, ambas proporciones son iguales, por consiguiente, la proporción $A + T/G + C$ de la hélice complementaria también valdrá 0,5.

Si la proporción $A + G/T + C$ de una hélice es 0,2; esa misma proporción en la complementaria se obtiene de la siguiente manera:

Si una hélice posee una A en la complementaria hay T. Si una hélice tiene una G la complementaria posee una C. Cuando hay una T, en la complementaria existe una A y, por último, si una hélice tiene una C, la complementaria posee una G. Por tanto, la proporción $A + G/T + C$ de una hélice es igual que la proporción $T + C/A + G$ de la complementaria. Como se puede ver, esta proporción es justo la inversa de la solicitada. Por consiguiente, la proporción $A + G/T + C$ de la hélice complementaria también valdrá $1/0,2$.

- b) Si la proporción $A + T/G + C$ de una hélice es 0,5; esa misma proporción en la molécula completa se obtiene de la siguiente forma:

La proporción $A + T/G + C$ es igual en ambas hélices, siendo su valor en este caso 0,5. Por tanto, también será igual en la molécula completa, es decir, valdrá 0,5.

Si la proporción $A + G/T + C$ de una hélice es 0,2; esa misma proporción en la molécula completa se obtiene de la siguiente manera:

Como hemos indicado al principio, en un ADN de doble hélice la proporción de A es igual a la de T y la proporción de G es igual a la de C, debido a las reglas de emparejamiento de las bases nitrogenadas. Por tanto, la proporción $A + G/T + C$ valdrá 1.

REFUERZO

1. En el orden o secuencia de nucleótidos a lo largo de la cadena de ADN.
2. A-2, B-4, C-7, D-6, E-9, F-10, G-8, H-5, I-3, y J-1.
3. Como hay tantas de G que de C, presentará un 26% de C. Del resto presentará un 48% ($100 - 26 - 26 = 48$). Como hay tantas de T que de A, presentará 24% de T y 24% de A.

4. Primero, que se trata de un ARN, puesto que presenta ribosa. Segundo, que presenta una sola cadena; es decir, que es monocatenario, puesto que no hay la misma cantidad de las bases complementarias. Por último, que se trata de un ARNt, puesto que su peso molecular es muy bajo.

5. a) Presenta tres nucleótidos.
b) Tiene una longitud de $3,4 \cdot 3 = 10,2 \text{ Å}$.
c) Se trata de un ADN porque tiene desoxirribosa.
d) El extremo 5' es el superior y el inferior es el 3'.
e) Su secuencia ordenada de nucleótidos es:
 $5' \dots T - C - A \dots 3'$.
f) $5' \dots T - G - A \dots 3'$.
g) Hay cinco enlaces fosfoestéricos entre el nucleótido y entre cada pentosa y su ácido fosfórico, y tres enlaces N-glucosídicos entre la pentosa y su base nitrogenada.
6. A) es un ADN, puesto que presenta timina (T); B) es un ARN puesto que presenta uracilo (U); C) es un ADN, puesto que presenta timina (T), y de D) no se puede decir si es ADN o ARN, puesto que no presenta ni T ni U.
7. La desnaturalización del ADN supone la separación de las dos hebras de la doble hélice, con lo que se pierde la estructura secundaria. El proceso es reversible si cesan las condiciones que provocan la desnaturalización.

Agente físico que puede causar desnaturalización: aumento de temperatura (por encima de los 100°C).

Agente químico que causa desnaturalización: variación del pH (se incrementa por encima de 13).

8. a) Bases púricas: adenina y guanina.
Bases pirimidínicas: citosina y timina.
b) El ADN (ácido desoxirribonucleico) está formado por dos cadenas lineales de desoxirribonucleótidos dispuestos en doble hélice, alrededor de un eje imaginario. Las dos cadenas de polinucleótidos son antiparalelas; es decir, con los enlaces $5' \rightarrow 3'$ orientados en sentido opuesto, y son complementarias. Siempre que en una cadena hay adenina en la complementaria habrá timina, unidas por dos enlaces de hidrógeno; y siempre que en una cadena haya guanina en la otra habrá citosina, unidas por tres enlaces de hidrógeno. Por tanto, la cantidad de adenina será igual a la de timina y la de guanina igual a la de citosina. Por tanto, la cantidad de bases púricas ($A + G$) será igual a la cantidad de bases pirimidínicas ($C + T$).
c) En el caso de ADN de cadena sencilla no tiene por qué cumplirse la complementariedad de bases, ya que no existe emparejamiento entre bases complementarias.

La célula unidad estructural y funcional. El núcleo

OBJETIVOS

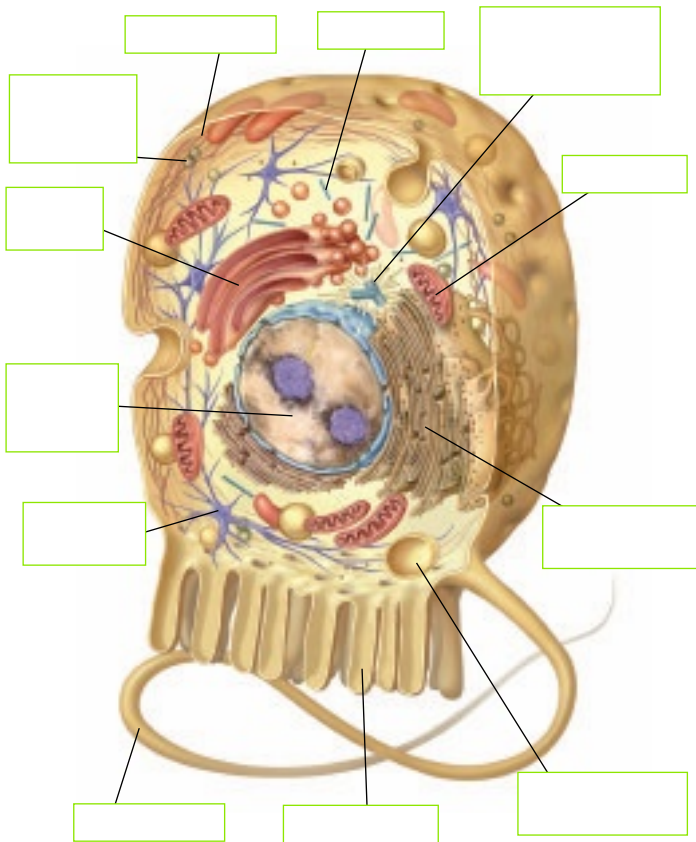
1. Conocer los antecedentes y postulados de la teoría celular.
2. Entender que las células presentan una gran variabilidad de formas, como resultado de diferentes factores.
3. Diferenciar entre células procariotas y eucariotas, señalando organismos con este tipo de organización celular, así como los orgánulos característicos de cada una.
4. Diferenciar entre células animales y vegetales.
5. Identificar la estructura del núcleo, así como sus funciones, diferenciando entre núcleo interfásico y en división.
6. Reconocer las distintas partes de un cromosoma y sus tipos en función de la posición del centrómero.
7. Conocer los diferentes tipos de microscopios, así como diversas técnicas para el estudio de muestras biológicas.

CONTENIDOS

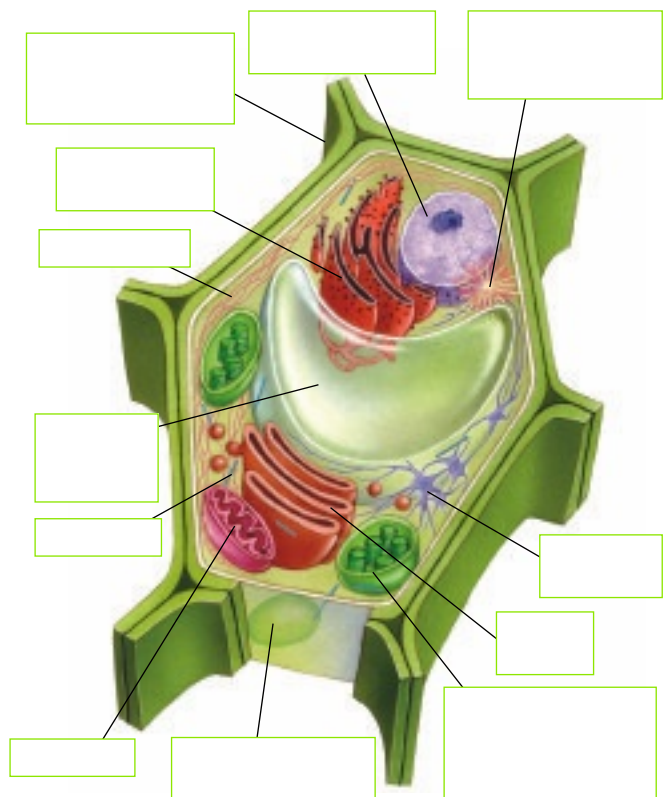
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• El descubrimiento de la célula y la teoría celular. (Objetivo 1) • Forma y tamaño de las células. (Objetivo 2) • Tipos de organización celular: células procariotas y eucariotas. (Objetivos 3 y 4) • El núcleo celular: características y estructura. (Objetivo 5) • Los cromosomas. (Objetivo 6) • Métodos de estudio de la célula: los microscopios. (Objetivo 7)	• Búsqueda bibliográfica sobre los principales hitos en el descubrimiento de la célula. (Objetivo 1) • Interpretación de imágenes de diferentes tipos de células. (Objetivo 2) • Elaboración de cuadros comparativos entre células procariotas y eucariotas, y entre células animales y vegetales. (Objetivos 3 y 4) • Interpretación de microfotografías o diapositivas de diferentes tipos de células procariotas y eucariotas. (Objetivos 3 y 4) • Observación al microscopio de distintos tipos de células. (Objetivos 3, 4 y 7) • Observación de fotografías y dibujos de la estructura nuclear. (Objetivo 5) • Clasificación de los cromosomas en función de la posición del centrómero. (Objetivo 6) • Elaboración e interpretación de un cariotipo. (Objetivo 6) • Resolución de problemas relativos al número de cromosomas. (Objetivo 6) • Cuadro comparativo entre los diferentes tipos de microscopios. (Objetivo 7)	• Valorar la contribución de diferentes autores a la elaboración de la teoría celular. • Toma de conciencia de la evolución de las técnicas de microscopía en el avance del descubrimiento de la célula. • Reconocimiento y aceptación de que la célula es la unidad anatómica, fisiológica y genética de todos los seres vivos. • Interés y curiosidad por conocer la estructura de diferentes tipos de células. • Reconocer la importancia del núcleo para la célula eucariota, ya que contiene su información genética completa. • Valorar la importancia del estudio de un cariotipo para identificar anomalías cromosómicas.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Conocer y comprender los postulados de la teoría celular, así como los principales hitos en el descubrimiento de la célula. (Objetivo 1)	1 y 2	1
b) Enumerar las diferencias y analogías entre las células eucariotas y procariotas. (Objetivo 3)	3	2
c) Indicar las diferencias y analogías entre la célula animal y la vegetal. (Objetivo 4)	4	3
d) Señalar los distintos componentes del núcleo, indicando su estructura y función. (Objetivo 5)	5	4
e) Reconocer las distintas partes de un cromosoma y su clasificación en función de la posición del centrómero. (Objetivo 6)	6, 7 y 8	5 y 6
f) Resolver problemas sobre el número y tipos de cromosomas de un individuo. (Objetivo 6)		7
g) Señalar diferentes métodos de análisis del material biológico y diferenciar entre los distintos tipos de microscopio. (Objetivo 7)	9 y 10	8

CÉLULA ANIMAL



CÉLULA VEGETAL



Observación de células animales y vegetales

La observación de células al microscopio óptico solo proporciona información si ciertas regiones del objeto absorben la luz mejor que otras, es decir, si el objeto presenta contrastes. Generalmente, las diferentes estructuras y/o orgánulos celulares presentan bajo contraste, por lo que es obligado crear determinados contrastes mediante combinaciones entre los constituyentes químicos de la célula y productos que absorban ciertas longitudes de onda de la luz, denominados colorantes.

Objetivos

- Introducción a las técnicas microscópicas.
- Estudiar microscópicamente la célula animal y la vegetal, y compararlas posteriormente para descubrir analogías y diferencias.

Material necesario

- Un palillo plano.
- Agua destilada.
- Pinzas de sujeción.
- Metanol al 95 %.
- Verde de metilo acético.
- Bisturí u hoja de afeitar.
- Aguja enmangada.
- Cuentagotas.
- Azul de metileno.
- Glicerina.
- Una cebolla.
- Pinzas finas.
- Microscopio.
- Portaobjetos y cubreobjetos.

La célula animal. Observación de heterocromatina

1. Con un palillo raspa la cara interna de la mejilla o la base de la lengua.
2. Extiende el líquido blanco obtenido junto con una gota de agua sobre un portaobjetos limpio. Añade unas gotas de metanol al 95 % y espera unos 15 minutos.
3. Añade a la preparación orceína acética al 2 %. Espera 7 minutos.
4. Lava la preparación con agua destilada, utilizando un cuentagotas, hasta que no salga color. Para ello coloca el portaobjetos de forma inclinada y deja que caiga el agua por él. Deja que se seque la preparación al aire.
5. Pon una gota de glicerina al 50 % en el centro de la preparación y, por último, coloca un cubreobjetos. Observa la preparación al microscopio: primero, con el objetivo de menor aumento para localizar la zona de estudio y, después, pasa a mayor aumento.

La célula vegetal

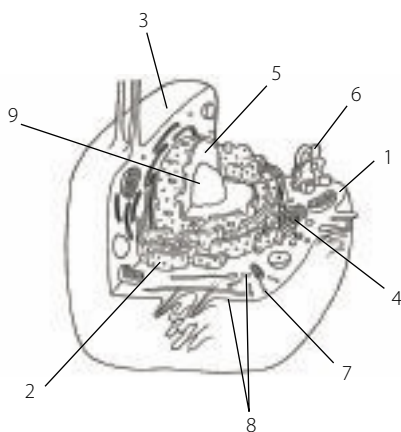
1. Corta la cebolla y separa las hojas internas. Con el bisturí o una cuchilla de afeitar, corta un pequeño trocito y, luego, con las pinzas finas, pellizca en uno de los bordes y separa la epidermis, que se muestra semitransparente. Corta transversalmente un trozo de la misma de 1 cm², aproximadamente, y colócalo en un portaobjetos. Si es preciso, estira el trocito de epidermis con ayuda de la aguja enmangada.
2. Añade unas gotas de azul de metileno acético. Espera unos 7 minutos hasta que se tiña la muestra.
3. Lava la muestra con agua destilada, utilizando un cuentagotas, hasta que el agua salga limpia y no aparezca teñida de azul.
4. Seca los bordes y añade unas gotas de glicerina al 50 %. Coloca un cubre y observa al microscopio, primero a pequeño aumento y luego, una vez elegida la zona mejor, a gran aumento.

Practica

1. Describe lo que observas en la preparación de la célula animal.
2. Al utilizar orceína en la tinción de la célula, y al ser esta un colorante específico de la cromatina, se puede observar una estructura típica que permite diferenciar entre las células masculinas y las femeninas. ¿De qué estructura se trata? ¿Dónde se localiza en la célula? ¿Qué función desempeña dicha estructura? ¿En qué células se observa?
3. En la preparación de la célula vegetal: ¿cómo son las células? ¿Qué orgánulos se observan?
4. ¿Por qué crees que se ven peor las células de la mucosa que las de la cebolla?

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

- 1 Enumera y explica los principales fundamentos de la teoría celular.
- 2 ¿Cuál fue la contribución de Santiago Ramón y Cajal a la teoría celular?
- 3 Copia la tabla adjunta correspondiente a dos tipos de organización celular. Contesta con un Sí o No lo que corresponda en cada casilla.
- 4 Observa la figura siguiente: ¿es una célula vegetal o animal? Justifícalo. Indica el nombre de los orgánulos o estructuras celulares señalados en la figura.



	Procariota	Eucariota
Membrana plasmática		
Citoesqueleto		
Retículo endoplasmático		
Lisosomas		
Mitocondrias		
Mesosomas		
Membrana nuclear		
ADN		
Nucleolos		
Ribosomas		

- 5 ¿Qué estructuras podemos distinguir en el núcleo interfásico? Descríbelas brevemente.
- 6 ¿Qué criterio utilizarías para clasificar a los cromosomas? Realiza un dibujo de los diferentes tipos de cromosomas en función de dicho criterio.
- 7 ¿Es igual el material genético de los cromosomas homólogos? ¿Y el de las cromátidas hermanas? Justifica la respuesta.
- 8 Diferencia los siguientes conceptos:
 - a) Haploide/diploide.
 - b) Autosoma/heterocromosoma.
 - c) Cariotipo/idiograma.
- 9 ¿Qué es el poder de resolución de un microscopio? ¿De qué factores depende que sea mayor o menor?
- 10 ¿Cómo podemos calcular los aumentos a los que se ve una cierta preparación al microscopio óptico?

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

- 1 Relaciona los términos de ambas columnas:

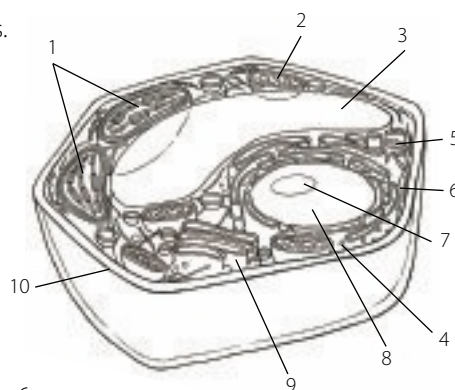
1. Robert Hooke.
2. Leewenhoek.
3. R. Brown.
4. T. Schwann.
5. R. Virchow.
6. E. Purkinje.
7. S. Ramón y Cajal.

a) Individualidad de la neurona.
b) «*Omnis cellula e cellula*».
c) Acuñó el término célula.
d) Observación de *animálculos*.
e) Descubrimiento del núcleo.
f) Describió el protoplasma.
g) Estableció el paralelismo entre tejidos animales y vegetales.

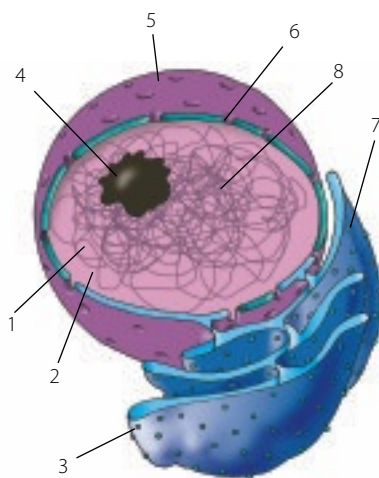
- 2 Realiza un cuadro comparativo entre las células procariotas y eucariotas.

- 3 En la figura hay una representación esquemática típica de una célula eucariota.

- a) Indica los nombres de las estructuras señaladas con un número.
b) ¿Es una célula animal o vegetal? Justifica la respuesta.
c) Describe brevemente la función de las estructuras señaladas con los números 1, 2, 9 y 10.



- 4 En la figura se muestran de forma esquemática los diferentes componentes de una región celular. Nombra las estructuras señaladas e indica la principal función de las estructuras numeradas como: 1, 2, 4, y 6.



- 5 Explica brevemente la relación estructural que hay entre nucleosoma, cromatina y cromosoma.

- 6 Realiza un esquema de un cromosoma acrocéntrico diferenciando sus partes.

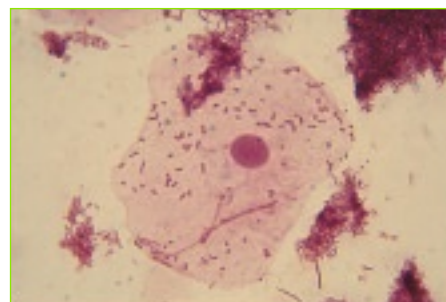
- 7 Una determinada especie de mamífero posee 25 cromosomas en los gametos.

- a) ¿Cuántos autosomas posee un gameto de dicha especie?
b) ¿Y cuántos cromosomas sexuales posee dicho gameto?
c) ¿Cuántos autosomas posee una célula somática de dicha especie?
d) ¿Cuántos cromosomas sexuales posee una célula de hígado de dicha especie?
e) ¿Cuál es el número diploide de dicha especie?

- 8 ¿Qué diferencias respecto a número de aumentos, poder de resolución y tipo de imagen hay entre el microscopio óptico, el microscopio electrónico de transmisión y el microscopio electrónico de rastreo (escáner)?

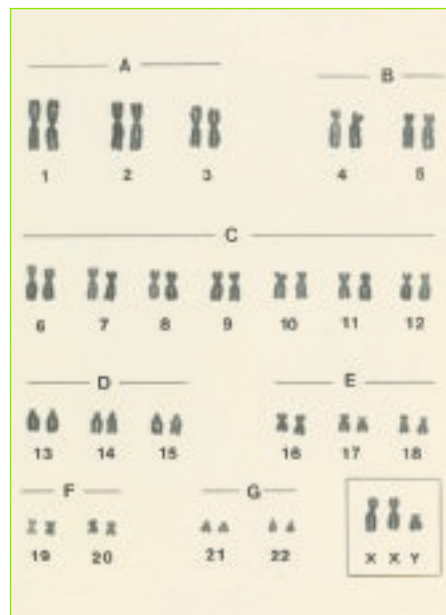
- 1 ¿Cuál es la relación nucleoplasmática de una célula eucariota globular de $20\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro si el núcleo tiene $2\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro?
- 2 ¿Qué masa en picogramos tiene una macromolécula de peso molecular 500 000 daltons?
- 3 ¿Cuál es la longitud en ángstroms y en nanómetros de una estructura de $0,25\text{ }\mu\text{m}$ de largo?
- 4 ¿En qué lugar del núcleo se encuentran los diferentes tipos de ARN? ¿Y de ADN?
- 5 ¿Cómo pueden aparecer células que poseen varios núcleos?
- 6 ¿Es la interfase la fase inicial de la mitosis? Justifica la respuesta.
- 7 ¿Por qué los virus no son considerados células?
- 8 Calcula la relación nucleoplasmática de un hepatocito cuyo volumen es $4000\text{ }\mu\text{m}^3$ y cuyo núcleo ocupa el 6% de dicho volumen.
- 9 ¿Por qué es necesario que los poros nucleares estén rodeados de un anillo proteico?

- 10 ¿Por qué la lámina nuclear puede reconstituir la envoltura nuclear?
- 11 En esta micrografía se pueden observar cuatro células del epitelio de la mucosa bucal vistas con un microscopio electrónico de transmisión (MET). Bajo la imagen se puede observar la escala gráfica. Con la ayuda de una regla indica cuál es el número de aumentos utilizado.



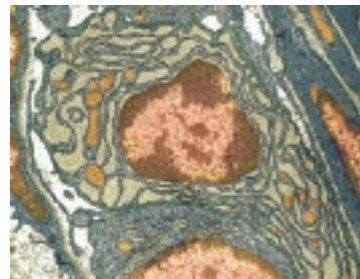
20 mm

- 12 Esta fotografía muestra el conjunto ordenado de cromosomas de una célula humana, es decir, el cariotipo de un individuo. Contesta a las siguientes preguntas.
 - a) ¿Cuántos cromosomas hay en la fotografía?
 - b) ¿Se trata de una célula diploide o haploide? ¿Cuánto vale $2n$?
 - c) ¿Se trata de un hombre o de una mujer? ¿Por qué?
 - d) ¿Cuántos tipos de cromosomas hay? ¿Cuánto vale n ?
 - e) ¿Cuánto valdría n si fuera del otro sexo?
 - f) ¿Cuántas cromátidas tiene cada cromosoma?
 - g) ¿Cómo se denomina el conjunto de cromosomas del recuadro pequeño? ¿Y el resto?
 - h) ¿Qué dos criterios se han seguido para hacer los siete grupos de los cromosomas no recaudados?
 - i) Los siete grupos se denominan, de izquierda a derecha, con las letras A, B, C, D, E, F y G. Define las características de cada grupo.
 - j) Teniendo en cuenta la medida y la forma, en qué grupos se han de incluir el cromosoma X y el cromosoma Y.



- 13 Se realiza la observación de una célula con un microscopio óptico a 100 aumentos. Su medida aparente es de $0,45\text{ cm}$. ¿Cuál es su medida real? ¿A qué medida aparente visualizaremos a 60 aumentos un espermatozoide humano que mida unos 50 micrómetros?

- 1 ¿Qué quiere decir que la célula es la unidad genética autónoma de los seres vivos?
- 2 ¿Por qué motivo muere la célula cuando se le extirpa el núcleo?
- 3 ¿A qué es debida la existencia de una zona granular en el nucleolo?
- 4 ¿Qué estructuras celulares fueron identificadas gracias al microscopio óptico?
- 5 ¿Qué se sabía de la célula al final del siglo XVII?



- 6 En la figura aparece representada una célula. Responde a las siguientes preguntas:
 - a) ¿De cuál de entre los tipos generales de célula puede tratarse. Razona tu respuesta.
 - b) ¿A qué pueden corresponder las estructuras señaladas mediante flechas?
 - c) A la vista de la organización interna de la célula y de la riqueza que presenta en las diferentes estructuras, ¿cuál podría ser su función?



- 7 La célula es la unidad básica de los seres vivos.
 - a) ¿Qué estructura identificas en la figura adjunta que corresponde a una célula eucariota?
 - b) Indica a qué corresponden el número 1 y el número 3, señalando la función que llevan a cabo.
 - c) Indica el número y nombra los orgánulos con doble membrana que contiene la célula de la imagen.

- 8 Indica en una doble columna las características de las células de los animales que no tienen las células de los vegetales (en la columna de la izquierda) y las características de las células de los vegetales que no tienen las células de los animales (en la columna de la derecha).

- 9 Relaciona el nombre de la columna de la izquierda con los términos de la columna de la derecha.

1. Microtúbulos.
2. Ribosomas.
3. Pared celular de celulosa.
4. Cloroplasto.
5. Glucógeno.
6. Célula vegetal.
7. Cromatina.
8. Órgano transductor de energía.
9. Hialoplasma.
10. Célula animal.

- a) Retículo endoplasmático rugoso.
- b) Fotosíntesis.
- c) Plasto.
- d) Célula animal.
- e) Citoesqueleto.
- f) Célula vegetal.
- g) Núcleo.
- h) Citosol.
- i) Matriz extracelular.
- j) Mitocondria.

- 10 ¿Qué relación hay entre mm, μm , nm y Å? ¿Y entre gramo, picogramo y dalton o uma?

- 11 De las características que se proponen, indica las que son propias de las células procariotas y las que pertenecen a las células eucariotas:
 - a) Carecen de lisosomas.
 - b) Poseen mesosomas.
 - c) Presentan vacuolas.
 - d) ADN de doble cadena circular.
 - e) Ausencia de retículo endoplasmático.
 - f) Poseen ribosomas.
 - g) Carecen de nucléolo.
 - h) Presentan membrana nuclear.

RECUERDA Y CONTESTA

1. Las tres funciones vitales son la nutrición, la reproducción y la relación.
2. Célula eucariota es el tipo de célula que tiene núcleo, es decir, su material genético se encuentra rodeado por una doble membrana. Célula eucariota es una estructura biológica constituida por membrana, citoplasma y núcleo. Las células humanas sí son eucariotas.
3. Membrana nuclear (externa e interna separadas por el espacio intermembranas), la lámina media, el nucleolo, la cromatina y el nucleoplasma.
4. En el microscopio electrónico se utiliza un flujo de electrones, es decir, una corriente eléctrica. La imagen no se puede observar directamente porque nuestro ojo no puede observar un flujo de electrones, por tanto, se hace incidir este flujo en la pantalla de un televisor y se observa la imagen que en él se forma.

ACTIVIDADES

1. Realmente no eran células completas, sino las paredes de células residuales de las células vegetales muertas.
2. Porque no se conseguía perfeccionar las lentes de aumento y, por tanto, no se podía mejorar la calidad de las observaciones de los primeros microscopios.
3. La célula es la unidad morfológica de todos los seres vivos, puesto que todos ellos están constituidos por una o más células. Asimismo, la célula es capaz de realizar todos los procesos metabólicos necesarios para permanecer con vida y, por tanto, es la unidad fisiológica. Y la célula es la unidad genética de todos los seres vivos porque toda célula proviene, por división, de otra célula.
4. Los ribosomas y los lisosomas (aun cuando ya se había intuido su existencia con el microscopio óptico), los peroxisomas, las vesículas sinápticas, la pinocitosis, y los microtúbulos, los filamentos intermedios y los microfilamentos que constituyen el citoesqueleto. También ha permitido establecer la estructura interna de todos los orgánulos celulares ya descubiertos con la microscopía óptica, por ejemplo, la estructura de la membrana plasmática, constituida por una doble capa lipídica y proteínas.
5. Los virus no son la forma de vida más pequeña posible porque necesitan una célula para poderse reproducir aprovechando sus orgánulos. No son la unidad morfológica de los seres vivos porque los seres vivos no están constituidos por virus.
6. Dependen de la estirpe celular a la que pertenezcan, de su edad y de su momento funcional.
7.
$$\frac{V_{\text{cel}}}{V_{\text{coco}}} = \frac{(4/3) (\pi r^3) = (4/3) (3,14 \cdot 20^3 \mu\text{m}^3)}{(4/3) (\pi r^3) = (4/3) (3,14 \cdot 2^3 \mu\text{m}^3)} = 1\,000 \text{ veces}$$
8.
$$\text{Porcentaje} = \frac{200 \cdot (4/3) (3,14 \cdot 100^3 \text{ nm}^3)}{(4/3) (3,14 \cdot 1\,000^3 \text{ nm}^3)} \cdot 100 = 20 \text{ (es decir, un 20\%)}$$
9. En la fase de división.
10. La duplicación del ADN ocurre al final de la interfase, es necesaria para que tras la división cada célula hija pueda tener la misma cantidad de ADN que tenía la célula madre.

11. Por la vía de la fusión de las membranas de las células contiguas, con lo cual en un solo citoplasma hay dos o más núcleos, estructura que se denomina sincitio, o por la vía de una serie de divisiones sucesivas del núcleo, sin que vaya acompañada de sendas divisiones del citoplasma. Así se genera una estructura denominada plasmodio.
12. En las células vegetales el núcleo interfásico suele ser discooidal y, generalmente se encuentra en posición lateral. En las células animales el núcleo interfásico suele ser esférico y se encuentra en posición central.
13. Es la relación que existe entre el volumen nuclear y el volumen citoplasmático, que se mantiene constante. Por debajo de un determinado valor de relación nucleoplasmática se induce la división celular.
14. No podría salir el ARNm y, por tanto, no se podrían fabricar proteínas. Tampoco podrían entrar las proteínas del tipo: ADN-polimerasas, ARN-polimerasas, histonas y las proteínas del ARNn; por tanto, no se podría duplicar el ADN, no se podría formar la fibra de cromatina de 100 Å, ni el ARNn, ni las partículas prerribosómicas.
15. Su función es regular qué proteínas pueden entrar o salir y cuáles no, y para regular la salida de las subunidades ribosómicas.
16. Como en las células eucariotas hay unas cuantas moléculas de ADN (a diferencia de las procariotas, que tan solo tienen una), que se enrollan sobre sí mismas para evitar enredarse entre sí, muy probablemente quedarían condensadas en lugares muy distantes, por lo que sería más difícil coordinar la replicación del ADN, la recombinación genética en la meiosis y la repartición final de los cromosomas.
17. Porque la lámina nuclear presenta puntos de unión con las fibras de cromatina que, al enrollarse sobre sí mismas, forman los cromosomas.
18. ADN-polimerasas, ARN-polimerasas, ribonucleoproteínas, histonas y nucleótidos. La razón es porque son las moléculas necesarias para la duplicación del ADN, para la síntesis de ARN y para la fabricación de las subunidades ribosómicas.
19. El nucleoplasma presenta una red de proteínas fibrilares que constituyen una estructura tridimensional que mantiene fijos el nucleolo y las fibras de cromatina.
20. La zona granular del nucleolo está formado por ARN ribosómico asociado a proteínas.
21. Es en el ADN de los nucleolos donde está la información sobre cómo sintetizar el ARN nucleolar y sobre su secuencia de nucleótidos.
Hay más nucleolos en las células secretoras de enzimas porque, como las enzimas son proteínas, son necesarios muchos ribosomas, y esto implica un nucleolo grande o unos cuantos nucleolos pequeños, ya que es el ARN nucleolar el que da lugar a los diferentes ARN ribosómicos.
22. No es correcta, ya que la heterocromatina facultativa es aquella que en un mismo individuo está condensada en unos tipos de células pero no en otros.
23. En los humanos no puede haber células somáticas con un número impar de cromosomas, salvo que se haya producido una mutación, como pasa, por ejemplo, en el síndrome de Down, en el que hay tres ejemplares del cromosoma 21 en lugar de dos, que es lo normal (uno heredado del padre y otro

heredado de la madre), o en el síndrome de Klinefelter, donde hay dos cromosomas X y un cromosoma Y. En los gametos humanos hay un número impar de cromosomas, concretamente 23, excepto que se hayan producido determinadas mutaciones.

24. Presenta un corpúsculo de Barr, como las células de las mujeres.
25. Para hacer un corte de 200 Å se necesita utilizar un ultramicrotomo; para hacer uno de 500 µm (medio milímetro) sería suficiente utilizar una hoja de afeitar o una navaja histológica, y para hacer uno de 7 000 nm (= 7 µm) se necesitaría un microtomo.
26. Utilizaría un colorante vital, como por ejemplo el azul de metileno.
27. Como la parafina fundida es un líquido apolar y el agua (muy abundante en los tejidos biológicos) es un líquido polar, los dos líquidos son inmiscibles y, por tanto, la parafina no penetraría en el interior del tejido biológico.
28. Si se compara el poder de resolución del ojo humano (100 µm) con el del microscopio óptico (0,2 µm) y con el del microscopio electrónico (4 Å), se deduce que el microscopio óptico puede aumentar la resolución del ojo unas 500 veces (100 µm/0,2 µm = 500), y que el microscopio electrónico puede aumentar la resolución del microscopio óptico también unas 500 veces (2 000 Å/4 Å = 500).
29. Los primeros conocimientos sobre la estructura celular datan del año 1665, cuando Robert Hooke observó con un microscopio muy simple, construido por él mismo, una fina laminilla de corcho en la que vio unas celdillas geométricas que se repetían, similares a las de un panal de abejas, a las que denominó células (del latín *cellulae* = celdita).

A partir de entonces, otros científicos fueron comprobando la existencia de células en todos los tejidos y organismos que observaban, tanto animales como vegetales. En 1674 Anthony van Leeuwenhoek, un comerciante holandés que perfeccionó el sistema de lentes, describió la existencia de células vivas. Así pudo ver, por primera vez, células en la sangre, en el esperma y microorganismos en las aguas, a los que denominó *animáculos*.

Hasta la segunda mitad del siglo XIX no hubo importantes avances en el descubrimiento de la célula, cuando el perfeccionamiento de los microscopios y el descubrimiento de técnicas para teñir las preparaciones permitieron observar nuevas estructuras celulares.

En 1831 R. Brown descubrió en el interior de las células vegetales un corpúsculo al que denominó núcleo, al que suponía de gran importancia para la célula. En 1839 Purkinje introdujo el término protoplasma para designar el líquido que llenaba la célula. En esa misma época, el botánico Schleiden (1838) y el zoólogo Schwann (1839) afirmaron, respectivamente, que todos los vegetales y animales están formados por células. En 1855 R. Virchow estableció que todas las células provienen de otras preexistentes (idea que en latín se expresó como «*Omnis cellula e cellula*»).

A partir de los postulados de Schleiden y Schwann se inició el desarrollo de la llamada teoría celular, aplicable a todos los seres vivos, que con los conocimientos actuales puede resumirse en los siguientes puntos:

- Todos los seres vivos están constituidos por una o más células, siendo, por tanto, esta la unidad de todos ellos.

- La célula es capaz de realizar todos los procesos metabólicos que la permitan vivir, lo que hace que esta sea la unidad funcional o fisiológica de los seres vivos.
- Toda célula procede por división de otras ya existentes.
- La célula contiene el material hereditario, a través del cual las características de una célula madre pasan a las hijas. Este hecho hace que la célula sea la unidad genética de todos los seres vivos. En un principio, la teoría celular fue aceptada para todos los tipos celulares excepto para el tejido nervioso. Fue Santiago Ramón y Cajal (1899) quien hizo posible la generalización de la teoría celular a todas las células, al demostrar la individualidad de las neuronas, en contra de lo que se pensaba, que el tejido nervioso estaba formado por una red con sus células soldadas.

30. a) Las células procariotas son células que carecen de auténtico núcleo. Su material genético no se encuentra recubierto por una membrana que lo separe del resto del citoplasma. Estas células, al igual que las eucariotas, presentan una membrana plasmática, citoplasma y material genético.

El material genético está más o menos condensado en una región denominada nucleóide, donde no se distinguen nucleolos. Además, disponen de una cubierta gruesa y rígida por fuera de la membrana plasmática, llamada pared bacteriana. Interiormente, las células procariotas son mucho más sencillas; en general, en su interior solo hay ribosomas y unas invaginaciones o pliegues interiores de la membrana, que reciben el nombre de mesosomas.

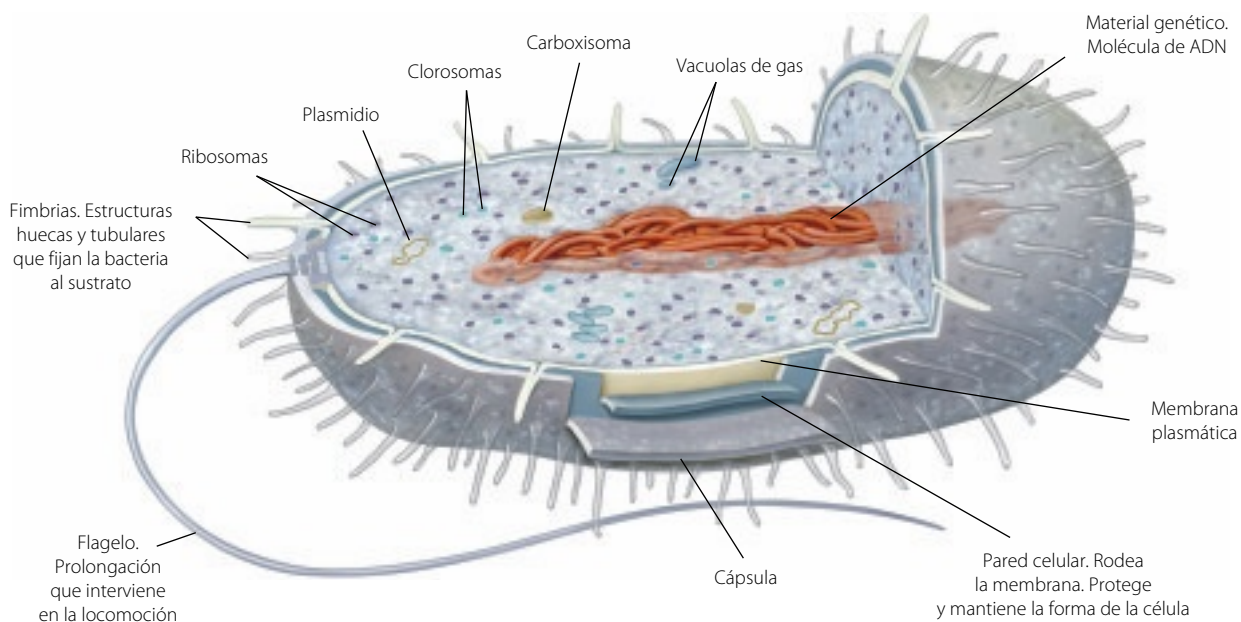
- b) Son procariotas las bacterias, las cianobacterias y los micoplasmas. Los principales componentes estructurales de las células procariotas son:

- Cápsula bacteriana. Capa externa sin estructura definida, rica en glúcidos. Aparece en casi todos los grupos patógenos. Permite la regulación de los procesos de intercambio de sustancias (agua, iones, sustancias nutritivas, etc.) con el medio interno de la bacteria. También permite la adherencia entre la bacteria y los tejidos del huésped, así como dificultar el reconocimiento y la destrucción de la bacteria por los anticuerpos.
- Membrana plasmática. Envoltura que rodea al citoplasma, de estructura similar a la de la célula eucariota (naturaleza lipoproteica). La membrana presenta pliegues internos, denominados mesosomas, que aumentan la superficie de contacto y que contienen enzimas que intervienen en diferentes procesos metabólicos y de división celular.
- Pared bacteriana. Envoltura rígida y fuerte que da forma a la célula bacteriana. Está compuesta principalmente por peptidoglucano o mureína. La tinción de Gram permite diferenciar dos tipos de bacterias en función de la estructura de la pared: las Gram positivas y las Gram negativas. La pared celular de las Gram negativas es delgada y biestratificada. La capa exterior, denominada membrana externa, se constituye de una doble capa de lípidos que contiene un gran número de proteínas, la mayoría enzimas, y lipopolisacáridos proyectados hacia el exterior. La capa interna es una estructura fina, formada por peptidoglucanos. La pared celular de las Gram positivas es monoestratificada, formada por una capa gruesa de peptidoglucano a la

que se asocian proteínas, polisacáridos y ácidos teicoicos. La pared mantiene la forma de la bacteria frente a las variaciones de presión osmótica. También actúa como membrana semipermeable, regulando el paso de sustancias. Una vez formada resiste el ataque de antibióticos.

- Ribosomas. Partículas globulares constituidas por dos subunidades que participan en la síntesis de proteínas.
- Inclusiones. Gránulos de reserva que contienen sustancias fabricadas por la propia bacteria o sustancias de desecho.

- Nucleoide. Región donde encontramos el ADN bacteriano, constituido por una molécula simple, circular de ADN bicatenario (cromosoma bacteriano) muy plegada.
- Plasmidios. Pequeñas moléculas de ADN independientes del cromosoma bacteriano.
- Flagelos. Prolongaciones finas que permiten la locomoción de las bacterias que los poseen.
- Pilis y fimbrias. Estructuras proteicas y tubulares que aparecen en la superficie externa de algunas bacterias. Los pilis están relacionados con el intercambio de ADN entre bacterias y las fimbrias permiten a la bacteria adherirse al sustrato.



31. $RNP = \frac{4}{3} \times \pi \times 2^3 \mu\text{m}^3 / (\frac{4}{3} \times \pi \times 20^3 \mu\text{m}^3 - \frac{4}{3} \times \pi \times 23 \mu\text{m}^3) = 1,001 \times 10^{-3}$.

32. Todas las células eucariotas y procariotas están formadas por los siguientes elementos:

- Membrana plasmática: constituida básicamente por una doble capa lipídica con proteínas englobadas o adheridas a su superficie.
- Citoplasma: abarca el medio interno líquido o citosol y una serie de estructuras internas denominadas orgánulos celulares.
- Material genético: formado por una o por varias moléculas de ADN.

33. Orgánulos celulares delimitados por una doble membrana:

- Mitocondrias: son orgánulos de las células eucariotas aerobias que se encargan de obtener energía mediante la respiración celular.
- Cloroplastos: son orgánulos típicos de las células vegetales, contienen clorofila, gracias a la cual pueden llevar a cabo la fotosíntesis.
- El núcleo interfásico: es un compartimento de las células eucariotas, presenta una doble membrana que constituye la envoltura nuclear. Contiene en su interior la información genética en forma de ADN y es donde se realiza la replicación del ADN y la síntesis de los ARN.

Orgánulos celulares delimitados por una simple membrana:

- Retículo endoplasmático liso: es una red de túbulos que se expande por el citoplasma. Tiene diversas funciones entre las que destaca la síntesis de lípidos que forman las membranas.
- Retículo endoplasmático rugoso: es un conjunto de cisternas comunicadas entre sí. Se encarga de la síntesis de proteínas que forman la membrana.
- Vacuolas: son vesículas constituidas por una membrana y un interior predominantemente acuoso. Se encargan de acumular gran cantidad de agua, almacenar productos de desecho y reservas energéticas, así como sustancias con funciones muy específicas.

34. El material nuclear de todas las células está formado por una o varias moléculas de ADN. En las células procariotas el material genético está más o menos condensado en una región denominada nucleoide, puede presentar pequeños ADN accesorios, denominados plasmidios. En las células eucariotas, el núcleo consta de nucleoplasma y de una doble membrana, llamada envoltura nuclear, que presenta abundantes poros. Disperso en el nucleoplasma se encuentra el material genético en forma de cromatina y, en medio de ella, uno, dos o tres corpúsculos sin membrana, los nucleolos.

35. a) Las bacterias son células de organización procariota.
 b) 1: flagelo; 2: membrana plasmática; 3: pared celular; 4: cápsula; 5: ribosoma; 6: material genético.
 c) Los ribosomas se encargan de la síntesis de proteínas necesarias para la célula y el material genético es el responsable de la replicación, transcripción y traducción.

36. Los orgánulos y estructuras que podemos encontrar en una célula vegetal son:

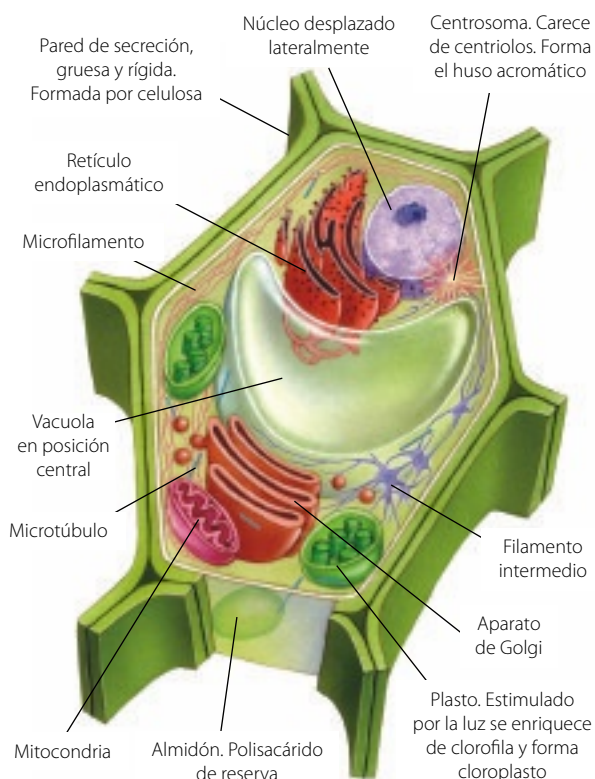
- Membrana plasmática. Regula el paso de sustancias entre el exterior y el interior celular.
- Citoplasma. Interior celular donde se encuentran los orgánulos. En su seno se llevan a cabo diferentes procesos metabólicos, así como genéticos.
- Núcleo. Alberga en su interior el material genético.
- Nucleolo. En él se lleva a cabo la síntesis de las subunidades de los ribosomas.
- Ribosomas. Se encargan de la síntesis de proteínas.
- Vacuolas. Almacenan sustancias de reserva o desecho, principalmente agua.
- Aparato de Golgi. En él se acumulan sustancias procedentes del retículo endoplasmático y se realiza la secreción al exterior mediante pequeñas vesículas que se forman en su periferia. También participa en la glucosidación de lípidos y proteínas, mediante la unión a estos de cadenas de oligosacáridos, dando lugar a glucolípidos y glicoproteínas de membrana o de secreción.
- Retículo endoplasmático liso. Participa en la síntesis de lípidos constituyentes de membranas: colesterol, fosfolípidos, glucolípidos, etc. También participa en procesos de detoxificación de sustancias, siendo capaz de metabolizar sustancias tóxicas y convertirlas en productos eliminables por la célula.
- Retículo endoplasmático rugoso. Su función es almacenar y transportar las proteínas que se han sintetizado en los ribosomas.
- Pared celular. Mantiene la forma de la célula y la protege.
- Lisosomas. Llevan a cabo la digestión de materia orgánica (transforman moléculas complejas en otras más sencillas mediante hidrólisis).
- Cloroplastos. En su interior se realiza la fotosíntesis.
- Mitocondrias. En ellas se realiza la respiración celular, proceso a partir del cual se obtiene energía.
- Microtúbulos. Intervienen en la separación de los cromosomas entre las dos células hijas en los procesos de división celular.

Los orgánulos y estructuras exclusivos de las células vegetales son:

- Cloroplastos.
- Pared celular.

Las vacuolas no son orgánulos exclusivos de las células vegetales, ya que también las poseen las células animales, pero son más pequeñas y ocupan un menor contenido celular.

Célula vegetal



37. Las células animales y vegetales poseen una organización muy similar y la mayor parte de sus orgánulos son los mismos. Sin embargo, presentan algunas diferencias estructurales importantes, entre las que destacan las siguientes:

- Las células vegetales tienen plastos, mientras que las células animales no. Entre ellos están los cloroplastos, en los que tiene lugar la fotosíntesis.
- Las células animales poseen centriolos y las células vegetales no.
- Las células vegetales tienen un sistema vacuolar muy desarrollado, en muchos casos formado por una gran vacuola que ocupa la mayor parte del citoplasma.
- Las células vegetales presentan una pared celular de celulosa que da soporte mecánico y protección a estas células.

38. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

39. a) La representación corresponde a una célula animal, ya que:

- Carece de cloroplastos, orgánulos exclusivos de las células vegetales.
- No presenta pared celular, característica de las células vegetales.
- Presenta centriolos (diplosoma) exclusivos de las células animales.
- Presenta uniones intercelulares características de las células animales, como desmosomas.
- La célula representada presenta especializaciones en la cara dorsal de la membrana (microvellosidades).

b) 1. Núcleo. Alberga en su interior el material genético.

2. Aparato de Golgi. Acumulación de sustancias procedentes del retículo endoplasmático y secreción al exterior mediante pequeñas vesículas que se forman en su periferia. También participa en la glucosidación de lípidos y proteínas mediante la unión a estos de cadenas de oligosacáridos, dando lugar a glucolípidos y glicoproteínas de membrana o de secreción.
3. Mitocondria. Respiración celular, proceso a partir del cual se obtiene energía.
4. Nucleolo. Síntesis de ARNr y procesado y empaquetamiento de subunidades de los ribosomas.

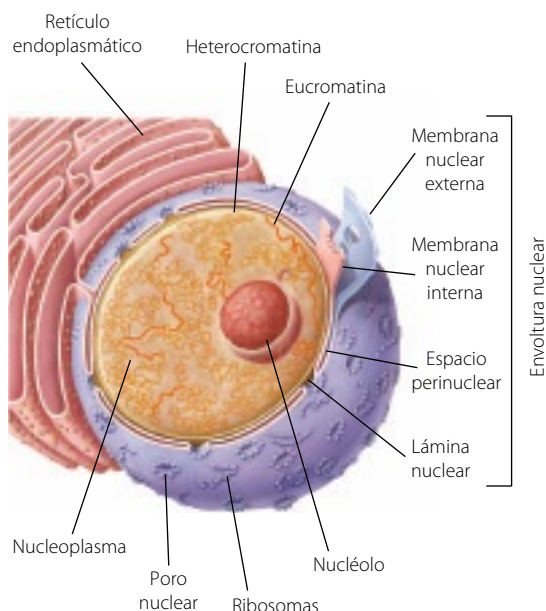
40. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

41.

	Animal	Vegetal
Membrana plasmática	SÍ	SÍ
Citoesqueleto	SÍ	SÍ
Retículo endoplasmático	SÍ	SÍ
Lisosomas	SÍ	SÍ
Mitocondrias	SÍ	SÍ
Cloroplastos	NO	SÍ
Membrana nuclear	SÍ	SÍ
ADN	SÍ	SÍ
Nucleolos	SÍ	SÍ
Ribosomas	SÍ	SÍ

42. a) 4; b) 1; c) 5; d) 2; e) 3; f) 6; g) 8; h) 7.

43.



El núcleo celular es una estructura propia de las células eucariotas que presenta unas características particulares. Contiene en su interior la información genética en forma de ADN y es donde se realiza la replicación del ADN y la síntesis de los ARN.

44. a) Eucariotas.

b) La envuelta nuclear está constituida por los siguientes elementos:

- Membrana externa: es similar a la membrana plasmática, en su cara exterior presenta un gran número de ribosomas adosados. Esta membrana está en contacto con el retículo endoplasmático rugoso y puede realizar las mismas funciones que él.
- Membrana interna: tiene unas proteínas de membrana que sirven de anclaje para las proteínas que constituyen la lámina nuclear.
- Espacio perinuclear o intermembranoso entre las dos membranas que rodean al núcleo.
- Lámina nuclear o lámina fibrosa: es una capa densa de proteínas fibrilares, estas se unen a la membrana interna y fijan las fibras de cromatina.
- Poros nucleares: son orificios que se distribuyen por toda la envoltura nuclear, regulan el paso de subunidades ribosómicas y de proteínas de pequeño tamaño.

c) El nucleolo está básicamente constituido por proteínas y ARN, sintetiza el ARN nucleolar (ARNn), que se convierte en los diferentes ARNr imprescindibles para la formación de los ribosomas.

45. Porque la cantidad de ADN es mucho menor en las células procariotas que en las células eucariotas.

46. La diferente coloración se debe a que la heterocromatina no se condensa completamente durante la interfase, mientras que la eucromatina sí se condensa completamente.

47. La estructura señalada en la figura es el nucleolo. El nucleolo está básicamente constituido por proteínas y ARN, sintetiza el ARN nucleolar (ARNn), que se convierte en los diferentes ARNr imprescindibles para la formación de los ribosomas.

48. a) Eucariotas.

b) La envuelta nuclear está constituida por los siguientes elementos:

- Membrana externa: es similar a la membrana plasmática, en su cara exterior presenta un gran número de ribosomas adosados. Esta membrana está en contacto con el retículo endoplasmático rugoso y puede realizar las mismas funciones que él.
- Membrana interna: tiene unas proteínas de membrana que sirven de anclaje para las proteínas que constituyen la lámina nuclear.
- Espacio perinuclear o intermembranoso entre las dos membranas que rodean al núcleo.
- Lámina nuclear o lámina fibrosa: es una capa densa de proteínas fibrilares, estas se unen a la membrana interna y fijan las fibras de cromatina.
- Poros nucleares: son orificios que se distribuyen por toda la envoltura nuclear, regulan el paso de subunidades ribosómicas y de proteínas de pequeño tamaño.

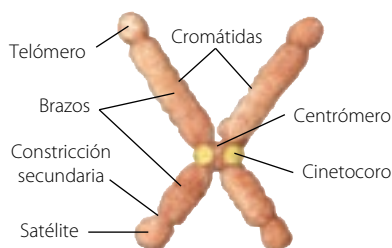
c) El nucleolo está básicamente constituido por proteínas y ARN, sintetiza el ARN nucleolar (ARNn), que se convierte en los diferentes ARNr imprescindibles para la formación de los ribosomas.

49. a) El orgánulo representado es el núcleo, contiene en su interior la información genética en forma de ADN y es donde se realiza la replicación del ADN y la síntesis de los ARN.

b) 1: poros nucleares; 2: nucleoplasma; 3: envoltura nuclear; 4: cromatina.

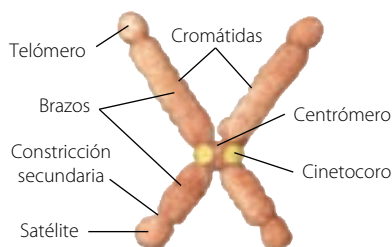
- c) La cromatina está formada por filamentos de ADN, en diferentes grados de condensación, y proteínas. Estos filamentos forman ovillos que se sitúan adosados a la lámina nuclear o en contacto con el nucleolo. La cromatina realiza dos funciones; contener la información genética sobre la estructura y el funcionamiento del organismo y proporcionar la información biológica necesaria para efectuar, por la vía de la transcripción, la síntesis de los diferentes ARN.
- d) En las células de organización eucariota.

50.

Cromosoma metafásico

51. a) Cromatina: estructura empaquetada y compacta, constituida por ADN, en diferente grado de condensación, y proteínas. Se encuentra en el núcleo interfásico de las células eucariotas y en el momento de iniciar la mitosis se compacta para formar los cromosomas.
- b) Cromátidas: son los dos filamentos idénticos de ADN que, unidos por el centrómero, forman el cromosoma metafásico.
- c) Centrómero: también se denomina constricción primaria, divide el cromosoma en dos brazos, que pueden ser del mismo o de diferente tamaño, ocupa una posición variable a lo largo del cromosoma pero fija para cada cromosoma.
- d) Cromosomas homólogos: son aquellos que tienen información genética (igual o diferente) para los mismos caracteres.

52.

Cromosoma metafásico

Los cromosomas son estructuras en forma de bastón que aparecen durante la división del núcleo (cariocinesis) como consecuencia de la condensación de la cromatina. Los cromosomas no se observan durante la interfase, solo durante la división celular, y alcanzan su máximo grado de empaquetamiento en la metafase.

Básicamente están constituidos por ADN e histonas. Un cromosoma está formado por dos brazos o cromátidas, estructuras idénticas en morfología e información resultado de la duplicación del ADN, que reciben el nombre de cromátidas hermanas. Ambas cromátidas permanecen unidas por un punto denominado centrómero o constricción primaria. En ocasiones pueden aparecer en los brazos constricciones se-

cundarias, relacionadas con la formación de los nucleolos, que, si se sitúan cerca del final de los brazos, dan lugar a un corto segmento que recibe el nombre de satélite.

En el centrómero aparece una estructura proteica, en forma de disco, denominada cinetocoro, que actúa como centro organizador de microtúbulos.

La principal función de los cromosomas es facilitar el reparto de la información genética contenida en la célula madre entre las dos células hijas.

El número de cromosomas es constante en todas las células de los individuos de una especie, pero varía según la especie.

Los cromosomas están constituidos por dos brazos, llamados cromátidas hermanas, paralelas entre sí, que permanecen unidas por un punto denominado centrómero o constricción primaria. Las cromátidas hermanas son el resultado de la duplicación del ADN, que ocurre en la fase S del ciclo celular durante la interfase, por tanto, son idénticas entre sí. La forma de los cromosomas viene determinada por la posición del centrómero, que lo divide en dos partes, denominadas brazos. Según sea la longitud de los brazos, se distinguen cuatro tipos de cromosomas:

- Metacéntrico. Los dos brazos son iguales, ya que el centrómero se localiza en la mitad del cromosoma.
- Submetacéntrico. El centrómero está ligeramente desplazado hacia uno de los brazos, por lo que los brazos son ligeramente desiguales.
- Acrocéntrico. El centrómero está muy desplazado hacia uno de los extremos, lo que origina brazos desiguales.
- Telocéntricos. El centrómero se localiza en uno de los extremos, por lo que el cromosoma posee solo un brazo.

53. Todas las células somáticas de un individuo poseen el mismo número de cromosomas, se trata de células diploides o $2n$, siendo n el número de tipos diferentes de cromosomas. Estas células presentan dos juegos de cada tipo de cromosoma, uno heredado de un progenitor y otro heredado del otro.

54.

Elemento del núcleo celular	Funciones
Envoltura nuclear	Controla y regula la comunicación entre el citoplasma y el nucleoplasma.
Nucleoplasma	Constituye el medio interno nuclear.
Cromatina	Se compacta para formar los cromosomas en el momento de iniciar la mitosis.
Nucleolo/s	Sintetiza el ARN nucleolar (ARNn), que se convierte en los diferentes ARNr imprescindibles para la formación de los ribosomas.

LABORATORIO

1. La preparación nos muestra un mosaico de células planas poligonales, más o menos irregulares. Son abundantes las células aisladas. Dado que la muestra procede de la capa superficial o capa de descamación, se trata de células muertas.

El azul de metileno permite visualizar el núcleo de azul intenso y el citoplasma más claro, que suele ser granuloso.

- Se observa el corpúsculo de Barr, denso y fácilmente teñible, que es visible dentro del núcleo de las células en reposo. Se localiza hacia la periferia del núcleo.

Se trata de heterocromatina constitutiva. Esta estructura corresponde a uno de los dos cromosomas X de las hembras: en las mujeres uno de los dos cromosomas X se encuentra condensado, inactivo y formando dicha estructura durante la interfase, dado que la manifestación de los genes de ambos cromosomas X podría resultar letal para el individuo. Solo se observa en las células de las mujeres.

- Se observan células poligonales, unidas unas con otras, con una pared celular gruesa y grandes vacuolas. El núcleo aparece homogéneo. En algunas de ellas se pueden visualizar nucleolos.
- Las células vegetales se aprecian mejor que las animales debido a que las primeras tienen una pared celular que delimita más claramente su contorno.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

- Los primeros conocimientos sobre la estructura celular datan del año 1665, cuando Robert Hooke observó con un microscopio muy simple, construido por él mismo, una fina laminilla de corcho en la que vio unas celdillas geométricas que se repetían, similares a las de un panal de abejas, a las que denominó células (del latín *cellulae* = celdita).

A partir de entonces, otros científicos fueron comprobando la existencia de células en todos los tejidos y organismos que observaban, tanto animales como vegetales. En 1674 Anthony van Leeuwenhoek, un comerciante holandés que perfeccionó el sistema de lentes, describió la existencia de células vivas. Así pudo ver, por primera vez, células en la sangre y en el esperma, y microorganismos en las aguas, a los que denominó *animálculos*.

Hasta la segunda mitad del siglo XIX no hubo importantes avances en el descubrimiento de la célula, cuando el perfeccionamiento de los microscopios y el descubrimiento de técnicas para teñir las preparaciones permitieron observar nuevas estructuras celulares.

- En 1831 R. Brown descubrió en el interior de las células vegetales un corpúsculo al que denominó núcleo y que suponía de gran importancia para la célula.
- En 1839 Purkinje introdujo el término protoplasma para designar el líquido que llenaba la célula.
- En esa misma época, el botánico Scheiden (1838) y el zoólogo Schwann (1839) afirmaron, respectivamente, que todos los vegetales y animales están formados por células.
- En 1855 R. Virchow estableció que todas las células provienen de otras preexistentes (idea que en latín se expresó como «*omnis cellula e cellula*»).
- A partir de los postulados de Scheiden y Schwann se inició el desarrollo de la llamada teoría celular, aplicable a todos los seres vivos, que con los conocimientos actuales puede resumirse en los siguientes puntos:
 - Todos los seres vivos están constituidos por una o más células, siendo, por tanto, esta la unidad de todos ellos.
 - La célula es capaz de realizar todos los procesos metabólicos que la permitan vivir, lo que hace que esta sea la unidad funcional o fisiológica de los seres vivos.

- Toda célula procede por división de otras ya existentes.
- La célula contiene el material hereditario, a través del cual las características de una célula madre pasan a las hijas. Este hecho hace que la célula sea la unidad genética de todos los seres vivos.

- En un principio, la teoría celular fue aceptada para todos los tipos celulares excepto para el tejido nervioso. Fue Santiago Ramón y Cajal (1899) quien hizo posible la generalización de la teoría celular a todas las células, al demostrar la individualidad de las neuronas, en contra de lo que se pensaba, que el tejido nervioso estaba formado por una red con sus células soldadas.

3.

	Procariota	Eucariota
Membrana plasmática	SÍ	SÍ
Citoesqueleto	NO	SÍ
Retículo endoplasmático	NO	SÍ
Lisosomas	NO	SÍ
Mitocondrias	NO	SÍ
Mesosomas	SÍ	NO
Membrana nuclear	NO	SÍ
ADN	SÍ	SÍ
Nucléolos	NO	SÍ
Ribosomas	SÍ	SÍ

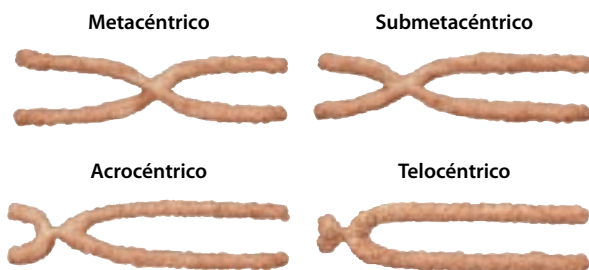
- Es una célula animal. Tiene centriolos, no presenta ni pared celular ni cloroplastos. Vacuolas pequeñas. Forma no polidrica.

1	Mitocondria
2	Retículo endoplasmático rugoso
3	Membrana plasmática
4	Aparato de Golgi
5	Núcleo
6	Retículo endoplasmático liso
7	Centriolos
8	Citoesqueleto (microtúbulos, microfilamentos...)
9	Nucléolo

- Estructuralmente el núcleo depende del momento del ciclo celular en el que se observe. En un núcleo interfásico (cuando la célula no se está dividiendo), podemos distinguir las siguientes estructuras:

- Envoltura nuclear:** doble membrana que separa el citoplasma del nucleoplasma. Presenta una serie de poros (cuyo número aumenta según la actividad de la célula) que regulan la comunicación entre el núcleo y el citoplasma. En la envoltura podemos distinguir:
 - Membrana externa.** Suele estar unida a la membrana del retículo endoplasmático rugoso. Presenta adheridos ribosoma en su cara citoplasmática.

- **Espacio intermembrana** (espacio perinuclear). Compreendido entre las dos membranas, en comunicación con el espacio reticular.
 - **Membrana interna.** Bajo ella se encuentra asociada la lámina fibrosa o nuclear (tres polipéptidos o láminas dispuestos en tres capas, que sirve de anclaje al material nuclear y regula el crecimiento del núcleo).
 - **Nucleoplasma** (carioplasma o jugo nuclear). Medio interno semifluido del interior del núcleo que contiene los demás componentes nucleares. Se constituye principalmente de proteínas, ADN y ARN. En su seno se llevan a cabo la síntesis de los diferentes tipos de ARN y la duplicación del ADN.
 - **Nucleólo.** Corpúsculo esférico carente de membrana. Su principal función es la síntesis y ensamblaje de las subunidades de los ribosomas. En algunas células puede aparecer más de un nucleólo. En los nucleolos podemos distinguir dos zonas: una granular periférica con ribonucleoproteínas y una fibrilar interna, que contiene ADN y ARN.
 - **Cromatina.** Constituida por filamentos de ADN en diferente grado de compactación, asociados a proteínas (histonas y no histonas). Dichos filamentos forman ovillos que se sitúan adosados a la lámina nuclear o en contacto con el nucleólo. Su función es la de conservar y transmitir la información genética contenida en el ADN y proporcionar la información genética necesaria para, mediante la transcripción, efectuar la síntesis de los diferentes tipos de ARN.
6. Según la posición del centrómero, se distinguen cuatro tipos de cromosomas:



- **Cromosoma metacéntrico.** Es el que presenta el centrómero justo en la mitad del cromosoma.
 - **Cromosoma submetacéntrico.** Es el que presenta los brazos cromosómicos ligeramente desiguales.
 - **Cromosoma acrocéntrico.** Es el que presenta los brazos cromosómicos muy desiguales.
 - **Cromosoma telocéntrico.** Es el que presenta el centrómero en la región del telómero.
7. Los cromosomas homólogos son aquellos que tienen información genética (igual o diferente) para los mismos caracteres. Por tanto, el material genético que hay en los cromosomas homólogos puede no ser igual.
- Las cromátidas hermanas, que aparecen en mitosis o meiosis, constituyendo los cromosomas, contienen la misma información genética, ya que ambas son el resultado de la replicación del ADN.
8. a) **Haploide:** células con un solo ejemplar de cromosomas de cada tipo, lo que se simboliza como células n .
- Diploide:** células que presentan dos ejemplares de cada tipo de cromosomas, se simboliza por $2n$.

- b) **Autosoma:** cromosoma no sexual

Heterocromosomas: cromosomas que determinan el sexo. Se simbolizan por X e Y.

- c) **Cariotipo:** conjunto de todos los cromosomas metafásicos de una célula, bien separados entre sí.

Idiograma: representación gráfica o fotográfica de las parejas de cromosomas homólogos, ordenados de mayor a menor.

9. El poder de resolución es la distancia mínima a la que tienen que estar dos puntos para verlos separados y con claridad. La resolución de un microscopio óptico alcanza un límite máximo de $0,2 \mu\text{m}$ (es decir, no se pueden distinguir puntos separados por una distancia menor de $0,2 \mu\text{m}$).

El poder de resolución de un microscopio depende del:

- Tamaño y calidad de las lentes del objetivo.
- Longitud de onda de la luz incidente con que se ilumine el objeto. Cuanto menor sea la longitud de onda, mejor será la resolución. En el ojo humano es de $0,1 \text{ mm}$.
- Índice de refracción del medio (normalmente, aire que se encuentra entre el objetivo y la preparación).

10. Para calcular el aumento de un microscopio se multiplica el aumento del ocular por el objetivo. Por ejemplo, si se utiliza un ocular $10\times$ y un objetivo de $40\times$, el aumento a que se está viendo la preparación será: $10\times \cdot 40\times = 400$, lo que significa que la imagen del objeto está ampliada 400 veces.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. c) 1; d) 2; e) 3; g) 4; b) 5; f) 6; a) 7.

2.

Propiedades	Procariota	Eucariotas
Grupos filogenéticos	<i>Bacteria, Archaea</i> (organismos unicelulares).	Algas, hongos, protozoos, plantas, animales (tanto en organismos unicelulares como pluricelulares).
Tamaño	Miden entre 1 y 5 micras.	Son más grandes. Muchas miden entre 20 y 50 micras.
Membrana nuclear	Ausente.	Presente.
Núcleo	Ausente. El ADN está condensado en una región del citoplasma, denominada nucleóide. No se distinguen nucléolos.	Presente. Con nucléolos.
ADN	Molécula única (cromosoma bacteriano) de doble cadena y circular. Además presentan plásmidos, pequeños ADN circulares de doble hebra.	Lineal de doble hélice, formando los cromosomas, asociado a histonas.

Propiedades	Procariota	Eucariotas
División	No mitosis. El citoplasma se divide por bipartición.	El núcleo se divide por mitosis o por meiosis. El citoplasma se divide por bipartición, esporulación, gemación o pluripartición.
Membrana citoplasmática	Habitualmente carece de esteroides, como el colesterol.	Existen generalmente esteroides (en células animales).
Membranas internas	La membrana plasmática presenta pliegues internos, denominados mesosomas, con enzimas respiratorios. Las cianobacterias presentan además tilacoides con pigmentos fotosintéticos.	Complejas; retículo endoplasmático; aparato de Golgi.
Ribosomas	70 S.	80 S, salvo los ribosomas de las mitocondrias y los cloroplastos, que son 70 S.
Orgánulos membranosos	Ausentes.	Existen varios (aparato de Golgi, RE, vacuolas, lisosomas, mitocondrias, cloroplastos –solo en células vegetales– y peroxisomas).
Paredes celulares	Presentes (en la mayoría), compuestas de peptidoglicano (<i>Bacteria</i>), otros oligosacáridos, proteína, glicoproteína (<i>Archaea</i>).	Están presentes en plantas, algas, hongos, generalmente de polisacáridos (celulosa, quitina); ausentes en animales y en la mayoría de protozoos.
Vesículas de gas	Presentes (en algunas).	Ausentes.
Movimiento flagelar	Los flagelos se componen de un solo tipo de proteína cuya disposición da lugar a una fibra que se ancla a la pared celular y a la membrana; los flagelos rotan.	Flagelos o cilios; están formados por microtúbulos; no rotan.
Microtúbulos del citoesqueleto	Ausentes.	Presentes; los microtúbulos se encuentran en flagelos, cilios, cuerpos basales, huso mitótico, centriolos.

3. a) 1: cloroplasto; 2: mitocondria; 3: vacuola; 4: ribosomas; 5: aparato de Golgi; 6: RE rugoso; 7: nucleolo; 8: cromatina; 9: RE liso; 10: pared celular.

b) Se trata de una célula vegetal, ya que posee una gran vacuola, que ocupa gran parte del contenido celular, cloroplastos y pared celular.

c) 1: cloroplasto: fotosíntesis.

2: mitocondria: respiración celular.

9: RE liso: síntesis de lípidos, destoxificación de sustancias, interviene en la conducción del impulso nervioso para la contracción del músculo estriado.

10: pared celular: da forma y rigidez a la célula vegetal e impide su ruptura.

4. La región representada es el núcleo interfásico de una célula eucariota.

1: nucleoplasma: en su seno se realiza la síntesis de los ácidos ribonucleicos y la síntesis (replicación) del ADN nuclear.

2: membrana nuclear interna. Presenta asociado a ella, en la cara nucleoplásmica, la lámina fibrosa o corteza nuclear, que sirve de anclaje al material cromatínico y regula el crecimiento de la envoltura nuclear.

3: retículo endoplasmático rugoso.

4: nucleolo: en él se realiza la síntesis de ARNr y el procesado y empaquetamiento de las subunidades de los ribosomas.

5: membrana nuclear externa.

6: poro nuclear: regula el intercambio de moléculas entre el núcleo y el citosol.

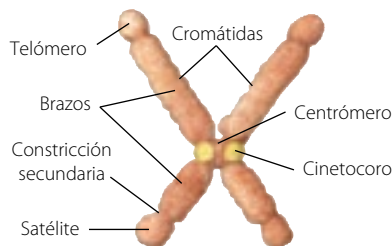
7: ribosomas.

8: cromatina.

5. La cromatina es la sustancia del núcleo constituida por filamentos de ADN en diferentes grados de condensación y proteínas. La cromatina está constituida, básicamente, por una sucesión de nucleosomas, que forman la fibra de cromatina de 100 Å de grosor o filamento nucleosómico.

La cromatina se forma a partir de los cromosomas que se descondensan cuando finaliza la división del núcleo. Por tanto, un cromosoma está constituido por una fibra de cromatina de 300 Å (ADN y proteínas) condensada sobre sí misma. Representa la máxima compactación de la cromatina.

6.



7. a) 24 autosomas.

b) Un cromosoma sexual (X en los óvulos y X o Y en los espermatozoides).

c) 48 autosomas.

d) Dos cromosomas sexuales (XX en las células del hígado de las hembras y XY en las células de los machos).

e) $2n = 50$ cromosomas.

8.

	Número máximo de aumentos	Poder de resolución	Tipo de imagen
Microscopio óptico (MO)	1 200	0,2 μm	Se ven los colores si los tiene.
Microscopio electrónico de transmisión (MET)	1 000 000	4 $\text{\AA}$	Imagen proyectada en monitor de televisión, en blanco y negro y del objeto en dos dimensiones.
Microscopio electrónico de rastreo (MER)	200 000	200 $\text{\AA}$	Imagen proyectada en monitor de televisión, en blanco y negro y del objeto en tres dimensiones.

AMPLIACIÓN

1.

$$RNP = \frac{V_n}{(V_c - V_n)} = \frac{(4/3) (3,14 \cdot 10^3 \mu\text{m}^3)}{(4/3) (3,14 \cdot 10^3 \mu\text{m}^3) - (4/3) (3,14 \cdot 10^3 \mu\text{m}^3)} = 0,001$$

2.

$$500\,000 \text{ daltons} \cdot \frac{1 \text{ g}}{0,023 \cdot 10^{23}} \cdot \frac{10^{12} \text{ pg}}{1 \text{ g}} = 8,301 \cdot 10^{-7} \text{ pg}$$

3.

$$0,25 \mu\text{m} \cdot \frac{10\,000 \text{ \AA}}{1 \mu\text{m}} = 2\,500 \text{ \AA}$$

$$0,25 \mu\text{m} \cdot \frac{1\,000 \text{ nm}}{1 \mu\text{m}} = 250 \text{ nm}$$

4. El ARN nucleolar (ARNn) se encuentra en el nucleolo, el pre-ARN mensajero o transcrito primario (ARNm) está presente en las zonas de la cromatina donde se transcribe un gen que codifica proteínas, el ARN pequeño nucleolar (ARNpn) se halla en el nucleolo, y el ADN, en la cromatina.

5. Por la vía de la fusión de las membranas de las células contiguas, con lo cual en un solo citoplasma hay dos o más núcleos, estructura que se denomina sincitio, o por la vía de una serie de divisiones sucesivas del núcleo, sin que vaya acompañada de sendas divisiones del citoplasma. Así se genera una estructura denominada plasmodio.

6. No en sentido estricto. La interfase se considera como el periodo en el cual no se produce la mitosis, por tanto, no se puede decir que sea una fase de la mitosis. Lo que sí es correcto es afirmar que, como el ADN se duplica durante la interfase, sin este proceso, no podría realizarse luego la mitosis.

7. Porque no tienen un citoplasma con un conjunto de enzimas capaces de llevar a término el metabolismo. Tienen una estructura más sencilla que la celular; es decir, son una forma de vida acelular. Los virus se encuentran en la frontera entre los seres vivos y la materia inerte.

8.

$$RNP = \frac{V_n}{(V_c - V_n)} = \frac{(6/100) \cdot 4\,000 \mu\text{m}^3}{4\,000 \mu\text{m}^3 - (6/100) \cdot 4\,000 \mu\text{m}^3} = 0,06383$$

9. Para regular qué proteínas pueden entrar o salir y cuáles no, y para regular la salida de las subunidades ribosómicas.

10. Porque las fibras de cromatina que forman los cromosomas presentan puntos de unión con la lámina nuclear, y determinadas proteínas de esta se asocian a las proteínas de la membrana interna de la cubierta nuclear.

11. La medida del segmento de la escala gráfica es 2 cm, por tanto, el número de aumentos es:

$$\text{Medida aparente (MA)} = \text{medida real (MR)} \cdot \text{número de aumentos}$$

$$20\,000 \mu\text{m} = 50 \mu\text{m} \cdot \text{número de aumentos}$$

$$\text{Número de aumentos} = 400 \text{ aumentos}$$

12. a) 47 cromosomas.

b) Se trata de los cromosomas de una célula diploide porque hay dos ejemplares de cada tipo. El valor de 2n de esta persona es 47 cromosomas.

c) Se trata de un hombre, porque tiene el cromosoma Y, y este cromosoma contiene el gen de la información determinante de los testículos.

d) Hay 24 tipos de cromosomas. El valor de n es 24.

e) Si fuera del otro sexo, el valor de n sería 23.

f) Cada cromosoma tiene dos cromátidas. Pertenecen a la profase.

g) Los cromosomas del recuadro pequeño son los heterocromosomas o cromosomas sexuales. El resto son los autosomas o cromosomas autosómicos.

h) Los criterios seguidos son el tamaño y, dentro del mismo tamaño, la posición del centrómero.

i) Las características de cada grupo son:

A = cromosomas muy largos y metacéntricos.

B = cromosomas largos y submetacéntricos.

C = cromosomas medianos y metacéntricos o submetacéntricos.

D = cromosomas medianos y acrocéntricos o telocéntricos.

E = cromosomas pequeños y metacéntricos o submetacéntricos.

F = cromosomas muy pequeños y metacéntricos.

G = cromosomas muy pequeños y acrocéntricos.

j) Por longitud y forma, el cromosoma X pertenece al grupo E y el cromosoma Y pertenece al grupo E o al G.

13. Medida real = medida aparente/N.º aumentos

$$\text{Medida real} = 4,5 \text{ mm}/100 = 0,045 \text{ mm}$$

$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ micrómetros, por tanto, la respuesta es:}$$

$$0,045 \text{ mm} \cdot 1 \text{ micrómetro}/10^{-3} \text{ mm} = 45 \text{ micrómetros de medida real de la célula de la figura}$$

$$\text{Medida aparente} = \text{N.º aumentos} \cdot \text{medida real}$$

$$\text{Medida aparente} = 60 \cdot 0,05 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$$

$$(1 \text{ micrómetro} = 10^{-3} \text{ mm})$$

REFUERZO

1. Quiere decir que la célula contiene toda la información sobre cómo construir su estructura y sobre cómo controlar su funcionamiento, y que es capaz de multiplicar esta información y transmitirla a las células hijas.

2. Porque en el ADN del núcleo es donde está la información necesaria para sintetizar todas las proteínas: las enzimas, las

proteínas receptoras de membrana, las proteínas de los ribosomas, las proteínas del citoesqueleto, las histonas, etc.

3. Porque contiene las subunidades ribosómicas de 60 S y de 40S.
4. Membrana, citoplasma, núcleo, mitocondria, cloroplastos, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, áster y vacuolas.
5. Se sabía que los vegetales estaban constituidos por unas estructuras que recordaban las celdas de una colmena, que se denominaron células; que el color rojo de la sangre era debido a unas células rojas, los denominados glóbulos rojos; que en el esperma había unas células flageladas, los espermatozoides, y que había organismos constituidos por una sola célula, como por ejemplo los protozoos, las levaduras y las bacterias.
6. a) Se trata de una célula animal, ya que no presenta una pared gruesa y rígida de celulosa como tienen las células vegetales.
b) Las estructuras señaladas con flechas seguramente corresponden a vesículas de secreción.
c) Dado que presenta un retículo endoplasmático muy desarrollado y numerosas vesículas, probablemente su función es segregar proteínas. Podría tratarse de una célula de una glándula digestiva o de un linfocito.
7. a) El núcleo y los orgánulos celulares (aparato de Golgi, retículo endoplasmático, etc.).
b) 1: retículo endoplasmático rugoso (REr) y 3: mitocondria.

Funciones:

Las funciones del REr son:

- **Síntesis y almacenamiento de proteínas.** Las proteínas se sintetizan en los ribosomas adheridos a las membranas del REr. Según se sintetizan, pueden quedarse en las membranas del retículo, como proteínas transmembrana, o pasar al interior de los sáculos para ser transportadas a otros lugares de la célula.
- **Glucosidación de proteínas** (función que se completará en el aparato de Golgi) y su transporte hacia los orgánulos donde serán utilizadas para construir membranas celulares. Gran número de proteínas, como paso previo a su transporte hacia otros orgánulos celulares, deben ser glucosidadas, es decir, las proteínas se unen a glúcidos para convertirse en glicoproteínas.

Funciones de las mitocondrias:

Su principal función es la respiración mitocondrial, cuya última etapa es la cadena respiratoria que se lleva a cabo en la membrana interna. Además, se realizan otras vías metabólicas:

Ciclo de Krebs: tiene lugar en la matriz de la mitocondria.

Fosforilación oxidativa: se realiza en las partículas ATP-sintetasas, localizadas en la membrana interna de la mitocondria.

β -oxidación de los ácidos grasos: tiene lugar en la matriz mitocondrial.

Concentración de sustancias en la matriz.

Duplicación, transcripción y traducción del ADN mitocondrial, que tiene lugar en la matriz mitocondrial.

c) Orgánulos de doble membrana: núcleo (2), mitocondria (3).

8.

Características de las células de los animales que no tienen las células de los vegetales	Características de las células de los vegetales que no tienen las células de los animales
Diferencias cualitativas	Diferencias cualitativas
Matriz extracelular Lisosomas Centriolos Cilios Flagelos Gránulos de reserva de glucógeno Núcleo central	Pared celular de celulosa Plasmodesmos Estructuras similares a los lisosomas Gránulos de reserva de almidón Núcleo central
Diferencias cuantitativas	Diferencias cuantitativas
Aparato de Golgi muy grande Vesículas (vacuolas pequeñas y numerosas)	Aparato de Golgi pequeño Vacuolas muy grandes y poco numerosas Núcleo lateral

9. e) 1; a) 2; f) 3; b) 4; d) 5; c) 6; g) 7; j) 8; h) 9; i) 10.

10. $1 \text{ mm} = 1000 \mu\text{m} = 1000000 \text{ nm} = 10000000 \text{ Å}$

$1 \text{ g} = 10^{12} \text{ pg} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ daltons o uma.}$

11. Células procariotas:

- Carecen de nucleolo.
- Poseen mesosomas.
- ADN de doble cadena circular.
- Ausencia de retículo endoplasmático.
- Poseen ribosomas.
- Carecen de lisosomas

Células eucariotas:

- Poseen ribosomas.
- Presentan vacuolas.
- Poseen membrana nuclear.

Citoplasma y estructuras no membranosas de la célula

OBJETIVOS

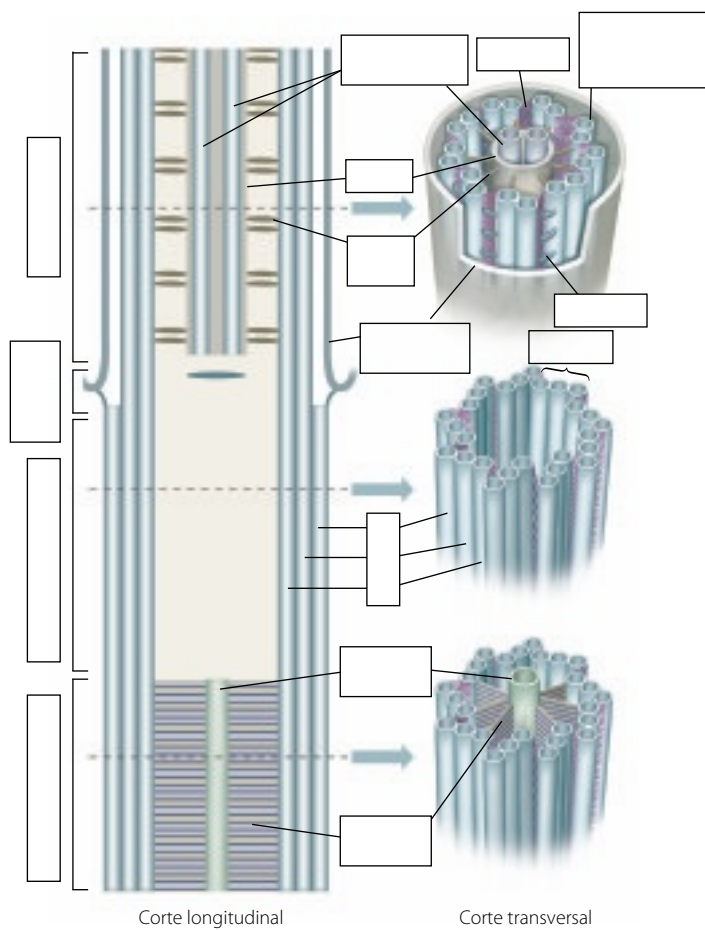
1. Valorar la importancia del citosol como medio donde se realizan la mayoría de las reacciones metabólicas celulares.
2. Conocer diferentes inclusiones citoplasmáticas características de las células.
3. Describir los componentes del citoesqueleto y las funciones que llevan a cabo.
4. Conocer la estructura y función de los ribosomas.
5. Comprender que la matriz extracelular es un producto de secreción celular que acumula moléculas sintetizadas por esta.
6. Distinguir la pared celular como una envoltura gruesa y rígida exclusiva de las células vegetales.

CONTENIDOS

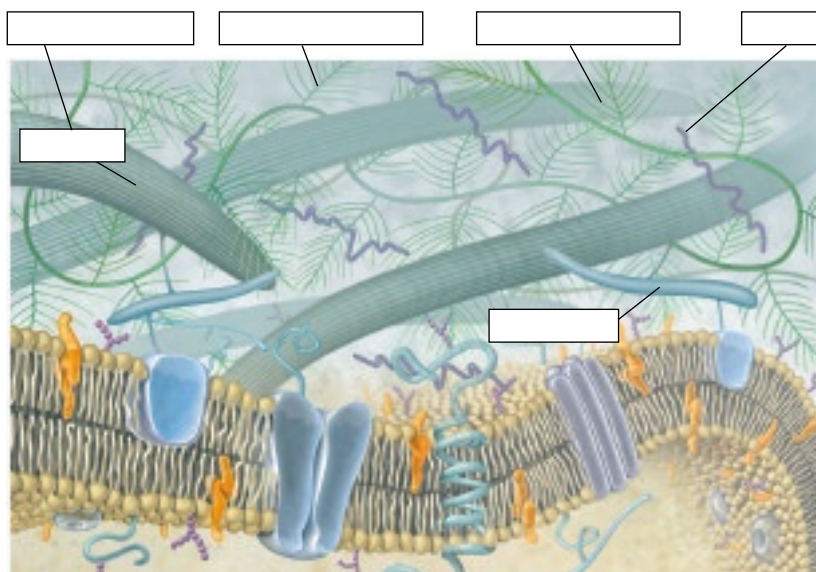
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• El citosol o hialoplasma. (Objetivo 1) • Inclusiones citoplasmáticas. (Objetivo 2) • El citoesqueleto: microfilamentos, filamentos intermedios y microtúbulos. (Objetivo 3) • El centrosoma. (Objetivo 3) • Los ribosomas. (Objetivo 4) • La matriz extracelular. (Objetivo 5) • La pared celular. (Objetivo 6)	• Observación al microscopio óptico de diferentes inclusiones celulares. (Objetivo 2) • Interpretación de microfotografías y/o dibujos de cortes longitudinales y transversales de centriolos, cilios y flagelos. (Objetivo 3) • Elaboración de un mapa conceptual sobre los componentes del citoesqueleto y las funciones que llevan a cabo. (Objetivo 3) • Búsqueda bibliográfica sobre el estudio de los microtúbulos en el tratamiento del cáncer. (Objetivo 3) • Realización de esquemas y dibujos sobre los diferentes orgánulos celulares. (Objetivos 3 y 4) • Visualización al microscopio óptico de la pared celular de vegetales. (Objetivo 6)	• Interés por conocer la estructura y función de los orgánulos celulares. • Valorar el papel del citoesqueleto como estructura que contribuye a la morfología celular y a la organización de los orgánulos. • Mostrar interés por la observación e interpretación de imágenes microscópicas de los diferentes orgánulos celulares. • Valorar el papel de la pared celular como exoesqueleto en las células vegetales.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Indicar la estructura y función del citoplasma. (Objetivo 1)	1	1
b) Conocer los diferentes tipos de inclusiones citoplasmáticas y las células que las presentan. (Objetivo 2)	2	2
c) Comparar los diferentes componentes del citoesqueleto, y señalar las funciones en las que participan. (Objetivo 3)	3	3 y 4
d) Reconocer a través de esquemas o fotografías la estructura de centriolos, cilios y flagelos. (Objetivo 3)	4 y 5	5
e) Señalar la localización, estructura y función de los ribosomas. (Objetivo 4)	6 y 7	6 y 7
f) Describir la estructura y función de la matriz extracelular de las células animales. (Objetivo 5)	8	8
g) Reconocer la importancia de la pared celular, su estructura y las funciones que lleva a cabo. (Objetivo 6)	9 y 10	9

ESTRUCTURA DE UN UNDULIPODIO



COMPONENTES DE LA MATRIZ EXTRACELULAR



Técnica microscópica

La célula puede ser estudiada desde diversos aspectos: morfológico, químico y fisiológico. Gracias al empleo del microscopio podemos obtener detalle de la estructura celular. Sin embargo, no fue hasta la invención del microscopio electrónico (ME) cuando se pudo estudiar con detalle el interior celular. El ME permite un examen directo a un nivel ultraestructural de las células, revelando detalles de orgánulos y componentes macromoleculares tales como nucleolos, ribosomas, complejo del poro, etc.

Objetivos

- Conocer la utilización del microscopio electrónico y distinguir y observar varias estructuras celulares en fotografías de ME.

Interpretación de ultramicrofotografías

La interpretación de imágenes de microfotografías celulares tomadas con el microscopio electrónico es una habilidad que se aprende y perfecciona con la práctica. Para lograr la interpretación de una imagen celular es preciso tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de microscopio electrónico con el que está tomada la microfotografía. Existen dos tipos esenciales de microscopio electrónico. El microscopio electrónico de transmisión (MET), que es el más utilizado en biología celular y con el que se obtienen imágenes en dos dimensiones, y el microscopio electrónico de barrido (MEB), que ofrece un amplio detalle de la superficie celular y otras estructuras en tres dimensiones.
- Las fotos/imágenes obtenidas en microscopía electrónica son siempre en blanco y negro, y producen aumentos significativos de la estructura que se pretenden observar. Sin embargo, a veces pueden aparecer coloreadas (falso color) por el empleo de un programa informático.
- El plano de corte. Diferentes planos de corte dan imágenes diferentes de un mismo objeto.
- En microscopía electrónica no se define una ampliación, sino una escala. Por ello, para determinar el tamaño de las estructuras debemos fijarnos en ellas. La escala suele aparecer a modo de barrita con la indicación de su tamaño.

Una vez tenidos en cuenta estos aspectos podemos realizar un dibujo de la estructura celular que observamos, con el fin de reconocer los componentes, para posteriormente realizar un análisis y descripción de la imagen que se muestra en la ultramicrofotografía.

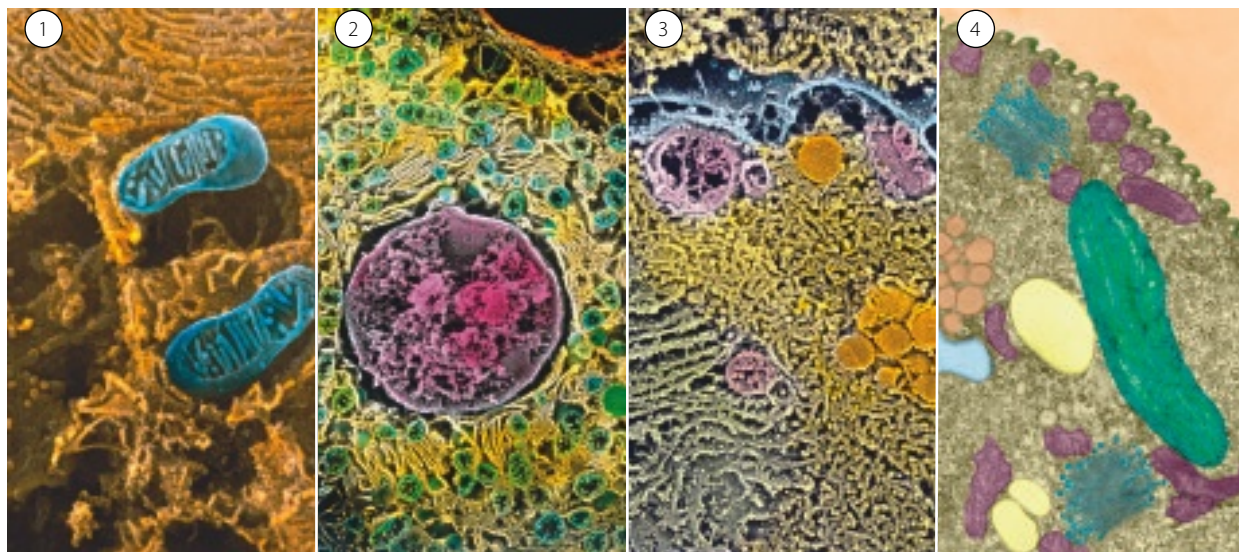
Ejemplo:

Insertar una ultramicrofotografía de mitocondria. Realizar al lado un dibujo de lo que se observa y detallar los componentes que se ven.

Practica

Interpreta las siguientes imágenes celulares.

Diferencia las estructuras que se observan y explica de forma razonada sus características.



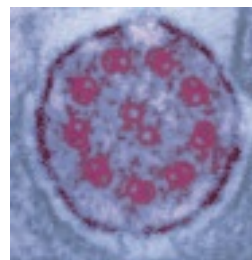
1 Explica las diferencias entre citoplasma y citosol.

2 Relaciona los conceptos de ambas columnas

1) Drusas.	a) Células parenquimáticas.
2) Hemosidrina.	b) Caucho.
3) Látex.	c) Función protectora.
4) Lipofucsina.	d) Células nerviosas y cardíacas envejecidas.
5) Gránulos de almidón.	e) Degradación de la hemoglobina.
6) Cristales Charcot-Bröttcher.	f) Células de Sertoli en tubos seminíferos.
7) Melanina.	g) Cristales de oxalato cálcico.

3 Con respecto al citoesqueleto:

- Indica en qué tipo de células (eucariotas y/o procariotas) se puede encontrar el citoesqueleto.
- ¿Por qué tipo de filamentos está constituido el huso?
- ¿Cuál es la función del huso?



4 Identifica qué estructura se muestra en la siguiente microfotografía, indicando sus componentes.

5 ¿Qué analogías estructurales presentan el corpúsculo basal de un cilio o flagelo y un centriolo? ¿Existe alguna relación entre ambos?

6 Señala si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas, justificando la respuesta en este último caso:

- Los ribosomas son orgánulos de membrana simple.
- Los ribosomas se componen de ARNm y proteínas.
- Los ribosomas de las células eucariotas tienen un coeficiente de sedimentación de 80 S.
- Los ribosomas de mitocondrias y cloroplastos tienen un coeficiente de sedimentación de 80 S.
- Las subunidades de los ribosomas se forman en el retículo endoplasmático.
- Las subunidades de los ribosomas se ensamblan en el núcleo.
- Cada subunidad del ribosoma se caracteriza por tener un coeficiente de sedimentación distinto.

7 Las células de los vegetales superiores tienen tres tipos de ribosomas. ¿En qué orgánulos o estructuras se forman? Indica un aspecto en el que se parezcan o se diferencien.

8 En las células animales, las células se unen entre sí mediante la matriz extracelular. ¿Cuáles son los constituyentes fundamentales de dicha matriz? ¿Qué funciones lleva a cabo la matriz?

9 Con respecto a la pared celular:

- ¿Cuál es su componente mayoritario?
- ¿De qué capas está formada una pared totalmente desarrollada?
- ¿Qué función lleva a cabo la pared en las células vegetales?

10 Justifica si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: «La pared de las células vegetales se compone de varias capas que se van depositando a medida que se produce el crecimiento celular, y es continua».

- 1 a) ¿Qué es el citosol? ¿Cuál es su composición?
b) De las siguientes funciones y/o reacciones metabólicas indica aquellas que no se llevan a cabo en el citosol: Regulador del pH intracelular, fosforilación oxidativa, glucólisis, detoxificación de sustancias, fase oscura de la fotosíntesis, secreción de proteínas, biosíntesis de aminoácidos, glucogenolisis, fermentación láctica, digestión de sustancias.
- 2 ¿Qué son las inclusiones celulares? ¿Cuál es la procedencia de las sustancias que contienen? Señala una inclusión de reserva en células animales y otra en células vegetales.
- 3 Relaciona los conceptos de ambas columnas.
- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1) Neurofilamentos. | a) Células musculares. |
| 2) Microtúbulos. | b) Células epiteliales. |
| 3) Filamentos de vimentina. | c) Contracción muscular. |
| 4) Filamentos de desmina. | d) Huso mitótico. |
| 5) Tonofilamentos. | e) Axones. |
| 6) Microfilamentos | f) Tejido conjuntivo. |
- 4 Respecto al centrosoma:
a) ¿Cuál es su estructura?
b) ¿Qué funciones lleva a cabo?
c) ¿En qué tipo de células podemos encontrarlo?
- 5 Explica las diferencias entre cilios y flagelos.
- 6 Una sustancia tóxica actúa sobre las células eucariotas destruyendo todos sus nucleolos. En esta situación, las células pueden vivir durante un tiempo, pero finalmente mueren. Da una explicación razonada a este hecho.
- 7 Respecto a los ribosomas:
a) ¿Qué estructura poseen?
b) ¿Qué composición química poseen?
c) ¿Qué función realizan?
d) Indica dónde podemos localizarlos tanto en células procariotas como en células eucariotas.
- 8 Respecto a la matriz extracelular:
a) ¿De qué tipo de células es característica?
b) ¿En qué tipo de células es más abundante la matriz?
c) La matriz extracelular forma un gel hidratado compuesto por diferentes sustancias. ¿De qué sustancias hablamos? ¿Por qué posee un alto porcentaje de agua?
d) ¿Cuáles son las principales funciones que desempeña la matriz extracelular?
- 9 Las células de los hongos están rodeadas por una envoltura denominada pared celular:
a) Explica la composición química y la estructura de dicha pared.
b) Indica dos funciones que desempeñe la pared en la célula de los hongos.

- 1 Las células pancreáticas muy activas en la síntesis de enzimas digestivas tienen un número muy elevado de ribosomas. ¿A qué crees que es debido?
- 2 ¿Posee la misma estructura interna el flagelo de las bacterias y el de las células eucariotas? Justifica tu respuesta.
- 3 Completa el siguiente cuadro comparativo entre los cinco reinos de seres vivos:

	Reino Moneras	Reino Protistas	Reino Hongos	Reino Plantas	Reino Animales
Tipo de organización celular					
Membrana plasmática					
Pared celular					
Cromosomas					
Núcleo					
Ribosomas					
Sistema de endomembranas					
Lisosomas					
Peroxisomas					
Vacuolas					
Mitocondrias					
Cloroplastos					
Centriolos					
Citoesqueleto					

- 4 El taxol es un fármaco procedente de la corteza del tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*) que se aplica en la quimioterapia contra diferentes tipos de cáncer (ovario, pulmón, etc.). ¿Cómo actúa dicho fármaco a nivel celular?
- 5 ¿Cómo se produce el movimiento contráctil del músculo estriado?
- 6 Los tejidos conectivos se caracterizan por poseer una abundante matriz extracelular, formada principalmente por fibras proteicas y sustancia fundamental. ¿Qué peculiaridades respecto a la matriz tiene cada variedad de tejido conjuntivo?
- 7 ¿Qué diferencias y semejanzas existen entre la pared celular de células jóvenes y adultas?
- 8 ¿A partir de qué orgánulo se forman los peroxisomas? ¿Cómo tiene lugar su síntesis?
- 9 Explica detalladamente el mecanismo molecular por el que se produce el movimiento de cilios y flagelos.

- 1 Un componente fundamental del citoplasma de células eucariotas es el citoesqueleto:
 - a) Enumera los componentes de esta estructura.
 - b) De los anteriores, uno de ellos participa en el transporte de orgánulos y partículas en el interior de la célula. Cítalo, explica su estructura e indica otra función que desempeñe.
- 2 Realiza un dibujo de un corte transversal del axonema de cilios y flagelos e indica su estructura.
- 3 ¿En qué se diferencian los peroxisomas de los lisosomas? ¿En qué se parecen?
- 4 ¿Qué actividad enzimática llevan a cabo los peroxisomas?
- 5 ¿Qué es un polisoma?
- 6 Asocia las funciones siguientes con el orgánulo celular correspondiente:
 - a) Separa la célula del exterior.
 - b) Almacena y modifica proteínas sintetizadas a los ribosomas que tienen adosados.
 - c) Separa las proteínas y los lípidos que recibe del retículo endoplasmático, en función de su destino.
 - d) Contiene la cromatina.
 - e) Permite un transporte selectivo al exterior o al interior de la célula.
 - f) Contiene las enzimas necesarias para llevar a cabo el ciclo de Krebs.
 - g) Es el centro de control celular.
 - h) Es el orgánulo donde se sintetizan la mayoría de lípidos de membrana (fosfolípidos, colesterol, glucolípidos...).
 - i) Produce el proceso de síntesis de ATP por la ATP sintetasa.
 - j) Modifica algunas moléculas y las transporta dentro de vesículas, a otras partes de la célula o al exterior celular.
- 7 Relaciona las informaciones de la columna A con los elementos de la columna B, e indica a qué letra corresponde cada número.

A	B
1) Las enzimas hidrolíticas se encuentran en...	a) Aparato de Golgi.
2) El dictiosoma forma parte de...	b) Matriz mitocondrial.
3) La síntesis de ATP se produce mayoritariamente en...	c) Citosol.
4) Los microfilamentos forman parte de...	d) Estroma.
5) Se encuentra solo en células animales.	e) Tilacoides.
6) La glucólisis acontece en el...	f) Retículo endoplasmático liso.
7) La fase oscura de la fotosíntesis acontece en el...	g) Centriolo.
8) El ciclo de Krebs se produce en...	h) Crestas mitocondriales.
9) El orgánulo donde se produce la síntesis de lípidos es...	i) Citoesqueleto.
10) La fase lumínica de la fotosíntesis se produce en...	j) Lisosomas.

- 8 Las células vegetales están rodeadas por una envoltura denominada pared celular.
 - a) Explica la composición química y la estructura de dicha pared.
 - b) Indica dos funciones que desempeñe la pared en la célula vegetal.
 - c) Señala el principal orgánulo implicado en la formación de la pared celular y en qué fase de la mitosis se origina.
- 9 Muchos anticancerígenos son drogas que impiden la organización (polimerización y despolimerización) de los microtúbulos. Justifica razonadamente esta afirmación.

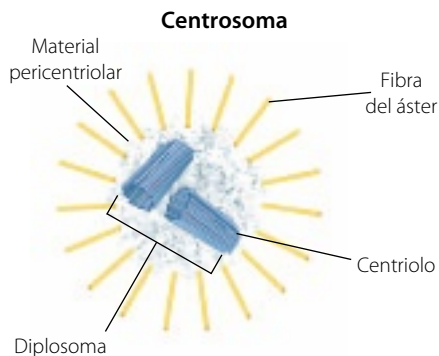
RECUERDA Y CONTESTA

1. Las microvellosidades aumentan mucho la superficie por lo que permiten aumentar la capacidad de absorción de sustancias externas. Por ello las células del epitelio intestinal presentan microvellosidades.
2. Si no hubiera un citoesqueleto, los orgánulos se moverían a la deriva y podrían quedar alejados del lugar donde son necesarios y, si la célula no tuviera una pared celular de secreción rígida, tampoco podría mantener su forma.
3. Permite que la célula realice funciones más complejas y de forma independiente en los distintos compartimentos.
4. El córtex es una red de proteínas cuya función consiste en reforzar la parte interna de la membrana celular.
5. Los ribosomas son los responsables de la biosíntesis de proteínas.

ACTIVIDADES

1. La consistencia del citosol es fluida si este posee una elevada cantidad de agua (forma de sol) y es viscosa (forma de gel) si el contenido en agua disminuye.
2. Inclusiones citoplasmáticas en células animales:
De reserva: glucógeno y lípidos.
Pigmentos: lipofucsina y hemoderina.
Inclusiones de proteínas precipitadas: cristales de Charcot-Böttcher en las células de Sertoli, cristales de Reinke de las células de Leydig, etc.
Inclusiones citoplasmáticas en células vegetales:
De reserva: gotas de grasa, aceites esenciales y látex.
3. Los filamentos intermedios abundan en el tejido nervioso, en el epitelial, en el conjuntivo y en el muscular.
Los filamentos intermedios ejercen principalmente funciones estructurales.

4.



5. Porque es el que genera los microtúbulos de la célula.
6. El huso acromático.
7. Un centrosoma sin centriolos no tiene límites bien definidos y simplemente son zonas del citoplasma engrosadas y claras.
Los centrosomas con centriolos se encuentran en las células de las algas, protozoos y animales.
Los centrosomas sin centriolos se hallan en las células de los hongos y en las de los vegetales superiores y algunos protozoos.
8. Los cilios son más cortos, de 2 a 20 μm , y se encuentran en gran número, mientras que los flagelos son más largos, entre 10 y 200 μm , y su número es más reducido, generalmente uno o dos.

9. La estructura 9 + 2 solo se encuentra presente en la zona del tallo de un undulipodio.
10. Los ribosomas están constituidos por dos subunidades: subunidad pequeña, que sedimenta a valores de 40 S y subunidad grande, con una velocidad de sedimentación de 65 S.
11. Las dos subunidades se unen para sintetizar proteínas. Una vez acabada la síntesis de la proteína, las dos subunidades se separan.
12. Porque contienen muchas cadenas glucídicas, denominadas glucosaminoglucanos, que son muy hidrófilas y, por tanto, retienen mucha agua.
13. La matriz extracelular es especialmente abundante en los tejidos conectivos, como el conjuntivo y el cartilaginoso.
14. No, la matriz extracelular es un elemento propio de las células de los tejidos animales.
15. Las células vegetales, debido a la elevada presión osmótica, pueden originar corrientes de agua hacia el interior celular.
16. Sí.
17. La madera es un material muy resistente constituido por fibras de celulosa unidas por lignina.
18. La pared celular de vegetales está formada por una red de fibras de celulosa y una matriz, en la cual hay agua, sales minerales, hemicelulosa y pectina (sustancia con una gran capacidad para retener agua).
En los hongos, la pared celular tiene una composición distinta, en ella se encuentran fundamentalmente polisacáridos, los más abundantes son la quitina, el glucano y el manano, y diversas proteínas.
En las bacterias, tanto las Gram positivas como en las Gram negativas, la pared tiene una capa de mureína, que es un peptidoglucano formado por una red de dos elementos, la N-acetilglucosamina (NAG) y el N-acetilmurámico (NAM) unidos alternadamente, formando largas cadenas.
19. Las inclusiones citoplasmáticas son acumulaciones de sustancias de carácter hidrófobo que se encuentran en el citoplasma y que no están rodeadas de membrana.

Inclusiones de reserva	Células animales:	
	– Glucógeno	En células musculares y hepáticas. Si la glucosa en sangre disminuye por debajo de 1 g/L, el glucógeno hepático se hidroliza hasta glucosa, que pasa a la sangre y así llega a todas las células.
	– Lípidos	Generalmente son triglicéridos que se pueden almacenar formando gotitas en el citosol, especialmente en las células adiposas y también en otros tipos de células.
	Células vegetales:	
	– Gotas de grasa	Se encuentran en las células de las semillas oleaginosas.
	– Aceites esenciales	Están formados por terpenos, como el geraniol, el mentol, el eucaliptol y el limoneno, que forman gotitas líquidas presentes en las células de las plantas aromáticas y en el pericarpio de los cítricos.

Pigmentos	– Lipofucsina	Es un pigmento amarillo parduzco que es un producto final de la actividad celular y que abunda en las células nerviosas y cardíacas envejecidas.
	– Hemosiderina	Es una sustancia pardoamarillenta resultante de la degradación de la hemoglobina cuando se destruyen los eritrocitos.
Inclusiones de proteínas precipitadas	– Cristales de Charcot-Böttcher	Son depósitos de proteínas cristalizadas que se encuentran en las células de Sertoli de los tubos seminíferos de los mamíferos.
	– Cristales de Reinke	

20. El citoesqueleto es una red de filamentos proteicos, con función esquelética, que constituyen el «andamio» interno de la célula. Además de los filamentos proteicos, existe un elevado número de pequeñas proteínas asociadas que unen los filamentos entre sí y a estos con el sistema membranoso celular. El citoesqueleto se encuentra en todas las células eucariotas.

Se diferencian tres tipos de filamentos que, de mayor a menor grosor son: los microfilamentos, los filamentos intermedios y los microtúbulos.

21. El citoesqueleto constituye una red de filamentos proteicos situados en el citosol, entre los que destacan los microfilamentos o filamentos de actina, los filamentos intermedios y los microtúbulos. Entre las funciones del citoesqueleto están:

- Mantener la forma de la célula y, cuando es necesario, la posibilidad de cambiar de forma.
- Posibilitar el desplazamiento de la célula (pseudópodos).
- La contracción de las células musculares.
- El transporte y organización de los orgánulos en el citoplasma.
- División y motilidad celular.

Los microfilamentos o filamentos de actina se sitúan principalmente en la periferia celular, debajo de la membrana. Son los principales componentes del citoesqueleto. Asociados a los filamentos de miosina, son los responsables de la contracción muscular. Además, mantienen la forma de la célula, facilitan la emisión de pseudópodos y permiten la estabilidad de las prolongaciones citoplasmáticas (por ejemplo, microvellosidades).

Los filamentos intermedios desempeñan funciones estructurales. Aparecen en células sometidas a esfuerzos mecánicos, como las células epiteliales o las musculares lisas.

Los microtúbulos son filamentos tubulares constituidos por moléculas proteicas (la tubulina). Tienen función estructural y mecánica. A partir de los microtúbulos se forma el citoesqueleto, los centriolos, los cilios, los flagelos y el huso mitótico.

22. El citoesqueleto constituye una red de filamentos proteicos situados en el citosol, entre los que destacan los microfilamentos o filamentos de actina, los filamentos intermedios y los microtúbulos. Entre las funciones del citoesqueleto están:

- Mantener la forma de la célula y, cuando es necesario, la posibilidad de cambiar de forma.

- Posibilitar el desplazamiento de la célula (pseudópodos).
- La contracción de las células musculares.
- El transporte y organización de los orgánulos en el citoplasma.
- División y motilidad celular.

Los microfilamentos o filamentos de actina se sitúan principalmente en la periferia celular, debajo de la membrana. Son los principales componentes del citoesqueleto. Asociados a los filamentos de miosina, son los responsables de la contracción muscular (células musculares). Además, mantienen la forma de la célula, facilitan la emisión de pseudópodos, provocan corrientes citoplasmáticas, intervienen en la estrangulación del citoplasma en la división celular (citocinesis) y permiten la estabilidad de las prolongaciones citoplasmáticas (por ejemplo, microvellosidades).

Los filamentos intermedios desempeñan funciones estructurales. Aparecen en células sometidas a esfuerzos mecánicos, como las células epiteliales o las musculares lisas.

Los microtúbulos son filamentos tubulares constituidos por moléculas proteicas (la tubulina). Tienen función estructural y mecánica. A partir de los microtúbulos se forma el citoesqueleto, los centriolos, los cilios, los flagelos y el huso mitótico. Intervienen en el transporte intracelular y forman parte de centriolos, cilios y flagelos.

23. a) Representa un centriolo. Se encuentra en las células eucariotas de animales, de algas y de algunos protozoos. Cada centriolo consta de nueve grupos de tres microtúbulos (tripletes de microtúbulos) que se disponen formando un cilindro. Esta estructura se mantiene estable gracias a unas proteínas que forman puentes y unen los tripletes entre sí.

b) El conjunto de dos centriolos dispuestos perpendicularmente entre sí origina el centrosoma, que a su vez da lugar a la formación de los undulipodios (cilios y flagelos), encargados del desplazamiento celular. El centrosoma también origina el huso acromático, responsable de la separación de los cromosomas durante la división celular y la estructura del citoesqueleto, puesto que los microtúbulos son la base de su estructura.

24. a) Se encuentra en las células eucariotas de animales, algas y algunos protozoos.

b) El diplosoma origina el huso acromático, encargado de la separación de los cromosomas durante la división celular.

c) Los centriolos dan lugar a la formación de cilios y flagelos.

d) Cuando la colchicina se aplica a células en división, impide la formación de los microtúbulos, por tanto, no se forma el huso mitótico, y la consecuencia es que se duplica el número de cromosomas de la célula.

25. a) El huso mitótico, cuya función es separar los cromosomas durante la división celular y la formación de cilios o flagelos, encargados del desplazamiento celular, también se vería afectado, puesto que están constituido por microtúbulos.

b) Las proteínas de membrana desempeñan diversas funciones: transportadoras, conectoras (conectan la membrana con la matriz extracelular o con el interior) y receptoras (encargadas del reconocimiento celular).

26. Los centriolos dan lugar a la formación de cilios y flagelos. Los cilios y flagelos están implicados en el desplazamiento celular.

27. a) Se observan nueve pares de microtúbulos dispuestos alrededor de un par de microtúbulos centrales (estructura

9 + 2), por tanto, se trata de un corte transversal de la parte interna del tallo o axonema de un cilio o de un flagelo.

- b) Los cilios y flagelos están implicados en el desplazamiento celular.
- c) Los microtúbulos son estructuras cilíndricas y huecas constituidas por polímeros de dos proteínas globulares unidas: la α -tubulina y la β -tubulina.

28. La estructura que se representa es un centriolo. El conjunto de dos centriolos dispuestos perpendicularmente entre sí origina el centrosoma, que a su vez da lugar a la formación de los undulipodios (cilios y flagelos), encargados del desplazamiento celular. El centrosoma también origina el huso acromático, encargado de la separación de los cromosomas durante la división celular y la estructura del citoesqueleto, puesto que los microtúbulos son la base de su estructura.

Las células eucariotas animales sí presentan centriolos, mientras que las células eucariotas vegetales no poseen centriolos.

29. A partir de los centriolos se forman los corpúsculos basales, que se presentan en la base de los undulipodios eucariotas (cilios y flagelos). Son estructuralmente iguales, cada uno de ellos contiene una configuración helicoidal en 9 + 0 tripletes de microtúbulos (9 exteriores y 0 interiores) formando un cilindro hueco.

30. a) Los ribosomas son unas estructuras globulares, carentes de membrana, que están constituidas por varios tipos de proteínas asociadas a ácidos ribonucleicos ribosómicos (ARNr) procedentes del nucleolo.

b) Existen en todas las células, pero son muy escasos en los glóbulos rojos y casi inexistentes en los espermatozoides maduros. Se pueden encontrar dispersos en el citosol o adheridos a la membrana del retículo endoplasmático rugoso. También se pueden encontrar libres en la matriz de las mitocondrias y en el estroma de los cloroplastos.

c) Los ribosomas son los responsables de la biosíntesis de las proteínas.

d) Mitocondrias y cloroplastos.

31. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

32. Las proteínas se sintetizan en los ribosomas.

Los ribosomas son unas estructuras globulares, carentes de membrana, que están constituidas por varios tipos de proteínas asociadas a ácidos ribonucleicos ribosómicos (ARNr) procedentes del nucleolo.

Existen en todas las células, pero son muy escasos en los glóbulos rojos y casi inexistentes en los espermatozoides maduros. Se pueden encontrar dispersos en el citosol o adheridos a la membrana del retículo endoplasmático rugoso. También se pueden hallar libres en la matriz de las mitocondrias y en el estroma de los cloroplastos.

33. Los ribosomas se pueden encontrar en el citosol o adheridos a la membrana del retículo endoplasmático rugoso, gracias a unas proteínas, las riboforinas, que posibilitan su anclaje.

34. Las enzimas son de naturaleza proteica y los ribosomas son los encargados de la biosíntesis de proteínas. Por tanto, al ser las células pancreáticas muy activas en la síntesis de enzimas digestivas, deben poseer un número muy elevado de ribosomas.

35. Las riboforinas.

36. Los ribosomas son los responsables de la biosíntesis de las proteínas. Los ribosomas de las células eucariotas y procariotas difieren entre sí en el tamaño y en la velocidad de sedimentación de sus subunidades.

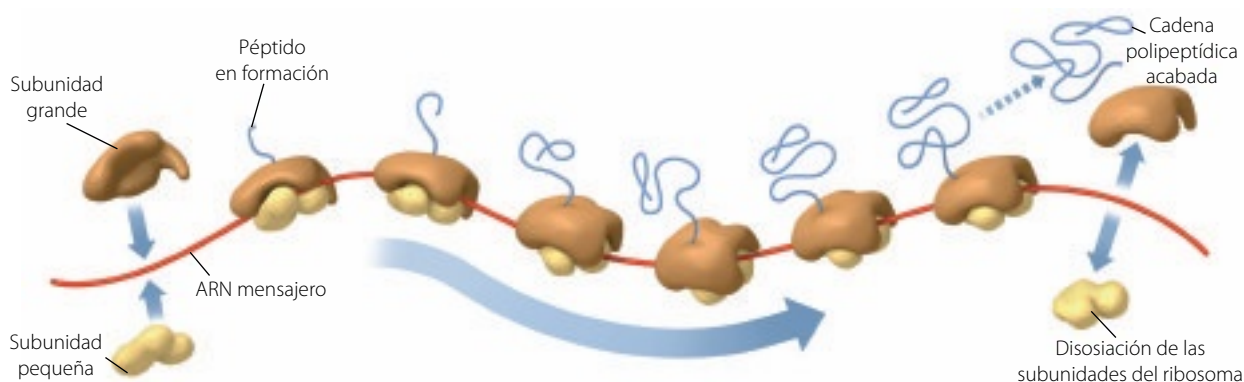
37. Se trata de células eucariotas, puesto que en una de ellas se observa parte de su núcleo, y son células vegetales, ya que se identifican los cloroplastos y las paredes celulares entre células.

a) No presentan pared secundaria, por tanto, son células en crecimiento.

b) Los plasmodesmos son orificios de la pared celular que constituyen finas comunicaciones citoplasmáticas entre células. Se encuentran distribuidos por toda la superficie o forman grupos en la pared primaria.

38.

Estructuras celulares	Animal	Vegetal
Ribosomas	SÍ	SÍ
Centriolos	SÍ	NO
Cilios	SÍ	NO
Flagelos	SÍ	NO
Citoesqueleto	SÍ	SÍ
Almidón de reserva	NO	SÍ
Glucógeno de reserva	SÍ	NO
Pared celular	NO	SÍ
Matriz extracelular	SÍ	NO



39. La principal molécula que constituye la pared rígida de las células vegetales es la celulosa. La celulosa es un polímero de β -D-glucopiranos unidos mediante enlaces β (1 $\rightarrow$ 4). Cada polímero está constituido por entre 150 a 1 500 moléculas de glucosa. Los polímeros forman cadenas moleculares lineales que se pueden disponer paralelamente uniéndose mediante enlaces de hidrógeno intercatenarios.

Además, entre las glucosas de una misma cadena se establecen enlaces de hidrógeno intracatenarios. Todo ello confiere a la celulosa una gran resistencia. La unión de distintas cadenas de celulosa (60 o 70 cadenas) forma una micela. La asociación de 20 micelas da lugar a unas microfibrillas. Estas se unen para formar fibras de diferente grosor, que son visibles a simple vista.

Otras moléculas poliméricas parecidas a la celulosa son:

– Quitina. Polímero de N-acetil-D-glucosaminas unidas mediante enlaces β (1 $\rightarrow$ 4). Al igual que la celulosa, forma cadenas lineales paralelas unas a otras. Constituye el exoesqueleto de los artrópodos y la pared celular de los hongos.

– Almidón. Homopolisacárido con función de reserva en las células vegetales. Está formado por la mezcla de dos componentes: amilosa y amilopectina.

Amilosa. Polímero lineal no ramificado de α -D-glucosas unidas por enlace α (1 $\rightarrow$ 4) dispuestas helicoidalmente.

Amilopectina. Polímero de α -D-glucosas unidas por enlace α (1 $\rightarrow$ 4) y con ramificaciones en posición α (1 $\rightarrow$ 6).

– Glucógeno. Homopolisacárido con función de reserva en las células animales. Se encuentra abundantemente en el hígado y en los músculos. Su constitución es parecida a las cadenas de amilopectina, constituido por α -D-glucosas unidas mediante enlaces α (1 $\rightarrow$ 4), con ramificaciones mucho más frecuentes en posición α (1 $\rightarrow$ 6).

40. En determinados tejidos animales, como el conectivo, el conjuntivo y el cartilaginoso, es especialmente abundante la matriz extracelular que sirve como nexo de unión entre las células que forman el tejido. La matriz extracelular está compuesta por una sustancia fundamental amorfa, que es una estructura gelatinosa de glucoproteínas hidratadas, que tienen inmersas una fina red de fibras proteicas: colágeno, elastina y fibronectina.

La pared celular es una cubierta gruesa y rígida que rodea las células vegetales, está constituida por una red de fibras de celulosa y una matriz, en la cual hay agua, sales minerales, hemicelulosa y pectina. La propia célula vegetal segrega la celulosa, la cual se dispone formando sucesivamente las siguientes capas: lámina media, pared primaria y pared secundaria. La matriz se puede impregnar de lignina, suberina, cutina, taninos y sustancias minerales, como el carbonato de calcio y la sílice.

41. La matriz extracelular está compuesta por una sustancia fundamental amorfa, que es una estructura gelatinosa de glucoproteínas hidratadas, que tienen inmersas una fina red de fibras proteicas: colágeno, elastina y fibronectina.

Las principales funciones de la matriz extracelular son: servir de nexo de unión, llenar los espacios intercelulares y dar consistencia a los tejidos y a los órganos.

42. Todos los tejidos animales están constituidos por células eucariotas. En los tejidos, conjuntivo, cartilaginoso y óseo es especialmente abundante la matriz extracelular.

En el tejido óseo, la matriz extracelular es rica en depósitos de fosfato de calcio, es el más resistente de los tejidos conectivos.

El tejido cartilaginoso es blando y flexible, la sustancia inter-

celular contiene fibras proteicas inmersas en una sustancia fundamental semisólida que da consistencia al tejido.

El tejido conjuntivo incluye dos tipos de tejidos: el tejido conjuntivo laxo, con abundante sustancia fundamental gelatinosa, que rellena los espacios entre los órganos y otros tejidos, y el tejido conjuntivo denso, con abundantes fibras colágenas muy largas y dispuestas de forma compacta, que constituye tendones y ligamentos.

En el tejido epitelial la matriz celular es prácticamente inexistente.

43. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

44. La pared celular es una cubierta gruesa y rígida que rodea las células vegetales, las de hongos y las de bacterias.

La pared celular de vegetales está formada por una red de fibras de celulosa y una matriz, en la cual hay agua, sales minerales, hemicelulosa y pectina (sustancia con una gran capacidad para retener agua).

En los hongos, la pared celular tiene una composición distinta, en ella se encuentran fundamentalmente polisacáridos, los más abundantes son la quitina, el glucano y el manano, y diversas proteínas.

En las bacterias, tanto las Gram positivas como en las Gram negativas, la pared tiene una capa de mureína, que es un peptidoglucano formado por una red de dos elementos, la N-acetilglucosamina (NAG) y el N-acetilmurámico (NAM) unidos alternadamente, formando largas cadenas.

45. La membrana plasmática es una estructura que rodea a la célula y la separa del medio externo, está constituida por una doble capa de lípidos a la cual se asocian moléculas proteicas. Cumple diversas funciones, como: mantener separados el medio acuoso exterior del medio acuoso interior, realizar procesos de endocitosis y exocitosis, regular la entrada y salida de moléculas e iones de la célula, posibilitar el reconocimiento celular, realizar actividad enzimática intervenir en transducción de señales, etc. La membrana plasmática se encuentra presente en todos los tipos de células.

La pared celular es una cubierta gruesa y rígida que rodea las células vegetales, las de hongos y las de bacterias, siempre se encuentra por fuera de la membrana plasmática. Existen diferencias químicas y estructurales entre la pared celular de una célula eucariota y la de una procariota. Una de ellas es la presencia de microfibrillas de polisacáridos en las células eucariotas que le proporcionan rigidez a la pared, las procariotas carecen de ellas. En general, proporcionan rigidez y protección a la célula.

46. 1-f; 2-g; 3-i; 4-b; 5-h; 6-e; 7-d; 8-c; 9-a.

LABORATORIO

1. El alumno debe interpretar las imágenes celulares, diferenciando las estructuras que se observan y explicando sus características.

Fotografía 1. Mitocondrias. Es característica su forma alargada y se aprecian muy bien las crestas mitocondriales.

Fotografía 2. Cloroplasto. Es característica su forma alargada y se aprecian los tilacoides, apilados y en lamelas en todo el orgánulo.

Fotografía 3. Membrana plasmática (en azul). Borda la célula. En rosa destacan las mitocondrias; en beige, el retículo endoplasmático.

Fotografía 4. Célula de hígado. En el centro se observa el núcleo y alrededor el retículo endoplasmático. Abundan las mitocondrias (color verde), por lo que se puede suponer que corresponde a una célula hepática, que son especialmente activas y necesitan elevada cantidad de ATP.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. El citoplasma es el espacio celular comprendido entre la membrana plasmática y la envoltura nuclear. Está constituido por el citosol, el citoesqueleto y los orgánulos celulares.
El citosol es el medio interno del citoplasma.

2. 1-g; 2-e; 3-b; 4-d; 5-a; 6-f; 7-c.

3. a) El citoesqueleto aparece en todas las células eucariotas.
b) El huso acromático está constituido por microtúbulos, filamentos tubulares constituidos a su vez por moléculas de naturaleza proteica, denominada tubulina.
c) El huso mitótico o acromático aparece al iniciarse los procesos de división celular. Se encarga de organizar el movimiento de los cromosomas a las dos células hijas.

4. La figura representa un corte transversal del tallo o axonema de cilios y flagelos. Contiene en su interior nueve pares de microtúbulos periféricos que se disponen formando un cilindro y un par de microtúbulos centrales, formando una estructura $9 + 2$.

Los microtúbulos centrales son completos. Es decir, cada uno formado por 13 protofilamentos de dímeros de tubulina. Sin embargo, en cada pareja de microtúbulos periféricos el más interno, denominado A, es completo, formado por 13 protofilamentos, mientras que el más externo, denominado B, solo presenta 10 protofilamentos, por lo que comparte 3 con el A.

El microtúbulo A presenta unas prolongaciones proteicas laterales, denominadas brazos de dineína, que se orientan según las agujas del reloj. Los dobletes de microtúbulos se mantienen unidos entre sí mediante una proteína, la nexina.

5. Tanto el corpúsculo basal como el centriolo poseen una estructura idéntica, del tipo $9 + 0$, formada por nueve tripletes de microtúbulos que se disponen formando un cilindro y ningún par central. Dicha estructura se mantiene gracias a proteínas que unen a los tripletes entre sí, formando los denominados puentes.

Sí existe una relación entre ambos, ya que el corpúsculo basal de cilios y flagelos deriva de los centriolos.

6. a) Falso. Los ribosomas son partículas sin membrana.
b) Falso. El ARN que forma parte de los ribosomas es el ARNr.
c) Verdadero.
d) Falso. El coeficiente de sedimentación de los ribosomas presentes en ambos orgánulos es de 70 S.
e) Falso. Las subunidades de los ribosomas se forman en el nucleolo.
f) Falso. Las subunidades salen al citoplasma por separado y se ensamblan allí.
g) Verdadero.

7. Los tres tipos de ribosomas que podemos encontrar son:

– Ribosomas citosólicos: se forman en el nucleolo. Se pueden encontrar libres o adosados a la membrana externa del núcleo o a la membrana del retículo endoplasmático rugoso.

- Mitorribosomas: se forman en la mitocondria. Aparecen libres en la matriz de la mitocondria.
- Plastorribosomas: se forman en el cloroplasto. Aparecen libres en el estroma.

8. La matriz extracelular está constituida fundamentalmente por polisacáridos y proteínas, entre los que destacan:

- El colágeno. Es una proteína filamentosa constituida por tres cadenas que forman una triple hélice. Proporciona estructura, resistencia a la ruptura y consistencia a la matriz.
- La elastina. Es una proteína filamentosa que se comporta como una goma elástica en caso de tracción. Proporciona elasticidad a la matriz.
- La fibronectina. Es una glucoproteína que forma una trama de filamentos con función adherente. Proporciona adhesión entre las células, y entre las células y las fibras de colágeno.
- Proteoglucanos, constituidos por una larga cadena de ácido hialurónico, a la que se unen muchas proteínas filamentosas como si fueran ramas. A cada uno de estos filamentos proteicos se asocian, como si fueran ramas de las ramas, muchas cadenas glucídicas, denominadas glucosaminoglucano.

Entre las funciones que desempeña la matriz extracelular destacan:

- Mantiene unidas las células que forman tejidos y los tejidos que forman órganos.
- Gracias a las fibras proteicas proporciona consistencia, elasticidad y resistencia a la tracción de estos tejidos.
- Gracias al agua retenida por la sustancia fundamental amorfa, ofrece resistencia a la compresión.
- Gracias a que los proteoglucanos forman geles con un determinado tamaño de malla, permiten la migración celular a su través, la difusión de moléculas hidrosolubles y su filtración selectiva.

9. a) La celulosa.

- b) La propia célula secreta la celulosa, la cual se dispone formando sucesivamente las siguientes capas:

- **Lámina media.** Se sitúa entre las paredes primarias de células vecinas adyacentes, uniéndolas entre sí.
- **Pared primaria.** Es una cubierta delgada, flexible y elástica que delimita externamente la célula vegetal.
- **Pared secundaria.** Constituye una cubierta que perdura tras la muerte de la célula, por lo que sirve como tejido de sostén a muchas plantas, sobre todo a los árboles, permitiéndoles llegar a una gran altura.

- c) La principal función de la pared celular es constituir el exoesqueleto, que protege a la célula, le da forma y le confiere resistencia. Además, es la responsable de que la planta permanezca erguida e impide que la célula se rompa, ya que interviene en el mantenimiento de la presión osmótica del interior celular.

10. La frase no es del todo correcta. La primera parte sí es cierta; sin embargo, la pared de las células vegetales no es continua, ya que presenta una serie de canales, denominados plasmodesmos, que permiten la comunicación y el intercambio de líquidos y otras moléculas entre células adyacentes.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. a) El citosol, también denominado hialoplasma, es el medio interno del citoplasma. Se encuentra delimitado por el

sistema membranoso celular; es decir, ocupa el espacio situado entre la membrana plasmática, la envoltura celular y las membranas de los diferentes orgánulos. En él están inmersos el citoesqueleto y los ribosomas.

Está compuesto principalmente por agua, en un 85%, donde aparecen disueltas gran cantidad de moléculas formando una dispersión coloidal que puede pasar de sol a gel. Estas moléculas son: proteínas (aminoácidos, enzimas, proteínas estructurales, etc.), lípidos, glúcidos (polisacáridos, monosacáridos, etc.), ácidos nucleicos (ARNt y ARNm), nucleótidos (como ATP), nucleósidos, productos del metabolismo y sales minerales disueltas.

- b) Las funciones que no se llevan a cabo en el citosol son: fosforilación oxidativa, detoxificación de sustancias, fase oscura de la fotosíntesis, secreción de proteínas y digestión de sustancias.
2. Las inclusiones celulares son sustancias inertes de carácter hidrófobo que se encuentran en el citoplasma. Están presentes en todas las células eucariotas, tanto en las animales como en las vegetales. Suelen ser productos sintetizados por la propia célula, obtenidos del metabolismo celular o bien son productos de desecho.
- Un ejemplo de inclusión en células animales puede ser el glucógeno o los triglicéridos, y en las células vegetales, el almidón, gotas de grasa, aceites esenciales o látex.
3. 1-e; 2-d; 3-f; 4-a; 5-b; 6-c.
4. a) El centrosoma está constituido por un par de centriolos (diplosoma) dispuestos perpendicularmente entre sí y cada uno formado por nueve tripletes de microtúbulos que se disponen como un cilindro (estructura 9×0). Los tres microtúbulos de cada triplete están asociados unos con otros y ligeramente inclinados respecto a la generatriz del cilindro. En cada triplete, al microtúbulo más interno se le denomina A, al intermedio B y al más externo C. Los tripletes próximos se unen entre sí mediante una proteína denominada nexina. El microtúbulo A es completo, es decir, está formado por 13 protofilamentos de tubulina, mientras que el B y el C solo se forman de 10 protofilamentos. Los centriolos se encuentran inmersos en un material denso, denominado material pericentriolar, que es el centro organizador de microtúbulos. En él se organizan una serie de microtúbulos que parten radialmente y que reciben el nombre de áster.
- b) Los centriolos a través del material pericentriolar son centros organizadores de microtúbulos. Es decir, del centrosoma derivan todas las estructuras constituidas por microtúbulos, como cilios y flagelos, encargados del desplazamiento, el huso acromático o mitótico, encargado de la separación de los cromosomas durante la división celular, y el citoesqueleto, cuyos filamentos se organizan alrededor de los microtúbulos.
- c) El centrosoma podemos encontrarlo en cualquier célula eucariota animal capaz de dividirse. Salvo excepciones, no existe en células vegetales.
5. Tanto cilios como flagelos poseen la misma estructura interna. Sin embargo, se diferencian en que los cilios son más cortos y numerosos en la célula, mientras que los flagelos son más largos y se encuentran en pequeño número.
6. La función del nucleolo es la síntesis de las subunidades de los ribosomas. Por tanto, si se destruye el nucleolo dejarán de sintetizarse ribosomas, y no tendrá lugar la síntesis de proteínas, compuestos esenciales para la vida de la célula.

7. a) Los ribosomas son estructuras globulares esféricas constituidas por dos subunidades: la subunidad menor, con un solo tipo de ARN asociado a proteínas, y la subunidad mayor, con 2-3 moléculas de ARN y proteínas, separadas por una hendidura transversal. Los ribosomas de las células eucariotas y procariotas se diferencian por su coeficiente de sedimentación. En las células eucariotas tienen un coeficiente de 70 S (30 S la subunidad menor, y 50 S la mayor) y en las eucariotas, de 80 S (40 S la subunidad menor y 60 S la mayor).

b) Los ribosomas están constituidos por varios tipos de proteínas asociadas a ácidos ribonucleicos ribosómicos (ARNr) procedentes del nucleolo.

c) Los ribosomas realizan la síntesis de proteínas.

d) En las células eucariotas se localizan en el hialoplasma, bien aislados o unidos entre sí formando polisomas o polirribosomas (varios ribosomas unidos a una cadena de ARNm).

En las células procariotas los ribosomas se encuentran en el hialoplasma, aislados o unidos formando polisomas. También los podemos localizar adosados a las membranas del REr, en la membrana nuclear externa y libres en la matriz de mitocondrias y cloroplastos.

8. a) De las células eucariotas animales.

b) La matriz extracelular es especialmente abundante en los tejidos conectivos, como el conjuntivo y el cartilaginoso.

c) Los principales componentes de la matriz son los proteoglicanos unidos a proteínas (como el colágeno, la elastina y la fibronectina).

Gracias al agua retenida por la sustancia fundamental amorfa ofrece resistencia a las posibles acciones de compresión que tienden a disminuir su volumen. Los proteoglicanos, al formar geles junto con el agua, permiten la difusión de moléculas hidrosolubles a su través y su filtración selectiva.

- d) Entre sus principales funciones destacan:

- Sirve como nexo de unión y mantiene unidas las células que forman tejidos y los tejidos que forman órganos.
- Proporciona consistencia, elasticidad y resistencia a la célula y condiciona la forma, el desarrollo y la proliferación de las células que engloba.
- Regula el intercambio de sustancias.
- Participa en el reconocimiento y adhesión celulares
- Gracias a las fibras proteicas.

9. a) La pared celular de los hongos está constituida fundamentalmente por polisacáridos y diversas proteínas. Los polisacáridos más abundantes son la quitina, el glucano y el manano. La composición varía entre las diferentes especies y puede servir como indicador taxonómico. También varía con la edad del hongo, ya que algunas están presentes en las hifas jóvenes y desaparecen en las adultas. Además, los constituyentes del medio, el pH y la temperatura, pueden influir en la composición de las paredes de los hongos.

- b) Algunas de las funciones de la pared celular de los hongos son:

- Protege a la célula de los hongos de los posibles tipos de estrés ambiental, como por ejemplo los cambios osmóticos.
- Posee capacidad inmunogénica.
- Permite la interacción con el medio externo y algunas de sus proteínas actúan como receptores.

AMPLIACIÓN

1. A la activa síntesis de proteínas que se lleva a cabo en las células pancreáticas.
2. No, los flagelos bacterianos son mucho más sencillos que los de las células eucariotas. En ellos se distinguen dos partes: la zona basal y el tallo.

La zona basal está constituida por el cuerpo basal y por el codo, ambos formados por proteínas. El cuerpo basal se compone de un bastón central y cuatro estructuras discoidales. Los dos discos internos, que están asociados a la membrana plasmática, giran sobre sí mismos transmitiendo su movimiento al resto del flagelo, mientras que los otros dos discos están fijos y se encuentran en la pared, uno en la capa de peptidoglicano o mureína y el más externo en la membrana externa. El codo tiene una curvatura de 90° y es algo más grueso que el tallo del flagelo. Este, que tiene un grosor que oscila entre 100 y 200 Å, contiene un número variable de fibras que aparecen trenzadas y que están constituidas por moléculas de la proteína llamada flagelina. El tallo es ligeramente ondulado pero rígido.

3.

4. El taxol actúa a nivel del citoesqueleto, uniéndose a los microtúbulos, lo que impide la polimerización y despolimerización de los mismos. Como consecuencia, se impide la progresión de la mitosis, y por tanto de la división celular, lo que provoca la muerte de la célula.
5. Las fibras musculares estriadas son células alargadas que pueden llegar a medir hasta 30 cm de longitud. Estas grandes células presentan varios núcleos en su periferia, un retículo endoplasmático muy desarrollado (denominado retículo sarcoplasmático) y un gran número de miofibrillas que se disponen longitudinalmente a lo largo de la célula y que presentan bandas transversales claras y oscuras alternadas. Por esta razón se habla de tejido muscular estriado.

La banda más oscura recibe el nombre de banda A, está formada por moléculas de miosina y de actina y tiene una zona intermedia más clara o banda H. La banda más clara recibe el nombre de banda Y, está formada solo por actina y presenta en su mitad una línea oscura o línea Z. El sector de la miofibrilla sito entre dos líneas Z recibe el nombre de sarcómero.

Cuando llega un impulso nervioso, se libera el neurotransmisor acetilcolina que provoca que el retículo endoplasmático (sarco-

	Reino Moneras	Reino Protistas	Reino Hongos	Reino Plantas	Reino animales
Tipo de organización celular	Procariota	Eucariota	Eucariota	Eucariota	Eucariota
Membrana plasmática	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Pared celular	Presente (peptidoglucano o mureína)	Presente en algunas formas (de varios tipos)	Presente, de quitina y otros polisacáridos no celulósicos	Presente, de celulosa y otros polisacáridos	Ausente
Cromosomas	Uno, molécula de ADN circular	Varios (ADN + histonas)	Varios (ADN + histonas)	Varios (ADN + histonas)	Varios (ADN + histonas)
Núcleo	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente
Ribosomas	70 S	80 S	80 S	80 S	80 S
Sistema de endomembranas	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente
Lisosomas	Ausentes	Presentes	Presentes	Estructuras similares presentes	Presentes
Peroxisomas	Ausentes	Presentes	Ausentes	Presentes	Presentes
Vacuolas	Ausentes	Presentes	Presentes	Suele ser una y grande	Pocos, pequeñas o ausentes
Mitocondrias	Ausentes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes
Cloroplastos	Ausentes	Presentes solo en algunas formas	Ausentes	Presentes	Ausentes
Centriolos	Ausentes	Presentes en algunas formas	Ausentes	Ausentes	Presentes
Citoesqueleto	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente

plasmático) libere Ca^{2+} al citosol. Estos iones provocan que unas proteínas especiales, denominadas tropomiosinas, se muevan y dejen descubiertos los lugares de los filamentos de actina a los cuales se pueden unir las moléculas de miosina. La miosina es una proteína alargada que presenta una cabeza que se puede mover hacia adelante y hacia atrás como el remo de una barca. Primero, la cabeza de la miosina, gracias al consumo de ATP, se desliza hacia adelante y se fija en un lugar más avanzado del filamento de actina. Luego se desprende y la cabeza de miosina recupera su forma retraída y de esta manera hace avanzar sobre él al filamento de actina. Esto pasa en todas las miosinas y en los dos extremos de los filamentos de miosinas. De esta forma se consigue un acortamiento de la longitud del sarcómero y, por tanto, de la miofibrilla, de la fibra muscular y del músculo.

6. Las peculiaridades de los diferentes tejidos conectivos son:

El tejido conjuntivo está constituido por una sustancia acuosa de naturaleza glucoproteica y gran número de fibras de colágeno, reticulares y elásticas.

El tejido cartilaginoso posee una densa red de fibras elásticas y de colágeno dispuestas en una sustancia gelatinosa, de consistencia sólida. En la sustancia predomina la condroitina, una proteína que proporciona solidez y elasticidad al tejido.

En el tejido óseo, la sustancia intercelular es sólida y la matriz está impregnada por sales minerales, que proporcionan dureza, y una proteína llamada osteína, que aporta elasticidad.

7. En las células jóvenes la pared comienza formándose por la lámina media, que es compartida entre las dos células vecinas. A partir de dicha lámina se produce el depósito de capas de celulosa, hemicelulosa y pectina, formándose la pared primaria, propia de células jóvenes en crecimiento.

Una vez que la célula deja de dividirse, y con el envejecimiento celular, la pared primaria aumenta su grosor y rigidez, y se depositan sobre ella nuevas capas de celulosa, lo que da lugar a la pared secundaria, más gruesa y rígida, constituida principalmente por pectina y celulosa.

8. Los peroxisomas se forman por gemación a partir de láminas del retículo endoplasmático en las regiones donde las membranas estén desprovistas de ribosomas. La biogénesis de las membranas de los peroxisomas es semejante a la de las membranas del retículo, siendo sintetizados los componentes lipídicos de las membranas, así como los proteicos a nivel del retículo endoplasmático rugoso. Esta manera de formarse explica que la composición química de las membranas de los peroxisomas sea parecida a la de las membranas del retículo.

9. El movimiento de los cilios y flagelos permite el desplazamiento de la célula en un medio líquido, si esta vive aislada, esto es lo que ocurre en muchos protozoos (paramecio) o en los gametos masculinos de los animales superiores. Si las células son fijas, forman parte de tejidos de organismos pluricelulares, como sucede en las células epiteliales que revisten las vías respiratorias, el movimiento de estas formaciones sirve para mover los fluidos que las bañan con distintas finalidades.

La proteína responsable del movimiento de cilios y flagelos es la dineína. Cada uno de los microtúbulos A de cada doblete lleva dos filas de moléculas de dineína. Las colas de cada molécula de dineína se unen al microtúbulo A de un doblete, mientras que las cabezas se proyectan, a modo de brazos, hacia el microtúbulo B del doblete vecino.

La dineína, gracias a su acción ATP-asa, convierte la energía química del ATP en la energía mecánica que permite el movimiento de cilios y flagelos.

El movimiento se produce por deslizamientos de unos microtúbulos sobre otros. Las proteínas nexinas y los radios proteicos son los que impiden que el flagelo se desorganice. El movimiento de los microtúbulos se produce por la dineína, un motor molecular, puesto que es donde se produce la hidrólisis de ATP, y si se elimina, el movimiento cesa aun en presencia de ATP.

Cuando la dineína se activa produce un desplazamiento de un par respecto al otro. Es decir, las cabezas de las dineínas unidas al microtúbulo A de un doblete avanzan sobre el microtúbulo B del doblete adyacente. Para permitir un movimiento eficiente se necesita una coordinación entre las dineínas de los dobletes externos de microtúbulos. El control del movimiento parece depender de las concentraciones de calcio y permite a la célula variar el movimiento de estas estructuras. Una cuestión interesante es que no todas las dineínas se pueden activar a la vez, sino de manera sincrónica.

REFUERZO

1. a) El citoesqueleto constituye una red de filamentos proteicos situados en el citosol, entre los que destacan los microfilamentos o filamentos de actina, los filamentos intermedios y los microtúbulos. Entre las funciones del citoesqueleto están:

- Mantener la forma de la célula y, cuando es necesario, la posibilidad de cambiar de forma.
- Posibilitar el desplazamiento de la célula (pseudópodos).
- La contracción de las células musculares.
- El transporte y organización de los orgánulos en el citoplasma.
- División y motilidad celular.

Los **microfilamentos** o filamentos de actina se sitúan principalmente en la periferia celular, debajo de la membrana. Son los principales componentes del citoesqueleto. Asociados a los filamentos de miosina, son los responsables de la contracción muscular (células musculares). Además mantienen la forma de la célula, facilitan la emisión de pseudópodos, provocan corrientes citoplasmáticas, intervienen en la estrangulación del citoplasma en la división celular (citocinesis) y permiten la estabilidad de las prolongaciones citoplasmáticas (por ejemplo, microvellosidades).

Los **filamentos intermedios** desempeñan funciones estructurales. Aparecen en células sometidas a esfuerzos mecánicos, como las células epiteliales o las musculares lisas.

Los **microtúbulos** son filamentos tubulares constituidos por moléculas proteicas (la tubulina). Tienen función estructural y mecánica. A partir de los microtúbulos se forma el citoesqueleto, los centriolos, los cilios, los flagelos y el huso mitótico. Intervienen en el transporte intracelular y forman parte de centriolos, cilios y flagelos.

b) Los microtúbulos son las estructuras del citoesqueleto que participan en el transporte de orgánulos y partículas en el interior de la célula.

Los microtúbulos son filamentos tubulares constituidos por una proteína, la tubulina. Los microtúbulos se originan a partir del centro organizador de microtúbulos. En las células animales se denomina material pericentriolar del centrosoma y en las vegetales, material birrefringente del centrosoma.

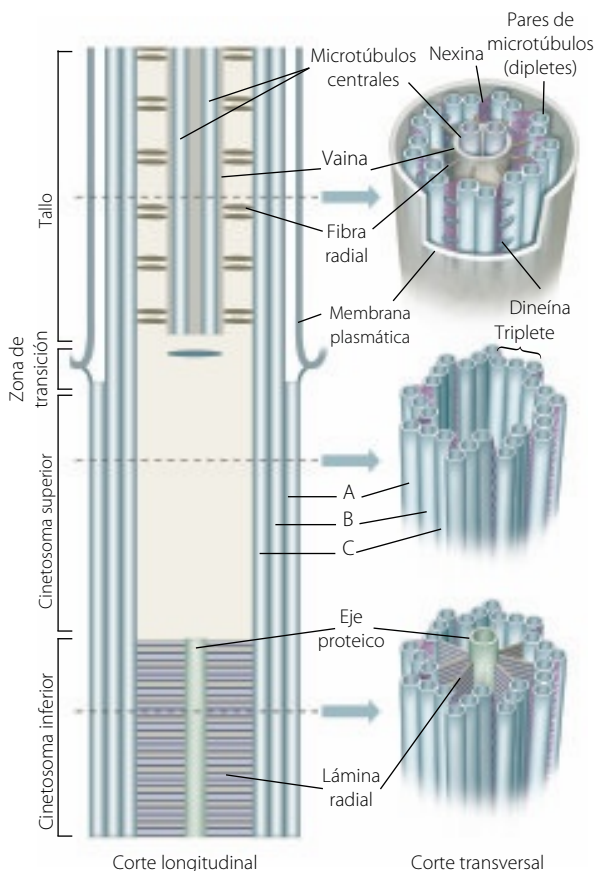
Los microtúbulos son estructuras cilíndricas y huecas constituidas por polímeros de dos proteínas globulares unidas: la α -tubulina y la β -tubulina. Estos dímeros de tubulina se unen y constituyen protofilamentos.

Cada microtúbulo está formado por trece protofilamentos de tubulina, dispuestos cilíndricamente.

Otras de las funciones que pueden llevar a cabo los microtúbulos son:

- Constituyen los **componentes estructurales del huso mitótico** durante la división nuclear y también de los centriolos.
- **Realizar el movimiento de la célula.** Junto con los microfilamentos de actina, los microtúbulos participan en la emisión de prolongaciones citoplasmáticas o pseudópodos. Asimismo, forman parte de la estructura de cilios y flagelos.
- **Servir de base para estructurar el citoesqueleto.** Dado su tamaño, son los componentes más importantes del citoesqueleto de las células eucariotas.
- Contribuyen al mantenimiento de la forma de la célula. Como en el caso del axón de las neuronas, que presenta en su estructura alargada un eje de microtúbulos.
- **Movilizar los cromosomas.** Durante los procesos de división celular, a partir de microtúbulos, se forma el huso acromático o huso mitótico que reparten los cromosomas entre las dos células hijas.

2.



La figura representa un corte transversal del tallo o axonema de cilios y flagelos. El axonema contiene en su interior nueve

pares de microtúbulos periféricos que se disponen formando un cilindro, y un par de microtúbulos centrales, formando una estructura $9 + 2$.

Los microtúbulos centrales son completos. Es decir, cada uno formado por 13 protofilamentos de dímeros de tubulina. Sin embargo, en cada pareja de microtúbulos periféricos el más interno, denominado A, es completo, formado por 13 protofilamentos, mientras que el más externo, denominado B, solo presenta 10 protofilamentos, por lo que comparte 3 con el A.

El microtúbulo A presenta unas prolongaciones proteicas laterales, denominadas brazos de dineína, que se orientan según las agujas del reloj. Los dobletes de microtúbulos se mantienen unidos entre sí mediante una proteína, la nexina.

3. Los peroxisomas son orgánulos parecidos a los lisosomas, pero que, en lugar de contener enzimas hidrolasas, contienen enzimas oxidativas, como son la oxidasa y la catalasa (también denominada peroxidasa).

Los peroxisomas, al igual que los lisosomas, son orgánulos aproximadamente esféricos de tamaño similar al de los lisosomas ($0,5-1,5 \mu\text{m}$), y al igual que ellos están rodeados por una única membrana, que delimita su único compartimento, la matriz o lumen del peroxisoma. Se parecen también a los lisosomas en que están llenos de enzimas implicadas en diversas reacciones metabólicas, incluidos varios aspectos del metabolismo energético.

4. Las enzimas de los peroxisomas reducen el oxígeno a agua en dos etapas:
 - En primer lugar, los enzimas oxidasas oxidan diferentes sustratos metabólicos, formando peróxido de hidrógeno.
 - En segundo lugar, el enzima catalasa oxida otros sustratos mediante el peróxido de hidrógeno, formándose finalmente agua.
5. Especie de collares resultantes de la unión a una cadena de ARNm de 5 a 40 ribosomas, distanciados entre sí unos $100 \text{ \AA}$.

6.

1	Membrana celular
2	Retículo endoplasmático rugoso
3	Aparato de Golgi
4	Núcleo celular
5	Membrana celular
6	Mitocondria
7	Núcleo celular
8	Retículo endoplasmático liso
9	Mitocondria
10	Aparato de Golgi

7.

1	J	6	C
2	A	7	D
3	H	8	B
4	I	9	F
5	G	10	E

8. a) La pared celular es una envoltura rígida y gruesa que rodea a las células vegetales. Está formada por una red de fibras de celulosa, dispuestas en sucesivas capas, y una matriz, en la que hay agua, sales minerales, pectinas, hemicelulosa, etc. La matriz puede impregnarse de diferentes sustancias, como lignina (confiere rigidez a la pared), suberina y cutina (impermeabilizan las paredes de las células que forman los tejidos protectores) o carbonato de calcio y sílice (dan rigidez a la epidermis de muchas hojas).

Una pared recién formada se constituye de dos capas: la lámina media y la pared primaria. Cuando la célula está diferenciada y deja de dividirse, se puede distinguir una tercera capa: la pared secundaria.

Lámina media. Es la capa más externa y la primera en formarse. Puede ser compartida por las células adyacentes. Presenta puentes de intercomunicación entre las células vecinas, denominados plasmodesmos. Se compone fundamentalmente de pectinas y proteínas.

Pared primaria. Capa delgada y flexible, de estructura fibrilar situada por debajo de la lámina media, que permite que la célula crezca y se expanda. Propia de las células en crecimiento. Se compone principalmente de pectina, celulosa y hemicelulosa.

Pared secundaria. Capa más interna, que se encuentra por debajo de la pared primaria. Aparece cuando cesa el crecimiento de la célula. Se trata de una capa gruesa y rígida, formada por diferentes subcapas o estratos similares en composición a la pared primaria, aunque con mayor proporción de celulosa, que forman microfibrillas regu-

larmente ordenadas en paralelo. En ocasiones contiene también lignina, ceras, suberina, etc.

- b) Algunas de las funciones principales de la pared celular son:
- Constituye el exoesqueleto de la célula vegetal, confiriendo rigidez al organismo y contribuyendo al mantenimiento de su forma.
 - Evita que la célula se rompa, interviniendo en el mantenimiento de la presión osmótica intracelular.
 - Sirve como barrera frente al paso de patógenos.
 - Impermeabiliza la superficie vegetal de algunos tejidos, gracias a su impregnación de sustancias como suberina, lo que evita las pérdidas de agua.
- c) El principal orgánulo implicado en la formación de la pared celular es el aparato de Golgi. La formación de la pared se inicia en la citocinesis con la agrupación ordenada en el plano ecuatorial de la célula binucleada telofásica de muchas vesículas procedentes del aparato de Golgi. Esta agrupación ordenada es posible gracias a la orientación y aproximación de los microtúbulos interzonales. La estructura formada por estas vesículas recibe el nombre de fragmoplasto. Posteriormente se produce la fusión de las vesículas formándose la llamada placa celular temprana, que por la adición de más vesículas va creciendo, desde el centro, hasta llegar a dividir a la célula.
9. Al impedir la organización de los microtúbulos por las sustancias anticancerígenas, la célula no puede dividirse, ya que no se forma el huso acromático o mitótico y los centriolos.

La membrana plasmática.

Orgánulos membranosos

OBJETIVOS

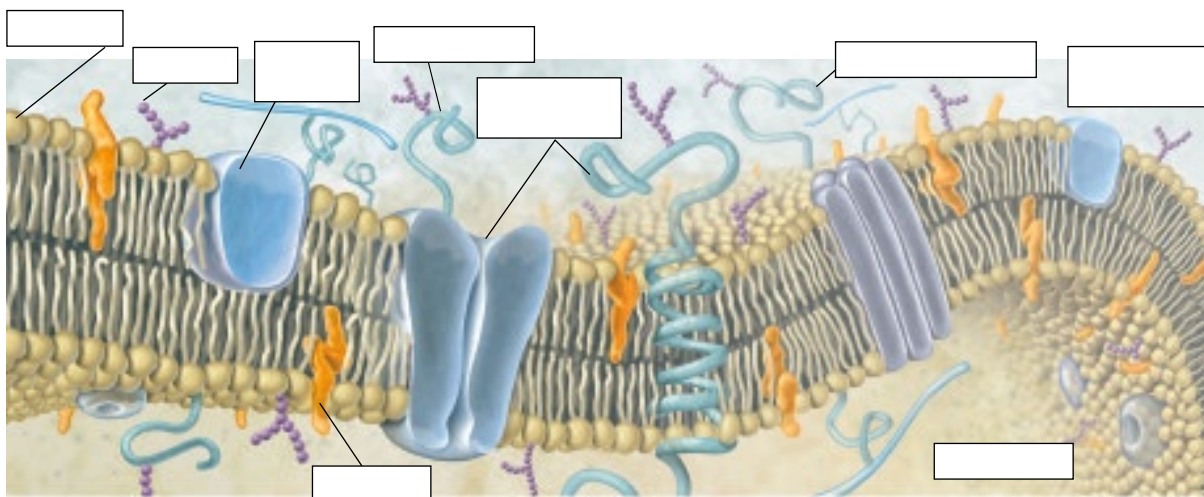
1. Conocer la composición y estructura de la membrana plasmática a través del modelo del mosaico fluido.
2. Diferenciar los distintos tipos de transporte a través de la membrana.
3. Reconocer algunas diferenciaciones de la membrana plasmática.
4. Identificar los diferentes orgánulos membranosos, su localización, estructura y funciones.
5. Establecer la relación circulatoria entre los componentes del sistema de endomembranas.
6. Comparar la estructura y composición de mitocondrias y cloroplastos.

CONTENIDOS

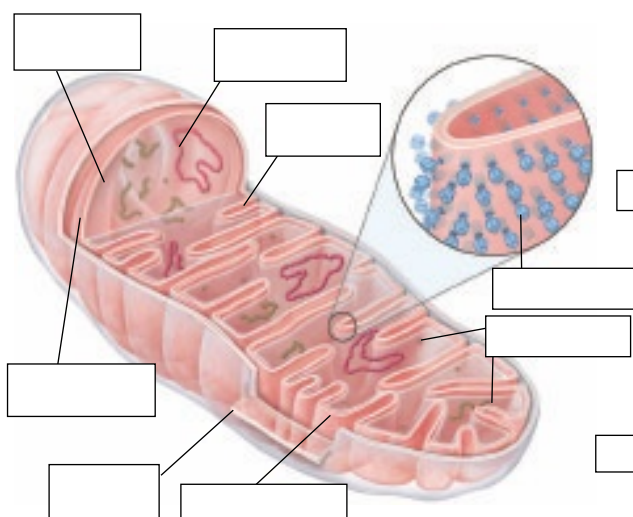
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• La membrana plasmática. Composición química y estructura. (Objetivo 1) • El transporte a través de la membrana plasmática. (Objetivo 2) • Endocitosis y exocitosis. (Objetivo 2) • Las uniones intercelulares. (Objetivo 3) • El retículo endoplasmático. (Objetivo 4) • El aparato de Golgi. (Objetivo 4) • Los lisosomas. (Objetivo 4) • Las vacuolas. (Objetivo 4) • Peroxisomas y glioxisomas. (Objetivo 4) • Las mitocondrias. (Objetivos 4 y 6) • Los cloroplastos. (Objetivos 4 y 6)	• Realización de esquemas gráficos de la estructura de la membrana plasmática. (Objetivo 1) • Elaboración de esquemas con los diferentes tipos de transporte, comparándolos entre sí. (Objetivo 2) • Interpretación de microfotografías o diapositivas de los procesos de exocitosis y endocitosis. (Objetivo 2) • Observación de microfotografías de distintas diferenciaciones de membrana. (Objetivo 3) • Interpretación de microfotografías de los diferentes orgánulos membranosos. (Objetivo 4) • Observación al microscopio de diferentes orgánulos membranosos. (Objetivo 4) • Representar a través de esquemas el paso de una proteína desde que se sintetiza hasta que es excretada al exterior celular. (Objetivo 5) • Realización de un cuadro comparativo de analogías y diferencias entre mitocondrias y cloroplastos. (Objetivo 6)	• Valoración de la influencia de los componentes de la membrana con su grado de fluidez. • Reconocer el papel de la membrana plasmática en el intercambio de sustancias con el medio externo. • Curiosidad por observar microfotografías de orgánulos celulares. • Reflexionar sobre la importancia de la compartimentalización en las células eucariotas. • Interés y curiosidad por observar al microscopio los diferentes orgánulos celulares. • Comprensión de la relación entre los componentes del sistema de endomembranas. • Reconocer la importancia de las mitocondrias en las células animales y vegetales, y la de los cloroplastos en las células vegetales.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Conocer la composición de la membrana plasmática, su disposición y propiedades según el modelo del mosaico fluido. (Objetivo 1)	1 y 2	1 y 2
b) Diferenciar los distintos mecanismos que permiten el paso de sustancias a través de la membrana plasmática. (Objetivo 2)	3	3 y 4
c) Describir los tipos de diferenciaciones de la membrana plasmática. (Objetivo 3)	4	5
d) Conocer la estructura, composición y función de los diferentes orgánulos membranosos. (Objetivo 4)	5 y 6	6
e) Explicar la relación circulatoria que se establece entre los diferentes orgánulos del sistema de endomembranas. (Objetivo 5)	7	7
f) Establecer analogías y diferencias en cuanto a origen, composición, estructura y función de cloroplastos y mitocondrias. (Objetivo 6)	8 y 9	8

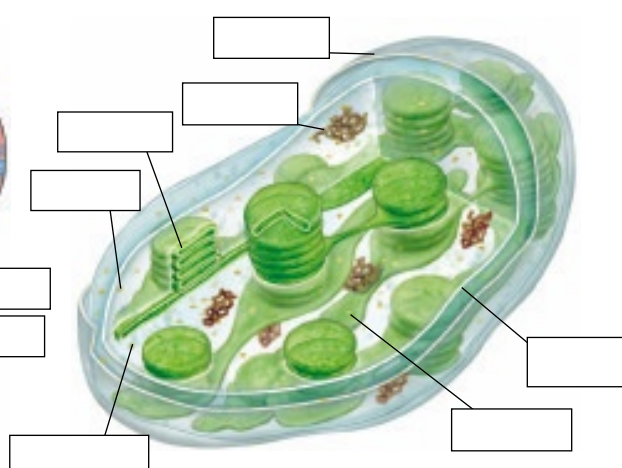
MODELO DE MOSAICO FLUIDO DE LA MEMBRANA PLASMÁTICA



MITOCONDRIA



CLOROPLASTO



Observación de orgánulos en células vegetales

Los plastos son orgánulos citoplasmáticos exclusivos de las células vegetales. Pueden estar coloreados por diferentes pigmentos o ser incoloros. En el primer caso se incluyen los cloroplastos y los cromoplastos, y en el segundo, los leucoplastos.

Los cloroplastos contienen clorofila, responsable de su coloración verde y son fotosintéticos. Los cromoplastos acumulan diferentes pigmentos coloreados (carotenos y xantofilas), y en los vegetales son los responsables de la coloración de los pétalos, frutos y determinadas hojas, como la piel del tomate, la raíz de la zanahoria, etc. Los cromoplastos se originan a partir de cloroplastos jóvenes o maduros, por división.

Los leucoplastos son incoloros y aparecen en tejidos internos no fotosintéticos. Un tipo especial de leucoplastos son los amiloplastos que almacenan almidón en tejidos de reserva, como la patata.

Objetivos

- Introducir los conceptos básicos de citología y de técnica microscópica.
- Preparación, observación y reconocimiento al microscopio de diferentes orgánulos vegetales.

Material necesario

- Microscopio.
- Portaobjetos.
- Cubreobjetos.
- Bisturí.
- Pinzas.
- Aguja enmangada.
- Agua.
- Lugol.
- Hojas de *Elodea*.
- *Spirogyra*.
- Un tomate maduro y un tomate verde.
- Una patata.
- Pétalos de rosa.

Observación de cloroplastos

Con la ayuda de la aguja enmangada, coloca sobre el portaobjetos unos filamentos de alga *Spirogyra* y de una hoja de *Elodea* bien extendida.

Añade unas gotas de agua, con el fin de que no se sequen, y pon un cubreobjetos. Observa al microscopio a distintos aumentos, partiendo del objetivo menor con el fin de localizar la zona que se observe mejor. Elige las células cuyo color sea más intenso.

Observación de cromoplastos

Corta en dos mitades los tomates (uno maduro y otro verde). Raspa con un bisturí o escalpelo la pulpa carnosa de cada tomate. Deposita cada muestra en sendos portaobjetos.

Coloca sobre la muestra un cubreobjetos y comprime suavemente con el dedo hasta obtener un completo aplastamiento. Observa cada preparación al microscopio a diferentes aumentos. Identifica los orgánulos celulares visibles.

Observación de amiloplastos

Corta una patata y rasca suavemente con el bisturí o con la punta de la lanceta. Deposita sobre un portaobjetos el material de raspado y añade una gota de agua y otra de lugol. Coloca el cubreobjetos y observa al microscopio.

Observación de vacuolas

Corta un trocito de pétalo de rosa. Raspa con un bisturí y separa una capa fina de la epidermis, asegurándote de que sea lo más fina posible. Deposita dicha capa sobre un portaobjetos. Coloca una gota de agua y tapa con un cubreobjetos. Observa la preparación al microscopio.

Practica

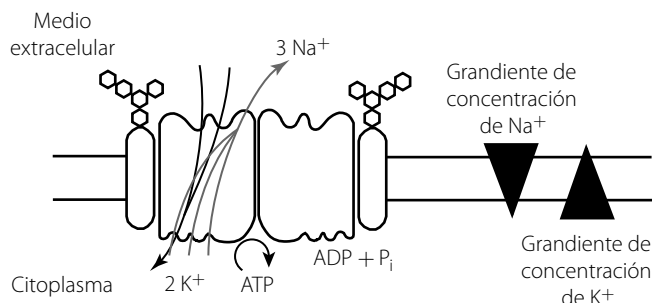
1. ¿Qué observas en la célula de *Spirogyra*?
2. ¿Qué forma presentan las células de *Elodea*? ¿Distingues algún orgánulo celular? ¿Cuál? ¿Dichos orgánulos están móviles o son desplazados? ¿Cómo se denomina el proceso que se observa?
3. Dibuja y describe la muestra observada al microscopio del tomate maduro. Anota en el dibujo los orgánulos o partes identificadas. ¿Qué pigmento es el responsable del color del tomate maduro?
4. ¿A qué se debe la diferente coloración del tomate maduro y verde? ¿Qué orgánulos observas en el tomate verde?
5. ¿Qué orgánulo se observa en la patata? Describe el orgánulo que observas.

- 1 Actualmente el modelo más aceptado para explicar la membrana plasmática es el modelo del mosaico fluido, propuesto por Singer y Nicholson en 1972. Explica brevemente en qué consiste dicho modelo.
- 2 De los componentes de la membrana plasmática, ¿cuál es responsable de la fluidez que presenta la membrana? ¿De qué depende la fluidez de la membrana?

- 3 Observa la siguiente figura:

- a) Identifica qué representa la figura y describe el proceso que se detalla.
- b) La tabla siguiente presenta las concentraciones milimolares de iones en el medio extracelular y en el citoplasma celular.

Ion	Concentración del medio extracelular	Concentración del citoplasma
Na ⁺	145 mM	10 mM
K ⁺	5 mM	140 mM

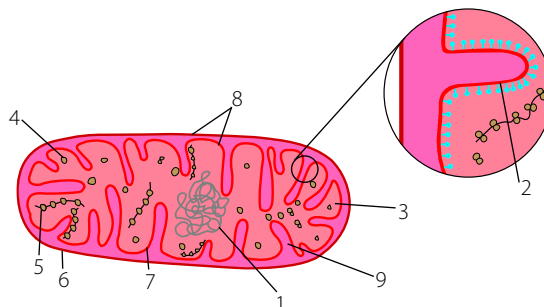


Si a esta célula se le inhibe, mediante cianuro, la síntesis de ATP, ¿cuál será el sentido de transporte del Na⁺ y del K⁺? ¿Como variarán sus concentraciones? ¿De qué tipo será ahora el transporte de estos iones? Justifica la respuesta.

- 4 ¿Qué estructuras permiten la comunicación entre las células animales? ¿Y entre las células vegetales?
- 5 Los lisosomas son vesículas o compartimentos subcelulares que son considerados como «sacos de suicidio».
 - a) ¿Qué orgánulo origina los lisosomas?
 - b) ¿Qué orgánulo interviene en la síntesis de su contenido?
 - c) ¿Cuál es la función del lisosoma?
 - d) ¿Cuál es la diferencia entre un lisosoma primario y un lisosoma secundario?
- 6 Indica los orgánulos y/o estructuras por las que va atravesando una proteína desde que es formada hasta que es expulsada al exterior celular.
- 7 ¿Cuáles son las principales funciones que se llevan a cabo en el retículo endoplasmático liso?

- 8 Observa el siguiente dibujo:

- a) ¿Qué orgánulo representa?
- b) Nombra los componentes señalados en el dibujo.
- c) ¿Qué función caracteriza a dicho orgánulo?
- d) ¿En qué tipo de células podemos encontrarlo?
- e) Señala la función que desempeñan los componentes señalados con los números 2 y 3.

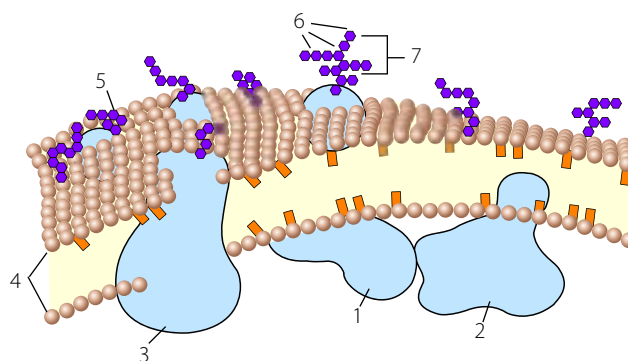


- 9 Señala las diferencias entre mitocondrias y cloroplastos.

1 ¿Por qué se dice que la membrana plasmática es asimétrica?

2 Observa el siguiente dibujo.

- ¿Qué representa?
- ¿Cómo se llama el modelo de estructura que aparece en el dibujo?
- Nombra las estructuras numeradas.



3 Relaciona las sustancias o partículas de la primera columna con los mecanismos de transporte (segunda columna) mediante los cuales pueden entrar en una célula intacta (que no ha sido tratada con ningún agente químico). Razona brevemente la respuesta.

1) Gotas de líquidos extracelulares	a) Difusión facilitada
2) Oxígeno	b) Transporte activo
3) Potasio	c) Fagocitosis
4) Glucosa	d) Pinocitosis
5) Partículas sólidas de medida grande	e) Difusión

4 Una de las funciones de la membrana plasmática es el transporte de sustancias. Indica qué mecanismo de transporte utilizaría un macrófago (célula del sistema inmunitario) para incorporar a su citoplasma:

- una bacteria,
 - una molécula de glucosa.
- Describe las características principales de estos procesos.

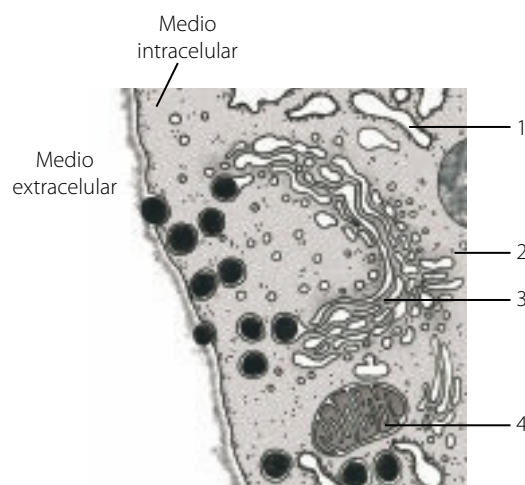
5 Comenta los siguientes conceptos:

- Desmosomas.
- Uniones tipo gap.

6 ¿Qué diferencias existen entre retículo endoplasmático liso y rugoso?

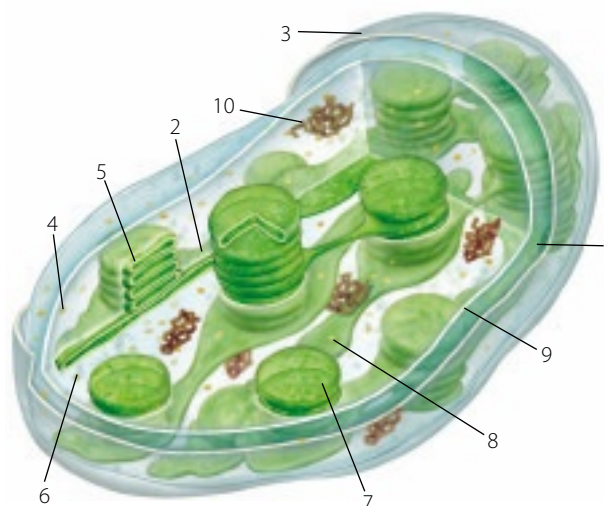
7 El siguiente dibujo muestra una región celular propia de la membrana plasmática.

- Realiza una tabla en la que se identifiquen los orgánulos señalados con los números correspondientes e indica la función o funciones que ejercen.
- En la imagen puede observarse un proceso propio de algunos tipos de células. ¿Cuál es este proceso? ¿De qué células es propio? Señala algún ejemplo de célula que muestre esta actividad.



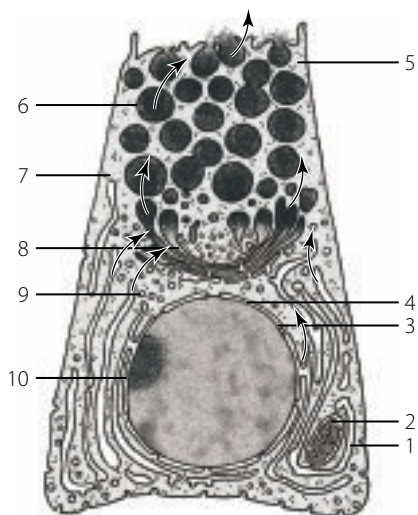
8 Observa el siguiente dibujo:

- ¿Qué orgánulo representa?
- Nombra los componentes señalados en el dibujo.
- ¿Qué función caracteriza a dicho orgánulo?
- ¿En qué tipo de células podemos encontrarlo?



- 1 ¿Por qué la membrana plasmática está constituida básicamente de lípidos? Además de lípidos y glúcidos, ¿por qué la membrana plasmática también contiene proteínas?
- 2 ¿Qué pasaría si la membrana plasmática no aislara la célula del exterior?
- 3 En 1864, Sachs, un botánico alemán, realizó la siguiente experiencia: cogió una hoja verde y la puso a oscuras durante varias horas. Posteriormente expuso a la luz la mitad de esta hoja y la otra mitad la mantuvo a oscuras. Pasado un cierto tiempo eliminó los pigmentos fotosintéticos de las dos partes de la hoja y, finalmente, la sumergió en una solución de lugol durante unos minutos. La parte de la hoja que había sido expuesta a la luz adquirió una coloración violeta oscura, y la otra mitad no manifestó ningún cambio de coloración.
 - a) ¿Qué biomolécula reconoce el lugol? Describe la estructura general de esta biomolécula e indica la función que realiza en los vegetales.
 - b) Explica qué proceso se desencadena en la parte de la hoja expuesta a la luz y no se produce en la parte de hoja que se mantiene a oscuras. ¿Qué relación tiene con el cambio de coloración de la hoja?
 - c) ¿Qué orgánulo está relacionado con estos acontecimientos? Realiza un dibujo detallado de su estructura y señala las diferentes partes.
- 4 Indica qué mecanismo de transporte se pondría en funcionamiento si atravesasen la membrana las siguientes moléculas, compuestos o iones:
Bacteria, O_2 , metabolito celular, urea, hormonas esteroideas, etanol, CO_2 , resto de mitocondria, aminoácido, ion Na^+ , agua, virus.
- 5 ¿Qué dos características tienen en común el núcleo y los cloroplastos?
- 6 Todas las enzimas que contiene un lisosoma (proteasas, nucleasas, glucosidasas, lipasas y fosfatasas) son hidrolasas ácidas, que para su funcionamiento óptimo requieren un pH ácido, comprendido entre 3 y 6.
¿Cómo consigue mantener el lisosoma dicho pH?
- 7 ¿Por qué es importante para una célula la fluidez de la membrana plasmática?
- 8 ¿En qué se parecen los peroxisomas a las mitocondrias?
- 9 ¿En qué se parecen las vacuolas a los lisosomas en las células vegetales?
- 10 ¿Qué orgánulos celulares tienen un origen endosimbiótico? ¿De qué tipo de organismos proceden?
- 11 ¿Quién fue el precursor de todas las formas celulares existentes actualmente? ¿Qué características poseía?
- 12 Explica las semejanzas a nivel estructural entre mitocondrias y cloroplastos.
- 13 ¿Cuál es el origen evolutivo de las mitocondrias?
- 14 ¿Qué ventaja puede aportar a una célula presentar microvellosidades?
- 15 ¿Qué le pasaría a una célula si no tuviera un citoesqueleto?

- 1 Los términos siguientes se pueden relacionar con un mismo proceso: cuerpo residual, aparato de Golgi, endosoma, fagocitosis, lisosoma primario, exocitosis, lisosoma secundario. Señala de qué proceso se trata, realiza un dibujo esquematizándolo y explica el significado biológico de todo el proceso.
- 2 De los siguientes enunciados hay algunos con errores. Identifícalos y explica por qué razón no los consideras acertados.
 - a) La difusión a través de la membrana es un mecanismo de transporte activo.
 - b) A través del mecanismo de endocitosis, las células incorporan material del medio extracelular.
 - c) Los centriolos son orgánulos formados por microtúbulos, propios de las células animales y vegetales.
 - d) Los cromosomas son estructuras nucleares que se pueden observar a lo largo de todo el ciclo celular.
 - e) Las células vegetales disponen de cloroplastos para realizar la fotosíntesis, pero no de mitocondrias, que son propias de las células animales.
- 3 ¿Cuáles son los principales componentes bioquímicos de la membrana celular?
- 4 Dibuja un esquema de la mitocondria e indica sus componentes principales.
- 5 Diferencias entre difusión simple y facilitada. Cita un ejemplo de cada una de ellas.
- 6 A través de un dibujo explica la estructura del aparato de Golgi.
- 7 La siguiente figura muestra un dibujo de una célula elaborado a partir de una microfotografía electrónica:



- a) Identifica cada uno de los 10 elementos de la estructura celular señalados en el dibujo.
- b) Observa las flechas e indica el proceso representado en el dibujo. Explica cómo intervienen los diferentes orgánulos celulares que se observan en el esquema.
- c) ¿Cuál es el papel del núcleo celular en este proceso?
- d) Propón de qué tipo de célula puede tratarse. Da algún ejemplo de célula que muestre esta actividad y explica alguna de sus características.

- 8 Indica las diferencias y las semejanzas que existen entre la fagocitosis y la pinocitosis.

RECUERDA Y CONTESTA

- Las funciones de la membrana plasmática que se deben a la doble capa lipídica son:
 - Mantener separados el medio acuoso exterior del medio acuoso interior. La bicapa lipídica es una barrera impermeable para las sustancias polares y permeable para las apolares.
 - Realizar los procesos de endocitosis y exocitosis, gracias al acoplamiento de las bicapas lipídicas.
- El retículo endoplasmático es un sistema membranoso compuesto por una red de sáculos aplanados o cisternas, sáculos globosos o vesículas, y túbulos sinuosos, que se extienden por todo el citoplasma y que se comunica con la membrana nuclear externa. Este sistema constituye un único compartimento con un espacio interno que recibe el nombre de luz o lumen.
- Según la teoría endosimbiótica, las mitocondrias se originaron a partir de bacterias fagocitadas que no fueron digeridas, sino que se quedaron en simbiosis en el citosol de una célula eucariota primitiva y los cloroplastos proceden de cianobacterias que fueron fagocitadas y que, en lugar de ser digeridas, quedaron en simbiosis con una célula eucariota primitiva.
Por tanto, las dos membranas de las mitocondrias proceden de la bacteria que fue fagocitada y de la célula eucariota y las dos membranas de los cloroplastos se deben a la membrana de la cianobacteria que fue fagocitada y a la célula eucariota primitiva.
- Las mitocondrias son los orgánulos de las células eucariotas aerobias que se encargan de obtener energía mediante la respiración celular, es decir, de realizar la mayoría de las oxidaciones celulares y producir la mayor parte del ATP de la célula. Los cloroplastos son orgánulos típicos de las células vegetales. Contienen clorofila, gracias a la cual pueden llevar a cabo la fotosíntesis, proceso en el que la energía luminosa se transforma en química, y se sintetiza materia orgánica a partir de materia inorgánica. Por esto, al igual que las mitocondrias, los cloroplastos son considerados orgánulos transductores de energía química.

ACTIVIDADES

- Las funciones que dependen de las proteínas de la membrana son:
 - Regular la entrada y la salida de moléculas en la célula.
 - Regular la entrada y la salida de iones.
 - Posibilitar el reconocimiento celular.
 - Realizar actividad enzimática.
 - Intervenir en la transducción de señales.
 - Constituir uniones intercelulares.
 - Constituir puntos de anclaje para el citoesqueleto interno y para la matriz extracelular.
- Los oligosacáridos son las moléculas que actúan como receptores de membrana.
El conjunto de las cadenas de oligosacáridos se encuentra en la cara externa de la membrana, lo que les permite actuar como receptores.
- La doble capa lipídica deja pasar con facilidad las sustancias apolares, como los isoprenoides, el N_2 y el O_2 , por difusión simple, que es un tipo de transporte pasivo.
 - Estas moléculas atraviesan la membrana por difusión simple a través de la bicapa lipídica, puesto que son débilmente polares y poseen baja masa molecular.
- Los cationes como el K^+ y el Na^+ se transportan por difusión simple gracias a proteínas de canal.
 - El transporte de estos aniones se realiza por proteínas de canal.
 - Las moléculas grandes se transportan por difusión facilitada, gracias a la intervención de proteínas transmembranas específicas para cada sustrato, que lo arrastran hacia el interior o hacia el exterior de la célula según sea el gradiente. Son las denominadas proteínas transportadoras o permeasas.
- La bomba de sodio-potasio es una proteína transmembranosa que bombea Na^+ hacia el exterior de la célula y K^+ hacia el interior. Puede actuar en contra de gradiente gracias a su actividad como ATP-asa. De cada molécula de ATP se obtiene la energía necesaria para bombear tres Na^+ hacia el exterior y dos K^+ hacia el interior. De esta forma, el exterior de la membrana plasmática siempre resulta positivo respecto al medio interno.
- Consiste en la formación de una red de clatrina, una proteína filamentosa, en un determinado sector de la membrana, que induce el surgimiento de un relieve membranoso revestido de ella, para formar una vesícula de endocitosis. Así es posible la entrada de macromoléculas y pequeños cuerpos externos, posteriormente, la clatrina abandona la vesícula y regresa a la membrana plasmática.
- Las uniones de comunicación o de tipo gap.
Las uniones tipo gap permiten el intercambio de moléculas entre ellas están constituidas por dos conexiones. Cada conexión consta de un tubo fino formado por seis proteínas transmembranas que atraviesan la membrana plasmática y se unen a otra conexión de la célula contigua.
- Porque en estas células se sintetizan una gran cantidad de esteroides y la síntesis de lípidos es la actividad principal del retículo endoplasmático liso.
- En las células musculares en reposo, el retículo endoplasmático liso bombea iones calcio (Ca^{2+}) al lumen y, al llegar un impulso nervioso, estos iones salen rápidamente de este al citosol, posibilitando su contracción.
- Las riboforinas.
- En el citosol, las subunidades de los ribosomas se encuentran separadas, pero una vez que comienza la síntesis de una proteína las dos subunidades se unen y los ribosomas se acoplan con un ARNm.
- El retículo endoplasmático liso o agranular (REL) no presenta ribosomas, y el retículo endoplasmático rugoso o granular (RER), posee ribosomas en su cara externa.
El retículo endoplasmático liso está constituido por una red de túbulos, unidos al retículo endoplasmático rugoso, que se expande por todo el citoplasma. El retículo endoplasmático rugoso está formado por cisternas comunicadas entre sí. Además, presenta las denominadas vesículas de transporte. Se comunica con el retículo endoplasmático liso y con la parte externa de la envoltura nuclear.
Aunque en general las funciones del retículo endoplasmático son la síntesis de proteínas y de lípidos, la adición a ellos de glúcidos y la transformación de las sustancias tóxicas en sustancias no tóxicas, cada uno de ellos posee funciones específicas.
- El aparato de Golgi está formado por una o varias agrupaciones en paralelo de sáculos discoidales o cisternas acompañados de vesículas de secreción.

13. Dictiosoma: cada una de las agrupaciones de cisternas que componen el aparato de Golgi.

Cisterna: tipo de vesícula discoidal que dispuesta en paralelo junto a otras y con las vesículas de secreción constituyen el aparato de Golgi.

14. Entre las principales funciones del aparato de Golgi destacan:

- Transporte. Este aparato es el principal responsable del transporte de sustancias dentro de la célula. Sus membranas, al formar vesículas, permiten transportar un gran número de moléculas procedentes del retículo endoplasmático.
- Maduración. Contiene gran cantidad de proteínas de tipo enzimático, que transforman las sustancias iniciales durante su recorrido por los sáculos.
- Acumulación y secreción de proteínas. Muchas proteínas, del retículo endoplasmático, varían su estructura o alteran las secuencias de aminoácidos y se activan. Después se concentran y pasan a las vesículas de secreción.
- Glucosilación de lípidos y proteínas. Los oligosacáridos se unen a los lípidos y a las proteínas y dan lugar a glucolípidos y a glucoproteínas de membrana.
- Síntesis de polisacáridos. Como, por ejemplo, los proteoglicanos de la matriz extracelular y los glúcidos constitutivos de la pared celular vegetal.

15. Durante el transporte de moléculas en la célula, las vesículas de transición procedentes del retículo endoplasmático se unen a la cara *cis* de los dictiosomas del aparato de Golgi.

16. En las células animales, las vacuolas suelen ser pequeñas y generalmente se denominan vesículas. Por el contrario, las vacuolas de las células vegetales suelen ser muy grandes. En general, solo hay una o dos en cada célula y su membrana recibe el nombre de tonoplasto.

17. Los lisosomas digieren la materia orgánica gracias a las enzimas que poseen en su interior.

18. Los lisosomas primarios solo presentan enzimas digestivas en su interior, mientras que los lisosomas secundarios contienen sustratos en proceso de digestión, porque anteriormente se han unido a una vacuola con materia orgánica.

19. Los lisosomas tienen una membrana plasmática con las proteínas de la cara interna muy glucosiladas. Estas glucoproteínas impiden que las enzimas hidrolasas ataquen la membrana interna del lisosoma.

20. La catalasa elimina el agua oxigenada de la célula.

La enzima catalasa puede actuar de dos maneras:

- Si hay sustancias tóxicas que se pueden eliminar por oxidación (etanol, metanol, fenoles, ácido fórmico, etc.), las hace reaccionar con el H_2O_2 y así se eliminan las dos. La energía producida en las reacciones de oxidación que se realizan en los peroxisomas se disipa en forma de calor, en vez de aprovecharse para sintetizar ATP como pasa en las mitocondrias.
- Si no hay sustancias tóxicas a oxidar, ellas mismas descomponen el H_2O_2 en H_2O y O_2 y así se evita que el H_2O_2 llegue a salir de los peroxisomas.

21. La ATP-sintetasa es una enzima encargada de la respiración mitocondrial.

Las partículas F se encuentran sobre las crestas mitocondriales y son complejos formados por ATP-sintetasa que permiten fosforilar el ADP y transformarlo en ATP gracias al paso

de H^+ desde el espacio intermembranoso hasta la matriz mitocondrial.

22. En la respiración celular se distinguen dos etapas:

- Ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico. Es la etapa inicial y se realiza en la matriz mitocondrial.
- Cadena respiratoria. Es la etapa final. Se produce en la membrana interna.

23. La cadena respiratoria es la etapa final de la respiración celular. Se produce en la membrana interna, donde se junta el hidrógeno procedente de la materia orgánica con el oxígeno y se libera energía que queda almacenada en moléculas de ATP, gracias a las enzimas ATP-sintetasas.

24.	Mitocondrias	Cloroplastos
	Función principal: respiración mitocondrial.	Función principal: fotosíntesis.
	Presentes en todas las células eucariotas.	Presentes en células vegetales.
	Sus dimensiones oscilan entre 1 y 4 μm de largo y entre 0,3 y 0,8 μm de ancho.	Miden entre 3 y 19 μm de diámetro mayor y entre 1 y 2 μm de diámetro menor.
	Se originaron a partir de bacterias fagocitadas que no fueron digeridas, sino que se quedaron en simbiosis en el citosol de una célula eucariota primitiva.	Proceden de cianobacterias que fueron fagocitadas y que, en lugar de ser digeridas, quedaron en simbiosis con una célula eucariota primitiva.

25. a) A) Oligosacárido. B) Fosfolípido. C) Glucolípidio. D) Glucoproteína. E) Proteína integral. F) Proteínas periféricas.

El citoplasma estaría situado donde se encuentra la letra F en el dibujo.

Todas las membranas plasmáticas muestran una asimetría en la disposición y distribución de los componentes lipídicos y proteicos en ambas monocapas u hojas que componen la bicapa lipídica, la cara citosólica (que mira al citosol) y la cara extracelular (que mira hacia el exterior).

Tal asimetría en la distribución confiere distintas propiedades funcionales a las dos caras de la membrana. Por ejemplo, los restos oligosacáridos de los glucolípidos y las glucoproteínas de la membrana plasmática solo se orientan hacia el medio extracelular donde participan en los fenómenos de reconocimiento celular.

b) El transporte pasivo es un proceso espontáneo de difusión de sustancias a través de la membrana. Siempre se produce a favor del gradiente, es decir, desde el medio más concentrado hacia el medio menos concentrado. Se realiza sin gasto de energía. Se diferencian tres tipos de gradientes: el gradiente de concentración química, si hay una diferencia de concentraciones; el gradiente eléctrico, cuando hay diferentes cargas eléctricas, y el gradiente electroquímico, si hay una diferencia de concentración y de cargas a la vez. En función del tipo de difusión, el transporte pasivo se puede realizar de dos formas distintas:

- Difusión simple. Es el paso de pequeñas moléculas a favor del gradiente. Este transporte es más rápido cuanto más pequeñas sean las moléculas y mayor sea la diferencia de gradiente. Se realiza a través de la bicapa lipídica o por los canales proteicos.

- Difusión facilitada. Se lleva a cabo gracias a la intervención de proteínas transmembranas específicas para cada sustrato, que lo arrastran hacia el interior o hacia el exterior de la célula según sea el gradiente. Son las denominadas proteínas transportadoras o permeasas. Se diferencia de la difusión a través de canales porque tiene mayor especificidad, lo que permite el transporte de moléculas más grandes (como los aminoácidos, la glucosa y la sacarosa) y no depende solo de la diferencia de concentración del sustrato, sino también del grado de saturación de las permeasas.

El transporte activo lo realizan determinados tipos de proteínas de membrana. Necesita energía, que es aportada por moléculas de ATP, y permite transportar sustancias en contra de un gradiente. Ejemplos de este tipo de transporte son: la bomba de sodio-potasio (Na^+/K^+), la bomba de calcio (Ca^{2+}) y la bomba de protones (H^+).

26. a) El número 1 señala los glucolípidos de la membrana plasmática. Los glucolípidos tienen un comportamiento anfipático y, en contacto con el agua, se disponen formando bicapas, en las cuales las zonas hidrófobas quedan en la parte interior y las zonas hidrófilas en la exterior, en contacto con las moléculas de agua.

El número 2 señala las proteínas de la membrana plasmática. Se disponen de manera que los radicales polares quedan fuera de la membrana y los radicales lipófilos establecen contacto con la parte lipófila de los lípidos de la membrana. Según la disposición en la bicapa, se clasifican en:

- Proteínas integrales o intrínsecas. Están total o parcialmente englobadas en la bicapa y presentan una parte lipófila que se introduce en la bicapa. Si atraviesan la bicapa, se denominan proteínas transmembranas.
- Proteínas periféricas o extrínsecas. Están adosadas a la bicapa y son solubles. Solo tienen sectores polares con los cuales se unen a los radicales polares de los lípidos de membrana y de las proteínas integrales.

El número 3 señala los fosfolípidos de la membrana plasmática. Los fosfolípidos tienen un comportamiento anfipático y, en contacto con el agua, se disponen formando bicapas, en las cuales las zonas hidrófobas quedan en la parte interior y las zonas hidrófilas en la exterior, en contacto con las moléculas de agua.

- b) Las funciones que dependen de las proteínas de la membrana son:
- Regular la entrada y la salida de moléculas en la célula. Básicamente se trata de la entrada de nutrientes y de la salida de los productos finales del metabolismo o sustancias de desecho.
 - Regular la entrada y la salida de iones. Esto permite generar y mantener una diferencia de potencial entre el exterior y el interior celular. El interior se mantiene cargado negativamente respecto al exterior.
 - Posibilitar el reconocimiento celular. Las cadenas de oligosacáridos que hay en la cara externa de las membranas celulares actúan como receptores específicos de las moléculas externas.
 - Realizar actividad enzimática, gracias a las enzimas de la membrana.
 - Intervenir en la transducción de señales. Ciertas proteínas de membrana, cuando son activadas por una hor-

mona, cambian de conformación y envían una señal al interior celular.

- Constituir uniones intercelulares. Algunas proteínas de membrana se unen a las proteínas de la membrana de otras células vecinas.
 - Constituir puntos de anclaje para el citoesqueleto interno y para la matriz extracelular.
- c) Los desmosomas son uniones de adherencia entre las células que constituyen un tejido. Unen células, pero sin impedir el paso de sustancias por el espacio intercelular. Estas uniones presentan dos estructuras discoidales, llamadas placas, una en cada célula, unidas por proteínas transmembranas.

En las células vegetales también se producen diferenciaciones de la membrana plasmática que junto con la pared celular forman estructuras que permiten la comunicación y el intercambio entre las células, como los plasmodesmos.

27. a) Los principales componentes de las membranas celulares son:

Lípidos (52 %), como fosfolípidos, glucolípidos y esteroides, entre los que se encuentra el colesterol.

Proteínas (40 %). Según su disposición en la membrana, se pueden clasificar en dos tipos:

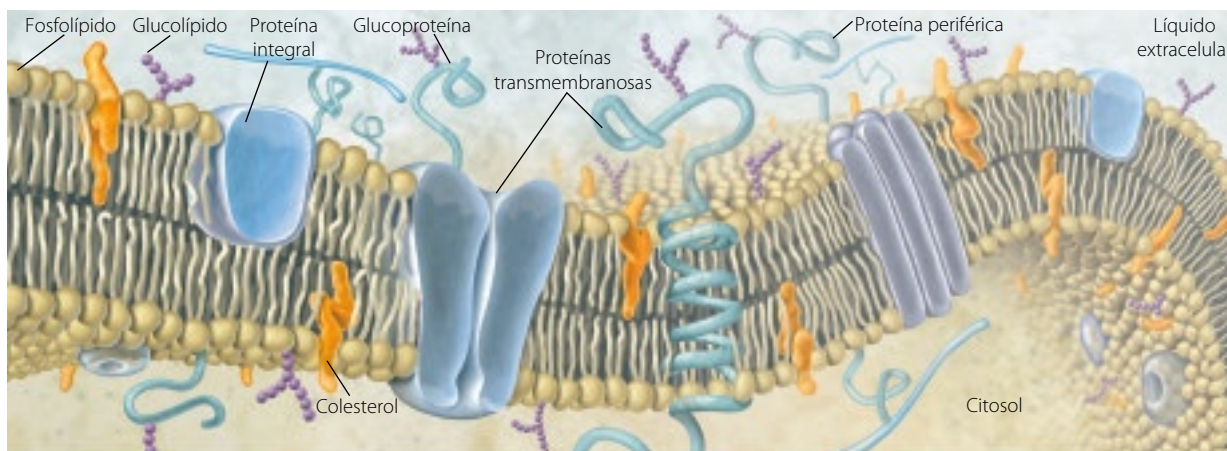
- Proteínas integrales, intrínsecas o transmembranas. Se encuentran inmersas en la bicapa lipídica.
- Proteínas periféricas o extrínsecas. Se sitúan adosadas a la membrana, tanto al exterior como al interior.

Glúcidos (8 %). Destacan los oligosacáridos, formando glucoproteínas o glucolípidos. Constituyen la cubierta extracelular o glucocálix.

- b) La membrana plasmática es una delgada lámina que envuelve completamente a la célula y la separa del medio externo. En la actualidad, el modelo que explica la estructura de la membrana plasmática es el del mosaico fluido, propuesto por Singer y Nicholson en 1972, dada la facilidad de todas las moléculas que la constituyen de moverse lateralmente. Según este modelo, la membrana está formada por una doble capa de lípidos (fosfolípidos) a la que se encuentran adosadas proteínas, que pueden situarse a ambas caras de la superficie de dicha membrana o incrustadas en la misma (proteínas transmembrana). Los fosfolípidos se disponen en la bicapa con las zonas hidrófilas hacia fuera, mientras que las zonas hidrófobas quedan enfrentadas hacia el interior.

En la cara externa de la membrana aparece el glucocálix, constituido por el conjunto de cadenas de oligosacáridos pertenecientes a los glucolípidos y a las glicoproteínas de la membrana celular. La membrana plasmática es una estructura asimétrica en la que los glucolípidos y las glucoproteínas solo aparecen en la cara externa. Así mismo, las proteínas de la membrana se distribuyen de forma heterogénea, ya que algunas solo se disponen en la superficie externa, mientras que otras son específicas de la cara interna.

Otro lípido que aparece en las membranas es el colesterol, que se fija al resto de los componentes lipídicos, disminuyendo la fluidez de las membranas. También impide que los lípidos de la membrana se unan entre sí, lo que produciría la ruptura de la bicapa.



- c) Las membranas son asimétricas, ya que la distribución de sus componentes: lípidos, proteínas y glúcidos no es la misma a ambos lados (cara externa y cara interna). El conjunto de las cadenas de oligosacáridos pertenecientes a los glucolípidos y las glucoproteínas de la membrana plasmática, el glucocálix, solo se encuentra en la cara externa de la membrana de las células animales. Estos oligosacáridos realizan la función de reconocimiento de las moléculas externas, es decir, son receptores de membrana.
- d) La fluidez de la membrana se debe a los lípidos, gracias a la tendencia que tienen a girar sobre sí mismos y desplazarse lateralmente por su monocapa. Dicha fluidez permite a la célula adaptarse a las condiciones variables del medio. La fluidez depende de factores como:
- Temperatura: al aumentar la temperatura aumenta la fluidez.
- Naturaleza de los lípidos: los lípidos de cadena corta y con insaturaciones aumentan la fluidez.
- La presencia de colesterol en la membrana: el colesterol reduce la fluidez y la permeabilidad.
- 28. a)** Los fosfolípidos y los glucolípidos que poseen un comportamiento anfipático y, en contacto con el agua, se disponen formando bicapas, en las cuales las zonas hidrófobas quedan en la parte interior y las zonas hidrófilas en las exterior, en contacto con las moléculas de agua.
- b)** Las proteínas integrales o intrínsecas están total o parcialmente englobadas en la bicapa y presentan una parte lipófila que se introduce en la bicapa. Si atraviesan la bicapa, se denominan proteínas transmembranas.
- Las proteínas periféricas o extrínsecas están adosadas a la bicapa y son solubles. Solo tienen sectores polares con los cuales se unen a los radicales polares de los lípidos de membrana y de las proteínas integrales.
- c)** El modelo de mosaico fluido de la membrana fue propuesto por Singer y Nicholson en 1972, la membrana es una doble capa de lípidos a la cual se asocian moléculas proteicas, que se sitúan en las dos caras de la superficie de esta doble capa, bien total o parcialmente englobadas en ella. Y una de las características de este modelo es que todas las moléculas se pueden mover, por tanto, se dice que es fluido.
- d)** Mitocondria, cloroplasto, vacuola, retículo endoplasmático y aparato de Golgi.
- 29. a)** El conjunto de las cadenas de oligosacáridos pertenecientes a los glucolípidos y las glucoproteínas de la membrana plasmática, el glucocálix, solo se encuentra en la cara externa de la membrana de las células animales. Estos oligosacáridos realizan la función de reconocimiento de las moléculas externas; es decir, son receptores de membrana.
- En el dibujo se encuentran señalados con la letra B.
- b)** Los fosfolípidos y los glucolípidos. Se disponen formando una doble capa.
- La bicapa lipídica está señalada en el dibujo con la letra C.
- c)** Las proteínas de la membrana se disponen de manera que los radicales polares quedan fuera de la membrana y los radicales lipófilos establecen contacto con la parte lipófila de los lípidos de la membrana.
- Según la disposición en la bicapa, se clasifican en:
- Proteínas integrales o intrínsecas. Están total o parcialmente englobadas en la bicapa y presentan una parte lipófila que se introduce en la bicapa. Si atraviesan la bicapa se denominan proteínas transmembranas.
 - Proteínas periféricas o extrínsecas. Están adosadas a la bicapa, y son solubles. Solo tienen sectores polares con los cuales se unen a los radicales polares de los lípidos de membrana y de las proteínas integrales.
- En el dibujo se encuentran señalados con la letra A.
- d)** Sí, toda célula posee membrana plasmática que la rodea y la separa del medio externo.
- Tres funciones de la membrana plasmática son:
- Mantener separados el medio acuoso exterior del medio acuoso interior.
 - Realizar los procesos de endocitosis y exocitosis.
 - Posibilitar el reconocimiento celular.
- e)** Las vacuolas son vesículas constituidas por una membrana y un interior predominantemente acuoso. Se encargan fundamentalmente de almacenar sustancias y productos de desecho.
- Los lisosomas son vesículas, rodeadas de una membrana, procedentes del aparato de Golgi en cuyo interior hay enzimas digestivas. Los lisosomas digieren la materia orgánica.
- f)** El transporte pasivo es un proceso espontáneo de difusión de sustancias a través de la membrana, se realiza sin gasto de energía. Siempre se produce a favor del gra-

diente; es decir, desde el medio más concentrado hacia el medio menos concentrado.

El transporte activo lo realizan determinados tipos de proteínas de membrana. Necesita energía, que es aportada por moléculas de ATP, y permite transportar sustancias en contra de un gradiente.

- g) Mediante el proceso de pinocitosis la célula ingiere líquidos y sustancias disueltas que almacena en pequeñas vesículas. Sin embargo, por fagocitosis la célula ingiere partículas grandes en el interior de una vesícula o fagosoma.
30. a) Se entiende por gradiente la diferencia de concentraciones entre dos medios.
- Se diferencian tres tipos de gradientes: el gradiente de concentración química, si hay una diferencia de concentraciones; el gradiente eléctrico, cuando hay diferentes cargas eléctricas, y el gradiente electroquímico, si hay una diferencia de concentración y de cargas a la vez.
- b) Transporte activo. La bomba de sodio-potasio es una proteína transmembranosa que bombea Na^+ hacia el exterior de la célula y K^+ hacia el interior. Puede actuar en contra de gradiente gracias a su actividad como ATP-asa.
- c) De cada molécula de ATP se obtiene la energía necesaria para bombear tres Na^+ hacia el exterior y dos K^+ hacia el interior. De esta forma, el exterior de la membrana plasmática siempre resulta positivo respecto al medio interno.
- d) Sí, la bomba consume energía, esta es aportada por moléculas de ATP.
31. a) La endocitosis es la entrada de macromoléculas y pequeños cuerpos externos gracias a la formación de vesículas membranosas, en la que se integran.
- La exocitosis es un mecanismo de expulsión de macromoléculas y pequeños cuerpos gracias a la fusión de la membrana de la vesícula que los contiene con la membrana plasmática. Mediante exocitosis la célula expulsa al exterior los desechos del metabolismo.
- b) Son procesos endocíticos.
- c) Mediante el proceso de pinocitosis la célula ingiere líquidos y sustancias disueltas que almacena en pequeñas vesículas. Sin embargo, por fagocitosis la célula ingiere partículas grandes en el interior de una vesícula o fagosoma.
- d) La endocitosis se inicia por medio de un control de la membrana que induce la formación de un sistema reticular de clatrina en un determinado sector de la membrana. Se forma una red de clatrina, una proteína filamentososa, que induce el surgimiento de un relieve membranoso revestido de ella, para formar la vesícula. Posteriormente, la clatrina abandona la vesícula y regresa a la membrana plasmática.
32. En el RER se sintetizan las proteínas, que pasan al interior de las cavidades. Las proteínas originadas salen por gemación de las membranas del retículo, a través de vesículas de transición. Dichas vesículas se incorporan a las cisternas de la cara *cis* del aparato de Golgi.
- Las proteínas emigran hacia la cara *trans* del aparato de Golgi, desde donde pasan a las vesículas de secreción, formadas por gemación de las cisternas. Las vesículas de secreción pueden pasar a formar parte de la membrana plasmática, adosándose a ella y verter su contenido al exterior por exocitosis. Las membranas de secreción se fusionan con la membrana plasmática, contribuyendo así a su renovación.

Las vesículas de transición, situadas junto a las cisternas de la cara *cis* del dictiosoma, tienen un tamaño menor que las vesículas de secreción situadas junto a las cisternas de la cara *trans* del dictiosoma. Las vesículas de secreción están mucho más especializadas, y poseen proteínas específicas en sus membranas; además, estas vesículas contienen proteínas que se han modificado y se han formado glucoproteínas, adquiriendo su forma y composición definitiva.

33. a) Retículo endoplasmático liso o agranular (REI) y el retículo endoplasmático rugoso o granular (RER).
- b) El REI tiene como principal función la síntesis de la mayoría de lípidos que forman las membranas y en el RER se lleva a cabo la síntesis de las proteínas que constituyen las membranas.
- c) En las células eucariotas.
34. De un modo esquemático, la secreción de una proteína sintetizada en el retículo endoplasmático rugoso sería:
1. Liberación de la proteína sintetizada en los ribosomas del retículo endoplasmático rugoso y formación de vesícula de transición.
 2. La vesícula de transición procedente del retículo endoplasmático se une a la cara *cis* del dictiosoma.
 3. El contenido molecular se incorpora al dictiosoma, las vesículas intercisternas pasan el contenido de cisterna a cisterna, y al llegar a la cara *trans*, se concentra y se acumula en el interior de las vesículas.
 4. La vesícula de secreción se dirige hacia la membrana plasmática.
 5. Fusión de la vesícula de transición con la membrana plasmática, liberándose su contenido al medio externo de la célula.
35. a) Existen dos tipos de retículo endoplasmático. Retículo endoplasmático liso o agranular (REI) y retículo endoplasmático rugoso o granular (RER). El REI tiene como principal función la síntesis de la mayoría de lípidos que forman las membranas y en el RER se lleva a cabo la síntesis de las proteínas que constituyen las membranas.
- b) No, se encuentra en todas las células eucariotas, tanto animales como vegetales.
36. a) 1. Liberación de la proteína sintetizada en los ribosomas del retículo endoplasmático rugoso y formación de vesícula de transición.
2. La vesícula de transición procedente del retículo endoplasmático se une a la cara *cis* del dictiosoma.
 3. El contenido molecular se incorpora al dictiosoma, las vesículas intercisternas pasan el contenido de cisterna a cisterna, y al llegar a la cara *trans*, se concentra y se acumula en el interior de las vesículas.
 4. La vesícula de secreción se dirige hacia la membrana plasmática.
 5. Fusión de la vesícula de transición con la membrana plasmática, liberándose su contenido al medio externo de la célula.
- b) Se denomina aparato de Golgi.
- c) Entre las principales funciones del aparato de Golgi destacan:
- Transporte. Este aparato es el principal responsable del transporte de sustancias dentro de la célula. Sus membranas, al formar vesículas, permiten transportar

un gran número de moléculas procedentes del retículo endoplasmático.

- Maduración. Contiene gran cantidad de proteínas de tipo enzimático, que transforman las sustancias iniciales durante su recorrido por los sáculos.
- Acumulación y secreción de proteínas. Muchas proteínas del retículo endoplasmático, varían su estructura o alteran las secuencias de aminoácidos y se activan. Después se concentran y pasan a las vesículas de secreción.
- Glucosilación de lípidos y proteínas. Los oligosacáridos se unen a los lípidos y a las proteínas y dan lugar a glucolípidos y a glucoproteínas de membrana.
- Síntesis de polisacáridos. Como, por ejemplo, los proteoglicanos de la matriz extracelular y los glúcidos constitutivos de la pared celular vegetal.

37. a) Los lisosomas son vesículas procedentes del aparato de Golgi en cuyo interior hay enzimas digestivas.
- b) Entre las enzimas que constituyen el interior de los lisosomas se encuentran: hidrolasas ácidas como fosfatasa ácida, glucosidasa, lipasa, proteasa y ADN-asa.
- c) Los lisosomas digieren la materia orgánica.
- d) Un lisosoma primario es una vesícula globular que solo posee en su interior enzimas digestivas. Por el contrario, un lisosoma secundario resulta de la unión de un lisosoma primario con una vesícula endocítica, que contiene materia orgánica en vía de digestión.
38. a) Los lisosomas son vesículas procedentes del aparato de Golgi, que contienen enzimas digestivas (hidrolasas ácidas).
- b) Las enzimas digestivas que contienen los lisosomas (hidrolasas ácidas) se forman en el retículo endoplasmático rugoso y pasan al aparato de Golgi, donde se activan y se concentran.
- c) Los lisosomas realizan la digestión de materia orgánica.
- d) Un lisosoma primario es una vesícula globular que solo posee en su interior enzimas digestivas. Por el contrario, un lisosoma secundario resulta de la unión de un lisosoma primario con una vesícula endocítica, que contiene materia orgánica en vía de digestión.
39. a) Fotosistema: es la unidad de captación de la luz en el cloroplasto.
- Tilacoides: son sáculos membranosos presentes en los cloroplastos que se asocian formando los grana.
- Estroma: es el medio interno o matriz del cloroplasto.
- b) Todos los términos se asocian con el proceso de la fotosíntesis cuya finalidad es la síntesis de moléculas orgánicas.
- c) La síntesis de ATP se produce en los tilacoides por fosforilación mediante ATP-sintetasas. En las membranas de los tilacoides se ubican los sistemas enzimáticos encargados de captar la energía luminosa, efectuar el transporte de electrones y formar ATP gracias a un gradiente quimiosmótico a ambos lados de la membrana del tilacoide.
40. a) 1. ADN mitocondrial. 2. Matriz mitocondrial. 3. Cresta mitocondrial. 4. Mitorribosomas. 5. Membrana mitocondrial interna. 6. Membrana mitocondrial externa. 7. Espacio intermembranoso. 8. ATP-sintetasa. 9. Complejos de la cadena respiratoria.
- b) 2. Ciclo de Krebs.

4. Síntesis de proteínas mitocondriales.

8. Fosforilación oxidativa.

9. Cadena respiratoria.

- c) No, el oxígeno presente en el CO_2 producido en las mitocondrias no es el mismo que el que consumen durante la cadena respiratoria.

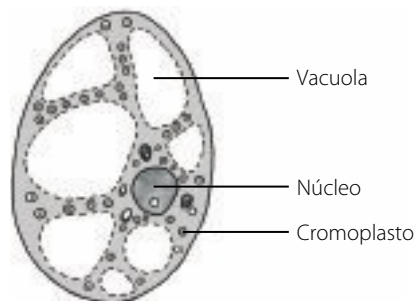
En la membrana interna de las mitocondrias se junta el hidrógeno procedente de la materia orgánica con el oxígeno y se libera energía que queda almacenada en moléculas de ATP, gracias a las enzimas ATP-sintetasas.

41. a) Un cloroplasto.
- b) Las células eucariotas vegetales.
- c) 1. Membrana plastidial externa. 2. Estroma. 3. Gránulo o grana. 4. Tilacoide.
- d) En el estroma del cloroplasto se lleva a cabo la fase independiente de la luz o fase oscura de la fotosíntesis y en ella se captan moléculas de CO_2 del aire a las que se añaden los hidrógenos obtenidos en la fase luminosa, gracias a la energía de los ATP, generándose así la materia orgánica.
- En el estroma también se realiza la replicación del ADN y la biosíntesis de proteínas, en la que intervienen los plastorribosomas.
- En las membranas de los tilacoides se ubican los sistemas enzimáticos encargados de captar la energía luminosa, efectuar el transporte de electrones y formar ATP.

LABORATORIO

- En los filamentos de la alga se distingue un núcleo central y largos cloroplastos con el borde dentado y aspecto helicoidal.
 - Las células de *Elodea* presentan la típica forma poligonal de las células vegetales.
- Se distinguen cloroplastos.
- Los orgánulos se mueven debido a corrientes citoplasmáticas. Dicho proceso se denomina ciclosis.
- En el citoplasma se perciben una serie de gránulos rojizo-anaranjados, de forma ovoide o esférica que son los cromoplastos. También se observa el núcleo redondeado, la presencia de gránulos de almidón de forma arriñonada y en las células menos alteradas por la compresión se ven grandes vacuolas incolores.

Dibujo de la muestra observada por el alumno:



El pigmento responsable del color rojo del tomate es el licopeno.

- El color del tomate, verde al principio y rojo cuando madura, se debe a una sustitución de clorofila en los cromoplastos de las células por carotenos.

En el tomate verde se observan cloroplastos, de color verde, responsables de la fotosíntesis.

5. Se observan amiloplastos con diferentes formas. Dichos orgánulos están formados por capas que rodean una zona central (denominada hilio), que puede ocupar el centro del plasto o estar lateralizado.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. La membrana plasmática es una delgada lámina que envuelve completamente a la célula y la separa del medio externo. En la actualidad, el modelo que explica la estructura de la membrana plasmática es el modelo del mosaico fluido, propuesto por Singer y Nicholson en 1972, dada la facilidad de todas las moléculas que la constituyen de moverse lateralmente. Según este modelo, la membrana está formada por una doble capa de lípidos (fosfolípidos) a la que están adosadas proteínas, que pueden situarse a ambas caras de la superficie de dicha membrana o incrustadas en la misma (proteínas transmembrana). Los fosfolípidos se disponen en la bicapa con las zonas hidrófilas hacia fuera, mientras que las zonas hidrófobas quedan enfrentadas hacia el interior.

En la cara externa de la membrana aparece el glucocálix, constituido por el conjunto de cadenas de oligosacáridos pertenecientes a los glucolípidos y a las glicoproteínas de la membrana celular.

La membrana plasmática es una estructura asimétrica en la que los glucolípidos y las glucoproteínas solo aparecen en la cara externa. Asimismo, las proteínas de la membrana se distribuyen de forma heterogénea, ya que algunas solo se disponen en la superficie externa, mientras que otras son específicas de la cara interna.

Otro lípido que aparece en las membranas es el colesterol, que se fija al resto de los componentes lipídicos, disminuyendo la fluidez de las membranas. También impide que los lípidos de la membrana se unan entre sí, lo que produciría la ruptura de la bicapa.

2. La fluidez de la membrana se debe a los lípidos, gracias a la tendencia que tienen a girar sobre sí mismos y desplazarse lateralmente por su monocapa. Dicha fluidez permite a la célula adaptarse a las condiciones variables del medio. La fluidez depende de factores como:
 - **Temperatura.** Al aumentar la temperatura aumenta la fluidez.
 - **Naturaleza de los lípidos.** Los lípidos de cadena corta y con insaturaciones aumentan la fluidez.
 - **La presencia de colesterol** en la membrana. El colesterol reduce la fluidez y permeabilidad.
3. a) La figura representa la bomba de sodio-potasio (Na^+ - K^+). La imagen representa el desplazamiento de iones en contra de gradiente de concentración mediante un transporte activo y, por tanto, con gasto energético: con la hidrólisis de una molécula de ATP se transportan 3 iones de Na^+ hacia el exterior celular y 2 iones de K^+ hacia el interior celular.
- b) En una célula en la que se inhibe mediante cianuro la síntesis de ATP en la cadena respiratoria no se permite el transporte activo (que consume energía), por lo cual las diferencias de concentración de los iones intracelulares y extracelulares tenderán a igualarse, de forma que los solutos se desplazarán desde el compartimento donde están

más concentrados hacia el compartimento donde se encuentran en menor concentración.

Así, el Na^+ tenderá a entrar a la célula donde se encuentra en concentración menor, mientras que el K^+ tenderá a salir de la célula.

Como ahora se desplazan a favor de gradiente de concentración (y de carga), el transporte será pasivo, espontáneo y sin consumo energético; pero dado que presentan carga, no se pueden mover libremente por la bicapa lipídica; en consecuencia, la atraviesan gracias a proteínas transportadores en un proceso denominado difusión facilitada.

4. En las células animales podemos distinguir las siguientes estructuras que permiten la comunicación directa entre células:
 - **Desmosomas o uniones adherentes:** uniones puntuales que dejan un gran espacio intercelular. Permiten unir células, pero sin impedir el paso de sustancias por el espacio intercelular. Estas uniones presentan estructuras proteicas de forma discoidal denominadas placas, de donde parten proteínas transmembranas que se unen fuertemente a proteínas procedentes de una placa de la célula contigua. El desmosoma se halla unido al citoesqueleto por una red de filamentos de queratina. Se localizan en tejidos sometidos a fuertes tensiones mecánicas, como el músculo cardíaco, el epitelio cutáneo o el cuello del útero.
 - **Uniones estrechas, herméticas o impermeables:** uniones que no dejan espacio intercelular. Se forman de moléculas proteicas transmembranas que se disponen formando hileras que sueldan (cosen) a las membranas plasmáticas entre sí. No permiten el paso de sustancias a través del espacio intercelular. Aparecen en los tejidos epiteliales.
 - **Uniones en hendidura tipo gag:** uniones que dejan un pequeño espacio intercelular (hendidura). Están constituidas por dos conexones (un fino tubo constituido por seis proteínas transmembranas que atraviesan la membrana plasmática y se unen a otra conexón de la célula contigua). Son uniones de comunicación, ya que además de unir células contiguas, ponen en contacto sus citoplasmas permitiendo el intercambio de moléculas. Se encuentran uniendo células del tejido muscular cardíaco o en las células musculares lisas que constituyen el miometrio del útero.

En las células vegetales se producen los plasmodesmos, que son unos puentes de comunicación citoplasmáticos entre dos células hijas. Se constituyen cuando se forma la lámina media.

5. a) Los lisosomas son vesículas procedentes del aparato de Golgi, que contienen enzimas digestivas (hidrolasas ácidas).
- b) Las enzimas digestivas que contienen los lisosomas (hidrolasas ácidas) se forman en el retículo endoplasmático rugoso, pasan al aparato de Golgi, donde se activan y se concentran.
- c) Los lisosomas realizan la digestión de materia orgánica.
- d) Un lisosoma primario es una vesícula globular que solo posee en su interior enzimas digestivas. Por el contrario, un lisosoma secundario resulta de la unión de un lisosoma primario con una vesícula endocítica, que contiene materia orgánica en vía de digestión.
6. Sáculos del RER → vesículas de transición → Sáculos de la cara *cis* del dictiosoma → vesículas intercisternas → cisternas de la

cara *trans* del dictiosoma → vesículas de transición → membrana celular.

En el REr se sintetizan las proteínas, que pasan al interior de las cavidades. Las proteínas originadas salen por gemación de las membranas del retículo, a través de vesículas de transición. Dichas vesículas se incorporan a las cisternas de la cara *cis* del aparato de Golgi. Las proteínas emigran hacia la cara *trans* del aparato de Golgi, desde donde pasan a las vesículas de secreción, formadas por gemación de las cisternas. Las vesículas de secreción pueden pasar a formar parte de la membrana plasmática, adosándose a ella y verter su contenido al exterior por exocitosis. Las membranas de secreción se fusionan así con la membrana plasmática, contribuyendo a su renovación.

7. Entre las funciones que se llevan a cabo en el REI destacan:
- **Síntesis de lípidos.** En el REI se lleva a cabo la síntesis de casi todos los lípidos de la célula, excepto ácidos grasos que se sintetizan en el citosol. Los lípidos sintetizados son transportados hacia otros sistemas membranosos en pequeñas vesículas.
 - **Detoxificación.** En el REI se metabolizan sustancias tóxicas (medicamentos, drogas, insecticidas, conservantes, etc.), y son convertidas en productos eliminables por las células. Este proceso se lleva a cabo principalmente en el hígado.
 - **Contracción muscular.** El REI interviene en la contracción del impulso nervioso para la contracción del músculo estriado (donde se denomina retículo sarcoplásmico). Su función en dicha célula es acumular iones calcio en su interior y liberarlos en respuesta a estímulos nerviosos, provocando así la contracción muscular.
8. a) Una mitocondria.
b) 1: ADN mitocondrial.
2: ATP-sintetasa.
3: Matriz mitocondrial.
4: Inclusiones.
5: Mitorribosomas.
6: Membrana externa.
7: Membrana interna.
8: Crestas mitocondriales.
9: Espacio intermembranoso.
c) La principal función de las mitocondrias es realizar la **respiración mitocondrial**, que consiste en la combinación de la materia orgánica con el oxígeno para obtener energía por medio de la oxidación.

En la respiración mitocondrial se distinguen dos etapas:

- **Ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico.** Es la etapa inicial y se realiza en la matriz mitocondrial. En este proceso se desprende CO₂.
- **Cadena respiratoria.** Es la etapa final. Se produce en la membrana interna, donde se juntan los hidrógenos procedentes de la materia orgánica con el oxígeno y se libera energía, que queda almacenada en moléculas de ATP, gracias a las enzimas ATP-sintetasas.

Además, en la matriz mitocondrial se llevan a cabo otras vías metabólicas importantes, entre las cuales destacan:

- **β-oxidación de ácidos grasos.**
- **Fosforilación oxidativa.**
- **Duplicación del ADN mitocondrial.**

- **Concentración de sustancias en la cámara interna**, tales como proteínas, lípidos, colorantes, hierro, fosfatos y partículas semejantes a los virus.

- d) En células eucariotas, tanto animales como vegetales.
e) 2: ATP-sintetasa. Complejos enzimáticos donde tiene lugar la síntesis de ATP.
3: Matriz mitocondrial. En ella se llevan a cabo procesos como:
- El ciclo de Krebs.
 - La β-oxidación de los ácidos grasos.
 - La biosíntesis de proteínas en los ribosomas mitocondriales.
 - La duplicación del ADN mitocondrial.

9. Las principales diferencias entre mitocondrias y cloroplastos son:

- **Localización.** Los cloroplastos son exclusivos de las células eucariotas vegetales, mientras que las mitocondrias se encuentran tanto en animales como en vegetales.
- **Tamaño.** Los cloroplastos son de mayor tamaño.
- **Estructura.** El cloroplasto tiene tres membranas diferentes y por tanto tres compartimentos internos separados, mientras que las mitocondrias solo poseen dos membranas y dos compartimentos.
- **Función.** La función de las mitocondrias es la respiración celular, y la del cloroplasto, la fotosíntesis.
- Los cloroplastos poseen **pigmentos** necesarios para llevar a cabo la fotosíntesis.
- Las mitocondrias proceden de primitivas **bacterias aeróbicas**, y los cloroplastos, de primitivas **cianobacterias**.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. La membrana plasmática es asimétrica, ya que la distribución de sus componentes: lípidos, proteínas y glúcidos, no es la misma a ambos lados (cara externa y cara interna).
2. a) El dibujo representa la estructura de la membrana plasmática.
b) Modelo del mosaico fluido (Singer y Nicholson, 1972).
c) 1: Proteína periférica.
2: Proteína integral.
3: Proteína transmembranosa.
4: Bicapa lipídica.
5: Glucolípido.
6: Glucoproteína.
7: Glucocálix.
8: Fosfolípidos.
9: Colesterol.
3. 1-d; 2-e; 3-b; 4-a; 5-c.
- 1-d. La pinocitosis es un tipo de endocitosis en el cual se incorporan por las invaginaciones de la membrana pequeñas gotas de líquido al interior celular.
- 2-e. El oxígeno es una molécula gaseosa sin carga que difunde libremente a través de la membrana lipídica.
- 3-b. El potasio, para entrar a la célula, necesita un transporte activo, puesto que deberá desplazarse en contra de gradiente electroquímico.
- 4-a. La glucosa es una molécula polar sin carga de medida grande, el movimiento de entrada a la célula es a favor de

gradiente, por tanto, el mecanismo de transporte es el de difusión facilitada.

5-c. Las partículas sólidas de medida grande son capturadas por las células por fagocitosis, un tipo de endocitosis en el cual la membrana celular se invagina, rodea y posteriormente introduce la partícula al citoplasma.

4. La bacteria, dada su medida (de uno a dos micrómetros), penetrará por fagocitosis a la célula, mientras que la glucosa, que es un azúcar, penetrará por difusión facilitada.

Difusión facilitada: tipo de transporte pasivo (sin gasto energético), a favor de gradiente de concentración electroquímica, que permite el paso de moléculas polares o con carga a través de la membrana, con la participación de las proteínas transportadores de membrana. Podemos citar moléculas como, por ejemplo: iones, azúcares, aminoácidos, y muchos metabolitos celulares.

La fagocitosis es un tipo de transporte mediante el cual la célula ingiere partículas de medida muy grande, como por ejemplo microorganismos y restos celulares (hasta unas micras), mediante la invaginación de la membrana plasmática hasta formar una vesícula intracelular.

5. a) **Desmosomas.** Son uniones de adherencia entre las células que constituyen un tejido. Unen células, pero sin impedir el paso de sustancias por el espacio intercelular. Estas uniones presentan dos estructuras discoidales, llamadas placas, una en cada célula, unidas por proteínas transmembranas.

Cada placa se encuentra unida al citoesqueleto por una red de filamentos de queratina. Se encuentran principalmente entre las células de los tejidos epiteliales.

Se diferencian varios tipos según la superficie de contacto que presenten:

- **Desmosomas en banda.** Forman una franja continua alrededor de las células.
- **Desmosomas puntuales.** Forman puntos de contacto entre las células vecinas. Dejan un gran espacio intercelular, de unos 200 Å.
- **Hemidesmosomas.** Unen la superficie basal de las células epiteliales con las del tejido conjuntivo subyacente.

- b) Son uniones que no dejan espacio intercelular, pero sí dejan un pequeño espacio de comunicación entre los citoplasmas de las dos células por medio de canales proteicos y, por tanto, permiten el intercambio de moléculas entre ellas.

Están constituidas por dos conexiones. Cada conexión consta de un tubo fino formado por seis proteínas transmembranas que atraviesan la membrana plasmática y se unen a otra conexión de la célula contigua.

Este tipo de unión interviene en la transmisión del impulso eléctrico entre las neuronas. En las células vegetales también se producen diferenciaciones de la membrana plasmática que junto con la pared celular forman estructuras que permiten la comunicación y el intercambio entre las células como los plasmodesmos y las punteaduras.

6. El REI o agranular carece de ribosomas adheridos a sus membranas, mientras que el RER lleva adheridos ribosomas en su cara externa. Además, cada tipo de retículo desempeña funciones diferentes. Así, en el RER se lleva a cabo la síntesis de proteínas y la glucosidación, mientras que en el REI se realiza la síntesis de lípidos y la detoxificación de sustancias tóxicas.

7. a)

Nombre	Orgánulo	Función
1	Retículo endoplasmático rugoso	Síntesis de proteínas, participación en los procesos de secreción.
2	Ribosomas	Síntesis de proteínas.
3	Aparato de Golgi (dictiosoma)	Maduración de las proteínas, síntesis de glicolípidos, participación en los procesos de secreción.
4	Mitocondrias	Procesos relacionados con el metabolismo energético aeróbico (oxidación de ácidos grasos, ciclo de Krebs, cadena respiratoria).

- b) El proceso que puede observarse es la secreción, más exactamente la salida al medio extracelular del contenido de las vesículas de secreción. La secreción es un proceso característico de varios tipos celulares, especialmente en los que constituyen los tejidos glandulares, además de linfocitos que segregan anticuerpos, células secretoras de insulina, células secretoras de enzimas digestivas, etc.

8. a) Un cloroplasto.

- b) 1: Espacio intermembrana.
2: Tilacoides.
3: Membrana externa.
4: Ribosomas.
5: Grana.
6: Estroma.
7: Membrana de los tilacoides.
8: Tilacoides del estroma.
9: Membrana interna.
10: ADN plastidial.

- c) La principal actividad de los cloroplastos es la realización de la fotosíntesis, en la que la materia inorgánica es transformada en materia orgánica (fase luminica) utilizando la energía bioquímica (ATP) obtenida a partir de la energía solar; mediante pigmentos fotosintéticos y la cadena transportadora de electrones de los tilacoides (fase oscura).

- d) En células eucariotas vegetales.

AMPLIACIÓN

1. Porque como el medio externo y el interno son acuosos las sustancias químicas ideales para mantener ambos medios aislados son los lípidos, ya que son inmiscibles en agua.

Además, contiene proteínas porque como la célula debe dejar entrar sustancias alimenticias y necesita poder seleccionar dichas moléculas, ha de disponer de moléculas capaces de ejercer esa función y ello solo lo pueden realizar las proteínas, ya que como hay muchos tipos diferentes sí son capaces de llevar a cabo una selección específica.

2. Si la membrana no aislara la célula del exterior, cualquier cambio en el medio externo provocaría un cambio en el medio interno y la célula no podría controlar su metabolismo.

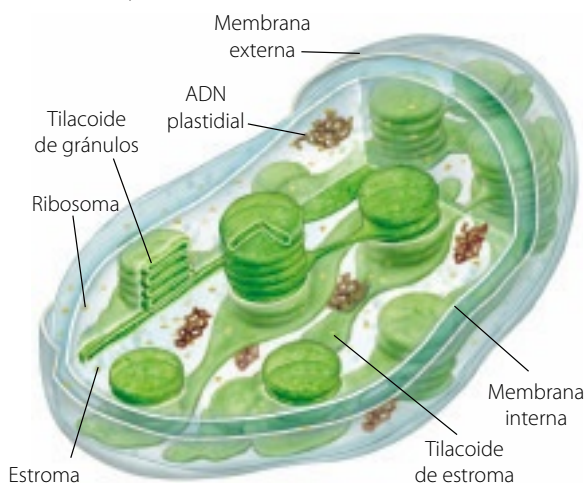
3. a) El lugol reconoce el almidón, un polisacárido con función de reserva en los vegetales. Estructuralmente está constituido por una mezcla de dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina.

- **Amilosa.** Está formada por un polímero de maltosas unidas mediante enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$. Tiene una estructura helicoidal con seis moléculas de glucosa (tres maltosas) por vuelta. Puede llegar a tener unas 300 glucosas, es decir, a alcanzar un peso molecular de 50 000 daltons. Con el agua da lugar a dispersiones coloidales. Con el yodo se tiñe de color azul muy oscuro. Por hidrólisis con ácidos o por la acción de las enzimas amilasas da lugar primero a un polisacárido más pequeño, denominado dextrina, y después a maltosas. Estas, debido a la acción de la enzima maltasa, pasan a D-glucosas.

- **Amilopectina.** Está constituida por un polímero de maltosas unidas mediante enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$, con ramificaciones en posición $\alpha(1 \rightarrow 6)$. Las ramas tienen alrededor de doce glucosas, unidas mediante enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$, y aparecen, aproximadamente, cada 25 a 30 glucosas. Así pues, la amilopectina no presenta una estructura lineal sino ramificada. Puede tener hasta unas 3 000 glucosas y, por tanto, puede alcanzar un peso molecular de unos 500 000 daltons. Es muy poco dispersable en agua. Con el yodo se tiñe de azul violeta. Por hidrólisis con ácidos o por la acción de las enzimas amilasas da lugar a moléculas de maltosa y a los núcleos de ramificación que, como poseen enlaces $\alpha(1 \rightarrow 6)$ son inatacables por estas enzimas. Estos núcleos reciben el nombre de dextrinas límite y solo pueden ser degradados por la enzima R-desramificante. Después, por la acción de la enzima maltasa, se obtienen glucosas libres.

- b) En la parte iluminada de la hoja se desencadena la fase fotoquímica o lumínica de la fotosíntesis. Gracias a la fase lumínica se obtiene ATP y NADPH, productos necesarios para sintetizar glucosa y posteriormente almidón en la fase oscura o biosintética, con la producción de almidón, que reaccionará con el lugol y se teñirá. En ausencia de luz no se realiza la fase lumínica y no se obtienen las moléculas de NADPH y ATP. Sin estas moléculas no se puede desarrollar el ciclo de Calvin, en el cual se fija el carbono a partir del CO_2 con la utilización de la ATP y la NADPH procedente de la fase lumínica, por lo que no será posible la biosíntesis de glucosa y almidón, y no se teñirá la hoja en presencia de lugol.

- c) El cloroplasto.



4. **Difusión simple:** O_2 , CO_2 , hormonas esteroideas, agua, etanol, glicerol y urea.

Difusión facilitada:

- **Mediante proteínas transportadoras o permeadas:** aminoácido, metabolito celular.
- **Mediante proteínas en canal:** ion Na^+ (a favor de gradiente).

Transporte activo: ion Na^+ (en contra de gradiente).

Endocitosis (fagocitosis): bacteria, virus y resto de mitocondria.

5. Los cloroplastos poseen en común con el núcleo las siguientes características:

- Presencia de doble membrana (externa e interna), con un espacio intermembranas entre ellas.
- Ambos orgánulos contienen en su interior moléculas de ADN.

6. El pH del lisosoma se logra mantener gracias a la presencia de la bomba de protones en su membrana. Para ello utiliza la energía del ATP que bombea protones desde el citosol hacia el interior del lisosoma.

7. La fluidez es importante para el funcionamiento de la membrana plasmática. Por ejemplo, cuando desciende la temperatura, aumenta la viscosidad de la membrana, lo que puede provocar que se detengan numerosos procesos enzimáticos y de transporte de sustancias.

Para evitarlo, la célula puede modificar la composición lipídica de la membrana aumentando la síntesis de ácidos grasos insaturados y de cadena corta, con lo que se favorece la fluidez de la membrana.

8. Los peroxisomas son vesículas membranosas, que contienen enzimas oxidasas, que utilizan el oxígeno para oxidar diferentes sustancias.

9. En los vegetales, las vacuolas se parecen a los lisosomas de las células animales en que sirven como compartimentos de degradación, por lo que contienen diferentes enzimas hidrolíticas.

10. Los orgánulos que tienen un origen endosimbiótico son: peroxisomas, mitocondrias y cloroplastos.

Hace unos 1 500 millones de años aparecieron las células eucariotas. Lynn Margulis, en su teoría endosimbiótica, propone que se originaron a partir de una primitiva urcariota (que actuó como huésped), que englobó a otras células procariotas (futuros peroxisomas, cloroplastos y mitocondrias), estableciéndose entre ellas una relación de simbiosis.

Los pasos que se dieron fueron:

1. La primitiva urcariota perdió su pared celular y aumentó de tamaño.
2. Dicha célula replegó su membrana y pudo englobar (engulló) en su interior alguna primitiva arquea, que formó parte del núcleo eucariota.
3. A continuación englobó bacterias aerobias, precursoras de mitocondrias y peroxisomas, y bacterias fotosintéticas (cianobacterias), precursoras de cloroplastos. Estas bacterias sobrevivieron en simbiosis con la célula captadora hasta depender de ella.

Se trataría de una endosimbiosis altamente ventajosa para los organismos implicados, ya que todos ellos habrían adquirido particularidades metabólicas que no poseían por sí mismos separadamente, ventaja que sería seleccionada en el transcurso de la evolución.

11. En la actualidad se acepta que el antepasado común de todas las células fue una forma primitiva que se ha dado en denominar progenote o protobionte. Esta forma viviente primitiva sería una estructura muy simple, que tendría unos procesos genéticos rudimentarios. De él, por evolución, se originaron tres tipos de células procariotas: las urcariotas, las arqueobacterias y las eubacterias.

12. Ambos orgánulos poseen doble membrana, ADN de doble cadena y circular, ribosomas 70 S y son propios de células eucariotas.

13. Según la teoría endosimbiótica propuesta por Lynn Margulis, las mitocondrias, al igual que los cloroplastos y otras estructuras celulares (como los flagelos), son descendientes de bacterias (organismos procariotas) que fueron incorporadas (endocitadas) por otras células de mayor tamaño que sirvieron de huésped (llamadas urcariota) y vivían anaeróbicamente, estableciéndose entre ambas una relación de simbiosis. Concretamente, las bacterias son descendientes de primitivas bacterias aerobias.

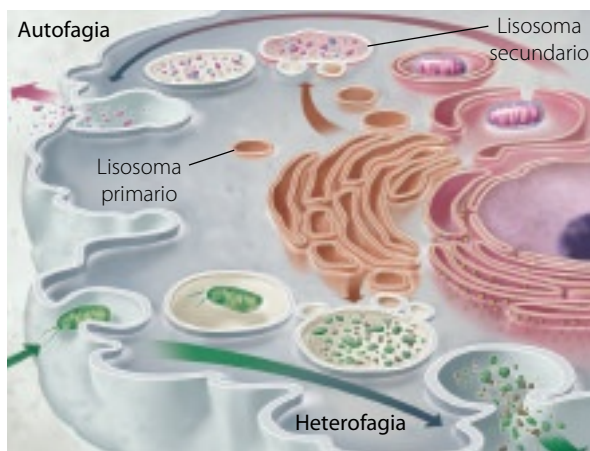
La teoría se apoya en diferentes pruebas, como: las mitocondrias y los cloroplastos poseen su propio ADN, de doble cadena y circular como el de las bacterias, además de ribosomas 70 S similares a los que podemos encontrar en las células de las bacterias y diferentes tipos de ARN, por lo que son capaces de sintetizar proteínas. Así, el ADN y ARN pueden duplicarse y sintetizarse independientemente del ADN nuclear. Por otro lado, mitocondrias y cloroplastos son similares en tamaño a las bacterias, y como ellas, se dividen por bipartición, por lo que son capaces de transmitir información genética. Sin embargo, tanto las mitocondrias como los cloroplastos son semiautónomos, por lo que necesitan de la célula eucariota en la que viven para llevar a cabo determinados procesos. Aunque el contenido en ADN de mitocondrias y cloroplastos es inferior al que poseen actualmente las bacterias, se piensa que dichos orgánulos perdieron parte de su genoma en las primeras fases de la evolución, produciéndose una transferencia desde el ADN del orgánulo hacia el ADN nuclear.

14. Las microvellosidades aumentan mucho la superficie, por lo que permiten aumentar la capacidad de absorción de sustancias externas. Por ello las células del epitelio intestinal presentan microvellosidades.

15. Si no hubiera un citoesqueleto, los orgánulos se moverían a la deriva y podrían quedar alejados del lugar donde son necesarios.

REFUERZO

1. El proceso al que hace referencia es la digestión celular, denominado heterofagia. En este proceso las células ingieren sustancias del medio externo por endocitosis (también pinocitosis o fagocitosis, originando una vesícula llamada endosoma o fagosoma. Los lisosomas primarios son vesículas que provienen del aparato de Golgi y que contienen enzimas hidrolíticas, estas se fusionan con los fagosomas, originando los lisosomas secundarios. En los lisosomas secundarios las enzimas digieren el contenido del fagosoma, transformándolo en moléculas más sencillas, las cuales pasarán al citoplasma celular, donde serán utilizadas. Los residuos digestivos no aprovechables por la célula se acumulan en el cuerpo residual de la digestión, que finalmente es expulsado de la célula por exocitosis.



2. a) Falsa. La difusión se realiza a favor de gradiente, sin consumo energético y, por tanto, no es un mecanismo de transporte activo.
- b) Verdadera.
- c) Falsa. Las células vegetales no tienen centriolos.
- d) Falsa. Los cromosomas constituyen un empaquetamiento de la cromatina nuclear que se observa durante la división celular, pero no en la interfase del ciclo.
- e) Falsa. Las células vegetales disponen de cloroplastos para realizar la fotosíntesis y de mitocondrias por llevar a término la respiración celular.

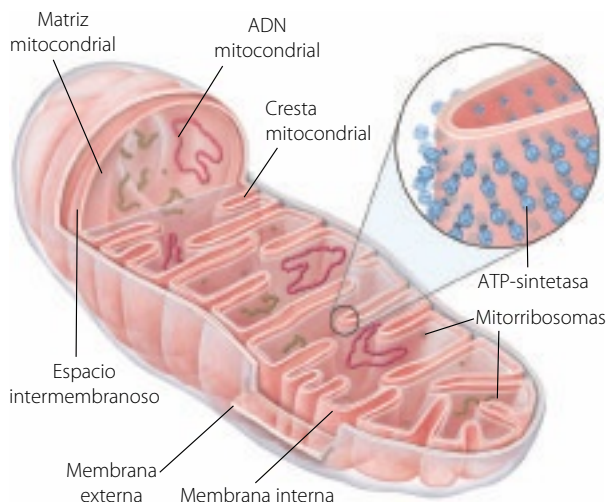
3. Los principales componentes de las membranas celulares son:

- **Lípidos** (52,5%). Entre ellos encontramos: fosfolípidos, glucolípidos y esteroides, entre los que está el colesterol.
- **Proteínas** (40%). Según su disposición en la membrana, se pueden clasificar en dos tipos:
 - i. **Proteínas integrales o intrínsecas o transmembranas.** Se encuentran inmersas en la bicapa lipídica.
 - ii. **Proteínas periféricas o extrínsecas.** Se sitúan adosadas a la membrana, tanto la exterior como la interior.
- **Glúcidos** (8,5%). Destacan los oligosacáridos, formando glucoproteínas o glucolípidos. Constituyen la cubierta extracelular o glucocálix.

4. De fuera a dentro, las mitocondrias constan de:

- **Membrana mitocondrial externa:** limita por completo a la mitocondria. Posee un gran número de proteínas transmembrana que actúan como canales de penetración. Es permeable debido a la presencia de proteínas porinas, que forman canales en la membrana, a través de los cuales pasan moléculas de gran tamaño.
- **Membrana mitocondrial interna:** presenta numerosas invaginaciones, denominadas crestas mitocondriales, que incrementan su superficie. Es bastante impermeable y carece de colesterol. En ella se localizan las cadenas de transporte electrónico y los complejos formadores de ATP (fosforilación oxidativa), las ATP-sintetasas. Las ATP-sintetasas constan de tres partes: una base hidrófoba, que se ancla en la membrana, un pedúnculo o región Fo y una esfera o región F1, que es donde se catalizan las reacciones de síntesis de ATP.
- **Espacio intermembranas:** se sitúa entre la membrana externa y la interna. Contiene una matriz de composición parecida al citoplasma.

- **Matriz mitocondrial:** medio interno que contiene ADN mitocondrial circular de doble cadena, ribosomas 70 S (semejantes a los de las bacterias), enzimas metabólicas y que intervienen en la duplicación del ADN mitocondrial y síntesis de proteínas, así como ARN y diferentes iones.



5. Tanto la difusión simple como la difusión facilitada son dos mecanismos de transporte pasivo, que se efectúan a favor de gradiente, lo que no implica gasto de energía. La difusión simple implica el paso de moléculas pequeñas, solubles, a través de la membrana, como etanol, O_2 , CO_2 , urea, etc. La difusión de agua se realiza a través del proceso de ósmosis. Así mismo, mediante difusión simple determinadas moléculas pasan a través de canales proteicos dispuestos en la membrana. Por el contrario, la difusión facilitada permite el transporte de moléculas polares (aminoácidos, glucosa, etc.). Dicho transporte es llevado a cabo por proteínas transmembrana específicas (proteínas transportadoras o permeasas). Estas proteínas se unen a la molécula que van a transportar y sufren un cambio de conformación que arrastra a dicha molécula hacia el interior de la célula.

6. El aparato de Golgi forma parte del sistema membranoso interno celular. Fue descubierto por C. Golgi en 1898 mediante impregnación en plata. Se encuentra más desarrollado cuanto mayor es la actividad celular.

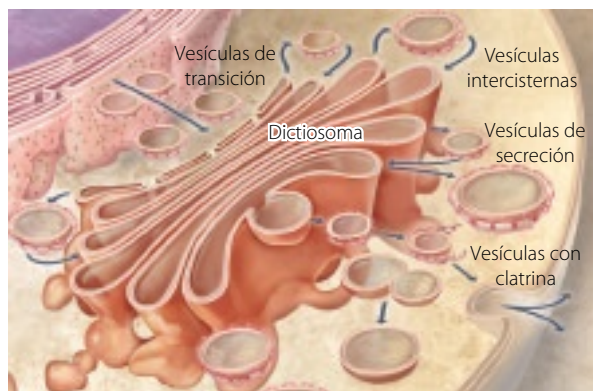
La unidad básica del orgánulo es el sáculo, que consiste en una vesícula o cisterna aplanada. La acumulación en paralelo de cuatro a ocho sáculos forma un dictiosoma. Además, a ambos lados y entre los sáculos se observan diversas vesículas. El conjunto de todos los dictiosomas y vesículas constituye el aparato de Golgi. Suele situarse próximo al núcleo y en las células animales, rodeando a los centriolos. Suele existir continuidad con otros componentes del sistema membranoso celular, como el retículo endoplasmático.

Los dictiosomas presentan polaridad; es decir, tienen dos caras con distinta estructura y función.

La cara *cis* o de formación, más próxima al núcleo y al retículo endoplasmático rugoso, generalmente convexa, constituida por sáculos de menor diámetro y de membrana más fina. Esta cara recibe vesículas de transición procedentes de la envoltura nuclear y del retículo endoplasmático, que alimentan al aparato de Golgi.

La cara de maduración o *trans*, próxima a la membrana plasmática, generalmente cóncava y caracterizada por presentar cisternas de gran tamaño, de membrana más gruesa y de aspecto reticular. A partir de estas cisternas se originan vesículas

de secreción, de mayor diámetro que las de transición, que pueden actuar como lisosomas si contienen enzimas digestivas o dirigirse hacia la membrana plasmática, donde pueden verter su contenido al medio externo (exocitosis), además de soldarse a ella, con lo que contribuyendo a su renovación.



7. a)

1	Retículo endoplasmático rugoso
2	Mitocondria
3	Poros de la membrana nuclear
4	Membrana nuclear
5	Membrana celular o plasmática
6	Vesícula de secreción
7	Ribosomas
8	Dictiosoma (aparato de Golgi)
9	Vesículas de transición
10	Nucleolo

- b) El dibujo ilustra el proceso de la secreción. Las proteínas sintetizadas en el interior de la célula son transferidas al medio extracelular. En este proceso intervienen los ribosomas adheridos a la membrana del retículo endoplasmático. Los ribosomas sintetizan proteínas, que penetran en las cavidades del retículo endoplasmático. Las proteínas, a través de las vesículas de secreción, llegan al complejo de Golgi. De los sacos que integran los dictiosomas se desprenden las vesículas de secreción que se dirigen hacia la membrana celular. Tras fusionarse, expulsan su contenido al medio extracelular.

- c) El núcleo es portador de la información genética que dirige la síntesis de las proteínas que se sintetizan en el citoplasma y que son secretadas al exterior de la célula.

- d) Las células secretoras son propias del tejido glandular. En esta línea, la célula representada podría formar parte de cualquier glándula (es indiferente si se trata de una glándula de secreción interna o externa).

8. **Semejanzas:** tanto la fagocitosis como la pinocitosis son mecanismos de transporte de macromoléculas y de partículas hacia el interior celular. En ambos, las sustancias que van a ser ingeridas son englobadas en invaginaciones de la membrana plasmática que acaban cerrándose y formando vesículas intracelulares, que contienen el material ingerido.

Diferencias: ambos procesos se diferencian por el tamaño de las partículas endocitadas. En la fagocitosis, el material ingerido son partículas muy grandes, como microorganismos o restos celulares. Por el contrario, en la pinocitosis el material ingerido es líquido o está en forma de pequeñas partículas.

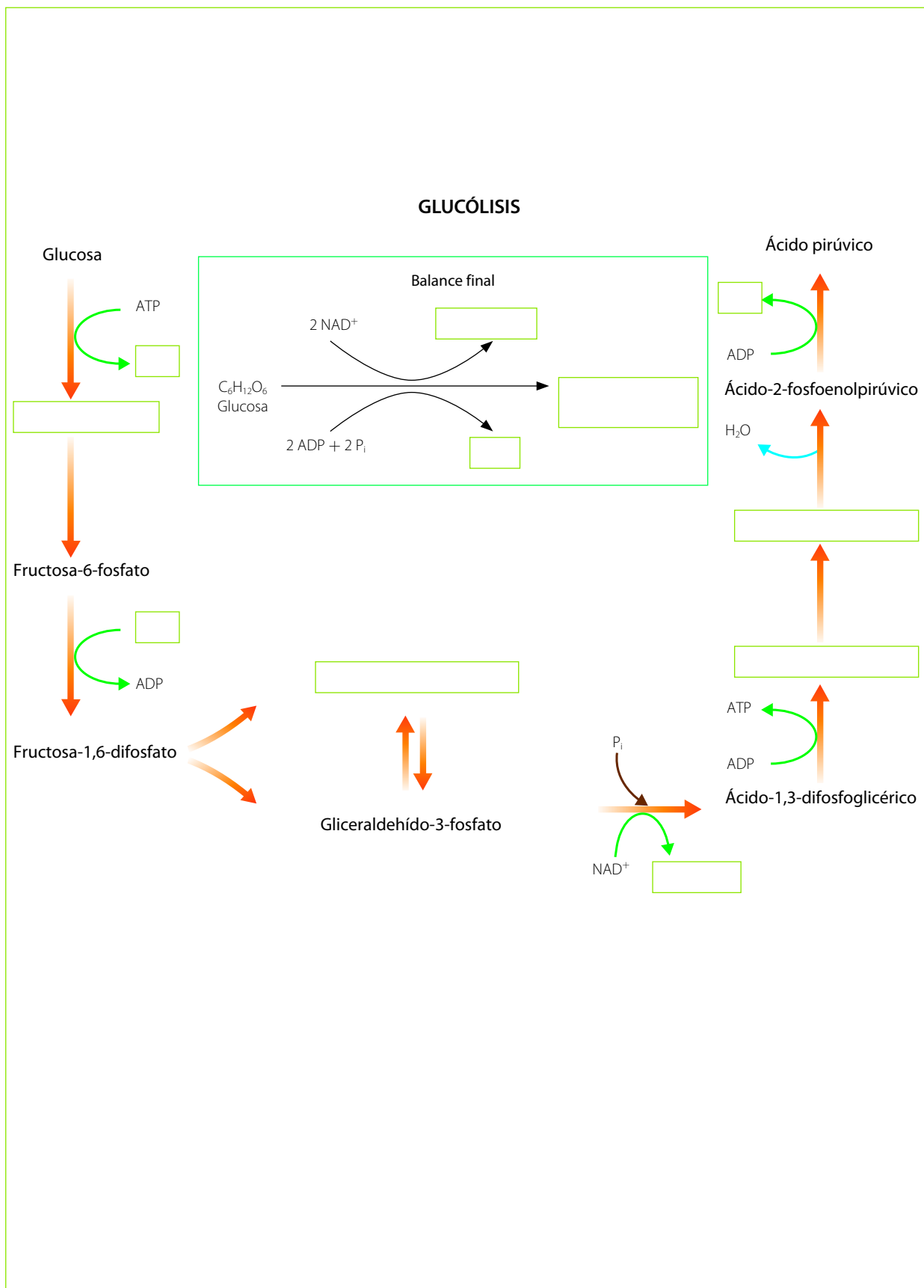
OBJETIVOS

1. Entender el concepto de metabolismo y sus tipos, diferenciando entre catabolismo y anabolismo.
2. Explicar el concepto de enzima y describir el papel que desempeñan los cofactores y coenzimas en su actividad.
3. Reconocer que la velocidad de una reacción enzimática es función de la cantidad de enzima y de la concentración de sustrato, e identificar diferentes factores que afectan a la actividad enzimática.
4. Definir y localizar celularmente la glucólisis, el ciclo de Krebs, la cadena de transporte electrónico y la fosforilación oxidativa, e indicar los sustratos iniciales y productos finales.
5. Entender el interés industrial de las fermentaciones, comparando las vías anaerobias y aerobias en relación con la rentabilidad energética y los productos finales.
6. Localizar celularmente y describir las principales etapas del catabolismo de lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

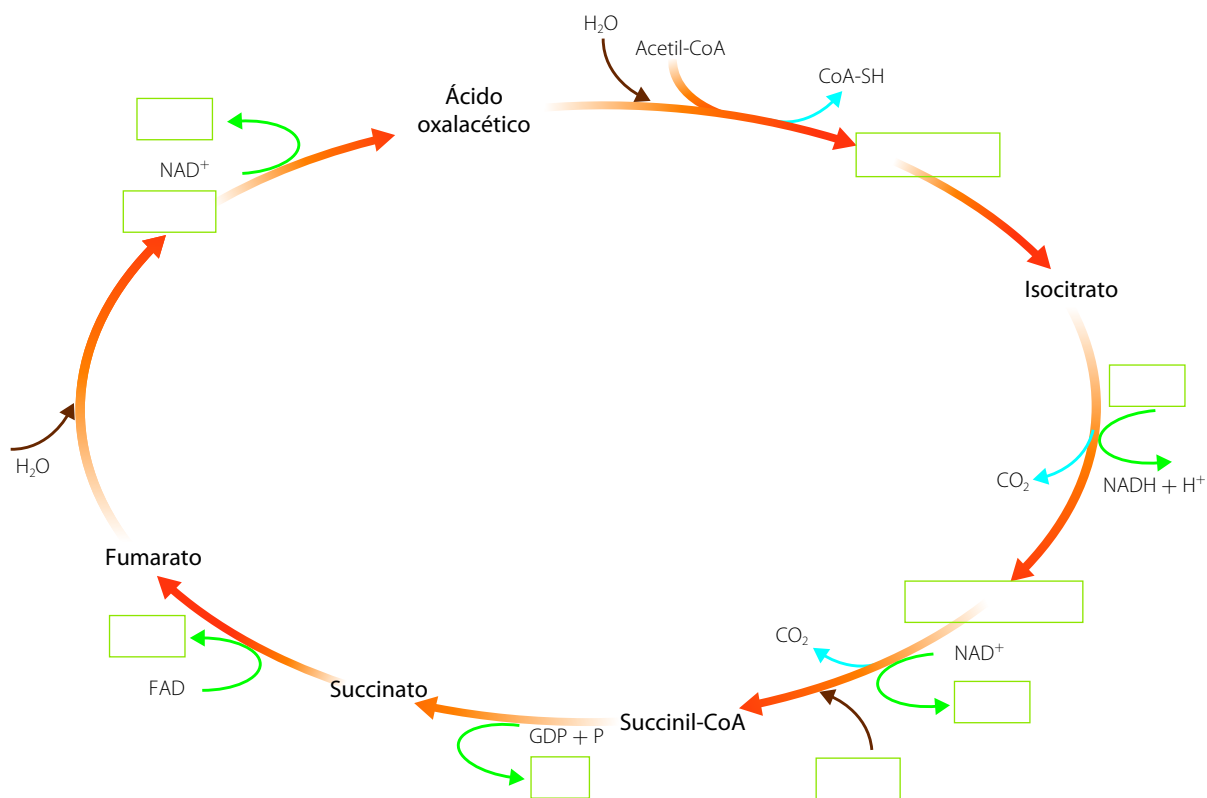
CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• El metabolismo. Concepto y tipos. (Objetivo 1) • El ATP. (Objetivo 1) • Las enzimas: estructura y función. (Objetivo 2) • Coenzimas y vitaminas. (Objetivo 2) • La actividad enzimática. (Objetivo 3) • Catabolismo respiratorio de los glúcidos: glucólisis, ciclo de Krebs y transporte de electrones en la cadena respiratoria. (Objetivo 4) • Fermentaciones. (Objetivo 5) • Catabolismo de lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. (Objetivo 6)	• Estudio e interpretación de reacciones de oxidación y reducción, localizando el agente oxidante y reductor. (Objetivo 1) • Estudiar la función de determinados enzimas en diferentes reacciones metabólicas. (Objetivo 2) • Identificación y clasificación de las enzimas en diferentes reacciones metabólicas. (Objetivo 2) • Interpretación de gráficas sobre la actividad enzimática. (Objetivo 3) • Realización de esquemas de las diferentes rutas catabólicas. (Objetivos 4, 5 y 6). • Interpretación de esquemas de las diferentes rutas metabólicas. (Objetivos 4, 5 y 6) • Comparar las vías anaerobias y aerobias en cuanto a rentabilidad energética y los productos finales. (Objetivos 4 y 5) • Resolución de ejercicios y problemas sobre catabolismo. (Objetivos 4, 5 y 6).	• Valoración de la importancia de las enzimas en biología. • Comprender la importancia de las vitaminas en el metabolismo. • Reconocer el déficit o la no presencia de enzimas en determinadas enfermedades o alteraciones metabólicas. • Comprender la necesidad de llevar una dieta sana y equilibrada. • Curiosidad e interés por conocer la relación entre metabolismo y deporte. • Mostrar interés por el uso industrial de las fermentaciones. • Actitud crítica frente al consumo del alcohol y las drogas y su influencia en el metabolismo.

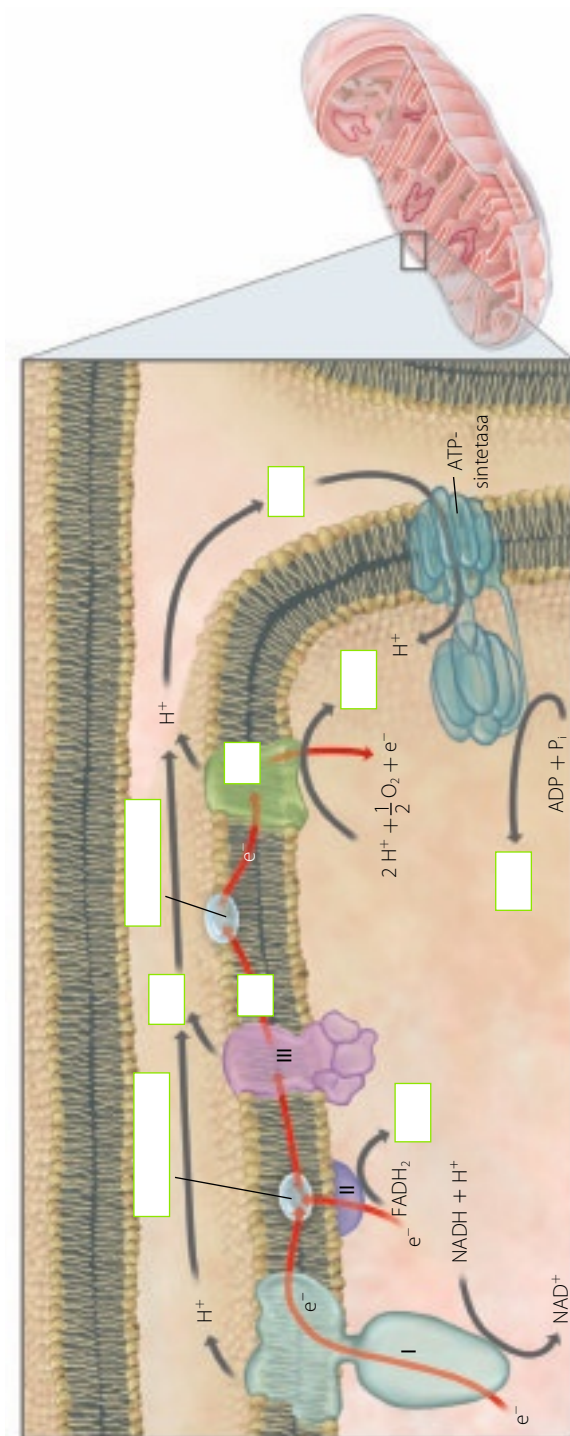
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Entender el concepto de metabolismo, sus tipos y las diferencias entre catabolismo y anabolismo. (Objetivo 1)	1, 2 y 3	1
b) Reconocer la estructura y componentes de las enzimas, identificando la enzima que cataliza una determinada reacción. (Objetivo 2)	4	2 y 3
c) Clasificar los distintos tipos de vitaminas y conocer la función que realizan. (Objetivo 3)	5	5
d) Describir cómo se produce la actividad enzimática, interpretando gráficas de cinética enzimática. (Objetivo 3)	6	4
e) Conocer la localización celular de los etapas del catabolismo de los glúcidos, señalando productos iniciales y finales de cada fase, así como balance energético de cada una. (Objetivo 4)	7 y 8	6
f) Describir los diferentes tipos de fermentación y su interés industrial. (Objetivo 5)	9 y 10	7
g) Localizar y describir las principales etapas del catabolismo de los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. (Objetivo 6)	11	8



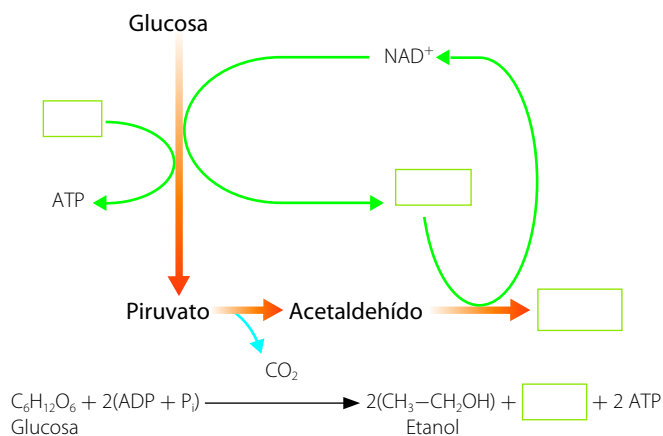
CICLO DE KREBS



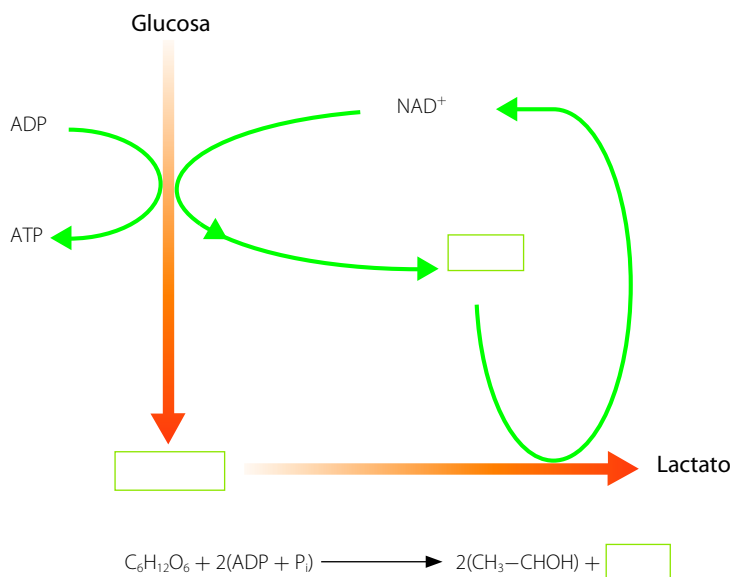
TRANSPORTE DE ELECTRONES EN LA CADENA RESPIRATORIA



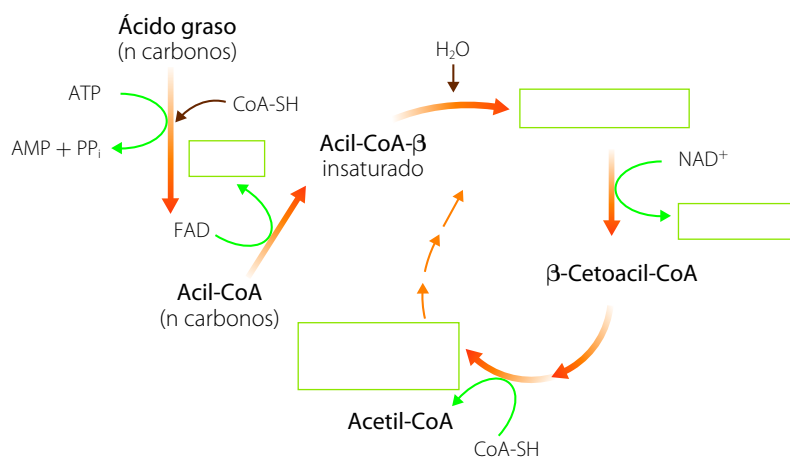
FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA



FERMENTACIÓN LÁCTICA

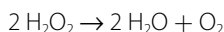


CICLO DE OXIDACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS



Reconocimiento y actividad de la enzima catalasa

La catalasa es una enzima que se encuentra en gran número de células animales y vegetales. Durante el metabolismo celular se desprende peróxido de hidrógeno (H_2O_2), una sustancia tóxica, ya que ataca a las células y les produce lesiones celulares. La enzima catalasa descompone el agua oxigenada en agua y oxígeno según la siguiente reacción:



Objetivos

- Demostrar la existencia de la enzima catalasa en las células de los tejidos animales y vegetales.
- Estudiar la actividad de una enzima.
- Comprobar la acción de la temperatura sobre la acción de la enzima.

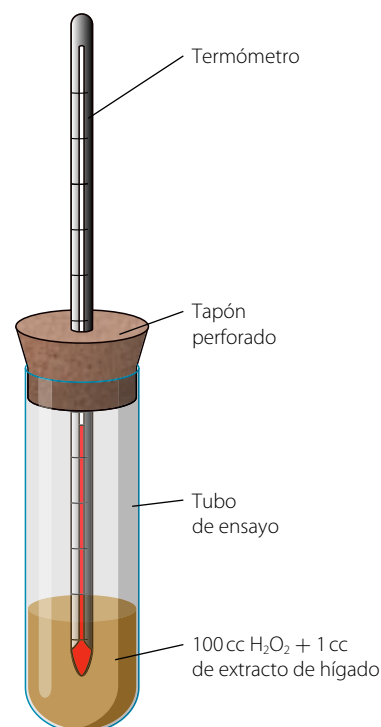
Material necesario

- Tejidos animales y vegetales (hígado, riñón, patata, manzana, etc.).
- Agua oxigenada comercial al 3%.
- Tubos de ensayo (dos por cada muestra de tejido).

- Gradilla para tubos de ensayo.
- Mechero de laboratorio.
- Pinzas para sujetar tubos de ensayo.
- Agua destilada.
- Tapón de corcho agujereado.
- Termómetro.

Desarrollo

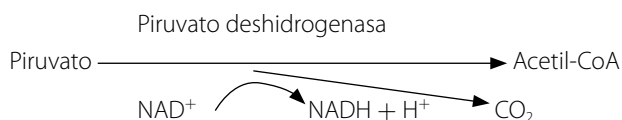
1. Prepara dos muestras de cada tejido (hígado, riñón, manzana, tomate...) de aproximadamente 1 cm de lado.
2. Coloca cada una de las piezas de tejido en un tubo de ensayo. Añade a cada tubo unos 5 mL de agua oxigenada. Anota lo que sucede.
3. Repite el mismo proceso con la otra muestra de tejido. Introduce un poco de agua destilada y llévala a ebullición durante cinco minutos. Una vez haya hervido, retira el agua; déjalo enfriar, y finalmente, echa unos 5 mL de agua oxigenada a cada tubo. Anota lo que sucede.
4. Construye un calorímetro como el que se muestra en la figura. Para ello coloca sobre un tubo de ensayo un corcho agujereado que porte un termómetro. Introduce en el tubo de ensayo 10 mL de peróxido de hidrógeno. Anota la temperatura inicial.
5. Añade a continuación un trozo de hígado triturado. Deja el tapón medio abierto para que escapen los gases. Anota, cada 30 segundos, la temperatura que se produce en el tubo durante un periodo de 5 minutos. Anota las variaciones de temperatura.



Practica

1. ¿En qué muestra ha sido positiva la reacción de la catalasa? ¿Por qué?
2. ¿Por qué se desprenden burbujas en la reacción?
3. ¿Qué hubiese ocurrido si en vez de hervir la segunda muestra se hubiese echado un ácido (como el ácido clorhídrico) o una base (como el hidróxido sódico)?
4. ¿Por qué aumenta la temperatura con el tiempo? ¿Qué se deduce de la velocidad de reacción de la catalasa?
5. ¿Por qué deja de aumentar la temperatura?
6. El agua oxigenada se aprovecha para usarla como desinfectante cuando nos hacemos una herida. ¿Por qué crees que es un buen desinfectante?

- 1 Señala las diferencias entre catabolismo y anabolismo.
- 2 ¿Qué tipo de metabolismo pueden tener las bacterias que viven en los fondos pantanosos donde hay mucha acumulación de materia orgánica en descomposición y donde llega la luz solar? Explica tus razones.
- 3 Indica la función de las siguientes moléculas en el metabolismo: NADH/NAD⁺ y ATP/ADP.
- 4 Define qué es una enzima, señalando su importancia en el metabolismo. Indica la naturaleza química de las enzimas.
- 5 a) Define: vitamina, avitaminosis, hipovitaminosis e hipervitaminosis. b) ¿En qué dos grandes grupos podemos clasificar a las vitaminas? Indica un ejemplo de cada una de ellas.
- 6 ¿Cómo puede afectar la concentración de sustrato a una reacción enzimática?
- 7 El exceso de grasa almacenada es un factor de riesgo cardiovascular. En un congreso de cardiología, los doctores Prim y Gras afirman lo siguiente:
Dr. Prim: *El ejercicio aeróbico no muy intenso, como por ejemplo andar rápido una media hora al día, ayuda a eliminar grasas almacenadas.*
Dr. Gras: *En cambio, un ejercicio mucho más intenso y breve en el tiempo —anaeróbico— no elimina tantas grasas.*
Justifica estas afirmaciones confeccionando un esquema metabólico que explique el mayor consumo de grasas en condiciones aeróbicas que en condiciones anaeróbicas.
- 8 La acidemia láctica y pirúvica es una enfermedad hereditaria que provoca grandes acumulaciones de lactato en algunos órganos. Es producida por un déficit de la enzima piruvato deshidrogenasa, que cataliza la reacción:

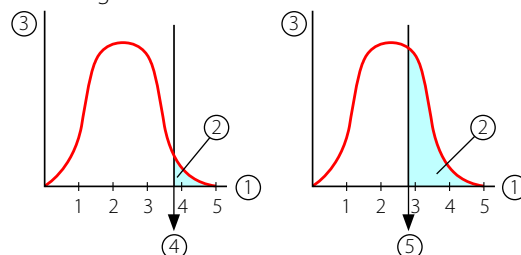


Observa la reacción química que cataliza la enzima.

- a) ¿En qué lugar de la célula se produce esta reacción?
 - b) ¿Cuál es el destino metabólico del NADH producido en la reacción?
 - c) Indica una vía metabólica alternativa que también genere NADH.
- 9 ¿Es posible que en el músculo de los animales se produzca algún tipo de fermentación? Razona la respuesta.
 - 10 ¿Dónde se obtiene más ATP, en la cadena respiratoria o en la fermentación? ¿Por qué?
 - 11 Completa el siguiente cuadro, indicando el nombre del proceso general que se esquematiza en las reacciones siguientes, y el comportamiento celular donde se produce:

	Nombre del proceso	Compartimento celular donde se produce
glucosa $\rightarrow$ ácido pirúvico		
ácido graso $\rightarrow$ acil-CoA		
β -hidroxiacil-CoA $\rightarrow$ β -cetoacil-CoA		
ácido pirúvico $\rightarrow$ acetil-CoA		
ácido α -cetoglutarico $\rightarrow$ succinil-CoA		
acetil-CoA $\rightarrow$ CO ₂		
NAD ⁺ $\rightarrow$ NADH + H ⁺		
alanina $\rightarrow$ ácido pirúvico + NH ₄ ⁺		

- 1 Explica brevemente qué entiendes por metabolismo, señala las dos fases que podemos distinguir e indica un ejemplo de cada una de ellas.
- 2 Respecto a las enzimas: a) ¿Qué es una enzima? b) Diferencia entre cofactor y coenzima. c) ¿Qué es el centro activo de una enzima?
- 3 ¿Por qué una enzima que actúa sobre la glucosa puede no ser eficaz sobre la galactosa?
- 4 En un sustrato siempre hay unas moléculas que presentan más energía que otras; es decir, que están más próximas al estado de transición, y las más abundantes son las que tienen una energía mediana. La adición de un catalizador hace que el porcentaje de moléculas que han llegado al estado de transición sea más alto. Sobre esta base, indica en qué números de las gráficas adjuntas se deben poner los textos siguientes:
 - a) Número de moléculas.
 - b) Energía interna.
 - c) Energía de activación sin enzima.
 - d) Energía de activación con enzima.
 - e) Moléculas que han llegado al estado de transición.

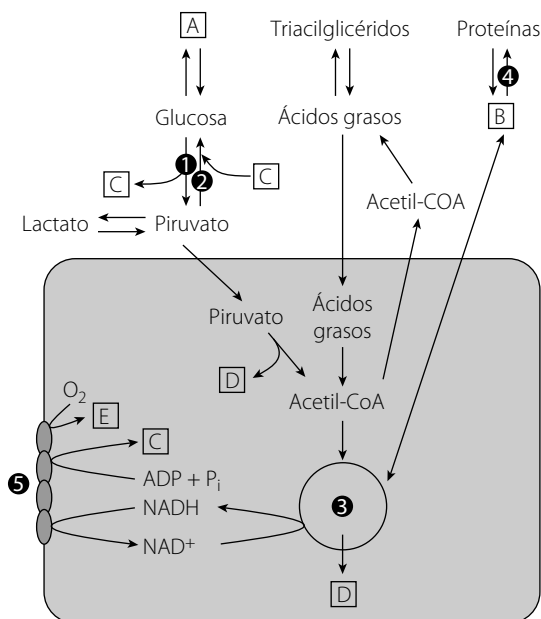


- 5 ¿De qué vitamina hablamos?
 - a) Actúa en la síntesis de protombina, molécula necesaria en la coagulación sanguínea.
 - b) Su carencia produce escorbuto.
 - c) Su carencia produce ceguera nocturna, xeroftalmia y desecación epitelial.
 - d) Uno de los componentes de los coenzimas FAD y FMN.
 - e) Detiene el crecimiento en los niños y disminuye la resistencia a enfermedades. En los adultos provoca anemia, insomnio y disminución de las defensas.
 - f) Su carencia provoca anemia perniciosa (pocos glóbulos rojos y escasamente formados).
 - g) Uno de los componentes del coenzima A.

- 6 Al llegar al planeta Mnesia, a bordo de una nave *Hunter-44*, el comandante Valdés captura a Waina, una extraña criatura. El ordenador central hace un primer análisis de su metabolismo y dibuja el siguiente esquema:

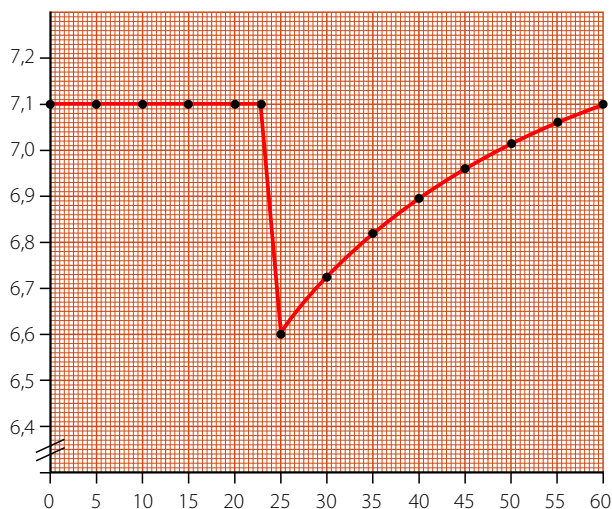
Todavía no se han podido identificar los compuestos ni los procesos señalados con letras y números, respectivamente. Le envían un mensaje encriptado para que les diga cuáles serían estos compuestos y procesos si el metabolismo de Waina se pareciera al de los humanos.

- a) Indica a qué procesos o compuestos corresponderían los números y las letras si fuesen del metabolismo de los humanos.
- b) Las células que transportan el oxígeno entre los órganos de Waina, no tienen mitocondrias. Tomando como base el esquema anterior, explica cómo pueden obtener su energía metabólica estas células si no tienen mitocondrias, es decir, sin utilizar oxígeno.



- 7 Define el concepto de fermentación. ¿Qué diferencias esenciales tiene con la respiración?
- 8 ¿Cuál es la procedencia del acetil-CoA que ingresa en el ciclo de Krebs?

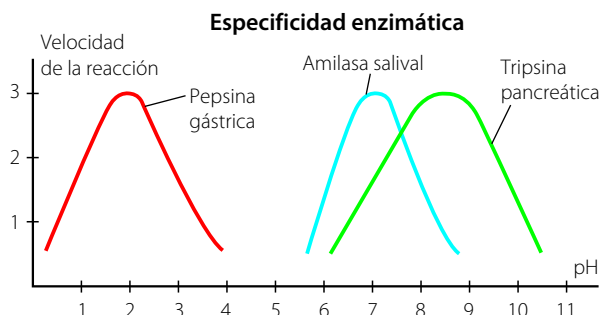
- 1 ¿Qué crees que ocurriría si la energía que encierran los enlaces de los compuestos orgánicos no se liberara gradualmente almacenándose en millones de moléculas de ATP, sino que se liberara de forma súbita?
- 2 ¿Por qué los inuit (esquimales) no tienen déficit de vitamina D pese a la escasa insolación?
- 3 ¿Puedes explicar qué relación hay entre el elevado consumo de alcohol y la cirrosis hepática?
- 4 Calcula el rendimiento energético del catabolismo completo de los elementos siguientes:
 - a) Una molécula de estearina (triglicérido).
 - b) Una molécula de maltosa.
- 5 Completa: *En los mamíferos la degradación de los prótidos produce _____ que se transforma en el hígado en _____ que es excretada por la _____.*
- 6 Escribe las fórmulas globales de la β -oxidación de los ácidos grasos esteárico (18 carbonos) y lignocérico (24 carbonos) y calcula el rendimiento energético.
- 7 ¿Qué relación tiene la β -oxidación de los ácidos grasos con la respiración aeróbica de la glucosa?
- 8 ¿Qué ventaja puede tener el hecho de que una vía metabólica esté controlada por una enzima alostérica en lugar de estarlo por una no alostérica?
- 9 ¿Por qué los antibióticos pueden producir avitaminosis?
- 10 ¿Qué sucedería si la energía liberada en una reacción bioquímica se desprendiera en forma de calor? ¿De qué forma se almacena? ¿Existe algún caso en que se libere en forma de luz?
- 11 La gráfica muestra la evolución de la acidez muscular, a lo largo del tiempo, en un deportista que participa en una carrera que requiere un esfuerzo continuado moderado y que finaliza con un esfuerzo mucho más intenso. También se observa el periodo de recuperación a lo largo del cual se recuperan los niveles normales de acidez muscular.
 - a) ¿Cuál es la duración aproximada de la carrera? ¿Y del periodo de recuperación? Señala claramente en la gráfica con las letras A, B y C, los tres periodos que se mencionan en el texto (A: periodo con un esfuerzo continuado moderado, B: periodo con un esfuerzo mucho más intenso, C: periodo de recuperación).
 - b) Realiza un esquema de las vías metabólicas implicadas en el catabolismo energético de las células musculares. Utilizando el esquema que has hecho, razona por qué se produce el descenso de pH que se observa en la gráfica.



- 1 La fermentación alcohólica es un proceso catabólico que permite la elaboración de la cerveza, que a diferencia de la respiración no precisa oxígeno. Sobre esta diferencia contesta las siguientes preguntas:
- ¿Qué ventaja presentó dicho proceso en los primeros millones de años de nuestro planeta?
 - ¿Qué ventajas puede tener respecto a la colonización de otros planetas?

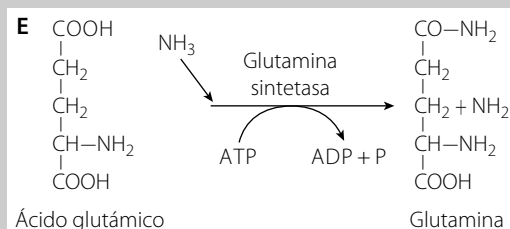
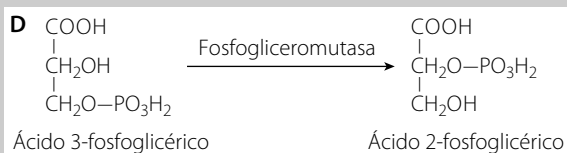
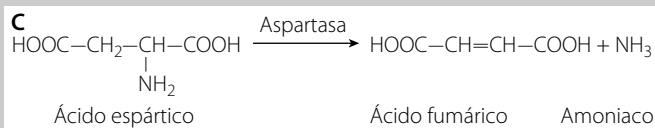
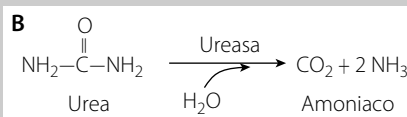
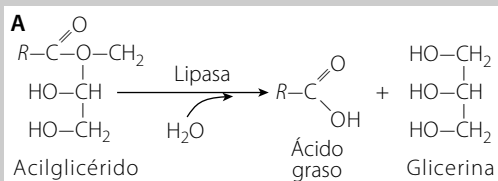
- 2 ¿Por qué se libera energía en cada uno de los pasos de la cadena respiratoria?

- 3 Observa la gráfica e indica por qué unas enzimas actúan mejor a un pH ácido, otras a un pH neutro y otras a un pH básico.



- 4 A partir de la siguiente tabla, dibuja la representación de las tres gráficas e indica cuál corresponde a la presencia de inhibidor competitivo, cuál a la de inhibidor no competitivo y cuál a la ausencia de inhibidor.

(mM)	(a) Velocidad	(b) Velocidad	(c) Velocidad
1	2,3	1,2	0,8
2	4,3	2,1	1,2
5	6,5	3,9	1,9
10	7,7	5,8	2,5
20.	8,9	7,1	2,8



- 6 Señala dos experiencias para demostrar la influencia de la temperatura y del pH en la actividad de una enzima. Escribe el protocolo a seguir para hacerlas.
- 7 El esquema siguiente está relacionado con procesos catabólicos fundamentales en los seres vivos:



- ¿De qué proceso biológico se trata?, ¿de qué tipo de célula es característico, de la célula animal o de la célula vegetal? Indica su localización a nivel celular.
- Explica el mecanismo de síntesis de ATP en el proceso mencionado en el apartado anterior.
- Indica los productos que se pueden originar a partir del piruvato.

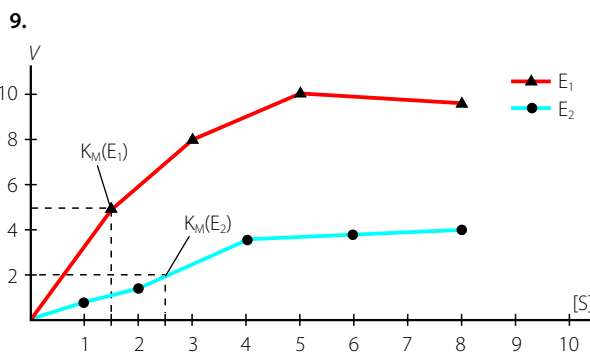
- 8 Desde el punto de vista energético, ¿qué es más rentable: la fermentación de la glucosa a ácido láctico o a etanol?

RECUERDA Y CONTESTA

1. Porque la vida se sustenta en un conjunto de reacciones químicas encaminadas a conseguir materia y energía para crecer, desarrollarse, relacionarse y reproducirse. Sin estas reacciones químicas no puede haber organismos vivos.
2. Las reacciones químicas de los organismos vivos, las denominadas reacciones bioquímicas, solo se deben dar cuando son necesarias; si no fuera así, se produciría un caos bioquímico con la consecuente muerte celular.
3. En el catabolismo, las moléculas complejas se transforman en otras más sencillas, liberando energía, y en el anabolismo, a partir de moléculas más simples y de energía se sintetizan otras más complejas.
4. La especificidad de una enzima por un solo tipo de sustrato determina que la presencia o ausencia de la enzima acelera o no la velocidad de la reacción en la que participa. Así, es posible controlar el conjunto de reacciones que se producen en el interior de la célula.

ACTIVIDADES

1. Los procesos catabólicos tienen como objetivo principal obtener energía, generalmente en forma de ATP, y como objetivo secundario obtener moléculas pequeñas con las cuales poder producir moléculas diferentes de las que se han consumido.
2. La importancia de la molécula de ATP radica en el enlace que se produce entre dos grupos fosfato consecutivos ($-P-O-P$). Este enlace es fuerte y cuando se rompe se libera una gran cantidad de energía.
3. El ATP es una cantidad muy pequeña de energía, y para mantener las funciones vitales de una célula se necesitan millones de ATP por segundo, del mismo modo que para mantener una sala iluminada harían falta millones de flashes (un flash tan solo dura unas cuantas milésimas de segundo). Algunos experimentos para dilucidar el número de ATP que se producen en los pasos sucesivos del proceso fotosintético han sido posibles gracias al uso de flashes.
4. Sin luz no hay posibilidad de hacer la fotosíntesis, y sin materia orgánica por catabolizar no hay posibilidad de realizar ni la respiración ni la fermentación. Así pues, simplemente con cobre y con oxígeno atmosférico, la única vía posible es la quimiosíntesis (oxidación de compuestos de cobre por obtener energía que se invierte en la síntesis de ATP).
5. Aun cuando las dos vías tienen como objeto la síntesis de compuestos ricos en energía, generalmente ATP, que después se invierten en mantener las funciones vitales, en el caso de la fotosíntesis la energía que se aprovecha por hacerlo es la energía luminosa, y en el caso de la quimiosíntesis es la energía química, la que se desprende en determinadas reacciones de oxidación.
6. Las enzimas son biocatalizadores, es decir, los catalizadores de las reacciones biológicas. Al rebajar la energía de activación, aumentan la velocidad de la reacción y la aceleran.
7. Las enzimas proteicas solo contienen cadenas polipeptídicas, mientras que las holoenzimas están constituidas por una fracción polipeptídica, denominada apoenzima y por una fracción no polipeptídica, llamada cofactor.
8. Cofactor: fracción no polipeptídica que forma parte, junto con cadenas polipeptídicas, de una holoenzima.



La enzima 1 (E_1) tiene mayor afinidad por el sustrato que la enzima 2 (E_2), puesto que ante las mismas concentraciones de sustrato, la E_1 presenta una mayor velocidad de reacción que la E_2 .

La K_M o constante de Michaelis expresa la concentración de sustrato a la que la velocidad de reacción es la mitad de la velocidad máxima y su valor hace referencia a la afinidad de la enzima por su sustrato. Un valor pequeño de K_M indica una unión muy estrecha entre la enzima y el sustrato, ya que la mitad de la velocidad máxima se alcanza cuando las concentraciones de sustrato son bajas.

10. Porque en el interior de sus células pueden almacenar gran cantidad de las vitaminas que han ingerido.
11. Las vitaminas del complejo B actúan en muchas vías metabólicas y en la formación de glóbulos rojos.
Entre otras destacan: la forma activa de la vitamina B1, que es la coenzima pirofosfato de tiamina (TPP), que interviene en el metabolismo de glúcidos y lípidos. La B2 forma parte de las coenzimas FAD y FMN, que actúan en el ciclo de Krebs y en la cadena celular respiratoria. La vitamina B3 forma parte de la coenzima NAD, que actúa en la oxidación de glúcidos y proteínas, y en la coenzima NADP, que actúa en la fotosíntesis. La B5 forma parte de la coenzima A, que cataliza el metabolismo de los ácidos grasos y el ácido pirúvico.
12. Según la función que ejercen las enzimas, se clasifican en seis grupos:
 - Oxidorreductoras. Catalizan reacciones de oxidación o reducción del sustrato. Los tipos más importantes son las oxidasas y las deshidrogenasas.
 - Transferasas. Transfieren radicales de un sustrato a otro sin que en ningún momento estos radicales queden libres.
 - Hidrolasas. Rompen enlaces con la adición de una molécula de agua que se escinde y aporta un $-OH$ a una parte y un $-H$ a la otra. A este grupo pertenecen las enzimas digestivas.
 - Liasas. Separan grupos sin intervención de agua (sin hidrólisis) y generalmente originan enlaces dobles, o bien añaden CO_2 .
 - Isomerasas. Catalizan reacciones de cambio de posición de algún grupo, de una parte a otra de la misma molécula.
 - Ligasas y sintetasas. Catalizan la unión de moléculas o grupos, con la energía proporcionada por la desfosforilación del ATP.
13. Las enzimas ligasas y sintetasas.
14. En la combustión la energía se libera de modo súbito y en forma de calor, mientras que en el catabolismo la energía se libera gradualmente y en forma de energía química; es decir, energía almacenada en los enlaces químicos de las moléculas de ATP.

La producción gradual de energía química en el catabolismo respiratorio es posible por las siguientes características:

- Reacciones sucesivas. En el catabolismo las reacciones ocurren una después de otra y cada una de ellas es catalizada por una enzima distinta.
- Transporte de hidrógenos. Los electrones de la glucosa no pasan directamente a los átomos de oxígeno, sino que en las primeras etapas del catabolismo viajan junto a protones, constituyendo átomos de hidrógeno, que pasan a una coenzima, generalmente el NAD^+ , que actúa como transportador de hidrógenos.
- Cadena transportadora de electrones. La coenzima NADH no pasa directamente sus electrones al oxígeno, sino pasa a una cadena transportadora de electrones. Esta está constituida básicamente por unas proteínas, los citocromos, englobadas de forma ordenada en determinadas membranas, como en las de las crestas mitocondriales. Los electrones pasan de un citocromo al siguiente ocupando cada vez un lugar más próximo al núcleo del átomo aceptor. Finalmente, los electrones son transferidos a átomos de oxígeno (O) a los que se unen los protones libres (H^+) y se forma agua (H_2O). La energía que se libera al pasar los electrones a una posición inferior se utiliza para fosforilar el ADP y formar moléculas de ATP, gracias a las enzimas ATP-sintetasas.

15. El NAD^+ es un transportador de hidrógenos, capta los hidrógenos que libera un sustrato orgánico y los lleva hasta otra sustancia orgánica, que los capta. El NAD^+ es la llamada forma oxidada, y el $\text{NADH} + \text{H}^+$ es la forma reducida.
16. La glucólisis se realiza en el citosol. El ciclo de Krebs se lleva a cabo en la matriz mitocondrial, y la cadena de transporte, en la membrana interna de la mitocondria.
17. El acetil-CoA se incorpora al ciclo de Krebs, que tiene lugar en la matriz mitocondrial (en las células procariotas se realiza en el citosol), y que libera $\text{NADH} + \text{H}^+$ y FADH_2 . Estos transportadores de protones producidos en la matriz mitocondrial se aproximan a las enzimas de la cadena respiratoria, que están englobados en la membrana interna mitocondrial, y ceden sus protones, que son bombeados hacia el espacio intermembranas. Luego estos salen hacia la matriz mitocondrial atravesando los complejos enzimáticos ATP-sintetasas.

El ácido pirúvico producido en la glucólisis entra en las mitocondrias de las células eucariotas, donde está el sistema piruvato deshidrogenasa, y allí es transformado por dicho sistema en acetil-CoA. En las células procariotas, el sistema piruvato-deshidrogenasa se encuentra en el citosol.

18. Proceden de los dos carbonos del acetil-CoA ($\text{CH}_3\text{—CO—S—CoA}$) que entran en el ciclo de Krebs. Es decir, que sus dos carbonos se han transformado en materia inorgánica (CO_2) que vuelve al medio externo.
19. Se considera una vía respiratoria, aunque no se necesita oxígeno para realizarla porque precisa NAD^+ y FADH_2 para poderse llevar a cabo, y estas sustancias se producen en la cadena respiratoria, que sí precisa oxígeno. Si este oxígeno procede del O_2 atmosférico, se denomina respiración aeróbica, y si procede de los iones NO_3^- , SO_4^{2-} , etc., se llama respiración anaeróbica.
20. Porque es el conjunto de enzimas capaz de ceder la energía de un flujo interno de protones (H^+) al ADP para unirle P_i y formar ATP. Se activa cuando la cantidad de protones (H^+) es tan elevada en el espacio intermembranas, que la membrana interna es incapaz de actuar como aislante de dicha diferencia de po-

tencial, y se establece un flujo de protones hacia la matriz mitocondrial que atraviesa el complejo enzimático ATP-sintetasa, situado en dicha membrana, sobre todo a nivel de las crestas mitocondriales, provocando la síntesis de ATP.

21. Que en el paso de los electrones entre un transportador y otro, se libera suficiente energía como para bombear protones hacia el espacio intermembranas de la mitocondria, originándose así la diferencia de potencial necesaria para que se inicie, por ósmosis, un flujo de protones que generará ATP a nivel de las ATP-sintetasas.
22. Los **anaerobios estrictos** son aquellos que siguen la vía fermentativa o la respiración anaeróbica, y que en presencia de oxígeno mueren dado que para ellos este gas resulta tóxico y no lo saben transformar en otra sustancia que no lo sea. Los **anaerobios facultativos** son los que pueden vivir en ambientes sin oxígeno y también en ambientes con oxígeno. Esta es su gran ventaja. Existen dos tipos de microorganismos **anaerobios facultativos**, unos, como las bacterias del ácido láctico, que son capaces de vivir tanto en ambientes con oxígeno como en ambientes sin oxígeno, pero siempre realizando la vía fermentativa (no interviene el oxígeno), y otros, como muchas bacterias intestinales y muchas levaduras, que pueden seguir la vía fermentativa si no hay oxígeno, o la respiración aeróbica si sí lo hay.
23. Las fermentaciones como las respiraciones son procesos de oxidación de compuestos orgánicos que liberan energía. Cuanta más diferencia haya entre el estado de oxidación de los carbonos del sustrato inicial y los carbonos de los productos, más energía se liberará. Por ello, en la respiración, como los carbonos acaban en forma de CO_2 , que es el máximo estado de oxidación de un carbono, la energía liberada será mucho mayor que si el producto final es un compuesto orgánico, como sucede en la fermentación.
24. Las células musculares en situaciones extremas, como por ejemplo en los últimos metros de una carrera de potencia muscular, ante una falta de oxígeno, puede seguir la vía de la fermentación para conseguir energía, aunque sea en muy pequeña cantidad. A partir de una glucosa se producen dos moléculas de ácido láctico y 2 ATP. El ácido láctico se acumula en tales concentraciones que forma soluciones sobresaturadas, con la consiguiente formación de cristales de ácido láctico, que se clavan en las terminaciones nerviosas. Esto da lugar a que, pasadas unas horas, aparezcan los típicos dolores denominados «agujetas». Estos dolores desaparecen solos, al cabo de unas horas o de unos días, cuando se disuelven los cristales de ácido láctico.
25. Estas bacterias realizan la fermentación de la materia orgánica muerta, que sobre todo son hojas y pequeños tallos, contribuyendo a su descomposición, y por tanto a los ciclos bioquímicos de los elementos.
26. Tienen mucha importancia porque una masa de lípidos aproximadamente rinde el doble de energía que una masa igual de glúcidos o de proteínas. La causa de ello es que en los lípidos los carbonos presentan un estado de oxidación muy bajo, prácticamente solo se enlaza con hidrógenos o con otros carbonos; en cambio, los glúcidos y las proteínas presentan muchos más oxígenos unidos a los carbonos. Tras la respiración todos los carbonos quedan en forma de CO_2 , totalmente oxidados, por ello donde hay una transformación más grande es en los lípidos, que es donde se ha de desprender más energía.
27. Hace falta que el ácido graso se una al coenzima-A (CoA) y formen el acil-CoA, el cual, gracias a un transportador orgánico especial llamado carnitina, ya puede entrar en la mitocondria.

28. La **transaminación** es la transferencia de grupos aminos ($-\text{NH}_2$) desde un aminoácido a un cetoácido. En cambio, la **desaminación oxidativa** es la liberación al medio externo, por parte de los aminoácidos, de sus grupos amino en forma de amoníaco (NH_3). El amoníaco al contactar con el agua, a $\text{pH} = 7,4$ que es el de la sangre, forma hidróxido amónico NH_4OH , que se ioniza dando ion amonio (NH_4^+) e ion hidroxilo (OH^-), por ello en muchos textos se indica que el grupo amino ($-\text{NH}_2$) se va en forma de ion amonio (NH_4^+). En la sangre solo el 1% del total está en forma de NH_3 , pese a ello es la forma capaz de atravesar la membrana plasmática y la membrana mitocondrial, los iones amonio apenas la atraviesan.

29. La única fase de la degradación de los ácidos nucleicos que rinde energía es el metabolismo de la ribosa-5-fosfato (o de la desoxirribosa-5-fosfato). Aunque en general se utiliza para la biosíntesis de nuevos nucleótidos, en caso de que se necesite energía se puede catabolizar. El proceso que se sigue es su conversión en glucosa-6-fosfato siguiendo la fase regenerativa de la vía de las pentosas fosfato (ver página 508), luego esta sigue el proceso de la glucólisis.

Los otros productos que se obtienen son el ácido úrico a partir de las bases púricas, el amoníaco (común en peces y animales acuáticos) y la urea (común en animales terrestres) a partir de las bases pirimidínicas. Todos ellos son tóxicos, por lo que simplemente son excretados. La otra sustancia que se forma es el ion fosfato (PO_4^{3-}), que aunque en parte se puede excretar, principalmente se utiliza para la síntesis de ATP, de fosfolípidos, de nuevos nucleótidos, y para la formación de tejido óseo en forma de fosfato tricálcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

30. a) El metabolismo celular es el conjunto de reacciones químicas que se producen en el interior de las células y que conducen a la transformación de unas biomoléculas en otras con el fin de obtener materia y energía para llevar a cabo las tres funciones vitales (nutrición, reproducción y relación). No es posible, puesto que cualquier célula viva debe obtener materia y energía.

Si tomamos como ejemplo la molécula de glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), esta se escinde en dos moléculas de ácido pirúvico ($\text{CH}_3\text{—CO—COOH}$) gracias al proceso de la glucólisis o ruta metabólica de Embden-Meyerhof, y la energía liberada se utiliza para sintetizar dos moléculas de ATP. Esta síntesis se realiza mediante una fosforilación a nivel de sustrato, es decir, una molécula de sustrato que contiene un grupo fosfato se lo cede a un ADP y así se forma un ATP.

b) El adenosín trifosfato (ATP).

c)

31. a) La desnaturalización de una enzima consiste en la pérdida de funcionalidad de esta por variaciones de la temperatura del medio en el que actúa la enzima.

Existe una temperatura óptima en la que la actividad enzimática es máxima; por encima de ella, la actividad disminuye e incluso desaparece por desnaturalización de la enzima. El descenso de temperatura también disminuye la actividad enzimática, pero no llega a desnaturalizar las enzimas; por ello, los animales ectotérmicos, se ven obligados a hibernar en la estación fría, puesto que la actividad de sus enzimas se ve muy reducida en esa época.

Otros factores que influyen en la velocidad de reacción de una enzima son: el pH y ciertas sustancias que actúan como inhibidores.

b) El inhibidor 1 al unirse a la enzima provoca un cambio conformacional en esta que le impide unirse al sustrato. El inhibidor 2 se unirá al centro activo de la enzima debido a su estructura tridimensional, de forma que lo inutiliza para la unión del sustrato y la inhibición resultaría irreversible. Se denomina inhibición competitiva.

c) Coenzima: fracción no polipeptídica de naturaleza orgánica que forma parte, junto con cadenas polipeptídicas, de una holoenzima. Las coenzimas más importantes son el ATP, el NAD^+ , el NADP^+ , el FAD y la coenzima A.

32. a) La misma cantidad de enzima que al comenzar la reacción.

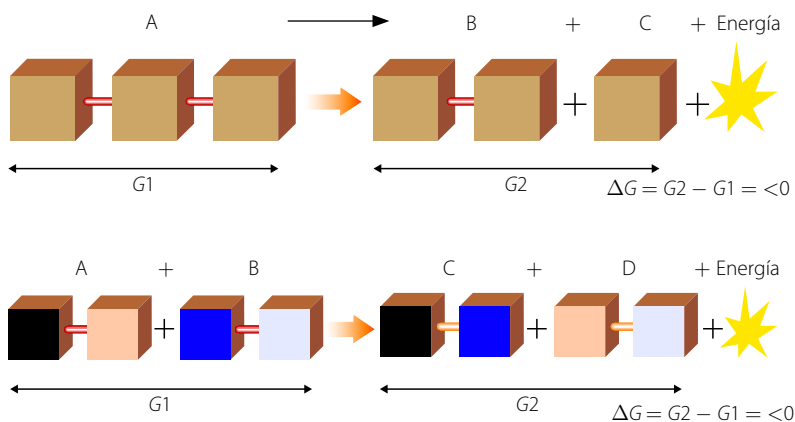
b) Generalmente las enzimas actúan en una sola reacción. Solo se fijan a las enzimas, los sustratos que pueden establecer algún enlace con los radicales de los aminoácidos fijadores. De estos, solo aquellos sustratos que presentan un enlace susceptible de ruptura, próximo a los radicales de los aminoácidos catalizadores de las enzimas, pueden ser alterados.

c) Todas las enzimas, excepto las ribozimas, son proteínas globulares.

33. a) Las enzimas, excepto las ribozimas, son proteínas globulares.

b) No. Al finalizar la reacción, como cualquier otro catalizador, las enzimas quedan libres, sin alterarse ni consumirse.

c) Algunas enzimas, llamadas holoenzimas, no son exclusivamente proteicas, sino que están constituidas además por una parte no proteica, denominada cofactor. Los cofactores pueden ser inorgánicos (cationes metálicos como Zn^{2+} , Ca^{2+} ...) o moléculas orgánicas complejas. Si dicha molécula orgánica se une débilmente a la fracción proteica o apoenzima de la enzima, se denomina coenzima. Los principales coenzimas son: ATP, NAD^+ , NADP^+ , FAD, FMN, etc.



d) Los factores que pueden influir en la actividad de una enzima son:

- Temperatura. La variación de temperatura provoca cambios en la estructura terciaria o en la cuaternaria (si la tuviesen) de las enzimas, alterando su función biológica. Cada enzima posee una temperatura óptima de funcionamiento. Si la temperatura aumenta, se dificulta la unión enzima-sustrato. A partir de cierta temperatura la enzima se desnaturaliza, perdiendo así su estructura terciaria o cuaternaria, por tanto, su función biológica.
- pH. Las enzimas presentan dos valores límites de pH entre los cuales son eficaces. Traspasados esos valores las enzimas se desnaturalizan y pierden así su función biológica.
- Inhibidores. Los inhibidores son sustancias que disminuyen la actividad de una enzima o bien impiden completamente la actuación de la misma. Pueden ser perjudiciales o beneficiosos.

34. a) Las enzimas, a excepción de las ribozimas que son unos ARN con función catalítica, son proteínas globulares que actúan como biocatalizadores de las reacciones biológicas. Actúan disminuyendo la energía de activación y, por tanto, aumentando la velocidad de la reacción.

Todas las enzimas tienen las siguientes características:

- Actúan incluso en cantidades pequeñas.
- No se modifican a lo largo de la reacción.
- No se consumen durante la reacción, así que al final de la misma hay igual cantidad de enzima que al principio.
- Son muy específicas. Así actúan en una determinada reacción sin alterar otra.
- Actúan siempre a temperatura ambiente, es decir, a la temperatura del ser vivo.
- Presentan un peso molecular muy elevado.

b) 1. Complejo enzima-sustrato: en las reacciones en las que hay un solo sustrato (S), la enzima (E) actúa fijando al sustrato en su superficie (adsorción) mediante enlaces débiles, formándose el llamado complejo enzima-sustrato.

2. Centro activo de la enzima: región de la enzima que se une al sustrato. Los centros activos de una enzima están formados por aminoácidos, tienen una estructura tridimensional en forma de hueco que facilita el anclaje al sustrato y constituyen una parte muy pequeña del volumen total de la enzima.

3. Cofactor: algunas enzimas, llamadas holoenzimas, no son exclusivamente proteicas, sino que están constituidas además por una parte no proteica, denominada cofactor. Los cofactores pueden ser inorgánicos (cationes metálicos como Zn^{2+} , Ca^{2+} ...) o moléculas orgánicas complejas. Si dicha molécula orgánica se une débilmente a la fracción proteica o apoenzima de la enzima, se denomina coenzima. Los principales coenzimas son: ATP, NAD^+ , NADP^+ , FAD, FMN, etc.

4. Inhibición competitiva: tipo de inhibición reversible en la que el inhibidor (molécula similar al sustrato) se une al centro activo de la enzima, impidiendo la unión de esta con el sustrato. Por tanto, la enzima no puede actuar hasta que se libera de dicho inhibidor. Como la unión es reversible, un descenso en la concentración

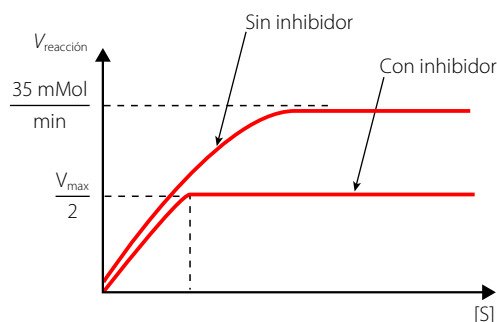
del inhibidor o un aumento en la de sustrato permite el desplazamiento del inhibidor.

c) Las gráficas muestran el comportamiento de dos enzimas proteolíticas diferentes ante variaciones del pH del medio. Las enzimas presentan dos valores límites de pH entre los cuales son eficaces; traspasados esos valores, las enzimas se desnaturalizan y dejan de actuar. Entre los dos límites existe un pH óptimo en el que la enzima presenta su máxima eficacia. El pH está condicionado por el tipo de enzima y de sustrato, debido a que el pH influye en el grado de ionización de los radicales del centro activo de la enzima y también de los radicales de sustrato. En el caso de la enzima pepsina, su valor óptimo es a pH 2 (pH ácido) y en la enzima tripsina su valor óptimo es a pH 6.

Otros factores que influyen en la actividad de una enzima son:

- Temperatura. La variación de temperatura provoca cambios en la estructura terciaria o cuaternaria (si la tuviesen) de las enzimas, alterando su función biológica. Cada enzima posee una temperatura óptima de funcionamiento. Si la temperatura aumenta, se dificulta la unión enzima-sustrato. A partir de cierta temperatura la enzima se desnaturaliza, perdiendo así su estructura terciaria o cuaternaria, por tanto, su función biológica.
- Inhibidores. Los inhibidores son sustancias que disminuyen la actividad de una enzima o impiden completamente la actuación de la misma. Pueden ser perjudiciales o beneficiosos.

35.



La sustancia S' (molécula similar al sustrato) actúa como inhibidor, ya que se une al centro activo de la enzima, impidiendo la unión de esta con el sustrato. Se trata así de una inhibición competitiva. Se produce de esta forma una disminución de la velocidad de reacción (en este caso, de un 50%), ya que se reduce la proporción de moléculas de la enzima que se unen al sustrato. Si la concentración del inhibidor (S') es suficientemente elevada, puede desplazar al sustrato y bloquear la reacción. La enzima no puede actuar hasta que se libera de dicho inhibidor. Si la concentración del sustrato se aumenta adecuadamente, se puede superar la inhibición competitiva.

36. Siendo la concentración de sustrato ([S]) de 4 milimoles ($4 \times 10^{-3} \mu\text{M}$) sabemos que la velocidad máxima de la reacción ($V_{\text{máx}}$) es de $2,5 \mu\text{M}/\text{min}$ con $K_M = 4,5 \mu\text{M}$.

Conociendo estos datos podemos calcular la velocidad de reacción a una concentración diferente de sustrato, en este caso nos piden para $[S] = 0,5 \text{ mM} = 0,5 \times 10^{-3} \mu\text{M}$.

La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$V = V_{\text{máx}} \times [S] / K_M + [S]$$

Sustituyendo los datos en nuestro caso y con las unidades correctas, sería:

$$V = 2,5 \mu\text{M}/\text{min} \times 0,5 \times 10^{-3} \mu\text{M}/4,5 \mu\text{M} + 0,5 \times 10^{-3} \mu\text{M}$$

$$V = 2,5 \mu\text{M}/\text{min} \times 0,5 \times 10^{-3} \mu\text{M}/4,5005 \mu\text{M}$$

$$V = 2,5 \mu\text{M}/\text{min} \times 1,11 \times 10^{-4} = 2,78 \times 10^{-4} \mu\text{M}/\text{min}$$

37. a) Si las 150000 kcal las repartimos en moles de ATP, como cada mol de ATP genera 7,3 kcal al hidrolizarse, entonces harían falta aproximadamente 20548 (150000/7,3) moles de ATP.

Si un mol de ATP pesa 507 gramos, entonces 20548 moles de ATP pesan 10417836 gramos, aproximadamente 10418 kg.

Resulta imposible que una persona acumule las 150000 kcal en forma de ATP. Por tanto, el ATP no es un buen almacén de energía, puesto que en su transformación a ADP + P_i solo libera 7,3 kcal por cada 507 g (= 0,014 cal/g) (14,6 kcal hasta AMP = 0,029 kcal/g). En cambio, la oxidación metabólica de los glúcidos, de los lípidos y de las proteínas produce mucha más cantidad de energía por unidad de peso (9 kcal/g por lípidos, 4 kcal/g por glúcidos y proteínas).

- b) 1.

Organismo	Compuesto	Lugar de la célula
Mamíferos	Glucógeno	Citosol
	Triacilglicéridos	Citosol
Plantas superiores	Almidón	Amiloplastos, citosol

2. Tejido adiposo – triacilglicéridos.

Tejido muscular e hígado – glucógeno. En los músculos se almacena mayor cantidad total que en el hígado pero en menor concentración.

38. a) La molécula de glucosa (C₆H₁₂O₆) se escinde en dos moléculas de ácido pirúvico (CH₃–CO–COOH) gracias al proceso de la glucólisis o ruta metabólica de Embden-Meyerhof. El ácido pirúvico se transforma en ácido láctico en la fermentación láctica.

El ácido pirúvico se transforma en etanol en la fermentación alcohólica.

1. Acetil-CoA.

2. Ciclo de Krebs.

- b) Tanto en la fermentación láctica como en la fermentación alcohólica se obtienen al final dos moléculas de ATP. Sin embargo, en cada vuelta del ciclo de Krebs se genera una molécula de GTP, tres de NADH y una molécula de FADH₂. El balance energético del ciclo de Krebs aparentemente es muy bajo, ya que en una vuelta completa solo se genera un ATP, pero el resto de la energía se invierte en producir tres NADH y un FADH₂ que en la cadena respiratoria liberarán mucha energía (ATP).

Las moléculas de CO₂ procedentes del metabolismo de la célula se eliminan mediante diferentes mecanismos según el tipo de organismo.

En el transporte de electrones de la cadena respiratoria, que es la última etapa de la respiración, se oxidan las coenzimas reducidas (NADH y FADH₂), producidas en las etapas anteriores, y de esta forma son utilizadas para sintetizar ATP a partir de la energía que contienen.

Anabolismo: es el proceso metabólico de formación de moléculas orgánicas complejas a partir de otras orgánicas sencillas, llamadas moléculas precursoras.

Catabolismo: es la fase degradativa del metabolismo, en la cual se obtiene energía. En las vías catabólicas las moléculas orgánicas iniciales son transformadas sucesivamente en otras más sencillas, hasta convertirse en los productos finales del catabolismo, muchos de ellos son los denominados productos de excreción.

La energía liberada en el catabolismo es almacenada en los enlaces ricos en energía del ATP y es utilizada para las distintas actividades celulares o para sintetizar compuestos orgánicos complejos en los que se almacena la energía sobrante (anabolismo).

39. a) El ciclo de Krebs tiene lugar en la mitocondria, exactamente en la matriz mitocondrial en la que se encuentran todas las enzimas implicadas en esta ruta metabólica.

- b) El ciclo de Krebs comienza con la unión de una molécula de acetil-CoA, procedente del piruvato obtenido en la glucólisis o de la degradación metabólica de ácidos grasos por β-oxidación, con una molécula de ácido oxalacético (que es regenerado al final del ciclo) con la formación de una molécula de ácido cítrico.

- c) El ciclo de Krebs se caracteriza por estar constituido por una serie de reacciones que se desarrollan a expensas de una serie de ácidos orgánicos que forman el denominado ciclo. En el ciclo de Krebs el acetil-CoA es oxidado completamente a materia inorgánica, formándose CO₂ y átomos de hidrógeno y energía.

Por cada molécula de acetil-CoA que entra en el ciclo de Krebs se obtienen: 2 CO₂, 3 NADH + 3H⁺, 1 FADH₂ y 1 GTP. El CO₂ es expulsado al exterior como producto de desecho a través de las vías respiratorias.

Las coenzimas reducidas (NADH y FADH₂) van a ser reoxidadas en la cadena respiratoria obteniéndose durante el transporte electrónico ATP mediante fosforilación oxidativa.

El GTP transfiere su grupo fosfato al ADP, produciendo una molécula de ATP.

40. a) La glucólisis es una ruta metabólica anaerobia (pues no necesita la presencia de oxígeno) del catabolismo, en la que la glucosa se escinde en dos moléculas de ácido pirúvico y energía (ATP).

Se lleva a cabo en el citoplasma celular. Se trata de una ruta universal, pues la realizan prácticamente todos los seres vivos. Dicho proceso tiene lugar en casi todas las células, desde las procariotas hasta las eucariotas, tanto animales como vegetales.

- b) La fermentación es un proceso catabólico en el que a diferencia de la respiración, no interviene la cadena respiratoria. Además, es un proceso de oxidación incompleta de compuestos orgánicos (ya que no se libera toda la energía química que contienen), y el aceptor final de protones y electrones no es una molécula inorgánica, sino que es un compuesto orgánico, por lo que la fermentación siempre da entre sus productos finales compuestos orgánicos. En la fermentación, al no intervenir la cadena respiratoria, no se puede utilizar el oxígeno del aire como aceptor de electrones y, por tanto, es siempre un proceso anaeróbico. También se produce ATP por fosforilación a nivel de sustrato, no por las ATP-sintetasas. Ello explica la baja ren-

tabilidad energética de las fermentaciones. Por ejemplo, una glucosa al degradarse produce 36 moléculas de ATP mediante respiración y solo 2 moléculas de ATP por fermentación.

Las fermentaciones son propias de los microorganismos (ciertas levaduras y bacterias), aunque alguna, como la fermentación láctica, puede realizarse en el tejido muscular de los animales cuando no llega suficiente oxígeno a las células.

41. a) El proceso responsable de la disminución de glucosa en el medio en ausencia de oxígeno es la fermentación.

Al añadir oxígeno al medio se inicia el proceso de la glucólisis y posteriormente la respiración celular, que a su vez comprende el ciclo de Krebs y el transporte de electrones en la cadena respiratoria, para la degradación completa de las moléculas de glucosa.

La fermentación ocurre en determinadas células animales (como las células musculares en condiciones de anoxia) y en algunos microorganismos. El proceso tiene lugar en el citoplasma.

En la célula procariota tanto la glucólisis como el ciclo de Krebs se realizan en el citosol y la cadena transportadora de electrones en su membrana plasmática.

En la célula eucariota la glucólisis se realiza en el citosol y la respiración en las mitocondrias. Su primera etapa, el ciclo de Krebs, se realiza en la matriz mitocondrial, y la segunda, la cadena transportadora de electrones, en la membrana de las crestas mitocondriales.

Las mitocondrias son los orgánulos de las células eucariotas aerobias que se encargan de obtener energía mediante la respiración celular, es decir, de realizar la mayoría de las oxidaciones celulares y producir la mayor parte del ATP de la célula.

Las mitocondrias son orgánulos polimorfos, que pueden variar desde formas esféricas hasta alargadas a manera de bastoncillos. Sus dimensiones oscilan entre 1 y 4 μm de largo y entre 0,3 y 0,8 μm de ancho.

La estructura de la mitocondria es la siguiente:

- Membrana mitocondrial externa. Es lisa y limita por completo a la mitocondria. Su estructura es la misma que la de las membranas celulares: una doble capa lipídica y proteínas asociadas. Contiene muchas proteínas transmembranas que actúan como canales de penetración, gracias a los cuales la membrana es muy permeable y permite que algunas moléculas de gran tamaño pasen libremente hacia la cámara externa.
- Membrana mitocondrial interna. Presenta muchos repliegues internos, denominados crestas mitocondriales, que incrementan su superficie y, por tanto, su capacidad metabolizadora. Es bastante impermeable y contiene las moléculas encargadas de la respiración mitocondrial, como las permeasas, los citocromos y las ATP-sintetasas. Entre los lípidos de membrana no hay colesterol, como tampoco están en la membrana plasmática bacteriana.
- Espacio intermembranoso. Es el espacio existente entre las dos membranas. Tiene un contenido parecido al del citosol.
- Matriz mitocondrial. Es el espacio interior delimitado por la membrana interna. El medio interno es rico en

enzimas, gracias a las cuales se realiza un gran número de reacciones bioquímicas. Además, presenta:

- Ribosomas mitocondriales o mitorribosomas, que son muy parecidos a los bacterianos.
 - Moléculas de ADN mitocondrial, circular y de doble filamento, como los bacterianos.
 - Enzimas necesarias para la replicación, transcripción y traducción del ADN mitocondrial.
 - Enzimas implicadas en el ciclo de Krebs y en la β -oxidación de los ácidos grasos.
 - Iones de calcio, fosfato, etc.
- b) La fermentación es un proceso catabólico en el que, a diferencia de la respiración, no interviene la cadena respiratoria. Este proceso presenta las siguientes características:
- Es un proceso anaeróbico. No se usa el oxígeno como aceptor de electrones, como sucede en la respiración aeróbica.
 - El aceptor final es un compuesto orgánico. El aceptor final de electrones y protones siempre es un compuesto orgánico, en vez de ser una molécula inorgánica como en la respiración. En este proceso el sustrato inicial se escinde en dos partes, una de ellas se reduce al aceptar electrones y protones de la otra, que es la que se oxida. Por ejemplo, en la fermentación alcohólica el ácido pirúvico ($\text{CH}_3\text{—CO—COOH}$) se escinde en alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{OH}$), que es la molécula reducida, y dióxido de carbono (CO_2), que es la molécula oxidada.
 - La síntesis de ATP ocurre a nivel de sustrato. No intervienen las ATP-sintetasas, lo que explica la baja producción energética de las fermentaciones. Una glucosa al degradarse mediante respiración produce 38 ATP, mientras que por fermentación solo produce dos ATP. La fermentación ocurre generalmente en los microorganismos, como ciertas levaduras y bacterias, aunque puede realizarse en el tejido muscular de los animales si no llega suficiente oxígeno a las células.

Según sea la naturaleza del producto final, se distinguen varios tipos de fermentaciones: la alcohólica, si el producto final es alcohol etílico; la láctica, si es ácido láctico; la butírica, si es ácido butírico, y la putrefacción, si son productos orgánicos y malolientes.

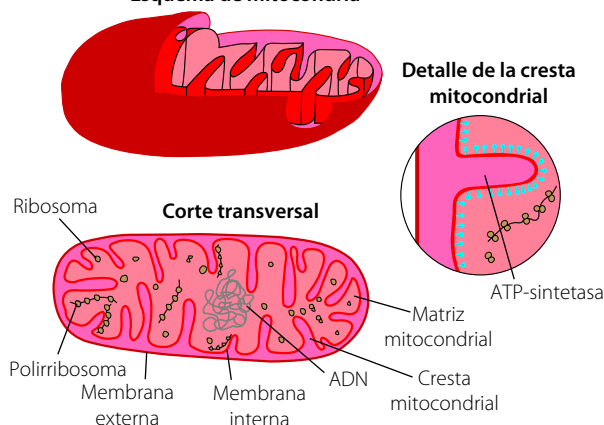
42. a) El orgánulo en el que tiene lugar la cadena electrónica y la fosforilación oxidativa es la mitocondria.

De fuera a dentro las mitocondrias constan de:

- Membrana mitocondrial externa. Limita por completo a la mitocondria. Posee un gran número de proteínas transmembrana que actúan como canales de penetración. Es permeable debido a la presencia de proteínas porinas, que forman canales en la membrana, a través de los cuales pasan moléculas de gran tamaño.
- Membrana mitocondrial interna. Presenta numerosas invaginaciones, denominadas crestas mitocondriales, que incrementan su superficie. Es bastante impermeable y carece de colesterol. En ella se localizan las cadenas de transporte electrónico y los complejos formadores de ATP (fosforilación oxidativa), las ATP-sintetasas. Las ATP-sintetasas constan de tres partes: una base hidrófoba, que se ancla en la membrana, un pedúnculo o región F_o y una esfera o región F_1 que es donde se catalizan las reacciones de síntesis de ATP.

- Espacio intermembranas. Se sitúa entre la membrana externa e interna. Contiene una matriz de composición parecida al citoplasma.
- Matriz mitocondrial. Medio interno que contiene ADN mitocondrial circular de doble cadena, ribosomas 70 S (semejantes a los de las bacterias), enzimas metabólicas y que intervienen en la duplicación del ADN mitocondrial y síntesis de proteínas, así como ARN y diferentes iones.

Esquema de mitocondria



- El proceso íntimamente relacionado con la cadena electrónica es el ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico. Dicho proceso tiene lugar en la matriz interna de la mitocondria.
- Los transportadores de electrones, que son coenzimas reducidas (NADH y FADH₂).
- El oxígeno.

LABORATORIO

- Ha sido positiva la reacción en las muestras sin hervir. Las muestras contienen en el citoplasma de las células la enzima catalasa. Al echar agua oxigenada, la enzima desdobla el agua oxigenada en oxígeno y agua, con lo que evitan el efecto nocivo del peróxido de hidrógeno.
- Las burbujas desprendidas se deben al oxígeno producido cuando se desdobla el agua oxigenada.
- Al someter el tejido a ebullición la proteína (catalasa) se desnaturaliza y pierde su acción catalítica. El ácido o la base también producirían la desnaturalización de la proteína, por lo que la catalasa quedaría inactiva, y la muestra de tejido no produciría el desprendimiento de burbujas al someterla a la solución de agua oxigenada.
- La temperatura aumenta con el tiempo porque la enzima catalasa está catalizando la reacción que consiste en transformar el peróxido de hidrógeno en agua más oxígeno.

El aumento de la temperatura implica que se incremente la velocidad de la reacción llevada a cabo por la catalasa y además el peróxido de hidrógeno es un catalizador que también aumenta la velocidad de la reacción.
- Según asciende la temperatura, la catalasa aumenta su velocidad de reacción, hasta el momento en que debido al incremento de temperatura la enzima comienza a desnaturalizarse, por tanto, la reacción no se produce, no se desprende calor y disminuye la temperatura del medio.

- Muchas de las bacterias patógenas son anaerobias, y mueren en ambientes ricos en oxígeno. Por ello, al echar agua oxigenada sobre la herida se produce su descomposición debido a la catalasa presente en los tejidos, descomponiéndose en agua y oxígeno, que provoca la muerte de las bacterias.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1.

Catabolismo	Anabolismo
• Son reacciones de degradación. • Son reacciones de oxidación. • Desprenden energía. • A partir de muchos sustratos diferentes se forman casi siempre los mismos productos, principalmente dióxido de carbono, ácido pirúvico y etanol. • Hay convergencia en los productos.	• Son reacciones de síntesis. • Son reacciones de reducción. • Precisan energía. • A partir de unos pocos sustratos se pueden formar muchos productos diferentes. • Hay divergencia en los productos.

- En estas condiciones, al principio son posibles todos los tipos de metabolismo, puesto que hay materia orgánica, materia inorgánica, oxígeno y luz; pero con el tiempo, si la materia orgánica acumulada es muy superior a los otros nutrientes, la situación es diferente. Como la fotosíntesis bacteriana no desprende oxígeno, y como hay mucha materia orgánica en descomposición, las bacterias respiradoras lo agotan, por lo que ya no pueden sobrevivir ni las bacterias que hacen la respiración aeróbica ni las que realizan la quimiosíntesis (también necesitan mucho oxígeno para oxidar los compuestos inorgánicos). Como hay mucha materia orgánica en descomposición, las bacterias anaeróbicas, que utilizan NO₃⁻, SO₄²⁻, como receptores de los hidrógenos, finalmente también los agotan, por lo cual no podrán sobrevivir ni las bacterias que hacen la respiración anaeróbica ni las que realizan la fotosíntesis litotrofa, puesto que su fuente de N y de S son los nitratos y los sulfatos, respectivamente. En el agua habrá mucho H₂S, H₃N, H₄C y otras sustancias reductoras procedentes de la materia orgánica en descomposición. Las que podrán vivir muy bien son las bacterias que llevan a cabo las fermentaciones, puesto que esta vía tan solo necesita materia orgánica, y las que realizan la fotosíntesis organotrofa, pues además de luz necesitan materia orgánica como fuente de carbono, de nitrógeno y de azufre.
- El NAD⁺ es un dinucleótido de nicotinamida y adenina que interviene como coenzima en algunas reacciones metabólicas, como la respiración celular, actuando como transportador de electrones (reacciones de deshidrogenación). En estas deshidrogenaciones toman protones y electrones de algunas moléculas y quedan como NADH (forma reducida). En estado reducido puede ceder fácilmente electrones y protones a otras moléculas, quedando como forma oxidada (NAD⁺).

El ATP (adenosín trifosfato) es un nucleótido de enorme importancia en el metabolismo, ya que puede actuar como molécula energética, al ser capaz de almacenar o ceder energía gracias a sus dos enlaces éster-fosfóricos, que son capaces de

almacenar, cada uno de ellos, 7,3 kcal/mol. Al hidrolizarse se rompe el último enlace éster-fosfórico (desfosforilación) produciéndose ADP (adenosín difosfato) y una molécula de ácido fosfórico, que se suele simbolizar como P_i , liberándose además la energía citada anteriormente. Se dice así que el ATP es la moneda energética de la célula, pues representa la manera de tener almacenada un tipo de energía de pronto uso. En todas las reacciones metabólicas en las que se necesita energía para la síntesis de biomoléculas se utiliza ATP.

4. Las enzimas son biocatalizadores de las reacciones biológicas, que actúan disminuyendo la energía de activación y, por tanto, aumentando la velocidad de la reacción. Si una reacción no estuviese catalizada por una enzima sería mucho más lenta o podría no llegar a producirse.
 - Todas las enzimas cumplen las siguientes características:
 - Actúan incluso en cantidades pequeñas.
 - No se modifican a lo largo de la reacción.
 - No se consumen durante la reacción, así que al final de la misma hay igual cantidad de enzima que al principio.
 - Son muy específicas. Así, actúan en una determinada reacción sin alterar otra.
 - Actúan siempre a temperatura ambiente, es decir, a la temperatura del ser vivo.
 - Presentan un peso molecular muy elevado.

Las enzimas, a excepción de las ribozimas que son unos ARN con función catalítica, son proteínas globulares.

Según su estructura, se pueden distinguir dos tipos de enzimas, las estrictamente proteicas, formadas exclusivamente por aminoácidos, que pueden estar constituidas por una o más cadenas polipeptídicas, y las holoenzimas, que son las enzimas constituidas por una fracción proteica, llamada apoenzima, y una fracción no proteica, denominada cofactor. Los cofactores pueden ser inorgánicos (cationes metálicos como Zn^{2+} , Ca^{2+} ...) o moléculas orgánicas complejas. Si dicha molécula orgánica se une débilmente a la fracción proteica o apoenzima de la enzima, se denomina cosustrato o coenzima. Los principales coenzimas son: ATP, NAD^+ , $NADP^+$, FAD, FMN, etc. Si el cofactor se une fuertemente a la fracción proteica, se denomina grupo prostético; por ejemplo, el grupo hemo de las enzimas citocromo-oxidasas.

5. a) **Vitamina:** son sustancias de origen químico muy variado que los animales no pueden sintetizar o lo hacen en una cantidad insuficiente. Las plantas y las bacterias sí pueden sintetizarlas, por eso es importante incluir vegetales en la dieta. Son precursores de coenzimas y de moléculas activas en el metabolismo o son imprescindibles para su síntesis. Una molécula de vitamina con un pequeñísimo cambio en su estructura puede transformarse en una molécula activa, sea una coenzima o no.

Avitaminosis: es la carencia total de una determinada vitamina o de varias.

Hipovitaminosis: es la carencia parcial de una vitamina en la dieta.

Hipervitaminosis: si existe un exceso de vitaminas se produce por su acumulación y la imposibilidad del organismo de eliminarlas.

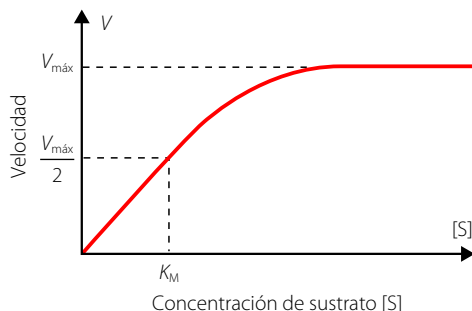
- b) Las vitaminas podemos clasificarlas en dos grandes grupos: vitaminas liposolubles y vitaminas hidrosolubles.
 - Las **vitaminas liposolubles.** Son de naturaleza lipídica y, por tanto, son solubles en disolventes orgánicos. Generalmente no son cofactores o precursores. En los ani-

males se encuentran en el tejido adiposo. Pertenecen a este grupo las vitaminas A, D, E y K.

- Las **vitaminas hidrosolubles.** Son solubles en agua y, por tanto, se difunden muy bien por la sangre. Generalmente actúan como coenzimas o precursores de coenzimas. Pertenecen a este grupo las vitaminas del complejo B (B_1 , B_2 , B_3 , B_5 , B_6 , B_8 , B_9 y B_{12}) y la vitamina C.

6. En una reacción enzimática con una concentración de enzima constante, al aumentar la concentración de sustrato se produce un aumento de la velocidad de reacción. Así, mientras existen moléculas de enzima libre, a mayor número de moléculas de sustrato, más moléculas de producto aparecerán. Sin embargo, si se sigue aumentando la concentración de sustrato, llegará un momento en el que la velocidad de reacción deje de aumentar y no varíe. Se alcanza una velocidad máxima que no es posible superar. Ello se debe a que no existen moléculas de enzima libre, ya que todas están ocupadas por moléculas de sustrato. Según se forman moléculas de producto, quedan moléculas de enzima libres, que pueden aceptar nuevas moléculas de sustrato.

Si se representa gráficamente la velocidad de reacción con la que aparece un producto (moles de producto formados por unidad de tiempo) en función de la concentración de sustrato, y manteniendo la concentración de enzima constante, se obtiene una gráfica del tipo hipérbola:

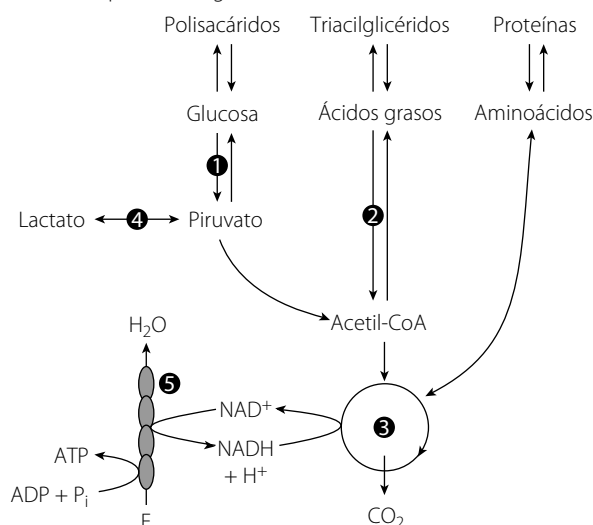


En la gráfica se puede observar una constante, denominada constante de Michaelis-Menten (K_M), que es la concentración del sustrato a la cual la velocidad de la reacción es la mitad de la velocidad máxima. K_M depende de la afinidad que hay entre una enzima y su sustrato.

7. En condiciones anaeróbicas (sin oxígeno) las grasas (triacilglicéridos) no pueden oxidarse completamente, siguiendo el ciclo de Krebs, y formar CO_2 . En cambio, en condiciones aeróbicas (con oxígeno) se puede realizar la respiración aeróbica, oxidando completamente las grasas. Las etapas que se seguirían en la oxidación completa de las grasas serían:
 - En primer lugar se produciría una hidrólisis de las grasas, catalizada por las lipasas, que rompen las uniones éster y liberan los ácidos grasos de la glicerina.
 - La glicerina puede transformarse en dihidroxiacetona e integrarse en la segunda fase de la glucólisis, degradándose completamente en el ciclo de Krebs y obteniendo el rendimiento energético correspondiente en la cadena respiratoria.
 - Los ácidos grasos obtenidos en el citoplasma entran en la mitocondria, donde sufren la β -oxidación. A través de dicho proceso, los ácidos grasos se degradan en cada vuelta eliminando dos carbonos en forma de acetil-CoA, que se incorpora al ciclo de Krebs y sigue la oxidación completa,

obteniéndose el rendimiento correspondiente en la cadena respiratoria.

Sin oxígeno –como pasa en un ejercicio muy intenso y breve–, lo que se puede hacer es oxidar de forma parcial los glúcidos, siguiendo las vías de glucólisis y fermentación láctica, pero no las grasas.



8. a) En el interior de la mitocondria, en la matriz mitocondrial.
b) El destino será la respiración celular, la cadena respiratoria o la cadena de transporte mitocondrial.
c) Glucólisis, ciclo de Krebs, β -oxidación de ácidos grasos, desaminación de algunos aminoácidos, etc.
9. Cuando en las células musculares de los animales no hay suficiente oxígeno para realizar un sobreesfuerzo físico, el ácido pirúvico procedente de la glucólisis no puede oxidarse en la mitocondria y se transforma en ácido láctico, siguiendo el camino de la fermentación láctica. La acumulación de ácido láctico da lugar a la formación de unos pequeños cristales que pinchan el músculo y producen los dolores conocidos como «agujetas».
10. Se obtiene mayor energía en la degradación aerobia por vía de la cadena respiratoria que en la fermentación. En la respiración aerobia se produce la oxidación completa de los átomos de carbono hasta dióxido de carbono. Asimismo, la diferencia en los potenciales de óxido-reducción del sustrato que se oxida y del aceptor final de electrones (oxígeno) es grande, lo que implica una síntesis de ATP considerable. Además, en la fosforilación oxidativa por cada par de electrones cedidos desde el FADH_2 hasta la molécula de oxígeno se obtienen dos moléculas de ATP, y por cada par cedido desde el NADH se obtienen tres ATP. En total, por cada molécula de acetil-CoA que inicia el ciclo de Krebs se obtiene un balance de 12 moléculas de ATP. Si se considera la oxidación completa de una molécula de glucosa, se producen 38 ATP.

Por el contrario, en la degradación de la glucosa mediante la fermentación no hay síntesis de ATP en las ATP-sintetasas, solo hay síntesis de ATP a nivel de sustrato. Además, las fermentaciones son oxidaciones incompletas del sustrato, siendo los productos finales orgánicos que conservan un contenido energético importante. Ello explica la baja rentabilidad energética de las fermentaciones. Así, la fermentación de una molécula de glucosa supone únicamente 2 ATP.

11.

	Nombre del proceso	Compartimento celular donde se produce
Glucosa $\rightarrow$ ácido pirúvico	Glucólisis	Citosol
Ácido graso $\rightarrow$ acil-CoA	Activación del ácido graso	Citosol
β -hidroxiacil-CoA $\rightarrow$ β -cetoacil-CoA	Una etapa de la β -oxidación	Matriz mitocondrial
Ácido pirúvico $\rightarrow$ acetil-CoA	Descarboxilación oxidativa	Mitocondria
Ácido α -cetoglutarico $\rightarrow$ succinil-CoA	Una etapa del ciclo de Krebs	Matriz mitocondrial
Acetil-CoA $\rightarrow$ CO_2	Descarboxilación	Matriz mitocondrial
$\text{NAD}^+ \rightarrow \text{NADH} + \text{H}^+$	Reducción del NAD^+	Citosol y mitocondria
Alanina $\rightarrow$ ácido pirúvico + NH_4^+	Desaminación oxidativa	Citosol

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. El metabolismo es el conjunto de reacciones químicas que se producen en el interior de las células y que conducen a la transformación de unas biomoléculas en otras. Se pueden diferenciar dos fases en el metabolismo:

El catabolismo es la transformación de moléculas orgánicas complejas (degradación) en otras más sencillas, proceso en el que se libera energía, utilizable por la célula, que se almacena en los enlaces fosfato del ATP. Las reacciones catabólicas tienen lugar en todos los organismos, autótrofos y heterótrofos. También se genera poder reductor ($\text{NADH} + \text{H}^+$) que la célula empleará en los procesos anabólicos.

El anabolismo es la síntesis de moléculas orgánicas complejas a partir de otras biomoléculas más sencillas, para lo cual se suministra energía, proporcionada por los enlaces fosfato del ATP y poder reductor. Las moléculas de ATP necesarias en esta fase pueden proceder de las reacciones catabólicas, de la fotosíntesis (en plantas y algunos microorganismos) o de la quimiosíntesis (en otros microorganismos).

Ejemplos de procesos catabólicos: respiración, fermentación, etc.

Ejemplos de procesos anabólicos: síntesis de proteínas, glucogenogénesis, glucogénesis, fotosíntesis.

2. a) Las enzimas son proteínas globulares que actúan como biocatalizadores de las reacciones biológicas. Actúan disminuyendo la energía de activación y, por tanto, aumentan la velocidad de la reacción. Así, al ser las enzimas proteínas sí puede aparecer en ellas la estructura C.
b) Determinadas enzimas, llamadas holoenzimas, no son exclusivamente proteicas, sino que están constituidas además por una parte no proteica, llamada cofactor. Los cofactores pueden ser inorgánicos (cationes metálicos como

Zn^{2+} , Ca^{2+} ...) o moléculas orgánicas complejas. Si dicha molécula orgánica se une débilmente a la fracción proteica o apoenzima de la enzima, se denomina cosustrato o coenzima. Las principales coenzimas son: ATP, NAD^+ , $NADP^+$, FAD, FMN, etc. Si el cofactor se une fuertemente a la fracción proteica, se denomina grupo prostético; por ejemplo, el grupo hemo de las enzimas citocromo-oxidasas.

- c) El centro activo de una enzima es la región de esta que se une al sustrato. Los centros activos de una enzima están formados por aminoácidos, tienen una estructura tridimensional en forma de hueco que facilita el anclaje al sustrato y constituyen una parte muy pequeña del volumen total de la enzima.
3. Porque la especificidad enzimática llega a discernir una y otra, y así favorece una reacción de la primera y queda inactiva (neutral) respecto de la reaccionabilidad de la segunda.
4. a) - 3. b) - 1. c) - 4. d) - 5. e) - 2.
5. a) Vitamina K.
b) Vitamina C.
c) Vitamina A.
d) Vitamina B2 (riboflavina).
e) Vitamina B9 (ácido fólico).
f) Vitamina B12 (cobalamina).
g) Vitamina B5 (ácido pantoténico).
6. a)

Número	
1	Glucólisis
2	Glucogenogénesis
3	Ciclo de Krebs
4	Síntesis de proteínas
5	Cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, cadena de transporte electrónico

Letra	
A	Glucógeno, polisacárido
B	Aminoácidos
C	ATP
D	CO_2
E	H_2O

- b) El ciclo de Krebs y la cadena respiratoria tienen lugar en la mitocondria, concretamente en la matriz mitocondrial. Sin oxígeno el ciclo de Krebs no funciona y no se pueden oxidar los glúcidos y grasas hasta CO_2 . Por tanto, si no poseen mitocondrias la única posibilidad es la de utilizar la vía anaerobia de la oxidación parcial de la glucosa (o glucógeno) hasta lactato (fermentación láctica).
7. La fermentación es un proceso catabólico en el que no interviene la cadena respiratoria. Debido a ello presenta las siguientes diferencias respecto a la respiración: 1.º) el aceptor final de hidrógenos no es ni el oxígeno del aire, como pasa en la respiración aeróbica, ni los nitritos ni sulfatos, como sucede

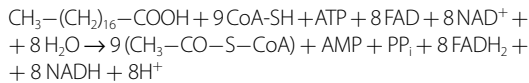
en la respiración anaeróbica; 2.º) no hay síntesis de ATP a nivel de las ATP-sintetasas, sino solo a nivel de sustrato; 3.º) como el aceptor final de hidrógenos es un compuesto orgánico, este se reduce más, lo que equivale a que al final de una fermentación siempre hay un producto orgánico, y no solo sustancias inorgánicas (CO_2 , H_2O , NO_2^- , SH_2 , etc.) como sucede en la respiración si se realiza completamente. 4.º) El rendimiento energético de la fermentación es muy bajo, por ejemplo, en la fermentación de glúcidos se limita a los 2 ATP que se producen durante la glucólisis, frente a los 38 ATP que rinde por respiración. 5.º) Respecto a la respiración aeróbica, la fermentación se diferencia en que es una vía anaeróbica.

8. El acetil-CoA proviene de la degradación de la glucosa, degradación de ácidos grasos y degradación de algunos aminoácidos, actuando así esta molécula como punto de conexión de las rutas catabólicas en las que las moléculas orgánicas se han oxidado solo parcialmente.

AMPLIACIÓN

1. Aumentaría bruscamente la temperatura del medio interno celular, con la consiguiente destrucción de la estructura secundaria y terciaria de las proteínas, y de la estructura en doble hélice del ADN.
2. Porque consumen mucho pescado, en los aceites del cual es muy abundante la vitamina D. Hay una hipótesis sobre que la pérdida de melanina en las razas humanas, todas surgidas del *Homo sapiens sapiens* africano, con la piel muy probablemente negra debido a la insolación, está relacionada con la necesidad de que la piel pueda sintetizar la suficiente vitamina D, pese a que se viva en un medio con una insolación más baja que en las zonas tropicales.
3. El alcohol (CH_3-CH_2OH) es oxidado en las células hepáticas hasta CO_2 , que es espirado, e hidrógenos que quedan en forma de NADH. Si este es muy abundante se reduce la actividad del ciclo de Krebs (sus productos también son CO_2 y NADH). Debido a ello los glúcidos y los lípidos en lugar de ser catabolizados por respiración, dan lugar a grasas, que se acumulan en las células del hígado, debido a lo cual, al cabo de unos cuantos años, muchas de ellas mueren. Esto origina cicatrices que impiden la llegada de sangre a determinados sectores del hígado, por lo que se necrosan. Es la llamada cirrosis hepática, que generalmente conduce a la muerte del paciente.
4. a) Una molécula de triestearina es hidrolizada por las enzimas lipasas de la célula adiposa, que es donde se acumulan los triglicéridos, y da lugar a una glicerina y a tres ácidos esteáricos $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$. La glicerina se fosforila y se oxida y da lugar a dihidroxiacetona-fosfato. Para ello se precisa el gasto de un ATP y se produce un NADH.
- $Glicerina + ATP + NAD^+ \rightarrow dihidroxiacetona-fosfato + ADP + NADH + H^+$
- La dihidroxiacetona-fosfato luego se isomeriza en gliceraldehído-3-fosfato, el cual, en las células del hígado, puede seguir la vía de la glucólisis y dar lugar a ácido pirúvico, 1 ($NADH + H^+$) y a 2 ATP. A partir de un ácido pirúvico en el sistema piruvato deshidrogenasa y en el ciclo de Krebs se forman 4 ($NADH + H^+$), 1 $FADH_2$ y 1 GTP. Después, en la cadena respiratoria, los 6 ($NADH + H^+$) dan 18 ATP; el $FADH_2$, da 2 ATP, lo cual son 20 ATP, que menos el ATP gastado al principio, más los 2 ATP de la glucólisis, más el GTP del ciclo de Krebs son 22 ATP, obtenidos a partir de la glicerina.

Cada ácido esteárico primero se transforma en acil-CoA, luego sigue la β -oxidación en las mitocondrias, y da lugar a acetil-CoA que pasa al ciclo de Krebs y después a la cadena respiratoria. El rendimiento energético de cada uno de ellos es:



Rendimiento energético:

$$9 \times 12 \text{ ATP} + 8 \times 2 \text{ ATP} + 8 \times 3 \text{ ATP} - 2 \text{ ATP} = 146 \text{ ATP}$$

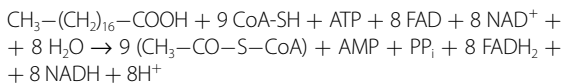
Por tanto, la respiración total de una triestearina da lugar a 460 ATP ($22 + 3 \times 146 = 460$).

- b) La maltosa procede de la hidrólisis del almidón gracias a las enzimas amilasas de la saliva y del jugo pancreático. Luego, la maltosa se desdobra por hidrólisis en dos glucosas gracias a la enzima maltasa presente en la superficie de las microvellosidades de las células epiteliales que revisten el intestino delgado. Como ya se ha explicado en el texto, la glucosa por respiración genera 38 ATP, por tanto, una maltosa da lugar a 76 ATP.

5. En los mamíferos la degradación de los prótidos produce **amoniaco** (NH_3), que se transforma en el hígado en **urea** que es excretada por la **orina**.

También es válido decir que la degradación de los prótidos produce «ión amonio»

6. Reacción del ácido esteárico:

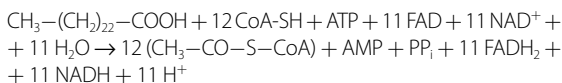


Rendimiento energético:

$$9 \times 12 \text{ ATP} + 8 \times 2 \text{ ATP} + 8 \times 3 \text{ ATP} - 2 \text{ ATP} = 146 \text{ ATP}$$

Un mol de ácido esteárico rinde 1029 kcal ($146 \times 7 = 1022$).

Reacción del ácido lignocérico:



Rendimiento energético:

$$12 \times 12 \text{ ATP} + 11 \times 2 \text{ ATP} + 11 \times 3 \text{ ATP} - 2 \text{ ATP} = 197 \text{ ATP}$$

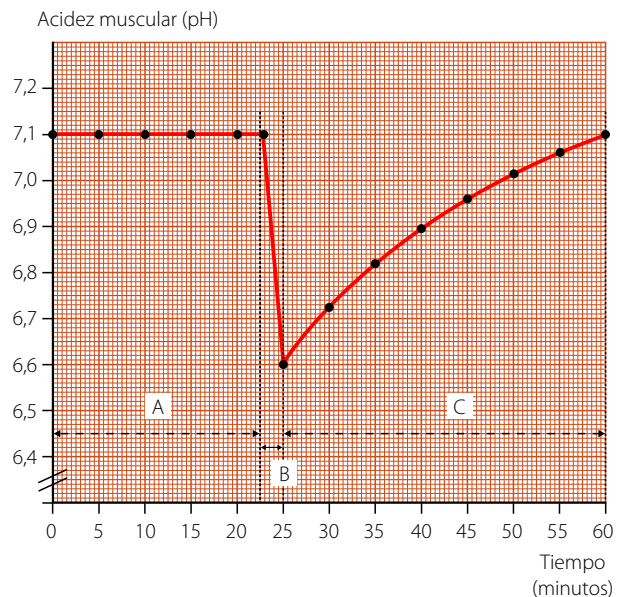
Un mol de ácido esteárico rinde 1386 kcal ($197 \times 7 = 1379$).

7. Ambos procesos compiten por el NAD^+ y el FAD que proceden de la cadena respiratoria.
8. Que se puede autorregular la actividad, por ejemplo, si el producto final actúa como inhibidor o si el sustrato actúa como activador.
9. Porque también eliminan las colonias bacterianas simbiotes del intestino que producen vitaminas como, por ejemplo, B8, B12 y K3.
10. Si la energía se desprendiera en forma de calor, aumentaría la temperatura interna celular, o la del tracto digestivo si son enzimas de la digestión, hecho que puede ser peligroso para el organismo. Por otro lado, esta energía se desprendería al exterior sin poderse almacenar para aprovecharla más adelante. Normalmente se almacena en forma de ATP ($\text{ADP} + \text{P}_i + \text{energía} \rightarrow \text{ATP}$).

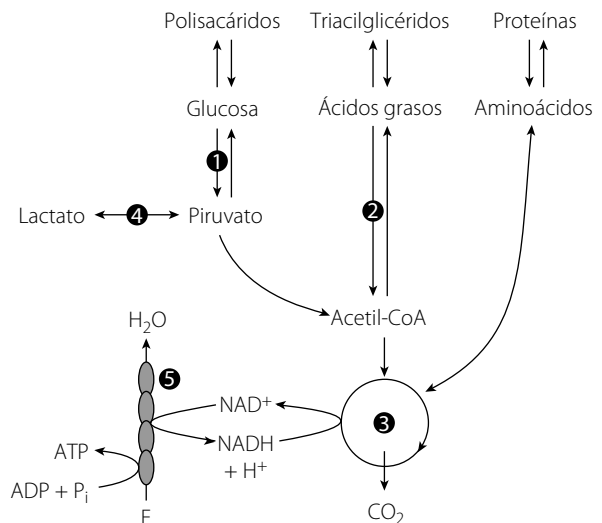
La energía almacenada se puede invertir en producir luz, como hacen las luciérnagas para atraer a los machos o los peces abisales para atraer a las presas.

11. a) Duración aproximada de la carrera: 25 minutos.

Periodo de recuperación: 35 minutos.



b)

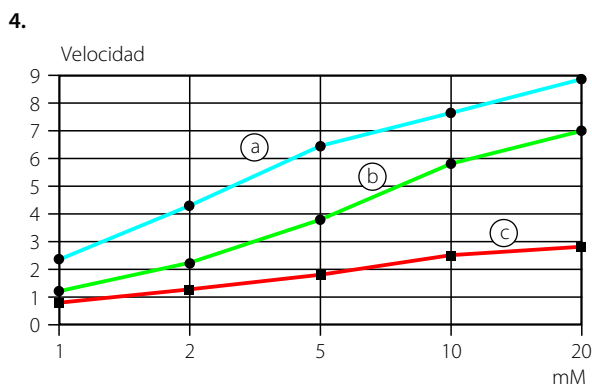


En los primeros 22 minutos y medio de carrera las vías metabólicas que tienen lugar son las del catabolismo aeróbico: 1-glucólisis o bien 2- β -oxidación de ácidos grasos + 3-ciclo de Krebs + 5-cadena respiratoria (o de transporte de electrones) y fosforilación oxidativa o formación de ATP por la ATP-sintetasa.

Si la demanda de energía al músculo por unidad de tiempo se incrementa mucho, como es el caso en un periodo de esfuerzo muy intenso, a alta velocidad, no es suficiente el ATP obtenido aeróbicamente, y se recurre a obtener ATP anaeróbicamente, a través de la fermentación láctica (4 en el gráfico), que es menos eficiente (2 ATP frente a 36-38) pero mucho más rápida. La reducción de pH se explica por la obtención de lactato, una sustancia ácida.

REFUERZO

1. a) Que pudo haber vida en la Tierra desde hace 3 500 millones de años pese a que no había oxígeno en su atmósfera. Lo que sí fue imprescindible es que sus aguas contenían mucha materia orgánica originada por síntesis abiótica (caldo primitivo).
- b) Este proceso permitiría la vida de estos organismos en planetas con atmósfera sin oxígeno, si el planeta presentara agua líquida y mucha materia orgánica en ella. Por tanto, se podría enviar a estos organismos e iniciar así la vida en dicho planeta.
2. La energía liberada se debe a que los electrones, al pasar de un transportador a otro, cada vez ocupan un orbital menor, es decir, un orbital más próximo al núcleo atómico, y por tanto de nivel energético inferior, por lo que hay sobrantes de energía.
3. El pH actúa influyendo en la capacidad de ionización de los radicales carboxilo ($-\text{COOH}$) y amino ($-\text{NH}_2$). Por ejemplo, un exceso de H_3O^+ (aquí usaremos la equivalente H^+) impide que se pueda ionizar el grupo carboxilo ($-\text{COOH} \rightarrow -\text{COO}^- + \text{H}^+$), dado que hay un exceso de H^+ al medio. Igualmente, un exceso de OH^- impide que se ionicen los grupos amino ($-\text{NH}_2 + \text{OH}^- \rightarrow -\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$), dado que hay un exceso de OH^- en el medio.



La gráfica superior, que con igual concentración de sustrato logra más velocidad de reacción, corresponde lógicamente a ausencia de inhibidor. La intermedia, que refleja cómo a medida que aumenta la concentración de sustrato disminuye la diferencia respecto de la curva sin inhibidor, corresponde a presencia de inhibidor competitivo, puesto que, a mayor concentración de sustrato, menos efecto produce el inhibidor. Finalmente, la inferior corresponde a la presencia de inhibidor no competitivo, puesto que por más que se aumente la concentración del sustrato, como el inhibidor se ha fijado en un lugar diferente del que ocupa el sustrato, la molécula de enzima queda inactiva.

5. Reacción a: la lipasa pertenece a la clase hidrolasas.
Reacción b: la ureasa pertenece a la clase hidrolasas.
Reacción c: la aspartasa es una liasa.
Reacción d: la fosfogliceromutasa es una isomerasa.
Reacción e: la glutamina sintetasa es una sintetasa.
6. a) Para demostrar la influencia de la temperatura se puede proceder igual que en el protocolo anterior, pero siguiendo cuatro pasos: 1.º) se pone en la nevera, 2.º) se deja a temperatura ambiente, 3.º al baño María a 40 °C, y 4.º al

baño María a 60 °C. A continuación se puede comprobar cada quince minutos la persistencia del almidón, y así observar las diferencias de velocidad de reacción debido a la temperatura.

- b) Para demostrar la influencia del pH, se puede proceder como en el protocolo anterior, pero haciendo tres pasos b, uno que se deja en un medio básico añadiendo unas cuantas gotas de NaOH al 5 % hasta llegar a un pH de 8,5 o superior; otro que se deja tal y como está, y otro que se deja a un pH ácido añadiendo unas cuantas gotas de HCl al 5 % hasta llegar a un pH 6 o inferior. A continuación se puede comprobar cada quince minutos la persistencia del almidón, y así observar las diferencias de velocidad de reacción debido al pH.

7. a) El esquema representa la glucólisis. En dicho proceso una molécula de glucosa (seis átomos de carbono) se escinde en dos moléculas de piruvato (tres átomos de carbono cada una). Además, finalmente, por cada molécula de glucosa se producen dos moléculas de NADH y dos moléculas de ATP.

La glucólisis tiene lugar en casi todas las células, de las células procariotas a las eucariotas, tanto animales como vegetales.

El proceso tiene lugar en el citoplasma.

- b) Para que comience la glucólisis se precisan dos moléculas de ATP. Sin embargo, en dicho proceso se generan cuatro moléculas de ATP, por lo que el balance final del mismo es la producción de dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa que se oxida. El ATP que se genera lo hace por fosforilación a nivel de sustrato. Es la síntesis de ATP (GTP) por transferencia de un grupo fosforilo al ADP (GDP) a partir de la energía liberada de una biomolécula (sustrato) al romperse alguno de sus enlaces ricos en energía.
- c) El destino del piruvato originado tras la glucólisis depende del tipo de célula y de la disponibilidad de oxígeno. Puede seguir así diferentes vías:

- **Respiración aerobia.** El piruvato se oxida completamente en la mitocondria hasta convertirse en CO_2 y H_2O (compuestos inorgánicos). En este caso, los electrones y protones procedentes de dicha oxidación son transferidos desde el NADH y el FADH_2 hasta el oxígeno molecular, último aceptor.

- **Respiración anaerobia.** Esta vía es realizada por determinados microorganismos. En ella, el piruvato se oxida también completamente. Los aceptores finales de protones y electrones son sustancias inorgánicas presentes en el medio, diferentes al oxígeno, como los iones sulfato (SO_4^-) o los iones nitrato (NO_3^-), originándose respectivamente como productos finales iones sulfito (SO_3^-) o iones nitrito (NO_2^-).

- **Fermentación.** En este caso, el último aceptor de protones y electrones no es una molécula inorgánica, sino un compuesto orgánico, por lo que en la fermentación siempre da entre sus productos finales algún compuesto orgánico: etanol (fermentación alcohólica), ácido láctico (fermentación láctica), etc.

8. En ambas fermentaciones, por cada molécula de glucosa se forman dos moléculas de ATP, por tanto, el rendimiento es el mismo.

OBJETIVOS

1. Diferenciar los organismos según el tipo de materia que intercambian con el entorno y la fuente energética que utilizan.
2. Reconocer la importancia biológica de la fotosíntesis y saber las principales estructuras fotosintéticas que intervienen en dicho proceso.
3. Conocer las fases de la fotosíntesis y su localización celular.
4. Analizar los factores que influyen en la fotosíntesis.
5. Comprender los procesos quimiosintéticos, indicar los grupos más importantes de bacterias que la realizan y establecer diferencias con los procesos fotosintéticos.
6. Conocer los aspectos básicos del anabolismo heterótrofo: significado, localización celular e importancia biológica.

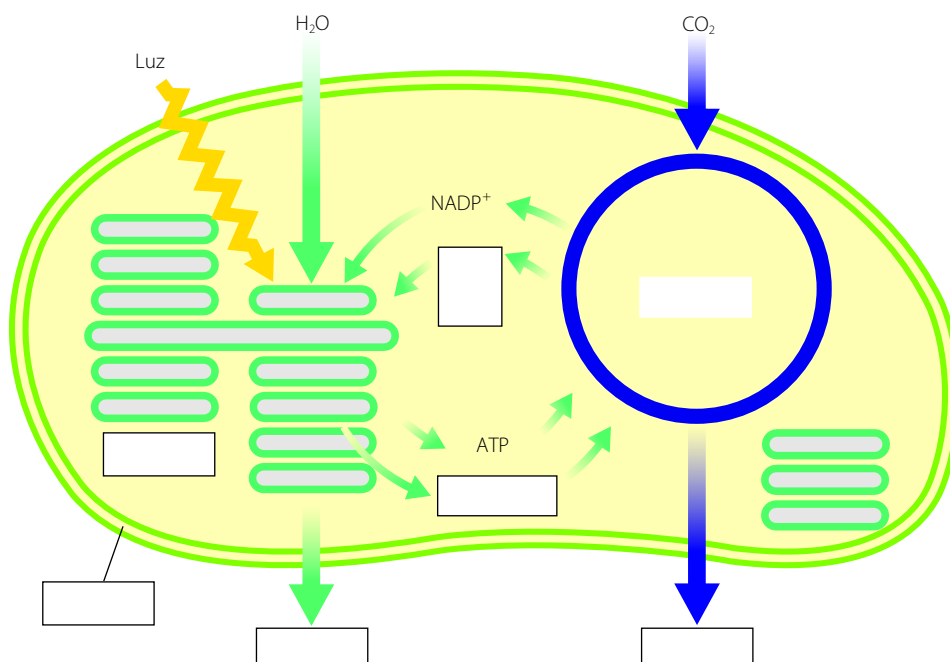
CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Formas de nutrición en los organismos. (Objetivo 1) • Pigmentos, sistemas de captación de luz y fotosíntesis: importancia como proceso biológico. (Objetivo 2) • Etapas del proceso fotosintético. (Objetivo 3): – Absorción y conversión de la energía luminosa. – Fijación del anhídrido carbónico y biosíntesis de fotoasimiladores. • Factores que influyen en la fotosíntesis. (Objetivo 4) • La quimiosíntesis. (Objetivo 5) • Anabolismo heterótrofo. (Objetivo 6) – Anabolismo de glúcidos. – Anabolismo de lípidos. – Anabolismo de aminoácidos – Anabolismo de ácidos nucleicos.	• Realización de un esquema o mapa conceptual sobre la clasificación de los organismos según su forma de nutrición. (Objetivo 1) • Elaboración de esquemas sobre la estructura interna de un fotosistema. (Objetivo 2) • Realización de un cuadro comparativo entre el fotosistema I y el II. (Objetivo 2) • Realización e interpretación de esquemas de las fases de la fotosíntesis. (Objetivo 3) • Utilización de gráficas para analizar los factores que influyen en el proceso fotosintético. (Objetivo 4). • Identificación de dibujos mudos sobre la estructura del ADN y del ARN. (Objetivo 4). • Realización de experiencias de laboratorio sobre el rendimiento fotosintético y la separación de pigmentos fotosintéticos mediante cromatografía. (Objetivos 2 y 4) • Resolución de ejercicios y problemas sobre anabolismo. (Objetivos 3, 4, 5 y 6) • Realización de un esquema general del metabolismo, relacionando las rutas anabólicas y catabólicas. (Objetivo 6)	• Valoración de la importancia de la fotosíntesis como soporte de vida en la Tierra. • Apremiar la importancia de los bosques para el mantenimiento de vida en la Tierra. • Curiosidad por conocer las diferentes fases de la fotosíntesis, su importancia biológica y localización celular. • Interés por conocer la relación entre las diferentes rutas metabólicas. • Reconocimiento de la necesidad de mantener una dieta equilibrada. • Valorar la importancia de otras ciencias (química, física y matemáticas) para la biología. • Respeto por las normas de uso de material de laboratorio.

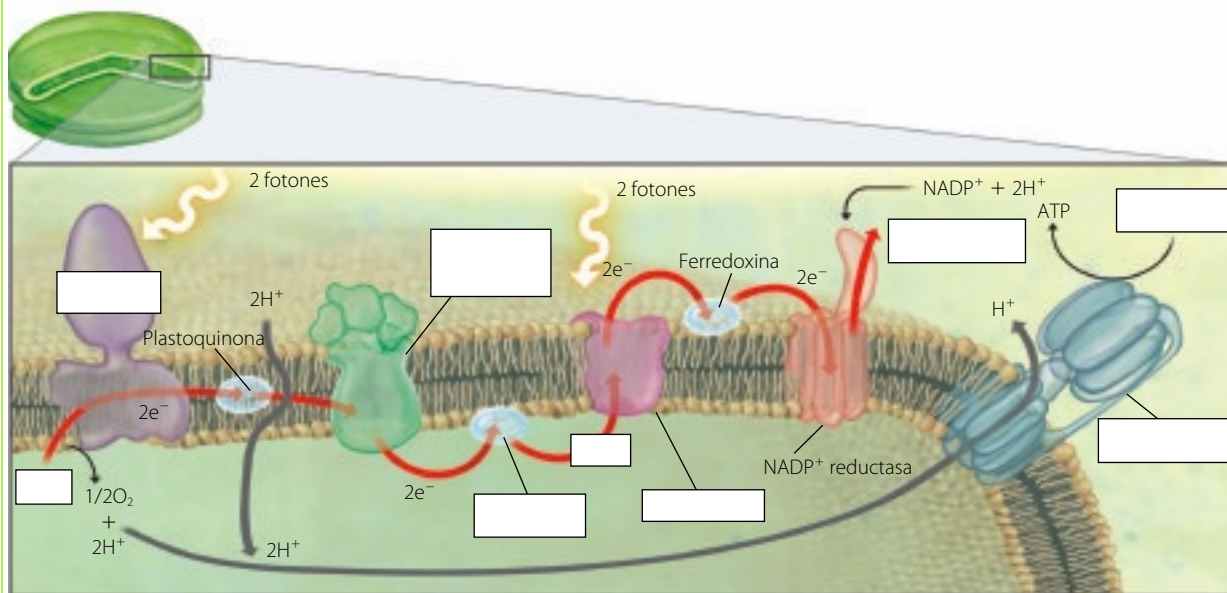
CRITERIOS DE EVALUACIÓN

	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Clasificar los diferentes organismos según su forma de nutrición. (Objetivo 1)	1	1 y 2
b) Indicar la importancia biológica de la fotosíntesis y conocer los pigmentos implicados en el proceso así como los componentes de los fotosistemas. (Objetivo 2)	2 y 3	3
c) Diferenciar las fases de la fotosíntesis, conociendo los productos iniciales, finales, localización celular e importancia biológica. (Objetivo 3)	4, 5 y 6	4 y 5
d) Conocer las etapas principales del ciclo de Calvin, su localización celular y su importancia biológica. (Objetivo 3)	7	6
e) Interpretar gráficas de los factores que influyen en el rendimiento fotosintético. (Objetivo 4)	8 y 9	7
f) Describir el proceso de quimiosíntesis, comparando dichos procesos con los fotosintéticos en cuanto a fuente de energía utilizada y organismos implicados. (Objetivo 5)	10	8
g) Conocer algunos ejemplos de rutas anabólicas, su relación con las rutas catabólicas, su localización celular, significado e importancia biológica. (Objetivo 6)	11	9 y 10

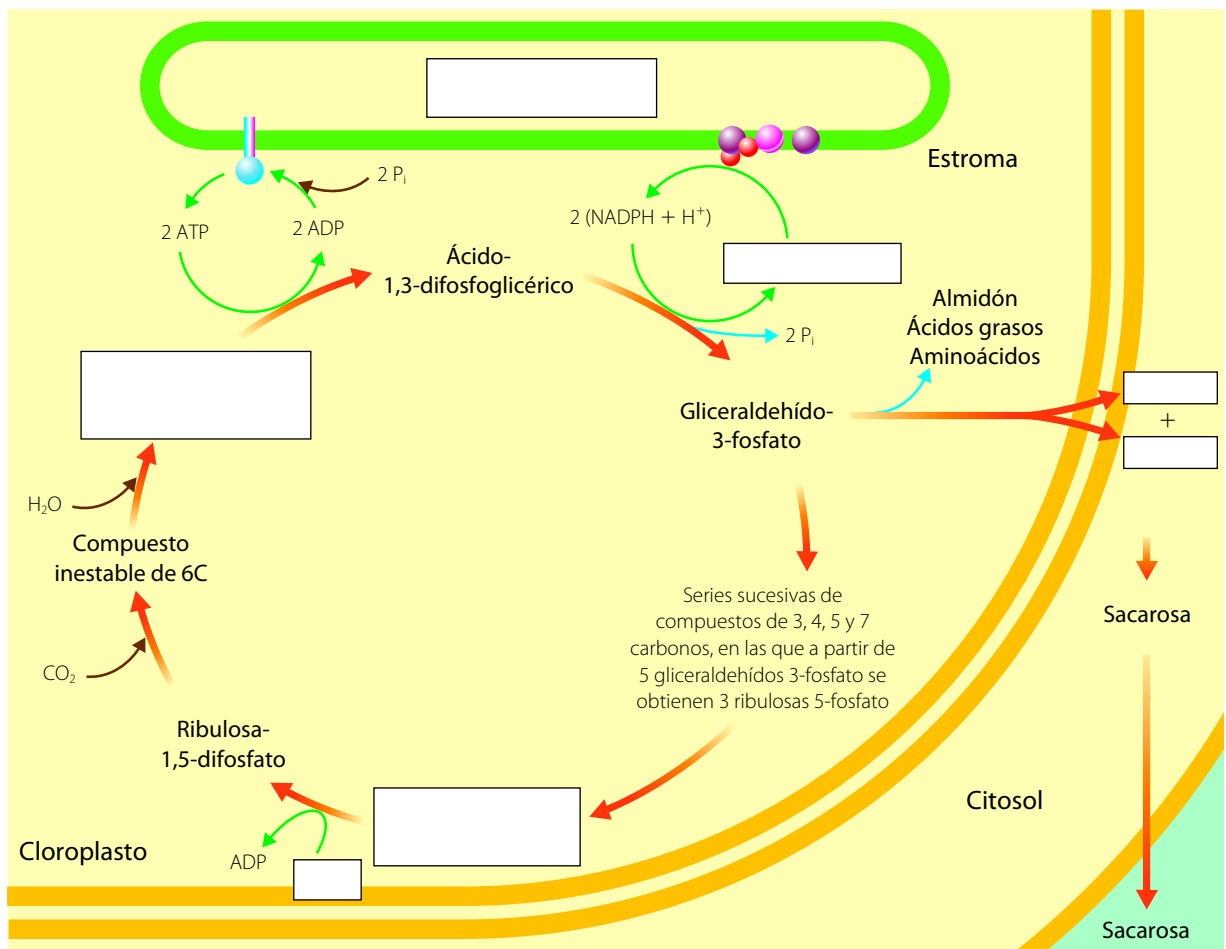
VISIÓN GENERAL DE LA FOTOSÍNTESIS



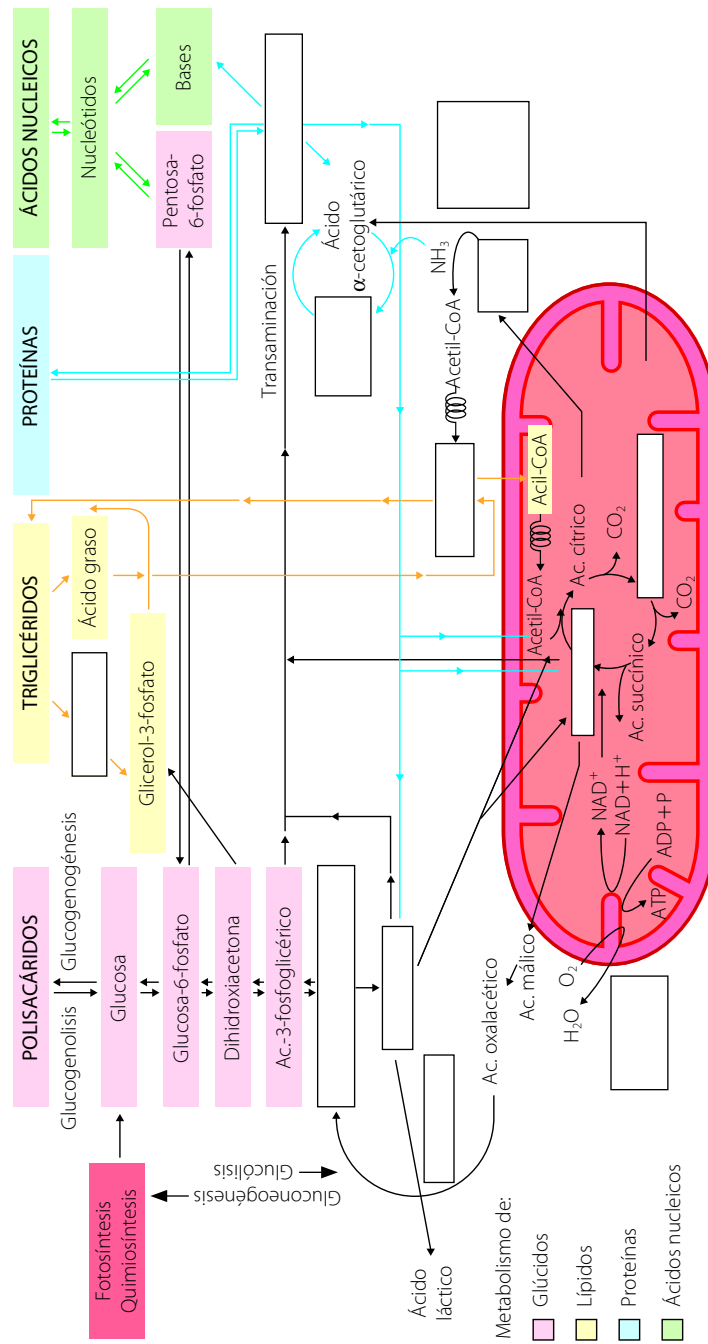
FASE LUMÍNICA ACÍCLICA



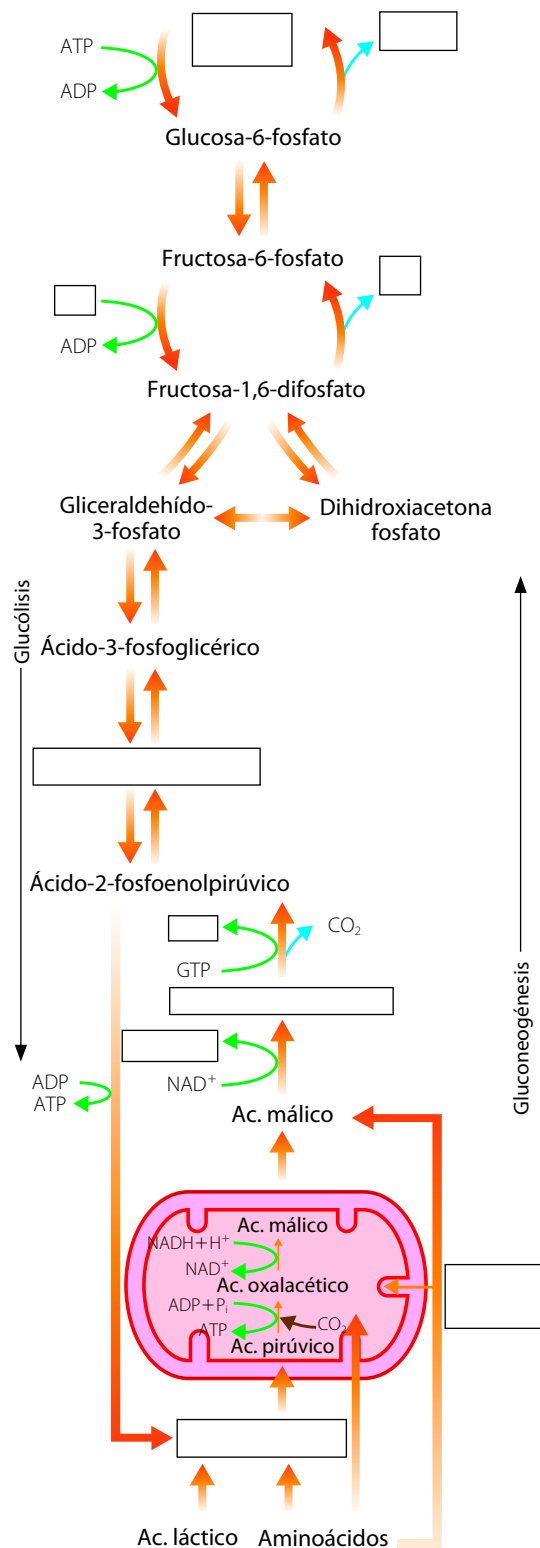
CICLO DE CALVIN



ESQUEMA DEL METABOLISMO EN UNA CÉLULA EUCARIOTA



ANABOLISMO DE GLÚCIDOS



¿Qué pigmentos intervienen en la fotosíntesis?

Las células vegetales poseen cloroplastos, y estos deben su color a un pigmento denominado clorofila. Sin embargo, en los cloroplastos, aparte de la clorofila (a y b) existen otros pigmentos fotosintéticos, como los carotenoides y las xantofilas. Todos los pigmentos presentan un grado diferente de solubilidad, lo que permite su separación.

Para identificar los pigmentos presentes en una hoja utilizaremos la técnica de «cromatografía sobre papel». Dicho procedimiento se basa en hacer subir sobre papel un líquido (alcohol) que contiene disueltos los pigmentos. Al hacer avanzar el alcohol con los pigmentos disueltos por un papel cromatográfico cuyas fibras de celulosa están más o menos húmedas a causa de la humedad del aire, los distintos pigmentos se separan debido a que el medio es cada vez más pobre en etanol y más rico en agua.

Objetivos

- Extraer y separar los pigmentos que forman parte de los cloroplastos, a partir de sus propiedades diferenciales respecto al color y la solubilidad.
- Introducción al estudio de la fotosíntesis.
- Comprender lo que es una solución y el concepto de solubilidad.

Material necesario

– Hojas de espinacas lavadas.	– CaCO_3 .
– Mortero.	– Espátula.
– Vaso de precipitados.	– Papel de filtro.
– Papel de filtro.	– Cápsula de Petri.
– Etanol de 96°.	– Papel para cromatografía (Wathman n.º 3).

1. Lava las hojas de espinacas, sécalas con papel de filtro, retira las nerviaciones y córtalas en trocitos pequeños.
2. Tritura los trocitos de espinaca en el mortero y añade 40 cc de etanol de 96° y una pequeña cantidad de CaCO_3 (lo que cabe en la punta de una espátula), para evitar la degradación de los pigmentos. Sigue triturando hasta que el líquido adquiera una coloración similar a la de la hoja.
3. Filtra la solución de pigmentos y recógelo en un vaso de precipitados.
4. Coloca parte del filtrado en una cápsula de Petri, hasta que alcance unos tres o cuatro milímetros de altura. Sitúa sobre él una tira de papel para cromatografía doblado en uve, de forma que se mantenga perpendicular a la placa, como se indica en el dibujo. Debe evitarse tocar el papel con los dedos en su parte central, y que el papel toque las paredes de la cápsula.
5. Espera unos treinta minutos. Enseguida verás cómo el alcohol va ascendiendo por la tira de papel cromatográfico y arrastra consigo algunos de los pigmentos que había disueltos. Observa el papel de cromatografía al trasluz, podrás distinguir mejor las bandas. En la disolución extraída del vegetal tendremos tantos pigmentos como bandas coloreadas aparezcan en la cromatografía.

Practica

1. ¿Qué colores han aparecido y en qué orden?
2. ¿A qué pigmentos corresponde cada color?
3. ¿Qué puedes decir de los pigmentos respecto a su solubilidad en etanol?

- 1 Completa el siguiente cuadro

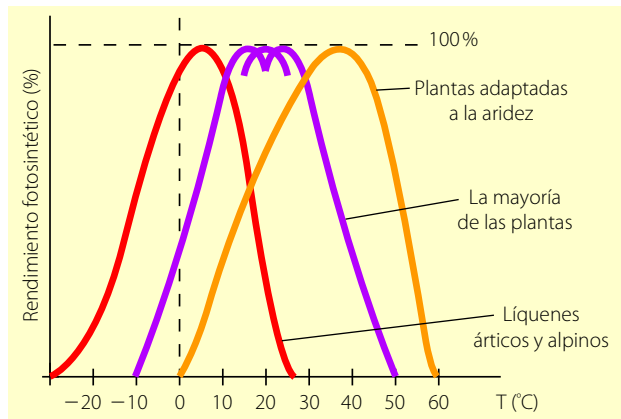
Tipos de organismo	Fuente de carbono	Fuente de energía	Ejemplo
Fotolitótrofo			
Fotoorganótrofo			
Quimiolitótrofo			
Quimiorganótrofo			

- 2 ¿Qué es un fotosistema? ¿Cuáles son sus componentes?
- 3 ¿Qué característica hace a los pigmentos fotosintéticos aptos para la fotosíntesis?
- 4 En un cloroplasto:
- ¿Dónde se realiza la fase lumínica de la fotosíntesis?
 - ¿Y el ciclo de Calvin?
 - ¿Qué moléculas se obtienen como resultado de la fase luminosa?
 - ¿Cuál es el destino de las moléculas obtenidas en la fase luminosa?
- 5 Explica detalladamente qué función desempeña el agua en el proceso fotosintético. ¿Cuál es el papel del CO_2 en el mismo proceso?
- 6 ¿Cuántos electrones se desprenden en la fotólisis de seis moléculas de agua?
- 7 Con relación con el ciclo de Calvin:
- Indica cuál es la finalidad de dicho ciclo y nombra el compartimento celular en el que transcurre.
 - Nombra y describe brevemente las fases de dicho ciclo.
 - Escribe una reacción global para dicho ciclo y cita el mecanismo por el que se ha obtenido el ATP necesario.

- 8 ¿Por qué crees que disminuye el rendimiento de la fotosíntesis con el aumento de la concentración de oxígeno en el interior de la hoja?

- 9 Interpreta la siguiente gráfica.

- 10 Algunas bacterias pueden obtener energía por quimiosíntesis:
- ¿En qué se diferencia la quimiosíntesis de la fotosíntesis?
 - ¿Cuáles son las principales fases de la quimiosíntesis?
 - Señala un ejemplo de bacterias del nitrógeno e indica su importancia.



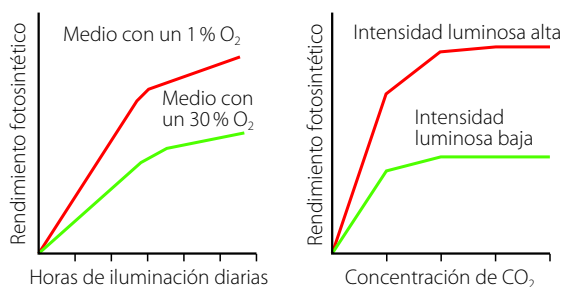
- 11 La glucólisis y la gluconeogénesis no deben considerarse procesos inversos, ya que poseen algunas rutas en común y otras que no lo son.
- Define ambos procesos.
 - ¿Cuál de ambos procesos es energéticamente desfavorable? ¿Por qué?
 - ¿En qué lugar de la célula ocurre cada proceso?
 - ¿Cuáles son las etapas que no tienen en común ambos procesos?
 - En determinadas rutas de ambos procesos intervienen enzimas diferentes. ¿Qué ventaja metabólica crees que confiere este hecho a la célula?
 - ¿En los animales, en qué lugar preferentemente ocurre la gluconeogénesis?

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

- 1 ¿Todos los heterótrofos son quimioorganótrofos? Explica la respuesta.
- 2 Explica la diferencia fundamental entre un organismo quimioautótrofo (quimiosintético) y un organismo fotoautótrofo (fotosintético).
- 3 Completa el siguiente cuadro.

	Fotosistema I	Fotosistema II
Molécula diana		
Aceptor primario		
Dador primario		
Abundante en...		

- 4 ¿Por qué se produce la fotólisis del agua?
- 5 ¿Qué diferencias hay entre la fotofosforilación no cíclica y la cíclica?
- 6 Referente al proceso fotosintético en organismos eucarióticos:
 - a) Indica qué organismos lo realizan y la localización subcelular concreta donde se lleva a cabo.
 - b) Escribe de forma abreviada la ecuación general de dicho proceso.
 - c) Indica la finalidad del ciclo de Calvin. ¿Qué molécula es la aceptora del CO_2 atmosférico en la fotosíntesis? ¿Qué se origina? ¿Qué enzima cataliza la reacción?
- 7 En relación con las gráficas adjuntas, contesta razonadamente las siguientes cuestiones:



- a) ¿Qué efecto tiene el tiempo de iluminación en el rendimiento fotosintético? ¿Y la concentración del O_2 en el medio? Explica para qué sirve la energía luminosa absorbida por las clorofilas.
- b) ¿Qué efecto tiene la concentración del CO_2 en el rendimiento fotosintético? ¿Y la intensidad luminosa?
- 8 Con respecto a la quimiosíntesis:
 - a) Describe brevemente en qué consiste dicho proceso.
 - b) ¿Se trata de un proceso anabólico o catabólico? Razona la respuesta.
 - c) Indica qué tipos de organismos la realizan.
- 9 ¿A qué se llama anabolismo heterótrofo? ¿En qué tipo de células se lleva a cabo? Señala cuatro procesos del anabolismo heterótrofo e indica en qué lugar de la célula tienen lugar.
- 10 Señala a partir de qué molécula se inicia la biosíntesis de ácidos grasos. ¿De qué orgánulo celular procede esta molécula?

- 1 ¿Podría haber fotosíntesis con solo un fotosistema?
- 2 ¿Sería posible la vida si el donador de hidrógenos fuera el H_2S en vez del H_2O ?
- 3 A través de un cuadro comparativo, señala las principales diferencias entre los procesos de fotofosforilación y fosforilación oxidativa.
- 4 ¿Sería posible la vida si solo se diera la fase luminosa cíclica?
- 5 Razona qué es más rentable desde el punto de vista energético, transformar 100 moléculas de glucosa libres a ácido láctico, o realizar la misma transformación a partir de 100 moléculas de glucosa que forman parte de una molécula de glucógeno.
- 6 En los seres humanos el exceso de azúcares que incorporamos en la dieta, como la glucosa, se almacenan en forma de grasas, pero ¿pueden las grasas transformarse en glucosa?
- 7 Calcula el número de moléculas de ATP que se requiere para incorporar seis moléculas de glucosa a una de glucógeno.

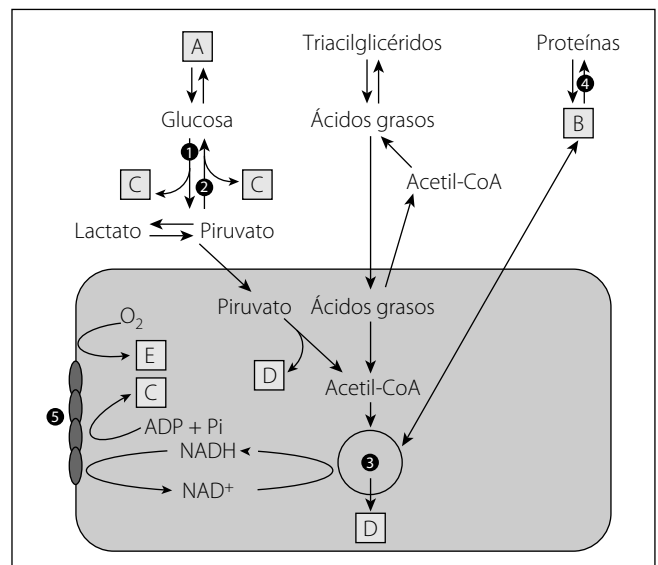
- 8 ¿Cuántas moléculas de acetil-CoA se requieren para la síntesis de una molécula de ácido butírico?

- 9 ¿De qué bases nitrogenadas puede proceder el ácido úrico de la orina?

- 10 ¿Qué aminoácido por transaminación da lugar al ácido pirúvico?

- 11 ¿Qué es la fotorrespiración? Señala las ventajas e inconvenientes de dicho proceso para las plantas.

- 12 Al llegar al planeta Mnesia, a bordo de una nave Hunter-44, el comandante Valdés captura Waina, una extraña criatura. El ordenador central hace un primer análisis de su metabolismo y dibuja el esquema siguiente:



Todavía no se han podido identificar los compuestos ni los procesos señalados, respectivamente, con letras y números. Os envían un mensaje encriptado para que les digáis cuáles serían estos compuestos y procesos si el metabolismo de Waina se asemejara al de los humanos.

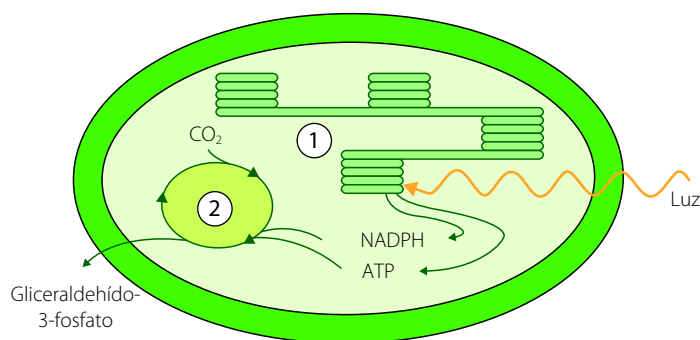
- a) Completa la tabla adjunta.
- b) Las células que transportan el oxígeno entre los órganos de Waina no tienen mitocondrias. Tomando como base el esquema anterior, explica cómo pueden obtener estas células la energía metabólica si no tienen mitocondrias, es decir, sin usar el oxígeno.

Número	Nombre correspondiente al metabolismo de los humanos
1	
2	
3	
4	
5	
Letra	Nombre correspondiente al metabolismo de los humanos
A	
B	
C	
D	
E	

- 1 Clasifica los seres vivos de acuerdo con:
 - a) La forma de obtener carbono.
 - b) La fuente de energía que emplean.
- 2 ¿Todos los organismos autótrofos son fotosintéticos? Justifica tu respuesta.
- 3 Explica qué son y qué función cumplen:
 - a) La ribulosa 1,5-difosfato carboxilasa (rubisco).
 - b) El centro de reacción.
 - c) El fotosistema.
 - d) El complejo ATP-sintetasa.
- 4 ¿Qué es la clorofila? ¿Cuál es su función en la fotosíntesis?
- 5 La glucosa es la molécula más abundante entre todas las que se forman por fotosíntesis. Escribe la ecuación química de la fotosíntesis de una molécula de glucosa.
- 6 ¿El oxígeno que se desprende durante la fotosíntesis procede del CO_2 o del H_2O ?
- 7 ¿En qué consiste la fotofosforilación? ¿Dónde se produce? ¿Cuántos tipos de fotofosforilación existen?

- 8 A la vista de la imagen, contesta a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Qué proceso biológico se representa en la figura? ¿En qué orgánulo se realiza? ¿Qué tipo de células lo llevan a cabo? ¿Cuál es la función del agua en este proceso y en qué se transforma?
- b) Describe brevemente qué ocurre en las fases señaladas con los números 1 y 2.



- 9 Los animales y las plantas utilizan además de los polisacáridos otro tipo de moléculas con función de reserva energética mucho más rica en energía, se trata de las grasas y aceites. Indica la reacción de síntesis del aceite de palma (tripalmitina) y explica por qué esta molécula es tan adecuada para esta función.

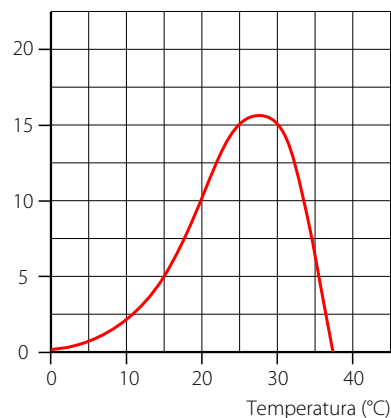
- 10 En un estudio sobre un grupo de plantas de climas templados se han obtenido los datos que se muestran en el gráfico, el cual indica la relación entre la temperatura y la actividad fotosintética (medida a partir de la cantidad de oxígeno liberado). Utiliza los datos que muestra el gráfico para responder a las cuestiones siguientes.

- a) ¿Rellena la tabla con los valores correspondientes:

Temperatura	0	10	25	40
Actividad fotosintética (oxígeno liberado)				

- b) Se considera que la temperatura óptima para la fotosíntesis permite liberar cantidades de O_2 superiores a 15 unidades. De acuerdo con este criterio señala en el gráfico cuál es la franja de temperatura óptima.
- c) El análisis de la forma de curva en el gráfico ha conducido a la siguiente conclusión: «La temperatura influye en la actividad fotosintética». Usa tus conocimientos sobre el proceso de la fotosíntesis para explicar la causa de esta conclusión.
- d) Escribe la ecuación general de la fotosíntesis, explica de dónde proviene el oxígeno liberado y justifica por qué se usa la liberación de oxígeno como una medida de la actividad fotosintética.

Actividad fotosintética (oxígeno liberado en unidades arbitrarias)



RECUERDA Y CONTESTA

1. En los cloroplastos.
2. La fase luminosa o dependiente de la luz y la fase oscura o independiente de la luz.
3. En la fase luminosa se genera ATP y nucleótidos reducidos ($\text{NADPH} + \text{H}^+$) y en la fase oscura se sintetiza materia orgánica.
4. A partir de moléculas sencillas, denominadas moléculas precursoras. En el caso del glucógeno se utiliza glucosa-6-fosfato.

ACTIVIDADES

1. El anabolismo autótrofo consiste en el paso de moléculas inorgánicas, a moléculas orgánicas sencillas y el anabolismo heterótrofo es la transformación de moléculas orgánicas sencillas en otras de mayor complejidad.
2. La fotosíntesis la realizan las plantas, las algas, las cianobacterias y las bacterias fotosintéticas.
La quimiosíntesis solo la realizan algunos tipos de bacterias, las denominadas bacterias quimiosintéticas.
3. No, existen algunos organismos autótrofos, como ciertos grupos de bacterias, que no realizan la fotosíntesis. Este es el caso de las bacterias quimiosintéticas.
4. Son moléculas capaces de convertir la energía luminosa procedente del sol en energía química.
5. El nombre se debe a que durante este proceso se produce oxígeno, que se libera al medio ambiente.
En la fotosíntesis anoxigénica no se libera oxígeno, sino que se forman precipitados de azufre.
Fotosíntesis oxigénica: plantas, algas y cianobacterias.
Fotosíntesis anoxigénica: bacterias purpúreas y verdes del azufre, que viven en las aguas sulfuradas.
6. Los pigmentos antena captan energía luminosa, se excitan y transmiten la energía de excitación de unas moléculas a otras hasta que la ceden finalmente al centro de reacción, constituyen el complejo captador de luz. Los pigmentos diana al recibir la energía captada por los pigmentos antena transfieren sus electrones a otra molécula, denominada primer aceptor de electrones.
7. Si no existe un primer donador de electrones, no tendría lugar la serie de reacciones químicas que constituyen la fotosíntesis.
8. El fotosistema I capta luz de longitud de onda menor o igual a 700 nm debido a su pigmento diana. Este fotosistema es abundante en los tilacoides del estroma y no puede romper la molécula de agua para liberar electrones al medio.
El fotosistema II tiene un pigmento diana que capta luz de longitud de onda menor o igual a 680 nm. Este fotosistema abunda más en los tilacoides apilados que forman los grana y puede romper las moléculas de agua para liberar al medio electrones que repongan los que ha cedido el pigmento diana.
9. La fotólisis de seis moléculas de agua da lugar a doce electrones.
10. No, porque no se produciría $\text{NADPH} + \text{H}^+$, necesario para la fase oscura de la fotosíntesis.
11. Proceden de la fotólisis del agua.
12. En la fase luminosa acíclica de la fotosíntesis se obtiene oxígeno, $\text{NADPH} + \text{H}^+$ y ATP.
En la fase luminosa cíclica solo se obtiene ATP.

13. La fase luminosa cíclica tiene lugar gracias al flujo de electrones y en ella se produce ATP, que es necesario además del que se obtiene durante la fase acíclica.
14. 700 nm.
15. La plastocianina.
16. Se utiliza la energía (ATP), el $\text{NADPH} + \text{H}^+$, procedentes de la fase lumínica, y el CO_2 para comenzar el ciclo de Calvin.
17. Los dos principales procesos son:
 - Fijación del dióxido de carbono (CO_2).
 - Reducción del CO_2 fijado.
 El G3P puede seguir tres vías:
 - Regeneración de la ribulosa-1,5-difosfato dentro de los cloroplastos, mediante un proceso complejo, en el que se suceden compuestos de cuatro, cinco y siete átomos de carbono. Este proceso recibe el nombre de ciclo de las pentosas-fosfato.
 - Síntesis de almidón, ácidos grasos y aminoácidos en los cloroplastos.
 - Síntesis de glucosa y fructosa fuera del cloroplasto, es decir, en el citosol, por un proceso similar a la glucólisis, pero en sentido inverso.
18. Por cada CO_2 que se incorpora en el ciclo de Calvin, se requieren, dos moléculas de NADPH y tres de ATP.
19. No, porque en la fase oscura se necesita $\text{NADPH} + \text{H}^+$ que procede de la fase luminosa acíclica.
20. Se une a la ribulosa-1,5-difosfato.
21. No, porque es necesario que el poder reductor, obtenido en la fase luminosa acíclica, sea utilizado en la fase oscura para la síntesis de compuestos orgánicos. No tendría sentido que las células almacenasen de forma indefinida $\text{NADPH} + \text{H}^+$.
22. Para que se forme una molécula de glucosa son necesarios 12 NADPH y 18 ATP.
23. La quimiosíntesis consiste en la síntesis de ATP a partir de la energía que se desprende en las reacciones de oxidación de determinadas sustancias inorgánicas.
24. Porque las bacterias oxidan los compuestos reducidos dando lugar a sales minerales que pueden ser absorbidas por las plantas. Estas bacterias cierran, por tanto, los ciclos biogeoquímicos, posibilitando la vida en el planeta.
25. No, se lleva a cabo tanto en las células autótrofas como en las heterótrofas.
26. La gluconeogénesis no es el proceso inverso de la glucólisis, ya que, aunque algunos pasos están catalizados por enzimas reversibles y son comunes a ambos procesos, existen tres pasos que no son reversibles:
 - Conversión del ácido pirúvico en ácido fosfoenolpirúvico.
 - Transformación de la fructosa-1,6-difosfato en fructosa-6-fosfato.
 - Conversión de glucosa-6-fosfato a glucosa.
27. Porque el ácido pirúvico puede proceder de la glucólisis, del catabolismo de los aminoácidos y de la transformación del ácido láctico producido por reacciones de fermentación en los músculos y estas reacciones no se tienen lugar en la mitocondria. En las células vegetales y en los microorganismos, además, el ácido pirúvico puede proceder de los ácidos grasos.

28. El acetil-CoA.
29. Se necesitan once moléculas de malonil-CoA, puesto que a partir de un butiril-SAG (cuatro átomos de carbono, dos de ellos procedentes de un malonil-CoA), en cada vuelta se añaden dos carbonos más procedentes de un malonil-CoA al ácido graso que se está sintetizando.
30. En el citosol.
31. No, puesto que la reacción por la que se forma acetil-CoA a partir del ácido pirúvico no es reversible, lo que supone que las moléculas de acetil-CoA formadas en la β -oxidación de los ácidos grasos de los lípidos no puedan convertirse en ácido pirúvico y seguir la vía inversa de la glucólisis hasta formar glucosa.
32. El ácido α -cetoglutarico.
33. Esta reacción es una desaminación porque el ion amonio proviene de los aminoácidos, alanina y glicina, que han perdido su grupo amino.
34. Son un grupo de diez aminoácidos proteicos que los seres humanos y muchos otros animales no podemos sintetizar por nosotros mismos y que, por tanto, debemos ingerir en nuestra dieta.
35. La síntesis de los aminoácidos, básicamente, se realiza a partir de un ácido orgánico (de tres a cinco átomos de carbono), al que se le añade un grupo amino. Según la procedencia del grupo amino:
- Transaminación: se recibe directamente el grupo amino de otro aminoácido.
 - Desaminación: si proviene de un ion amonio libre (NH_4^+), procedente de otro aminoácido que ha perdido un grupo amino.
36. Esta etapa se puede desarrollar en presencia o ausencia de luz porque las moléculas necesarias para que se realice ya se han formado en la etapa luminosa y serán utilizadas por las células fotosintetizadoras haya o no luz.
37. La fotosíntesis es un proceso anabólico en el cual el ATP y el NADPH formados en la etapa dependiente de luz; son utilizados para transformar el CO_2 en glucosa.
38. a) En los vegetales se desprende oxígeno en los cloroplastos, debido al proceso fotosintético. Como consecuencia de la ruptura de la molécula de agua (fotólisis del agua), en la fase dependiente de la luz del proceso fotosintético, se produce la emisión de dos protones al medio y el desprendimiento de oxígeno.
- b) El oxígeno en las células vegetales es consumido en la mitocondria, a través del proceso de respiración celular. Mediante el proceso de respiración celular, las células, tanto autótrofas como heterótrofas, degradan las sustancias orgánicas, ricas en energía, en compuestos inorgánicos más sencillos, como el dióxido de carbono y el agua. Para llevar a cabo esta degradación, la mayoría de las células necesitan el oxígeno.
- c) El color verde de los vegetales se debe a la clorofila, un pigmento fotosintético constituido por un anillo porfirínico con un átomo de magnesio en el centro, cuya función es absorber la luz, asociado a un metanol y a un fitol, que es un monoalcohol de veinte átomos de carbono. La clorofila es de color verde, puesto que absorben longitudes de onda altas (rojo) y bajas (violetas), reflejando el verde. La clorofila, como el resto de pigmentos, se sitúa en la membrana del tilacoide, en los cloroplastos.

- d) El dióxido de carbono es consumido en los cloroplastos, a través de la fase no dependiente de la luz o fase oscura. El poder reductor, en forma de NADPH + H^+ y el ATP, obtenidos en la fase dependiente de la luz, son utilizados en un conjunto de reacciones, denominado ciclo de Calvin, que forman parte de la fase oscura, para la construcción de materia orgánica a partir de la reducción del CO_2 . Dicha reducción consiste en la incorporación del dióxido de carbono a una molécula orgánica y en la síntesis de glúcidos sencillos.

39. a) La figura representa un esquema del proceso de fotosíntesis.
- b) 1: H_2O ; 2: O_2 ; 3: NADP^+ ; 4: $\text{NADPH} + \text{H}^+$; 5: ADP ; 6: ATP ; 7: NADP^+ ; 8: $\text{NADPH} + \text{H}^+$; 9: H^+ .
- c) El proceso tiene lugar en los cloroplastos de las células eucariotas vegetales.
- d) El agua sufre el proceso de fotólisis, liberando protones y electrones, que serán utilizados en el proceso fotosintético. Los electrones y los protones fluyen desde el agua hacia el NADP^+ , que se reduce a NADPH, y el oxígeno es liberado al exterior.



40. La molécula de la que se arrancan los electrones es la molécula de agua, en la que tiene lugar la fotólisis del agua:



La molécula aceptora es el NADP^+ , que se reduce y forma NADPH.

El compuesto que se origina cuando se transportan los protones desde el espacio tilacoidal al estroma es el ATP, mediante el proceso de fotofosforilación, que ocurre en las partículas ATP-sintetasas.

La fotofosforilación se produce por la energía contenida en los fotones de luz. La energía que pierden los electrones según van pasando por la cadena de transportadora sirve para bombear protones (H^+) desde el estroma hacia el interior del tilacoide. Como consecuencia se produce un gradiente de protones a ambos lados de la membrana del tilacoide, que se emplea en la fosforilación del ADP. Los protones del interior del tilacoide vuelven al estroma a través de las ATPasas, proceso que se realiza a favor de gradiente. La energía se utiliza para fosforilar ADP y obtener así ATP.

41.

Pregunta	Respiración	Fotosíntesis (fase luminosa acíclica)
a) ¿En qué orgánulo se lleva a cabo?	Mitocondria	Cloroplasto
b) ¿Dónde está la cadena transportadora de electrones?	Membrana interna de mitocondrias	Membrana de tilacoides
c) ¿Qué nucleótido reducido interviene?	NADH y FADH_2	NADPH
d) ¿Se producen nucleótidos reducidos u oxidados?	Oxidados	Reducidos
e) ¿Qué enzima interactúa con el NADH o el NADP^+ ?	El complejo proteico I	NADP^+ reductasa
f) ¿Actúa dicha enzima al principio o al final del proceso?	Al principio de la cadena de transporte electrónico	Al final de la fase luminosa

Pregunta	Respiración	Fotosíntesis (fase luminosa acíclica)
g) ¿Qué moléculas aportan los protones (H ⁺)?	NADH y FADH ₂	H ₂ O
h) ¿En qué compartimiento se acumulan los protones?	Espacio intermembrana	Tilacoide (en su interior)
i) ¿Hacia dónde se dirige la parte globosa de la ATP-sintetasa?	Matriz mitocondrial	Cara externa del tilacoide
j) ¿Cómo se denomina la síntesis de ATP?	Fosforilación oxidativa	Fotofosforilación del ADP

42. En la fase luminosa acíclica de la fotosíntesis se introducen protones en el interior del tilacoide. Por cada dos electrones, entran cuatro protones: dos procedentes de la hidrólisis del agua y otros dos impulsados por la cadena de transporte electrónico. Como resultado, se establece una diferencia de potencial electroquímico entre las dos caras de la membrana del tilacoide. Este gradiente hace que los protones salgan por la ATP-sintetasa y se produzca la síntesis de ATP. Por cada tres protones se sintetiza una molécula de ATP.

43. a) Para que tenga lugar la fotólisis del agua y así se obtienen protones y electrones, estos últimos entran en la cadena de transporte electrónico y los protones participan en la síntesis de ATP.

b) Por cada seis moléculas de CO₂ fijado en el ciclo de Calvin se puede obtener una molécula de glucosa (seis átomos de carbono), por tanto para obtener una molécula de sacarosa (doce átomos de carbono), es necesario que se incorporen doce moléculas de CO₂ al ciclo de Calvin.

c) Un fotosistema es un complejo formado por proteínas transmembranosas que contienen pigmentos fotosintéticos y forman dos subunidades funcionales: el complejo captador de luz o antena y el centro de reacción.

d) Los procesos redox que tienen lugar en la fase luminosa de la fotosíntesis dan lugar a la reducción del NADP⁺ a NADPH y la energía de los electrones que se transportan, se utilizan también en la síntesis de ATP.

e) La clorofila es un pigmento fotosintético que capta la energía luminosa, se excita y transmite la energía de excitación de unas moléculas a otras.

44. a) La clorofila es un pigmento fotosintético que capta la energía luminosa, se excita y transmite la energía de excitación de unas moléculas a otras.

b) La ATP-sintetasa facilita el bombeo de protones entre las dos caras de la membrana del tilacoide, puesto que existe una diferencia de potencial electroquímico entre ambas caras, produciéndose de forma simultánea la síntesis de ATP.

c) Un fotosistema es un complejo formado por proteínas transmembranosas que contienen pigmentos fotosintéticos y forman dos subunidades funcionales: el complejo captador de luz o antena y el centro de reacción. Los fotosistemas se encuentran en las membranas de los tilacoides, se encargan de captar la energía luminosa y transmitir la energía de excitación de unas moléculas a otras.

d) La ribulosa-1,5-difosfato-carboxilasa permite la fijación del CO₂ atmosférico en el ciclo de Calvin, puesto que cataliza

la unión de una molécula de CO₂ a la ribulosa-1,5-difosfato, que forma parte de dicho ciclo.

45. a) Se trata de la fotosíntesis. Tiene lugar en los cloroplastos. Las plantas y las algas llevan a cabo la fotosíntesis.

b) En la fase 1 se representa la cadena transportadora de electrones, que forma parte de la fase luminosa de la fotosíntesis.

Si la fase luminosa es acíclica ocurren tres procesos: la fotólisis del agua, la fotofosforilación del ADP y la fotorreducción del NADP.

Si la fase luminosa es cíclica el único proceso que ocurre es la fotofosforilación del ADP y solo interviene el fotosistema I (PS I).

En la fase 2 del esquema se representa el ciclo de Calvin, que tiene lugar durante la fase oscura o independiente de luz de la fotosíntesis. En él se pueden distinguir dos procesos:

- Fijación del dióxido de carbono (CO₂). El CO₂ atmosférico entra en el estroma del cloroplasto y allí se une a la ribulosa-1,5-difosfato, gracias a la acción de la enzima ribulosa-difosfato-carboxilasa-oxidasa (rubisco) y da lugar a un compuesto inestable de seis átomos de carbono, que se disocia en dos moléculas con tres átomos de carbono, el ácido-3-fosfoglicérico.

- Reducción del CO₂ fijado. Mediante el consumo del ATP y del NADPH obtenidos en la fase luminosa, el ácido 3-fosfoglicérico es reducido a gliceraldehído- 3-fosfato (G3P).

El G3P puede seguir, a su vez, tres vías:

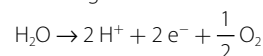
- Regeneración de la ribulosa-1-5-difosfato dentro de los cloroplastos, mediante un proceso complejo, en el que se suceden compuestos de cuatro, cinco y siete átomos de carbono. Este proceso recibe el nombre de ciclo de las pentosas-fosfato.

- Síntesis de almidón, ácidos grasos y aminoácidos en los cloroplastos.

- Síntesis de glucosa y fructosa fuera del cloroplasto, es decir, en el citosol, por un proceso similar a la glucólisis, pero en sentido inverso.

c) El agua proporciona protones y electrones mediante la fotólisis, que permiten la reducción del NADP⁺ y la síntesis de ATP.

Por cada molécula de agua:



d) Son orgánulos rodeados por una doble membrana, membrana externa y membrana interna.

Tanto cloroplastos como mitocondrias poseen su propio ADN.

El origen de ambos orgánulos se explica mediante la teoría de la endosimbiosis.

46. a) Se trata de un proceso anabólico y se localiza en el estroma del cloroplasto.

b) La molécula que se regenera en el ciclo es ribulosa 1,5-bisfosfato y la coenzima que se requiere es NADPH si la fotosíntesis es oxigénica o NADH si es fotosíntesis anoxigénica.

c) La molécula que aporta energía al ciclo es el ATP que se obtiene en la fase luminosa de la fotosíntesis.

d) La finalidad del ciclo de Calvin es sintetizar compuestos orgánicos, utilizando como fuente de carbono el dióxido de carbono (CO₂).

47. a) La cadena de transporte electrónico que tiene lugar durante la fase luminosa de la fotosíntesis.
- b) 1: luz (fotón); 2: protón (H^+); 3: oxígeno (O_2); 4: fotosistema; 5: NADPH; 6: cadena transportadora de electrones.
- c) En el cloroplasto, en la membrana de los tilacoides.
- d) Se obtiene NADPH que será utilizado en la fase oscura de la fotosíntesis y se introducen protones en el interior del tilacoide. Por cada dos electrones, entran cuatro protones: dos procedentes de la hidrólisis del agua y otros dos impulsados por la cadena de transporte electrónico. Como resultado, se establece una diferencia de potencial electroquímico entre las dos caras de la membrana del tilacoide. Este gradiente hace que los protones salgan por la ATP-sintetasa y se produzca la síntesis de ATP. Por cada tres protones se sintetiza una molécula de ATP.

48. a) Metabolismo intermediario: secuencias específicas de los intermediarios que intervienen en las rutas del metabolismo celular.

Metabolito: moléculas que ingresan en las diferentes rutas metabólicas, ya sea para degradarse (catabolismo) o para a partir de ellas sintetizar nuevas moléculas.

- b) A: gluconeogénesis o neoglucogénesis (ruta anabólica). Proceso de obtención de glucosa a partir de sustancias orgánicas no glucídicas (piruvato, por ejemplo).
B: glucólisis (ruta catabólica).
- c) La ruta C representa la fermentación láctica. En dicha ruta se produce, por cada molécula de glucosa la síntesis de dos moléculas de ATP. Dicha ruta se lleva a cabo en el citoplasma.
- d) La ruta E representa la glucogenólisis, ruta por la cual se degrada el glucógeno a glucosa (movilizando así el glucógeno acumulado en las células del hígado y músculo). El compuesto D representa el glucógeno.
- e) El acetil-CoA se degrada mediante el ciclo de Krebs. El ciclo de Krebs o ciclo de los ácidos tricarbóxicos es un conjunto cíclico de reacciones que producen la oxidación completa del acetil-CoA hasta dióxido de carbono. Los electrones cedidos en dicha oxidación son captados por los transportadores de electrones, NAD^+ y $FADH$, con lo que se reducen a $NADH$ y $FADH_2$, obteniéndose poder reductor.

En el ciclo de Krebs se libera energía en forma de GTP por fosforilación a nivel de sustrato. Dicho ciclo se lleva a cabo en la matriz mitocondrial. Por cada molécula de acetil-CoA que se oxida en el ciclo de Krebs se forman tres moléculas de $NADH$, una de $FADH_2$ y una de GTP (= 1 ATP).

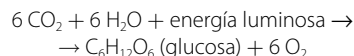
- f) La fotosíntesis es la conversión de la energía luminosa en energía química (ATP), que es utilizada para la síntesis de materia orgánica. El proceso tiene lugar en los cloroplastos y es llevado a cabo por bacterias fotosintéticas (cianobacterias, bacterias purpúreas del azufre y las bacterias verdes del azufre) y todos los vegetales con clorofila (algas y plantas verdes).

La fotosíntesis consta de dos fases:

- La fase luminosa o dependiente de la luz, que tiene lugar en los tilacoides de los cloroplastos. En esta etapa se absorbe la energía luminosa que proviene del sol, gracias a unas moléculas fotorreceptoras (pigmentos). En dicha etapa se consigue obtener ATP y NADPH.
- La fase oscura o independiente de la luz, que tiene lugar en el estroma de los cloroplastos. En dicha fase se utili-

zan los productos obtenidos en la fase anterior (ATP y NADPH), el CO_2 , tomado del medio y los compuestos ricos en nitrógeno, azufre y fósforo, procedentes de las sales minerales, para sintetizar materia orgánica (azúcares).

La reacción global puede resumirse en la ecuación:



- g) La fermentación alcohólica es la transformación de la glucosa en ácido pirúvico, y de este en etanol y en dióxido de carbono. Este tipo de fermentación es realizado fundamentalmente por levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae*. Mediante este tipo de fermentación se obtienen bebidas alcohólicas, además de ser la base en la fabricación del pan.

La fermentación alcohólica, al igual que el resto de fermentaciones, es un proceso catabólico, de oxidación incompleta de compuestos orgánicos (ya que no se libera toda la energía química que contienen), anaerobio, en el que el producto final de las mismas es un compuesto orgánico (etanol). También se producen dos moléculas de ATP por fosforilación a nivel de sustrato.

49. a) En el esquema se representa el proceso de la fotosíntesis que tiene lugar en los cloroplastos.

La fotosíntesis tiene lugar en plantas, algas, cianobacterias y bacterias purpúreas y verdes del azufre.

- b) Las estructuras señaladas con el número 1 son los tilacoides. En la membrana de los tilacoides tiene lugar la fase luminosa o dependiente de la luz. En esta etapa se absorbe la energía luminosa que proviene del sol, gracias a unas moléculas fotorreceptoras (pigmentos). En dicha etapa se consigue obtener ATP y NADPH.

La luz incide sobre los pigmentos dianas de los fotosistemas situados en las membranas de los tilacoides y les excita, consiguiendo que tenga lugar una cadena de transporte de electrones perdidos por las clorofilas y repuestos posteriormente gracias a la fotólisis del agua. Finalmente, como consecuencia del transporte de electrones se obtiene ATP y NADPH.

- c) El proceso señalado con el número 2 es el ciclo de Calvin. En él se pueden distinguir dos etapas:

- Fijación del dióxido de carbono (CO_2). El CO_2 atmosférico entra en el estroma del cloroplasto y allí se une a la ribulosa-1,5-difosfato, gracias a la acción de la enzima ribulosa-difosfato-carboxilasa-oxidasa (rubisco) y da lugar a un compuesto inestable de seis átomos de carbono, que se disocia en dos moléculas con tres átomos de carbono, el ácido-3-fosfoglicérico.
- Reducción del CO_2 fijado. Mediante el consumo del ATP y del NADPH obtenidos en la fase luminosa, el ácido 3-fosfoglicérico es reducido a gliceraldehído-3-fosfato (G3P).

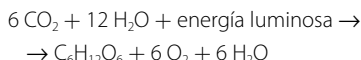
El G3P puede seguir, a su vez, tres vías:

- Regeneración de la ribulosa-1,5-difosfato dentro de los cloroplastos, mediante un proceso complejo, en el que se suceden compuestos de cuatro, cinco y siete átomos de carbono. Este proceso recibe el nombre de ciclo de las pentosas-fosfato.
- Síntesis de almidón, ácidos grasos y aminoácidos en los cloroplastos.

- Síntesis de glucosa y fructosa fuera del cloroplasto, es decir, en el citosol, por un proceso similar a la glucólisis, pero en sentido inverso.

El ciclo de Calvin tiene lugar en el estroma del cloroplasto.

- d) La ecuación global de la fotosíntesis de una molécula de glucosa es la siguiente:



LABORATORIO

- Los colores que aparecen tras una cromatografía de extractos de pigmentos en hojas de espinacas son, a partir del origen:
 - Color verde-amarillento.
 - Color verde azulado.
 - Color amarillo claro.
 - Color amarillo-anaranjado.
- Clorofila b: color verde-amarillento.
Clorofila a: verde azulado.
Xantofilas: color amarillo-claro.
Carotenos: color amarillo-anaranjado.
- La solubilidad en alcohol de los pigmentos es, de mayor a menor: carotenos, clorofila a, clorofila b y xantofila. Las más solubles se desplazarán a mayor velocidad, pues acompañarán fácilmente al disolvente a medida que este va ascendiendo, mientras que las menos solubles se desplazarán más lentamente.

Las moléculas de clorofila a y b son casi idénticas en estructura química, solo se diferencian en uno de los carbonos, que en la clorofila a forma parte de un radical metilo, y en la clorofila b, de un grupo aldehído. Esta diferencia se refleja en la distinta solubilidad que presentan ambas clorofilas. La clorofila a presenta mayor solubilidad en disolventes orgánicos (no polares); en cambio, la clorofila b, que posee un grupo aldehído en lugar del radical metilo, poseerá mayor afinidad por los disolventes de tipo polar, ya que el grupo aldehído posee una polaridad que no tiene el radical metilo.

Los carotenoides se constituyen de largas cadenas con enlaces conjugados, lo cual, unido a la facilidad de oxidarse y presentar isomería geométrica, da lugar a sus distintas coloraciones.

Las xantofilas pueden considerarse productos de oxidación de los carotenos, lo que determina que ambos pigmentos presenten diferente solubilidad.

Así, los carotenos tienen facilidad para disolverse en disolventes orgánicos, y las xantofilas, en disolventes polares.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1.

Tipo de organismo	Fuente de carbono	Fuente de energía	Ejemplo
Fotolitótrofo	CO ₂	Luz	Bacterias fotosintéticas del azufre, todos los vegetales con clorofila
Fotoorganótrofo	Compuestos orgánicos	Luz	Bacterias purpúreas no sulfurosas

Tipo de organismo	Fuente de carbono	Fuente de energía	Ejemplo
Quimiolitótrofo	CO ₂	Energía química (reacciones redox)	Bacterias quimiosintéticas
Quimiorganótrofo	Compuestos orgánicos	Energía química (reacciones redox)	Muchas bacterias, animales y hongos

- Un fotosistema es la unidad estructural y funcional encargada de utilizar la energía de la luz para la realización de un trabajo químico.

Está constituido por:

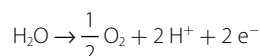
- Antena o complejo captador de luz. Contiene un gran número de moléculas de pigmento fotosintéticos (clorofila a, b y carotenoides) que captan la energía luminosa, se excitan y transmiten la energía de excitación de unas moléculas a otras hasta que la ceden finalmente al centro de reacción.
- Centro de reacción fotoquímico. Formado por un par especial de moléculas de clorofila a, denominadas pigmento diana, que al recibir la energía captada por los anteriores pigmentos transfieren sus electrones a otra molécula, denominada primer aceptor de electrones, que los cederá, a su vez, a otra molécula externa.

- Los pigmentos fotosintéticos, que se encuentran en las membranas de los tilacoides, son sustancias capaces de absorber la luz. Los pigmentos contienen un grupo químico, llamado cromóforo capaz de absorber una determinada longitud de onda del espectro visible. Entre los pigmentos encontramos la clorofila, los carotenoides y las xantofilas.

Cuando un fotón es absorbido por un electrón de un pigmento fotosintético, este electrón capta la energía del fotón y asciende a posiciones más alejadas del núcleo atómico, pudiendo salirse del átomo y dejarlo ionizado.

- a) La fase lumínica de la fotosíntesis tiene lugar en las membranas de los tilacoides en las que se encuentran los pigmentos fotosintéticos.
 - b) El ciclo de Calvin tiene lugar en el estroma del cloroplasto.
 - c) En esta fase se capta la energía luminosa y se genera ATP y nucleótidos reducidos NADPH + H⁺. Además, debido a la fotólisis del agua se libera oxígeno al exterior celular.
 - d) Los productos generados en la fase lumínica (ATP y NADPH + H⁺) se utilizan para generar moléculas orgánicas.

- El agua actúa como primer dador de electrones, cediendo dos electrones al fotosistema II, que de esta manera recupera los dos electrones perdidos por la clorofila P680. El proceso tiene lugar gracias a la fotólisis del agua, proceso que ocurre de la siguiente forma:



El oxígeno es expulsado al medio.

El dióxido de carbono entra en el estroma del cloroplasto y allí se une a la ribulosa-1,5-difosfato, con lo que proporciona el carbono necesario para la síntesis de compuestos orgánicos. El proceso tiene lugar en la fase oscura o ciclo de Calvin de la fotosíntesis.

- Por cada molécula de agua se desprenden dos electrones, por tanto, en la fotólisis de seis moléculas se desprenden doce electrones.

7. a) La finalidad del ciclo de Calvin es poder utilizar la energía de la luz, ATP y poder reductor en forma de NADPH + H⁺ para sintetizar compuestos orgánicos, gracias a la reducción del CO₂.

El ciclo de Calvin tiene lugar en el estroma del cloroplasto.

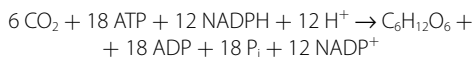
- b) En el ciclo de Calvin se pueden distinguir las siguientes fases:

1) **Fijación del dióxido de carbono.** El CO₂ atmosférico se une a la ribulosa 1,5-difosfato, gracias a la enzima rubisco (ribulosa difosfato carboxilasa oxidasa), y da lugar a un compuesto inestable de seis átomos de carbono, que se disocia en dos moléculas de ácido 3-fosfoglicérico. Se trata de moléculas de tres átomos de carbono, por lo que las plantas que siguen esta vía se denominan plantas C3. El átomo de carbono, del dióxido de carbono, ha quedado incorporado en forma de grupo carboxilo en una de las moléculas de ácido 3-fosfoglicérico.

2) **Reducción del dióxido de carbono.** Gracias al ATP y al NADPH obtenidos en la fase lumínica, el ácido 3-fosfoglicérico es reducido a gliceraldehído 3-fosfato. Este puede seguir varios caminos: la mayor parte se invierte en regenerar la ribulosa 1-5 difosfato para cerrar el ciclo de Calvin, parte se utiliza para la síntesis de hexosas, siguiendo una ruta inversa a la de las primeras reacciones de la glucólisis y parte se utiliza para seguir la ruta de la glucólisis, generando ácido pirúvico.

3) **Regeneración de la ribulosa 1-5 difosfato.** Se realiza a partir del gliceraldehído 3-fosfato, mediante un proceso complejo en el que se suceden compuestos de cuatro, cinco y siete átomos de carbono, similar al de las pentosas fosfato en sentido inverso.

- c) Una reacción global de la fase oscura sería:



El ATP necesario en la fase oscura se ha obtenido en la fase lumínica por fotofosforilación a partir de ADP. Ello se produce por la energía contenida en los fotones de luz. La energía que van perdiendo los electrones según van pasando por la cadena transportadora sirve para bombear protones (H⁺) desde el estroma hacia el interior del tilacoide. Como consecuencia se produce un gradiente de protones a ambos lados de la membrana del tilacoide, que se emplea en la fosforilación del ADP. Los protones del interior del tilacoide vuelven al estroma a través de las ATPasas, proceso que se realiza a favor de gradiente. La energía se utiliza para fosforilar ADP y obtener así ATP.

8. Cuando aumenta la concentración de oxígeno, disminuye el rendimiento de la fotosíntesis, pues se produce un proceso llamado fotorrespiración. En estas condiciones, la rubisco, que es una enzima reversible, cataliza la oxidación de la ribulosa-1-5-difosfato. En este proceso se libera CO₂ y se consume ATP.
9. La fotosíntesis, como el resto de reacciones metabólicas, se acelera al aumentar la temperatura, hasta un valor determinado. A partir de dicho valor se desnaturalizan las enzimas y el proceso se detiene. Cada especie posee una temperatura óptima en la que la eficacia de la fotosíntesis es máxima.
10. a) En el proceso de quimiosíntesis, a diferencia de la fotosíntesis, la energía necesaria para llevar a cabo el anabolismo autótrofo procede de procesos de oxidación de moléculas inorgánicas sencillas.

- b) Las fases que se pueden distinguir en la quimiosíntesis son:
Primera fase: obtención de energía (ATP) y coenzimas reducidas. A partir de sustancias inorgánicas (NH₃, H₂S, etc.), en las que se produce una oxidación, se desprende energía en forma de ATP y NADH.

Segunda fase: producción de materia orgánica. Se emplea el ATP y el NADH obtenidos en la fase anterior para sintetizar compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas (CO₂, NO₃⁻, SO₄²⁻, etc.). En esta segunda fase las vías metabólicas que se siguen coinciden con la fase oscura de la fotosíntesis. Así, por ejemplo, el carbono se incorpora a partir de dióxido de carbono, mediante el ciclo de Calvin, el nitrógeno a partir de nitratos, etc.

- c) Las bacterias del nitrógeno oxidan compuestos reducidos del nitrógeno. Las hay de dos tipos:
– Nitrosificantes, como las del género *Nitrosomonas*, que transforman el amoníaco en nitritos.
– Nitrificantes, como las del género *Nitrobacter*, que transforman los nitritos en nitratos.

11. a) Glucólisis: degradación de una molécula de glucosa en dos moléculas de ácido pirúvico. Gluconeogénesis: proceso de síntesis de glucosa a partir de ácido pirúvico.

- b) La gluconeogénesis es el proceso energéticamente desfavorable, ya que al ser una ruta anabólica (de síntesis) se gasta energía, concretamente seis ATP por cada molécula de glucosa. Por el contrario, en la glucólisis se sintetizan dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa degradada.

- c) Las reacciones de la glucólisis tienen lugar en el citoplasma, mientras que en la gluconeogénesis algunas reacciones transcurren en el citoplasma y otras en la mitocondria.

- d) Las etapas no comunes y que no son reversibles son:
– Conversión del ácido pirúvico en ácido fosfoenolpirúvico.
– Transformación de la fructosa-1,6-difosfato en fructosa-6-fosfato.
– Conversión de glucosa-6-fosfato a glucosa.

- e) Permite regular ambos procesos de forma independiente.

- f) En el hígado y en el músculo.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. No, algunos heterótrofos, como las bacterias purpúreas no sulfurosas, son fotoorganótrofos; es decir, utilizan como materia prima moléculas orgánicas complejas y como fuente de energía la luz.
2. Un organismo quimioautótrofo obtiene las moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas (a partir del proceso de quimiosíntesis), para lo que utiliza como fuente de energía la liberada en las reacciones químicas de oxidación de determinadas sustancias inorgánicas.

Por el contrario, un organismo fotoautótrofo también obtiene las moléculas orgánicas a partir de inorgánicas, pero utiliza para ello como fuente de energía la energía de la luz.

	Fotosistema I	Fotosistema II
Molécula diana	Clorofila P700	Clorofila P680
Aceptor primario	No está bien identificado, se denomina A0	Feofitina

	Fotosistema I	Fotosistema II
Dador primario	Plastocianina	Dador Z
Abundante en...	Tilacoides del estroma	Tilacoides apilados de la grana

4. Para reponer los electrones de la clorofila P680, ya que la llegada de fotones al fotosistema II provoca la excitación de su pigmento diana, la clorofila P680, que pierde tantos electrones como fotones se han absorbido.
5. En la fotofosforilación no cíclica intervienen los fotosistemas I y II, se produce poder reductor ($\text{NADPH} + \text{H}^+$) y ATP y hay desprendimiento de oxígeno. Por el contrario, en la fotofosforilación cíclica solo actúa el fotosistema I, no se genera poder reductor ($\text{NADPH} + \text{H}^+$) ni hay desprendimiento de oxígeno, únicamente se desprende ATP.
6. a) Los vegetales y las algas. Las reacciones dependientes de la luz tienen lugar en los tilacoides (grana) del cloroplasto, y las reacciones independientes de la luz se producen en el estroma del cloroplasto.
- b) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{luz} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ (glucosa)} + \text{O}_2$
- c) La finalidad del ciclo de Calvin es la síntesis de materia orgánica a partir de dióxido de carbono.
- La molécula que acepta el dióxido de carbono es la ribulosa 1,5-difosfato, una molécula de cinco átomos de carbono, con lo que se da origen a un compuesto intermedio, formado por seis átomos de carbono, que se descompone a continuación en dos moléculas de ácido 3-fosfoglicérico. La enzima que cataliza este proceso es la ribulosa bifosfato carboxilasa.
7. a) Aumento de la actividad fotosintética en relación directa con la iluminación. A mayor intensidad luminosa mayor es el rendimiento de la fotosíntesis, hasta superar ciertos límites en los que se produce la fotooxidación irreversible de los pigmentos fotosintéticos.
- Se modifica el rendimiento fotosintético en función de la concentración de oxígeno. Cuando aumenta la concentración de oxígeno, disminuye el rendimiento de la fotosíntesis, pues se produce la fotorrespiración.
- La energía luminosa absorbida por las clorofilas sirve principalmente para: reducción del NADP^+ , fotofosforilación (formación de ATP) y fotólisis del agua.
- b) La eficacia de la fotosíntesis aumenta al aumentar la concentración de dióxido de carbono, hasta un valor máximo en el que se estabiliza, debido a la saturación de la enzima rubisco.
- Con la intensidad luminosa aumenta la actividad fotosintética. Cada especie de plantas está adaptada a intensidades de luz diferentes.
8. a) La quimiosíntesis es un proceso metabólico que consiste en la síntesis de ATP a partir de la energía que se desprende en las reacciones de oxidación de determinadas sustancias inorgánicas.
- b) La quimiosíntesis es un proceso anabólico, ya que consiste en la síntesis de materia orgánica, utilizando para ello la energía que se desprende en las reacciones de oxidación de determinadas sustancias inorgánicas.
- c) La quimiosíntesis es un tipo de nutrición que se encuentra exclusivamente en bacterias quimiolitótrofas. Según el sustrato que utilizan, se pueden distinguir varios tipos de bacterias:

- **Bacterias incoloras del azufre (sulfobacterias):** oxidan el azufre o compuestos del azufre.
- **Bacterias del nitrógeno:** utilizan como sustrato compuestos de nitrógeno. Se distinguen dos tipos:
 - **Nitrosomonas:** transforman el amoníaco en nitritos.
 - **Nitrobacter:** transforman nitritos en nitratos.
- **Bacterias del hierro (ferrobacterias):** oxidan compuestos ferrosos a férricos.
- **Bacterias del hidrógeno y del metano:** utilizan hidrógeno y metano como fuente de energía.

9. El anabolismo heterótrofo es el proceso metabólico de formación de moléculas orgánicas complejas a partir de otras orgánicas más sencillas, llamadas moléculas precursoras. Se lleva a cabo en las células autótrofas y heterótrofas.

Son ejemplos de procesos anabólicos heterótrofos: la biosíntesis de fosfolípidos, colesterol y derivados, que se realiza en el retículo endoplasmático; las glicosilaciones de lípidos y proteínas, que se llevan a cabo en las cavidades del retículo endoplasmático y del aparato de Golgi; la biosíntesis de proteínas, que realizan los ribosomas; la biosíntesis de ácidos nucleicos, que tiene lugar fundamentalmente en el núcleo; la gluconeogénesis, que se produce en el hialoplasma, y la glucogenogénesis que ocurre en el hialoplasma y la mitocondria.

10. El principal precursor en la síntesis de ácidos grasos es el acetil-CoA, que se origina en las mitocondrias, a partir de la descarboxilación del ácido pirúvico y la degradación de los ácidos grasos y de algunos aminoácidos.

AMPLIACIÓN

1. Sí, la mayoría de organismos procariotas fotosintéticos poseen únicamente un fotosistema y obtienen el ATP mediante fotofosforilación cíclica. Al carecer de fotosistema II, estos organismos no pueden utilizar el agua como donador de electrones, y como consecuencia no se desprende oxígeno en la fotosíntesis, siendo así la fotosíntesis que realizan anoxigénica.
2. No, debido a que no tendría lugar la fotólisis del agua y como consecuencia no habría desprendimiento de O_2 , incompatible con la vida aerobia.

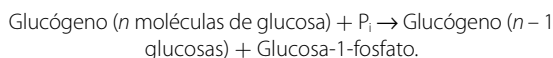
Fotofosforilación	Fosforilación oxidativa
– Ocurre en el cloroplasto (en la membrana de los tilacoides), dentro de la fase luminica de la fotosíntesis. – Los electrones son transportados desde el agua (dador débil de electrones) hasta el NADP oxidado, que es así reducido a $\text{NADPH} + \text{H}^+$. – El proceso depende de la luz (fotones). – Se produce hidrólisis del agua. – Se libera oxígeno (en la fotosíntesis oxigénica).	– Ocurre en la mitocondria, en la membrana interna (en la fase final de la respiración). – Los electrones se desplazan libremente desde el dador de electrones (coenzimas reducidas, como el $\text{NADH} + \text{H}^+$ y FADH_2) que poseen un potencial redox menor, hasta el oxígeno (último aceptor). – Proceso independiente de la luz. – Se libera dióxido de carbono al medio. – Se produce agua. – Emplea oxígeno.

4. No, debido a que no tendría lugar la fotólisis del agua y como consecuencia no habría desprendimiento de O_2 , incompatible con la vida aerobia.

5. Es más rentable utilizar la glucosa que forma parte del glucógeno.

Por cada glucosa libre que se oxida se producen 2 ATP.

El glucógeno se degrada de la siguiente manera:



La glucosa 1-fosfato, antes de incorporarse a la glucólisis debe isomerizarse a glucosa 6-fosfato. El proceso supone un ahorro de una molécula de ATP por cada molécula de glucosa. Así, a partir de una molécula de glucosa 6-fosfato se forman cuatro ATP y se gasta uno (el balance neto son tres moléculas de ATP).

6. No, debido a que la reacción por la que se forma acetyl-CoA a partir del ácido pirúvico no es reversible, lo que supone que las moléculas de acetyl-CoA formadas en la β -oxidación de los ácidos grasos que se ingiere en la dieta no puedan convertirse en ácido pirúvico y seguir la vía inversa de la glucólisis hasta formar glucosa.

7. 12 ATP (6 ATP + 6 UTP).

8. Dos moléculas de acetyl-CoA.

9. De las bases púricas (adenina y guanina).

10. Alanina.

11. La fotorrespiración tiene lugar cuando el ambiente es cálido y seco, y los estomas de las hojas se cierran para evitar la pérdida de agua. Entonces, el oxígeno producido en la fotosíntesis alcanza grandes concentraciones. En estas condiciones, la enzima rubisco actúa con función oxidasa y oxida la ribulosa 1-5-difosfato dando ácido 3-fosfoglicéico y ácido glicocólico. Este pasa a los peroxisomas, donde por cada dos moléculas de ácido glicólico se obtiene una de ácido fosfoglicéico y una de dióxido de carbono. Todos estos procesos similares a los de la respiración, pero provocados por la fotosíntesis, reciben el nombre de fotorrespiración. Pero a diferencia de la respiración, en la fotorrespiración no se produce energía, sino que se consume. La fotorrespiración es, pues, un proceso contrario a la fotosíntesis, ya que no se produce oxígeno, sino que se consume y resulta muy perjudicial para las plantas, pues reduce en un 50 % su capacidad fotosintética. La fotorrespiración se incrementa conforme aumenta la temperatura ambiente, lo cual sucede especialmente en días claros y soleados. A mayor temperatura, más tasa de fotorrespiración, que en ocasiones llega a igualar la tasa de fotosíntesis. En esos momentos el ritmo de crecimiento de las plantas se detiene.

Las plantas que evitan la fotorrespiración se les denominan plantas C4 porque desarrollan un proceso en el que intervienen compuestos de cuatro átomos de carbono.

12. a)

Número	Nombre correspondiente al metabolismo de los humanos
1	Glucólisis
2	Gluconeogénesis
3	Ciclo de Krebs
4	Síntesis de proteínas
5	Cadena respiratoria/fosforilación oxidativa, cadena de transporte electrónico, transporte electrónico...

Letra	Nombre correspondiente al metabolismo de los humanos
A	Glucógeno, polisacáridos, glúcidos, hidratos de carbono.
B	Aminoácidos
C	ATP
D	CO_2
E	H_2O

b) Sin oxígeno el ciclo de Krebs no funciona, por lo que no se pueden oxidar ni glúcidos ni grasas hasta CO_2 . Por tanto, solo queda la posibilidad de oxidar parcialmente la glucosa (el glucógeno) hasta lactato.

REFUERZO

1. a) Según su metabolismo, atendiendo a la fuente de carbono los seres vivos se pueden clasificar en dos tipos:

– **Autótrofos:** obtienen el carbono a partir del CO_2 .

– **Heterótrofos:** obtienen el carbono necesario para formar parte de sus estructuras de otras moléculas orgánicas.

b) Según la fuente de energía que empleen para sintetizar ATP, se clasifican en dos tipos:

– **Fotótrofos:** emplean la energía luminosa para obtener ATP.

– **Quimiotrofos:** sintetizan ATP a partir de la energía química contenida en los enlaces de las moléculas que oxidan.

Relacionando los diferentes tipos nutricionales según la fuente de energía y de carbono que utilizan, los seres vivos pueden ser:

Tipos de organismos según su metabolismo	Origen de la energía	Origen del carbono	Ejemplos
Fotolitótrofos (fotoautótrofos)	Luz	CO_2	Plantas superiores, algas, cianobacterias, bacterias purpúreas del azufre y bacterias verdes del azufre
Fotoorganótrofos (fotoheterótrofos)	Luz	Orgánico	Bacterias purpúreas no sulfúreas
Quimiolitótrofos (quimioautótrofos)	Reacciones químicas	CO_2	Bacterias nitrificantes, bacterias incoloras del azufre
Quimiorganótrofos (quimioheterótrofos)	Reacciones químicas	Orgánico	Animales, hongos, protozoos y muchas bacterias

2. No. Existen algunos organismos procariotas, denominados bacterias quimiolitotrofas o quimioautótrofas, que utilizan la

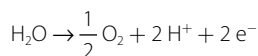
energía para la fabricación de la materia orgánica, no de radiación luminosa, sino de la oxidación de sustratos inorgánicos, a través del proceso de quimiosíntesis.

3. a) La ribulosa 1,5-difosfato carboxilasa (rubisco) es una enzima que participa en la fase de fijación del dióxido de carbono de la fase oscura de la fotosíntesis. Cataliza la fijación del dióxido de carbono a una molécula de cinco carbonos, la ribulosa-1,5-difosfato.
- b) Centro de reacción fotoquímico: formado por un par especial de moléculas de clorofila a, denominadas pigmento diana, que al recibir la energía captada por los anteriores pigmentos transfieren sus electrones a otra molécula, denominada primer aceptor de electrones, que los cederá, a su vez, a otra molécula externa.
- c) El fotosistema es la unidad estructural y funcional encargada de utilizar la energía de la luz para la realización de un trabajo químico. Se forma de la antena y el centro de reacción.
- d) Cataliza la fosforilación del ADP a ATP utilizando la energía cedida por los protones (H^+) en el paso de estos a través de la membrana.
4. La clorofila es un pigmento fotosintético del tipo tetrapirrol. La clorofila consta de dos regiones: un anillo de porfirina que contiene magnesio y cuya función es absorber la luz y una cola, constituida por cadena hidrófoba de fitol de 20 átomos de carbono, derivada de una cadena de isoprenoide, cuya función es mantener integrada la molécula de clorofila en la membrana de los tilacoides.

Existen dos tipos principales de clorofila, la clorofila a y la clorofila b. La diferencia entre ellas es que la clorofila b tiene un grupo formilo ($-CHO$) en lugar de un grupo metilo como la clorofila a en uno de los carbonos del anillo de porfirina. En los vegetales superiores, la más abundante es la clorofila a.

La función de la clorofila, junto a otros pigmentos, es la de captar energía luminosa.

5. $6 CO_2 + 12 H_2O + \text{Energía luminosa} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 + 6 H_2O$.
6. Procede del agua, concretamente de la hidrólisis (fotólisis):



7. La fotofosforilación supone la formación de ATP a partir de ADP + P_i . Ello se produce por la energía contenida en los fotones de luz. La energía que van perdiendo los electrones a medida que pasan por la cadena transportadora sirve para bombear protones (H^+) desde el estroma hacia el interior del tilacoide. Como consecuencia se produce un gradiente de protones a ambos lados de la membrana del tilacoide, que se emplea en la fosforilación del ADP. Los protones del interior del tilacoide vuelven al estroma a través de las ATPasas, proceso que se realiza a favor de gradiente. La energía se utiliza para fosforilar ADP y obtener así ATP.

Podemos distinguir dos tipos de fotofosforilación:

- Fotofosforilación no cíclica. El flujo electrónico es abierto y los electrones siguen un recorrido abierto desde el agua (donador primario) hasta el $NADP^+$ (aceptor final). Actúan los dos fotosistemas (FS I y FS II).
- Fotofosforilación cíclica. El transporte de electrones se produce de forma cíclica, independiente del fotosistema II. En este tipo de fosforilación no se rompen moléculas de agua, por lo que no se desprende oxígeno y no se produce poder reductor ($NADPH$).

8. a) Fotosíntesis.

Cloroplasto.

Células vegetales.

El agua es el primer donante de electrones en la cadena fotosintética. Para ello sufre el proceso de fotólisis, liberando protones y electrones, que serán utilizados en el proceso fotosintético. Los electrones y protones fluyen desde el agua al $NADP^+$, que se reduce a $NADPH$, y el oxígeno es liberado al exterior. El $NADPH$ será utilizado en la fase oscura o independiente de la luz para sintetizar materia orgánica a partir de dióxido de carbono.

- b) **Fase 1.** Dependiente de la luz. Los procesos que tienen lugar son: captación de luz por fotosistemas y fotólisis, transporte electrónico, síntesis de ATP y síntesis de $NADPH$. La fase luminosa o dependiente de la luz: tiene lugar en los tilacoides de los cloroplastos. En esta etapa se absorbe la energía luminosa que proviene del Sol, gracias a unas moléculas fotorreceptoras (pigmentos). En dicha etapa se consigue obtener ATP y $NADPH$.

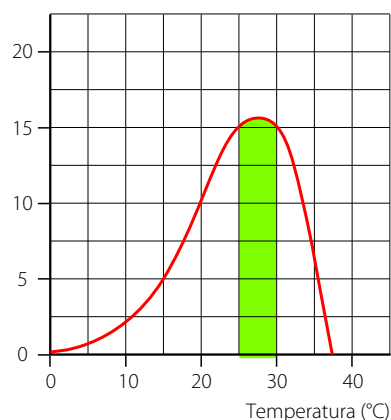
Fase 2. Los procesos que tienen lugar son: ciclo de Calvin o fase no dependiente de la luz: fijación del carbono a partir del CO_2 con gasto de ATP y $NADPH$. La fase oscura o independiente de la luz tiene lugar en el estroma de los cloroplastos. En dicha fase se utilizan los productos obtenidos en la fase anterior (ATP y $NADPH$), el CO_2 , tomado del medio y los compuestos ricos en nitrógeno, azufre y fósforo, procedentes de las sales minerales, para sintetizar materia orgánica (azúcares).

9. Esta molécula es tan idónea porque rinde el doble de energía por gramo que los glúcidos (los glúcidos rinden 4,3 kcal/g y los lípidos rinden 9 kcal/g). Esto se debe a que los lípidos están constituidos básicamente por C e H, mientras que los glúcidos ya presentan un elevado porcentaje de oxígeno. Debido a ello el número de enlaces que se han de romper en estos para formar CO_2 es menor y, por tanto, liberan menos energía. Además, los lípidos, al ser insolubles en agua, no tienen tanto peligro de ser atacados por las bacterias del suelo, como los polisacáridos. Por ello las semillas contienen un alto porcentaje de lípidos.

10. a)

Temperatura	0	10	25	40
Actividad fotosintética (oxígeno liberado)	0	2,5	15	0

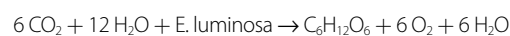
Actividad fotosintética (oxígeno liberado en unidades arbitrarias)



- b) En el proceso de la fotosíntesis intervienen, con funciones diversas, diferentes ejemplos de proteínas (transportadoras, enzimáticas). Las proteínas pierden su estructura nativa, se desnaturalizan por efecto de los cambios de temperatura lo que explica que a temperaturas inferiores a 25 °C y superiores a 30 °C no presenten un 100 % de actividad.
- c) La ecuación general básica de la fotosíntesis es:



Para una molécula de glucosa podemos escribirla así:



En ella se puede observar que el oxígeno es un producto final del proceso. Una actividad fotosintética elevada, que produzca una cantidad también elevada de materia orgánica, irá asociada la liberación de una cantidad de oxígeno superior a la que se daría en una actividad fotosintética moderada o baja.

OBJETIVOS

1. Distinguir las diferentes etapas en la vida de una célula, conociendo sus peculiaridades.
2. Entender el significado de las diferentes fases del ciclo celular.
3. Analizar las modalidades de división del núcleo y del citoplasma, estableciendo diferencias entre las células animales y vegetales.
4. Comparar los procesos de reproducción sexual y asexual estableciendo las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.
5. Reconocer las diferentes etapas de la meiosis, comprendiendo los acontecimientos que tienen lugar en cada una de ellas.
6. Establecer diferencias entre los procesos de mitosis y meiosis.
7. Relacionar la meiosis y fecundación con la variabilidad genética.
8. Distinguir los diferentes ciclos biológicos.

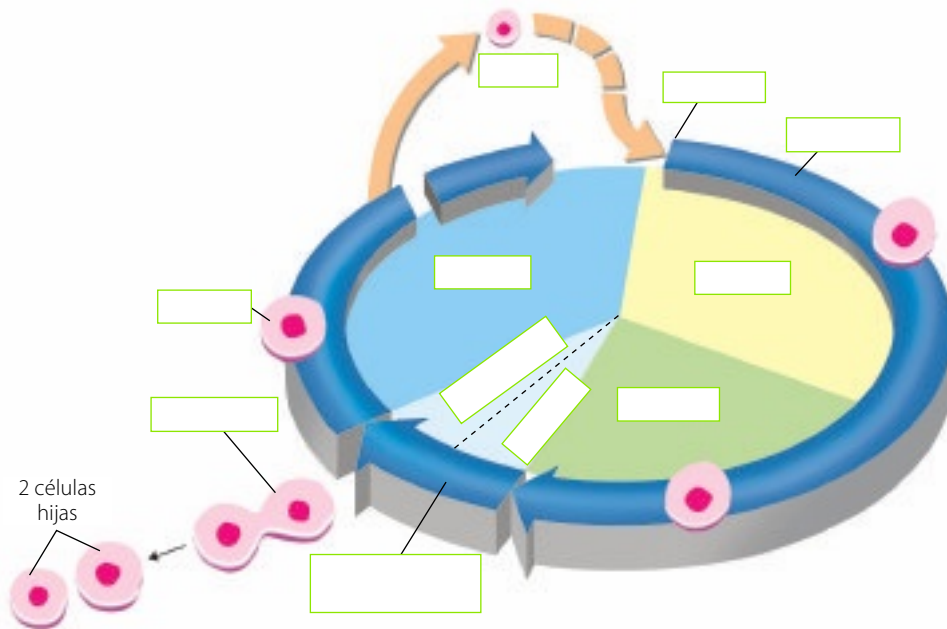
CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• La vida de la célula. (Objetivo 1) • El ritmo de la reproducción celular. (Objetivo 1) • El ciclo celular. (Objetivo 2) • La división celular o fase M. (Objetivo 3) • La reproducción: asexual y sexual. (Objetivo 4) • La meiosis. (Objetivos 5 y 7) • Los ciclos biológicos. (Objetivo 8)	• Analizar fotografías de las diferentes etapas de la vida de la célula. (Objetivo 1) • Interpretación de gráficos sobre la variación del contenido de ADN a lo largo del ciclo celular. (Objetivo 2) • Dibujar las distintas fases de la mitosis y la meiosis para dotaciones cromosómicas determinadas, tanto en células animales como en vegetales. (Objetivos 3 y 5) • Interpretación de fotografías de diferentes etapas de la mitosis y la meiosis. (Objetivos 3 y 5) • Confeccionar preparaciones microscópicas sobre las diferentes fases de la mitosis. (Objetivo 3) • Comparar la reproducción asexual y sexual, indicando ventajas e inconvenientes de cada una. (Objetivo 4) • Realización de un cuadro comparativo entre los procesos de mitosis y meiosis. (Objetivo 6). • Dibujar e interpretar diferentes ciclos biológicos. (Objetivo 8)	• Valoración de las consecuencias de que una célula se divida sin control. • Consideración de las ventajas e inconvenientes de la reproducción sexual y asexual. • Interés por la observación al microscopio de las diferentes etapas de la mitosis y la meiosis. • Comprensión de la relación entre meiosis y reproducción sexual. • Toma de conciencia de las aplicaciones del estudio de la mitosis y la meiosis. • Interés por conocer los ciclos biológicos de diferentes especies.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Conocer las etapas de la vida de una célula, así como sus características principales. (Objetivo 1)	1	1
b) Describir las diferentes etapas del ciclo celular, señalando lo que ocurre en cada una de ellas. (Objetivo 2)	2	2
c) Describir las fases de la división celular, cariocinesis y citocinesis, y reconocer sus diferencias entre células animales y vegetales. (Objetivo 3)	3	3
d) Comprender los procesos de reproducción sexual y asexual, señalando las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas. (Objetivo 3)	4	4
e) Reconocer y representar de forma esquemática las etapas de la meiosis para una determinada dotación cromosómica, tanto en células animales como en vegetales. (Objetivo 4)	5	5 y 6
f) Conocer las diferencias y analogías entre los procesos de división celular mitótica y meiótica. (Objetivo 5)	6 y 7	7
g) Distinguir los tres tipos biológicos, señalando las etapas haploides y diploides del mismo, así como el momento en el que tiene lugar la meiosis. (Objetivo 6)	8	8

FASES DEL CICLO CELULAR



DIFERENCIAS ENTRE LA MITOSIS Y LA MEIOSIS

Mitosis	Meiosis
- - Da lugar a dos células con el mismo número de cromosomas que la célula madre. - - En la anafase las cromátidas hermanas se separan. - Si no hay mutación, los cromosomas de las células hijas son a los de la célula madre.	- Son dos cariocinesis y dos citocinesis. - - En la profase hay sinapsis y entrecruzamientos. - En la anafase, - - - Aproximadamente, la mitad de los cromosomas de las células hijas son el producto de la - entre las cromátidas de los cromosomas homólogos.

Observación de las fases de la mitosis en tejidos vegetales

Para poder observar las diferentes fases de la mitosis, es necesario utilizar un tejido que se halle en continuo crecimiento, en el que podamos encontrar células en división. Al realizar la preparación microscópica, se matan células en división, por lo que probablemente podamos observar las distintas fases de la mitosis.

Un material adecuado para observar la mitosis son los meristemos terminales o primarios de las raíces de crecimiento, tales como los que se encuentran en los bulbos de cebolla, del ajo o en las semillas de leguminosas en germinación. Cuanto más jóvenes sean las raíces, mayor será la probabilidad de encontrar células en división.

Objetivos

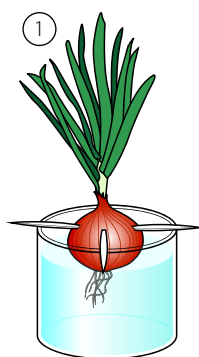
- Observación de las diferentes fases de la mitosis e interpretación al microscopio.
- Practicar la elaboración de preparaciones microscópicas y las técnicas de tinción.

Material necesario

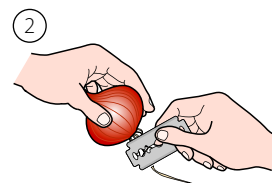
- Un bulbo de cebolla.
- Bote de cristal o vaso de agua.
- Palillos higiénicos.
- Bisturí o cuchilla de afeitar.
- Cuentagotas.
- Vidrio de reloj.
- Mechero de alcohol.
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Papel de filtro.
- Orceína A y B.
- Microscopio óptico.

Procedimiento

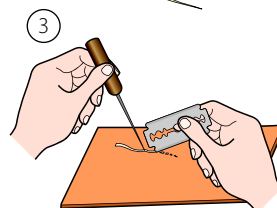
1. Cuatro o cinco días antes de realizar la práctica se coloca un bulbo de cebolla sobre un vaso con agua, de tal forma que las raicillas estén en contacto con el agua. Para mantener la cebolla erguida se pueden utilizar palillos clavados en el bulbo (ver figura).
2. Cuando las raicillas hayan crecido, corta los 2 mm finales de la base con unas tijeras, con el fin de eliminar la cofia.
3. Por debajo de la cofia se encuentran los meristemos. Realiza con una cuchilla o bisturí tres o cuatro cortes transversales muy finos (casi translúcidos) de los 3 mm terminales.
4. Deposita los cortes en un vidrio de reloj y echa unas gotas de orceína A (3-5 cc). Deja que se tiñan al menos 6 minutos.
5. Calienta suavemente el vidrio de reloj a la llama del mechero, sin que el colorante llegue a hervir. Si se empezase a desecar, añade nuevas gotas de orceína A como hiciste anteriormente.
6. Una vez la preparación se ha enfriado, coloca dos o tres cortes de raíz en un portaobjetos limpio. Añade unas gotas con el cuentagotas de orceína B. Coloca encima un cubreobjetos y sobre este un trozo de papel de filtro doblado varias veces.
7. Por último, realiza un aplastamiento. Para ello, aprieta el cubreobjetos contra el portaobjetos mediante el dedo pulgar realizando un giro de 90°. Procura que la superficie sobre la que se realiza el aplastamiento sea lisa con el fin de no romper la preparación.
8. Observa la preparación al microscopio. Dibuja en el cuaderno las diferentes fases que observas, indicando a qué aumentos lo has hecho.



Se coloca una cebolla en un frasco, procurando que el agua moje el bulbo.



Se saca la cebolla y con la cuchilla se corta un trozo de raíz que se colocará en el porta.



Con la cuchilla se realizarán algunos cortes transversales muy finos, sujetando la raíz con una aguja enmangada.

Practica

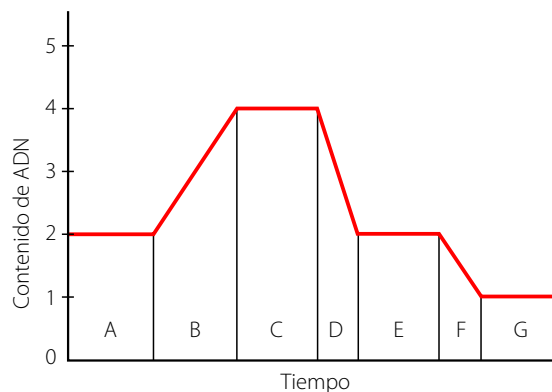
1. ¿Qué es la cofia? ¿Por qué no utilizamos esta parte de la raíz para observar las diferentes fases de la mitosis?
2. ¿En qué fase se observan mejor los cromosomas? ¿Por qué?
3. ¿Cuántos cromosomas crees que tiene la cebolla?
4. ¿Has podido observar nucleolos? ¿En qué fase?
5. ¿Cuál es la finalidad de aplastar la preparación?
6. Si quisieras enseñar la preparación al microscopio a un compañero que no ha realizado la práctica, ¿qué argumento utilizarías para indicarle que se trata de células vegetales en división?

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1 ¿Es igual el ritmo de reproducción celular en todas las células? ¿De qué depende?

2 La gráfica adjunta representa la variación del contenido de ADN a lo largo del ciclo celular de un determinado tipo de célula.

- Explica cómo cambia el contenido de ADN desde la fase A hasta la fase G, razonando el tipo de división celular que se ha producido.
- Nombra la fase a la que corresponda la letra A e indica dos acontecimientos que se producen en dicha fase.



3 Señala las diferencias entre la citocinesis de una célula animal y una célula vegetal.

4 Algunas especies de organismos, como el alga unicelular *Chlamydomonas*, pueden reproducirse de forma sexual o asexual, en función de las condiciones del medio. La reproducción asexual tiende a presentarse en medios favorables y estables, mientras que la tasa de reproducción sexual (con la consiguiente meiosis de las células sexuales) aumenta en condiciones inestables y/o desfavorables. Explica por qué esta característica ha sido favorecida por la selección natural.

5 Con relación a la meiosis:

- Explica cómo se genera variabilidad genética.
- ¿Cuántas divisiones ocurren durante la meiosis y cuántas células se generan a partir de una célula?
- Teniendo en cuenta un organismo con $2n = 4$, completa el cuadro adjunto.

	Metafase meiótica I	Metafase meiótica II
Número de cromosomas		
Número de bivalentes		
Número de cromátidas por cromosoma		
Plodía de la célula		

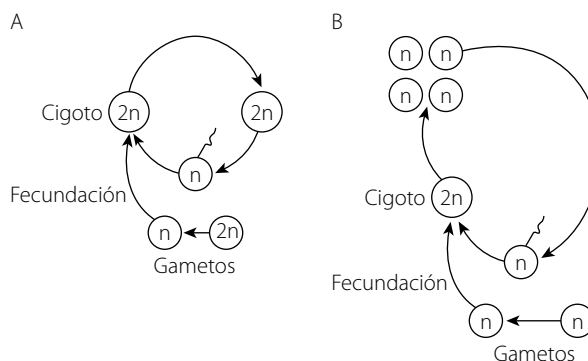
6 Para una célula con $2n = 4$, indica:

- Células resultantes en mitosis y en meiosis.
- Número de cromátidas en un núcleo hijo mitótico y en un núcleo meiótico.
- Número de citocinesis en mitosis y en meiosis.
- Número de bivalentes en mitosis y en meiosis.

7 ¿En qué se diferencia la metafase mitótica de la metafase I meiótica?

8 Observa las figuras siguientes, corresponden a dos de los ciclos biológicos de organismos eucariotas. Para cada uno de los dos ciclos, explica en forma de tabla cuáles son sus características con respecto a los siguientes aspectos:

- Tipo de ciclo.
- Momento del ciclo en que se produce la meiosis.
- Momento del ciclo en que se produce la mitosis y el crecimiento del individuo.
- Cuál de los dos estados, haplonte o diplonte, predomina.

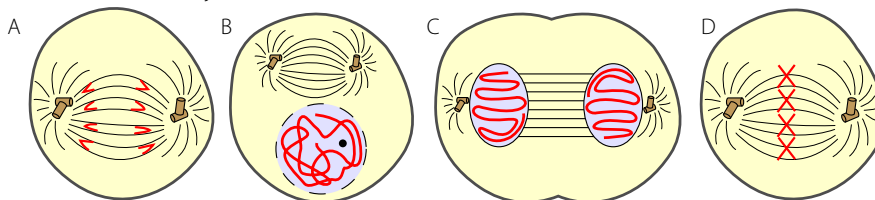


1 En el cuerpo humano hay más de 200 tipos de células diferentes. No obstante, todas ellas (excepto las sexuales) derivan por división mitótica del cigoto originado en la fecundación. Si la mitosis conserva el número de cromosomas y la información genética de la célula que se divide, ¿cómo se explica esta diversidad celular? ¿Cuál es el proceso de división celular que origina las células sexuales? ¿Considerando su importancia biológica, cuáles son las diferencias fundamentales con la mitosis?

2 Realiza un esquema gráfico del contenido de ADN a lo largo del ciclo celular de una célula somática suponiendo que la cantidad de ADN gamética es C.

3 Con relación a la división celular por mitosis:

a) Cita de forma secuencial las diferentes etapas del proceso. Para ello escribe en orden adecuado las letras asignadas a los diferentes dibujos



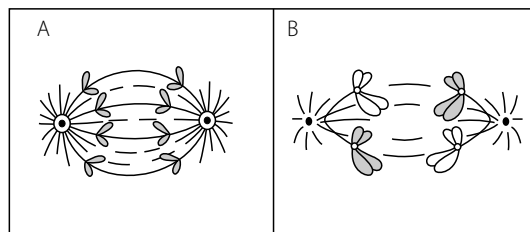
b) Describe cuatro acontecimientos que están ocurriendo en la fase representada en el dibujo C.

c) Razona si se trata de una célula animal o vegetal.

4 ¿A qué se debe la variabilidad genética de la descendencia en la reproducción sexual?

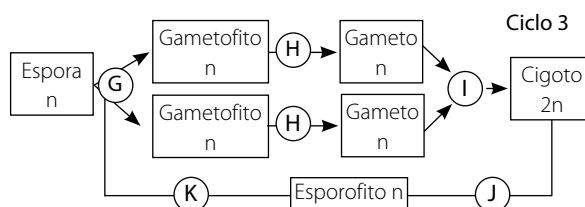
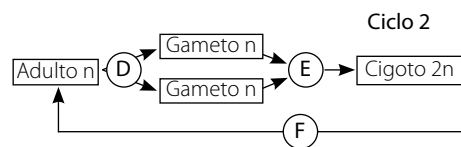
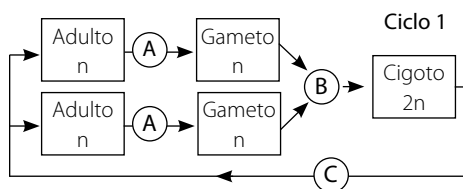
5 ¿Qué nombre reciben las parejas de cromosomas apareados? ¿En qué proceso y etapa del mismo se observan dichas parejas?

6 Indica cuál de las dos partes de la meiosis es reduccional. Explica los principales acontecimientos que tienen lugar durante la misma.



7 Estos dos dibujos corresponden a dos células de un organismo, que se encuentran en la anafase mitótica, y en la anafase I meiótica. Identifica cada fase y describe el proceso que ocurre en cada una.

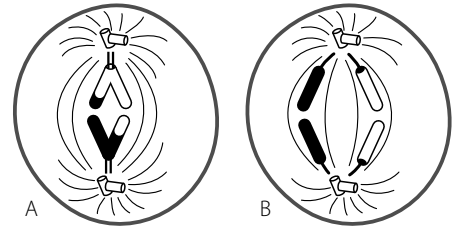
8 Los siguientes esquemas muestran, de manera simplificada, diferentes ciclos biológicos.



Completa el siguiente cuadro:

	Tipo de ciclo	Fecundación	Meiosis	Mitosis	Ejemplo de organismo
Ciclo 1					
Ciclo 2					
Ciclo 3					

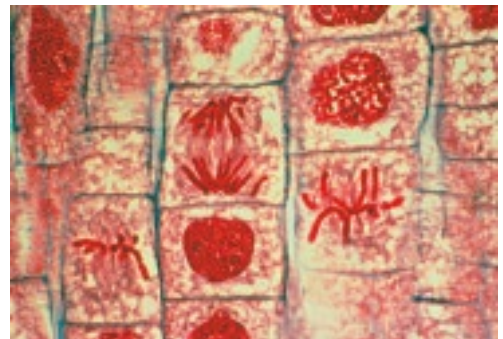
- 1 Una célula haploide ¿puede experimentar meiosis? Razona la respuesta.
- 2 Indica las dos diferencias más aparentes entre la telofase de una mitosis astral y la de una anastral. Señala un tipo de organismo en el que se da cada una de ellas.
- 3 Respecto a la anafase:
 - a) ¿Qué regiones cromosómicas interactúan con los microtúbulos?
 - b) ¿Qué les sucede a esos microtúbulos?
 - c) ¿Qué estructuras migran a polos opuestos en la anafase I de la meiosis?
 - d) ¿Qué estructuras migran en la anafase II de la meiosis?



- 4 Identifica, y explica, los dos tipos de fases que aparecen representados en los dibujos, teniendo en cuenta que las células tienen dos cromosomas telocéntricos.
- 5 Una determinada especie animal tiene tres pares de cromosomas:
 - a) Indica cuántos cromosomas tendrá un espermatozoide, ¿cuántos tendrá un óvulo? Razona la respuesta.
 - b) Realiza un esquema de la metafase mitótica de una célula de ese organismo.
 - c) Indica en qué tipo de células de ese animal se llevaría a cabo la mitosis, ¿y la meiosis?
 - d) ¿Qué tipo de espermatozoides puede formar ese animal en función de los cromosomas sexuales? Razona la respuesta.

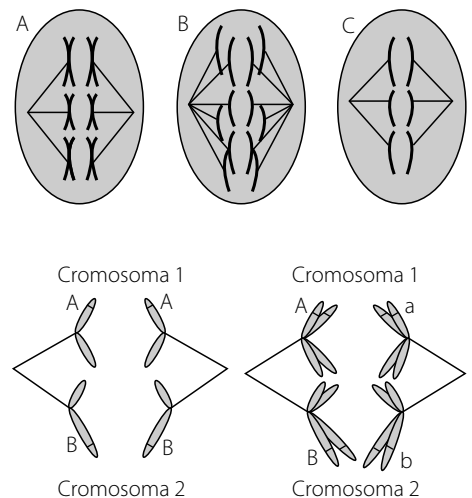
- 6 Al inicio de la interfase una célula tiene 0,3 pg de ADN (1 pg = 1 picogramo = 10^{-12} g). ¿Qué cantidad de ADN tendrá en la metafase? Justifícalo.

- 7 La meiosis y la mitosis son procesos de división celular propios de organismos eucariotas. Razona en cuál de estos dos procesos y en qué fase divisional se encontraría una célula de mamífero que presentara cinco cromosomas con dos cromátidas cada uno, colocados en el huso acromático. Justifícalo.



- 8 Observa la siguiente fotografía, realizada con microscopio óptico. Se pueden ver células vegetales en división por mitosis. Marca sobre la fotografía la/célula/s que se encuentran en anafase. Explica tu decisión.

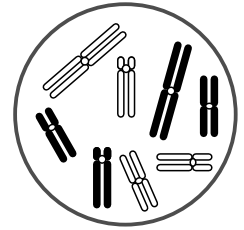
- 9 Observa los tres dibujos siguientes. Representan tres células en división que pertenecen a diferentes tejidos de una misma especie animal.
 - a) Dos de estas células se están dividiendo por meiosis. Indica de cuáles se trata y la fase del proceso en la que se encuentran. Justifica tu respuesta.
 - b) ¿Cuántos cromosomas tiene esta especie animal? Explica la importancia de la meiosis en la reproducción sexual.
 - c) Razona si la siguiente afirmación es válida o no: «Tanto los espermatozoides como los óvulos son $2n$, por ello el cigoto realiza la meiosis».



- 10 Las figuras representan dos fases de la meiosis: a qué fase corresponde cada una de ellas? Razona la respuesta.

1 Con referencia a los ciclos de división celular:

- El esquema adjunto representa cromosomas eucarióticos que se encuentran en mitosis. Indica la fase o fases en las que se podrían observar cromosomas. ¿Podría ser también una metafase I meiótica? Razona las respuestas.
- Con referencia al mismo esquema, indica su nivel de ploidía. ¿Se trata de una célula somática o de un gameto? Razona la respuesta.
- Explica el significado de la meiosis con relación a la variabilidad genética.



2 Cuando en el laboratorio se cultivan células, se observa que pasan por una primera etapa de crecimiento, donde su actividad metabólica es muy intensa, y una segunda etapa donde las células presentan su estructura interna muy modificada (material genético visible en forma de cromosomas).

- ¿Cómo se denominan cada una de las etapas anteriormente descritas?
- Si las células cultivadas tuvieran cuatro cromosomas. ¿Aumentaría el número de cromosomas en la fase donde se duplica la cantidad de ADN? Razona la respuesta.
- La tubulina es una proteína sintetizada durante la etapa de gran actividad metabólica para formar el huso acromático. ¿Qué misión desempeña el huso acromático y en qué fase comienza a observarse en las células?

3 En qué fase de la división meiótica se produce el sobrecruzamiento. Señala las consecuencias biológicas que conlleva este proceso.

4 Completa la tabla adjunta, indicando en la columna de la derecha a qué corresponden los conceptos de la columna de la izquierda:

(1) Los cromosomas que son similares en dimensiones, forma y contenido genético	
(2) La desaparición del nucléolo tiene lugar durante	
(3) Durante la citocinesis vegetal, la constitución de la pared en las células hijas tiene lugar gracias a la formación de un tabique llamado	
(4) La síntesis de ADN en un meiocito tiene lugar durante	

5 ¿En qué consiste la citocinesis? ¿Cuándo ocurre? ¿Qué diferencia básica existe entre la citocinesis de una célula animal y de una vegetal? ¿Cómo se denominan las estructuras que facilitan la citocinesis en ambos tipos de células?

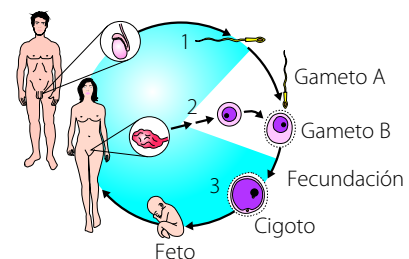
6 Respecto a la división de una célula somática animal, ¿qué diferencias existen entre la anafase y la telofase?

7 ¿Cuál es la importancia biológica del proceso mitótico? ¿Y del proceso meiótico?

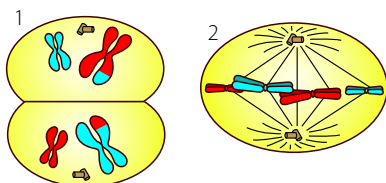
8 Señala tres diferencias entre los acontecimientos que tienen lugar durante la profase mitótica y la profase I meiótica.

9 El diagrama representa el ciclo reproductor de los seres humanos.

- ¿De qué tipo biológico se trata? Justifica la respuesta.
- Qué dotación cromosómica tienen las siguientes células: gameto A, cigoto, las células del feto. Justifica las respuestas.
- Asocia las figuras 1 y 2 con los tipos de división indicados en el diagrama. Justifica la respuesta.



- División celular 1
- División celular 2
- División celular 3



d) Imagina que se sustituye con éxito el núcleo del gameto B por un núcleo de una célula madre de la piel (del tejido epitelial) del hombre del gráfico y se implanta en el útero de la mujer sin que haya habido fecundación. ¿Cómo sería el descendiente en este caso?

RECUERDA Y CONTESTA

1. La duración de la vida celular es muy variable. Por ejemplo, en el cuerpo humano hay células que se reproducen rápidamente, como las del epitelio intestinal, las del epitelio pulmonar y las de la piel. Algunas de estas tan solo tardan ocho horas en dividirse. En el otro extremo están las células que han perdido la capacidad de reproducción y el final de las cuales es siempre la muerte celular; por ejemplo, los eritrocitos, las células musculares estriadas y las neuronas.
2. La reproducción celular es el proceso por el cual a partir de una célula inicial o célula madre se originan nuevas células, llamadas células hijas.
3. Profase, metafase, anafase y telofase.
4. Se denominan cromosomas.
5. La meiosis.
6. Al final de la mitosis se obtienen dos células hijas idénticas a la célula madre, mientras que por meiosis se originan cuatro células hijas con la mitad de cromosomas que la célula madre y diferente material genético en sus cromosomas.
7. No, la meiosis se produce en células diploides (2n) que originan los gametos.

ACTIVIDADES

1. La apoptosis es la muerte celular por autólisis a partir de la ruptura de los lisosomas de la célula.
2. Sí.
3. Causas internas:
 - Aumento excesivo del tamaño del citoplasma.
 - Aumento del tamaño total de la célula.
 Causas externas:
 - Disponibilidad de espacio.
 - Presencia de factores de crecimiento o agentes mitógenos.
4. Si el diámetro del núcleo es de $2\text{ }\mu\text{m}$, entonces su radio es $1\text{ }\mu\text{m}$. Considerando el núcleo como una esfera, su volumen sería $4/3 \times \Pi \times 1^3\text{ }\mu\text{m}^3$.

$$\text{RNP} = \text{Volumen núcleo} / \text{Volumen citoplasma} - \text{Volumen núcleo}$$
 Según el enunciado, si RNP es menor de 0,002 comienza la división celular, por tanto, se trata de resolver la siguiente ecuación:

$$0,002 < 4/3 \times \Pi \times 1^3\text{ }\mu\text{m}^3 / 4/3 \times \Pi \times (r_{\text{citoplasma}}^3 - 1^3)\text{ }\mu\text{m}^3$$
 Resolviendo, $r_{\text{citoplasma}} < 7,94\text{ }\mu\text{m}$, aproximadamente, para que comience la división celular.
 Por tanto, el radio total de la célula sería $7,94 + 1 = 8,94\text{ }\mu\text{m}$ y el volumen máximo que puede alcanzar la célula sin comenzar la división sería: $V = 4/3 \times \Pi \times 8,94^3\text{ }\mu\text{m}^3 = 2992,96\text{ }\mu\text{m}^3$.
5. Porque el cáncer consiste en la división incesante y sin control de ciertas células que invaden tejidos y órganos alterando su funcionamiento y en ocasiones la reproducción celular es activada por ciertas hormonas en la sangre.
6. El ciclo celular o ciclo vital de una célula eucariota comprende el periodo de tiempo que va desde que se forma, es decir, desde que nace, hasta que se divide y genera otras células nuevas.
 En un ciclo celular se diferencian dos etapas que, además, son fácilmente distinguibles al microscopio óptico: la interfase y la división.

7. – Cariocinesis o mitosis. Consiste en la división del núcleo.
 - Citocinesis. Es un proceso que se produce después de la mitosis y que corresponde a la división del citoplasma.
 - Mitosis. Es un término sinónimo de cariocinesis.
 - Fase M. Es la etapa de división que engloba dos procesos: cariocinesis y citocinesis.
 - Interfase. Es la etapa inicial, de larga duración, o etapa de no división. Consta, a su vez, de otras tres fases, denominadas G_1 , S y G_2 , en las cuales se puede observar claramente el núcleo interfásico.
 - División celular. Es un término sinónimo de fase M.
8. El 5% restante de las células estaría en división celular o fase M. En un ciclo vital de 24 horas, la fase G_1 dura 11 horas, S dura ocho horas y G_2 dura 4 horas, aproximadamente. Por tanto, un 5% de las células se encuentran en división celular durante una hora, aproximadamente.
9. Se pueden observar cromosomas con dos cromátidas durante la mitosis en la profase y en la metafase.
 Los cromosomas con una sola cromátida se observan en la anafase y en la telofase de la mitosis.
 Durante la interfase no se observan cromosomas. Al final de la etapa S se originan dos cromátidas que se mantienen unidas por el centrómero y en la etapa G_2 se empiezan a condensar los cromosomas.
10. En los tejidos vegetales. En el meristemo de las plantas (tanto en raíces como en tallos) durante el desarrollo vegetativo la mitosis está ocurriendo con elevada frecuencia.
11. Cromosoma: estructura que se forma a partir de los sucesivos empaquetamientos de la cadena de ADN mediante la participación de las proteínas de la cromatina, generalmente histonas.
 Cromátida: cada una de las copias de la cadena de ADN que se obtienen a partir de la duplicación de un cromosoma.
 Centrosoma: corresponde a la zona del citoplasma donde se encuentra el centro organizador de microtúbulos, entre otras estructuras origina el huso acromático, encargado de la separación de los cromosomas durante la división celular.
 Centrómero: constricción de los cromosomas que puede ocupar diversas posiciones, une las dos cromátidas hermanas de un cromosoma.
12. Durante la profase mitótica una célula humana tiene 46 cromosomas.
13. En metafase se observan tres pares de cromosomas.
 En anafase, los seis cromosomas se separan a los dos polos de la célula, una cromátida de cada cromosoma se dirige a un polo y la otra cromátida de cada cromosoma al polo opuesto. Por tanto, se observarían seis cromátidas migrando a un polo y otras seis cromátidas migrando al polo opuesto.
 Al final de la interfase los cromosomas comienzan a condensarse, se observarían tres parejas de cromosomas.
14. El huso mitótico sin ásteres se denomina huso anastral, se encuentra en las células de los vegetales superiores y en algunos protozoos por no tener centriolos. El huso mitótico con ásteres se llama huso astral.
15. Pleuromitosis. Es una mitosis intranuclear, es decir, una mitosis que ocurre sin que haya ruptura de la envoltura nuclear.
 Endomitosis. Es la duplicación del ADN nuclear sin reparto posterior del material cromosómico entre dos núcleos hijos.

Amitosis. Es una división del núcleo por estrangulación, en la que no ha habido una separación previa de los cromosomas en dos grupos, por lo cual no hay reparto equitativo de estos.

16. Tras la duplicación del ADN nuclear sin reparto posterior del material cromosómico entre dos núcleos hijos, no hay separación de las cromátidas hermanas, sino que estas quedan extendidas y unidas entre sí constituyendo cromosomas politénicos o cromosomas gigantes, que pueden tener hasta 1024 cromátidas juntas.

17. Porque es un tipo de reproducción ventajosa mientras el ambiente se mantenga estable, ya que los descendientes son idénticos al progenitor, que es único.

18. Los gametos presentan la mitad del número de cromosomas que las células somáticas porque se originan por meiosis. Así al unirse dos gametos para originar un cigoto, este tendrá la dotación cromosómica de una célula somática y a partir de ella se origina un individuo completo.

Si los gametos tuvieran el mismo número de cromosomas que las células somáticas, entonces la dotación cromosómica de la especie se duplicaría en cada generación.

19. Las cromátidas hermanas son aquellas que constituyen un cromosoma y se encuentran unidas por el centrómero. Las cromátidas homólogas se encuentran en cromosomas diferentes, en cada pareja de cromosomas homólogos de una célula diploide existen dos pares de cromátidas homólogas.

20. A partir de una célula diploide con seis cromosomas ($2n = 6$) y si no se produjera ningún entrecruzamiento, se formarían cuatro gametos en total (haploides, $n = 3$) y dos tipos diferentes de gametos.

En la meiosis I se separan cromosomas homólogos y se obtendrían dos células haploides diferentes entre sí, con tres cromosomas cada una y cada uno de sus cromosomas con dos cromátidas. Las cromátidas hermanas son iguales y en la meiosis II se separan cromátidas hermanas a cada uno de los polos de las dos células que se encuentran en división, por tanto, al finalizar esta etapa se obtienen cuatro gametos haploides con tres cromosomas de una cromátida en cada gameto.

21. Para que existan cinco cromosomas en cada polo de la célula, la célula inicial que comenzó la división tenía que ser $2n = 10$ y habrá tenido lugar la meiosis, en la primera división meiótica se separan cromosomas homólogos y quedan dos células haploides con cinco cromosomas de dos cromátidas cada una. En la segunda división meiótica se separan cinco cromátidas a cada uno de los polos, por tanto, la célula se encuentra al final de la anafase II o principios de la telofase II.

22. La meiosis cigótica es la que experimenta el cigoto diploide de aquellas especies que solo tienen individuos haploides, se obtienen cuatro células haploides. A partir de ellas, se forman adultos haploides, los cuales por mitosis generan gametos haploides.

La meiosis cigótica es característica del ciclo haplonte que lo presentan algunos protozoos, algunas algas y hongos.

En el ciclo diplonte, la meiosis se produce para generar los gametos haploides, es la meiosis gamética. Tras la fecundación, los gametos haploides originan un cigoto diploide que se multiplica por mitosis y da lugar al adulto. Ocurre en casi todos los animales, muchos protozoos y algunas algas y hongos. Se produce en especies que solo tienen individuos diploides.

La meiosis esporogénica tiene lugar a partir de un individuo diploide (esporofito), se obtienen esporas haploides o meiosis-

poras que darán lugar a los individuos haploides (gametofito), que son los que generan los gametos. Mediante la fecundación, los gametos forman el cigoto ($2n$). El cigoto se divide por mitosis y da lugar al esporofito ($2n$). Este ciclo se denomina diplohaplonte, se da en las plantas, en muchas algas y en algunos hongos; son especies que presentan dos tipos de individuos, unos diploides, de los cuales surgen otros haploides, y viceversa.

23. La variabilidad genética de la descendencia en la reproducción sexual se debe a diversas causas:

- Mezcla al azar de genes de ambos progenitores. En los seres diploides, los dos cromosomas homólogos (los que tienen genes con información sobre los mismos caracteres) se heredan de los progenitores, un cromosoma de un progenitor y el segundo del otro. Esto produce combinaciones aleatorias de caracteres de ambos progenitores.
- Combinaciones de cromosomas. Durante la formación de los gametos, o de las meiosisporas, cada una de estas células tan solo recibe un ejemplar, al azar, de cada tipo de cromosoma, el de un progenitor o el del otro. Por este motivo, los gametos también son diferentes entre sí.
- Recombinación de genes. Se produce durante la meiosis entre una de las dos cromátidas de un cromosoma y otra del cromosoma homólogo de modo fortuito. Las cromátidas recombinadas resultantes son, pues, diferentes entre sí y diferentes a las originales.

24. La reproducción sexual proporciona variabilidad genética a la descendencia.

25. a) Cromosomas.

- b) A los seres humanos, ya que se representan 23 pares de cromosomas homólogos (22 pares de autosomas y un par sexual de cromosomas).

- c) Corresponden a una especie diploide, ya que posee dos juegos de cromosomas, uno heredado del padre y otro heredado de la madre.

- d) Cada cromosoma está formado por dos cromátidas, cada una constituida por una molécula de cromatina (ADN + proteínas) muy condensada. Por tanto, cada cromosoma consta de dos moléculas de ADN (resultado de la duplicación). Como se representan 46 cromosomas en total, se tienen $46 \times 2 = 92$ moléculas de ADN condensadas.

26. a) – En la profase de una mitosis astral hay centriolos y áster, mientras que en la anastral no.

- En la profase de la mitosis anastral se observa la formación del fragmoplasto, mientras que en la astral no, ya que se forma el surco de división.

La mitosis astral se produce en las células animales y la mitosis anastral en las células vegetales y de algunos protozoos.

- b) La telofase es la etapa final de la mitosis y se distingue por:

- Los dos grupos de cromosomas anafásicos se encuentran en los dos polos del huso mitótico. Comienza su descondensación y forman dos masas en las cuales es difícil distinguirlos individualizados. Desaparecen los cinetocoros.

- La lámina fibrosa, que se forma a partir de los sáculos del retículo endoplasmático y de los restos de la envoltura nuclear de la célula madre, se adhiere a los cromosomas, lo que facilita la construcción de la nueva envoltura nuclear.

- Los cromosomas se van desespiralizando, hecho que posibilita la transcripción y la formación de los nucleolos a partir de las denominadas regiones organizadoras de nucléolos del ADN. El núcleo telofásico se asemeja, progresivamente, cada vez más, al interfásico.
- Los microtúbulos polares se separan del material pericentriolar, se aproximan entre sí y forman haces a la altura de la interzona (zona intermedia entre los dos grupos de cromosomas). En la región de imbricación de estos microtúbulos interzonales se acumulan muchas proteínas y forman los denominados cilindros de sustancia densa, que tienen un papel importante en la citocinesis, que se produce, generalmente, de forma simultánea a la telofase.

27. El ciclo celular o ciclo vital de una célula eucariota comprende el periodo de tiempo que va desde que se forma, es decir, desde que nace, hasta que se divide y genera otras células nuevas. En un ciclo celular se diferencian dos etapas que, además, son fácilmente distinguibles al microscopio óptico:

- **Interfase.** Es la etapa inicial, de larga duración, o etapa de no división. Consta, a su vez, de otras tres fases, denominadas G_1 , S y G_2 , en las cuales se puede observar claramente el núcleo interfásico. Las fases G_1 , S y G_2 son periodos bioquímicamente muy activos, en los que se produce la síntesis de todas las sustancias propias de la célula. La síntesis de ADN se realiza, concretamente, durante la fase S. Al final de la interfase se lleva a cabo la duplicación del ADN, pero no se produce su reparto.
- **División.** Es la etapa final, corta, en la que la célula madre dará lugar a dos células hijas. La etapa de división consta de una sola fase denominada fase M (M de mitosis), que engloba dos procesos:
- **Cariocinesis o mitosis.** Consiste en la división del núcleo. En primer lugar, cada molécula de ADN del núcleo, junto con su copia, se condensa formando un cromosoma. Luego se rompe la envoltura nuclear y los cromosomas terminan de condensarse. Posteriormente, cada cromosoma se divide en dos y cada célula hija recibe el mismo número de cromosomas (la misma cantidad de ADN) que tenía la célula madre.
- **Citocinesis.** Es un proceso que se produce después de la mitosis y que corresponde a la división del citoplasma.

En los organismos diploides, la mitosis se puede definir como el proceso mediante el cual de una célula con $2n$ cromosomas se obtienen otras dos células con $2n$ cromosomas, siendo n el número de tipos diferentes de cromosomas. Gracias a la mitosis, todas las células somáticas de los seres pluricelulares tienen la misma dotación cromosómica que el cigoto.

La mitosis es un proceso continuo en el que se pueden distinguir cuatro fases:

- **Profase.** Es la etapa inicial, dura unos quince minutos y se caracteriza por los siguientes sucesos:
 - Las dos fibras de ADN de cada cromosoma, fibras de cromatina de $100 \text{ \AA}$, se enrollan sobre sí mismas para formar, en primer lugar, dos fibras de $300 \text{ \AA}$, y después las dos cromátidas, que quedan unidas a la altura del centrómero y constituyen el cromosoma profásico.
 - A causa de esta condensación del ADN desaparecen los nucléolos, puesto que el ADN que regula la transcripción queda empaquetado en los cromosomas.
 - Se forman dos centrosomas por duplicación del existente. Los centrosomas se alejan uno de otro aparentemente

impulsados por el alargamiento de los microtúbulos denominados microtúbulos polares o fibras polares, que generalmente no llegan al otro centrosoma. El alargamiento de estas fibras produce la separación de los dos centrosomas, que constituyen los dos polos de la célula en división, quedando en una posición diametralmente opuesta. El crecimiento de los microtúbulos polares se produce por la adición de la proteína tubulina en el extremo más alejado del centrosoma.

- En la profase tardía, el núcleo se hincha, debido a la entrada de agua, hasta que se fragmenta el envoltorio nuclear y se separa la lámina fibrosa, por lo cual el nucleoplasma se dispersa en el citosol. En los cromosomas, a la altura del ADN que forma el centrómero, se forma en cada una de las dos cromátidas, una estructura proteica, denominada cinetocoro o placa cinetocórica, que es capaz de capturar microtúbulos y puede fijar entre uno y 40, según la especie. Estos microtúbulos se llaman microtúbulos cinetocóricos o fibras cinetocóricas.
- **Metafase.** Esta etapa se caracteriza por los siguientes procesos:
 - Los microtúbulos cinetocóricos crecen por la adición de la tubulina a su extremo final, que es el que contacta con el cinetocoro.
 - Debido al alargamiento de estas fibras todos los cromosomas quedan en el ecuador de la célula formando la placa ecuatorial. En ella, cada una de las cromátidas de los cromosomas se orienta hacia uno de los polos.
 - Los dos centrosomas, los microtúbulos polares y los microtúbulos cinetocóricos forman el huso mitótico.
- **Anafase.** Esta fase dura unos minutos y en ella ocurren los siguientes procesos:
 - La separación de las dos cromátidas hermanas que constituyen cada uno de los cromosomas metafásicos, por la inactivación de las proteínas que las mantenían juntas. Se forman cromosomas anafásicos con una sola cromátida.
 - Estos cromosomas anafásicos se desplazan debido al acortamiento de los microtúbulos cinetocóricos y al arrastre del cromosoma realizado por proteínas motoras, que se fijan al cinetocoro y que desplazan el cromosoma a lo largo del microtúbulo.
 - Se produce el alargamiento del huso mitótico por la adición de tubulina a los microtúbulos polares y al deslizamiento de los de un polo con respecto a los de otro.
- **Telofase.** Es la etapa final de la mitosis y se distingue por:
 - Los dos grupos de cromosomas anafásicos se encuentran en los dos polos del huso mitótico. Comienza su descondensación y forman dos masas en las cuales es difícil distinguirlos individualizados. Desaparecen los cinetocoros.
 - La lámina fibrosa, que se forma a partir de los sáculos del retículo endoplasmático y de los restos de la envoltura nuclear de la célula madre, se adhiere a los cromosomas, lo que facilita la construcción de la nueva envoltura nuclear.
 - Los cromosomas se van desespiralizando, hecho que posibilita la transcripción y la formación de los nucléolos a partir de las denominadas regiones organizadoras de nucléolos del ADN. El núcleo telofásico se asemeja, progresivamente, cada vez más al interfásico.
 - Los microtúbulos polares se separan del material pericentriolar, se aproximan entre sí y forman haces a la altura de la interzona (zona intermedia entre los dos grupos de

cromosomas). En la región de imbricación de estos microtúbulos interzonales se acumulan muchas proteínas y forman los denominados cilindros de sustancia densa, que tienen un papel importante en la citocinesis, que se produce, generalmente, de forma simultánea a la telofase.

Las células de los vegetales superiores y de algunos protozoos no tienen centriolos y, por tanto, no presentan ásteres, aunque sí hay unas cuantas fibras cerca de los polos. Estas células presentan una mitosis anastral, que se caracteriza porque al principio de la profase, cerca del núcleo, hay una zona exenta de orgánulos denominada zona clara, que es un centro organizador de microtúbulos (COM), que, al cabo de un tiempo, queda rodeada de microtúbulos. Posteriormente, estos se alargan y, al final, se forman dos centros organizadores, denominados casquetes polares, que actúan como los centrosomas de las células animales.

El huso mitótico sin ásteres se denomina huso anastral, mientras que el huso mitótico con ásteres se llama huso astral.

28. a) El ciclo celular o ciclo vital de una célula eucariota comprende el periodo de tiempo que va desde que se forma, es decir, desde que nace, hasta que se divide y genera otras células nuevas.

En un ciclo celular se diferencian dos etapas que, además, son fácilmente distinguibles al microscopio óptico: la interfase y la división.

- b) El dibujo representa la mitosis.

La mitosis se produce después de la fase G2 de la interfase.

- c) A. Interfase; B. Profase; C. Metafase; D. Anafase; E. Telofase.
d) Las células somáticas de un organismo.

En organismos eucariotas.

- e) El huso mitótico es una estructura formada a partir de microtúbulos cuya función es distribuir los cromosomas homólogos o las cromátidas a los dos polos de la célula durante la división celular.

En la metafase (C).

- f) Se obtendrán dos células hijas con el mismo número de cromosomas que la célula madre, por tanto, con cuatro cromosomas cada célula hija.

- g) La cariocinesis es la división del núcleo o mitosis, consta de cuatro etapas bien diferenciadas: profase, metafase, anafase y telofase.

La citocinesis o citodiéresis es la división del citoplasma y tiene lugar después de la cariocinesis. Se distinguen los siguientes tipos de división del citoplasma, teniendo en cuenta el número de células hijas y la forma que estas tienen: bipartición, pluripartición y gemación.

29. a) Se representa la mitosis.

- b) En metafase.

- c) 1. Centríolos que constituyen el centrosoma. 2. Cromosomas metafásicos. 3. Microtúbulos del huso mitótico.

- d) Se trata de una célula animal, puesto que las células vegetales no presentan centriolos ni ásteres.

30. a) La citocinesis o citodiéresis es la división del citoplasma y tiene lugar después de la cariocinesis.

Tiene lugar en la telofase.

En la célula animal la citocinesis ocurre por estrangulamiento del citoplasma, mientras que en las células vegetales la citocinesis se produce mediante la formación de una nueva pared dentro de la célula madre.

Las estructuras que facilitan la citocinesis se denominan anillo contráctil en células animales, y fragmoplasto en células vegetales.

- b) Los microtúbulos interaccionan con los cinetocoros.

Los microtúbulos se acortan progresivamente.

En la anafase I de la meiosis migran cromosomas (homólogos recombinados) cada uno con dos cromátidas.

En la anafase II de la meiosis migran cromátidas de un mismo cromosoma a cada uno de los polos.

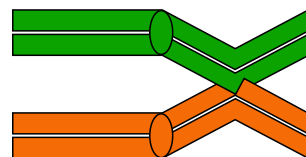
31. a) Durante la profase de la primera división meiótica las moléculas de ADN se enrollan y condensan constituyendo los cromosomas. A diferencia de la mitosis, los dos cromosomas homólogos se juntan y forman el par bivalente o tétrada, entre los que se produce un intercambio de fragmentos de ADN. Esta profase puede durar hasta meses o años según la especie.

- b) Un quiasma es el lugar donde ha tenido lugar la recombinación entre los cromosomas homólogos y se visualizan al final de la primera profase meiótica.

- c) Los cromosomas del par de homólogos (bivalente), constituidos a su vez por dos cromátidas, migran hacia polos opuestos de la célula.

- d) En el dibujo se aprecia que en el bivalente las cromátidas homólogas no han recombinado.

A continuación se representa el esquema correcto:



32. a) 1. Anafase. 2. Profase. 3. Interfase. 4. Metafase. 5. Telofase.
b) El orden temporal de la mitosis sería: 3, 2, 4, 1 y 5.

- c) La célula del tallo es una célula somática y tendrá 48 cromosomas ($2n = 48$).

Las células reproductoras de los granos de polen tendrán 24 cromosomas ($n = 24$).

33. a) Los cromosomas del esquema adjunto podrían encontrarse en profase y en metafase, ya que están constituidos por dos cromátidas.

No podría tratarse de una metafase I meiótica, ya que no se observa la formación de bivalentes.

- b) Se trata de una célula diploide con ocho cromosomas ($2n = 8$). Es una célula somática, puesto que se encuentra en mitosis, además se observan las parejas de homólogos (o los dos juegos cromosómicos), mientras que en un gameto solo habría un juego de cromosomas.

- c) La meiosis es un proceso de formación de gametos, o meiosisporas, a partir de células diploides. Las células sexuales obtenidas por meiosis son diferentes entre sí en cuanto al contenido de su material genético, lo cual proporciona variabilidad genética a la descendencia. Este hecho se debe a que se producen nuevas combinaciones génicas gracias al sobrecruzamiento y recombinación que tienen lugar en la profase I, así como a la disposición al azar de los bivalentes en la metafase I.

34. a) Entre los cromosomas representados ha tenido lugar el sobrecruzamiento cromosómico o *crossing-over*; es decir, el intercambio de fragmentos cromatídicos entre las cro-

mátidas no hermanas de cromosomas homólogos (materno y paterno). Las cromátidas recombinadas resultantes son, pues, diferentes entre sí; es decir, estarán formada por segmentos paternos y maternos. La consecuencia de este sobrecruzamiento es la recombinación génica o intercambio de genes. El proceso lleva a la obtención de un nuevo genotipo, lo que desde el punto de vista evolutivo aporta un incremento de la variabilidad genética de la descendencia. Este incremento de variabilidad puede contribuir a que en un individuo se produzca una mezcla de caracteres más favorables que los que tenían sus progenitores. Este proceso tiene lugar en la subfase paquitenio en la profase I de la meiosis.

35. a) La mitosis es un proceso de reproducción que realizan las células somáticas.

La meiosis es un proceso que se lleva a cabo, exclusivamente, en las células madre de los gametos.

- b) En la anafase de la mitosis migran a polos opuestos de la célula las cromátidas de los cromosomas, mientras que en la anafase de la primera división meiótica migran a polos opuestos los cromosomas homólogos de cada uno de los bivalentes.
- c) En la mitosis se obtienen dos células hijas idénticas a la célula madre y entre sí, en la meiosis se obtienen cuatro células hijas a partir de una célula madre, genéticamente distintas entre sí, con genes mezclados al azar respecto a la célula inicial.
36. a) La gráfica representa la variación del contenido del ADN de una célula con el tiempo.
- b) Corresponde a la meiosis.
- c) En el periodo D cambia el contenido de ADN a la mitad debido a que existe un reparto de los cromosomas homólogos entre las dos células hijas (anafase I de la primera división meiótica) y en el F hay un reparto de las cromátidas hermanas entre las dos nuevas células hijas (anafase II de la segunda división meiótica) y no ha habido duplicación de ADN para esta segunda división.
- d) La función del cambio en el contenido del ADN representado en la figura I es conseguir células (gametos) con la mitad de cromosomas que la célula madre, que al unirse en la reproducción sexual (fecundación) originen individuos con el mismo número de cromosomas.
- e) La estructura 1 es la de un cromosoma anafásico o telofásico, constituido por una sola cromátida, correspondiente a una célula n , y que se encuentra en los periodos F y G de la gráfica. La estructura 2 representa dos cromosomas homólogos después del proceso de recombinación genética o *crossing-over* de la profase I de la primera división meiótica, perteneciente a una célula $2n$, por tanto, corresponde al periodo C del gráfico.
37. a) En A se representa la meiosis.
En B se representa la mitosis.
- b) La mitosis:
- Es una cariocinesis.
 - Da lugar a dos células con el mismo número de cromosomas que la célula madre.
 - En la profase no hay sinapsis ni entrecruzamientos.
 - En la anafase las cromátidas hermanas se separan.
 - Si no hay mutación, los cromosomas de las células hijas son idénticos a los de la célula madre.

La meiosis:

- Son dos cariocinesis y dos citocinesis.
 - Da lugar a cuatro células con la mitad de cromosomas que la célula madre.
 - En la profase hay sinapsis y entrecruzamientos.
 - En la anafase, las cromátidas hermanas no se separan, sino que migran juntas hacia uno de los polos.
 - Aproximadamente, la mitad de los cromosomas de las células hijas son el producto de la recombinación genética entre las cromátidas de los cromosomas homólogos.
- c) En 1 se duplica el ADN y cada cromosoma queda constituido por dos cromátidas.
En 2 los dos cromosomas homólogos se juntan y forman el par bivalente o tétrada.
- d) La meiosis es un proceso de formación de gametos, o meiosporas, a partir de células diploides. Las células sexuales obtenidas por meiosis son diferentes entre sí en cuanto al contenido de su material genético, lo cual proporciona variabilidad genética a la descendencia. Este hecho se debe a que se producen nuevas combinaciones génicas gracias al sobrecruzamiento y recombinación que tienen lugar en la profase I, así como a la disposición al azar de los bivalentes en la metafase I.

En la reproducción sexual, gracias a la intervención de los gametos, los dos progenitores aportan caracteres a los descendientes. Las nuevas combinaciones de caracteres aumentan la variabilidad de la descendencia, lo que favorece los procesos de adaptación a cambios ambientales y facilitan la evolución de la especie.

- e) Una célula haploide es aquella que presenta un solo juego de cromosomas (n).

Las células diploides presentan dos juegos de cromosomas ($2n$), de forma que cada cromosoma tiene su homólogo en la misma célula.

- f) Sí, todas las células de un organismo tienen el mismo ADN, puesto que proceden de sucesivas mitosis a partir de una célula inicial o cigoto. Solo en el caso de que existan mutaciones puede variar el ADN.

Sin embargo, no todas las células presentan los mismos ARN mensajeros, ya que no se transcriben los mismos genes en todas las células, depende del tipo de célula y de las necesidades del organismo en cada momento para sintetizar a partir del ARN mensajero una determinada proteína.

LABORATORIO

1. La cofia es una estructura a modo de abultamiento que aparece protegiendo el ápice de la raíz, cuando esta se va abriendo camino por la tierra. La cofia no posee células en división, por lo que no es un buen material para observar las diferentes fases de la mitosis.
2. Cuando mejor se observan los cromosomas es al final de la profase o en la metafase.
3. La cebolla (*Allium cepa*) posee 16 cromosomas.
4. Sí, los nucleolos se observan en la profase.
5. Al aplastar la preparación se consigue extender las células y con ello poder visualizarlas mejor al microscopio.
6. La mitosis en células vegetales es anastral; es decir, sus células no presentan centriolos y, por tanto, no tienen ásteres, aunque

si hay unas cuantas fibras cerca de los polos. En la preparación también se observa que las células vegetales permanecen unidas unas con otras, sin espacio intercelular y poseen forma hexagonal.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. No, el ritmo de reproducción celular depende fundamentalmente del tipo de célula, así como de ciertos factores, como son:

- Relación entre el volumen del núcleo y el citoplasma. Si la relación entre el volumen del núcleo y el del citoplasma disminuye hasta un determinado valor, significa que el citoplasma es demasiado grande para que el núcleo pueda controlarlo.
- Aumento del tamaño total de la célula. La superficie de la membrana plasmática crece según el radio celular al cuadrado y el volumen del citoplasma lo hace según el radio celular al cubo.

Si esta relación entre la superficie y el volumen celular es demasiado pequeña, quiere decir que la superficie de la membrana plasmática, a través de la cual entra el alimento, es insuficiente para nutrir el citoplasma que contiene.

- Dependencia de anclaje. Si hay contacto con una superficie, como por ejemplo la formada por la matriz extracelular de una capa de células.
- Disponibilidad de espacio. En las células de los bordes de una herida, en las cuales no hay un efecto inhibidor por contacto o efecto inhibidor por densidad.
- Presencia de factores de crecimiento o agentes mitógenos. En el medio puede haber determinadas sustancias químicas como las necrohoronas producidas por las células lesionadas, las auxinas en los vegetales o las hormonas hipofisarias en los animales que favorecen el ritmo del crecimiento celular.

2. a) Si partimos de una célula en interfase que contiene una cantidad de dos unidades de ADN en el intervalo A (fase G1), en el intervalo B, la célula duplica la cantidad de ADN (fase S de replicación), en el intervalo C la célula mantiene duplicado el ADN (fase G2), y en el periodo D la célula pasa de nuevo a tener la cantidad de ADN inicial (se ha producido la división celular que corresponde a la primera división meiótica).

En el intervalo E, entre las dos divisiones meióticas, la célula posee la misma cantidad de ADN que la célula inicial, pero en la fase F, que corresponde a la segunda división meiótica, pasa a tener la mitad de cantidad de ADN respecto de la célula inicial, dando al final células que contienen la mitad de ADN que la célula inicial o célula madre. Se trata de células que están sufriendo la meiosis.

- b) La letra A corresponde a la fase G1. Alguno de los acontecimientos que tienen lugar en dicha fase son:
- La célula duplica su tamaño.
 - Se origina la formación de orgánulos celulares.
 - Se transcriben genes de acuerdo con las necesidades metabólicas.

3. La citocinesis o división del citoplasma, en las células animales se realiza por estrangulación del citoplasma, y en las células vegetales, por tabicación intacelular.

En las células animales, a la altura de la placa ecuatorial aparece un anillo contráctil formado por filamentos de actina y miosina. Este anillo producirá finalmente la separación de las dos células hijas por estrangulación del citoplasma.

En las células vegetales la tabicación se debe a la acumulación de vesículas procedentes del aparato de Golgi, que contienen los componentes de la pared celular. El tabique formado, denominado fragmoplasto, no se cierra completamente, sino que contiene canales o plasmodesmos que permiten la comunicación entre las células vecinas.

4. La reproducción asexual se asocia a la dispersión de las especies en medios estables, mientras que la reproducción sexual aumenta la variabilidad genética de cualquier población, con más probabilidad de éxito en medios poco favorables. La reproducción asexual genera una población de organismos idénticos que, en condiciones favorables (nutrientes abundantes ...), pueden sobrevivir sin dificultades y multiplicarse rápidamente, con lo cual se produce una dispersión rápida de la especie. En un medio estable no «hace» falta la reproducción sexual. En condiciones desfavorables la reproducción sexual incrementa la variabilidad genética de la especie, dado que la meiosis origina nuevas combinaciones de cromosomas, el entrecruzamiento crea nuevos cromosomas y la fusión de gametos aumenta la variabilidad genética de la descendencia. El incremento de variabilidad genética puede hacer posible que alguna nueva combinación, la más favorable, favorezca la supervivencia de la especie en las nuevas condiciones adversas.

5. a) La variabilidad genética se genera gracias a la recombinación e intercambio de la información genética entre los cromosomas homólogos durante la profase de la primera división meiótica y debido a las distintas posibilidades de reparto en la migración de los cromosomas en la primera división meiótica.

- b) Durante la meiosis se producen dos divisiones celulares consecutivas que generan cuatro células haploides, distintas entre sí y distintas genética y cromosómicamente a la célula madre.

c)

	Metafase meiótica I	Metafase meiótica II
Número de cromosomas	4	2
Número de bivalentes	2	0
Número de cromátidas por cromosoma	2	2
Ploidía de la célula	Diploide	Haploide

6. a) 4 en meiosis y 2 en mitosis.
b) 4 en mitosis y 2 en meiosis.
c) 1 en mitosis y 2 en meiosis.
d) 0 en mitosis y 2 en meiosis.
7. En metafase mitótica los cromosomas homólogos no están apareados, mientras que en metafase meiótica los cromosomas están formando bivalentes.
8. La figura A corresponde a un ciclo diplonte, y la figura B, a un ciclo haplonte. En la figura A (ciclo diplonte), la meiosis se da en las células sexuales después de un largo periodo de reproducción por mitosis en el cual se desarrollan adultos diploides pluricelulares. En la figura B (ciclo haplonte), la meiosis se produce poco después de la aparición del cigoto,

con lo cual la mayor parte del ciclo corresponde a células haploides.

	Figura A	Figura B
Tipo de ciclo	Ciclo diplonte	Ciclo haplonte
Momento del ciclo en que se produce la meiosis y la fusión de las células haploides.	La meiosis se produce en células sexuales del individuo diploide adulto, y es muy posterior a la formación del cigoto. Estas células de individuos diferentes se fusionan y forman un cigoto diploide que se desarrollará por divisiones mitóticas hasta formar a un adulto diploide pluricelular.	La meiosis se produce muy rápidamente y con posterioridad a la formación del cigoto diploide, el cual se origina por fusión de células sexuales haploides.
Momento del ciclo en que se produce la mitosis y el crecimiento del individuo.	A partir de la formación del cigoto, el cual se desarrollará por sucesivas divisiones mitóticas hasta formar a un adulto diploide pluricelular.	Posterior a la meiosis del cigoto diploide, de forma que se originan células haploides que crecen y se desarrollan por sucesivas mitosis.
Cuál de los dos estados, haplonte o diplonte, predomina.	La mayor parte del ciclo consta de células diploides.	La mayor parte del ciclo consta de células haploides.

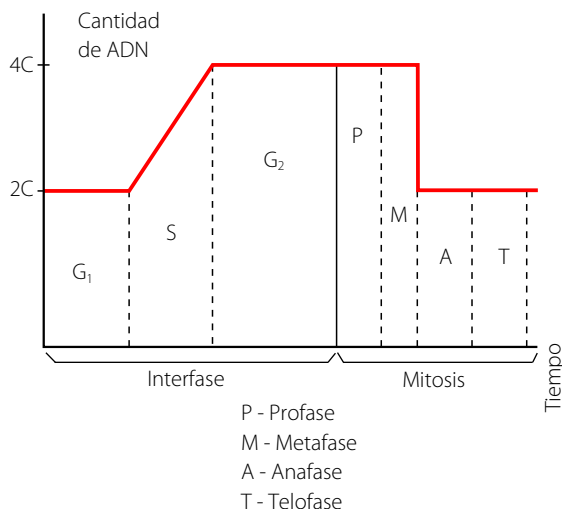
PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

- La diversidad genética se explica por el proceso de diferenciación, en el que tiene lugar la formación de los diversos tejidos. Dicho proceso no depende ni del número de cromosomas ni de la cantidad ni del tipo de información que tienen las células, sino de la información que se expresa en cada uno de los diferentes tipos de células.

En el proceso de formación de las células sexuales o gametos interviene la meiosis. Las principales diferencias con respecto a la mitosis son:

- La meiosis no conserva el número de cromosomas, sino que lo reduce a la mitad.
- La meiosis no conserva la información presente en los cromosomas, ya que los procesos de recombinación, que se dan a lo largo de la primera de las divisiones provocan el intercambio de segmentos de ADN entre cromosomas homólogos.

- El contenido en ADN es: 2C en G₁, 4C al final de S y en G₂. Durante interfase, profase y metafase de mitosis es 4C y luego nuevamente 2C en anafase y telofase.



- El orden secuencial será: B (profase) – D (metafase) – A (anafase) – C (telofase).
 - La fase C representa a la telofase. En dicha fase tienen lugar los siguientes acontecimientos:
 - Se van despiralizando los cromosomas, lo que posibilita su transcripción, y dejan de hacerse visibles.
 - Se forman los nucleolos, a partir de las regiones organizadoras de nucleolos del ADN.
 - Reaparece la membrana nuclear, formándose a partir del RE.
 - Los dibujos representan una célula animal, ya que posee centriolos, orgánulos exclusivos de dichas células.
- La variabilidad se debe al sobrecruzamiento y recombinación genética originados en la profase I y a las distintas posibilidades de reparto entre los cromosomas paternos y maternos en la placa ecuatorial de la metafase I.
- La pareja de cromosomas apareados recibe el nombre de bivalente o tétrada. Dichas parejas se observan en profase I de meiosis.
- Es reduccional la primera división meiótica, debido a que los cromosomas homólogos se aparean y posteriormente se separan los bivalentes (tras haberse producido sobrecruzamiento) para dar lugar a los núcleos hijos, que entonces contienen un cromosoma –cada uno con dos cromátidas de cada par de homólogos y, que por tanto, posee la mitad del número de cromosomas.
- A: Anafase mitótica. B: Anafase I meiótica.

Anafase mitótica: en esta fase los cromosomas situados en la placa ecuatorial de la célula, y unidos a las fibras del huso acromático por el centrómero, separan sus cromátidas. Este proceso ocurre cuando el centrómero se separa en dos, ya que las fibras del huso tiran de las cromátidas y las arrastran hacia los polos opuestos de la célula a la misma velocidad.

Anafase I meiótica: proceso que se ocurre a la meiosis I, en la cual se producen dos células haploides a partir de una sola célula diploide. Al principio de la anafase I los centrómeros no se dividen, sino que continúan unidos a las cromátidas hermanas, después los cromosomas homólogos completos (cada uno formado por dos cromátidas), se separan y se dirigen al polo opuesto de la célula. Este es el proceso en el que se reduce el número de cromosomas, y se pasa del estado diploide al haploide.

8.

	Tipo de ciclo	Fecundación	Meiosis	Mitosis	Ejemplo de organismo
Ciclo 1	Diplonte	B	A	C	Animales, protozoos, algas y hongos.
Ciclo 2	Haplonte	E	F	D	Bacterias, algas y hongos.
Ciclo 3	Diplohaplonte	I	K	G H J	Plantas, algas y hongos.

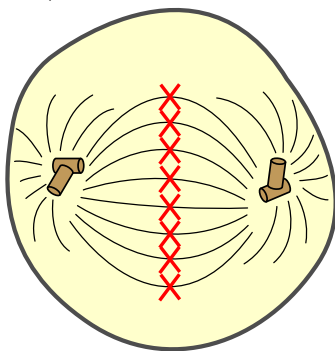
AMPLIACIÓN

- No, debido a que en meiosis (concretamente en profase I) se aparean cromosomas homólogos correspondientes a las dotaciones paterna y materna, por lo que solo puede tener lugar dicho proceso en células diploides.
- En la telofase de una mitosis astral hay centriolos y áster, mientras que en la anastral no. Además, en la anastral se observa la formación de fragmoplasto, mientras que en la astral no, ya que se forma el surco por división.
Mitosis astral: en células animales.
Mitosis anastral: en células vegetales.
- Los microtúbulos interaccionan con los cinetocoros (estructuras proteicas que constituyen los puntos desde los cuales polimerizan los microtúbulos que intervienen en la separación de los cromosomas homólogos o de las cromátidas hermanas).
 - Dichos microtúbulos se acortan progresivamente.
 - En la anafase I migran cromosomas (homólogos recombinados), cada uno con dos cromátidas.
 - En anafase II migran cromátidas (o cromosomas con una sola cromátida).
- A representa la anafase I de la primera división meiótica, donde se ve que los cromosomas homólogos, ya recombinados, migran cada uno a polos de la célula, cada uno con dos cromátidas.

El dibujo B representa una anafase mitótica en la que migran a polos opuestos las cromátidas hermanas de cada uno de los dos cromosomas.

- Al tratarse de gametos, ambas células tendrán tres cromosomas ($n = 3$).

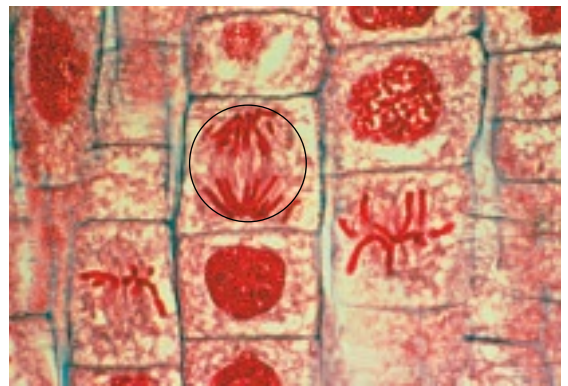
b)



c) La mitosis se puede llevar a cabo en la mayor parte de las células somáticas. La meiosis se realiza en las células de la línea germinal.

d) Se pueden producir dos tipos de espermatozoides: los que llevan el cromosoma X y los que llevan el Y.

- En la interfase se producen los procesos de crecimiento celular y de replicación del ADN (fase S de la interfase) antes del comienzo de la mitosis. La metafase es la segunda fase de la mitosis, posterior a la replicación del ADN y anterior a la citocinesis, en la que la célula divide su citoplasma. En consecuencia, en la metafase esta célula tendrá 0,6 pg de ADN.
- Si hay cinco cromosomas, no hay homólogos, ya que es un número impar y, por tanto, la célula se está dividiendo por meiosis. Como los cromosomas están duplicados (con dos cromátidas) y en el centro del huso acromático, se puede decir que la célula se encuentra en metafase II.
- Durante la anafase se produce la separación de las cromátidas de los cromosomas, por tanto, la célula que se encuentra en anafase es:



- Las células que se dividen por meiosis son la A y la C. En la célula A, que corresponde a la anafase I se están separando los cromosomas homólogos, mientras que en la C (que corresponde a una anafase II) se separan cromátidas de cromosomas. La célula B representa una mitosis. No puede estar en meiosis, pues al ser todas de una misma especie, en la anafase I se separarán cromosomas, y tampoco puede ser una anafase II, pues el número de cromosomas estará reducido a la mitad.

b) $2n = 6$ cromosomas o $n = 3$ cromosomas.

La meiosis proporciona variabilidad de la descendencia en la reproducción sexual. Ello es debido a que durante la meiosis se produce una recombinación al azar de genes, entre una de las dos cromátidas de un cromosoma y la otra del cromosoma homólogo. Las cromátidas recombinadas resultantes son, pues, diferentes entre sí. El incremento de variabilidad genética puede contribuir a que en un individuo se produzca una mezcla de caracteres más favorables que la que tenía cualquiera de sus progenitores. Por tanto, en situaciones desfavorables, la reproducción sexual puede favorecer la adaptación al medio.

c) La afirmación es falsa. Los espermatozoides son n , ya que si fuesen $2n$ el cigoto sería $4n$.

- La figura 2 corresponde a una anafase I (anafase de la primera división meiótica), pues se observa que se están separando cromosomas (con dos cromátidas cada uno) homólogos. En la figura 1 se puede observar una anafase II, pues lo que se están separando son las cromátidas de un mismo cromosoma.

REFUERZO

1. a) La célula se puede encontrar en profase o en metafase, ya que los cromosomas están constituidos por dos cromátidas. No puede ser una metafase I meiótica, ya que no se observa la formación de bivalentes o tétradas.
b) Célula diploide con $2n = 8$ cromosomas. Se trata de una célula somática, puesto que está en mitosis, además se observan las parejas de homólogos (o los dos juegos cromosómicos), mientras que en un gameto solo habría un genomio (juego) de cromosomas.
c) Se produce variabilidad debido a las nuevas combinaciones génicas gracias al sobrecruzamiento y la recombinación que tienen lugar en la profase I y a la disposición al azar de los bivalentes en la metafase I.
2. a) La primera etapa es la interfase celular, donde el material genético tiene una actividad metabólica intensa. La segunda etapa es la mitosis.
b) El número de cromosomas no aumenta durante la fase de síntesis, el ADN se duplica, ya que cada cromosoma pasa a tener 2 cromátidas idénticas.
c) El huso acromático es el responsable de la orientación de los cromosomas en la metafase para la formación de la placa metafásica y actúa en el desplazamiento de los cromosomas hacia los polos, en la anafase. Tras la división del centrosoma (en interfase), el huso se observa durante la profase de la mitosis.
3. El sobrecruzamiento tiene lugar en profase I, concretamente en la subfase paquiteno. En ella los cromosomas homólogos permanecen juntos, formando bivalentes. El sobrecruzamiento consiste en la rotura de las dobles hélices y su posterior unión alternada, produciéndose una recombinación génica.
4. 1) Homólogos.
2) La profase.
3) Fragmoplasto.
4) La interfase prebiótica (fase S).
5. La citocinesis consiste en la división del citoplasma en dos. La citocinesis ocurre en telofase. En la célula animal la citocinesis se produce por estrangulamiento del citoplasma, mientras que en las células vegetales la citocinesis se lleva a cabo mediante la formación de una nueva pared celular dentro de la célula madre. Las estructuras que facilitan la citocinesis se denominan anillo contráctil en células animales, y fragmoplasto en las células vegetales.
6. Durante la anafase las cromátidas migran a los polos opuestos, mientras que en la telofase ya han alcanzado los polos.
En anafase aún existen microtúbulos asociados a las cromátidas, mientras que en telofase han desaparecido ya.
En telofase comienza a reorganizarse la envoltura nuclear, mientras que en anafase no.
En anafase no hay nucleolo, mientras que en telofase este comienza a reorganizarse.
7. La mitosis es la forma de reproducción asexual de los organismos unicelulares y de crecimiento corporal para los pluricelulares.
La meiosis es un proceso gracias al cual se producen gametos, mantiene el número de cromosomas de la especie y da lugar a variabilidad genética mediante nuevas combinaciones génicas.
8. En profase mitótica no hay apareamiento de cromosomas homólogos para formar bivalentes, no se producen sobrecruzamiento ni quiasmas y no hay recombinación génica, mientras que en la profase I sí.
9. a) El ciclo biológico humano, como el de todos los mamíferos, es un ciclo diplonte. Esto se puede deducir porque en la fase diploide ($2n$) se forma un organismo pluricelular por mitosis, mientras la fase haploide (n) se limita a los gametos, sin que haya mitosis en ella.
b) El gameto A es haploide, porque se ha formado por meiosis, o porque los gametos deben ser haploides para que tras la fecundación resulte un cigoto diploide.
El cigoto es diploide, porque se ha formado por fecundación de dos gametos haploides. Las células del feto son diploides, porque se han formado por mitosis a partir del cigoto diploide. La mitosis conserva la información genética.
c) La figura 1 corresponde a la primera división meiótica, tal y como se puede ver por el hecho de que se separan los cromosomas homólogos, todavía replicados, y que han intercambiado fragmentos (se han recombinado). Por tanto, puede corresponder a la división celular 1 o a la división celular 2 del diagrama.
La figura 2 corresponde a la mitosis. Dos argumentos posibles: quizá no se trate de una segunda división meiótica porque no ha habido recombinación entre cromosomas homólogos. Además, los cromosomas homólogos no están emparejados en el plano ecuatorial. Por tanto, corresponde a la división celular 3 del diagrama.
d) Sería genéticamente idéntico al hombre del gráfico, puesto que el núcleo contiene toda (de hecho, la mayor parte) de la información genética de la célula.

OBJETIVOS

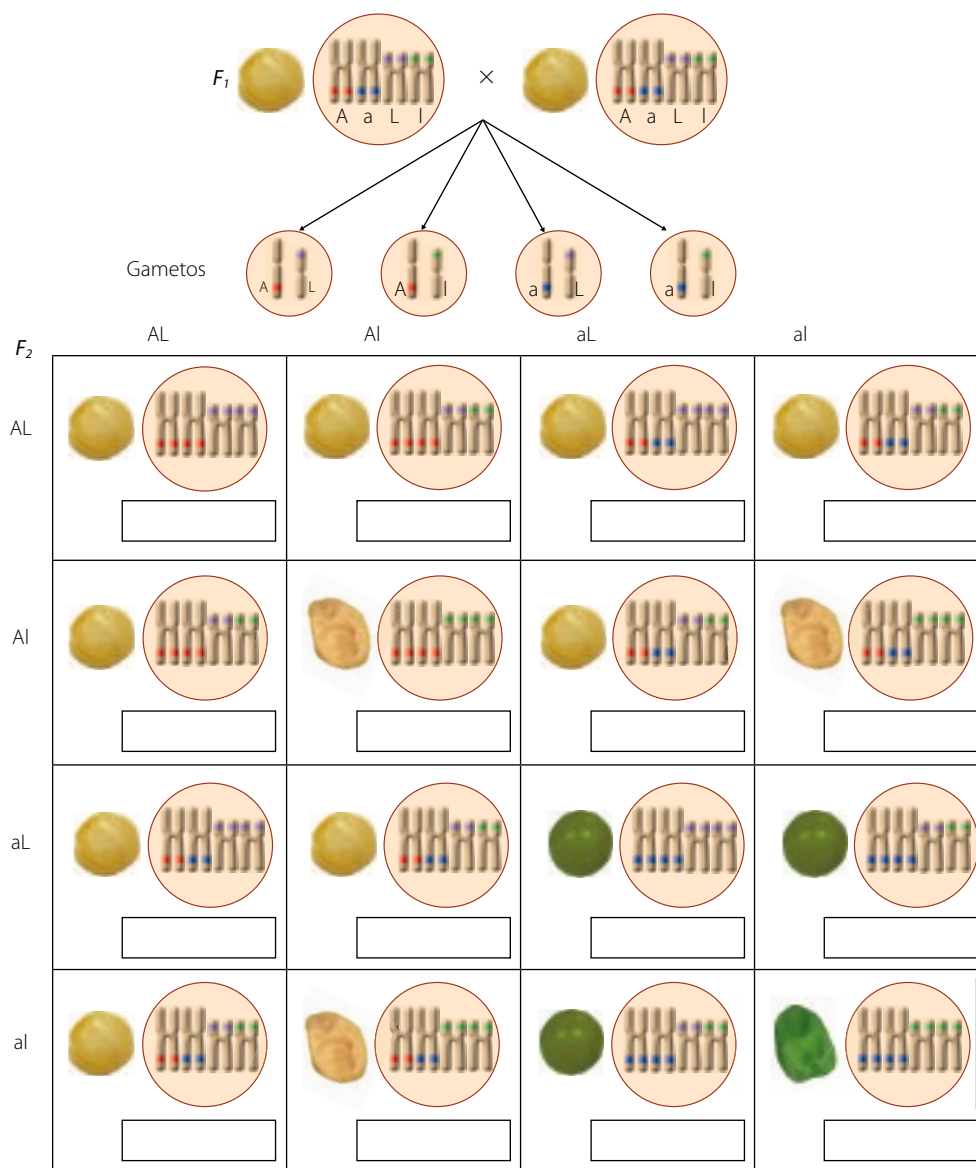
1. Conocer los conceptos básicos y la terminología empleada en genética.
2. Explicar los experimentos de Mendel y su interpretación, aplicándolos a la resolución de problemas con uno y dos caracteres.
3. Conocer la teoría cromosómica de la herencia, según la cual los cromosomas son los portadores de la información genética.
4. Entender el concepto de ligamiento y recombinación, interpretando su significado biológico.
5. Explicar la determinación genética del sexo y conocer la existencia de caracteres cuya herencia está ligada al sexo.
6. Interpretar árboles genealógicos y conocer la herencia de algunas enfermedades en la especie humana.
7. Conocer los fundamentos genéticos de la determinación de los grupos sanguíneos.

CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Genética. Conceptos básicos. Las experiencias de Mendel. (Objetivo 1) • Las leyes de Mendel. (Objetivo 2) • Teoría cromosómica de la herencia. (Objetivo 3) • El ligamiento y los mapas cromosómicos. (Objetivo 4) • La herencia del sexo. (Objetivo 5) • Genética humana. Árboles genealógicos. (Objetivos 6 y 7) • La herencia de los grupos sanguíneos. • Herencia ligada al sexo. • Caracteres influidos por el sexo.	• Elaborar una breve historia de la genética, señalando los hitos fundamentales desde Mendel hasta nuestros días. (Objetivos 1 y 3) • Resolución de problemas de genética de uno y dos caracteres. (Objetivos 2, 6 y 7) • Interpretar mapas cromosómicos sencillos. (Objetivo 4) • Elaboración e interpretación de árboles genealógicos. (Objetivo 6) • Estudio de algunos caracteres observables en los diferentes miembros de la familia. (Objetivo 6) • Elaboración e interpretación de cariotipos. (Objetivo 5) • Relacionar los matrimonios consanguíneos y el aumento de la frecuencia de heredar determinadas enfermedades. (Objetivo 6) • Búsqueda bibliográfica de los mecanismos de determinación del sexo en diferentes especies. (Objetivo 5) • Comparación de los mecanismos de determinación del sexo. (Objetivo 5)	• Reflexión sobre las circunstancias personales y materiales en que investigaba Mendel y compararlas con las de los investigadores actuales. • Reconocimiento de las matemáticas y la informática en los estudios genéticos. • Reflexionar sobre las implicaciones éticas de los estudios genéticos. • Reconocimiento de las implicaciones éticas de la manipulación de genes humanos. • Valoración de la importancia de los conocimientos genéticos en las investigaciones policiales. • Valoración de la diversidad genética como un mecanismo de adaptación al medio. • Respeto hacia las personas con algún tipo de anomalía genética.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Conocer los conceptos básicos de genética. (Objetivo 1)	1	1
b) Resolución de problemas de genética, interpretando las leyes de Mendel. (Objetivo 2)	2	2
c) Describir la teoría cromosómica de la herencia. (Objetivo 3)	3	3
d) Comprender el concepto de ligamiento y recombinación, interpretando su significado biológico. (Objetivo 4)	4	4
e) Explicar los mecanismos de determinación del sexo en diferentes organismos. (Objetivo 5)	5	5
f) Construir e interpretar árboles genealógicos. (Objetivo 6)	6	6
g) Resolución de problemas de herencia ligada al sexo y caracteres influidos por el sexo en la especie humana. (Objetivo 6)	7	7
h) Aplicar el concepto de alelismo múltiple a la resolución de problemas de los grupos sanguíneos. (Objetivo 6)	8	8

HERENCIA DE DOS CARACTERES



Análisis genético en los seres humanos

Al igual que en el resto de seres vivos, la transmisión de caracteres en los seres humanos sigue las reglas de la genética. Sin embargo, los estudios experimentales en los seres humanos resultan mucho más difíciles que en otras especies.

Actualmente se conocen multitud de caracteres humanos hereditarios, muchos de ellos son difíciles de estudiar, pero otros pueden observarse directamente. En esta práctica nos centraremos en aquellos caracteres que muestran un modo de herencia simple y de fácil identificación.

Un método de análisis genético en los seres humanos consiste en establecer genealogías para un determinado carácter. Ello permite determinar si ciertas enfermedades que aparecen con menor o mayor frecuencia en determinadas familias son de carácter hereditario o si el alelo en cuestión es dominante o recesivo.

Para elaborar un árbol genealógico es necesario conocer los fenotipos del carácter que queremos observar en el mayor número posible de individuos de una familia y en distintas generaciones.

Para determinar el fenotipo de un individuo respecto a un determinado carácter basta con observar. Sin embargo, para el estudio del genotipo será necesario un estudio familiar de dichos caracteres.

Procedimiento

Para representar una genealogía debes seguir estos pasos:

- Las mujeres se representan con un círculo, y los hombres, con un cuadrado.
- Los matrimonios se representan uniendo a los cónyuges por una línea horizontal. Si el matrimonio es consanguíneo se indica con una doble línea.
- Los hijos se unen entre sí por una línea horizontal y, a su vez, por una línea vertical a los padres.
- Las generaciones se nombran con números romanos.
- Los individuos dentro de una generación se nombran con números arábigos de izquierda a derecha y por orden de nacimiento de los hermanos.
- Los gemelos salen de un mismo punto, con un trazo único que posteriormente diverge si son monocigóticos, o con dos trazos si son dicigóticos.

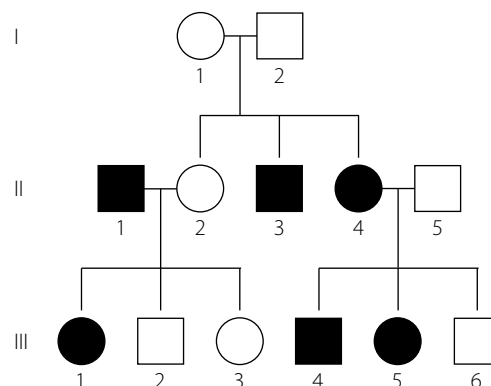
Caracteres de estudio

CARÁCTER DE ESTUDIO	DOMINANTE	RECESIVO	CARÁCTER DE ESTUDIO	DOMINANTE	RECESIVO
Lóbulos en las orejas	E= lóbulo separado	e= lóbulo pegado	Color del cabello	N= negro	n= rubio
Línea frontal del pelo	G= pico de viuda	g= sin pico	Forma del cabello	R= rizado	r= liso
Capacidad de enrollado de la lengua	R= capacidad de enrollar la lengua en «U»	r= sin capacidad	Dientes incisivos	D= separados	d= juntos
Dedo meñique curvado hacia los anulares	B= curvado	b= recto	Pelos en la 2.ª falange de los dedos	P= sí	p= no
Disposición de los dedos al cruzar las manos	L= pulgar derecho sobre izquierdo	l= pulgar izquierdo sobre derecho	Manera de curvar los brazos	J= brazo derecho sobre izquierdo	j= brazo izquierdo sobre derecho
Labios gruesos	A= sí	a= no	Vello corporal	Y= abundante	Y= escaso
Hipertensión	H= sí	H= no	Miopía	I= sí	i= no
Longitud relativa del dedo índice (carácter influenciado por el sexo)	S*= en hombres: dedo índice más corto que el anular. S+= en mujeres: dedo índice más largo que el anular.	S+= en hombres: dedo índice más largo que el anular. S*= en mujeres: dedo índice más corto que el anular.	Nacimiento del pelo en la coronilla	N= giro como las agujas del reloj	N= sentido contrario
Barbilla con hoyo	K= sí	k= no	Astigmatismo	Q= sí	q= no

Práctica

Para cada miembro familiar elabora un cuadro estableciendo el fenotipo respecto al carácter estudiado. Una vez realizado para diferentes miembros de la familia, elabora el árbol genealógico y trata de establecer, si es posible, los genotipos correspondientes de cada miembro. Observa si alguno de esos caracteres aparecen siempre juntos.

- 1 Relativo a la genética mendeliana:
 - a) Diferencia homocigótico y heterocigótico.
 - b) Define alelo.
 - c) Define locus.
 - d) Diferencia entre herencia dominante y herencia intermedia.
- 2 Con relación a las aportaciones de Mendel al estudio de la herencia: Supón que en la especie humana la herencia del color del pelo y de los ojos es sencilla y está determinada por dos genes autosómicos con las siguientes relaciones: Color marrón de los ojos (A) dominante sobre el azul (a) y cabello oscuro (B) dominante sobre el cabello rubio (b).
 - a) Un hombre de ojos marrones y cabello oscuro se casa con una mujer de ojos azules y cabello oscuro y tienen dos hijos, uno de ojos marrones y pelo rubio y otro de ojos azules y pelo oscuro. Indica razonadamente los genotipos de los padres y de los hijos.
 - b) Si el hombre del apartado anterior de ojos marrones y cabello oscuro se casara con una mujer de ojos azules y pelo rubio. ¿Qué genotipos y fenotipos podrían tener los hijos de la pareja?
- 3 Responde a las siguientes cuestiones:
 - a) ¿Qué son los cromosomas homólogos?
 - b) ¿Cuántas parejas de cromosomas homólogos tienen las células de las mujeres? ¿Y las de los hombres?
 - c) ¿Cuántos autosomas y cuántos heterocromosomas hay en las células diploides humanas?
 - d) ¿Cuáles son los heterocromosomas de las células diploides del hombre y la mujer?
- 4 ¿En qué caso ocurriría que la herencia de dos caracteres cuyos loci se encuentran en el mismo cromosoma no coincidiría con las proporciones fenotípicas obtenidas en la tercera ley de Mendel?
- 5 En relación con la determinación genética del sexo:
 - a) Explica brevemente en qué consiste la determinación cromosómica del sexo.
 - b) Explica el sistema de determinación cromosómica del sexo en mamíferos.
 - c) Indica dos sistemas de determinación cromosómica del sexo diferente al de mamíferos. Pon un ejemplo.
- 6 El pedigrí de la figura muestra la herencia de la alcaptonuria, un trastorno bioquímico. Los individuos afectados, indicados por los círculos y cuadrados negros, son incapaces de degradar el ácido homogentísico, que da color negro a la orina y tiñe los tejidos corporales. (Los hombres se representan con un cuadrado, y las mujeres, con un círculo).
 - a) Indica el tipo de herencia, y si se trata de un alelo responsable de esta enfermedad, es dominante o recesivo. Razona la respuesta.
 - b) Copia el árbol genealógico en tu hoja de examen e indica los posibles genotipos de todos los individuos. Utiliza las letras (A) y (a) para los genotipos.
- 7 El albinismo es un carácter autosómico recesivo y la hemofilia es una enfermedad ligada al cromosoma X. Un hombre albino y no hemofílico se casa con una mujer morena cuyo padre era hemofílico y cuya madre era albina. Determina los genotipos y fenotipos de los cónyuges, de los hijos y la frecuencia de los mismos.
- 8 Un hombre y una mujer del grupo sanguíneo B, ¿pueden tener un hijo con el grupo sanguíneo O? Razona la respuesta.



1 Relativo a la genética mendeliana:

- Diferencia genotipo y fenotipo.
- Define monohíbrido.
- Define cruzamiento prueba.

2 En los conejos, el pelo corto (A) es dominante sobre el pelo largo (a). Se llevan a cabo los siguientes cruzamientos que producen la progenie mostrada:

Parentales	Progenie
a) Corto × largo	1/2 cortos y 1/2 largos
b) Corto × corto	Todos cortos
c) Corto × largo	Todos cortos
d) Largo × largo	Todos largos

Nombre todos los genotipos posibles de los parentales de cada cruzamiento. Razone las respuestas.

3 Explica si las siguientes afirmaciones referidas a la teoría cromosómica de la herencia son verdaderas o falsas, razonando la respuesta en este último caso:

- La teoría cromosómica de la herencia permitió reformular las investigaciones de Mendel.
- Los factores mendelianos que determinan los caracteres hereditarios se localizan en los gametos.
- Cada gen ocupa un lugar determinado en un cromosoma concreto.
- Los loci para los distintos genes se encuentran situados linealmente a lo largo de los cromosomas.
- Los alelos se encuentran en los genes de los cromosomas homólogos; por esta razón existe solo uno para cada carácter.

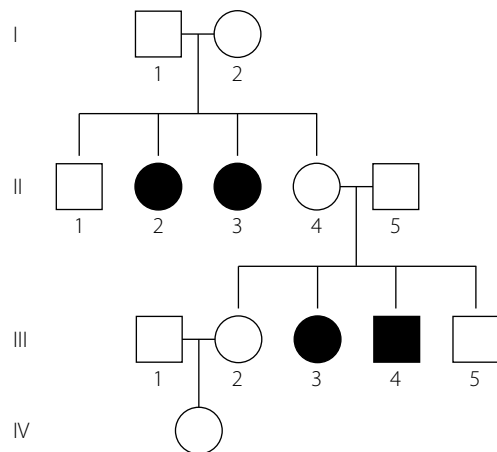
4 ¿En qué caso ocurriría que la herencia de dos caracteres cuyos loci se encuentran en el mismo cromosoma coincidiría con las proporciones fenotípicas obtenidas en la tercera ley de Mendel?

5 En las células somáticas de los ortópteros (saltamontes), las hembras tienen dos cromosomas X, y los machos, solo un cromosoma sexual X.

- ¿De qué sexo será un saltamontes que posee, en sus células somáticas 23 cromosomas?
- ¿Cuántos autosomas tendrá en sus células somáticas?
- ¿Y en las células sexuales?
- ¿Tendrá células sexuales sin ningún cromosoma sexual?

6 Observa el siguiente árbol en el que se muestra una determinada enfermedad genética en la especie humana. Determina si dicha enfermedad es:

- Autosómica o ligada al sexo.
- Dominante o recesiva.
- Determina el genotipo de los individuos del árbol genealógico: I1, I2, II2, II4, II5 y III3.

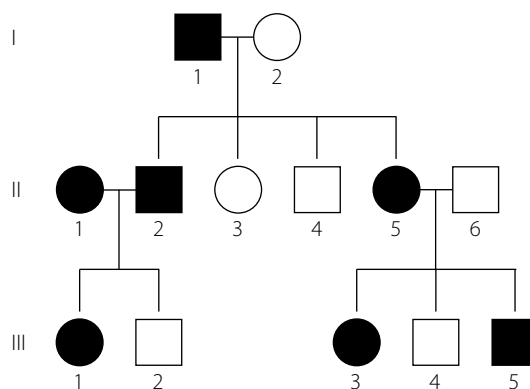


7 ¿Qué diferencia existe entre herencia ligada al sexo y herencia influida por el sexo? Señala un ejemplo de herencia influenciada por el sexo.

8 Un hombre de grupo sanguíneo A heterocigótico y una mujer de grupo sanguíneo AB tienen dos hijos. ¿Cuál es la probabilidad de que los dos hijos sean del grupo sanguíneo A?

- 1 Un hombre Rh+ y una mujer Rh- tienen dos hijos, uno Rh+ y otro Rh-. ¿Cuál es el genotipo de cada uno?
- 2 Con relación a las aportaciones de Mendel al estudio de la herencia: El insomnio familiar fatal (IFF) es una enfermedad humana debida a una mutación en un gen R situado en el cromosoma 20. La enfermedad muestra una herencia dominante. Una pareja, ambos con la enfermedad, tiene una hija que no la padece.
 - a) Indique los genotipos de todos los miembros de esta familia.
 - b) ¿Puede transmitir la enfermedad la hija sana? Razone la respuesta.
 - c) ¿Puede tener esta pareja otro hijo sano? Razone la respuesta.
 - d) ¿Puede tener esta pareja un hijo con la enfermedad? Razone la respuesta.
- 3 La calvicie es un carácter provocado por un gen que se comporta como dominante en los varones y como recesivo en las mujeres. Del cruce entre un varón no calvo y una mujer calva. ¿Cuál será la posible descendencia de la pareja?
- 4 En la especie humana, ¿cuál será la probabilidad de una pareja de tener dos descendientes de distinto sexo?
- 5 En el ganado vacuno la ausencia de cuernos (H) es dominante sobre la presencia de cuernos (h). Un toro sin cuernos se cruzó con dos vacas. Con la vaca A, que tenía cuernos, tuvo un ternero sin cuernos; con la vaca B, que no tenía cuernos, tuvo un ternero con cuernos. ¿Cuáles son los genotipos del toro y de las vacas A y B? Indique las proporciones de los genotipos y fenotipos que cabría esperar en la descendencia de los dos cruzamientos.
- 6 En una experiencia de laboratorio en la que se empleaban ratones negros, se obtuvo una variedad genética con pigmentación de color blanco, comprobándose que eran heterocigóticos respecto al carácter «pigmentación» (Pp), mientras que los ratones normales sin pigmentación eran homocigóticos (PP). Asimismo, pudo comprobarse que los embriones que tenían un genotipo recesivo homocigótico (pp) morían antes del nacimiento. Si los ratones pigmentados se aparean entre sí:
 - a) ¿Qué genotipo y qué fenotipo y en qué proporción puede esperarse en la generación F1?
 - b) Y si dicha generación F1 se aparea libremente entre sí, ¿qué fenotipos se obtendrían?
- 7 Una mujer lleva en uno de sus cromosomas X un alelo letal recesivo. Si se cruza con un hombre normal, ¿qué porcentaje de la descendencia, de cada sexo, sobrevivirá?

- 1 ¿Dónde se encuentran los genes? ¿Cómo se combinan? ¿Cómo se transmiten?
- 2 ¿Por qué algunas enfermedades hereditarias, como el daltonismo o la hemofilia, son más frecuentes en los hombres que en las mujeres?
- 3 Escribe el genotipo de:
 - a) Un individuo de una línea pura dominante.
 - b) Un homocigótico recesivo.
 - c) Un individuo heterocigótico.
 - d) Un híbrido en un caso de herencia dominante.
 - e) Un individuo diheterocigótico.
 - f) Un polihíbrido.
 - g) Los descendientes obtenidos del cruzamiento de a) y b).
 - h) Los descendientes obtenidos del cruzamiento de b) y c).
- 4 ¿Qué grupo sanguíneo tendrán los descendientes de un hombre de grupo sanguíneo AB y una mujer de grupo sanguíneo O?
- 5 Un hombre albino, de padres no albinos, se casa con una mujer normal, cuya madre era albina. Tienen dos hijos, un varón albino y una hembra normal. Determina los genotipos de los diferentes miembros de la familia y construye su árbol genealógico.



- 6 Observa el siguiente árbol en el que se muestra una determinada enfermedad genética en la especie humana. Indica la forma de herencia más probable para el carácter estudiado. Escribe los genotipos de todos los individuos.
- 7 ¿Cuál es la probabilidad de un varón y una mujer de tener tres hijos varones y dos hembras?
- 8 Una mujer de grupo sanguíneo A y un hombre del grupo sanguíneo B tienen un hijo del grupo sanguíneo O.
 - a) ¿Cuáles son los genotipos de los tres individuos?
 - b) ¿Cuál es la probabilidad de que el siguiente hijo sea del grupo O?
 - c) ¿Qué probabilidad hay de que dos hijos de la pareja sean varones y del grupo sanguíneo AB?
- 9 En relación con las aportaciones de Mendel al estudio de la herencia:
 - a) Una pareja de personas de fenotipo no albino tienen un hijo albino. Explica el modo de herencia del albinismo e indica los genotipos de los padres y del hijo.
 - b) ¿Qué proporción de hijos no albinos se puede esperar en la descendencia? Razona la respuesta.
 - c) ¿Qué proporción de hijos albinos se puede esperar en la descendencia? Razona la respuesta.
- 10 En el guisante, el tallo largo (planta alta) es dominante sobre el tallo corto (planta enana). Si una planta de guisante homocigótica para el carácter dominante se cruza con una planta enana:
 - a) Indica los genotipos y fenotipos de los progenitores y de la F1.
 - b) Indica los genotipos, fenotipos y proporciones de la descendencia de una planta de la F1 con el progenitor alto.
 - c) Indica los genotipos, fenotipos y proporciones de la descendencia de una planta de la F1 con el progenitor enano.
 - d) Indica los genotipos, fenotipos y proporciones de la descendencia del cruzamiento de dos plantas heterocigóticas.

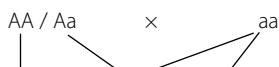
RECUERDA Y CONTESTA

1. Tres características heredables son la forma de los ojos, el color de los ojos, el color del pelo, la forma de la nariz, la altura, la estructura corporal, el color de la piel, etc. Tres características no heredables son una cicatriz, la habilidad de tocar un instrumento y la capacidad de hablar un idioma. Los primeros son caracteres que radican en el ADN que el individuo recibe de sus progenitores, mientras que las segundas son las que se han adquirido durante la vida.
2. La reproducción sexual, ya que en la reproducción asexual todos los descendientes son idénticos al único progenitor y, por tanto, no hay ningún cambio genético.
3. Se deberían cruzar los albinos entre sí y escoger los descendientes que mostraran un mayor grado de albinismo para reproducirlos entre sí. Este proceso se debería repetir muchas veces hasta conseguir que todos los descendientes ya nacieran albinos.

ACTIVIDADES

1. a) Un gen es un segmento de ADN que contiene información para determinar un carácter biológico y un alelo es cada una de las diferentes variedades que puede presentar un gen.
b) Un individuo homocigoto es un organismo diploide que presenta ambos alelos iguales para un mismo carácter y un individuo heterocigoto presenta dos alelos diferentes para un mismo carácter.
c) El genotipo es el conjunto de alelos presentes en un organismo y el fenotipo es el conjunto de manifestaciones de caracteres de un organismo, depende del genotipo y de la acción ambiental.
d) La herencia intermedia es aquella en la cual los alelos no presentan una dominancia completa, de forma que los híbridos (heterocigotos) muestran un «fenotipo intermedio» entre las dos razas puras y en la herencia dominante hay alelos dominantes y alelos recesivos. Los alelos dominantes se expresan aunque estén en heterocigosis. Los recesivos solo se expresan cuando están en homocigosis.
2. Los factores que se manifiestan siempre son los dominantes y los que solo lo hacen en ausencia del dominante son los factores recesivos.
Mendel demostró este hecho cruzando entre sí las plantas de la F1 (que presentaban el mismo fenotipo) y obtuvo una segunda generación filial (F2) con individuos de semillas lisas (3/4) e individuos de semillas rugosas (1/4). De este experimento dedujo que el factor que controlaba ese carácter se encontraba por duplicado, y que cada organismo poseía dos factores hereditarios para cada uno de sus caracteres, uno heredado de un progenitor y otro del otro. Así, las plantas de la F1 tendrían ambos factores distintos, aunque solo se expresaba uno de ellos.
3. Darwin había basado su teoría de la evolución en la selección natural y en la variabilidad de la descendencia, y el origen de esta variabilidad se encuentra precisamente en lo que Mendel denominó factores hereditarios (alelos de un gen).
4. a) Se puede considerar que cada pareja de cromosomas homólogos de un individuo diploide representa un tipo de cromosoma. De cada pareja de cromosomas homólogos, uno de ellos se ha heredado de un progenitor y el otro del otro progenitor.
b) El número total de tipos de cromosomas se representa por n . En los humanos $2n = 46$.
c) Las células somáticas de una mujer tienen en total 46 cromosomas, agrupados en 23 parejas, los cromosomas sexuales de todas sus células son iguales (XX).
Las células somáticas de los hombres también tienen en total 46 cromosomas, agrupados en 23 parejas, pero sus cromosomas sexuales son diferentes (XY).
5. Mendel habría obtenido los mismos resultados que Morgan en sus experimentos, puesto que los individuos del primer cruzamiento son razas puras para dos caracteres en los dos casos.
Tanto en los experimentos de Mendel como en los de Morgan, se cumple la primera ley de Mendel, puesto que la F1 es de genotipo híbrido. En la especie de moscas *Drosophila melanogaster* se deduce por los resultados de la F1 que el color gris del cuerpo domina sobre el negro y que las alas normales dominan sobre las vestigiales; pero al ser genes parcialmente ligados, se obtiene una F2 con diferentes proporciones a lo esperado según los experimentos de Mendel.
Si comparamos los caracteres estudiados por Mendel en cuanto a la forma y color de las semillas con los resultados de Morgan y sus proporciones, entonces las proporciones que Mendel habría obtenido serían:

LIAa	41,5 %	Lisas amarillas
Llaa	8,5 %	Lisas verdes
IIAa	8,5 %	Rugosas amarillas
IIaa	41,5 %	Rugosas verdes
6. Cuanto mayor es la distancia entre los genes ligados, más alta es, lógicamente, la frecuencia de recombinación. Por tanto, los genes A y B que se heredan por separado con más frecuencia que los genes B y C, habrán tenido una frecuencia de recombinación superior, lo que significa que se encuentran más separados entre sí que B y C.
7. a) Las hembras serán el 100 % de ojos rojos, y los machos serán el 50 % de ojos blancos y el 50 % de ojos rojos.
b) Será el 100 % de ojos blancos porque ninguno de los progenitores tienen el gen ojos rojos.
c) Las hembras serán la mitad de ojos blancos y la mitad de ojos rojos; los machos también serán la mitad de ojos blancos y la otra mitad de ojos rojos.
8. a) $I^A i$, $I^B i$, ii.
b) 0,25.
c) 1/64.
9. Si la mujer es daltónica, tendrá un genotipo $X^D X^D$, y el hombre al no ser daltónico no portará ningún gen para el daltonismo, por tanto, será XY.
La probabilidad de que los hijos varones sean daltónicos ($X^D Y$) es del 100 %, puesto que la mujer siempre aportará X^D en sus gametos y el hombre aportará el cromosoma Y.
10. a) 0,25; b) 0.
11. Un cruzamiento prueba es aquel que se realiza entre un individuo de fenotipo dominante y un individuo homocigótico recesivo con el fin de poder averiguar el genotipo del primero.
Según sean los genotipos de la descendencia, podemos deducir cuál es el genotipo del individuo que presenta fenotipo dominante.



Descendencia: Aa (100 %) / Aa (50 %) y aa (50 %)

La herencia intermedia es aquella en la cual los alelos no presentan una dominancia completa, de forma que los híbridos (heterocigotos) muestran un «fenotipo intermedio» entre las dos razas puras.

A: color rojo a: color blanco



Descendencia: Aa (rosa)

12. Gen: segmento de ADN que contiene información para determinar un carácter biológico.

Alelo: cada una de las diferentes variedades que puede presentar un gen.

Homocigoto: organismo diploide que presenta ambos alelos iguales para un mismo carácter.

Herencia intermedia: aquella en la cual los alelos no presentan una dominancia completa de forma que los híbridos (heterocigotos) muestran un «fenotipo intermedio» entre las dos razas puras.

Mendel cruzó entre sí las plantas de la F1 y obtuvo una segunda generación filial (F2) con individuos de semillas lisas (3/4) e individuos de semillas rugosas (1/4). De este experimento dedujo que el factor que controlaba ese carácter se encontraba por duplicado, y que cada organismo poseía dos factores hereditarios para cada uno de sus caracteres, uno heredado de un progenitor y otro del otro. Así, las plantas de la F1 tendrían ambos factores distintos, aunque solo se expresaba uno de ellos. Según esto, existirían dos categorías de factores: los dominantes, que se manifestaban siempre, y los recesivos, que solo lo hacían en ausencia del dominante.

En el cruce de individuos de la F1 entre sí, cada progenitor producirá la mitad de los gametos con el factor dominante (L) y la otra mitad con el factor recesivo (l). El resultado de la fecundación serán todas las combinaciones posibles entre estos gametos: LL, Ll y ll. Con los resultados de estos experimentos, Mendel formuló su segunda ley, o ley de la segregación de los caracteres:

Los dos factores hereditarios de un mismo carácter no se fusionan o mezclan, sino que permanecen diferenciados durante toda la vida del individuo y se separan y reparten, en el momento de la formación de los gametos.

Un cruzamiento prueba es aquel que se realiza entre un individuo de fenotipo dominante y un individuo homocigótico recesivo con el fin de poder averiguar el genotipo del primero.

13. AABb: 1/16; AABb: 2/16; AAbb: 1/16; AaBB: 2/16; aaBB: 1/16; AaBb: 4/16; aaBb: 2/16; Aabb: 2/16; aabb: 1/16.

14. Utilizamos los siguientes símbolos:

A: ausencia de molares.

a: presencia de molares.

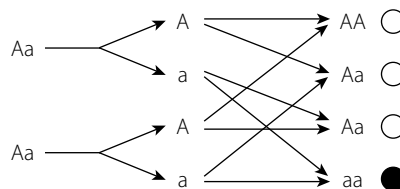
- a) Si la hija tiene molares, entonces su fenotipo será aa. Por tanto, los padres, que no tienen molares, presentarán el alelo a en su genotipo.

El genotipo del padre y de la madre es Aa, y el de la hija, aa.

- b) La probabilidad de que tengan otra hija con molares es 0,25.

- c) La proporción de heterocigóticos de la descendencia es de 1/2.

15. a) 1: Aa; 2: A; 3: A; 4: a; 5: AA; 6: Aa; 7: aa.



- b) AA: 25 %; Aa: 50 %; aa: 25 %.

Guisantes de color amarillo: 75 %; de color verde: 25 %.

Una prueba puede ser el cruzamiento con un individuo homocigótico recesivo (verde en este caso): cruzamiento prueba. Otra, analizar los fenotipos de la descendencia que se origina por autofecundación.

16. Utilizamos los siguientes símbolos:

A: flor amarilla.

a: flor blanca.

Las plantas que se cruzan son de genotipo Aa y presentan gametos de dos tipos, unos con el alelo A y otros con el alelo a. Por tanto, un 75 % de la descendencia será de fenotipo dominante (flor amarilla); es decir, $0,75 \times 300 = 225$ individuos.

17. Genotipo de la mujer (XFXf) y del marido (XFY). Para que la mujer pueda tener una hija con fisura en el iris debe haberle sido infiel a su marido con un individuo que también presentase fisura (excepto frecuencia de mutación del gameto masculino).

18. a) Homocigoto dominante (AA) con homocigoto recesivo (aa).

Proporción genotípica: 100 % Aa.

Proporción fenotípica: 100 % amarillos.

Homocigoto dominante (AA) con heterocigoto (Aa).

Proporción genotípica: 50 % AA y 50 % Aa.

Proporción fenotípica: 100 % amarillos.

Homocigoto recesivo (aa) con heterocigoto (Aa).

Proporción genotípica: 50 % Aa y 50 % aa.

Proporción fenotípica: 50 % amarillos y 50 % verdes.

- b) La segunda ley de Mendel dice que cuando se cruzan dos razas puras para un carácter, todos los descendientes son iguales entre sí respecto a ese carácter.

En nuestro ejemplo las razas puras son homocigoto dominante (AA) y homocigoto recesivo (aa), y se observa que todos los descendientes son iguales tanto en genotipo (Aa) como en fenotipo (guisante amarillo).

- c) Un alelo es cada una de las diferentes variedades que puede presentar un gen.

Los alelos dominantes son los que se expresan aunque estén en heterocigosis.

- d) Los caracteres que observamos en un individuo constituyen su fenotipo y están determinados por los genes, que son segmentos del material hereditario (ADN) que se encuentra en todas las células del individuo. En realidad, cada gen codifica para una proteína específica y las proteínas son las responsables de la expresión del fenotipo del individuo.

19. a) Un gen es un segmento de ADN que contiene información para determinar un carácter biológico y un alelo es cada una de las diferentes variedades que puede presentar un gen.
- b) Los alelos dominantes se expresan aunque estén en heterocigosis. Los recesivos solo se expresan cuando están en homocigosis.
- c) El genotipo es el conjunto de alelos presentes en un organismo y el fenotipo es el conjunto de manifestaciones de caracteres de un organismo, depende del genotipo y de la acción ambiental.
- d) Un individuo homocigoto es un organismo diploide que presenta ambos alelos iguales para un mismo carácter y un individuo heterocigoto presenta dos alelos diferentes para un mismo carácter.

La codominancia es el tipo de herencia en la cual los alelos se expresan con la misma dominancia, de forma que los híbridos (heterocigotos) presentan las características de las dos razas puras a la vez.

20. En el sexo masculino, puesto que los hombres solo poseen un cromosoma X en su pareja de cromosomas sexuales. Así, si la enfermedad está determinada por un alelo dominante, todos los hombres con dicho alelo la padecerán, mientras que las mujeres puede que padezcan la enfermedad o no según el alelo deba encontrarse en homocigosis o no, ya que las mujeres tienen dos cromosomas X en sus células somáticas.
21. a) El total de la descendencia (100%) será de genotipo Pp y de fenotipo intermedio entre plumas rizadas y lisas.
- b) La mitad de la descendencia (50%) será de genotipo Pp y tendrá plumas intermedias.
- c) Porque los organismos procariotas, que se reproducen asexualmente, son haploides; lo que significa que el genoma mínimo por célula es una sola copia del cromosoma bacteriano. La mayoría de los procariotas parece tener solamente un único cromosoma, lo que explica que la información básica de la célula se halle contenida en él. Esto implica que existe una sola copia de cada gen y, por tanto, no pueden aplicarse las leyes de Mendel.
22. a) Utilizamos los siguientes símbolos:
V: alas largas.
v: alas vestigiales (cortas).
 X^R : ojos rojos.
 X^r : ojos blancos.
- La hembra es homocigótica para ambos caracteres, tiene ojos blancos y alas cortas, por tanto, su genotipo es: VvX^rX^r . El macho tiene las alas largas pero es descendiente de otro con alas cortas, entonces en cuanto al tamaño de las alas es Vv, y tiene los ojos rojos, carácter que proporciona un gen situado en el cromosoma X, será entonces X^RY , su genotipo es: VvX^RY .
- b) La hembra del cruce propuesto tiene un único tipo de gametos: VX^r .
El macho tiene gametos de cuatro tipos en relación con los caracteres estudiados: VX^R , VY , vX^R y vY .
Los genotipos de las hembras resultantes del cruce son: VVX^RX^R y VvX^RX^R . Por tanto, el 50% de las hembras serán heterocigóticas para los dos caracteres.
23. a) La mujer no tiene hemofilia pero es portadora, su genotipo será: X^HX^h .

El hombre no tiene hemofilia tampoco y no es posible que únicamente fuera portador porque la hemofilia se debe a un alelo recesivo h localizado en el cromosoma X, su genotipo será: XY.

- b) La probabilidad es 0,5.
- c) La probabilidad sería 0, podría ser portadora con 0,5 de probabilidad pero nunca hemofílica, puesto que el padre no es portador.
24. a) El cruzamiento que se propone es un cruzamiento prueba, entre un individuo dihíbrido ($SsYy$) y un homocigótico recesivo ($ssyy$).

P: $SsYy \times ssyy$
Gametos: SY Sy sY sy sy

Gametos	SY	Sy	sY	sy
sy	SsYy	Ssyy	ssYy	ssyy

Resultados genotipo F1: 25% $SsYy$; 25% $Ssyy$; 25% $ssYy$ y 25% $ssyy$.

- b) El cruzamiento prueba consiste en cruzar un individuo con el homocigótico recesivo respecto a los caracteres que estamos examinando y permite averiguar la frecuencia gamética del individuo heterocigótico, pudiéndose descubrir los heterocigóticos en el tipo de herencia dominante. Por ejemplo, para averiguar si un individuo es homocigótico (AA) o heterocigótico (Aa) respecto a un determinado carácter, se cruzaría dicho individuo problema con un homocigótico recesivo (aa). Si el 100% de los descendientes son iguales, el progenitor será probablemente homocigótico, es decir, AA. Por el contrario, si aparece algún descendiente recesivo (aa), el progenitor es heterocigótico, o sea, Aa. Otra forma de averiguar si el individuo es homocigótico (AA) o heterocigótico es analizar los fenotipos de la descendencia que se origina por autofecundación.
25. a) El genotipo de la mujer es: X^DX , puesto que su padre es daltónico (de él hereda X^D) y su madre normal.
El hombre daltónico es: X^DY .
Los genotipos de la descendencia son: X^DX^D , X^DX , X^DY y XY.
- b) El 100% de las hijas de la descendencia serán daltónicas, de los hijos el 50% serán daltónicos y el otro 50% no daltónicos.
26. a) Sí. Porque el señor Ramón Pérez heredó el cromosoma X de su madre, y esta, que presentaba dos cromosomas X, uno de su padre y otro de su madre, pudo transmitir a su hijo el de su madre, es decir, el de la abuela materna del señor Ramón Pérez.
- b) Sí. Porque el señor Ramón Pérez heredó el cromosoma Y de su padre, y este, a su vez, heredó el cromosoma Y de su padre; es decir, del abuelo del señor Ramón Pérez.
27. a) El patrón de herencia es autosómico-dominante. Es dominante, pues vemos que la pareja de la generación I está afectada y, en cambio, tiene hijos afectados y no afectados; esto significa que son heterocigóticos y, por tanto, el alelo que se asocia a la enfermedad debe ser dominante. Es autosómico: la presencia de tres mujeres afectadas ya nos indica que es difícil que sea ligado al sexo, al cromosoma X. Si fuera ligado al sexo dominante no podríamos ex-

plicar el fenotipo de II-3 (sería heterocigótica pero estaría afectada), y si fuera ligada al sexo recesivo, igualmente II-3 estaría afectada por la enfermedad.

- b) Los enfermos de Von Hippel-Lindau tienen el alelo afectado y esto comportará que ciertas células proliferen en exceso, produciéndose un crecimiento anormal del tejido, un tumor. El proceso afectado debe ser la mitosis: posiblemente el alelo «normal» contiene la información para una proteína que inhibe las mitosis, de forma que si no hay suficiente expresión de esta proteína (o si es defectuosa) el proceso celular mitótico se producirá por encima de lo habitual en ciertas células de las personas afectadas.

El sistema inmunitario tiene unos tipos celulares (leucocitos) especializados en detectar células que tienen desregulado su ciclo celular y que se dividen sin control: son sobre todo células nK (parecidas a linfocitos T, pero sin especificidad) y también células «T citotóxicas», que pueden destruir la célula afectada.

28. a) AA.
b) aa.
c) Aa.
d) Aa.
e) Aa (50%) y aa (50%).

29. A: color oscuro.

a: color claro.

- a) Si la hembra es de genotipo aa, entonces el 100% de sus óvulos tendrán el alelo a.

El macho es heterocigótico, por tanto, es Aa, entonces el 50% de los espermatozoides portará el alelo A y el otro 50% el alelo a.

- b) Considerando los gametos de la hembra y el macho, el 50% de la descendencia será Aa y, por tanto, de color oscuro y el 50% será de genotipo aa y de color claro.

30. a) Un individuo con 23 cromosomas en sus células somáticas será macho, puesto que 22 cromosomas son autosómicos, agrupados en 11 parejas de homólogos, y un cromosoma es X.
b) Tendrá 22 autosomas en sus células somáticas.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

- a) En organismos diploides un organismo homocigótico o raza pura es aquel que, para un carácter, posee ambos alelos iguales. Por el contrario, un organismo heterocigótico es aquel que, para un carácter, posee ambos alelos diferentes.

b) Cada una de las diferentes variedades que puede presentar un gen.

c) Lugar que ocupa un gen en un cromosoma.

d) En la herencia intermedia hay alelos dominantes y alelos recesivos. Los alelos dominantes se expresan aunque estén en heterocigosis. Los recesivos solo se expresan cuando están en homocigosis. Por el contrario, en la herencia intermedia los alelos no presentan una dominancia completa, de forma que los híbridos (heterocigotos) muestran un «fenotipo intermedio» entre las dos razas puras.
- a) Padre: AaBb: doble heterocigótico, al tener hijos uno rubio y otro de ojos azules, aa.
Madre: aaBb: heterocigótica para B, pues tiene un hijo rubio bb, siendo su pareja de pelo oscuro.

Hijo 1: Aabb, heterocigótico para el color de ojos, pues su madre es aa.

Hijo 2: aaB? : para el color de cabello puede ser BB o Bb (ya que sus padres portan ambos gametos).

- b) El padre produce cuatro tipos de gametos: AB, Ab, aB y ab. La madre solo produce gametos ab.

El cruce propuesto será:

	♂	♀
P:	AaBb	aabb
Gametos:	AB Ab aB ab	ab

Los genotipos y fenotipos de la F1 serán:

Gametos	ab
AB	AaBb (1/4) Ojos marrones pelo oscuro
Ab	Aabb (1/4) Ojos marrones pelo rubio
aB	aaBb (1/4) Ojos azules pelo oscuro
ab	Aabb (1/4) Ojos azules pelo rubio

- a) Un cromosoma homólogo es cada uno del par de cromosomas que tiene un organismo eucariota diploide. De cada par uno es heredado de un progenitor y otro del otro progenitor. Los cromosomas homólogos tienen la misma estructura y los mismos loci pero pueden tener distintos alelos, ya que cada uno procede de un progenitor. Dichos cromosomas homólogos se recombinan durante la meiosis.

b) Los seres humanos poseemos 46 cromosomas en cada una de nuestras células somáticas. En las hembras hay 23 parejas de cromosomas homólogos (22 parejas de autosomas y un par de cromosomas sexuales iguales XX), sin embargo, en los varones solo hay 22 parejas de cromosomas homólogos, ya que un par (el de cromosomas sexuales, XY) es diferente.

c) 44 autosomas (22 pares) y dos cromosomas sexuales o heterocromosomas.

d) Las hembras poseen dos heterocromosomas X, mientras que los hombres poseen un cromosoma X y otro Y.
- a) Ocurriría en el caso de que se tratase de un ligamiento absoluto, es decir, cuando la distancia entre los loci de ambos caracteres situados en el mismo cromosoma impida un sobrecruzamiento entre ellos. Por tanto, ambos caracteres se heredarán juntos, y en caso de presentar relación de dominancia las proporciones fenotípicas de la F2 no serán de 9:3:3:1, como se obtendría en la tercera ley de Mendel, sino de 3:1, como si se tratase de un monohíbrido.

b) La determinación cromosómica del sexo consiste en que el macho y la hembra tienen algunos cromosomas distintos (heterocromosomas o cromosomas sexuales) que llevan información para la determinación del sexo, mientras el resto de cromosomas son comunes para ambos sexos y se denominan autosomas.

c) El sistema es: XX/XY: el sexo femenino presenta dos cromosomas iguales, denominados X. Las hembras constituyen el sexo homogamético por presentar todos los gametos formados el mismo cromosoma sexual, X. Los machos, XY, constituyen el sexo heterogamético, pues forman dos

tipos de gametos (espermatozoides), unos con cromosoma X y otros con cromosoma Y.

- c) Los tres sistemas son:

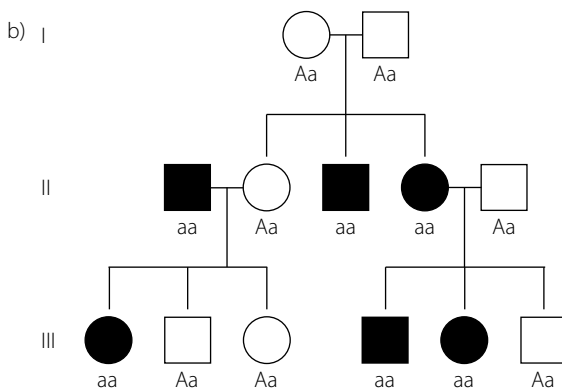
ZZ/ ZW: igual al anterior salvo que el sexo homogamético, ZZ, es el macho, mientras que el sexo heterogamético, ZW, corresponde a la hembra. Ejemplos: muchos lepidópteros (mariposas), anfibios urodelos, reptiles y aves.

XX/ XO: el sexo heterogamético solo presenta un cromosoma X, generando gametos con ese cromosoma y otros sin él.

El sexo homogamético puede corresponder al macho o a la hembra, aunque más frecuentemente a esta última.

Determinación por haplodiploidía: la determinación del sexo deriva del número total de cromosomas. Los individuos diploides son hembras y los haploides son machos. Ejemplo: las abejas.

6. a) Los individuos afectados son tanto varones como hembras, por lo que debe tratarse de un gen autosómico. Además, se trata de un gen recesivo, ya que en el primer cruce (generación I), los dos progenitores son normales y sin embargo tienen hijos afectados.



7. Designemos como a el alelo que determina el albinismo y A el normal.

Mujer: genotipo: $AaX^H X$, fenotipo: morena y no hemofílica.

Hombre: genotipo: $aaXY$, fenotipo: albino y no hemofílico.

Los hijos de este matrimonio serán el cruce propuesto:

♂

♀

Cónyuges:

$aaXY$

$AaX^H X$

Gametos:

aX aY

AX^H AX

aX^H aX

Gametos	aX	aY
AX^H	$AaXX^H$ Hembra no albina y no hemofílica, pero portadora.	$AaX^H Y$ Varón no albino y hemofílico
AX	$AaXX$ Hembra no albina y no hemofílica	$AaXY$ Varón no albino y no hemofílico
aX^H	$aaX^H X$ Hembra albina y no hemofílica (pero portadora)	$aaX^H Y$ Varón albino y hemofílico
aX	$aaXX$ Hembra albina y no hemofílica	$aaXY$ Varón albino y no hemofílico

Conclusión:

- De las hijas:

$\frac{1}{4}$ serán normales (no albinas) pero portadoras de la hemofilia ($AaXX^H$).

$\frac{1}{4}$ serán normales pero portadoras del albinismo ($AaXX$).

$\frac{1}{4}$ serán albinas y no hemofílicas, pero portadoras ($aaX^H X$).

$\frac{1}{4}$ serán albinas y no hemofílicas ($aaXX$).

- De los hijos:

$\frac{1}{4}$ serán no albinos (pero portadores) y hemofílicos ($AaX^H Y$).

$\frac{1}{4}$ serán no albinos y hemofílicos ($AaXY$).

$\frac{1}{4}$ serán albinos y hemofílicos ($aaX^H Y$).

$\frac{1}{4}$ serán albinos y no hemofílicos ($aaXY$).

8. Los individuos del grupo sanguíneo 0 son homocigóticos (00)

Los individuos de grupo sanguíneo B pueden ser homocigóticos (BB) u heterocigóticos (B0), dado que el alelo 0 es recesivo respecto al alelo responsable del grupo sanguíneo B.

Por tanto, si los dos padres son heterocigóticos (B0), y solo en este caso, es posible que los descendientes tengan el grupo sanguíneo 0.

P:	B0	×	B0
Gametos:	B	0	B
F1:	BB	B0	B0
G. sanguíneo:	B	B	B

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

- a) El genotipo es el conjunto de alelos presentes en un organismo. Por el contrario, el fenotipo es el conjunto de manifestaciones de caracteres de un organismo. El fenotipo depende del genotipo y de la acción ambiental.

b) Aquel que, para un carácter, posee ambos alelos diferentes.

c) Cruce de un «individuo problema» con un individuo homocigótico recesivo. Se utiliza en los casos de herencia dominante para averiguar si un individuo es homocigoto o heterocigoto.
- a) Parental de pelo corto: Aa. Parental de pelo largo: aa. El parental de pelo corto podía ser AA o Aa, pero como tienen hijos de pelo largo aa, debe ser heterocigótico.

b) Los dos parentales de pelo corto: AA o uno de los parentales Aa y otro AA. Si fuesen los dos parentales Aa, tendrían hijos de pelo largo.

c) Parental de pelo corto: AA. Parental de pelo largo: aa. El parental de pelo corto podía ser AA o Aa, pero como todos los descendientes son de pelo corto, tiene que ser homocigótico.

d) Los parentales aa y los hijos aa.
- a) Falso. La teoría cromosómica de la herencia aportó una explicación citológica a los resultados de los experimentos de Mendel.

b) Falso. Los factores que determinan los caracteres hereditarios (genes) se localizan en los cromosomas.

c) Verdadero.

d) Verdadero.

e) Falso. Los alelos se encuentran en los loci de los cromosomas homólogos, por lo que existe un par para cada carácter.

4. Las proporciones esperadas en la tercera ley de Mendel son de 9:3:3:1. Para esperar estas proporciones fenotípicas en el caso de dos caracteres ligados, presentes en el mismo cromosoma, se tienen que forman cuatro tipos de gametos distintos (por ejemplo: AB, Ab, aB, ab) cada uno con una probabilidad de aparición del 25%. Ello se produce cuando el ligamiento es relativo, es decir, entre los genes responsables de los dos caracteres la distancia entre los loci es tal que permite un entrecruzamiento entre ambos (a mayor distancia entre los loci mayor probabilidad de sobrecruzamiento).

5. a) Si posee 23 cromosomas será macho.
b) 22 autosomas (11 parejas).
c) Cada espermatozoide tendrá 11 autosomas.
d) Sí, la mitad de espermatozoides tendrán 11 autosomas y 1 cromosoma sexual (en total 12 cromosomas) y la mitad de espermatozoides solo tendrán 11 cromosomas (autosomas) y ningún cromosoma sexual.

6. a) Autosómica.
b) Recesiva.
c) I1: Aa
I2: Aa
II2: aa
II4: Aa
II5: Aa
III3: aa

7. Aquellos genes que aparecen en los cromosomas sexuales se dice que están ligados al sexo. Al ser el cromosoma X no homólogo completamente del Y, los genes localizados en cada cromosoma siguen un modo particular de herencia.

Por el contrario, la herencia influenciada por el sexo es aquella en la que la expresión de ciertos genes localizados en los cromosomas no sexuales (autosómicos) depende del sexo de la persona. Por tanto, dichos genes se comportan de diferente manera según se trate de un individuo de sexo masculino o de uno de sexo femenino. Un ejemplo es la calvicie. Este carácter depende de un gen (C') que, si se encuentra en heterocigosis con el gen normal (C), se comporta como dominante en los hombres y como recesivo en las mujeres, debido a las hormonas sexuales propias de cada sexo.

En este caso, el genotipo CC da lugar a hombres y mujeres sin calvicie; el genotipo CC' provoca la calvicie en el hombre, pero no en la mujer, y el genotipo C'C' provoca calvicie en el hombre y en la mujer.

En una familia con segregación del gen de la calvicie, solo los hombres la padecerán y las mujeres tendrán menos cabello después de la menopausia.

8. El cruce propuesto es:

	♂		♀	
P:	A0		AB	
Gametos:	A	0	A	B
F1:	AA	AB	A0	B0
Grupo sanguíneo:	A	AB	A	B

La probabilidad de tener un hijo de grupo sanguíneo A es $\frac{1}{2}$ (50% o $\frac{2}{4}$), por tanto, la probabilidad de tener dos hijos del grupo sanguíneo A será:

$P(\text{primer hijo del G. sanguíneo A y segundo hijo del G.S. A}) = p(\text{grupo sanguíneo A}) \times p(\text{grupo sanguíneo A}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

AMPLIACIÓN

1. El genotipo de los individuos Rh- no tiene duda; al ser un carácter recesivo, los dos genes deben ser Rh- y Rh-.

Los individuos Rh+ tienen dos genotipos posibles: Rh+Rh+ o Rh+Rh-. En este caso, el hijo será Rh+Rh-, pues debe tener un gen del padre y uno de la madre y el de esta solo puede ser Rh-.

En cuanto al padre, al menos tendrá un alelo Rh-, es decir, también será Rh+Rh-, pues de lo contrario nunca podría tener un hijo Rh-.

2. a) Padre: Rr × Madre: Rr → Hija: rr
b) No, ha recibido el alelo recesivo (sano) de cada uno de los progenitores. Para poder transmitir la enfermedad, como es dominante, también debe sufrirla.
c) Sí, pues los dos son heterocigotos, y podrían tener otro hijo homocigótico recesivo.
d) Sí, bastaría con que cualquiera de los padres le transmitiera el alelo dominante.

3. Llamemos C al gen que determina la calvicie y c al alelo que no la produce.

En los ♂ C domina sobre c, mientras que en las ♀ c domina sobre C.

Al ser el varón no calvo su genotipo será cc, mientras que la mujer calva tendrá un genotipo CC. Por tanto, el cruce propuesto es:

	♂	♀
P:	cc	CC
Gametos:	c	C
F1:	Cc	

Resultados fenotipo F1: todos los hijos varones serán calvos y las hijas no calvas.

4. La probabilidad de tener un hijo varón es del 50% ($\frac{1}{2}$) y el tener una hija también es del 50% ($\frac{1}{2}$).

Dos hijos de diferente sexo se pueden tener según dos combinaciones distintas:

$$P(\text{hijo-hija}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$P(\text{hija-hijo}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

Por tanto, la probabilidad de que los dos descendientes sean de distinto sexo será:

$$P(\text{chico-chica}) = p(\text{hijo-hija}) + p(\text{hija-hijo}) = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} (50\%)$$

5. El toro es heterocigótico (Hh), la vaca A es homocigótica recesiva (hh) y la vaca B heterocigótica (Hh).

Toro Hh × vaca A hh: 50% Hh (sin cuernos) y 50% hh (con cuernos).

Toro Hh × vaca B Hh: 25% HH (sin cuernos), 50% Hh (sin cuernos) y 25% hh (con cuernos).

6. A la vista de los datos, el alelo p tiene una doble función: por una parte es el causante de la pigmentación (en cuyo caso, se comporta como alelo dominante frente al normal P) y por otro lado, en homocigosis, es letal, comportándose como alelo recesivo. Por tanto, los individuos PP son normales, los Pp son pigmentados y los pp mueren.

a) Si cruzamos conejos pigmentados entre sí:

Por tanto, y puesto que los individuos con dotación genotípica pp mueren, la descendencia estará formada por $\frac{1}{3}$ de individuos normales y $\frac{2}{3}$ de individuos pigmentados.

Genotipo (fenotipo):	Pp (pigmentados) × Pp (pigmentados)
Gametos:	P+p × P+p
Genotipo (fenotipo) de F1:	PP (normal) + 2Pp (pigmentados) + 1 pp (letal)

b) Si se aparean libremente estos descendientes, pueden darse tres posibilidades:

- Que se crucen individuos normales (PP) entre sí: la descendencia será normal.
- Que se crucen ratones pigmentados (Pp) entre sí: la descendencia será la explicada en el cuadro anterior para la generación F1.
- Que se crucen ratones normales (PP) con pigmentados (Pp): la descendencia será del 50% normal y del 50% pigmentados.

7. Designaremos como XI al cromosoma portador del alelo letal y X+ al cromosoma portador del alelo normal.

El hombre al ser normal tendrá un genotipo X+Y.

El cruzamiento entre ambos individuos será:

	♂	♀
P:	X+Y	XIX+
Gametos:	X+ Y	XI X+
F1:	X+XI X+X+	XIY X+Y

Conclusión. Sobrevivirán todas las hembras. De ellas la mitad serán normales (X+X+) y la mitad heterocigóticas, es decir, portadoras del alelo letal. De los varones, la mitad morirá (XIY) y la otra mitad sobrevivirá y no portará el alelo letal (X+Y).

REFUERZO

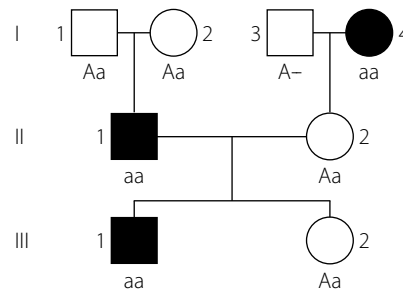
- Los genes se encuentran en el ADN. Se combinan en la meiosis, concretamente en la profase I, en la subfase paquíteno. Se transmiten a través de los gametos.
- Son más frecuentes en el hombre debido a que este tiene un cromosoma X, y las enfermedades determinadas por un gen recesivo asociado al cromosoma X pueden modificarse mejor en el hombre.
- AA
 - aa
 - Aa
 - Aa
 - AaBb
 - AaBbCc...Nn
 - Aa
 - Aa y aa

4.

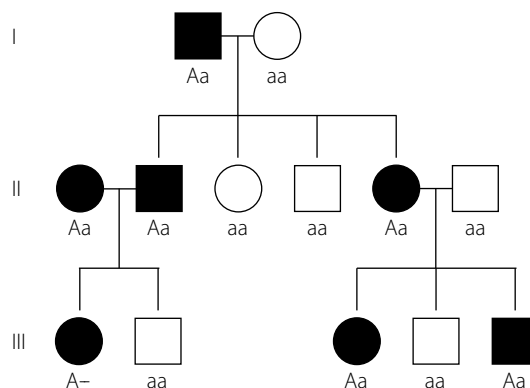
	♂	♀
P:	AB	00
Gametos:	A B	0
F1:	A0	B0
Fenotipo: grupo sanguíneo:	A	B

Los descendientes serán: 50% del grupo sanguíneo A y el 50% del grupo sanguíneo B.

5.



6.



7. $P = 5/16$.

- El hijo de grupo sanguíneo 0 es homocigótico (00), por tanto, los padres, uno del grupo sanguíneo A y otro B, deben ser heterocigóticos, ya que el alelo 0 es recesivo frente a los alelos A y B, que entre sí son codominantes. Por tanto, los genotipos serán: hijo (00), madre (A0), padre (B0).

b) La probabilidad de que el segundo hijo también sea del grupo O será de $1/4$, según el siguiente cruce:

	♂	♀
P:	B0	A0
Gametos:	B 0	A 0
F1:	AB B0	A0 00
Grupo sanguíneo:	AB B	A 0
	25 % 25 %	25 % 25 %

c) $p(\text{varón AB}) \times p(\text{varón AB}) = (1/2 \times 1/4) \times (1/2 \times 1/4) = 1/64$.

9. a) Herencia autosómica recesiva.

Genotipos: padre: Aa, madre: Aa, hijo: aa

b) $Aa \times Aa \rightarrow 3/4$ (75%) (AA o Aa). Fenotipo no albino.

c) $Aa \times Aa \rightarrow 1/4$ (25%) (aa). Fenotipo albino.

10. a) Genotipos progenitores: Aa × aa.

Genotipos y fenotipos de la descendencia: Aa (alta)

P:	AA	×	aa
Gametos:	A		a
F1:	Aa		

b)

F1:	Aa	×	AA
Gametos:	A a		A
F2:	AA		Aa

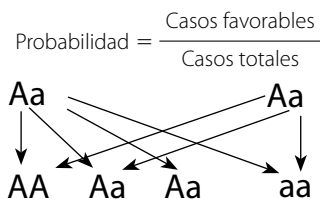
Genotipos y fenotipos descendencia: $1/2$ (50%) AA y $1/2$ (50%) Aa, todas altas.

- c) F1: Aa × aa
 Gametos: A a a
 F2: Aa aa
 Genotipos y fenotipos descendencia: ½ (50%) Aa (altas) y ½ (50%) aa (enanas).
- d) F1: Aa × Aa
 Gametos: A a A a
 F2: AA Aa Aa aa
 Genotipos y fenotipos descendencia: ¼ (25%) AA (altas), 2/4 (50%) Aa (altas) y ¼ (25%) aa (enanas).

PROBLEMAS RESUELTOS DE GENÉTICA

Concepto de probabilidad

Cálculo de probabilidades. La probabilidad de que pase un determinado suceso es la relación entre los casos favorables y todos los casos posibles. Por ejemplo, la probabilidad de que salga un 3 cuando se tira un dado es 1/6. Igualmente, la probabilidad de que, por ejemplo, nazca un niño albino (aa) en una familia en la cual tanto el padre como la madre no son albinos pero son portadores del gen recesivo del albinismo (por tanto, los dos son Aa) es 1/4, como se observa más abajo.



Probabilidad de sucesos no excluyentes. La probabilidad de que se den dos sucesos que no son excluyentes se obtiene multiplicando la probabilidad del primer suceso por la probabilidad del segundo suceso. Por ejemplo, si en el caso anterior se pregunta la probabilidad de que el primer hijo sea albino (aa) y el segundo sea no albino homocigótico; es decir, AA, las características del primer hijo no excluye ninguna de las posibles características del segundo hijo; por tanto, la probabilidad se obtiene multiplicando la probabilidad de que el primer hijo sea albino por la probabilidad de que el segundo hijo sea AA.

Probabilidad = Probabilidad que el primer hijo sea albino (= 1/4) × Probabilidad que el segundo hijo sea AA (= 1/4) = 1/4 × 1/4 = 1/16.

Probabilidad de sucesos excluyentes. La probabilidad de que se den dos o más sucesos que son excluyentes se obtiene sumando la probabilidad de cada suceso. Por ejemplo, si en el caso anterior se pide la probabilidad de que de los dos hijos que tiene la pareja, uno sea albino y el otro no albino homocigoto, es decir AA, al no pedir que el albino sea el mayor, también es correcto que el albino sea el menor, y estos dos casos favorables son excluyentes, o se da uno o se da el otro. La probabilidad conjunta se obtiene sumando la probabilidad del primer caso con la del segundo caso.

Prob. de que el 1.º hijo sea albino (= 1/4) · Prob. de que el 2.º hijo sea AA (= 1/4) = 1/16.

Prob. de que el 1.º hijo sea AA (= 1/4) · Prob. de que el 2.º hijo sea albino (= 1/4) = 1/16.

Por tanto, la probabilidad de que si se tienen dos hijos, uno sea albino y el otro sea AA es 1/16 + 1/16 = 1/8.

PROBLEMAS RESUELTOS

1. ¿Qué probabilidad hay de que un hombre y una mujer de aspecto normal pero portadores ambos del gen recesivo del albinismo, si tienen dos hijos, uno sea albino y el otro no?

Solución. La probabilidad de que un hijo sea albino es 1/4, y de que sea normal 3/4. Como no importa el orden, son casos favorables tanto que el primero sea el albino y el segundo el normal, como el caso contrario. Por tanto, la probabilidad es: 1/4 (Prob. de que el 1.º hijo sea albino) · 3/4 (Prob. de que el 2.º hijo sea normal) = 3/16.

3/4 (Prob. de que el 1.º hijo sea normal) · 1/4 (Prob. de que el 2.º hijo sea albino) = 3/16.

Por tanto, la probabilidad de que un hijo sea albino y el otro normal es 3/16 + 3/16 = 6/16.

2. En los conejos el albinismo sigue el mismo tipo de herencia que en los humanos. ¿Cuál es la probabilidad de que una pareja de conejos de aspecto normal y portadores ambos del gen del albinismo, tengan descendientes albinos en la F2, si todos los descendientes de la F1 se cruzan al azar entre sí?

Solución. Como se observa en el esquema del cruce del primer problema, las proporciones genotípicas de la F1 son: 1/4 (AA), 1/2 (Aa) y 1/4 (aa). Para saber la probabilidad de que aparezcan individuos albinos en la F2, hay que multiplicar la probabilidad de los diferentes cruces posibles entre los individuos de la F1 por la probabilidad de que en ellos aparezcan individuos albinos. La probabilidad de cada cruce se obtiene multiplicando entre sí las proporciones en la población de cada uno de los dos progenitores. En la siguiente tabla, en cada casilla, el primer número es la proporción en que se encuentra el primer progenitor; el segundo, la proporción del segundo progenitor, y el tercero, la probabilidad de que generen individuos albinos.

	AA (1/4)	Aa (1/2)
AA (1/4)	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot 0 = 0$	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0 = 0$
Aa (1/2)	$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \cdot 0 = 0$	$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$
Aa (1/4)	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot 0 = 0$	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{16}$
	aa (1/4)	
AA (1/4)	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot 0 = 0$	
Aa (1/2)	$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{16}$	
Aa (1/4)	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot 1 = \frac{1}{16}$	

La probabilidad de que hayan albinos en la F2 es:

$$\frac{1}{16} + \frac{1}{16} + \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4}$$

3. En la planta «dondiego de noche» (*Mirabilis jalapa*) el color de los pétalos sigue una herencia intermedia, siendo una de las razas puras de flores rojas y la otra de flores blancas. ¿Qué

proporciones fenotípicas cabe esperar en el cruce entre dos plantas de flores rosa?

Solución. El cruce es $RB \cdot RB$ y, por tanto, el resultado es $1/4RR$, $1/2RB$ y $1/4RR$; o sea, las proporciones fenotípicas a esperar son: $1/4$ de flores rojas, $1/2$ de flores rosas y $1/4$ de flores blancas.

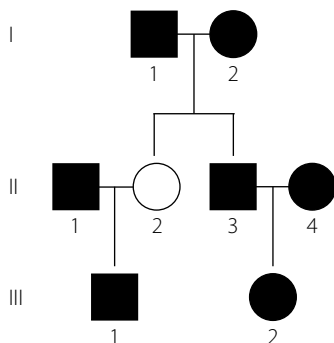
4. Una mujer de grupo sanguíneo M acusa a un hombre de no querer reconocer que es el padre de su hijo, que es de grupo M. El hombre alega en su defensa que es de grupo N. ¿Basándose en ello puede descartarse su posible paternidad?

Solución. El hombre no puede ser el padre, ya que el niño no posee el antígeno N.

5. ¿Que grupos sanguíneos pueden presentar los hijos de una mujer de grupo AB y un hombre de grupo O?

Solución. Como la mujer es $I^A I^B$ y el hombre es ii , la mitad de los hijos serán de grupo A ($I^A i$) y la otra mitad serán de grupo B ($I^B i$).

6. En las cobayas el color negro del pelo se debe al gen dominante B, y el color blanco a su alelo recesivo b. ¿Cuál es la probabilidad de que aparezca un individuo blanco en el cruce entre los individuos III-1 y III-2 del esquema de pedigrí adjunto. Salvo que haya evidencia de lo contrario los individuos II-1 y II-4 deben considerarse homocigotos. En los árboles genealógicos, de pedigrí los círculos representan a las hembras y los cuadrados a los machos.



Solución. Para que de los individuos negros III-1 y III-2 salga un descendiente blanco los individuos III-1 y III-2 han de ser Nn, y solo $1/4$ parte de sus descendientes serán blancos (nn). Como II-2 es blanco seguro que III-1 es Nn. Por otro lado, como II-2 es blanco (nn), I-1 y I-2 deben ser Nn, y, por tanto, la probabilidad de que uno de sus descendientes negros (II-3) sea Nn es de $2/3$. Considerando que lo sea, la posibilidad de que al cruzarlo con un NN origine un III-2 que sea Nn es $1/2$. Por tanto, la probabilidad de obtener un individuo blanco del cruce entre III-1 y III-2 es $2/3 \cdot 1/2 \cdot 1/4 = 1/12$.

7. En los conejos el carácter «pelaje con manchas» (S) es dominante sobre el carácter «color uniforme» (s) y el «color negro» (B) es dominante sobre el «color pardo» (b). Un conejo manchado pardo se cruza con un ejemplar negro uniforme; todos los descendientes son negros manchados. a) ¿Cuáles son los genotipos de los padres? b) ¿Cuál será el aspecto de la F2 si dos de estos animales se cruzan entre sí?

Solución. a) Un progenitor es $S-bb$ y el otro es $ssB-$, pero como los descendientes no pueden ser más que $SsBb$, el genotipo de los padres es: $Ssbb$ y $ssBB$. b) El aspecto de la F2 será, pues: $9/16$ negros manchados, $3/16$ negros uniformes, $3/16$ pardos manchados y $1/16$ pardos uniformes.

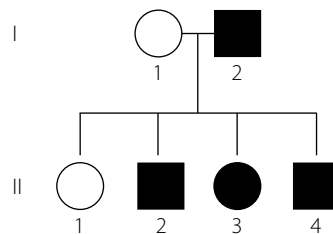
8. En *Drosophila melanogaster* se hace un cruce de una variedad raza pura de alas curvadas hacia arriba (Cy) y quetas en forma

de rastrojo (Sb), con moscas normales homocigóticas para ambos caracteres (los caracteres normales son recesivos). Los descendientes se vuelven a cruzar con moscas normales. ¿Qué probabilidad hay de que entre sus descendientes, las moscas con quetas en forma de rastrojo además tengan las alas curvadas?

Solución. Los progenitores serán $CyCySbSb$ y $Cy^+Cy^+Sb^+Sb^+$, por tanto, todos los descendientes serán $CyCy^+SbSb^+$. Si estos se cruzan con individuos $Cy^+Cy^+Sb^+Sb^+$, las proporciones genotípicas serán: $1/4 (CyCy^+SbSb^+)$, $1/4 (CyCy^+Sb^+Sb^+)$, $1/4 (Cy^+Cy^+SbSb^+)$ y $1/4 (Cy^+Cy^+Sb^+Sb^+)$, y consecuentemente las proporciones fenotípicas serán: $1/4$ alas curvadas y quetas en maza, $1/4$ alas curvadas y quetas normales, $1/4$ alas normales y quetas en maza, y $1/4$ alas y quetas normales. Por tanto, la probabilidad de que las moscas con quetas en forma de maza además posean las alas curvadas es $1/2$.

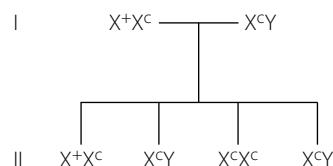
$$\frac{1/4}{1/4 + 1/4} = \frac{2}{2}$$

9. Un determinado carácter recesivo y ligado al sexo se presenta en la familia cuyo pedigrí se muestra en la figura adjunta, donde los individuos afectados aparecen en negro. a) ¿Qué genotipos tiene cada uno de los individuos? b) ¿Podría aparecer un hijo varón no afectado? c) ¿Podría explicarse este pedigrí por un carácter recesivo autosómico? ¿Cuáles serían los genotipos?

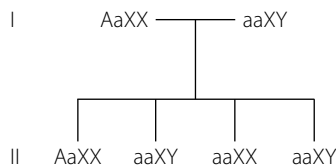


Solución. Para simbolizar los genes que son exclusivos del cromosoma X o del cromosoma Y, se ha de escribir una X o una Y, y como exponente la primera letra en cursiva del nombre del carácter (en mayúscula si es dominante y en minúscula si es recesivo), o un + para indicar que es el carácter normal, o nada para indicar que ese cromosoma carece de ese gen.

- a) A partir del esquema se deduce que si es un carácter recesivo ligado al sexo, como hay II-3 está afectada debe ser un gen recesivo ginándrico, es decir, situado en el cromosoma X. Los genotipos serán:



- b) Sí. Podría ser un individuo de genotipo X^+Y .
c) Sí. Podría explicarse mediante una herencia de un gen autosómico. Los genotipos serían:



10. El albinismo es un carácter autosómico recesivo y la hemofilia es un carácter recesivo ligada al cromosoma X. Un hombre albino y no hemofílico se casa con una mujer morena cuyo padre era hemofílico y moreno homocigótico, y cuya madre era albina. Determinar: a) los genotipos de los cónyuges y b) las frecuencias genotípicas y fenotípicas de los hijos.

Solución. En los problemas de herencia ligada al sexo es preferible dar las proporciones genotípicas y fenotípicas de las hijas y de los hijos por separado.

Representando el alelo albino con una a , el alelo moreno normal con una A , el alelo hemofilia con una X^h , y el alelo no hemofilia con X^+ , los resultados son:

- a) Los genotipos de los padres son aaX^+Y y AaX^+X^h .
 b) Las proporciones genotípicas de las hijas será: $1/4 AaX^+X^+$, $1/4 AaX^hX^+$, $1/4 aaX^+X^+$ y $1/4 aaX^hX^+$; por tanto, sus proporciones fenotípicas serán: $1/2$ de aspecto normal y no hemofílicas y $1/2$ de albinas y no hemofílicas.

Las proporciones genotípicas de los hijos varones será: $1/4 AaX^+Y$, $1/4 AaX^hY$, $1/4 aaX^+Y$ y $1/4 aaX^hY$; por tanto, sus proporciones fenotípicas serán: $1/4$ de aspecto normal y no hemofílicos, $1/4$ de aspecto normal y hemofílicos, $1/4$ albinos y no hemofílicos, y $1/4$ albinos y hemofílicos.

11. En *Drosophila melanogaster* el carácter alas vestigiales es determinado por un gen mutante recesivo autosómico (vg). El alelo salvaje (vg^+) determina alas normales. El gen que determina ojos de color blanco (w) es recesivo y ligado al sexo. El alelo salvaje (w^+) determina ojos de color rojo. Se cruza una hembra homocigótica de ojos blancos y alas normales con un macho de ojos rojos y alas vestigiales. a) ¿Cuál es el fenotipo de los individuos de la F1? b) ¿Cuáles serán las proporciones fenotípicas de los machos de la F2?

Solución. a) Como los progenitores son $X^{w+}vg^+vg^+$ y $X^{w+}Yvgvg$, el 100% de las hembras tendrán los ojos rojos y las alas normales y el 100% de los machos tendrán los ojos blancos y las alas normales. b) Los $3/8$ de los machos tendrán los ojos blancos y las alas normales, $3/8$ tendrán los ojos rojos y las alas normales, $1/8$ tendrán los ojos blancos y las alas vestigiales, y $1/8$ tendrán los ojos rojos y las alas vestigiales.

12. Una enfermedad genética está determinada por un gen autosómico recesivo. Indique cuál de las afirmaciones siguientes es cierta:

- a) Dos individuos afectados no podrán tener nunca hijos no afectados.
 b) Dos individuos afectados tienen hijos machos afectados e hijas no afectadas.
 c) Si se emparejan un hombre afectado y una mujer no afectada homocigótica, ningún descendiente estará afectado.
 d) Si un descendiente de un emparejamiento determinado presenta la enfermedad, al menos uno de sus abuelos la presentaba.

Solución. a) Cierta. b) Falsa. c) Cierta. d) Falsa.

13. La acondroplasia es una anomalía, determinada por un gen autosómico, que da lugar a un tipo de enanismo en la especie humana. Dos enanos acondroplásicos tienen dos hijos, uno acondroplásico y uno que no lo es.

- a) ¿La acondroplasia es un carácter dominante o recesivo?
 b) ¿Cuál es el genotipo de cada uno de los progenitores?
 c) ¿Cuál es la probabilidad de que el próximo descendiente de la pareja no sea acondroplásico? ¿Y de que sea acondroplásico?

- d) Realiza el esquema del cruce.

Solución. a) Dominante. b) $Aa \times Aa$. c) 0,25 normal y 0,75 acondroplasia. d) Ver el esquema del problema número 6 de las cobayas negras y blancas.

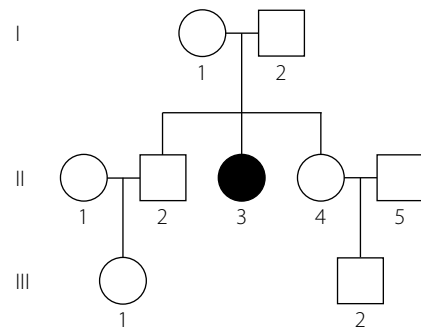
14. En el ganado vacuno el carácter «presencia de cuernos» está determinado por un gen autosómico recesivo (p), y el alelo dominante (P) determina la ausencia de cuernos. Un toro sin cuernos se cruza con tres vacas. Del cruce con la vaca A, que tiene cuernos, se obtiene un ternero con cuernos; del cruce con la vaca B, que no tiene cuernos, se obtiene un ternero con cuernos; del cruce con la vaca C, que tiene cuernos, se obtiene un ternero sin cuernos.

- a) ¿Cuál es el genotipo del toro y de las tres vacas?
 b) ¿Qué proporciones fenotípicas cabría esperar del cruce con la vaca A?
 c) ¿Qué proporciones fenotípicas cabría esperar del cruce con la vaca B?

Solución. a) Macho = Pp , A = pp , B = Pp , C = pp . b) $1/2$ con cuernos y $1/2$ sin cuernos. c) $3/4$ sin cuernos y $1/4$ con cuernos.

15. La fenilcetonuria es una enfermedad hereditaria que produce retraso mental. La enfermedad está originada por un alelo autosómico recesivo. La mujer II-3 del pedigrí adjunto tiene la enfermedad.

- a) ¿Qué probabilidad hay de que el hombre II-2 sea heterocigótico?
 b) Suponiendo que el individuo II-1 sea homocigótico, ¿qué probabilidad hay de que el individuo III-1 sea heterocigótico?



Solución. a) $2/3$. b) $(2/3) \times (1/2) = 1/3$.

16. En el guisante, el carácter color de la semilla está determinado por un gen con dos alelos: el alelo G determina el color amarillo y es dominante respecto del alelo g, que determina el color verde. El carácter forma de la semilla está determinado por otro gen autosómico independiente del anterior: el alelo B determina la semilla lisa y es dominante sobre el alelo b, que determina la semilla rugosa.

- a) Se cruzan dos variedades puras, una de semilla amarilla y otra de semilla verde. En la F2 se obtienen 556 semillas. ¿Cuántas semillas amarillas se esperan obtener?
 b) Se cruzan dos variedades puras, una de semilla amarilla y lisa, y la otra de semilla verde y rugosa. En la F2 se obtienen 3584 semillas. ¿Cuántas de verdes y rugosas se esperan obtener?
 c) Las plantas de la F1 anterior se cruzan con la variedad pura de semillas verdes y rugosas. De este cruce se obtienen 852 semillas. ¿Cuántas semillas amarillas y lisas se esperan obtener?

Solución. a) $3/4 \cdot 556$. b) $3584 \cdot 1/16$ verdes rugosas. c) $852 \cdot 1/4$ amarillas lisas.

17. En las células somáticas de determinados ortópteros las hembras tienen dos cromosomas X, y los machos, un solo cromosoma sexual X.

- ¿De qué sexo será un individuo que tiene 23 cromosomas en las células somáticas?
- ¿Cuántos autosomas tendrá en las células somáticas?
- ¿Y cuántos en las células sexuales?
- ¿Habrá individuos con células sexuales sin ningún cromosoma sexual?

Solución. a) Masculino. b) 22. c) 11. d) Sí.

18. Contesta las siguientes preguntas:

- ¿Es posible que el señor Ramon Puig haya heredado el cromosoma X de su abuela materna? ¿Por qué?
- ¿Es posible que el señor Ramón Puig haya heredado el cromosoma Y de su abuelo paterno? ¿Por qué?
- ¿Es posible que el señor Ramón Puig haya heredado el cromosoma Y de su abuelo materno? ¿Por qué?

Solución. a) Sí, porque el hombre recibe el cromosoma X de la madre, y este puede no haber experimentado la recombinación. b) Sí, porque el cromosoma Y pasa del padre al hijo varón. c) No, ya que las mujeres no tienen cromosoma Y.

19. La aniridia es un tipo de ceguera determinada por un alelo dominante autosómico (A), y la hemofilia está determinada por un alelo recesivo ligado al sexo (h). Una mujer normal con respecto a los dos caracteres se empareja con un hombre ciego que no sufre de hemofilia.

- Tienen un hijo hemofílico que no sufre de aniridia. ¿Cuál es el genotipo de los padres?

b) Si la pareja tiene dos hijas más, ¿cuál es la probabilidad de que las dos sean normales respecto a los dos caracteres?

c) Si la pareja tiene otro hijo, ¿cuál es la probabilidad de que sufra las dos enfermedades?

Solución. a) $aaX^hX^+ \times AaX^+Y$. b) 0,25. c) 0,25.

20. En la mosca *Drosophila* el color amarillo del cuerpo está informado por un gen recesivo y ligado al sexo. ¿Qué proporciones fenotípicas se pueden esperar de los cruces siguientes:

- Macho amarillo y hembra amarilla.
- Hembra de color común y portadora, y macho amarillo.
- Macho común y hembra amarilla.
- Hembra común homocigótica y macho amarillo.
- Hembra común portadora y macho común.

Solución. a) Todos amarillos. b) Tanto los machos como las hembras serán la mitad amarillos y la mitad de color común. c) Todos los machos amarillos y todas las hembras de color común. d) Todos de color común. e) La mitad de los machos amarillos, y la otra mitad de color común, y todas las hembras normales.

21. En la mosca *Drosophila* una forma del ojo, denominada ojo de ranura (ojo alargado y estrecho), está informada por un gen dominante y ligado al sexo. ¿Qué proporciones fenotípicas se pueden esperar en la F1 y en la F2 del cruce entre un macho de ojo en ranura y una hembra de ojos comunes?

Solución. En la F1 todos los machos presentarán ojos comunes y todas las hembras presentarán ojos con forma de ranura. En la F2 tanto los machos como las hembras presentarán la mitad de los individuos con los ojos comunes y la otra mitad con los ojos en forma de ranura.

El ADN, portador del mensaje genético

OBJETIVOS

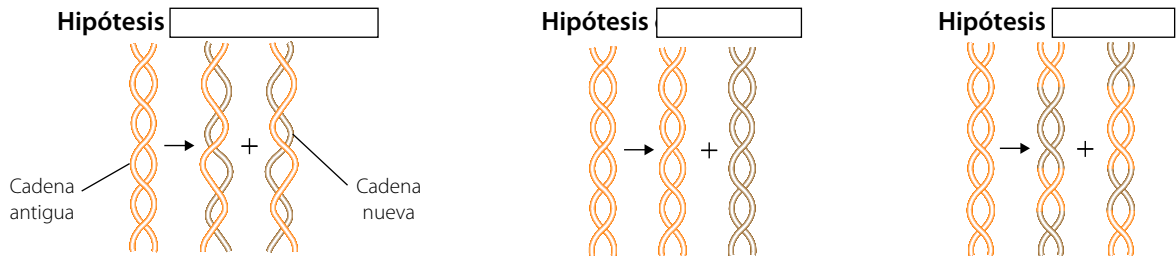
1. Conocer los hitos fundamentales en el conocimiento del ADN como molécula portadora de la información genética.
2. Describir el mecanismo general de replicación, conociendo la función de los enzimas implicados en el mismo y las diferencias entre células procariotas y eucariotas.
3. Comprender en qué consiste la expresión del mensaje genético a partir del dogma central de la biología molecular.
4. Describir la naturaleza y características del código genético.
5. Describir el proceso de traducción, indicando las diferencias entre células procariotas y eucariotas.
6. Explicar la traducción del mensaje genético y conocer las diferencias entre células procariotas y eucariotas.
7. Entender que el proceso de expresión génica se encuentra altamente regulado.

CONTENIDOS

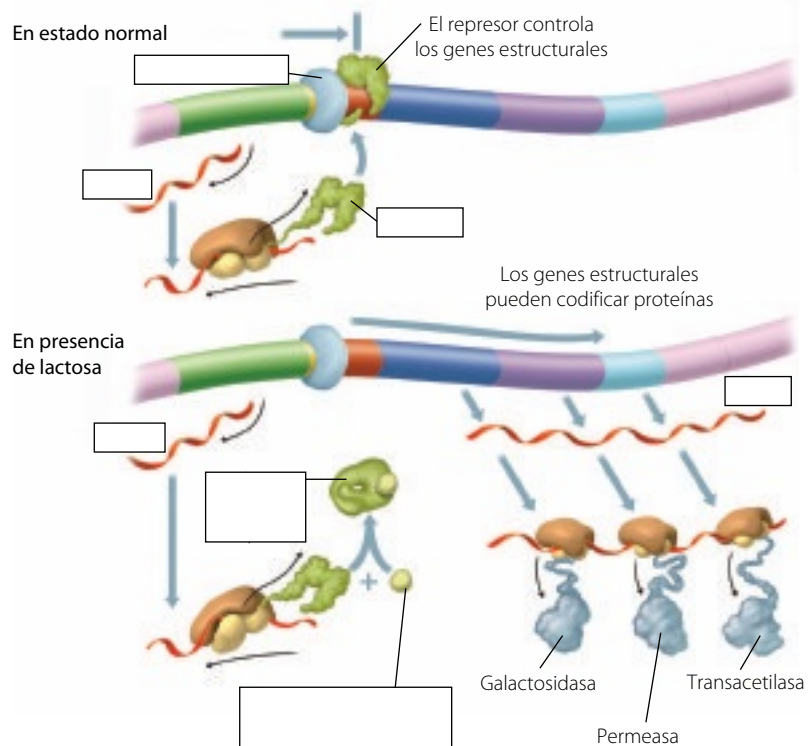
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• El ADN como molécula portadora de la información genética. (Objetivo 1) • Duplicación del ADN. Mecanismos de duplicación. (Objetivo 2) • El dogma central de la biología molecular. (Objetivo 3) • El código genético. (Objetivo 4) • Traducción. Desarrollo del proceso. Diferencias entre procariotas y eucariotas. (Objetivo 5) • Traducción. Desarrollo del proceso. (Objetivo 6) • La regulación de la expresión genética. (Objetivo 7)	• Análisis e interpretación del experimento de Griffith y Messelson y Stahl. (Objetivo 1) • Utilización de vídeos para entender los procesos de replicación, transcripción y traducción. (Objetivos 2, 5 y 6) • Elaboración de dibujos esquemáticos de una horquilla de replicación. (Objetivo 2). • Manejo del código genético. (Objetivo 4) • Elaboración de cuadros comparativos entre los procesos de duplicación, traducción y transcripción en células procariotas y eucariotas. (Objetivos 2, 5 y 6) • Resolver ejercicios prácticos sobre traducción y transcripción. (Objetivos 5 y 6). • Resolver casos concretos de regulación génica según el modelo del operón. (Objetivo 7)	• Interés por conocer los experimentos de Griffith, Messelson y Stahl, y Beadle y Tatum. • Reconocer que el ADN es la molécula portadora de la información genética. • Valorar la importancia biológica del proceso de duplicación. • Valorar la importancia biológica de conocer los procesos de transcripción y traducción. • Curiosidad por conocer los hechos que llevaron al descubrimiento del código genético. • Aceptar que los conocimientos sobre la síntesis de proteínas y la regulación génica son incompletos. • Reconocer la universalidad del código genético.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Reconocer al ADN como molécula portadora de la información genética. (Objetivo 1)	1	1
b) Conocer las características generales de la duplicación del ADN y establecer las diferencias en células procariotas y eucariotas. (Objetivo 2)	2	2 y 3
c) Explicar con claridad el flujo de información genética en los seres vivos. (Objetivo 3)	3	4 y 5
d) Conocer los mecanismos de transcripción y traducción, indicando las diferencias entre células procariotas y eucariotas. (Objetivos 5 y 6)	4, 5 y 6	6 y 7
e) Resolver ejercicios prácticos de replicación, transcripción, traducción, de aplicación del código genético, así como la elaboración e interpretación de esquemas de los procesos dados. (Objetivos 2, 3, 4, 5 y 6)	7 y 8	8 y 9
f) Señalar las diversas formas de regulación de la expresión génica en células procariotas (modelo del operón) y en células eucariotas. (Objetivo 7)	9	10 y 11

HIPÓTESIS SOBRE LA DUPLICACIÓN DEL ADN



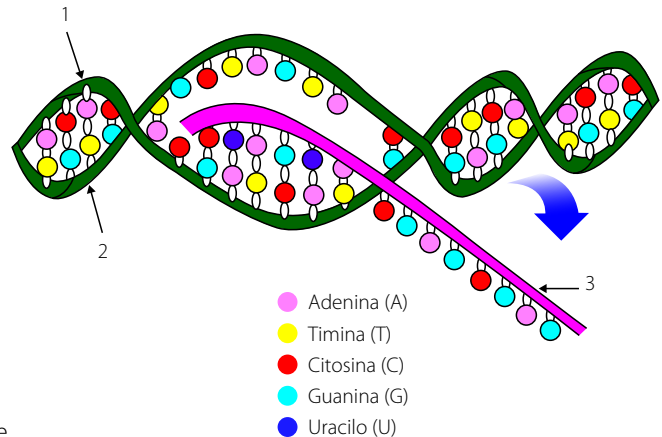
FUNCIONAMIENTO DEL OPERÓN LAC



- 1 ¿Es siempre el ADN la molécula portadora de la información genética?
- 2 Respeto a la replicación del ADN:
 - a) ¿Qué significa que la replicación del ADN es semiconservativa?
 - b) ¿Qué significa que la replicación del ADN es bidireccional?
 - c) Explica las semejanzas y diferencias en la síntesis de las dos cadenas de ADN en una horquilla de replicación.
- 3 Explica brevemente cómo se produce el flujo de información genética en un organismo. Señala en qué consiste cada uno de los procesos biológicos implicados en este flujo.

- 4 Observa el siguiente esquema y responde a las cuestiones que se plantean:

- a) ¿Qué proceso representa el esquema? Descríbelo detalladamente
- b) Identifica lo señalado con los números 1, 2 y 3.
- c) ¿Qué enzima es la principal responsable del proceso? ¿Cuál es su función?



- 5 ¿Qué se entiende por código genético? ¿Cuáles son sus características?
- 6 Teniendo en cuenta las características del proceso de traducción en células eucariotas, elige la opción o las opciones correctas y justifica su validez.
 - a) La transcripción consiste en generar fragmentos de:
 - ADN a partir de ARNm. Se produce en los ribosomas.
 - ARNm a partir de ADN. Se produce en los ribosomas.
 - ARNm a partir de ADN. Se produce en el núcleo.
 - ARNm a partir de ADN. Se produce en el retículo endoplasmático rugoso.
 - b) El código genético es:
 - El conjunto de genes de una determinada especie.
 - El ADN que tiene un determinado ser vivo.
 - La pauta de transcripción del ADN en los ribosomas.
 - La pauta de traducción del ARNm en los ribosomas.
- 7 El siguiente fragmento de una cadena de ADN representa el inicio de un gen: 3´TACCCGAGATGT...5´
 - a) Determina la secuencia de bases de su ARN mensajero e indica su polaridad. ¿Cómo se denomina el proceso?
 - b) Determina la secuencia de bases de la cadena complementaria de ADN e indica su polaridad.
- 8 Un pequeño fragmento de la proteína cancerígena humana tiene la secuencia de aminoácidos que se indica en la siguiente tabla. Consulta el código genético para completar los espacios libres de la tabla:

Aminoácido	Leu	Ser	Ala	Gly	Glu
ARNt	- - -	- - -	- - -	C C U	- - -
ARNm	U - -	U C U	- - -	- - -	- - A
ADN transcrito	A A C	- - -	C G G	- - -	- - -

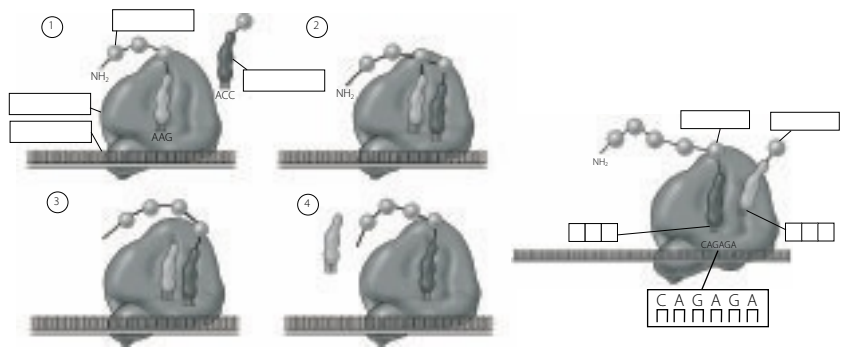
- 9 Define qué es un operón y de qué componentes o partes consta.

- 1 Explica cuál fue la experiencia de Griffith, indicando la contribución de Avery y colaboradores a dicha investigación.
- 2 Señala las principales diferencias entre el proceso de duplicación entre eucariotas y procariotas.
- 3 ¿Qué es un fragmento de Okazaki? ¿Cómo se forma?
- 4 Si se conociese la secuencia de aminoácidos de una proteína, ¿se podría averiguar la secuencia de bases del ADN que la codifica? Razona la respuesta.
- 5 Señala y define los diferentes procesos que tienen lugar en la expresión de la información genética.
- 6 ¿En qué consiste el proceso de maduración y transformación del ARNm en eucariotas?
- 7 Con relación a la biosíntesis de proteínas en células eucariotas:
 - a) Señala el nombre del proceso e indica su localización celular.
 - b) Indica el nombre de la molécula que lleva el codón y el nombre de la molécula que lleva el aminoácido.
 - c) Indica la función del ARN transferente en este proceso y explica la relación entre su estructura y su función.
- 8 Algunas enfermedades hereditarias empiezan a ser tratadas con «terapia génica», que consiste básicamente en sustituir el material genético defectuoso por otro que realice su función correctamente. Una posibilidad consiste en utilizar virus inocuos (no patógenos) que infectan selectivamente algunos tejidos y que son portadores de la información genética que hace falta sustituir. Son virus con ARN denominados retrovirus. Dichos virus tienen la enzima transcriptasa inversa, que realiza el proceso de transcripción pero en sentido inverso.
Realiza la transcripción inversa de la siguiente cadena de ARN vírico CUAAUGU. Indica qué tipo de ácido nucleico se obtendrá.
- 9 A continuación se muestra la secuencia de aminoácidos de una parte de una proteína animal:
Lisina – Alalina – Ácido glutámico – Treonina.
La tabla muestra los codones que codifican cada uno de estos aminoácidos.
Escribe la secuencia de bases del fragmento de ADN que codifica la secuencia de aminoácidos de este fragmento de proteína.

Aminoácido	Codón
Alanina	GCC
Treonina	ACU
Lisina	AAG
Ácido glutámico	GAA
- 10 ¿Sintetizan las células de forma continua todas las proteínas de las que tienen información? ¿Por qué?
¿De qué depende?
- 11 ¿En qué se diferencia en eucariotas el control de la expresión génica entre hormonas lipídicas y proteicas?

- 1 Se prepara un cultivo de la bacteria *Escherichia coli* en un medio nutritivo cuya única fuente de nitrógeno es el isótopo pesado, el 15. Dicho cultivo se mantiene durante varias generaciones.
 - a) ¿Qué clase de ADN poseerán las bacterias?
 - b) Pasado un tiempo, se toman ciertas bacterias y se traspan a un medio con nitrógeno ligero (N^{14}). ¿Qué tipo de ADN encontraríamos en la primera generación de este nuevo cultivo?
 - c) ¿Qué tipo de ADN se encontrará en la segunda generación?
 - d) ¿Y en la tercera generación?
- 2 ¿Cuántas secuencias diferentes de ADN llevan información para la síntesis del polipéptido $H_2N\text{-phe-leu-ser-pro-ala-gly-COOH}$?
- 3 Un determinado ARNm con información para la síntesis de una proteína es leído por diez ribosomas distintos. ¿Cuántas veces debe ser transcrito dicho gen para que se formen 45 000 moléculas de proteína?

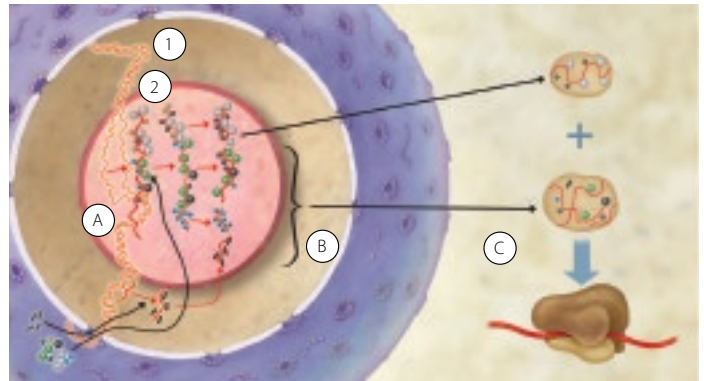
- 4 La figura siguiente representa un proceso celular fundamental:



- a) Indica el nombre del proceso representado y escribe en los recuadros el nombre de los componentes señalados. ¿Cuál es la función de la molécula B?
 - b) Observa la siguiente figura. Utiliza la tabla del código genético y completa los recuadros de la figura.
 - c) La secuencia 5' - G C A C U G U U C U G G C A G A G A - 3' de la molécula D (primera figura) contiene información que procede de otra molécula. ¿De qué molécula se trata? ¿Cómo se llama el proceso de transferencia de información de una molécula a otra? ¿En qué compartimento celular se produce dicho proceso?
- 5 Un alumno de 2.º de bachillerato ha buscado en la página web del NCBI (National Center for Biotechnology Information) la secuencia que codifica un enzima del ratón. A continuación se reproduce una parte de la secuencia, que el alumno ha escrito en su cuaderno: AATGGCTACAGACTCTCGG:
 - a) Al visitar la página web al estudiante no le ha quedado claro si la secuencia corresponde a un ARNm o a una cadena de ADN. Razona la respuesta.
 - b) El estudiante puede comprobar en la página web que la secuencia completa tiene 810 nucleótidos. ¿Cuál es el número máximo de aminoácidos que puede contener esta proteína?
 - c) No obstante, es muy probable que el número de aminoácidos de la proteína sea menor al calculado en el apartado b). Explica el por qué.
 - d) El estudiante decide comparar la secuencia del enzima del ratón con la secuencia del mismo enzima de una vaca y de un pollo. ¿Con cuál de ellas esperaríamos que se asemejara más y por qué?
- 6 La región codificadora de un gen en eucariotas está formada por cuatro exones de 99, 75, 66 y 90 nucleótidos, respectivamente, y tres intrones, intercalados entre los exones, de 45, 63 y 42 nucleótidos, respectivamente. Indicar: a) cuántos nucleótidos tendrá el ARNm precursor; b) cuántos nucleótidos tendrá la región que se traducirá del ARNm maduro y c) cuántos aminoácidos tendrá el péptido codificado.
- 7 La *Amanita phalloides* es una seta muy venenosa. Su ingestión puede provocar la muerte del individuo. Su cuadro clínico se caracteriza por un periodo asintomático, una fase gastrointestinal con diarreas y vómitos seguida de una segunda fase de latencia y una tercera fase hepatorenal, llegando a requerir trasplante hepático. Su toxicidad se debe principalmente a toxinas denominadas anatoxinas, octapéptidos cíclicos, termoestables, siendo la alfa amanitina la más tóxica. Investiga cuál es el mecanismo de acción de dichas sustancias.

- 1 Una determinada hebra de ADN posee la siguiente composición de bases nitrogenadas: A = 18, G = 25, C = 34, T = 23. Dicha hebra es replicada por la enzima ADN-polimerasa.
 - a) ¿Cuál será el porcentaje de bases de la nueva hebra?
 - b) La nueva hebra de ADN es utilizada por la enzima ARN polimerasa para producir un nuevo polinucleótido. ¿De qué polinucleótido se trata? ¿Cuál será la composición de bases de este nuevo polinucleótido?
- 2 Una hebra de ADN es: 5'... ATGCCATACGGAACC ...3':
 - a) Escribe la secuencia complementaria.
 - b) Escribe el ARN mensajero que dará lugar la transcripción.
 - c) ¿A cuántos aminoácidos podría dar lugar la traducción de este fragmento? (Se supone que todos los codones tienen traducción a aminoácido).

- 3 Observa el siguiente dibujo esquemático y responde razonadamente a las siguientes cuestiones:
 - a) ¿Qué nombre reciben las moléculas representadas con números?
 - b) ¿Cómo se denominan los procesos representados con letras?
 - c) ¿Qué orgánulos están implicados en el proceso representado con la letra C?
 - d) ¿Podría darse en sentido inverso alguno de los procesos representados?



- 4 El siguiente segmento de ADN codifica un segmento intersticial de un polipéptido (se indica la dirección en la que se produce la transcripción):

3' CCG GAT CTA GGC GTC TGT CGG 5'

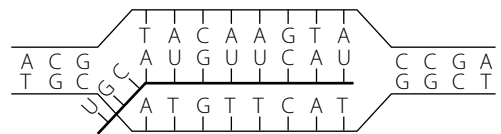
5' GGC CTA CAT CCG CAG ACA GCC 3'

Transcripción →

Determina las correspondientes secuencias de ARN mensajero y de los aminoácidos del polipéptido que se originan en la traducción (indicando la polaridad en ambos casos).

- 5 Las palabras del código genético (codones) están formadas por tres letras (bases). ¿Por qué razón no pueden estar formadas por dos letras?

- 6 A la vista de la imagen, contesta a las siguientes cuestiones:
 - a) Indica razonadamente de qué proceso se trata.
 - b) En qué lugar de la célula se produce.
 - c) ¿Qué molécula se origina como resultado de dicho proceso?
 - d) ¿Cómo afectaría a este proceso una elevación brusca de la temperatura por encima de los 80 °C?
 - e) Indica la polaridad de las moléculas indicadas en dicho proceso.



- 7 ¿Qué es la replicación o duplicación? ¿En qué fase del ciclo celular tiene lugar? ¿Qué enzimas o sustancias son necesarias para que ocurra el proceso? ¿En qué lugar de la célula tiene lugar la replicación?
- 8 ¿Qué diferencias hay entre los intrones y los exones?
- 9 ¿Qué tipos de ARN participan en la síntesis de proteínas? ¿Qué función desempeña cada uno de ellos?

RECUERDA Y CONTESTA

1. Que una estructura en doble hélice permiten que se separen los dos filamentos y que cada uno de ellos sirva de molde para sintetizar el filamento complementario, y así obtener dos moléculas idénticas, una por cada una de las células hijas.
2. Estas letras corresponden a la primera letra de los cuatro tipos de nucleótidos que constituyen el ADN. «A» simboliza un nucleótido cuya base nitrogenada es la adenina, «T» simboliza un nucleótido cuya base nitrogenada es la timina, «C» simboliza un nucleótido cuya base nitrogenada es la citosina y «G» simboliza un nucleótido cuya base nitrogenada es la guanina.
3. De la misma forma que con una secuencia de diferentes tipos de letras, concretamente de los 26 tipos de letras del abecedario, se puede escribir cualquier tipo de información, con los cuatro tipos de nucleótidos ordenados de formas diferentes y alargando la serie cuanto sea necesario se puede informar sobre cómo ha de ser cualquier característica biológica.
4. No, ya que si en una hay una A en la otra, enfrentada con la A hay una T, que es su base nitrogenada complementaria, y si hay una C, en la otra hay una G, que es su base nitrogenada complementaria. Por tanto, las dos secuencias son completamente diferentes. En general, si en una hay un segmento con información, en la otra, el segmento complementario carece de información y solo sirve para dar estabilidad.

ACTIVIDADES

1. El material genético de la bacteria *Streptococcus pneumoniae*.
2. Según la hipótesis conservativa una doble hélice conserva las dos cadenas originales y la otra está formada por las dos de nueva síntesis. Por tanto, habría obtenido dos bandas claramente diferenciadas, una en la parte de abajo del tubo, correspondiente a la doble hélice con N^{15} y otra banda sobre la anterior que correspondería a la doble hélice con N^{14} .
Porque lo que en realidad obtuvo, después de la primera duplicación, fue una banda de posición intermedia entre el ADN con N^{15} y el ADN con N^{14} .
3. Si las bacterias se dejaban en N^{14} durante dos divisiones, aparecerían dos bandas de ADN en el tubo de la centrífuga, uno híbrido y otro ligero. Si se dejaban durante tres divisiones, la proporción de ADN híbrido era más pequeña. Esto descartaba la hipótesis dispersiva, porque se habrían obtenido cadenas hijas con fragmentos de la cadena original (antiguo) y fragmentos de nueva síntesis, y demostraba la hipótesis semiconservativa, según la cual cada doble hélice conserva una hélice de las dos originales y sintetiza una nueva.
4. La energía desprendida al romper los enlaces entre los grupos fosfato es utilizada durante el proceso de síntesis del ADN.
5. El enlace entre el último nucleótido y el que se incorpora es $3' \rightarrow 5'$.
6. $3' \dots T G A G T C C A T \dots 5'$
7. Adenina 18%. Guanina 32%. Citosina 32%.
8. Son fragmentos constituidos por unos cincuenta nucleótidos de ARN y unos mil o dos mil nucleótidos de ADN. Estos fragmentos son sintetizados al principio por la ARN-polimerasa y, posteriormente, son continuados por la ADN-polimerasa, en dirección $5' \rightarrow 3'$, sobre diferentes regiones de la hebra patrón.

9. Porque la ADN polimerasa actúa añadiendo nucleótidos al extremo que presenta un nucleótido con su carbono $3'$ libre, puesto que es incapaz de añadirlos al extremo del nucleótido con su carbono $5'$ libre y la hebra retardada es la que tiene libre su extremo $5'$, por tanto se sintetiza de manera discontinua en fragmentos de Okazaki.
10. Rompe los puentes de hidrógeno entre las dos hebras complementarias y las separa.
11. La replicación del ADN en los organismos eucariotas es muy similar a la de los procariotas, aunque hay algunas diferencias:
 - El ADN de las células eucariotas está asociado a histonas, formando nucleosomas.
 - La longitud del ADN de un cromosoma eucariótico es mucho mayor que la del ADN bacteriano (unos cincuenta milímetros frente a poco más de un milímetro). Además, el proceso es bastante más lento (50 n/s en eucariotas y 500 n/s en bacterias), seguramente por la presencia de histonas.
 - Se ha observado que en el ADN de un cromosoma no hay un solo origen de replicación, sino aproximadamente un centenar.
 - Además, los fragmentos de Okazaki son más pequeños, de unos cien a doscientos nucleótidos, y el proceso de replicación se lleva a término durante el periodo S de la interfase, que dura, aproximadamente, de seis a ocho horas.
12. Son los diferentes puntos del cromosoma de una célula eucariota donde tiene lugar simultáneamente la replicación, también se denominan unidades de replicación.
13. El orden de las sustancias en la ruta metabólica es:
 $E \longrightarrow A \longrightarrow C \longrightarrow B \longrightarrow D \longrightarrow G$
14. En general, puede considerarse que una secuencia de nucleótidos del ADN contiene la información necesaria para que se sintetice una proteína: la información fluye del ADN al ARNm, en un proceso denominado transcripción, y de este a la proteína, mediante un proceso llamado traducción.
15. Porque la ARN-polimerasa cataliza la adición de ribonucleótidos, uno a uno, al extremo $3'$ de la cadena de ARN en crecimiento. Esta enzima se mueve en dirección $3' \rightarrow 5'$ respecto al ADN, sintetizando la nueva cadena complementaria de ribonucleótidos en dirección $5' \rightarrow 3'$.
16. a) ARNm: $5' \dots AUGUUAUGAACAAAGAA \dots 3'$
b) ADN: $3' \dots ATGTTTCATGAACAAAGAA \dots 5'$
ARNm: $5' \dots UACAAGUACUUGUUUCUU \dots 3'$
17. El promotor es una región de ADN que no se transcribe y la unidad de transcripción sí se transcribe.
18. La síntesis de ARNm se produce en sentido $5' \rightarrow 3'$.
19. La secuencia consenso es TATAAT, conocida como caja de Pribnow, por tanto la transcripción comienza a partir del siguiente nucleótido. El principio del ARNm transcrito es:
ARNm: $5' UAG-CAU-CGU-AUG-UCG-AUC-UUG-CUA \dots 3'$
20. En procariotas, las proteínas están codificadas por una disposición continua de codones, pero en eucariotas un gen está interrumpido por secuencias no codificadoras. Las secuencias no codificadoras son intrones y las secuencias codificadoras exones.
Los ARN mensajeros de los procariotas son traducidos directamente (no hay etapa de maduración), a partir de él se forma una proteína funcional. En los eucariotas, una vez que

se eliminan los intrones y se unen los exones entre sí, ya se obtiene el ARNm a partir del cual se sintetiza la proteína. Por tanto, los ARN mensajeros de procariotas y eucariotas que codifican para una misma cadena polipeptídica sí poseen la misma longitud.

21. a) Son posibles los tripletes: UUU, UUC, UCU, CUU, CUC, CCU, UCC, CCC.
b) El porcentaje de tripletes CCC es $0,7 \times 0,7 \times 0,7 = 0,343$, osea, un 34,3%.
c) El porcentaje de tripletes con dos U y una C es $(0,3 \times 0,3 \times 0,7) \times 3 = 0,189$, es decir, un 18,9%.
22. En el proceso de traducción intervienen los siguientes elementos: aminoácidos, ARN de diversos tipos, enzimas, factores proteicos y nucleótidos trifosfato como moléculas donadoras de energía.
23. Unir el ARNt con su correspondiente aminoácido.
24. Porque a partir de ATP se obtiene AMP, quedando fósforo inorgánico (PPi) libre.
25. ADN: 3'...T A C A A G T A C T T G T T T C T T ... 5'
ARNm: 5'...A U G U U C A U G A A C A A G A A ...3'
Proteína: Met – Phe – Met – Asn – Lys – Glu.

26. Además del modelo del operón, se ha descubierto otro tipo de control denominado regulación por AMP cíclico. Esta molécula se forma a partir del ATP por la acción de la enzima adenilato-ciclase, situada en la cara interna de la membrana citoplasmática.

El AMPc necesita la acción de la proteína activadora del catabolito (CAP). El complejo CAP-AMPc tiene gran afinidad por una zona del promotor, anterior al lugar donde se sitúa la ARN-polimerasa. Parece que en ausencia del complejo, la ARN-polimerasa que origina el ARNm correspondiente a las enzimas que metabolizan la lactosa, tiene muchas dificultades para asociarse al promotor.

Cuando aumenta el nivel de glucosa en la célula disminuye el nivel de AMPc, debido a que la glucosa, al atravesar la membrana plasmática, pasa a glucosa-6-fosfato, gracias al grupo fosfato aportado por el ATP, por lo que este se consume y no está disponible para formar AMPc. Al no formarse suficiente complejo CAP-AMPc, la ARN-polimerasa no se fija y no se producen las enzimas para el metabolismo de la lactosa.

Solo cuando se agota la glucosa, y hay presencia de lactosa, la bacteria produce de nuevo las enzimas para metabolizar esta lactosa.

27. Las hormonas proteicas no pueden atravesar directamente la membrana plasmática debido al tamaño y naturaleza de sus moléculas, para hacerlo, se unen a proteínas receptoras específicas de la membrana y se forma el complejo H-R. Este proceso provoca que la enzima adenilato ciclase se active y pase el ATP a AMPc, denominado segundo mensajero (la hormona corresponde al primer mensajero). El AMPc se dirige al núcleo y activa las proteínas reguladoras de la transcripción.
28. La replicación en las bacterias se desarrolla, básicamente, en dos fases:
 - Fase de iniciación. Hay una secuencia de nucleótidos en el ADN, denominada «origen de la replicación», que actúa como señal de iniciación de todo el proceso de duplicación. El proceso se inicia con una enzima denominada helicasa que rompe los puentes de hidrógeno entre las dos hebras complementarias y las separa. Otras enzimas,

las topoisomerasas, eliminan las tensiones y los superenrollamientos que se producen en la molécula al romperse la doble hélice. Las proteínas estabilizadoras (SSB) mantienen la separación de las dos hebras complementarias, y se inicia la formación de la horquilla de replicación. El proceso es bidireccional, es decir, hay una helicasa que trabaja en un sentido y otra que trabaja en sentido contrario. Las dos horquillas de replicación enfrentadas forman las denominadas burbujas u ojos de replicación.

- Fase de elongación. En esta fase, además de las enzimas anteriores, intervienen las ARN-polimerasas y las ADN-polimerasas. En primer lugar, una ARN-polimerasa llamada primasa sintetiza un fragmento corto de ARN formado por unos diez nucleótidos, denominado primer, que actúa como cebador. Después, la ADN-polimerasa III, partiendo del primer, empieza a sintetizar una hebra de ADN en sentido 5' → 3', a partir de nucleótidos trifosfato. Esta nueva hebra tiene un crecimiento continuo y se denomina hebra conductora.

Sobre la otra hebra (hebra retardada), que es antiparalela a la anterior, la ARN-polimerasa sintetiza unos cuarenta nucleótidos de ARN en un punto que dista unos mil nucleótidos de la señal de iniciación. A partir de estos, la ADN-polimerasa III sintetiza unos mil nucleótidos de ADN, y entonces se forma un fragmento de Okazaki. Este proceso se va repitiendo a medida que se van separando los dos filamentos patrón. Posteriormente, interviene la ADN-polimerasa I que retira los segmentos de ARN y añade nucleótidos de ADN en su lugar. Finalmente, interviene la ADN-ligasa, que une los diferentes fragmentos de ADN sintetizados.

La replicación del ADN en los organismos eucariotas es muy similar a la de los procariotas, aunque hay algunas diferencias:

- El ADN de las células eucariotas está asociado a histonas, formando nucleosomas. Se ha observado que, durante la replicación, la hebra que sirve de patrón a la hebra conductora se queda con las histonas y ambos se enrollan juntos sobre los octámeros antiguos. La hebra retardada y la que le sirve de patrón se enrollan juntas sobre nuevos octámeros de histonas que llegan a los lugares de replicación para formar nuevos nucleosomas.
- La longitud del ADN de un cromosoma eucariótico es mucho mayor que la del ADN bacteriano (unos cincuenta milímetros frente a poco más de un milímetro). Además, el proceso es bastante más lento, seguramente por la presencia de histonas. Se ha observado que en el ADN de un cromosoma no hay un solo origen de replicación, sino aproximadamente un centenar. En general, se forman unas cien burbujas de replicación, que se distribuyen irregularmente, por lo que hay regiones con muchas burbujas y regiones con muy pocas. Estas se activan de manera coordinada y constituyen las denominadas unidades de replicación o replicones.
- Además, los fragmentos de Okazaki son más pequeños, de unos cien a doscientos nucleótidos, y el proceso de replicación se lleva a término durante el periodo S de la interfase, que dura, aproximadamente, de seis a ocho horas.

La finalidad del proceso es duplicar el material genético antes de la división celular.

«La replicación del ADN es semiconservativa» significa que las hebras de ADN resultantes de la replicación tienen una cadena antigua y otra de nueva síntesis.

29. a)

CADENA 1			N.º ENLACES	CADENA 2		
P	D	A	2	T	D	P
P	D	C	3	G	D	P
P	D	C	3	G	D	P
P	D	A	2	T	D	P

b) Las proporciones de bases nitrogenadas de la cadena complementaria serán: 27 % de T, 35 % de C, 25 % de G y 13 % de A.

30. a) La replicación del ADN, se representa la fase de elongación.

b) 1. Hebra conductora 2. Hebra de nueva síntesis de forma continua 3. Hebra retardada 4. Cebador. 5. Fragmento de Okazaki.

c) Durante la fase de elongación o alargamiento intervienen las ARN-polimerasas y las ADN-polimerasas. En primer lugar, una ARN-polimerasa llamada primasa sintetiza un fragmento corto de ARN formado por unos diez nucleótidos, denominado primer, que actúa como cebador. Después, la ADN-polimerasa III, partiendo del primer, empieza a sintetizar una hebra de ADN en sentido $5' \rightarrow 3'$; a partir de nucleótidos trifosfato. Esta nueva hebra tiene un crecimiento continuo y se denomina hebra conductora.

Sobre la otra hebra (hebra retardada), que es antiparalela a la anterior, la ARN-polimerasa sintetiza unos cuarenta nucleótidos de ARN en un punto que dista unos mil nucleótidos de la señal de iniciación. A partir de estos, la ADN-polimerasa III sintetiza unos mil nucleótidos de ADN, y entonces se forma un fragmento de Okazaki. Este proceso se va repitiendo a medida que se van separando los dos filamentos patrón. Posteriormente, interviene la ADN-polimerasa I que retira los segmentos de ARN y añade nucleótidos de ADN en su lugar. Finalmente, interviene la ADN-ligasa, que une los diferentes fragmentos de ADN sintetizados.

d) Las moléculas que actúan como cebador permiten la unión de nucleótidos en el extremo $5'$ de la hebra de nueva síntesis.

31. a) Un codón es la información genética contenida en el ARNm encargada de codificar un aminoácido o bien el inicio o fin de la transcripción. Cada codón se representa por tres letras, que simbolizan las bases nitrogenadas de los nucleótidos del ARNm. Las posibles bases nitrogenadas que forman parte del ARN son adenina (A), guanina (G), citosina (C) y uracilo (U).

Existen 64 codones distintos (son las combinaciones posibles de las cuatro bases tomadas de tres en tres).

No todos los codones son equivalentes, puesto que solo en algunos casos varios codones codifican para un mismo aminoácido.

Existen codones que indican el inicio de la traducción, como AUG en los eucariotas, otros que marcan el fin de la traducción como UAA, UAG y UGA, el resto de los codones codifican para un aminoácido.

b) Un anticodón es la secuencia de bases complementaria al codón del ARNm, se encuentra situado en el ARNt.

c) Interaccionan en el proceso de biosíntesis de una proteína.

d) Interaccionan en el ribosoma.

e) Debido a la interacción del anticodón que se encuentra en el ARNt y el codón del ARNm, la cadena proteica se va alargando gracias a la unión de los aminoácidos que llegan al ribosoma en los diferentes aminoacil-ARNt.

32. a) Duplicación o replicación del ADN.

b) Es semiconservativo porque a partir de una doble hélice de ADN se forman dos dobles hélices, cada una de las cuales conserva una hebra de la original y la otra hebra es de nueva síntesis. Y el proceso es bidireccional porque se realiza de forma simultánea en dos direcciones, se sintetiza una hebra en dirección $5' \rightarrow 3'$ y la otra en dirección $3' \rightarrow 5'$.

c) $3' \dots \text{TGAGTCCAT} \dots 5'$

33. a) ADN.

b) 1. Fragmentos de Okazaki. 2. ADN-polimerasa. 3. Proteína SSB. 4. Helicasa.

c) La ADN-polimerasa añade nucleótidos al extremo de una cadena de ADN.

La proteína SSB se unen a las hebras molde e impide que se vuelvan a enrollar.

Las enzimas helicadas rompen los enlaces de hidrógeno entre las bases nitrogenadas de las hebras molde y la doble hélice se abre como una cremallera.

d) Al ser la replicación un proceso bidireccional y replicarse las dos hebras a la vez, existe una hebra con dirección $5' \rightarrow 3'$ y otra hebra con dirección $3' \rightarrow 5'$. Estas hebras molde ofrecen una diferencia fundamental en el proceso de replicación: mientras que la hebra leída en dirección $3' \rightarrow 5'$ sintetiza una hebra en dirección $5' \rightarrow 3'$, debido a la complementariedad de las cadenas, la hebra leída en dirección $5' \rightarrow 3'$ sintetiza una hebra $3' \rightarrow 5'$. Esto significa que la primera hebra se sintetiza de forma continua, añadiendo nucleótidos al extremo libre $3'$ del nucleótido anterior, por lo que se llama hebra conductora. Sin embargo, la segunda hebra debe unir nucleótidos en dirección $3' \rightarrow 5'$. Esto se resuelve mediante la síntesis independiente de fragmentos de ADN, con su propio cebador, denominados fragmentos de Okazaki. Estos cebadores se unen a la hebra molde cada ciertos intervalos, y sintetizan los fragmentos de ADN en sentido contrario al de la síntesis de la hebra conductora, por lo que se llama hebra retardada. Después, los cebadores son eliminados y otras enzimas, las ADN-ligasas, terminan de unir los fragmentos para formar una cadena continua.

34. a) $5' \dots \text{TCTCTCT} \dots 3'$

b) ARNm $5' \dots \text{UCUCUCU} \dots 3'$

c) La transcripción o síntesis de ARN es el paso de una secuencia de ADN a una secuencia de ARN, ya sea de ARNm, ARNr o ARNt.

35. a) Verdadera.

b) Falsa. En eucariotas el ARNm recién sintetizado debe pasar por la etapa de maduración antes de ser traducido.

c) Falsa. Una hebra se replica en sentido $5' \rightarrow 3'$ y la otra en sentido $3' \rightarrow 5'$.

d) Falsa. Algunos triplete diferentes codifican para el mismo aminoácido.

36. a) El proceso representa la transcripción o síntesis de ARN a partir de ADN.

- b) 1. Cadena molde de ADN (transcrita) ($3' \rightarrow 5'$).
 2. Cadena inactiva de ADN o que no se transcribe ($5' \rightarrow 3'$).
 3. Cadena de ARN de nueva síntesis.
- c) El proceso de transcripción comienza cuando la enzima ARN-polimerasa se asocia a una región concreta del ADN, denominada promotor. La ARN-polimerasa hace que la doble hélice de ADN se abra, aproximadamente una vuelta de hélice. La ARN-polimerasa avanza a lo largo de la cadena de ADN y la va «leyendo» en sentido $3' \rightarrow 5'$ y sintetiza una hebra de ARN en dirección $5' \rightarrow 3'$. Para ello selecciona el ribonucleótido trifosfato cuya base es complementaria con la cadena de ADN molde y lo une mediante un enlace éster al nucleótido siguiente. El proceso termina cuando la ARN polimerasa reconoce en el ADN unas señales de terminación que indican el final del proceso, lo que implica el cierre de la burbuja de ADN, la separación del ARN y de la ARN-polimerasa.

El proceso es muy parecido en procariotas y eucariotas, salvo algunas diferencias:

Organismos eucariotas. En ellos los genes están fragmentados. El ARN que se forma debe sufrir un proceso de maduración en el que se eliminan las secuencias sin sentido (intrones) y se empalman las secuencias con sentido (exones). Dicho proceso requiere la presencia de la enzima ribonucleoproteína pequeña nuclear (RNPpn).

Organismos procariotas. El ARNm que se forma puede ser directamente traducido, por lo que no existe un proceso previo de maduración. Sin embargo, los ARNt y ARNr que se forman son largas moléculas llamadas transcritos primarios, que deben sufrir un proceso de corte y empalme.

- d) El proceso de transcripción está catalizado principalmente por la ARN-polimerasa. En los procariotas solo existe una, mientras que en los eucariotas existen tres tipos, según el tipo de ARN que se va a sintetizar. La ARN-polimerasa I, II y III, que sintetizan respectivamente ARN ribosómico, ARN mensajero y ARN transferente. La función de la ARN-polimerasa es hacer que la doble hélice de ADN se abra y sintetizar la cadena de ARN en sentido $5' \rightarrow 3'$. Para ello la enzima selecciona el ribonucleótido cuya base es complementaria con la cadena de ADN que actúa como molde y lo une mediante enlace éster al siguiente nucleótido.
37. a) $5' - AUGUUAAGGGCCCGUUGUGUG - 3'$ (Polaridad $5' \rightarrow 3'$)
 b) Puede codificar siete aminoácidos.
 c) Tres bases nitrogenadas codifican un aminoácido, es un código sin comas ni solapamientos.
 d) Se tendría que producir una mutación, por ejemplo, una mutación génica por sustitución de bases. Las bases nitrogenadas del sexto triplete UGU, que se transformaría en UGA y determinaría final de la cadena.
38. a) La secuencia I) es ADN puesto que contiene timina, base nitrogenada que se encuentra exclusivamente en el ADN. La secuencia II) es ARN, porque contiene uracilo, base nitrogenada que solo se encuentra en el ARN. La secuencia III) podría ser de ADN o de ARN, puesto que no presenta ninguna de las dos bases (timina o uracilo) características de un solo tipo de ácido nucleico.
 b) No son iguales, son complementarias. Las bases se unen por puentes de hidrógeno siguiendo la siguiente regla de complementariedad entre las dos cadenas; adenina-timina, guanina-citosina, timina-adenina y citosina-guanina.

- c) ADN: $3' \dots GCTATATCGGCAATT \dots 5'$
 ARNm: $5' \dots CGAUUAAGCCGUUAA \dots 3'$

Si empezamos a traducir por el primer triplete, aunque no sea el de iniciación (AUG), la secuencia peptídica quedaría así:

Extremo N-terminal-...- Arg – Tyr – Ser – Arg – Fin – Extremo C-terminal.

39. a) La correspondencia entre los tripletes de nucleótidos del ARNm y los aminoácidos que forman las proteínas recibe el nombre de código genético.
 b) Un codón es la información genética contenida en el ARNm encargada de codificar un aminoácido o bien el inicio o fin de la transcripción. Un anticodón es la secuencia de bases complementaria al codón del ARNm, se encuentra situado en el ARNt.
 c) El código genético es degenerado porque algunos aminoácidos están codificados por varios tripletes distintos y es universal porque la correspondencia entre undeterminado triplete y el aminoácido para el que codifica es la misma en todos los seres vivos.
 d) Un transposón es una secuencia de ADN que puede moverse autosuficientemente a diferentes partes del genoma de una célula. En este proceso (transposición) pueden causar mutaciones y cambios en la cantidad de ADN del genoma.
40. a) 1. Replicación: proceso mediante el cual a partir de una doble hélice de ADN se obtienen dos copias en las que una de sus hebras procede de la original y la otra es de nueva síntesis. La replicación tiene lugar en el núcleo de la célula eucariota.
 2. Transcripción: en este proceso, a partir de la secuencia de nucleótidos de un gen (ADN) se realiza una copia con la secuencia de nucleótidos complementarios correspondientes a un ARNm. Se lleva a cabo en el núcleo.
 3. Traducción: proceso que ocurre en los ribosomas del citoplasma mediante el cual se obtiene una secuencia de aminoácidos a partir de la secuencia de ribonucleótidos del ARNm obtenido en la transcripción.
 b) ARN mensajero (ARNm): contiene la información necesaria para la síntesis de la proteína. ARN de transferencia (ARNt): posee un anticodón complementario al codón del ARNm y porta el aminoácido para el que codifica el codón. ARN ribosómico (ARNr): constituye los ribosomas que son los encargados de la traducción de proteínas.
 c) Sí, en el caso de los retrovirus, cuyo material genético es ARN, se forma ADN por transcripción inversa o retrotranscripción gracias a la enzima retrotranscriptasa.
41. a) La transcripción es el proceso por el cual se copia la información genética contenida en el ADN, a una molécula de ARNm. En eucariotas este proceso tiene lugar en el núcleo. La doble hélice de ADN se abre y una de las cadenas sirve de molde para sintetizar una molécula de ARN. El ARNm se sintetiza siguiendo las reglas de complementariedad de bases. En los procariotas el proceso tiene lugar en el citoplasma. Descripción del proceso: El proceso es muy parecido en procariotas y eucariotas. Comprende las siguientes fases:

1. Iniciación:

La ARN-polimerasa se fija a una región específica del ADN, llamada centro promotor, rica en timinas y adeninas. Una vez fijada, la ARN-polimerasa produce el desenrollamiento de una vuelta del ADN.

2. Elongación:

Consiste en la adición de ribonucleótidos para formar el ARN por la enzima ARN-polimerasa. La enzima selecciona el ribonucleótido trifosfato cuya base es complementaria con la cadena de ADN que actúa como molde y lo une, mediante un enlace éster, al siguiente nucleótido.

3. Finalización:

La ARN-polimerasa llega a una zona del ADN llamada señal de terminación (rica en secuencias de bases de guanina y citosina), que indica el final del proceso de transcripción. Como consecuencia se vuelve a formar la doble hélice de ADN y la ARN-polimerasa se separa. En eucariotas el proceso de transcripción es más complejo que en procariotas. Existen tres tipos de ARN-polimerasa diferentes, llamadas I, II y III. La I interviene en la formación del ARNr; la II, en la síntesis de todos los ARNm, y la III, en la del ARNt y de un ARNr de pequeño tamaño.

4. Maduración:

En procariotas si lo que se sintetiza es un ARNm no hay maduración; en cambio, si es un ARNt o un ARNr, hay un transcrito primario, que luego sufre un proceso de corte y empalme.

En eucariotas el ARN que se fabrica se denomina ARN-premensajero. Dicho ARN consta de dos tipos de fragmentos: los intrones y los exones.

- Los intrones son secuencias de bases que se transcriben, pero que no se traducen, es decir, no codifican una secuencia de aminoácidos.
- Los exones son las secuencias que se transcriben y se traducen, es decir, tienen información para formar una cadena polipeptídica.

El ARN-premensajero debe sufrir un proceso de maduración, que se realiza en el núcleo y que consiste en la eliminación de los intrones y la unión de los exones mediante un mecanismo que se conoce como splicing (empalme). La maduración la realiza el enzima ribonucleoproteína pequeña nuclear (RNPpn). El proceso de splicing comienza cuando las secuencias intrónicas forman unos bucles que provocan el acercamiento de los extremos de los exones y continúa con el corte de los intrones y la unión de exones mediante las ADN-ligasas.

- b) La enzima implicada en el proceso de transcripción es la ARN polimerasa, que avanza a lo largo de la cadena de ADN leyéndola en sentido $3' \rightarrow 5'$ (por tanto, sintetiza la nueva cadena de ARN en sentido $5' \rightarrow 3'$).

Las secuencias de ADN donde se une esta enzima para el inicio de la transcripción se denominan región promotora, rica en timinas y adeninas.

- c) ARNm: transcripción y traducción.

ARNt: traducción.

ARN-polimerasa: transcripción.

Ribosoma: traducción.

Codón: traducción.

Aminoácido: traducción.

Sitio P: traducción.

Anticodón: traducción.

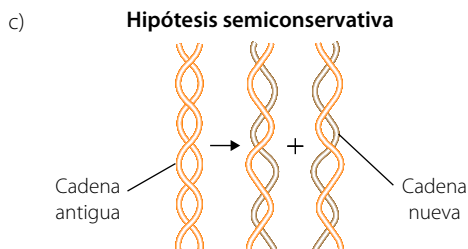
Procesamiento o maduración: transcripción.

Sitio A: traducción.

Intrón: transcripción.

42. a) A) ADN. B) ARN-polimerasa. C) ARNm recién sintetizado. D) Subunidad mayor del ribosoma. E) Subunidad menor del ribosoma. F) ARNt. G) Aminoácido. H) Aminoacil-ARNt. I) ARNm traducido en el ribosoma. J) Proteína.

- b) Sí, pero la transcripción del ARNm tiene lugar en el núcleo y la traducción de la proteína en el citoplasma.



PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. No, ciertos virus poseen como material genético ARN; por tanto, en ellos es el ARN la molécula portadora de la información genética.
2. a) La replicación del ADN se dice que es semiconservativa, ya que cada nueva hélice conserva la cadena original que sirvió de molde y una cadena nueva. Este modelo fue propuesto por Watson y Crick.
b) La replicación del ADN es un proceso bidireccional; es decir, hay una horquilla a la izquierda del punto de inicio y otra horquilla a la derecha, que van progresando en sentido opuesto.
c) El proceso tiene lugar de la siguiente forma:

Fase de iniciación

1. La replicación comienza en zonas del ADN donde existen determinadas secuencias de nucleótidos. El punto donde se inicia el proceso lo denominaremos oriC (punto de inicio de replicación).
2. A partir de ese punto interviene una enzima, la helicasa, que separa las hebras de ADN al romper los puentes de hidrógeno que mantenían unidos los nucleótidos complementarios. Las dos cadenas de ADN se separan de manera semejante a una cremallera que se abre.

También intervienen las enzimas topoisomeras y girasas (eliminan tensiones).

Una vez separadas las dos hebras, intervienen las proteínas SSB, impidiendo que las dos cadenas se vuelvan a unir.

3. Como consecuencia del proceso se forma una burbuja de replicación, en la que se observan dos zonas con forma de Y (llamadas horquillas de replicación). En la burbuja se observa una duplicación bidireccional. Es decir, la burbuja se va extendiendo a lo largo del cromosoma en los dos sentidos.

Fase de elongación

4. A continuación comienza la síntesis de las hebras complementarias sobre cada una de las cadenas originales.

El proceso se va a llevar a cabo gracias a la enzima ADN polimerasa III. Pero para que esta enzima actúe es necesario que exista una cadena corta de ARN (llamado ARN cebador o primer), de unos 40 o 50 nucleótidos.

El ARN cebador es sintetizado por la primasa (que es una enzima ARN polimerasa). Para ello utiliza una cadena de ADN como molde y sintetiza por complementariedad un trozo de ARN. Una vez fabricado el trozo de ARN ya sí puede actuar la ADN polimerasa III y sigue fabricando la nueva hebra de ADN.

La ADN polimerasa III recorre la hebra antigua en sentido $3' \rightarrow 5'$, y por tanto, fabrica la cadena complementaria en sentido $5' \rightarrow 3'$ (es decir, la ADN polimerasa III une nucleótidos en sentido $5' \rightarrow 3'$). La hebra así sintetizada se denomina hebra conductora o de síntesis continua.

¿Pero qué ocurre con la otra cadena de ADN molde? La ADN polimerasa solo puede avanzar en sentido $3' \rightarrow 5'$, y la otra cadena está en dirección contraria. En este caso, la síntesis es discontinua y se produce en cortos segmentos. Los fragmentos que se forman se llaman fragmentos de Okazaki, y constan de unos 1 000 a 2 000 nucleótidos.

¿Cómo se forma un fragmento de Okazaki?

En primer lugar se forma un corto fragmento de ARN cebador por la primasa (ARN polimerasa). A partir de este fragmento de ARN interviene la ADN polimerasa III y fabrica fragmentos de unos 1 000 nucleótidos de ADN.

A continuación, la ADN polimerasa I (gracias a su actividad exonucleasa) retira los ARN cebadores y fabrica (gracias a su actividad polimerasa) los segmentos de ADN que faltan.

Por último, tras la eliminación de los ARN cebadores, los fragmentos de Okazaki se unen gracias a la acción de las enzimas ligasa. Como consecuencia se forma una hebra, llamada retardada, ya que su síntesis es más lenta que la de la hebra conductora.

Fase de finalización

Cada hebra recién sintetizada y la que ha servido de molde se enrollan originando una doble hélice.

3. La información genética que contiene el ADN para que una célula pueda fabricar diferentes proteínas, debe ser descodificada.

En las células eucariotas el ADN se localiza en el núcleo de la célula, y debido a su gran tamaño no puede desplazarse al citoplasma. Por el contrario, la síntesis de proteínas tiene lugar en los ribosomas, que se localizan en el citoplasma de la célula.

Por ello, para poder fabricar la proteína es imprescindible trasladar la información del núcleo al citoplasma utilizando una molécula intermediaria, el ARNm. De esta forma, la información que posee el ADN pasa al ARN, y de este, a las proteínas. El proceso se realiza en dos fases.

Primera fase. Transcripción del mensaje

Consiste en el paso de la información genética contenida en el ADN al ARNm.

En las eucariotas tiene lugar en el núcleo, donde se encuentra el ADN, cuyas cadenas se separan y una de ellas actúa como molde para poder sintetizar una molécula de ARNm, que transporte el mensaje genético hasta el citoplasma.

El ARNm se sintetiza siguiendo las reglas de complementariedad de bases, con una excepción: utiliza uracilo (U) en lugar

de timina (T) como base complementaria a la adenina (A). En este caso:

ADN: A G C T

ARN: U C G A

Segunda fase. Traducción del mensaje

Consiste en traducir el mensaje contenido en el ARNm al lenguaje de las proteínas.

El ARNm traslada el mensaje (la información) del núcleo al citoplasma. Allí, los ribosomas van leyendo el mensaje contenido en el ARNm y lo «traducen» al lenguaje de las proteínas, según el código genético. Para ello «leen» las letras de tres en tres (tripletes o codones).

Los aminoácidos son transportados por el ARN transferente y colocados en el orden indicado por el mensaje genético. Existe un ARNt para cada uno de los veinte aminoácidos.

4. a) El proceso representa la transcripción o síntesis de ARN a partir de ADN.

El proceso de transcripción comienza cuando la enzima ARN-polimerasa se asocia a una región concreta del ADN, denominada promotor. La ARN-polimerasa hace que la doble hélice de ADN se abra, aproximadamente una vuelta de hélice.

La ARN-polimerasa avanza a lo largo de la cadena de ADN y la va «leyendo» en sentido $3' \rightarrow 5'$ y sintetiza una hebra de ARN en dirección $5' \rightarrow 3'$. Para ello selecciona el ribonucleótido trifosfato cuya base es complementaria con la cadena de ADN molde y lo une mediante un enlace éster al nucleótido siguiente. El proceso termina cuando la ARN polimerasa reconoce en el ADN unas señales de terminación que indican el final del proceso, lo que implica el cierre de la burbuja de ADN, la separación del ARN y de la ARN polimerasa.

El proceso es muy parecido en procariotas y eucariotas, salvo algunas diferencias:

Organismos eucariotas. En ellos los genes están fragmentados. El ARN que se forma debe sufrir un proceso de maduración en el que se eliminan las secuencias sin sentido (intrones) y se empalman las secuencias con sentido (exones). Dicho proceso requiere la presencia de la enzima ribonucleoproteína pequeña nuclear (RNPPn).

Organismos procariotas. El ARNm que se forma puede ser directamente traducido, por lo que no existe un proceso previo de maduración. Sin embargo, los ARNt y ARNr que se forman son largas moléculas, llamadas transcritos primarios, que deben sufrir un proceso de corte y empalme.

- b) 1. Cadena molde de ADN (transcrita) ($3' \rightarrow 5'$).
2. Cadena inactiva de ADN o que no se transcribe ($5' \rightarrow 3'$).
3. Cadena de ARN de nueva síntesis.
- c) El proceso de transcripción está catalizado principalmente por la ARN polimerasa. En los procariotas solo existe una, mientras que en las eucariotas existen tres tipos, según el tipo de ARN que se va a sintetizar. La ARN polimerasa I, II y III, que sintetizan respectivamente ARN ribosómico, ARN mensajero y ARN transferente. La función de la ARN polimerasa es hacer que la doble hélice de ADN se abra y sintetizar la cadena de ARN en sentido $5' \rightarrow 3'$. Para ello la enzima selecciona el ribonucleótido cuya base es complementaria con la cadena de ADN que actúa como molde y lo une, mediante enlace éster, al siguiente nucleótido.

5. Se denomina código genético a la relación entre los codones de ARNm y los aminoácidos que forman parte de las proteínas.

El código genético tiene las siguientes características:

- Está formado por una secuencia lineal y continua de bases nitrogenadas.
- Entre los sucesivos codones no hay espacios ni separaciones de ningún tipo.
- Es universal. Esto significa que es el mismo para todos los seres vivos. Así, por ejemplo, el codón GCC codifica para el mismo aminoácido alanina, en todos los seres vivos.
- Es degenerado. Esto significa que la mayoría de aminoácidos, a excepción de la metionina y el triptófano, están codificados por más de un codón.
- Ningún codón codifica más de un aminoácido.

6. a) La correcta es: ARNm a partir de ADN. Se produce en el núcleo.
- b) La correcta es: La pauta de traducción del ARNm en los ribosomas.
7. a) El ARNm a que daría lugar es:
5' AUGGGCUCUACA ...3'
- El proceso por el cual se origina el ARNm se denomina transcripción.
- b) La secuencia de ADN complementaria es:
5' ATGGGCTCTACA ...3'

Aminoácido	Leu	Ser	Ala	Gly	Glu
ARNt	AAC	AGA	CGG	CCU	CUU
ARNm	UUG	UCU	GCC	GGA	GAA
ADN transcrito	AAC	AGA	CGG	CCT	CTT

9. Las células no están constantemente sintetizando todos los tipos de proteínas sobre las cuales tienen información. Existe así un sistema de regulación. Como la cantidad de proteínas sintetizadas depende directamente de la cantidad de ARNm, bastará con regular la síntesis de este ARNm para regular los niveles enzimáticos en el medio.

En los procariotas la regulación de la síntesis de ARNm depende del sustrato disponible, y en las células eucariotas, de los organismos pluricelulares, del ambiente hormonal interno.

En 1961 Jacob y Monod propusieron un modelo denominado operón, que explica cómo se efectúa el control de la biosíntesis de proteínas en las bacterias. En este modelo se diferencian dos tipos de genes: los genes estructurales y los genes reguladores.

Los genes estructurales son los que codifican las proteínas estructurales y las proteínas enzimáticas. Los genes reguladores son los que codifican las proteínas cuya misión es controlar la actividad de los genes estructurales. Estas proteínas se denominan represores.

En el operón *lac* de *E. coli* hay un solo gen regulador y tres genes estructurales. Estos se hallan contiguos y se transcriben todos a la vez. Junto al primer gen estructural que se transcribe hay dos zonas específicas: la zona promotor, que es donde se fija la ARN-polimerasa, y la zona operador, que es donde se fija el represor.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. En 1928 F. Griffith observó que la bacteria *Streptococcus pneumoniae*, causante de la neumonía en las personas y extremadamente patógena para el ratón, presentaba dos variantes o cepas distintas. Una de ellas era virulenta, provocaba la enfermedad, a la que llamé cepa S, mientras que la otra, la cepa R, era no virulenta. La principal diferencia entre ellas era la presencia de una envoltura o cápsula de polisacáridos que ocasionaba la enfermedad, presente en las primeras y que faltaba en las cepas inofensivas. La producción de la cápsula era genéticamente determinada, es decir, es un carácter hereditario de las bacterias.

Al inyectar bacterias virulentas (S) a ratones, estos enfermaban y morían.

La inyección de bacterias no virulentas (R) no produce la infección en los ratones.

Si se inyectan bacterias S muertas por el calor, tampoco, enferman los ratones.

Si se mezclan bacterias muertas por el calor con bacterias R no virulentas y se inyecta a los ratones, estos enferman y mueren. En los ratones muertos encontró bacterias S vivas y virulentas, lo que le permitió afirmar que los restos de las bacterias S habían convertido a las bacterias R en bacterias S.

Como resultado de sus experimentos con ratones, Griffith comprobó que en algunos casos había algo, a lo que llamó factor transformante, que se transmitía desde las bacterias muertas a las bacterias vivas, que les hacía cambiar sus características hereditarias.

Unos años más tarde, en 1944, Avery y sus colaboradores demostraron que solo los extractos de bacterias S muertas que contenían ADN eran capaces de producir dicha transformación. Dedujeron así que el ADN era la molécula portadora de la información biológica.

2. En los eucariotas el proceso es muy parecido al de los procariotas, pero cabe destacar algunas diferencias:
- En los eucariotas el ADN es mucho mayor que el ADN procariota. Por ello, en eucariotas existen varios puntos de iniciación (llamado replicón) a lo largo del cromosoma. Así, se forman varias horquillas de replicación, lo que acelera el proceso.
 - Como el ADN de los eucariotas está asociado a histonas, la replicación debe tener en cuenta la síntesis de estas proteínas. Las histonas originales se mantienen en la hebra conductora, mientras que las nuevas histonas se unen a la hebra de ADN retardada.
 - El tamaño de los fragmentos de Okazaki es menor en los eucariotas (100 a 200 nucleótidos), mientras que en los procariotas es de unos 1 000 a 2 000 nucleótidos.
 - Existen cinco ADN polimerasas en eucariotas, que se reparten el proceso de replicación de la hebra continua y la hebra retardada, así como la corrección de errores.
3. La ADN polimerasa solo puede avanzar en sentido 3' → 5', y la otra cadena está en dirección contraria. En este caso, la síntesis es discontinua y se produce en cortos segmentos. Los fragmentos que se forman se llaman fragmentos de Okazaki, y constan de unos 1 000 a 2 000 nucleótidos.

¿Cómo se forma un fragmento de Okazaki?

En primer lugar se forma un corto fragmento de ARN cebador por la primasa (ARN-polimerasa). A partir de este fragmento

de ARN interviene la ADN-polimerasa III y fabrica fragmentos de unos 1 000 nucleótidos de ADN.

A continuación, la ADN-polimerasa I (gracias a su actividad exonucleasa) retira los ARN cebadores y fabrica (gracias a su actividad polimerasa) los segmentos de ADN que faltan.

Por último, tras la eliminación de los ARN cebadores, los fragmentos de Okazaki se unen gracias a la acción de las enzimas ligasa. Como consecuencia se forma una hebra, llamada retardada, ya que su síntesis es más lenta que la de la hebra conductora.

4. No, debido a que el código genético es degenerado, es decir, un mismo aminoácido puede ser codificado por más de un triplete de bases en el ARNm.

5. La expresión de la información genética, contenida en el ADN, se realiza en dos fases: transcripción y traducción del mensaje genético.

– **Transcripción del mensaje.** Consiste en copiar la información genética contenida en el ADN a una molécula de ARNm. En eucariotas este proceso tiene lugar en el núcleo. La doble hélice de ADN se abre y una de las cadenas sirve de molde para sintetizar una molécula de ARN. El ARNm se sintetiza siguiendo las reglas de complementariedad de bases, adenina con uracilo y guanina con citosina. En los procariotas el proceso tiene lugar en el citoplasma.

– **Traducción del mensaje o síntesis de proteínas.** Consiste en traducir el mensaje contenido en el ARNm al lenguaje de las proteínas. El proceso se realiza en los ribosomas. El ARNm traslada la información desde el núcleo al citoplasma, donde los ribosomas traducen cada triplete de bases nitrogenadas (denominado codón) del ARNm al lenguaje de las proteínas, siguiendo el código genético. Cada codón codifica para un aminoácido concreto. Así, la secuencia de bases del ARNm establece el orden en que se van añadiendo los aminoácidos a la proteína. El ARNt es la molécula encargada de transportar los aminoácidos a los ribosomas.

6. El ARNm que se sintetiza en eucariotas es un ARN premensajero, que no es funcional. En el núcleo, previamente a la síntesis de proteínas se realiza la maduración de este ARN, gracias la enzima ribonucleoproteína pequeña nucleolar (RNPpn). El ARN premensajero contiene secuencias intrónicas, que no contienen información para la síntesis de proteínas, y secuencias exónicas, que sí tienen información para la síntesis de proteínas. La maduración del ARNm consiste en la eliminación de estas secuencias intrónicas. El proceso de eliminación comienza formando las secuencias intrónicas una especie de bucle que provoca que se acerquen los exones. A continuación, la enzima RNPpn corta los intrones y seguidamente actúa la ARN-ligasa que une los exones, formando el ARNm que ya está en condiciones de abandonar el núcleo.

7. a) La expresión de la información genética, contenida en el ADN, se realiza en dos fases: transcripción y traducción del mensaje genético.

– **Transcripción del mensaje.** Consiste en copiar la información genética contenida en el ADN a una molécula de ARNm. En eucariotas este proceso tiene lugar en el núcleo. La doble hélice de ADN se abre y una de las cadenas sirve de molde para sintetizar una molécula de ARN. El ARNm se sintetiza siguiendo las reglas de complementariedad de bases, adenina con uracilo y guanina con citosina. En los procariotas el proceso tiene lugar en el citoplasma.

– **Traducción del mensaje o síntesis de proteínas.** Consiste en traducir el mensaje contenido en el ARNm al lenguaje de las proteínas. El proceso se realiza en los ribosomas. El ARNm traslada la información desde el núcleo al citoplasma, donde los ribosomas traducen cada triplete de bases nitrogenadas (denominado codón) del ARNm al lenguaje de las proteínas, siguiendo el código genético. Cada codón codifica para un aminoácido concreto. Así, la secuencia de bases del ARNm establece el orden en que se van añadiendo los aminoácidos a la proteína.

El ARNt es la molécula encargada de transportar los aminoácidos a los ribosomas.

- b) La molécula que porta los codones es el ARNm. Los codones son tripletes de bases, cada uno de los cuales codifica un aminoácido.

La molécula que porta el aminoácido es el ARNt.

- c) El ARNt es un ARN monocatenario, pero en él se pueden observar tramos de doble hélice intracatenaria, es decir, entre las bases que son complementarias, dentro de la misma cadena, lo que confiere a la molécula una forma de hoja de trébol. Esta estructura se estabiliza mediante puentes de hidrógeno.

En el ARNt se distinguen tres tramos (brazos). En uno de ellos aparece una secuencia de tres nucleótidos, denominada anticodón. Esta secuencia es complementaria con una secuencia del ARNm, el codón. En el brazo opuesto, en el extremo 3' de la cadena, se une un aminoácido específico predeterminado por la secuencia de anticodón. El extremo 3' está formado por tres bases nitrogenadas (ACC) sin aparear. En el extremo 5' hay un triplete de bases nitrogenadas en el que siempre existe guanina y un ácido fosfórico libre.

Además, el ARNt posee dos brazos denominados brazo T (por llevar timina) y brazo D (zona por donde se une el enzima que cataliza su unión con el aminoácido).

La función del ARNt consiste en llevar un aminoácido específico al ribosoma. En él se une a la secuencia complementaria del ARNm mediante el anticodón. A la vez, transfiere el aminoácido correspondiente a la secuencia de aminoácidos que está formándose en el ribosoma.

8. Como la transcripción es la síntesis de una cadena de ARN a partir de una cadena de ADN, la transcripción inversa será obtener una cadena de ADN a partir de una cadena de ARN.

ARN vírico: CUA AUGU.

ADN celular: GATTACA.

9. TTC CGG CTT TGA.

10. No, las células no sintetizan de manera continua todas las proteínas de las que tienen información, sino que tienen un sistema de regulación de las síntesis de proteínas. Si ocurriese así, las células tendrían un enorme gasto de materiales y energía.

La síntesis de ARNm depende, en procariotas, del sustrato disponible, y en eucariotas, de las concentraciones hormonales del medio interno.

11. Las hormonas lipídicas atraviesan fácilmente la membrana plasmática. Una vez en el citoplasma de la célula se unen a proteínas receptoras y forman complejos «hormona-receptor» (H-R). Dichos complejos se dirigen hacia el núcleo, y ya en él se unen al ADN, induciendo la transcripción de determina-

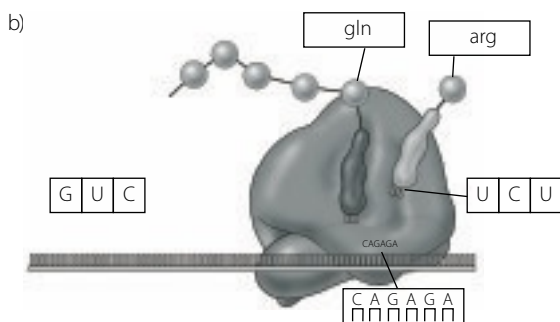
dos genes. Por el contrario, las hormonas proteicas, debido a su elevado tamaño, no pueden atravesar fácilmente la membrana, por lo que actúan como primer mensajero uniéndose a proteínas específicas de la membrana, provocando que se forme el complejo H-R. Como consecuencia se produce la activación de la enzima adenilato ciclasa, que hace que el ATP pase a AMPc. El AMPc formado actúa como segundo mensajero y se dirige hacia el núcleo, activando las proteínas reguladoras de la transcripción.

La hormona no penetra en la célula sino que, al establecer contacto con la membrana, estimula la formación de AMPc.

AMPLIACIÓN

- Como se incorpora N^{15} , todas las bacterias poseerán en su ADN N^{15} .
 - Debido a que la duplicación o replicación del ADN es semiconservativa, en la primera generación las bacterias tendrán el ADN constituido por una cadena pesada (N^{15}) y una cadena ligera (N^{14}).
 - Después de la segunda generación la mitad de las moléculas de ADN poseerán una cadena con N^{15} y otra con N^{14} . La otra mitad de moléculas de ADN estará formada exclusivamente (ambas cadenas) por N^{14} .
 - En la tercera generación la cuarta parte de las moléculas de ADN será híbrida (una cadena de N^{15} y otra de N^{14}), las tres cuartas partes del ADN poseerán las dos hebras formadas por N^{14} .
- Consultando la tabla del código genético podemos ver que el aminoácido phe es codificado por dos tripletes distintos, leu por seis; ser, por seis; pro, por cuatro; ala, por cuatro, y gly, por cuatro. Por tanto, el polipéptido es codificado por:
Secuencias = $2 \times 6 \times 6 \times 4 \times 4 \times 4 = 4608$ secuencias diferentes.
- 4500 veces debe ser transcrito dicho gen.

- Se trata del proceso de traducción o síntesis de proteínas.
A = aminoácidos
B = ARNt (de transferencia)
C = ribosomas
D = ARNm (mensajero)
Función de la molécula B: El ARNt es la molécula a la que se une el aminoácido correspondiente.



- Se trata de la molécula de ADN.
Es el proceso de transcripción.
Tiene lugar en el núcleo celular.
- Se trata de ADN, ya que la secuencia posee timina, una base exclusiva del ADN.

- Teniendo en cuenta que un codón está formado por un triplete (3) de bases que codifica para un aminoácido, tendremos: $810 : 3 = 270$ aminoácidos.
 - La secuencia del ADN de los eucariotas posee intrones, es decir, secuencias no codificantes, que no estarán presentes en el ARNm y que, por tanto, no se traducirán en aminoácidos.
 - La secuencia del gen de ratón se asemejará más a la de la vaca que a la del pollo, pues hay más proximidad evolutiva y, por tanto, más parecido en las secuencias génicas entre dos especies de mamíferos (ratón y vaca) que entre las secuencias de una especie de mamífero (ratón) y una secuencia de ave (pollo).
- El ARNm precursor (no maduro) tendrá la suma de intrones y exones, es decir: $99 + 75 + 66 + 90 + 45 + 63 + 42 = 480$ nucleótidos.
 - Los intrones son segmentos que no se traducirán, por tanto, a región que se traducirá tendrá los siguientes nucleótidos: $99 + 75 + 66 + 90 = 330$ nucleótidos.
 - El péptido codificado tendrá 109 aminoácidos. Es decir, dado que cada triplete (3 bases) codifica para un aminoácido: $330/3 = 110$, menos la tripleta de stop, que no codifica ningún aminoácido, 109.
 - Su mecanismo de acción consiste en la inhibición de la ARN-polimerasa II que interviene en la transcripción del ADN, lo que provoca el bloqueo de la formación de los ARNm, y como consecuencia la interrupción de la síntesis proteica y muerte celular.

REFUERZO

- La nueva hebra de ADN tendrá la siguiente composición:
T = 18, C = 25, G = 34, A = 23
 - La transcripción de la nueva hebra de ADN producirá un ARNm con la siguiente composición en bases:
A = 18, G = 25, C = 34 y U = 23
- 3'... TACGGTATGCCTTGG ...5'
 - AUGCAUACGGAACC
 - A cinco aminoácidos.
- 1: ADN.
2: ARNm.
3: polipéptido.
 - A = Transcripción. Consiste en la síntesis de una cadena de ARNm a partir de un fragmento de una de las cadenas del ADN.
B = Transporte de la molécula de ARNm del núcleo al citoplasma para que sea traducida.
C = Traducción. Mediante dicho proceso la secuencia de nucleótidos de la molécula de ARNm es traducida en la secuencia de aminoácidos de una cadena polipeptídica.
 - Los ribosomas y el retículo endoplasmático rugoso.
 - Sí, en el caso de los retrovirus, que son virus que poseen ARN, se produciría con alguna variedad. Cuando el virus penetra en la célula huésped, el ARN de una cadena es transcrito en ADN de doble cadena, dicho proceso recibe el nombre de transcriptasa inversa. A continuación, este ADN se integra en el ADN de la célula huésped y se obtiene ARNm (transcripción).
- La ARN polimerasa lee en dirección $3' \rightarrow 5'$ y sintetiza en dirección $5' \rightarrow 3'$. Por tanto, la secuencia de ARN mensajero

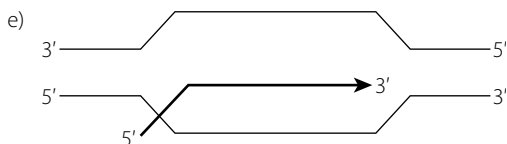
que se origina de la transcripción del fragmento de ADN dado será:

5' GGC CUA CAU CCG CAG ACA GCC 3'

La síntesis de proteínas o traducción se realiza leyendo cada triplete en sentido 5' → 3'. Por tanto, la cadena polipeptídica que se origina es:

NH₂ – Gly – Leu – His – Pro – Gln – Thr – Ala – COOH

5. Como tan solo hay cuatro tipos de nucleótidos (A, G, C y U), mientras que las proteínas están formadas por veinte tipos de aminoácidos, la colinearidad no se podía establecer entre dos bases, ya que solo podrían formarse 16 codones ($4^2 = 16$), que serían insuficientes para los 20 aminoácidos.
6. a) Se trata del proceso de transcripción.
b) El proceso tiene lugar en el interior del núcleo en las células eucariotas y en el citoplasma en las procariotas. También puede producirse en el estroma de cloroplastos y en la matriz de las mitocondrias.
c) Se origina ARN.
d) Una elevación de la temperatura por encima de los 80 °C produciría la interrupción de la transcripción, debido a que se produciría la desnaturalización del ADN. Es decir, se se romperían los puentes de hidrógeno que mantiene unidas a las dos hebras del ADN, con lo que se separarían las dos cadenas.



7. La replicación o duplicación es el proceso por el cual el ADN puede formar réplicas exactas de sí mismo. La replicación permite así que las células hijas resultantes tras la división celular reciban la misma información genética que la célula madre. La replicación tiene lugar en la fase S de la interfase. Para que ocurra la duplicación la célula necesita:
 - ADN molde.

- Nucleótidos: ATP, GTP, CTP, TTP.
- Proteínas SSB (evitan que las dos cadenas de ADN se vuelvan a enrollar).
- Enzimas:
 - Helicasas. Rompen los puentes de hidrógeno que mantienen las dos cadenas de ADN unidas.
 - Topoisomerasas (o ADN girasas). Desenrollan el ADN y evitan tensiones celulares.
 - ADN ligasas. Unen fragmentos de ADN mediante enlaces fosfodiéster al resto de la cadena.
 - ARN-polimerasas (también llamadas primasas). Son enzimas que sintetizan un pequeño fragmento de ARN de unos 10 nucleótidos, llamado ARN cebador, para ello utilizan como molde ADN.
 - ADN-polimerasas (ADN de unos 1000 nucleótidos).

En los eucariotas tiene lugar en el núcleo (donde se encuentra el ADN), y en los procariotas, en el nucleóide (región donde se localiza el ADN o cromosoma circular).

8. Los intrones son secuencias de bases que se transcriben, pero que no se traducen. Por el contrario, los exones son secuencias de bases que se transcriben y se traducen, es decir, tienen información para la síntesis de una cadena polipeptídica.
9. En la traducción del mensaje genético o síntesis de proteínas intervienen el ARNm, el ARNt y el ARNr.

El proceso de traducción consiste en traducir el mensaje contenido en el ARNm al lenguaje de las proteínas.

El ARNm traslada el mensaje (la información) del núcleo al citoplasma. Allí, los ribosomas van leyendo el mensaje contenido en el ARNm y lo «traducen» al lenguaje de las proteínas, según el código genético. Para ello «leen» las letras de tres en tres (tripletes o codones).

Los aminoácidos son transportados por el ARN transferente y colocados en el orden indicado por el mensaje genético. Existe un ARNt para cada uno de los veinte aminoácidos.

El ARNr forma parte de la estructura de los ribosomas, órganos que se encargan de realizar la biosíntesis de proteínas.

Alteraciones de la información genética

OBJETIVOS

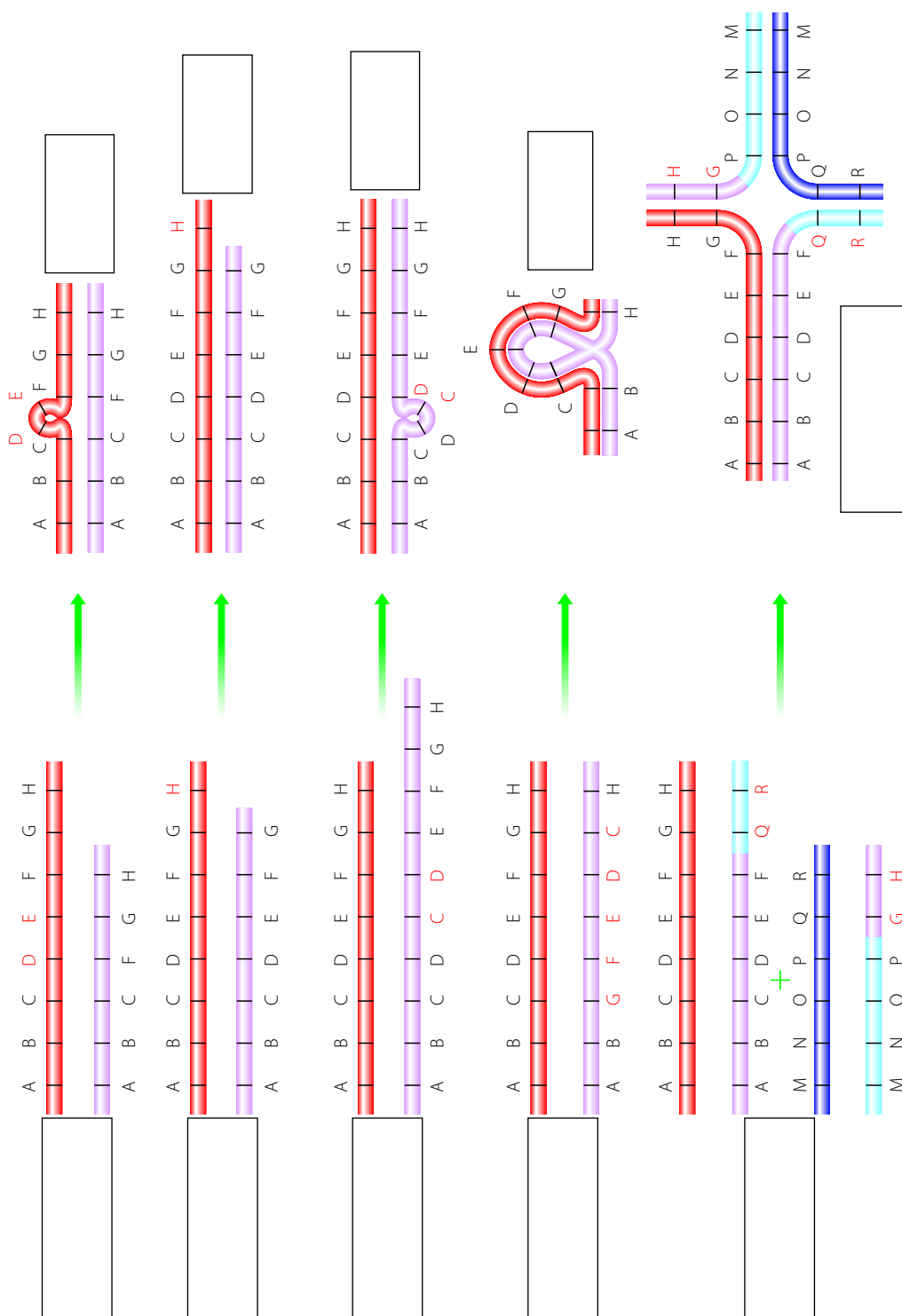
1. Conocer el concepto de mutación y clasificar las mutaciones según diferentes criterios.
2. Describir los distintos tipos de mutaciones génicas, cromosómicas y genómicas.
3. Conocer diferentes agentes mutagénicos y algunos de los efectos que producen.
4. Relacionar mutación y cáncer.
5. Comprender y explicar que las mutaciones son necesarias, pero no suficientes para explicar el proceso evolutivo.
6. Comprender que el estudio genético de las poblaciones se base en el conocimiento de sus frecuencias genotípicas y de sus frecuencias génicas.
7. Conocer los mecanismos por los que se originan nuevas especies.

CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Las mutaciones. (Objetivo 1) • Las mutaciones génicas. (Objetivo 2) • Las mutaciones cromosómicas. (Objetivo 2) • Las mutaciones genómicas. (Objetivo 2) • Agentes mutagénicos. (Objetivo 3) • La mutación y el cáncer. (Objetivo 4) • La mutación y la evolución. (Objetivo 5) • La genética de poblaciones: ley de Hardy y Weinberg. (Objetivo 6) • La especiación. (Objetivo 7)	• Realizar esquemas y mapas conceptuales sobre los diferentes tipos de mutaciones. (Objetivos 1 y 2) • Introducir mutaciones génicas a una determinada secuencia de ADN para observar sus consecuencias. (Objetivo 2) • Observación de cariotipos humanos con anomalías genéticas. (Objetivo 2). • Visualización de diapositivas sobre diferentes tipos de anomalías humanas. (Objetivos 1 y 2). • Elaboración de un listado de productos químicos que supuestamente tengan efectos mutagénicos. (Objetivo 3) • Proyección de vídeos sobre evolución y especiación. (Objetivos 5 y 7) • Hacer cálculos de aplicación de la ley de Hardy y Weinberg y aplicarlos a la genética de poblaciones. (Objetivo 6) • Estudiar casos concretos sobre selección natural y especiación (pinzones de Darwin, tortugas galápagos, etc.). (Objetivos 5 y 7)	• Valorar la importancia de las mutaciones en el proceso evolutivo. • Establecer hábitos de vida saludable para evitar la incorporación de agentes mutagénicos en el organismo. • Reconocer que muchas de las variedades que se emplean en agricultura son el resultado de alteraciones en el número de cromosomas. • Reconocer la relación entre determinados tipos de cáncer y las mutaciones. • Valorar adecuadamente las teorías evolucionistas. • Identificar las actividades que favorezcan la aparición de agentes mutagénicos. • Respeto por las personas que muestran algún tipo de mutación. • Asumir los postulados científicos con respeto hacia las creencias religiosas y posturas éticas personales.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Establecer los distintos tipos de mutaciones y su fundamento, así como los efectos que producen algunas de ellas. (Objetivos 1 y 2)	1, 2, 3 y 4	1, 2 y 3
b) Describir los diferentes tipos de agentes mutagénicos, así como las acciones que llevan a cabo. (Objetivo 3)	5	4
c) Establecer la relación entre cáncer y ADN, así como los factores que intervienen en el desarrollo de un tumor. (Objetivo 4)	6	5 y 6
d) Analizar la contribución de las mutaciones al proceso evolutivo. (Objetivo 5)	6	5 y 6
e) Explicar los factores en los que se basa el estudio genético de las poblaciones. (Objetivo 6)	8	7 y 8
f) Conocer las diferencias y analogías entre los procesos de división celular mitótica y meiótica. (Objetivo 5)	7 y 8	8, 9 y 10
g) Entender el concepto de especie y el proceso de especiación. (Objetivo 7)	8	7

DETECCIÓN DE LAS MUTACIONES CROMOSÓMICAS



- 1 Al analizar el cariotipo de un individuo de una especie se observó una mutación cromosómica como la de la figura. ¿En qué consiste esta mutación? ¿Cómo se denomina este tipo de mutación?
- 2 En relación con la información genética:
- Define euploidía e indica y explica sus tipos.
 - Define aneuploidía e indica y explica sus tipos.
 - Pon dos ejemplos de aneuploidías humanas, una autosómica y otra sexual, indicando el síndrome que producen.
- 3 Realiza una clasificación de las mutaciones atendiendo a los siguientes criterios: a) Células afectadas, b) Causa que las produce, c) Efectos que producen, d) Tipo de expresión génica y e) Extensión del material genético afectado.
- 4 ¿En qué consiste una mutación por sustitución? ¿Y por delección? ¿De cuál de los dos tipos de mutación cabría esperar una alteración fenotípica mayor? Razona la respuesta.
- 5 ¿Qué es un agente mutagénico? Señala dos agentes mutagénicos físicos y dos químicos, e indica las alteraciones que producen.
- 6 ¿Qué características tienen las células cancerígenas que las diferencia de las demás?
- 7 En la sexta edición de la obra *El origen de las especies* Charles Darwin escribe sobre el caso de los insectos que obtienen protección de los depredadores por su parecido con el entorno (hojas, ramas, etc.).
«Esta adaptación empieza con un parecido pequeño y accidental, con un objeto que se encuentra habitualmente en el ambiente de los insectos, como puede ser una hoja o una rama. Posteriormente, cualquier variación que mejore de alguna manera este parecido y ayude al camuflaje de los insectos, tendería a ser preservada mientras que las variaciones que la disminuyen serían eliminadas.»
- Cuando Charles Darwin analizaba los fenómenos de adaptación de las especies, siempre lo hacía a partir de la idea de la selección natural. ¿Crees que el concepto de selección natural está presente en este texto? Explícalo.
 - Darwin no pudo explicar, tal y como lo hacemos actualmente, la gran diversidad existente entre individuos de una misma especie. ¿Cuáles son las ideas actuales sobre el origen de esta variabilidad? ¿Cuál es el papel de la variabilidad en el proceso de adaptación? Explícalo a través de un ejemplo (diferente al de los insectos mencionados en el enunciado).
- 8 La imagen muestra un grupo de cebúes (*Bos taurus indicus*). Antiguamente se creía que el cebú pertenecía a una especie diferente de los toros y de las vacas, pero ahora se clasifica como una subespecie de cualquiera de las razas de ganado vacuno.
- ¿Cómo se podría demostrar que el cebú pertenece a la misma especie que las vacas y los toros europeos?
 - Los toros y las vacas pueden presentar dos tipos de hemoglobina diferentes, denominadas AS y B, producidas por un gen autosómico con dos alelos codominantes. Se ha determinado el genotipo de la hemoglobina de 20 animales presentes en una isla, obteniéndose los siguientes resultados:



	AA	AB	BB
Genotipos	6	12	2
Número de individuos			

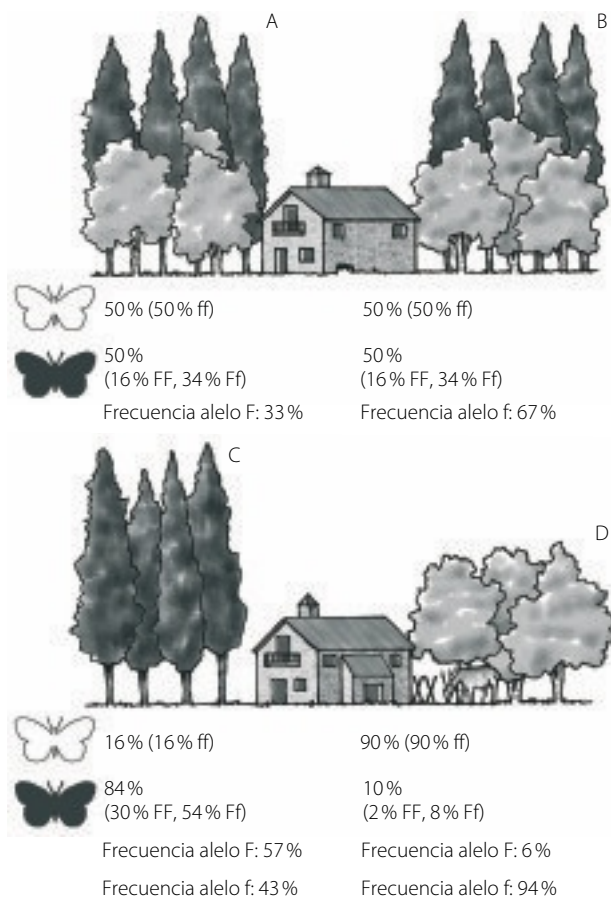
Calcula las frecuencias génicas y las frecuencias genotípicas de esta población.

- Supongamos que esta población de 20 animales continúa en la isla durante muchas generaciones, sin variar de número y totalmente aislada de otras poblaciones. Si los dos tipos de hemoglobina tienen la misma eficacia biológica, ¿qué esperarías que pase con las frecuencias génicas de este gen al cabo del tiempo? Justifica la respuesta.

- 1 ¿Qué diferencia existe entre una mutación génica, genómica y cromosómica?
- 2 Explica mediante un esquema en qué consiste la translocación recíproca.
- 3 En la siguiente secuencia de nucleótidos de una cadena de ADN: 3'ATGCCA 5', introduce una mutación puntual y señala el tipo de mutación producida.
- 4 ¿Por qué crees que la desaparición de la capa de ozono puede provocar un aumento de la aparición de diferentes tipos de cáncer?
- 5 ¿Qué es el cáncer? ¿Por qué mecanismo se cree que una célula llega a convertirse en cancerosa?
- 6 Comenta los siguientes conceptos: a) protooncogenes, b) genes supresores de tumores.
- 7 Hace unos seis millones de años las Islas Baleares estaban unidas a la Península Ibérica. La lagartija *Podarcis muralis* habitaba todo este territorio. Debido a la separación de las islas, grupos de esta lagartija quedaron aislados del continente y entre ellos mismos. Actualmente podemos encontrar en cada isla del archipiélago balear una especie diferente del género *Podarcis*: *Podarcis lilfordia* (Mallorca), *Podarcis pityuesensis* (Formentera), etc. Teniendo en cuenta el concepto biológico de especie, ¿cómo se podría demostrar que dos poblaciones de lagartijas, que se encuentran cada una en una isla, son de diferente especie?
Utiliza los conceptos siguientes: mutación, selección natural y variabilidad intraespecífica para justificar, de acuerdo con las ideas científicas actuales, la situación descrita en el enunciado de la pregunta.
- 8 Diferencia entre selección direccional, estabilizadora y disruptiva.
- 9 ¿Qué se entiende por deriva genética? Diferencia entre efecto fundador y efecto cuello de botella.

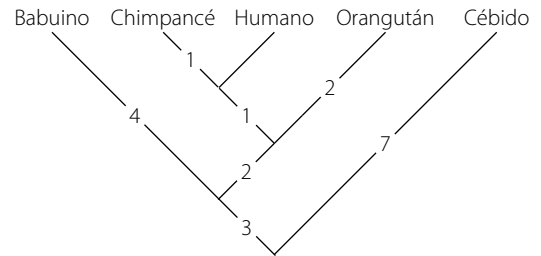
- 10 Los siguientes dibujos muestran la transformación sufrida por un bosque debido a la acción antrópica. Se ha establecido una población de mariposas que muestran dos fenotipos bien diferenciados con respecto al color del cuerpo (mariposas oscuras y claras). Estas mariposas acostumbran a posarse sobre los troncos de los árboles del bosque, donde pueden ser vistas por sus depredadores. Junto a cada dibujo se indica la frecuencia fenotípica y genotípica para el carácter «color del cuerpo» en cada situación (A, B, C y D). También se señalan las frecuencias alélicas.

- a) ¿Qué tipo de relación alélicas muestra el gen que controla el color del cuerpo de estas mariposas? Justifícalo y explica cuáles pueden ser las causas de los cambios que se observan en las frecuencias alélicas.
- b) ¿En el bosque representado en la situación D puede llegar a desaparecer algún alelo? ¿Y en el bosque representado en la situación C?
- c) ¿Crees que esta situación tiene alguna relación con el proceso de evolución de las especies? Justifícalo.



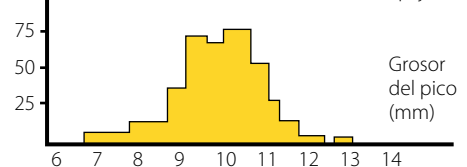
- 1 «En 1859 Charles Darwin sacudió la sociedad de su época atando el origen del ser humano con el del resto de especies. Aun cuando sus afirmaciones fueron entendidas por los científicos, para el gran público las ideas de Darwin se resumían en que la especie humana provenía del mono. Pocas veces en la historia de la ciencia se ha simplificado y distorsionado más una teoría tan rica y compleja como la que propuso Darwin (...)»

JUAN LUIS ARSUAGA. IGNACIO MARTÍNEZ.
Diario El País, miércoles 7 de mayo de 1997



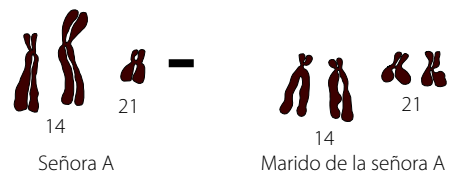
- a) Tal y como se afirma en el artículo, es común en el lenguaje coloquial escuchar la afirmación de que la especie humana proviene de los monos actuales, como el chimpancé o el orangután. Discute la validez de esta afirmación.
- b) El esquema siguiente muestra el número de mutaciones que diferencia el gen de una misma proteína en varios primates. El número de mutaciones que separa el gen de dos especies se obtiene sumando los números que se encuentran en cada uno de los segmentos que separan las dos especies. Así, entre los babuinos y el orangután la distancia es 8, mientras que entre el chimpancé y el cébido (mono platirrino sudamericano) es 14. Explica de qué manera los datos del esquema corroboran el parentesco evolutivo de estas especies.
- c) La principal aportación de Darwin a la teoría de la evolución es el concepto de selección natural. Explica su significado.

- 2 Entre 1976 y 1978 un periodo de intensa sequía en la isla Daphne, una de las islas Galápagos, se produjo una repentina disminución del número de individuos de las poblaciones de pinzón *Geospiza fortis*: de 751 pájaros en el año 1976 se pasó a 90 en 1978. Varios estudios concluyeron que no todos los individuos tenían la misma capacidad de supervivencia. Esto era debido a que se había establecido una intensa competencia por el alimento: las provisiones de semillas más pequeñas y tiernas se agotaban rápidamente y los pájaros se veían obligados a consumir entonces granos más duros. Las gráficas siguientes muestran los resultados de uno de los estudios realizados:



- a) Utiliza la información de las gráficas para indicar si se trata de un caso de selección natural. Justificando la respuesta. El argumento del grosor del pico es una consecuencia de:
- b) Indica la opción que es verdadera, justificando la respuesta.
1. La necesidad de los pájaros de alimentarse de semillas más duras.
 2. La combinación entre las exigencias del medio y la diversidad presente en las poblaciones de pájaros.
 3. Uso continuado del pico para romper las semillas, lo que conduce al fortalecimiento de este órgano.

- 3 El estudio citogenético de un niño con síndrome de Down demostró que tenía un cariotipo con una dotación cromosómica normal ($2n=46$). Ahora bien, uno de los cromosomas de la pareja 14 era más largo de lo normal. Al analizar los cariotipos de los padres se observó que, mientras que el padre tenía una dotación cromosómica normal, la madre tenía la anomalía que se observa en la figura.



- 4 ¿En qué triplete de ARNm, de los que codifican la prolina, es más probable que la sustitución al azar de una sola base codifique la histidina?
- 5 Una mutación que cambie solamente una base por otra en el ADN, ¿podría bloquear la fosforilación oxidativa en las células que contienen esa mutación? Razona la respuesta.

- 1 Considera el siguiente fragmento de un gen de un organismo procariota:

5' TCGGA 3'
3' AGCCT 5' →

Al replicarse la cadena indicada con una flecha se introduce un error por el ADN-polimerasa III, de forma que la nueva cadena sintetizada presenta la siguiente secuencia: 5' TCAGA 3'. Explica qué error se ha producido y menciona un enzima que participe en la corrección.



Fig. 1

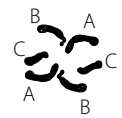


Fig. 2



Fig. 3

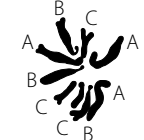


Fig. 4

- 2 En la figura se representan las dotaciones cromosómicas de las células de diferentes individuos (1, 2, 3 y 4) de una especie vegetal ($2n = 6$). Indica qué tipo de mutaciones les afectan.
- 3 Razona la consecuencia de un cambio de A por U en la posición subrayada en la secuencia 5'-GCACUGUUCUGGCAGAG-3'
- 4 Indica cuál de las siguientes afirmaciones no son correctas y razona en cada uno de los tres casos la respuesta:
- Todas las mutaciones son siempre fenotípicamente perjudiciales para el individuo que las tiene.
 - Las mutaciones suponen una fuente importante de variación alélica.
 - Las mutaciones tienen lugar cuando un agente mutagénico incide sobre una proteína alterando irreversiblemente su funcionabilidad.

- 5 ¿Sería posible que un nucleótido de ADN sufriera una mutación y no se alterara la secuencia de aminoácidos de una proteína? Razona la respuesta.

- 6 ¿Cuál es la importancia de la mutación y la recombinación en los seres vivos?

- 7 ¿Por qué una mutación puntual puede causar una enfermedad? Razona la respuesta.

- 8 El siguiente segmento de ADN codifica un segmento intersticial de un polipéptido (se indica la dirección en la que se produce la transcripción):

3' CCG GAT CTA GGC GTC TGT CCG 5'
5' GGC CTA CAT CCG CAG ACA GCC 3'
Transcripción →

Indica una mutación que afecte a un solo par de bases del ADN y que provoque un cambio en más de un aminoácido del segmento considerado. Razona la respuesta.

- 9 Explica las implicaciones de las mutaciones en la evolución de los seres vivos.

- 10 Al realizar un cariotipo de una persona se observó que uno de los cromosomas de la pareja 8 había intercambiado un brazo con otro de la pareja 14. ¿Qué consecuencias podría tener este hecho? ¿Será esta característica transmisible a la descendencia?

- 11 El gen «OB» responsable de la síntesis de la proteína leptina, parece ser que es determinante en ciertos tipos de obesidad en la especie humana. La leptina es sintetizada por el tejido adiposo y actúa sobre el cerebro inhibiendo el apetito.
- Los ratones homocigóticos para el gen defectuoso OB no sintetizan leptina y, por tanto, presentan obesidad. A partir de este ejemplo, realiza un esquema que explique los procesos biológicos que determinan los caracteres a partir de los genes. En el esquema han de aparecer los términos: proteína, ARNm, gen, traducción, obesidad, cerebro y tejido adiposo.
 - Supón que en la cadena codificante del gen «OB» se ha producido la sustitución de la base G por la base C en el triplete ATG. ¿Cómo se denomina el tipo de cambio producido? Utiliza la tabla del código genético y explica por qué este cambio ha provocado que la leptina deje de ser funcional.

RECUERDA Y CONTESTA

1. No. Si el ADN fuera inalterable no se produciría evolución de las especies.
2. Una mutación es cualquier cambio que se produce en el ADN. Algunas mutaciones son beneficiosas, otras perjudiciales y también pueden resultar neutras.
3. En ocasiones las células somáticas en las que se produce alguna mutación sobreviven y la mutación se transmite a todas sus descendientes. En este caso, el individuo se dice que es un mosaico, pues presenta células con distintos genotipos. Este tipo de mutaciones somáticas pueden ser una causa de cáncer.
4. Respuesta libre por parte del alumno.
5. Las mutaciones, como fuente de variabilidad genética, permiten la evolución de las especies y, por tanto, la continuidad de la vida a lo largo de millones de años.

ACTIVIDADES

1. Las mutaciones son alteraciones al azar del material genético.
2. No tienen importancia evolutiva porque son las que afectan a una célula somática y, por tanto, no se transmiten a la descendencia.
3. En unas ocasiones son beneficiosas y en otras perjudiciales. Las mutaciones, como fuente de variabilidad genética, permiten la evolución de las especies y, por tanto, la continuidad de la vida a lo largo de millones de años.
4. Porque producen alteraciones en la secuencia de nucleótidos de un gen.
5. A → G: transición. T → C: transición. G → C: transversión. Falta un nucleótido de C: delección.
La delección es la que resulta más importante puesto que resulta afectado el proceso de síntesis de proteínas. La consecuencia de estas mutaciones es un corrimiento en el orden de lectura de los tripletes a partir del punto en el que ocurre la mutación y por tanto, alteran todos los tripletes siguientes. Las consecuencias que comportan suelen ser graves.
6. Los bucles se originan a partir de delecciones y duplicaciones mientras que las asas de inversión se originan por inversiones.
7. a) Duplicación.
b) Inversión.
c) Delección.
d) Translocación.
8. a) 15; b) 17; c) 32; d) 8; e) 14; f) 18; g) 48; h) 18; i) 14.
9. Las formas poliploides tienen hojas y frutos más grandes, por lo que resultan de interés económico en el sector agrícola. Así, el 47 % de las plantas angiospermas que se utilizan para el consumo humano son poliploides.
10. Porque las radiografías emiten radiaciones ionizantes que pueden provocar la pérdida de electrones en algunos átomos del ADN, que quedan en forma de iones muy reactivos. También provocan tautomería, rompen los anillos de las bases nitrogenadas e, incluso, llegan a romper los enlaces fosfodiéster, con la ruptura consiguiente del ADN y, por tanto, de los cromosomas.
11. En el caso de los análogos se sustituye una base por otra análoga, es decir, implican una sustitución. Las sustancias interca-

lantes se pueden introducir entre los pares de bases del ADN, después cuando se produce la duplicación, pueden aparecer inserciones o delecciones de un único par de bases, con el corrimiento consiguiente en el orden de lectura.

12. Protooncogen: gen que si experimenta un pequeño cambio (mutación), producido por los llamados agentes cancerígenos, pasan a convertirse en oncogen.
Oncogen: gen que provoca la transformación de la célula normal en célula cancerosa.
13. Las radiaciones solares en exceso pueden provocar la aparición de cáncer de piel, depende del grado de exposición a las radiaciones o de la dosis recibida, por tanto, es necesario tomar el sol con cremas de protección solar.
14. Los postulados en los que se basa el darwinismo son:
 - Elevada tasa de natalidad. Todas las especies tienen un potencial reproductor muy alto. Producen más descendientes de los que el ecosistema puede soportar y no todos llegan a la edad adulta y, por tanto, no llegan a reproducirse.
 - Variabilidad de la descendencia. Entre los descendientes de una misma pareja de progenitores se pueden observar variaciones morfológicas y estas características se pueden transmitir a los descendientes.
 - Selección natural. Puesto que nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, y puesto que los distintos individuos de una especie son diferentes, se establece entre ellos una competencia por los recursos, de modo que solo los más aptos sobreviven y transmiten sus características de generación en generación. Por tanto, la selección natural conlleva la supervivencia de los organismos mejor adaptados a su medio, que son los que dejan más descendientes.
15. Según la teoría darwinista la selección natural conlleva la supervivencia de los organismos mejor adaptados a su medio, que son los que dejan más descendientes.
16. En la teoría sintética se aportan explicaciones y se aceptan varios principios darwinistas sobre la variabilidad de la descendencia y la selección natural:
 - Se aporta la explicación de la variabilidad de la descendencia. En los organismos con reproducción asexual se debe exclusivamente a las mutaciones, y en los organismos con reproducción sexual se debe a las mutaciones y a la recombinación genética que se produce en la meiosis.
 - Se aporta el concepto de población genética, con sus frecuencias génicas y genotípicas, y la idea de que son las poblaciones las que evolucionan y no los individuos.
 - Se acepta que los factores que alteran las frecuencias génicas, y cuyos efectos se acumulan a lo largo del tiempo produciendo cambios graduales del fenotipo, son la selección natural, las mutaciones, las migraciones y la deriva genética.
 - Se acepta el concepto de aislamiento de subpoblaciones como requisito imprescindible para su diferenciación, hasta el punto de imposibilitar la reproducción entre las subpoblaciones, lo que se denomina especiación.
 - En los organismos con reproducción sexual se sustituye el concepto de especie basado en las diferencias morfológicas por la incapacidad de intercambio de material genético y generar individuos fértiles.
17. La mutación puede dar lugar a nuevos genes y proporcionar de este modo variabilidad en la descendencia.

18. Las frecuencias genotípicas serán:

$$f(AA) = 64/(64 + 32 + 4) = 64/100 = 0,64$$

$$f(Aa) = 32/100 = 0,32$$

$$f(aa) = 4/100 = 0,04$$

Y las frecuencia génicas:

$$f(A) = p = 0,64 + 1/2 \times 0,32 = 0,8$$

$$f(a) = q = 0,04 + 1/2 \times 0,32 = 0,2$$

19. La especiación es el proceso mediante el cual a partir de una especie preexistente aparece una nueva especie.

La anagénesis es un tipo de especiación y consiste en el cambio de una especie, bajo la influencia de la selección natural direccional. La especie va acumulando cambios a lo largo de las sucesivas generaciones en largos periodos de tiempo, hasta que se puede considerar diferente de la especie ancestral. En este caso, se da la transformación de una especie en otra, pero no aumenta el número total de especies.

La cladogénesis es un tipo de especiación que consiste en la separación de una especie en varias especies diferentes. Así, se forman especies nuevas con un antepasado común y aumenta el número total de especies.

20. La especiación alopátrica y simpátrica son dos modelos de especiación por cladogénesis, es por tanto necesario el aislamiento reproductivo de una especie respecto del resto, a fin de tener una evolución independiente.

En la especiación alopátrica una especie queda dividida en dos o más poblaciones por la aparición de alguna barrera geográfica (un río, un glaciar, un desierto, un brazo de mar...). Por tanto, el aislamiento reproductivo ocurre debido a una barrera física. El efecto fundador, la deriva genética, las mutaciones y la selección natural harán que las poblaciones vayan siendo cada vez más diferentes, hasta que se puedan considerar dos especies independientes. En ese caso, aunque desaparezca la barrera y se reúnan las dos poblaciones, ya no se reproducirán entre ellas.

Sin embargo, en la especiación simpátrica varias poblaciones quedan aisladas reproductivamente dentro de la misma área geográfica, debido a diversos mecanismos de aislamiento reproductivo que pueden ser de diversos tipos.

21. Porque puede aparecer una especie nueva en una sola generación.

22. Una mutación es cualquier alteración que se produce en el material genético.

Las mutaciones espontáneas se producen de forma natural en los individuos mientras que las mutaciones inducidas son aquellas que se producen como consecuencia de la exposición a agentes mutagénicos químicos o físicos.

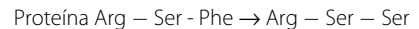
Dos ejemplos de efectos perjudiciales de las mutaciones son el cáncer y las enfermedades genéticas.

23. Las mutaciones son alteraciones al azar del material genético. Según la extensión del material genético afectado, se distinguen tres tipos de mutaciones:

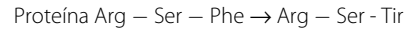
1. Mutaciones puntuales o génicas. Provocan alteraciones de la secuencia de nucleótidos de un gen. Según el tipo de alteración, se clasifican en dos tipos:

a) Mutaciones por sustitución de bases. Cambios de una base por otra. Pueden ser:

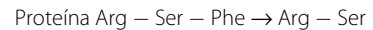
– Transiciones. Sustitución de una base púrica por otra, o de una pirimidínica por otra. Ejemplo:



– Transversiones. Sustitución de una base púrica por una pirimidínica, o viceversa. Ejemplo:



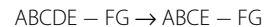
b) Mutaciones por pérdida (delección) o inserción (adición) de nucleótidos. Ejemplo:



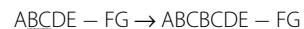
2. Mutaciones cromosómicas. Son las que provocan cambios en la estructura interna de los cromosomas.

Pueden afectar al número de los genes o al orden de los mismos en el cromosoma. Pueden ser:

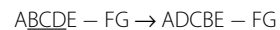
a) Delección. Pérdida de un fragmento del cromosoma:



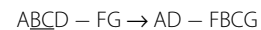
b) Duplicación. Repetición de un fragmento en el cromosoma:



c) Inversión. Cambio del sentido de un fragmento en el cromosoma:



d) Translocación. Cambio de posición de un fragmento en el cromosoma:



3. Mutaciones genómicas. Alteraciones en el número normal de cromosomas de la especie. Pueden ser:

a) Euploidías. Alteraciones en el número normal de dotaciones cromosómicas. Pueden ser:

– Monoploidías. Existe un cromosoma de cada par.

– Poliploidías. Existe más de dos ejemplares de cada tipo de cromosomas ($3n, 4n, 5n, \dots$).

b) Aneuploidías. Alteraciones en el número normal de cromosomas de la especie (sin afectar a juegos completos de cromosomas). Pueden ser:

– Trisomías. Individuos con un cromosoma de más ($2n + 1$) respecto a su dotación normal.

Ejemplo: síndrome de Down o trisomía del cromosoma 21: los individuos afectados poseen tres cromosomas en el par 21, siendo su dotación de 47 cromosomas.

– Monosomías. Individuos con un cromosoma de menos respecto a su dotación normal ($2n - 1$).

Ejemplo: síndrome de Turner: individuos sin un cromosoma sexual ($44 \text{ autosomas} + X$).

24. a) En la célula A las parejas de cromosomas homólogos son las siguientes:

1 y 9, 2 y 10, 3 y 7, 4 y 5.

Cromosoma sexual X: 8.

Cromosoma sexual Y: 6.

En la célula B las parejas de cromosomas homólogos son las siguientes:

11 y 15, 13 y 20, 16 y 18, 17 y 19.

Cromosomas sexuales X: 12 y 14.

- b) Dos cromosomas homólogos no son idénticos puesto que uno procede de un progenitor y el otro del otro progenitor.

Las dos cromátidas de un cromosoma metafásico sí son iguales porque durante la interfase se ha duplicado el material genético desde un cromosoma con una cromátida.

- c) En el individuo correspondiente con la célula C, las parejas de homólogos que no presentan ninguna mutación son: 21 y 25, 24 y 26, 27 y 30, 28 y 29.

En la pareja de cromosomas 22 y 23, existe una mutación, en el cromosoma 23 se ha producido la pérdida de un fragmento, se trata, por tanto, de una delección.

25. a) Una mutación es cualquier cambio que se produce al azar en el material genético.
b) Si el ADN fuera inmutable no sería posible la evolución de las especies, puesto que las mutaciones pueden dar lugar a nuevos genes y así se produce variabilidad en la población sobre la que actúa la selección natural.
c) Las mutaciones se pueden clasificar atendiendo a dos criterios: el tipo de células afectadas y la extensión de material genético afectado.

Según el tipo de células afectadas, las mutaciones pueden ser de dos tipos:

- Mutaciones somáticas. Son las que afectan a una célula somática y, por tanto, no se transmiten a la descendencia. En ocasiones, estas células pierden su funcionalidad y mueren o son eliminadas por el organismo. En otras ocasiones, la célula sobrevive y la mutación se transmite a todas sus descendientes. En este caso, el individuo se dice que es un mosaico, pues presenta células con distintos genotipos. Este tipo de mutaciones somáticas pueden ser una causa de cáncer.
- Mutaciones germinales. Son las que afectan a las células germinales. Estas mutaciones tienen importancia evolutiva, ya que como las alteraciones afectan a los gametos se pueden transmitir a la descendencia.

Según la extensión del material genético afectado se pueden distinguir tres tipos de mutaciones:

- Mutaciones génicas. Producen alteraciones en la secuencia de nucleótidos de un gen.
- Mutaciones cromosómicas. Las alteraciones afectan a la secuencia de los genes de un cromosoma.
- Mutaciones genómicas. Producen cambios que afectan al número de cromosomas del individuo.

- d) Puede ocurrir que se produzca un corrimiento en la pauta de lectura del ARNm que se transcriba desde el gen y, por tanto, la proteína sintetizada sea diferente a la original, puesto que los aminoácidos que constituyen la cadena polipeptídica serían diferentes.

26. a) – Mutaciones cromosómicas: las alteraciones afectan a la secuencia de los genes de un cromosoma.
– Mutaciones genómicas: producen cambios que afectan al número de cromosomas del individuo.
b) Se trata de una mutación genómica, exactamente es una trisomía porque los individuos con síndrome de Down

tienen un cromosoma más en la pareja 21, siendo su dotación de 47 cromosomas.

- c) Son alteraciones al azar.
d) Las mutaciones son una fuente de variación para la población, es decir, hace que existan diferencias entre los individuos. De este modo, cuando las condiciones ambientales cambian, es posible que los individuos con alguna mutación determinada se vean favorecidos y tengan una mayor posibilidad de sobrevivir en las nuevas condiciones que otros. En esto consiste la selección natural.

Las mutaciones, como fuente de variabilidad genética, permiten la evolución de las especies y, por tanto, la continuidad de la vida a lo largo de millones de años.

27. a) ADN: 5'...AAT CTA CAT GGA AAA CCA ACC...3'
ADN: 3'...TTA GAT GTA CCT TTT GGT TGG...5'

- b) La mutación 1 ha ocasionado que el tercer aminoácido del polipéptido en lugar de ser la histidina sea ahora la glutamina. Existen dos tripletes que codifican para la glutamina, CAA y CAG, por tanto existen dos posibles secuencias del fragmento de ARNm correspondiente a la mutación 1:

ARNm: 5'...AAU CUA CAA GGA AAA CCA ACC...3'

ARNm: 5'...AAU CUA CAG GGA AAA CCA ACC...3'

- c) El polipéptido resultante de la mutación 2 solo conserva los dos primeros aminoácidos iguales que el polipéptido que proviene del ARNm sin mutación. Por tanto, han cambiado los cinco tripletes siguientes una posible secuencia del ARNm correspondiente a la mutación 2 es:

ARNm: 5'...AAU CUA UUC GAG AAC CAA CCA...3'

28. a) Falsa. Las mutaciones pueden resultar perjudiciales, beneficiosas o neutras para el individuo que las posee.
b) Verdadera. Aunque las tasas de mutación espontánea son muy bajas y por ello no pueden producir cambios de frecuencias rápidos en las poblaciones.
c) Falsa. Las mutaciones génicas son alteraciones en la secuencia de nucleótidos de un gen, también se denominan mutaciones puntuales.

29. La delección o la inserción podrían provocar cambios más importantes en el fenotipo del organismo que el cambio de una base por otra, puesto que cambiando una base, el triplete resultante puede seguir codificando para el mismo aminoácido y la proteína resultante no variaría respecto a la proteína que es sintetizada desde el ADN sin mutación. Sin embargo con una delección o una inserción en el material genético, se producirá un corrimiento de la pauta de lectura del ARNm y la proteína sintetizada será diferente a la esperada sin mutación, lo cual puede provocar cambios fenotípicos en el organismo que posee la mutación.

30. a) La mutación cromosómica o estructural es aquella que afecta a la estructura del cromosoma por lo que cambia la disposición lineal de los genes.
b) Una delección consiste en la pérdida de un fragmento cromosómico y, por tanto, de los genes que contiene. Normalmente tiene graves consecuencias para la viabilidad del individuo que las porta pues se pierde material genético.
c) Una duplicación es una repetición de un segmento cromosómico y, por lo tanto, de los genes que contiene. Las duplicaciones son importantes en la evolución puesto que originan nuevos genes.

- d) Las inversiones son cambios estructurales que consisten en el cambio de sentido (giro de 180°) de un segmento cromosómico, con lo cual los genes que contiene invierten su posición original.

Existen dos tipos de inversiones; las pericéntricas, que incluyen el centrómero y las paracéntricas, que no incluyen el centrómero.

31. a) ARNm: 5' — UCGUCGUCGUCG — 3'

b) Cadena polipeptídica: Ser — Ser — Ser — Ser

- c) ARNm: 5' — UCGCGUCGUCG — 3'

Cadena polipeptídica: Ser — Arg — Arg

32. a) El proceso de transcripción consiste en copiar una parte del mensaje genético del ADN a otra de ARNm. Así, el ARNm es una copia de la secuencia molde de ADN que se sintetiza según el principio de complementariedad de las bases entre ADN y ARN (adenina con uracilo, timina con adenina y guanina con citosina). Dicha síntesis tiene lugar en el sentido 5' → 3'. La secuencia de bases del ARN transcrito es: 5' AUG CGA GGG CCC UGC GUG CUG 3'.

- b) Cada triplete (tres bases nitrogenadas) de ARN se denomina codón y se traduce al lenguaje de las proteínas siguiendo un código en el que cada codón especifica un aminoácido concreto. La secuencia podría sintetizar un máximo de siete aminoácidos, siendo el primero la fenilmetionina (codificada por el triplete AUG) que puede eliminarse posteriormente.

ARNm 5' AUG CGA GGG CCC UGC GUG CUG 3'

Proteína: Met — Arg — Gli — Pro — Cys — Val — Leu

- c) Cada triplete (tres bases nitrogenadas) de ARN se denomina codón y se traduce al lenguaje de las proteínas siguiendo un código en el que cada codón especifica un aminoácido concreto.

- d) Existen múltiples variaciones posibles para que se produzcan un polipéptido de cinco aminoácidos, una de ellas sería que hubiera una delección en el ADN de los últimos seis nucleótidos. Así el ARNm tendría cinco tripletes y el polipéptido quedaría constituido por cinco aminoácidos.

33. Las mutaciones en las células germinales o gametos de un individuo se transmiten a la descendencia, tienen gran importancia evolutiva, mientras que las mutaciones en las células somáticas no se transmiten a la descendencia.

En ocasiones, las células somáticas en las que se ha producido alguna mutación, pierden su funcionalidad y mueren o son eliminadas por el organismo. En otras ocasiones, la célula sobrevive y la mutación se transmite a todas sus descendientes. En este caso, el individuo se dice que es un mosaico, pues presenta células con distintos genotipos. Este tipo de mutaciones somáticas pueden ser una causa de cáncer.

34. a) Las mutaciones son cambios que se producen al azar en el material genético.

- b) Mutaciones génicas. Producen alteraciones en la secuencia de nucleótidos de un gen.

Mutaciones cromosómicas. Las alteraciones afectan a la secuencia de los genes de un cromosoma.

- c) No, las mutaciones que se producen en células somáticas no se transmiten a la descendencia. En ocasiones, estas células pierden su funcionalidad y mueren o son eliminadas por el organismo. En otras ocasiones, la célula sobrevive y la mutación se transmite a todas sus descendientes.

En este caso, el individuo se dice que es un mosaico, pues presenta células con distintos genotipos. Este tipo de mutaciones somáticas pueden ser una causa de cáncer.

Las mutaciones en las células germinales tienen importancia evolutiva, ya que como las alteraciones afectan a los gametos se pueden transmitir a la descendencia.

35. Las mutaciones son cambios que se producen al azar en el material genético.

Las mutaciones se pueden clasificar atendiendo a dos criterios: el tipo de células afectadas y la extensión de material genético afectado.

Según el tipo de células afectadas, las mutaciones pueden ser de dos tipos:

- Mutaciones somáticas. Son las que afectan a una célula somática y, por tanto, no se transmiten a la descendencia. En ocasiones, estas células pierden su funcionalidad y mueren o son eliminadas por el organismo. En otras ocasiones, la célula sobrevive y la mutación se transmite a todas sus descendientes. En este caso, el individuo se dice que es un mosaico, pues presenta células con distintos genotipos. Este tipo de mutaciones somáticas pueden ser una causa de cáncer.

- Mutaciones germinales. Son las que afectan a las células germinales. Estas mutaciones tienen importancia evolutiva, ya que como las alteraciones afectan a los gametos se pueden transmitir a la descendencia.

Según la extensión del material genético afectado se pueden distinguir tres tipos de mutaciones:

- Mutaciones génicas. Producen alteraciones en la secuencia de nucleótidos de un gen.
- Mutaciones cromosómicas. Las alteraciones afectan a la secuencia de los genes de un cromosoma.
- Mutaciones genómicas. Producen cambios que afectan al número de cromosomas del individuo.

Los agentes mutagénicos son factores que aumentan sensiblemente la frecuencia de mutación en los seres vivos. Actúan alterando o dañando la composición y la estructura del ADN. Se puede distinguir entre mutágenos físicos y químicos.

- Físicos; pueden ser no ionizantes, como las rayos ultravioletas o ionizantes, como las radiaciones electromagnéticas de longitud de onda inferior a los UV, como los rayos X y los rayos gamma (γ), y las emisiones de partículas radiactivas α y β .

- Químicos; el ácido nitroso (HNO_2), la hidroxilamina, el etilmetanosulfonato (EMS), el gas mostaza, el 5-bromouracilo, la 2-aminopurina, la acridina o la proflavina

36. Las mutaciones son alteraciones al azar del material genético de un individuo. Muchas mutaciones son negativas, ya que suponen deficiencias e incluso la muerte para el individuo que las desarrolla. Sin embargo, las mutaciones también comportan un aspecto positivo para la especie, ya que aportan variabilidad a la población. Ello permite que si se produce un cambio en el ambiente y las condiciones son muy adversas para los individuos normales, la existencia de individuos mutantes hace que pueda haber algunos que soporten las nuevas condiciones. Con ello, las mutaciones permiten la evolución de las especies y la continuidad de la vida a lo largo de millones de años.

37. El virus de la gripe muta de un año para otro y por tanto la misma vacuna no es efectiva contra la enfermedad, y tampoco

co lo son los antígenos contra el virus de las personas que padecieron la gripe el año anterior.

38. Si alguna de las mutaciones de carácter aleatorio que produce la proteína LexA modifica o altera la estructura y función de otra proteína capaz de interferir en la acción eficaz de los antibióticos, entenderemos que la proteína LexA ha sido causante, ha inducido, la aparición de resistencia a los antibióticos, lo que favorece la diversidad y, por tanto, la selección natural.

39. a) ARNm: 5' — UUC GUU ACA CCC GCC UCU GGU — 3'

- b) En el caso del mutante 1, varía el cuarto aminoácido de la cadena, siendo leucina en la forma mutante y prolina (CCC, es el triplete del ARNm) en la forma normal. Por tanto el nuevo triplete del ARNm podría ser CUC (codifica para leucina), así cambiaría solo una base pero el aminoácido codificado es diferente.

La hebra de ADN codificante del mutante 1 sería: 3'...AAG CAA TGT GAG CGG AGA CCA...5'

ARNm del mutante 1: 5'...UUC GUU ACA CUC GCC UCU GGU...3'

La mutación en este caso es una transversión.

En el mutante 2 cambian todos los aminoácidos excepto los dos primeros. Si después de la sexta base nitrogenada del ADN se inserta un nucleótido con adenina, entonces cambia la sexta base del ARNm y se produce un corrimiento de la pauta de lectura en los codones del ARNm del mutante que daría lugar a la cadena polipeptídica que muestra el mutante 2. Por tanto la hebra codificante del ADN y el correspondiente ARNm quedarían así:

La hebra de ADN codificante del mutante 2 sería: 3'...AAG CAA ATG TGG GCG GAG ACC A...5'

ARNm del mutante 2: 5'...UUC GCU UAC ACC CGC CUC UGG U...3'

La mutación en este caso es una inserción.

- c) Porque las proteínas están formadas por veinte tipos de aminoácidos distintos, mientras que solo hay cuatro tipos de nucleótidos, por lo que la relación no se puede establecer entre un nucleótido y un aminoácido, ni entre dobletes de nucleótidos ($4^2 = 16$) y aminoácidos. Como mínimo, la relación debe establecerse entre tripletes de nucleótidos ($4^3 = 64$) y aminoácidos.

40. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

41. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. Al observar los cromosomas se aprecia que todos están en pares de homólogos, excepto los señalados, que aparecen tres, por tanto, se trata de una mutación genómica o numérica, del tipo trisomía; es decir, el individuo posee $2n + 1$ cromosomas respecto a la dotación normal.



2. a) **Euploidía.** Tipo de mutación genómica o numérica en la que se produce una alteración en el número de juegos cromosómicos. Pueden ser:

- **Monoploidías.** Únicamente existe un juego cromosómico completo; es decir, solo un ejemplar de cada tipo de cromosomas.
- **Poliploidías.** Existencia de más de dos juegos cromosómicos. Pueden ser: **triploides** (con $3n$ cromosomas), **tetraploides** ($4n$ cromosomas), **pentaploides** ($5n$ cromosomas), etc. En ellas se pueden distinguir las **aneuploidías**, si todos los juegos proceden de la misma especie, y las **aloploidías**, si proceden de la hibridación de dos especies diferentes.

- b) **Aneuploidías.** Tipo de mutación genómica o numérica en la que falta o sobra algún cromosoma respecto a la dotación normal. Pueden ser:

- **Nulisomías:** ($2n + 2$) cromosomas. Falta una pareja cromosómica.
- **Monosomías:** ($2n - 1$) cromosomas. Falta un cromosoma de una de las parejas.
- **Trisomías:** ($2n + 1$). Un cromosoma se encuentra por triplicado.
- **Tetrasomías:** ($2n + 2$) cromosomas. Hay cuatro ejemplares de un cromosoma determinado.

- c) Algunos de los ejemplos de aneuploidías pueden ser:

Dentro de las autosómicas:

- **Síndrome de Down o trisomía del cromosoma 21.** Los individuos tienen 47 cromosomas ($2n + 1$) y presentan retraso mental, braquicefalia, rasgos faciales orientales y cara plana y ancha.
- **Síndrome de Edwards o trisomía del cromosoma 18.** Los individuos tienen 47 cromosomas. Presentan deficiencia mental profunda y malformaciones renales y cardíacas.

Entre las aneuploidías que afectan a cromosomas sexuales podemos citar:

- **Síndrome de Turner.** Los individuos presentan un solo cromosoma X (44 autosomas + X). Mujeres con retraso en el crecimiento, infantilismo sexual y esterilidad.
- **Síndrome de Klinefelter.** Los individuos presentan tres heterocromosomas (XXY). Son de fenotipo varón, con los genitales pequeños, falta de espermatogénesis y retraso mental moderado.

3. a) Según las células afectadas, las mutaciones pueden ser:

- Somáticas: afectan a células somáticas y no se transmiten a la descendencia.
- Germinales o sexuales: afectan a los gametos y sí se transmiten a la descendencia.

- b) Según la causa que las producen, las mutaciones pueden ser:

- Naturales o espontáneas. Si aparecen de forma natural.
- Inducidas. Provocadas artificialmente.

- c) Según los efectos que producen, las mutaciones pueden ser:

- Neutras.
- Beneficiosas.
- Perjudiciales.

- d) Según el tipo de expresión génica, las mutaciones pueden ser:
- Dominantes respecto al alelo normal no mutado.
 - Recesivas respecto al alelo normal no mutado.
- e) Según la extensión del material genético afectado, las mutaciones pueden ser:
- Génicas: afectan a la secuencia nucleotídica de un gen.
 - Cromosómicas: se altera la estructura de los cromosomas.
 - Genómicas: cambia el número de cromosomas respecto a la dotación normal de la especie.

4. Una mutación por sustitución consiste en una mutación génica en la que se sustituye una base por otra. Pueden ser de dos tipos:

Transiciones: se sustituye una base púrica por una púrica o una pirimidínica por una pirimidínica.

Transversiones: se sustituye una base púrica por una pirimidínica o viceversa.

Una delección es una mutación cromosómica que consiste en la pérdida de un fragmento del cromosoma.

Cabría esperar una mayor alteración fenotípica en una mutación por delección, ya que afecta a mayor número de nucleótidos y, por tanto, a mayor número de genes.

5. Un agente mutagénico es aquel que causa mutaciones. Actúa alterando o dañando la estructura del ADN. Los agentes mutagénicos pueden ser físicos, como la temperatura o la radiación; químicos, como los benzopirenos o el gas nitroso, o biológicos, como ciertos virus y bacterias.

Las radiaciones no ionizantes, como los rayos ultravioletas, inducen el establecimiento de enlaces covalentes entre dos pirimidinas contiguas, de modo que se forman dímeros de timina. La luz ultravioleta también promueve la aparición de formas tautoméricas, que dan lugar a mutaciones génicas del tipo de las transiciones.

Las radiaciones ionizantes, como los rayos X y los rayos gamma, provocan la pérdida de electrones en algunos átomos del ADN, que quedan en forma de iones muy reactivos. También provocan tautomería, rompen los anillos de las bases nitrogenadas e, incluso, llegan a romper los enlaces fosfodiéster, con la ruptura consiguiente del ADN y, por tanto, de los cromosomas.

El **ácido nitroso** (HNO_2), por ejemplo, provoca la eliminación de grupos amino.

Los benzopirenos, presentes en los alquitranes y en el humo del tabaco, se transforman en una forma altamente reactiva (forma epóxido), que se intercala entre los pares de bases del ADN y establece puentes, mediante enlaces covalentes. Ello provoca la adición o delección de nucleótidos durante la replicación.

6. Entre las características de las células cancerosas que las diferencian de las células normales, podemos citar:
- Son células que tienen una proliferación rápida e incontrolada. Así se origina el tumor.
 - Pueden migrar a otros órganos y tejidos. Es lo que se denomina metástasis.
 - Muestran cambios en la estructura del citoesqueleto, lo que puede alterar la adhesión celular y su capacidad de movimiento.
 - Se reduce la adhesión con otras células y con la matriz extracelular.

- Frecuentemente secretan enzimas que les permiten invadir los tejidos vecinos.
- Tienen unas proteínas de membrana diferentes, algunas con función receptora de hormonas que inducen la división celular.

7. a) Si, en el texto está presente la idea de selección natural. La selección natural es el mecanismo propuesto por Darwin para explicar la evolución. La selección natural la explica diciendo que como nacen más individuos que los que pueden sobrevivir, se establece una lucha por la existencia, de un individuo con otros de su misma especie, con individuos de otras especies y con las condiciones físicas del entorno. Si el ambiente es muy hostil, los individuos menos aptos mueren y solo los más aptos llegan a reproducirse, y por ello solo estos transmiten sus características a la generación siguiente. La selección natural se puede definir, pues, como la supervivencia del más apto. En el caso de los insectos, los de mejor camuflaje serán menos visibles por los depredadores y podrán reproducirse mejor y dejar mayor número de descendientes.

- b) Los genes son los elementos que determinan los caracteres y sobre ellos actúa la evolución. La variabilidad de la descendencia en los organismos con reproducción asexual se debe exclusivamente a las mutaciones, y en los organismos con reproducción sexual a las mutaciones y, sobre todo, a la recombinación genética que se produce en la meiosis.

La selección natural escoge de entre toda la variabilidad genética aquellos individuos mejor adaptados al medio, que serán los que dejarán una mayor descendencia.

Un ejemplo puede ser el de las jirafas. En una población de jirafas los individuos presentan variaciones. Así habrá individuos con las patas y el cuello más largos que lo corriente. En épocas desfavorables, como largos períodos de sequía en los que no hay alimentos para todos, las jirafas de patas y cuello más largos estarán más capacitadas para alcanzar las ramas de los árboles, por lo que sobrevivirán. Las demás irán pereciendo de hambre. Al actuar la selección natural, permite que los individuos más adaptados, las jirafas de patas y cuello más largos, se reproduzcan mejor, dejando más descendientes que heredarán esa característica de sus progenitores. Generación tras generación, de forma continua y gradual se irán seleccionando las jirafas de patas y cuello largos. Al cabo de muchas generaciones llegaríamos a las jirafas actuales.

8. a) Una especie es un conjunto de poblaciones formadas por individuos que se pueden cruzar entre sí y originar una descendencia fértil. Para demostrar que los cebús pertenecen a la misma especie que las vacas y los toros se cruzaría un cebú macho con una vaca o un cebú hembra con un toro, si la descendencia obtenida del cruce es fértil afirmaríamos que pertenecen a la misma especie.

- b) Frecuencia del alelo A: $(6 + (12/2))/20 = 0,6$
 Frecuencia del alelo B: $(2 + (12/2))/20 = 0,4$
 Frecuencia del genotipo AA: $6/20 = 0,3$
 Frecuencia del genotipo AB: $12/20 = 0,6$
 Frecuencia del genotipo BB: $2/20 = 0,1$

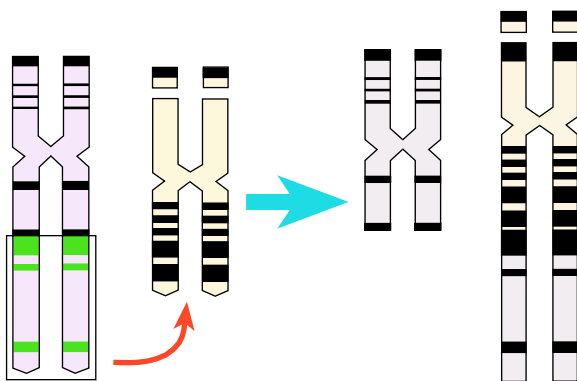
Frecuencias genotípicas	AA	AB	BB
	0,3	0,6	0,1

Frecuencias genéticas (alélicas)	A	B
	0,6	0,4

- c) Si los dos tipos de hemoglobina tienen la misma eficacia biológica, la selección natural no modificará la frecuencia. Al tratarse de una población pequeña, la deriva genética modificará esas frecuencias de manera aleatoria.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

- Los tres tipos de mutaciones se diferencian en la extensión del material genético afectado:
En las mutaciones génicas la mutación afecta a la secuencia nucleotídica de un gen, en las cromosómicas se altera la estructura de los cromosomas y en las genómicas cambia el número de cromosomas respecto a la dotación normal de la especie.
- La translocación recíproca es un tipo de mutación cromosómica, en la que un fragmento cromosómico cambia de posición, trasladándose a otro cromosoma.



- Las mutaciones génicas o puntuales son alteraciones en la secuencia de nucleótidos de un gen. Pueden ser de diversos tipos, uno de ellos son las transiciones que consisten en la sustitución de una base púrica por otra, o de una pirimidínica por otra.

Así, en la secuencia de ADN propuesta: 3' ATGCCA 5', una posible transición sería:

ADN con mutación: 3' GTGCCA 5'.

- La mayor parte del ozono presente en la atmósfera se forma por la acción de la luz ultravioleta sobre la molécula de oxígeno. El ozono, así, absorbe la radiación ultravioleta de longitud de onda mayor. Si se destruye la capa de ozono, deja de ser absorbida la radiación ultravioleta perjudicial, y esta actuará como sustancia mutagénica, lo que provoca el aumento de la incidencia de determinados tipos de mutaciones que pueden originar cáncer, como el de piel.

Los rayos UVB son así absorbidos por el ADN y provocan la formación de un enlace covalente entre dos bases pirimidínicas sucesivas en la misma cadena, lo que da lugar a los dímeros de timina y los dímeros de citosina. Como consecuencia se produce la ruptura de los enlaces de hidrógeno que mantenían sus correspondientes bases complementarias, lo que provoca la desorganización de la doble hélice de ADN y la pérdida de su función. Además, los UVA pueden provocar la producción de radicales libres, al ser absorbidos directamente por el ADN.

- El cáncer es debido a una división rápida, desordenada y sin control de células, que conduce a la destrucción del tejido afectado, e incluso puede invadir otros órganos.

No se conocen con exactitud los mecanismos por los que las células se convierten en cancerosas. Sin embargo, se piensa que las células se convierten en cancerosas debido a la acumulación de mutaciones, ya sea espontáneas o inducidas por agentes mutágenos, como por ejemplo las radiaciones ionizantes y no ionizantes, ciertos virus y determinados productos químicos.

- Protooncogenes.** Genes que codifican proteínas implicadas en determinadas etapas de la división celular, promoviendo la división celular en las células normales.
 - Genes supresores de tumores.** Son genes que, en las células normales, inhiben la proliferación celular. Cuando mutan, pierden su funcionalidad, de modo que se promueve la proliferación.
- Una especie es un conjunto de poblaciones formadas por individuos que se pueden cruzar entre sí y originar una descendencia fértil. Por tanto, si dos individuos, cada uno de una isla, al cruzarlos no tienen descendencia fértil, podemos considerar que pertenecen a diferentes especies.

La especie *Podarcis muralis* presenta una cierta variabilidad intraespecífica respecto a caracteres como la medida, el color y dibujos, etc. Cuando las islas quedan aisladas del resto del continente, se forma una barrera geográfica que impide que continúen reproduciéndose las lagartijas entre ellas. En cada isla se producen mutaciones que incrementan la variabilidad de la descendencia y las características serán seleccionadas según sean o no adecuadas para el ambiente en el que se desarrollan (alimento, depredadores, variables ambientales, etc.), propio de cada isla. Los individuos que posean unas características óptimas para la isla en la que se encuentran se reproducirán de manera ventajosa ante los que no las poseen, produciéndose así una selección natural. En el momento en el que no se pueden reproducir entre ellas dando una descendencia fértil, serán especies distintas.

- Una forma de estudiar la selección natural consiste en ver sus efectos sobre el fenotipo de los individuos de una población, lo que provoca cambios en las frecuencias génicas. Según su efecto, se distinguen tres tipos de selección:

Selección direccional. Se produce cuando se favorecen los fenotipos en una dirección particular. En este caso, aumenta la frecuencia de uno de los alelos. Este tipo de selección es frecuente cuando una especie coloniza un nuevo territorio con condiciones ambientales diferentes a aquel del que procede.

Selección estabilizadora. Tiene lugar cuando se favorece un fenotipo intermedio en detrimento de los que presentan fenotipos extremos. Este tipo de selección mantiene la existencia de ambos alelos a la superioridad de los heterocigotos o heterosis.

Selección disruptiva. Ocurre cuando se favorecen los dos fenotipos extremos en detrimento de los fenotipos intermedios.

- La deriva genética es el cambio en las frecuencias génicas, debido a que el número de individuos reproductores y, por tanto, de gametos, es pequeño y resulta inferior al necesario para que estén bien representados todos los genotipos posibles. Se produce en poblaciones pequeñas, ya que el alelo presente en una baja proporción es fácil que se pierda. En ese caso, el azar puede hacer que las frecuencias varíen mucho de

una generación a la siguiente. Hay dos situaciones especiales de deriva genética:

- **Efecto fundador.** Ocurre cuando tiene lugar la formación de una población a partir de muy pocos individuos. Cuanto menor sea su número, mayor influencia tendrán sus características en los descendientes.
- **Efecto cuello de botella.** Se produce cuando las poblaciones quedan reducidas a muy pocos individuos, debido a determinadas condiciones ambientales adversas, como sequías, incendios, plagas, etc.

10. a) Entre los dos alelos que muestra el gen del color del cuerpo de la mariposa hay una relación de dominancia. El alelo F (color oscuro) domina sobre el alelo f (color claro). Posiblemente las poblaciones de las situaciones A y B provienen de una población inicial común, ya que las frecuencias fenotípicas, genotípicas y alélicas son las mismas. Al producirse un cambio en el ambiente (en la situación C desaparecen los árboles claros y en la situación D desaparecen los árboles oscuros) se alteran las presiones selectivas a las que se ven sometidas las dos poblaciones de mariposas que viven en cada lado de la casa. En la situación C, las mariposas blancas son más visibles sobre los troncos de los árboles y aumenta su tasa de mortalidad. Al contrario ocurre en la situación D, las mariposas oscuras se observan con más facilidad. La selección natural favorece a las mariposas oscuras en la situación C (genotipos FF y Ff, de ello el aumento de la frecuencia del alelo F), y a las mariposas claras en la situación D (genotipos ff, de ello el incremento de la frecuencia del alelo f).
- b) En el bosque representado en la situación D puede llegar a desaparecer el alelo F. Las mariposas que muestran este alelo (homocigotos o heterocigotos) tienen el color del cuerpo oscuro y, por tanto, al ser más visibles tienen una mayor probabilidad de ser atacadas por los depredadores. Puede así darse el caso de que se eliminen todas las mariposas oscuras, no quedando en la situación D el alelo F. En el bosque representado en la situación C, el alelo f puede llegar a disminuir su frecuencia. No obstante, es muy improbable que llegue a desaparecer, puesto que las mariposas con el fenotipo oscuro son portadoras de este alelo. Estas mariposas, que son heterocigóticas, se encargarán de mantener este alelo en la población. En el hipotético caso de que se eliminaran todas las mariposas claras, todavía quedaría el fenotipo f entre la población (en las mariposas heterocigóticas).
- c) Esta situación ilustra un caso de macroevolución, alteración de las frecuencias alélicas debido a la presión selectiva del ambiente. La acumulación de estos tipos de cambios en múltiples caracteres, no solo en el color del cuerpo de la mariposa como ocurre en el ejemplo, acaba por provocar la diversificación y aparición de una nueva especie.

AMPLIACIÓN

1. a) Actualmente la especie humana es la única representante de la familia de los homínidos, dentro del orden de los primates. En un sentido amplio podemos decir que la especie humana procede del mono, es decir, de un primate superior primitivo, extinguido en la actualidad. Con los monos actuales, y especialmente con el chimpancé, el gorila y el orangután, los humanos compartimos un antepasado común, debido a que las respectivas fami-

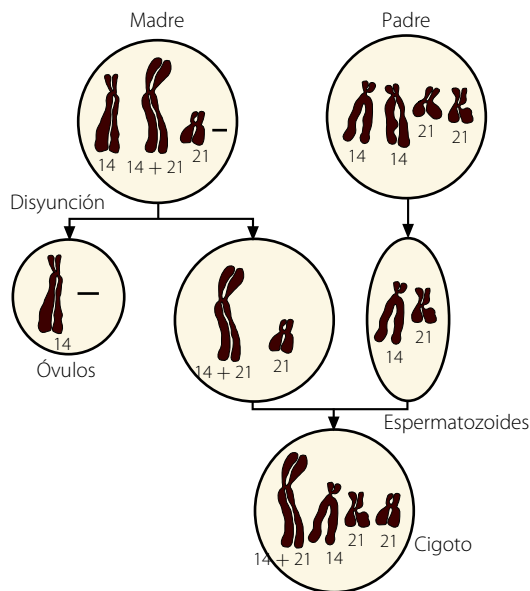
lias (Póngidos y Homínidos) se separaron recientemente a escala de tiempo geológico. Si tenemos un origen común, difícilmente podremos descender de los monos actuales.

- b) El número de mutaciones que diferencian un gen puede utilizarse como una medida de la distancia genética, o del grado de parentesco evolutivo entre dos especies. Así, el chimpancé y los seres humanos nos diferenciamos en una sola mutación de ese gen. El orangután y los seres humanos nos diferenciamos en tres, siete con los babuinos y 13 con los cébidos. Por tanto, la información que aparece en el esquema nos muestra un mayor parentesco evolutivo en primer lugar con el chimpancé y en segundo lugar con el orangután.
- c) Dentro del conjunto de individuos de la misma especie que forman una población no todos son exactamente iguales, presentan por tanto variabilidad, entre ellos puede haber ciertas diferencias, como el tamaño, el color, etc. Esta variabilidad tiene origen genético. El medio seleccionará a los organismos mejor adaptados. Así, dentro de una población, aquellos individuos que presenten una variación ventajosa para un determinado ambiente tendrán una mayor probabilidad de sobrevivir que los que no la muestran. La selección natural actúa sobre las variaciones que se producen en los individuos. Si las condiciones del medio se mantienen sin cambios durante mucho tiempo, aquellos individuos con variaciones ventajosas que les confieren una mejor adaptación al medio, sobrevivirán más, se reproducirán más y transmitirán los cambios a la descendencia. Por el contrario, los individuos con variaciones desventajosas tendrán menos probabilidad de sobrevivir y, por tanto, de reproducirse. De esta manera, poco a poco, de forma continua y gradual, las especies van cambiando.
2. a) La selección natural actúa sobre las variaciones que se producen en los individuos. Si las condiciones del medio se mantienen sin cambios durante mucho tiempo, aquellos individuos con variaciones ventajosas que les confieren una mejor adaptación al medio, sobrevivirán más, se reproducirán más y transmitirán los cambios a la descendencia. Por el contrario, los individuos con variaciones desventajosas tendrán menos probabilidad de sobrevivir y por tanto de reproducirse. De esta manera, poco a poco, de forma continua y gradual, las especies van cambiando.

La información proporcionada describe claramente una situación en la que interviene la selección natural. Las condiciones de vida de este periodo favorecen a ciertos individuos de la población de pájaros, los portadores de una característica que les hace más eficaces: el grupo de individuos con el pico superior. Estos individuos al alcanzar la edad reproductora dejarán mayor descendencia por lo que se harán más abundantes, de forma progresiva, en las siguientes generaciones.

- b) La evolución de los caracteres se produce seleccionando los más aptos a la situación del medio de entre una diversidad más o menos grande, producida por la variabilidad generada al azar.
3. a) La madre presenta una anomalía constante en la fusión de uno de los cromosomas del par 21 con uno de los cromosomas del par 14. Se trata de una traslocación completa de uno de los cromosomas del par 21.

- b) El padre tras la meiosis producirá espermatozoides normales que portarán cada uno un cromosoma 14 y un cromosoma 21. La madre, por el contrario, producirá dos tipos de óvulos. Unos óvulos portarán el cromosoma 14 y ningún cromosoma 21, mientras que otros portarán el cromosoma 14 + 21 y el cromosoma 21. Si estos últimos óvulos se unen con espermatozoides normales del varón, se producirá un cigoto que portará los cromosomas 14 + 21, 14, 21 y 21, que darán hijos con la trisomía 21, pero con dotación normal (46 cromosomas).



4. Pueden ser dos tripletes:

CCU (pro) → CAU (his) y CCC (pro) → CAC (his)

5. Una mutación que cambie solamente una base por otra en el ADN es una mutación génica o puntual por sustitución de bases. Estas mutaciones pueden ser de dos tipos:

Transiciones: se sustituye una base púrica por una púrica o una pirimidínica por una pirimidínica.

Transversiones: se sustituye una base púrica por una pirimidínica o viceversa.

La sustitución provoca la alteración de un único triplete. Dicha alteración puede originar un cambio de aminoácido por otro de distinto tipo, lo que haría que la proteína perdiese su configuración original y no fuera funcional. Además puede llevar a que la sustitución indique un triplete de parada, lo que provocaría que la proteína fuese más corta. En cualquiera de ambos casos, si la mutación se produjera en el gen que codifica para una de las proteínas que componen el complejo ATPsintetasa, este no sería funcional y no se produciría la fosforilación oxidativa.

REFUERZO

1. El error producido es una transición, un tipo de mutación génica o puntual en la que se ha cambiado una base púrica (guanina) por otra púrica (adenina). Durante la replicación el error puede ser corregido por la ADN polimerasa III (que además de su actividad polimerasa tiene actividad exonucleasa) y por la ADN-polimerasa I.

2. Figura 2: Individuo normal con $2n = 6$ cromosomas.

Figura 1: Euploidía del tipo monoploidía. Únicamente existe un juego cromosómico completo, es decir, n cromosomas.

Figura 3: Aneuploidía, concretamente una trisomía del par A.

Figura 4: Euploidía, del tipo triploidía, con $3n$ cromosomas.

3. El codón AGA que codifica el aminoácido Arg, cambiaría a UGA, que es un codón terminador (stop). Por tanto, el ribosoma no aceptaría ningún aminoácido en esta posición y el ARNm dejaría de ser leído a partir de esta posición. Por lo que, se obtendría una proteína incompleta, que probablemente sería una proteína defectuosa para ejercer su función.

4. a) Falso. Muchas mutaciones no tienen efecto sobre el fenotipo, y las que los tienen no son siempre negativas, también pueden ser positivas.

b) Verdadero.

c) Falso. Las mutaciones se producen por alteración de los ácidos nucleicos no de las proteínas.

5. Sí, debido a dos posibles causas:

1. Si la mutación tiene lugar en una secuencia intrónica no ocurriría nada, ya que estas secuencias no tienen información para la síntesis de la proteína.
2. También podría ocurrir que al alterarse un nucleótido apareciese un codón sinónimo y no se produjesen cambios.

6. Tanto las mutaciones como la recombinación génica, que tiene lugar durante la profase I de la meiosis, son causa de la variabilidad en una población, lo que produce cambios en la información genética, y son heredables.

En los organismos con reproducción asexual la variabilidad de la descendencia se debe exclusivamente a las mutaciones, pero en los organismos de reproducción sexual dicha variabilidad se debe a las mutaciones y, sobre todo, a la recombinación génica.

7. Una mutación puntual o génica consiste en un cambio químico en el ADN, concretamente en la secuencia de nucleótidos de un gen. Dichas alteraciones pueden afectar tanto a genes estructurales como a los genes reguladores. Si afecta a los nucleótidos de un gen que codifica un enzima metabólico, puede dar lugar a una enfermedad metabólica hereditaria, como la alcaptonuria.

8. La mutación podría ser por delección, un tipo de mutación génica o puntual que provocaría que todos los tripletes de bases estarían cambiados y, por tanto, el mensaje codificado será totalmente distinto.

La ARN polimerasa lee en dirección $3' \rightarrow 5'$ y sintetiza en dirección $5' \rightarrow 3'$. Por tanto, la secuencia de ARN mensajero que se origina de la transcripción del fragmento de ADN dado será:

5'GGC CUA CAU CCG CAG ACA GCC 3'

La síntesis de proteínas o traducción se realiza leyendo cada triplete en sentido $5' \rightarrow 3'$. Por tanto, la cadena polipeptídica que se origina es:

NH₂-Gly-Leu-His-Pro-Gln-Thr-Ala-COOH

Si se introduce una mutación que provoca la pérdida de dos bases, por ejemplo la segunda y tercera base, quedaría la siguiente secuencia:

5' G CUA CAU CCG CAG ACA GCC 3'

Por lo que quedarían los siguientes tripletes:

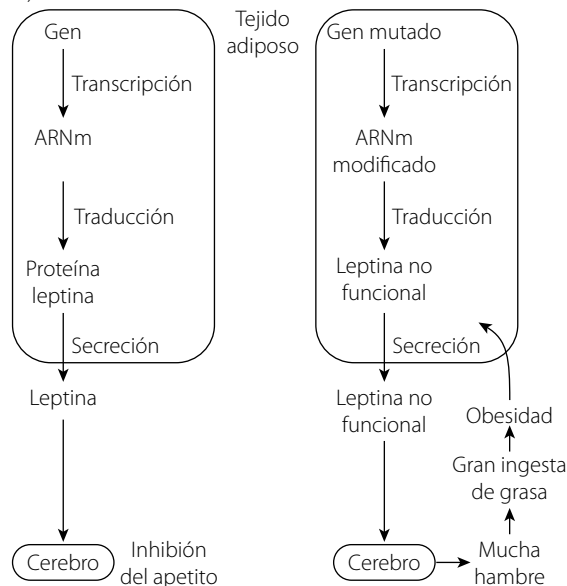
5' GCU ACA UCC GCA GAC AGC C 3'

Que darían el siguiente polipéptido:

NH₂-Ala-Thr-Ser-Ala-Asp-Ser-COOH

9. Las mutaciones son alteraciones al azar del material genético de un individuo. Muchas mutaciones son negativas, ya que suponen deficiencias e incluso la muerte para el individuo que las desarrolla. Sin embargo, las mutaciones también comportan un aspecto positivo para la especie, pues aportan variabilidad a la población. Ello permite que si se produce un cambio en el ambiente y las condiciones son muy adversas para los individuos normales, la existencia de individuos mutantes hace que pueda haber algunos que soporten las nuevas condiciones. Con ello, las mutaciones permiten la evolución de las especies y la continuidad de la vida a lo largo de millones de años.
10. El intercambio de un brazo de los cromosomas de la pareja 8 con otro de la pareja 14 indica que se ha producido una mutación cromosómica estructural del tipo de translocación recíproca. Al producirse entre el cromosoma 8 y 14 es una mutación autosómica. Dicha mutación se transmitirá a la descendencia dependiendo de si los gametos contienen o no la mutación. Al tratarse de una translocación habría gametos que podrían contener la mutación y, por tanto, transmitirla a la descendencia, y gametos que serán normales y que no producirán ninguna anomalía en la descendencia.

11. a)



b) La sustitución de una base en un gen es una mutación.

El triplete ATG se transcribe en el codón AUA, que codifica para el aminoácido Tyr. En cambio, el triplete mutado ATC se transcribe en el codón UAG, que indica stop o parada de la síntesis de proteínas. Por tanto, la proteína leptina se hace más corta de lo que era y deja de ser funcional.

OBJETIVOS

1. Entender el concepto de microorganismo, conocer los grupos en los que se engloban y apreciar su diversidad y heterogeneidad.
2. Conocer las características estructurales, fisiológicas y los principales grupos de microorganismos procariotas.
3. Conocer las principales características estructurales, fisiológicas y los grupos más importantes de microorganismos eucariotas.
4. Describir la estructura, composición y modo de infección de las formas acelulares.

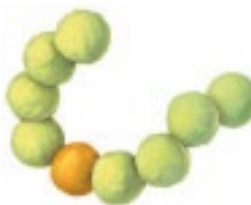
CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Concepto y tipos de microorganismos. (Objetivo 1) • Los microorganismos procariotas: (Objetivo 2) – Las bacterias: estructura bacteriana, fisiología bacteriana y tipos de bacterias. – Las arqueobacterias. • Los microorganismos eucariotas: (Objetivo 3) – Algas microscópicas. – Protozoos. – Hongos microscópicos. • Formas acelulares: (Objetivo 4) – Los virus: estructura y ciclo de los virus. – Viroides. – Priones.	• Observación de diapositivas de diferentes microorganismos. (Objetivos 1, 2, 3 y 4) • Construcción de un cuadro comparativo entre las características de los diferentes grupos de microorganismos. (Objetivo 1) • Elaboración de esquemas de la morfología de bacterias y arqueobacterias. (Objetivo 2) • Investigación sobre los posibles beneficios que nos pueden reportar las bacterias. (Objetivo 2) • Búsqueda bibliográfica sobre la estructura, fisiología, hábitat e importancia de diferentes microorganismos procariotas y eucariotas. (Objetivos 2 y 3) • Observación al microscopio de microorganismos. (Objetivos 2 y 3) • Interpretación de microfotografías de diferentes virus. (Objetivo 4) • Interpretación de esquemas del ciclo lítico y lisogénico de diferentes virus. (Objetivo 4)	• Apreciar el valor y beneficio de los microorganismos. • Interés por observar microorganismos que pueden apreciarse a simple vista. • Comprender la importancia de la tinción de Gram para observar bacterias. • Mostrar interés por conocer los avances logrados en el estudio de los microorganismos. • Reconocimiento de las implicaciones éticas y morales de los resultados de las investigaciones biológicas. • Respeto por las normas de uso del laboratorio. • Valorar la importancia del estudio de los microorganismos y de las formas acelulares.

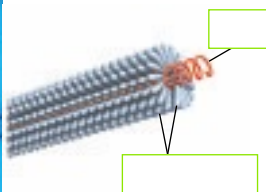
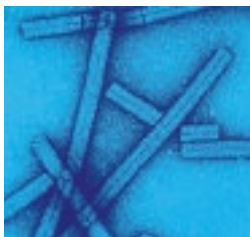
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Explicar el concepto de microorganismo, señalando los principales grupos que engloba. (Objetivo 1)	1	1
b) Describir la estructura y función de bacterias y arqueobacterias. (Objetivo 2)	2, 3 y 4	2, 3 y 4
c) Indicar las características y ejemplos de los diferentes grupos de bacterias y arqueobacterias. (Objetivo 2)	5, 6 y 7	5
d) Describir la estructura y función de los microorganismos eucariotas. (Objetivo 3)	8 y 9	6, 7 y 8
e) Explicar el papel acelular de los virus, indicando su estructura y clasificación. (Objetivo 4)	10	9, 10 y 11
f) Describir los ciclos líticos y lisogénico de los virus, estableciendo las principales diferencias existentes entre ellos. (Objetivo 4)	11	12
g) Conocer la existencia y particularidades de viroides y priones. (Objetivo 4)	12	13 y 14

LAS BACTERIAS

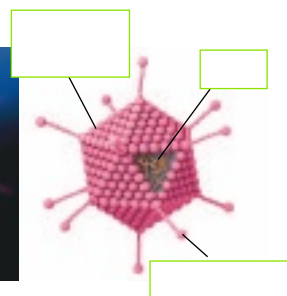
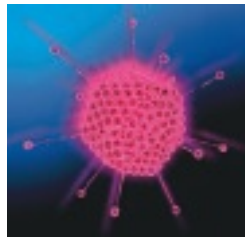
Agrupaciones de las bacterias

Forman cadenas, pues se dividen en una dirección.	Forman parejas. Se dividen en una dirección.	Forman cadenas. Se dividen en una dirección.	Forman racimos. Se dividen en dos direcciones.	Forman asociaciones tridimensionales regulares.
				

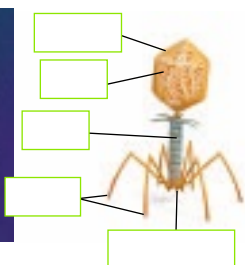
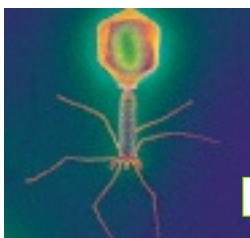
LOS VIRUS



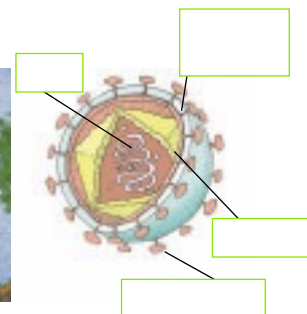
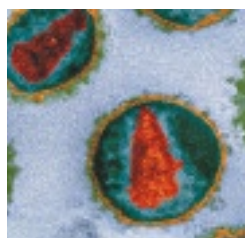
Virus del mosaico del tabaco. Cápsida helicoidal.



Adenovirus. Cápsida icosaédrica.



Bacteriófago T4. Cápsida compleja.



Virus de la gripe. Cápsida icosaédrica con envoltura.

Observación de bacterias del yogur y la cavidad bucal. Tinción de Gram

La célula bacteriana es tan pequeña que resulta difícil observar con el microscopio óptico. La principal dificultad es la falta de contraste entre la célula y el medio que la rodea. Para aumentar dicho contraste es necesario el empleo de sustancias coloreadas que se fijen sobre las bacterias y logre destacarlas.

Si lo que se quiere es solo aumentar el contraste de las células bastará un procedimiento de tinción simple, por ejemplo, con azul de metileno, un colorante que actúa sobre todas las células bacterianas rápidamente y que debido a su color poco intenso permite observar algunos detalles celulares. Es especialmente útil para detectar la presencia de bacterias en muestras naturales, puesto que la mayor parte del material no celular no se tiñe. Existe otro método que no tiñe de igual forma a las bacterias, se trata de una tinción diferencial, y una de las más usadas es la tinción de Gram. Basándose en dicha tinción las bacterias se dividen en dos tipos: Gram positivas y Gram negativas.

Objetivos

- Iniciar en las técnicas de estudio de microorganismos mediante la técnica de tinción diferencial de Gram.
- Conocer el fundamento estructural de la tinción de Gram.
- Utilizar el microscopio con el objetivo de inmersión.

Material necesario

– Microscopio con objetivo de inmersión.	– Cubreobjetos.	– Aceite de inmersión.	– Safranina.
– Mechero de alcohol.	– Papel de filtro.	– Palillos planos.	– Etanol al 95 %.
– Portaobjetos.	– Pinzas para sujetar portaobjetos.	– Cristal violeta.	– Yogur natural.
		– Lugol.	– Frasco lavador.

Desarrollo

1. Coloca unas dos gotas de agua en sendos portaobjetos. En uno de ellos disuelve una pequeña cantidad de yogur, que debes tomar con un palillo. Haz lo mismo con sarro dental extraído de la boca con otro palillo.
2. Con un portaobjetos limpio, realiza un frotis, extendiendo bien las gotas de agua que contienen la bacteria. En la muestra de yogur echa alcohol sobre el portaobjetos con el fin de que arrastre la grasa que contiene el yogur.
3. Con ayuda de unas pinzas, pasa el portaobjetos de cada preparación varias veces por la llama del mechero con el fin de fijar la extensión, procurando que no llegue a quemarse la muestra.
4. Cubre ambos portaobjetos con el colorante cristal de violeta (colorante inicial) y deja actuar durante un minuto.
5. Lava cada muestra con agua destilada, utilizando para ello un frasco lavador, con el fin de retirar el colorante. Para ello inclina el portaobjetos y deja caer agua suavemente hasta que las gotas que salgan no tengan casi color.
6. Cubre de nuevo cada muestra con unas gotas de lugol (mordiente) y deja actuar tres minutos.
7. Lava de nuevo cada muestra con agua destilada como hiciste anteriormente. Las células quedarán teñidas de violeta.
8. Decolora cada muestra con etanol al 95 %, dejando caer gota a gota por el portaobjetos inclinado, hasta que las gotas que caigan no tengan color.
9. Lava nuevamente con agua destilada como has procedido anteriormente.
10. Cubre las preparaciones con safranina (colorante de contraste) y deja actuar durante 1 minuto. Lava nuevamente con agua destilada. Seca la preparación con papel de filtro y observa las muestras al microscopio, utilizando el objetivo de inmersión.

Practica

1. ¿Qué observas en la preparación?
2. ¿De qué color ves las bacterias? ¿A qué se debe que aparezcan dos tipos de bacterias teñidas de diferente color?
3. ¿Qué forma tienen las bacterias observadas?
4. ¿Por qué es necesario colorear las bacterias para observarlas al microscopio?
5. ¿Por qué crees que se debe fijar el frotis antes de colorear las células?

- 1 En relación con la diversidad microbiana:
- Indica tres microorganismos pertenecientes a distintos reinos, indicando en cada caso el reino al que pertenece.
 - Señala si cada uno de los microorganismos mencionados en el apartado anterior tiene o no organización celular y de qué tipo.
 - Menciona tres microorganismos beneficiosos para el ser humano o para el medio ambiente, con indicación de sus efectos.

- 2 Dibuja y rotula las estructuras más relevantes de una célula bacteriana típica.

- 3 ¿Qué funciones tiene la cápsula externa en las bacterias? ¿Aparece la cápsula en todas las bacterias?

- 4 En relación con las bacterias, completa el cuadro siguiente:

	Pared celular (presencia/ausencia) y características	Ejemplos y/o enfermedad
Bacterias Gram + Bacterias Gram – Micoplasmas Arqueobacterias		

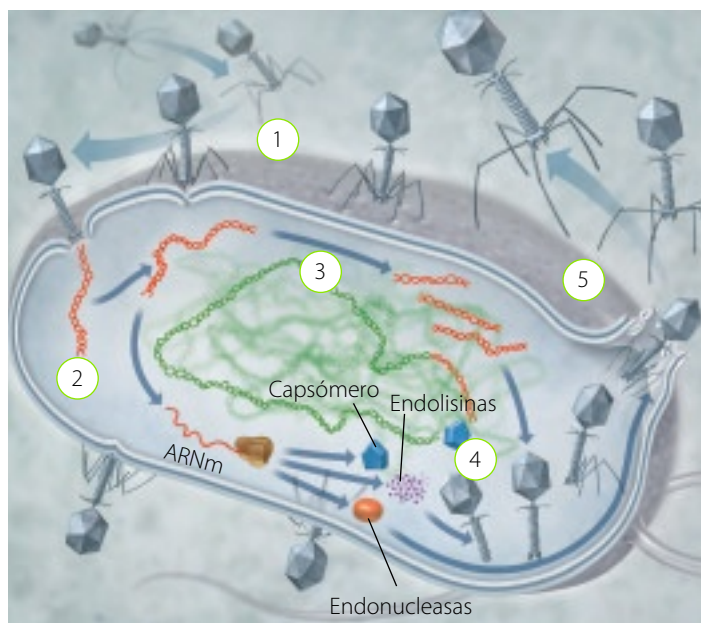
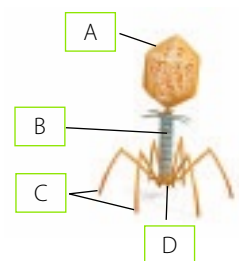
- 5 En una revista de divulgación científica se leen los siguientes titulares:

«En una cueva a 500 m de profundidad se ha descubierto una nueva especie de bacteria que solo requiere el aminoácido metionina como nutriente orgánico».

«En la Albufera de Valencia se utilizan cianobacterias en los arrozales».

- Razona cómo ha de ser el tipo de metabolismo de esa nueva especie de bacteria.
 - ¿Qué puede significar que se utilicen cianobacterias en un cultivo?
- 6 Describe con un dibujo el fenómeno de la conjugación bacteriana. Explica en pocas palabras la importancia que tiene este fenómeno para las bacterias.
- 7 ¿Qué diferencia fundamental hay entre la pared bacteriana de arqueobacterias y eubacterias?
- 8 Define y diferencia los siguientes tipos de microorganismos: algas, protozoos y hongos.
- 9 Según el modo de locomoción, ¿cómo podemos clasificar a los protozoos? Indica un ejemplo concreto de cada grupo.
- 10 Indica la clasificación de los virus, señalando ejemplos concretos:
- Según el huésped que parasitan.
 - Según el material hereditario.
 - Según la forma de la cápsida.
 - Según la envoltura externa.
- 11 Diferencia entre ciclo lítico y lisogénico.
- 12 ¿Qué es un prión? ¿Cuál es la forma de actuar de los priones?

- 1 Realiza un cuadro comparativo entre los diferentes microorganismos teniendo en cuenta las siguientes características: tipo de organización celular; unicelulares/pluricelulares, presencia de envoltura nuclear; orgánulos membranosos; tipo de ADN, presencia de histonas asociadas al ADN y tipo de pared celular.
- 2 Respecto a las bacterias:
 - a) Indica dos mecanismos de transferencia de material genético entre bacterias, indicando en qué consiste cada uno de ellos.
 - b) Indica las principales funciones de la pared celular bacteriana.
 - c) Respecto al metabolismo bacteriano, indica el significado de los términos quimiotrofo y aerobio facultativo.
- 3 Indica las funciones de las fimbrias y los pelos bacterianos.
- 4 ¿Qué son los plásmidos? ¿Qué diferencia tienen con el ADN bacteriano?
- 5 Indica a qué tipo de microorganismo hacen referencia las siguientes descripciones:
 - a) *Escherichia coli* es un bacilo Gram que vive en el intestino de las personas y de algunos animales.
 - b) Carecen de pared bacteriana, su membrana plasmática contiene esteroides, muchas son patógenas y producen enfermedades como la neumonía atípica.
 - c) Responsables de la producción de metano en los pantanos.
 - d) Anaerobios, unicelulares, fotosintéticos que poseen un pigmento azul, la ficocianina.
 - e) Producen sífilis en las personas.
- 6 En las algas unicelulares que constituyen el fitoplancton se pueden distinguir tres grupos. ¿Qué grupos son? ¿Qué les diferencia?
- 7 Respecto a la nutrición, ¿cuál es la diferencia entre algas y hongos?
- 8 Señala las principales diferencias entre levaduras y mohos. Indica un ejemplo de cada grupo y señala su importancia biológica.
- 9 a) ¿Qué microorganismo representa la imagen?
 b) ¿Cuál es su composición química?
 c) Nombra las estructuras señaladas con las letras A, B, C y D, e indica la función que realizan.
- 10 Entre los virus y la célula hospedadora existe una elevada especificidad. ¿A qué crees que se debe dicha especificidad?
- 11 ¿Qué es un virión? Indica su composición.
- 12 Con referencia a los virus y otros agentes infecciosos: indica a qué tipo de ciclo corresponde el siguiente esquema y explica brevemente cada una de las fases representadas con números.
- 13 ¿Qué son los viroides? ¿Qué tipo de enfermedades producen?
- 14 ¿Se puede considerar a los priones organismos celulares? ¿Por qué?



- 1 Los microorganismos son de talla microscópica pero a veces pueden detectarse a simple vista, ¿podrías indicar algunos ejemplos de ello?
- 2 Un equipo de biólogos se encuentra investigando un agente infeccioso en humanos. Tras varios ensayos en el laboratorio, encuentran que dicho agente:
 1. Es tan pequeño que no puede observarse con el microscopio óptico, pero sí con el electrónico. Además, los numerosos ejemplares observados tienen todos exactamente el mismo tamaño.
 2. Su forma es esférica.
 3. Contiene ADN bicatenario circular.
 4. Se reproduce en el interior del organismo humano.
 5. Sin embargo, no ha sido posible su reproducción cuando es obtenido desde fluidos corporales de un paciente y se intenta que se multiplique en los medios de cultivo en el laboratorio.Indica si con estos datos se podría deducir si se trata de un virus o de una bacteria. Razona la respuesta.
- 3 ¿Crees que existen virus que no precisen colonizar una célula procariota o eucariota para prosperar y ser capaz de infectar a otro virus y enfermarlo? Investiga sobre el tema.
- 4 El origen de los virus no está claro hoy en día, debido a que no existe un registro fósil. Sin embargo, hay diferentes hipótesis sobre su origen. Averigua cuáles son esas hipótesis y en qué consisten.
- 5 Señala las diferencias entre una bacteria y un virus.
- 6 Define: microorganismo saprobio, simbiote y parásito. Pon un ejemplo de cada tipo.
- 7 ¿Qué diferencia a las arqueobacterias, micoplasmas y eubacterias entre sí?
- 8 A nivel general, ¿cuáles son las principales diferencias existentes entre el ciclo biológico de un bacteriófago y el de un retrovirus?
- 9 ¿Son sensibles las arqueobacterias a los antibióticos beta-lactámicos? ¿Por qué?
- 10 Las arqueobacterias hipertermófilas se encuentran en aguas termales o en hábitats volcánicos ricos en azufre. Pueden llegar a soportar temperaturas por encima de los 90 °C. ¿Qué adaptación evolutiva presenta la membrana de dichas bacterias para soportar tan elevadas temperaturas?
- 11 Indica las semejanzas y diferencias entre las mitocondrias y las bacterias. ¿Puedes sacar alguna conclusión?
- 12 La influenza o gripe es una enfermedad respiratoria aguda que afecta a los seres humanos. Su agente causal es el virus de la Influenza o virus de la gripe, que se caracteriza por poseer una gran variabilidad genética y el potencial de causar epidemias y pandemias. Investiga sobre la estructura de dicho virus y los tipos de virus de la gripe que existen. ¿Por qué el virus de la gripe es más infeccioso en invierno que en verano?
- 13 ¿Qué diferencia hay entre virión y viroide?
- 14 En un laboratorio se obtuvo un bacteriófago que tiene la cápsida del fago T2 y el ADN del fago T4. Con el bacteriófago obtenido en dicho laboratorio se infecta una bacteria. Contesta a las preguntas siguientes, razonando la respuesta:
 - a) ¿Los fagos descendientes tendrán la cápsida de T2 o de T4?
 - b) ¿Los fagos descendientes tendrán el ADN de T2 o de T4?

1 Relaciona los conceptos de ambas columnas:

1. <i>Saccharomyces</i> .	a) Espiroqueta.
2. Cadang-cadang.	b) Ameba.
3. Encefalopatía espongiiforme.	c) Moho.
4. <i>Penicillium</i> .	d) Virus.
5. Pseudópodos.	e) Viroides.
6. Teca.	f) Diatomeas.
7. Metanógenas.	g) Archeobacterias.
8. Ficocianina.	h) Prión.
9. <i>Escherichia coli</i> .	i) Levadura.
10. <i>Treponema pallidum</i> .	j) Cianobacterias.
11. Bacteriófago.	k) Alga dinoflagelada.
12. Frústulas.	l) Bacteria entérica.

2 ¿Cuáles son los microorganismos eucariotas y a qué reinos pertenecen?

3 Completa el siguiente cuadro de diferencias entre las bacterias Gram positivas y las bacterias Gram negativas.

Características		Gram positivas	Gram negativas
Tinción de Gram			
Pared bacteriana	Número de capas		
	Presencia de peptidoglicano o mureína		
	Ácidos teicoicos		
	Membrana externa		

4 ¿Qué tipos morfológicos podemos distinguir en las bacterias y qué los caracteriza? Señala un ejemplo concreto de cada uno de ellos.

5 ¿Para qué utilizan las bacterias las inclusiones?

6 ¿Sería correcto hablar de parejas de cromosomas homólogos en las bacterias? ¿Por qué?

7 ¿Qué diferencia a las bacterias fotoautótrofas de las fotoheterótrofas?

8 ¿Qué se entiende por virus atenuados?

9 ¿Qué semejanzas hay entre virus, viroides y priones?

10 Indica si las afirmaciones siguientes son verdaderas o falsas, justificando la respuesta:

- Las bacterias son responsables de la transformación de la materia orgánica de los cadáveres en materia mineral.
- Las levaduras son hongos de organización procariota que producen fermentación alcohólica.
- Los virus son capaces de parasitar a los seres vivos, pero existen también formas de vida libre.
- Las algas microscópicas, al igual que los mohos, son microorganismos autótrofos y fotosintéticos.
- Los estreptococos son bacterias esféricas que forman cadenas.

11 ¿Cómo es la reproducción de las bacterias? ¿Cuál es la finalidad del intercambio de información genética en bacterias? ¿Qué son los plásmidos?

RECUERDA Y CONTESTA

1. Porque muchos microbios son los causantes de diversas enfermedades en la especie humana y en los animales domésticos. El conocimiento de su biología y de sus mecanismos de reproducción puede ser útil para contrarrestar su crecimiento.
2. Según su morfología, se distinguen cuatro tipos de bacterias:
 - Bacilos: con forma alargada.
 - Cocos: forma redondeada.
 - Espirilos: con forma de bastón espiralado.
 - Vibrios: con forma de coma ortográfica.

La reproducción de las bacterias es asexual y se lleva a cabo mediante bipartición. Además, algunas bacterias pueden presentar mecanismos de reproducción parasexuales, mediante los cuales intercambian información genética con otras bacterias de la misma o de distinta especie.
3. El descubrimiento del microscopio óptico.
4. Debido a que no llegan a tener estructura celular, ya que carecen de un citoplasma con las enzimas necesarias para realizar un metabolismo. Por tanto, fuera de la célula son totalmente inertes, ya que dependen de la célula a la que parasitan para llevar a cabo sus funciones vitales.

ACTIVIDADES

1. Las características que diferencian a los microorganismos procariotas de los eucariotas son: su tamaño, menor en los procariotas, la ausencia de núcleo en los procariotas, la ausencia de orgánulos citoplasmáticos como mitocondrias, retículos endoplasmáticos, aparatos de Golgi y vacuolas en los procariotas, y la presencia en los procariotas de una pared celular de secreción de mureína.
2. Archaea, Bacteria y Eucarya.
3. La bacteria mide 35 000 Å y el protozoo tiene 0,0034 micras.
4. Las bacterias Gram+ tienen una sola capa gruesa en la pared, constituida de mureína, mientras que las Gram– tienen una capa basal fina de mureína y una membrana externa constituida por una doble capa lipídica con proteínas.
5. Es un peptidoglicano constituido por N-acetilglucosamina (NAG) y N-acetilmurámico (NAM) unidos alternadamente y que forman largas cadenas que se mantienen unidas a través de péptidos entre las moléculas de NAG.
6. Los ribosomas son estructuras globulares dispersas en el citoplasma bacteriano o formando cadenas. Tienen una velocidad de sedimentación de 70 S, se componen de ARN y proteínas y constan de dos subunidades, la mayor de 50 S y la menor de 30 S.
7. Las inclusiones citoplasmáticas de las bacterias pueden ser de almidón, de glucógeno, de lípidos y de volutina. Su misión es servir de moléculas de reserva para las funciones de nutrición.
8. Los flagelos son estructuras largas y móviles que a las bacterias les sirven para desplazarse, mientras que los pelos son rígidos, huecos y estáticos. Hay dos tipos de pelos: los pelos de conjugación, que sirven para unir dos bacterias y transmitirse material genético (conjugación), y las fimbrias, que son pelos de adhesión a diferentes superficies, como a la superficie de las células.
9. Las endosporas son estructuras de resistencia que se forman en el interior de algunas bacterias en respuesta a un medio adverso. Las endosporas se componen de ADN disperso en un pequeño citoplasma delimitado por una membrana plasmática y varias cubiertas alrededor. Mediante las endosporas (exosporas cuando quedan libres en el medio al lisiarse la bacteria) las bacterias pueden estar en vida latente durante largos periodos de tiempo, hasta que las condiciones del medio sean las favorables. En ese momento, las exosporas germinan y dan origen a una nueva bacteria.
10. Los virus pueden contener en su estructura macromolecular trozos de ADN procedentes de bacterias que hayan parasitado anteriormente. Cuando un virus infecta a una bacteria, puede introducirle no solo su material genético, sino también estos trozos de ADN bacteriano exógeno.
11. Ambos son dos tipos de bacterias donadoras, es decir, capaces de transmitir porciones de ADN a otras bacterias. Las bacterias F+ transmiten mediante pelos sexuales copias de plásmidos F que se encontraban libres en su citoplasma, mientras que las Hfr transmiten parte de plásmidos F que se encontraban integrados en su ADN.
12. Debido al intercambio genético entre bacterias de distintas especies que conviven en el intestino, las bacterias que presentan resistencia a antibióticos pueden donar genes incluidos en los fragmentos de ADN que les confiera la resistencia a las bacterias receptoras.
13. Las bacterias purpúreas y las verdes son bacterias fotosintéticas anaerobias que utilizan para captar la energía luminosa pigmentos como la bacterioclorofila y los carotenoides, contenidos en las membranas internas fotosintéticas de las bacterias purpúreas y en los clorosomas de las bacterias verdes.
14. Son las bacterias de la denominada flora intestinal que se encuentran como comensales en el intestino grueso de los animales. Como por ejemplo *Escherichia coli* y *Salmonella*. Contribuyen a la formación de las heces de los animales. En determinadas condiciones pueden llegar a ser patógenas.
15. Son bacterias muy pequeñas que carecen de pared bacteriana y cuya membrana plasmática contiene esteroides. La mayoría de micoplasmas son patógenos.
16. La membrana plasmática de las arqueobacterias puede ser bicapa o monocapa. Los lípidos de esta membrana no contienen ácidos grasos, sino hidrocarburos isoprenoides y pueden ser apolares y polares. La membrana plasmática de las eubacterias es idéntica a la de los eucariotas, pero carece de colesterol.
17. Son arqueobacterias anaeróbicas, frecuentes en los pantanos con abundante materia orgánica en descomposición y cuyo metabolismo libera gas metano (CH₄).
18. Son las dos piezas silíceas que conforman la cubierta de las algas diatomeas.
19. Además de ser importantes integrantes del fitoplancton marino, muchas especies producen toxinas que al ser acumuladas en organismos consumidores secundarios pueden producirles importantes disfunciones orgánicas por envenenamiento e incluso la muerte. Son también las causantes de las llamadas mareas rojas.
20. Los protozoos se mueven mediante pseudópodos, cilios o flagelos.
21. La conjugación ocurre en los protozoos del grupo de los ciliados. Consiste en la fusión temporal de dos ciliados que proceden a intercambiar parte de su material genético. Después de la conjugación los dos ciliados son algo distintos genéticamente, son nuevos individuos.

22. Las hifas son los filamentos microscópicos de los hongos pluricelulares. Están formadas por filas de células unidas. Sus células pueden estar completas (hifas septadas) o incompletamente separadas (hifas sifonadas).
23. Porque desarrollan procesos fermentativos de los cuales se pueden producir productos interesantes a nivel industrial o alimentario, como el alcohol etílico o el pan.
24. Las cápsidas por sí solas no tienen capacidad infectante, ya que solo el genoma vírico tiene capacidad de replicarse cuando está dentro de una célula hospedadora. Una cápsida vacía de genoma solo podría adherirse a la membrana de la célula hospedadora pero no podría transmitir a esta ningún genoma.
25. Los hexones y los pentones son complejos de proteínas globulares que se encuentran en los virus de cápsida icosaédrica.
26. Virus con envoltura membranosa son, por ejemplo, el virus de la hepatitis, el de la gripe, el de la viruela y el del sida. La envoltura membranosa de estos virus tiene forma de una doble capa lipídica procedente de las células a las que parasitan y en ella presentan glucoproteínas que sirven para reconocer a la futura célula hospedadora.
27. El ciclo lítico conduce a la lisis inmediata de la célula hospedadora después de los procesos de duplicación del ADN vírico, de la síntesis de los capsómeros y del ensamblaje de los viriones hijos, mientras que en el ciclo lisogénico la célula hospedadora puede reproducirse varias veces, y con ella el ADN profago, antes de desarrollar un proceso lítico.
28. Durante la fase de eclipse se produce la replicación múltiples veces del ADN del virus, la afirmación de proteínas del virus, como los capsómeros que conformarán las cápsidas, y finalmente el ensamblaje de todos los componentes para formar los virus hijos.
29. Viroides y priones.
30. Una forma espacial distinta; es decir, un plegamiento anormal.
31. Alga: conjunto de microorganismos eucariotas que junto con los protozoos constituyen el grupo de los protocistas. Las algas tienen en sus células cloroplastos, donde se lleva a cabo la fotosíntesis gracias a la presencia de pigmentos como las clorofilas, las xantofilas y los carotenoides. Pueden ser unicelulares o pluricelulares. También existen muchas especies de algas macroscópicas.

Cianobacteria: también llamadas cianofíceas o algas verde-azuladas. Son bacterias fotosintéticas aerobias y poseen un pigmento azul, la ficocianina, además de la clorofila *a*. Pueden ser unicelulares o pluricelulares, y formar colonias filamentosas gracias a la presencia de una capa gelatinosa externa.

Mohos: organismos eucariotas pertenecientes al grupo de los hongos, carentes de pigmentos fotosintéticos, tienen nutrición heterótrofa. Son hongos filamentosos constituidos por hifas, muy abundantes en la naturaleza y se pueden apreciar sobre el pan húmedo, el queso o las frutas maduras porque forman una fina capa parecida al fieltro o al terciopelo. Las esporas de los mohos se forman sin que haya reproducción sexual previa, en el extremo de hifas especiales, los conidios.

Prión: proteína con la misma o casi la misma secuencia de aminoácidos que una proteína normal, pero que tiene una forma espacial distinta, es decir, un plegamiento anormal, y es capaz de inducir a las proteínas normales de la célula a adoptar la forma espacial del prión.

Viroide: pequeña molécula de ARN, de solo unos pocos cientos de nucleótidos, de forma circular y monocatenaria, sin ningún tipo de cubierta y que infecta células vegetales. La infección por viroides generalmente causa una disminución del crecimiento de la planta y un desarrollo anormal.

32. Los microbios o microorganismos son seres vivos de tamaño microscópico, pueden ser unicelulares o pluricelulares, procariotas o eucariotas, y pueden ser tanto autótrofos como heterótrofos. En todos los microorganismos la célula microbiana realiza por sí misma todas las funciones vitales como el metabolismo, el crecimiento, la relación y la reproducción.

Los microorganismos se encuentran en los tres dominios en que se dividen los seres vivos según la clasificación de Woese (1990): *Bacteria*, *Archaea* y *Eucarya*. Los dos primeros dominios están constituidos por organismos procariotas, mientras que el tercero integra organismos eucariotas. *Archaea* comprende a las arqueobacterias y *Bacteria* corresponde a las eubacterias. En *Eucarya* hay microbios que pertenecen a los protocistas, como las algas microscópicas y los protozoos, y a los hongos pertenecen los hongos microscópicos.

Grupos de microorganismos procariotas:

- Bacterias como *Escherichia coli*, que es un habitante común del colon humano y puede llegar a ser patógena en determinadas condiciones.
- Arqueobacterias, algunas denominadas metanógenas producen anualmente unas 2000 millones de toneladas de metano, de las cuales, el 30% lo emiten los rumiantes. En la actualidad se conocen diversos métodos de aprovechamiento del metano producido como fuente de energía para llevar a cabo diferentes actividades humanas.

Grupos de microorganismos eucariotas:

- Algas microscópicas, algunas especies del género *Gonyaulax* son capaces de producir mareas rojas.
- Protozoos, por ejemplo, ciertas especies del género *Plasmodium* que son causantes del paludismo.
- Hongos microscópicos, algunos unicelulares como las levaduras del género *Saccharomyces* se emplean para elaborar bebidas alcohólicas, como el vino, y para la obtención del pan.

33. Microorganismo: ser vivo de tamaño microscópico, puede ser unicelular o pluricelular, procariota o eucariota, y puede ser tanto autótrofo como heterótrofo. En todos los microorganismos la célula microbiana realiza por sí misma todas las funciones vitales, como el metabolismo, el crecimiento, la relación y la reproducción.

Bacteriófago: tipo de virus que tiene como hospedador a una bacteria.

Célula procariota: estructura cuyo nucleóide no está rodeado de membrana, las eubacterias y las arqueobacterias son células procariotas. Estos grupos poseen una pared celular gruesa y rígida, un citoplasma sencillo, puesto que a excepción de las cianobacterias, no poseen orgánulos delimitados por membranas y además del nucleóide suelen presentar pequeños ADN accesorios, denominados plasmidios.

Ciclo lítico: constituye el modo de reproducción de ciertos virus, como el bacteriófago T4, el proceso ocurre en varias fases: fase de fijación o adsorción, fase de penetración, fase de eclipse, fase de ensamblaje y fase de lisis o liberación.

34. Los organismos heterótrofos se alimentan de las sustancias orgánicas sintetizadas por otros organismos y pueden obtener

energía de la luz (organismos fotoheterótrofos) o de sustancias químicas (quimioheterótrofos). Sin embargo, los organismos autótrofos son capaces de sintetizar todas las sustancias esenciales para su metabolismo a partir de sustancias inorgánicas, usan la luz o sustancias químicas como fuente de energía (se denominan fotoliotótrofos y quimiolitótrofos, respectivamente).

Los virus son partículas microscópicas, de estructura muy sencilla y de tamaño no superior a los 2 500 Å. No tienen estructura celular, ya que carecen de citoplasma y de las enzimas necesarias para realizar un metabolismo. Las bacterias son microorganismos procariotas que carecen de núcleo celular y su ADN se encuentra disperso por el citoplasma. Son organismos muy simples estructuralmente, aunque con un metabolismo complejo que les permite realizar todas las funciones biológicas.

Las levaduras son un grupo de hongos unicelulares que tienen nutrición heterótrofa y se reproducen asexualmente por gemación. Viven principalmente en medios muy azucarados, como las frutas o las flores. Muchas levaduras, por los procesos fermentativos que desarrollan, son utilizadas industrialmente para la obtención de productos comestibles. Los protozoos son microorganismos unicelulares, eucariotas y heterótrofos, que carecen de membrana de secreción (pared celular). Tienen capacidad de desplazamiento, sensibilidad ante diferentes estímulos y el modo de capturar el alimento y su metabolismo son similares a los animales. Algunas especies pueden formar colonias de varios individuos.

35. a) Los organismos heterótrofos se alimentan de las sustancias orgánicas sintetizadas por otros organismos y pueden obtener energía de la luz (organismos fotoheterótrofos) o de sustancias químicas (quimioheterótrofos). Sin embargo, los organismos autótrofos son capaces de sintetizar todas las sustancias esenciales para su metabolismo a partir de sustancias inorgánicas, usan la luz o sustancias químicas como fuente de energía (se denominan fotoliotótrofos y quimiolitótrofos, respectivamente).
- b) Los organismos fotótrofos son aquellos que utilizan la energía de la luz para sus necesidades metabólicas, mientras que los quimiótrofos obtienen la energía que necesitan a partir de sustancias químicas.
- c) Los organismos quimioorganotrofos son quimiótrofos y además heterótrofos en cuanto a modo de nutrición. Los organismos quimiolitótrofos también son quimiótrofos pero su nutrición es de tipo autótrofa.

36. Las bacterias son microorganismos procariotas, carecen de núcleo celular y su ADN se encuentra disperso por el citoplasma. Son organismos muy simples estructuralmente, aunque con un metabolismo complejo que les permite realizar todas las funciones biológicas. La mayoría de los microorganismos procariotas son unicelulares y solo algunos, como las cianobacterias, pueden formar colonias pluricelulares.

La estructura interna de las bacterias es mucho más simple que la de las células eucariotas, pero en cambio su estructura superficial es más compleja.

Las bacterias poseen una cápsula que es una capa rígida, formada por diferentes polisacáridos, que envuelve la pared bacteriana y está adherida a ella, hacia el interior presentan una cubierta rígida, la pared bacteriana, que da forma a las células bacterianas. Tiene un grosor de entre 50 y 100 Å. La pared bacteriana presenta una capa de mureína, y es permeable a las sales y a muchas moléculas orgánicas de baja masa molecular. Y por dentro de la pared bacteriana se encuentra la membrana

plasmática, envoltura de tipo unitario, de 75 Å de grosor, que rodea al citoplasma. Su estructura y composición es idéntica a la de las células eucariotas, pero carece de colesterol. Delimita la bacteria y regula el paso de sustancias nutritivas.

Sus ribosomas son partículas globulares de unos 200 Å de diámetro que se encuentran en gran número, entre 5 000 y 20 000, libres en el citoplasma bacteriano o formando largas cadenas, denominadas polirribosomas. Los ribosomas bacterianos son algo más pequeños que los de las eucariotas y realizan la síntesis de proteínas.

Además, pueden presentar gránulos con sustancias de reserva, tilacoides, vacuolas de gas, flagelos, cuyo número oscila entre uno y cien por célula, pelos y pequeñas moléculas de ADN circular bicatenario, llamados plasmidios o plásmidos, con capacidad de replicación autónoma.

Las levaduras, por el contrario, son un grupo de hongos unicelulares, de organización eucariota, tienen nutrición heterótrofa y se reproducen asexualmente por gemación. Viven principalmente en medios muy azucarados, como las frutas o las flores.

37. Los hongos son microorganismos eucariotas, aunque también existen especies macroscópicas, pueden ser unicelulares o pluricelulares, carentes de pigmentos fotosintéticos y tienen nutrición heterótrofa. Para alimentarse, secretan enzimas digestivas al exterior, sobre la materia orgánica alimenticia, y después absorben las pequeñas moléculas originadas tras la digestión.

Según su alimentación, se distinguen dos grupos:

- Hongos saprofíticos que se alimentan de materia orgánica en descomposición y contribuyen a ella. Viven en ambientes terrestres, en el suelo o sobre materia vegetal muerta.
- Hongos parásitos. Se nutren de la materia orgánica de plantas o animales vivos.

Según el número de células, los hongos microscópicos se dividen en:

- Hongos unicelulares. Destacan entre ellos las levaduras, que se reproducen asexualmente por gemación. Viven principalmente en medios muy azucarados, como las frutas o las flores. Muchas levaduras, por los procesos fermentativos que desarrollan, son utilizadas industrialmente para la obtención de productos comestibles. Por ejemplo, las levaduras del género *Saccharomyces* se emplean para elaborar bebidas alcohólicas, como el vino, y para la obtención del pan.
- Hongos pluricelulares. Como los mohos, que son hongos filamentosos constituidos por hifas. Son muy abundantes en la naturaleza y se pueden apreciar sobre el pan húmedo, el queso o las frutas maduras porque forman una fina capa parecida al fieltro o al terciopelo. Las esporas de los mohos se forman sin que haya reproducción sexual previa, en el extremo de hifas especiales, los conidios.

Los hongos cumplen un papel fundamental en el ciclo de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Las bacterias son microorganismos procariotas, carecen de núcleo celular y su ADN se encuentra disperso por el citoplasma. Son organismos muy simples estructuralmente, aunque con un metabolismo complejo que les permite realizar todas las funciones biológicas. La mayoría de los microorganismos procariotas son unicelulares y solo algunos, como las cianobacterias, pueden formar colonias pluricelulares.

La estructura interna de las bacterias es mucho más simple que la de las células eucariotas, pero en cambio su estructura superficial es más compleja.

Las bacterias pueden realizar todos los tipos de metabolismo conocidos. Incluso una misma especie puede desarrollar uno u otro en función de las características del medio y de la abundancia de nutrientes. Pueden ser: fotoautótrofas, como las bacterias verdes y púrpuras sulfúreas y las cianobacterias; fotoheterótrofas, como las bacterias verdes y púrpuras no sulfúreas, que requieren energía luminosa y moléculas orgánicas como fuente de carbono; quimioautótrofas, como las bacterias nitrificantes, y quimioheterótrofas, como las que se alimentan de materia orgánica muerta, que son la gran mayoría, o viva, que son las patógenas.

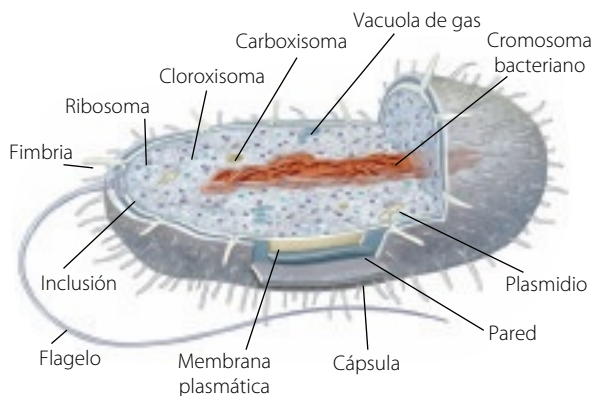
La reproducción de las bacterias es de tipo asexual y se realiza mediante bipartición o fisión binaria, a la que antecede la duplicación del ADN bacteriano y la separación de las dos moléculas obtenidas. Las bacterias hijas son genéticamente idénticas, por lo que las colonias de bacterias están formadas por individuos clónicos.

Actualmente se conocen unas 9000 especies de bacterias, pero los especialistas estiman que pueden existir en la Tierra más de diez millones de especies por descubrir. La clasificación de las bacterias se basa no solo en sus características morfológicas (bacilos, cocos, espirilos y vibrios), sino también en su fisiología y su bioquímica.

Atendiendo a sus características fisiológicas se consideran los siguientes grupos:

- Bacterias púrpuras y verdes. Son fotosintéticas y anaerobias.
- Cianobacterias. También llamadas cianofíceas o algas verde-azuladas. Son bacterias fotosintéticas aerobias y poseen un pigmento azul, la ficocianina, además de la clorofila a. Pueden ser unicelulares o pluricelulares, y formar colonias filamentosas gracias a la presencia de una capa gelatinosa externa.
- Bacterias nitrificantes. Son quimioautótrofas. Forman compuestos orgánicos gracias a la energía liberada en reacciones de oxidación de compuestos nitrogenados inorgánicos. Viven en el suelo y en el sedimento marino, y transforman los nutrientes inorgánicos nitrogenados en moléculas que aprovechan las plantas.
- Bacterias fijadoras de nitrógeno. Son aerobias, fijan el nitrógeno de la atmósfera. Viven en el suelo, como las de los géneros *Azotobacter* y *Rhizobium*. Esta última se encuentra en simbiosis con plantas del grupo de las leguminosas.
- Bacterias entéricas. Viven en el intestino de las personas y de algunos animales. Al alimentarse de la materia orgánica contribuyen a la formación de las heces.
- Espiroquetas. Presentan fibrillas internas en su citoplasma que, al rotar, desplazan a la bacteria. Suelen vivir en medios acuáticos; otras producen enfermedades como *Treponema pallidum*, causante de la sífilis humana.
- Bacterias del ácido láctico. Son anaerobias tolerantes al oxígeno. Viven en productos en fermentación de origen animal o vegetal y en el tracto digestivo o urogenital de las personas. Por lo general no son patógenas.
- Micoplasmas o aflagmobacterias. Son muy pequeñas (0,1-0,8 μm), carecen de pared bacteriana y su membrana plasmática contiene esteroides. Tienen forma de cocos y pueden formar colonias esféricas, o filamentosas como los de los hongos. Muchas son patógenas y producen enfermedades en las plantas y en la especie humana, como, por ejemplo, *Mycoplasma pneumoniae*, que produce la neumonía atípica.

38.



Cápsula: dificulta que los anticuerpos y las células fagocíticas del hospedador, en que se encuentran, las reconozcan y las destruyan. Además, permite la adhesión de las bacterias a las células del hospedador y asimismo la adhesión de las bacterias hijas entre sí, lo que facilita la formación de colonias. También interviene en los procesos de intercambio de agua, iones y sustancias nutritivas.

Pared: cubierta rígida que da forma a las células bacterianas, y es permeable a las sales y a muchas moléculas orgánicas de baja masa molecular.

Membrana plasmática: delimita la bacteria y regula el paso de sustancias nutritivas.

Ribosomas: realizan la síntesis de proteínas.

Inclusiones: son gránulos que acumulan sustancias de reserva.

Vacuola de gas: contiene aire y actúa como flotadores de la bacteria.

Carboxisoma: contiene la ribulosa-difosfato-carboxilasa, responsable de la fijación del CO_2 del aire.

Cloroxisoma: contiene pigmentos fotosintéticos.

Flagelo: permite el desplazamiento de la bacteria.

Fimbria: son pelos de unión.

Cromosoma bacteriano y plasmidio: es el material genético de la célula, el cromosoma bacteriano se transmite a las células hijas en la reproducción y los plasmidios tienen capacidad de replicación autónoma.

39. a) Las bacterias son microorganismos procariotas, carecen de núcleo celular y su ADN se encuentra disperso por el citoplasma. Son organismos muy simples estructuralmente, aunque con un metabolismo complejo que les permite realizar todas las funciones biológicas.

Los virus son partículas microscópicas, de estructura muy sencilla y de tamaño no superior a los 2500 Å. No tienen estructura celular, ya que carecen de citoplasma y de las enzimas necesarias para realizar un metabolismo. Los virus presentan mecanismos que les permiten reproducirse dentro de la célula hospedadora, desarrollando un complejo ciclo vital en el que obtienen la energía y la materia necesarias para sintetizar nuevos ácidos nucleicos y capsómeros.

- b) Es la cubierta proteica que envuelve al genoma vírico. Protege el ácido nucleico y, en los virus carentes de cubierta membranosa, reconoce los receptores de membrana de las células a las que el virus parasita.

La cápsida está formada por capsómeros, que son proteínas globulares colocadas de manera regular y simétrica. Según su disposición, se distinguen tres tipos de cápsida; icosaédrica, helicoidal y compleja.

- c) Un plásmido es una pequeña molécula de ADN circular bicatenario, que se encuentra en el citoplasma de las bacterias y que tiene capacidad de replicación autónoma.

40. a) Un plásmido es una pequeña molécula de ADN circular bicatenario, que se encuentra en el citoplasma de las bacterias y que tiene capacidad de replicación autónoma.

- b) El material genético de una bacteria se encuentra libre en el citoplasma, no está rodeado de una membrana nuclear como en la célula eucariota, además, está constituido por una doble cadena circular de ADN situada en la región nuclear o nucleóide del citoplasma. Tiene proteínas y ARN asociado y está altamente enrollado sobre sí mismo y «anclado» a proteínas de la membrana plasmática.

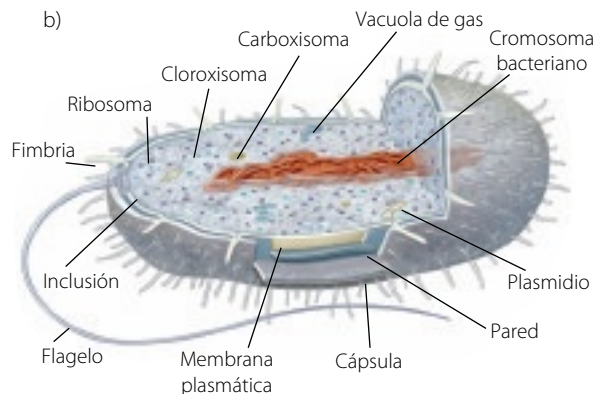
- c) Los flagelos bacterianos son apéndices móviles de longitud diversa que permiten el movimiento en medios líquidos. Estos apéndices no tienen ninguna semejanza estructural con los flagelos en células eucariotas, aunque se denominen de igual forma. La fuerza motriz que desarrolla se obtiene mediante un movimiento circular en ambos sentidos a partir de la energía obtenida de una bomba de protones. Los flagelos de las bacterias tienen una estructura helicoidal y están compuestos principalmente de la proteína flagelina. La forma y la longitud de onda del flagelo están determinadas por la estructura de la flagelina, por lo que cambios en su estructura provoca cambios en la estructura del flagelo.

El flagelo bacteriano está formado por unas cincuenta proteínas, desde la flagelina a proteínas que intervienen en el ensamblaje o en la interacción con las envueltas externas de la célula o las proteínas que participan en los procesos quimiotácticos.

- d) La pared bacteriana es una cubierta rígida que da forma a las células bacterianas. Tiene un grosor de entre 50 y 100 Å. La pared bacteriana presenta una capa de mureína, y es permeable a las sales y a muchas moléculas orgánicas de baja masa molecular. Su destrucción deja inerte a la bacteria frente a los cambios de salinidad del medio. La ruptura de la pared puede realizarse, por ejemplo con lisozima, una enzima de las lágrimas y de las secreciones nasales, que actúa rompiendo los enlaces glucosídicos de los peptidoglucanos, de ahí su acción bactericida. Por la distinta composición de la pared bacteriana, las bacterias reaccionan de manera diferente al ser tratadas con la tinción de Gram, distinguiéndose dos grupos: las bacterias Gram positivas (Gram +), que se tiñen de color azul, y las bacterias Gram negativas (Gram -), que se tiñen de color rojo.

41. a)

	Pared celular (presencia/ausencia) y características	Ejemplos y/o enfermedad
Bacterias Gram +	Con peptidoglucanos y gruesa	Bacterias lácticas
Bacterias Gram -	Con peptidoglucanos y delgada	Cianobacterias
Micoplasmas	Sin pared celular	Neumonía atípica
Arqueobacterias	Presente pero sin peptidoglucanos	Metanógenas



42. Por la distinta composición de la pared bacteriana, las bacterias reaccionan de manera diferente al ser tratadas con la tinción de Gram, distinguiéndose dos grupos: las bacterias Gram positivas (Gram+), que se tiñen de color azul, y las bacterias Gram negativas (Gram-), que se tiñen de color rojo.

La pared de las bacterias Gram+ es una gruesa capa monoestratificada, a la que se asocian proteínas y polisacáridos. La de las bacterias Gram- es biestratificada, con una capa basal de mureína y una membrana externa.

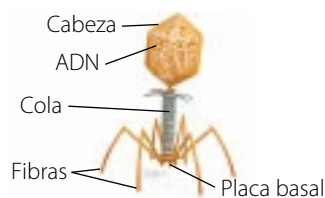
43. a) Las bacterias son organismos que pertenecen al reino Monera y presentan organización procariota.

- b) 1: flagelo; 2: membrana plasmática; 3: pared bacteriana; 4: cápsula; 5: ribosomas; 6: ADN bacteriano (cromosoma bacteriano).

- c) Las bacterias colonizan prácticamente todos los ambientes, por lo que sus diferentes especies pueden presentar todos los tipos de nutrición y metabolismo existentes. Una misma especie puede incluso poseer dos tipos diferentes de metabolismo, que utilizará facultativamente según la abundancia nutritiva del medio. Así, las bacterias pueden ser:

- Fotoautótrofas (fotolitótrofas). Obtienen el carbono celular a partir de dióxido de carbono, utilizan como fuente de energía la luz solar. Ejemplo: cianobacterias, bacterias verdes (sulfurosas o no), bacterias rojas, etc.
- Fotoheterótrofas (fotoorganotrofas). Obtienen el carbono celular de otros compuestos orgánicos, y utilizan como fuente de energía la luz solar. Ejemplo: bacterias púrpuras no sulfúreas.
- Quimioautótrofas (quimilolitótrofas). Obtienen el carbono celular a partir del dióxido de carbono, y utilizan como fuente de energía la que se desprende de la oxidación de ciertos compuestos orgánicos. Ejemplo: las bacterias nitrificantes (que transforman, oxidan, el amoníaco del suelo en nitritos y nitratos).
- Quimioheterótrofas (quimiorganotrofas). Obtienen el carbono celular a partir de otras moléculas orgánicas, y como fuente de energía la que se desprende de la oxidación de ciertas moléculas orgánicas. Pertenecen a este grupo la gran mayoría de bacterias.

44. a)



El bacteriófago T4 posee como material genético ADN bicatenario.

El virus se fija o adsorbe a componentes de la superficie celular que actúan como receptores específicos. La zona de adsorción del virus es complementaria al receptor celular, por tanto, un determinado virus solo puede infectar un número limitado de cepas celulares que contengan a un determinado receptor. La naturaleza de la zona de adsorción varía con el tipo de fago. En el T4 se localiza en el extremo de la cola, donde se encuentran la placa basal, las espículas y las fibras de la cola.

Los virus se consideran también parásitos intracelulares obligados, ya que fuera de la célula (fase extracelular) carecen de las funciones de nutrición y relación. Sin embargo, dentro de la célula (fase intracelular) son capaces de replicarse, y para ello precisan de la maquinaria metabólica de la célula hospedadora.

- b) El ciclo vital del bacteriófago T4 es un ciclo lítico que conduce a la destrucción (lisis) de la célula hospedadora.

En la imagen se observan muchas copias del bacteriófago ya formadas en el interior de la célula hospedadora y preparadas para salir de la bacteria. Es la fase de ensamblaje, los capsómeros recién formados se reúnen formando cápsidas, mientras que las nuevas moléculas de ADN vírico se pliegan y penetran en las cápsidas, estas se ensamblan posteriormente con la cola (vaina contráctil y placa basal con fibras de la cola) del bacteriófago.

45. a) La reproducción de las bacterias es asexual. Se realiza mediante bipartición, a la que preceden una duplicación del ADN y una separación de las dos moléculas en las dos bacterias hijas. Además, las bacterias poseen mecanismos de reproducción parasexuales, mediante los cuales intercambian información genética con otras bacterias, sean o no de la misma especie.
- b) Existen tres procesos de intercambio genético:
- La conjugación. Es un proceso en el cual una bacteria, considerada donadora, transmite un fragmento de su ADN, a través de los pili, a otra bacteria receptora. Las bacterias donadoras son las que, además del cromosoma bacteriano, poseen plásmidos, mientras que las bacterias receptoras carecen de ellos.
 - La transducción. Es un fenómeno de intercambio genético que requiere un agente transmisor, que generalmente es un virus bacteriófago, el cual transporta fragmentos de ADN procedentes de la última bacteria parasitada.
 - La transformación. Es un proceso por el cual una bacteria receptora introduce en su interior un fragmento o molécula de ADN, que aparece libre en el medio en el que vive procedente de la lisis de otra bacteria, y lo incorporan a su cromosoma de forma heredable.
 - Los mecanismos de intercambio de información genética explican la variabilidad que pueden presentar algunas bacterias al habitar junto a otras distintas.
- c) Los plásmidos son pequeñas moléculas de ADN, más pequeñas que el cromosoma bacteriano y con capacidad para replicarse independientemente de él.

- 46.. Las algas tienen en sus células cloroplastos, donde se lleva a cabo la fotosíntesis gracias a la presencia de pigmentos como las clorofilas, las xantofilas y los carotenoides. Pueden ser unicelulares o pluricelulares. Viven preferentemente en medios

acuáticos y, en el mar, forman el llamado fitoplancton, que constituye el primer eslabón en la cadena alimentaria marina, el de los productores. Otras algas microscópicas viven en las aguas dulces, en las aguas termales, en el fango e incluso sobre la corteza de los árboles.

Los hongos filamentosos son organismos eucariotas pluricelulares carentes de pigmentos fotosintéticos, constituidos por hifas y tienen nutrición heterótrofa. Para alimentarse, segregan enzimas digestivas al exterior, sobre la materia orgánica alimenticia, y después absorben las pequeñas moléculas originadas tras la digestión. Son muy abundantes en la naturaleza y se pueden apreciar sobre el pan húmedo, el queso o las frutas maduras porque forman una fina capa parecida al fieltro o al terciopelo. Las esporas de los mohos se forman sin que haya reproducción sexual previa, en el extremo de hifas especiales, los conidios.

47. – Mastigóforos o flagelados: flagelos.
 – Sarcodinos o amebas: pseudópodos.
 – Apicomplejos o esporozoos: contracciones del cuerpo.
 – Cilióforos o ciliados: cilios.

Los flagelados y los ciliados además de diferenciarse por la forma de locomoción, se reproducen de modo diferente; los flagelados por fisión longitudinal o por gametos y los ciliados por conjugación.

48. a) Se trata de un virus.
 A: glucoproteína; B: envoltura; C: cápsida; D: ácido nucleico.
 Carecen de organización celular, no tienen metabolismo propio y deben aprovechar los recursos de la célula hospedadora para replicarse.
- b) Las glucoproteínas participan en la fijación del virus a la célula hospedadora.
 La envoltura presenta una composición proteica y su función es proteger al ácido nucleico del virus.
 El ácido nucleico puede ser ADN o ARN según el tipo de virus y lleva la información genética.
 Algunos ejemplos de enfermedades producidas por virus son: el sarampión, la gripe o el sida.

49. Los bacteriófagos están constituidos por dos elementos:
- Genoma vírico. Se compone de una molécula de ADN bicatenario.
 - Cápsida. Es la cubierta proteica que envuelve al genoma vírico. Protege el ácido nucleico y reconoce los receptores de membrana de las células a las que el virus parasita. El conjunto del genoma vírico y la cápsida se denomina nucleocápsida. La cápsida está formada por capsómeros, que son proteínas globulares colocadas de manera regular y simétrica.

La cápsida es compleja y se compone de dos partes: la cabeza, de tipo icosaédrico y que contiene el ácido nucleico, y la cola, adaptada para la inyección del ácido nucleico en el interior de la bacteria. En la base de la cola hay una placa basal que posee espinas y a la que se unen fibras caudales.

Determinadas bacterias son infectadas por bacteriófagos, poseen una cápsula (capa rígida formada por diferentes polisacáridos), que envuelve la pared bacteriana y está adherida a ella. Hacia el interior presentan una cubierta rígida, la pared bacteriana, que da forma a las células bacterianas. La pared bacteriana tiene un grosor de entre 50 y 100 Å, presenta una capa de mureína y es permeable a las sales y a muchas moléculas orgánicas de baja masa molecular. Por dentro de la pared

bacteriana se encuentra la membrana plasmática, envoltura de tipo unitario, de 75 Å de grosor, que rodea al citoplasma. Su estructura y composición es idéntica a la de las células eucariotas, pero carece de colesterol. Delimita la bacteria y regula el paso de sustancias nutritivas.

Sus ribosomas son partículas globulares de unos 200 Å de diámetro que se encuentran en gran número, entre 5000 y 20000, libres en el citoplasma bacteriano o formando largas cadenas, denominadas polirribosomas. Los ribosomas bacterianos son algo más pequeños que los de las eucariotas y realizan la síntesis de proteínas.

Además, pueden presentar gránulos con sustancias de reserva (inclusiones), tilacoides que presentan pigmentos fotosintéticos, vacuolas de gas, que contienen aire y actúan como flotadores de la bacteria, flagelos, cuyo número oscila entre uno y cien por célula y se encargan de la locomoción, y pequeñas moléculas de ADN circular bicatenario, llamados plásmidos o plásmidos, con capacidad de replicación autónoma. El cromosoma bacteriano se encuentra libre en el citoplasma, es una doble cadena circular de ADN situada en la región nuclear o nucleóide del citoplasma y porta la información genética.

50. Carecen de organización celular, no tienen metabolismo propio y deben aprovechar los recursos de la célula hospedadora para replicarse.

Las etapas generales que sigue este virus en su ciclo lítico son:

1. Fase de fijación o adsorción. El virus penetra en el interior de la célula hospedadora. Para ello se fija inicialmente a la célula bacteriana a través de las puntas de las fibras caudales mediante enlaces químicos, y posteriormente de forma mecánica, clava las espinas basales en la pared de la bacteria.
2. Fase de penetración. El bacteriófago, mediante enzimas lisozimas situadas en su placa basal, perfora la pared celular de la bacteria y a continuación contrae la vaina de la cola e introduce el ácido nucleico por inyección.
3. Fase de eclipse. Tras liberarse el ADN en la célula hospedadora se produce la replicación del virus, para ello utiliza nucleótidos y la enzima ARN-polimerasa del huésped, con lo que produce ARNm viral, que es traducido en proteínas víricas por los ribosomas de la bacteria. El ADN del virus también se replica, para lo que utiliza los complejos enzimáticos de la bacteria.
4. Fase de ensamblaje. Una vez sintetizados los diferentes componentes víricos (capsómeros, fibras caudales...), se ensamblan con el ADN vírico.
5. Fase de lisis o liberación. Los nuevos virus salen al exterior celular, para ello utilizan la enzima endolisina, que actúa induciendo la lisis de la pared bacteriana. Los nuevos virus hijos son ya capaces de infectar a otra bacteria.

51. a) Los virus son partículas microscópicas muy sencillas, con una estructura acelular, constituidos básicamente por un ácido nucleico (ADN o ARN) y una cubierta proteica (denominada cápsida). Los virus cuando se encuentran fuera de la célula son metabólicamente inertes, pues no poseen enzimas para desarrollar sus procesos de metabolismo y replicación propios, por lo que dependen de la célula a la que infectan. Se consideran así parásitos obligados.
- b) Un bacteriófago se compone de una cabeza y una cola en la que hay una placa basal y fibras de fijación, generalmente de naturaleza proteica. Los bacteriófagos se fijan a la célula huésped a través de las puntas de las fibras caudales mediante enlaces químicos.

- c) Las moléculas del virus responsables de que se generen virus idénticos a los que había inicialmente son el material genético del virus (ADN o ARN). El ácido nucleico del virus, utilizando nucleótidos y la enzima ARN-polimerasa de la célula huésped, dirige la síntesis de gran cantidad de moléculas de ARN mensajero viral. Este ARN mensajero viral sirve de base para la síntesis de proteínas del virus (capsómeros, enzimas víricas, etc.).
- d) Los virus pueden presentar básicamente dos tipos de ciclo de multiplicación, uno virulento, o lítico, y otro no virulento, o lisogénico.

El ciclo lítico conduce a la destrucción de la célula huésped, con lo que finalmente quedan libres virus hijos capaces de infectar a otras células. En él se pueden distinguir una serie de etapas, comunes tanto a bacteriófagos como a virus animales:

- Fase de fijación o adsorción. El virus contacta con la membrana plasmática de la célula huésped. Existen determinadas moléculas (proteínas, polisacáridos, etc.) en la membrana de las células huésped que actúan como receptores que permiten la adhesión del virus.
- Fase de penetración. El virus puede entrar dentro de la célula de diversas maneras: puede entrar el virión completo (el ácido nucleico acompañado de proteínas víricas) o solo el material genético del virus. La forma de entrada también es muy variada: penetración directa a través de la membrana plasmática, endocitosis, fusión de membranas, etc.
- Fase de eclipse. Una vez dentro de la célula, se produce el desensamblaje del virus, con lo que queda libre su ácido nucleico. Inmediatamente, el ADN interacciona con la maquinaria celular de la célula huésped, utilizando nucleótidos y la enzima ARN-polimerasa del huésped, con el fin de transcribir ARNm vírico, que es traducido en proteínas víricas para constituir los componentes víricos (capsómeros, enzimas víricas, etc.); así mismo, se produce la replicación del ADN vírico.
- Fase de ensamblaje. Una vez fabricados los componentes víricos, se produce el ensamblaje de los mismos para formar nuevos virus.
- Fase de lisis o liberación. En esta fase los viriones salen al exterior. Para ello, generalmente, lisan o rompen las membranas celulares de las células infectadas, liberando todos los viriones a la vez.

Ciclo lisogénico. Algunos virus, al infectar a una célula huésped no la destruyen, pero su genoma pasa a incorporarse al ADN de la célula huésped, permaneciendo en estado de vida latente y se replica como una parte del ADN de la célula huésped de una generación a otra. A estos virus se les denomina virus atenuados, y a la célula receptora, célula lisogénica. El ADN del virus puede permanecer en forma latente durante varias generaciones de la célula huésped, hasta que un estímulo induzca la separación del profago, que iniciará un ciclo lítico.

52. Los virus son partículas microscópicas muy pequeñas, solo visibles al microscopio electrónico, constituidas básicamente por un ácido nucleico envuelto en una cubierta proteica. Por tanto, los virus no pueden considerarse organismos celulares, sino acelulares, ya que carecen de organización celular. Se consideran también parásitos intracelulares obligados, puesto que fuera de la célula (fase extracelular) carecen de las funciones de nutrición y relación. Sin embargo, dentro de la célula (fase intracelular) son capaces de replicarse, aunque para ello precisan de la maquinaria metabólica de la célula hospedadora.

En todo virus se pueden distinguir los siguientes componentes:

- Genoma vírico. Se compone de una o varias cadenas de ADN o ARN, pero nunca los dos a la vez, mono o bicatenario.
- Cápsida. Cubierta formada por capsómeros, proteínas globulares que se disponen de una manera regular y simétrica, lo que determina la existencia de varios tipos de cápsida: icosaédrica, helicoidal y compleja.

El ácido nucleico y la cápsida constituyen la nucleocápsida.

- Envoltura membranosa. Compuesta de una bicapa lipídica procedente de la célula a la que parasitan. Esta cubierta solo está presente en determinados virus, como el que produce la rabia, la hepatitis, la viruela o el sida.

El ciclo lítico de un virus conduce a la destrucción (lisis) de la célula huésped. Para ello el virus penetra dentro de la célula huésped y utiliza la maquinaria replicativa de dicha célula para generar nuevos virus.

Para explicar las fases detalladas del ciclo lítico de un bacteriófago tomaremos como ejemplo el bacteriófago T4, un virus de cápsida compleja compuesto de cabeza y una cola, en la que hay una placa basal y fibras de fijación. El genoma de dicho virus se compone de una molécula de ADN doble y circular empaquetada en la cabeza. Las etapas generales que sigue este virus en su ciclo lítico son:

1. Fase de fijación o adsorción. El virus penetra en el interior de la célula hospedadora. Para ello se fija inicialmente a la célula bacteriana a través de las puntas de las fibras caudales mediante enlaces químicos, y posteriormente de forma mecánica, clava las espinas basales en la pared de la bacteria.
2. Fase de penetración. El bacteriófago, mediante enzimas lisozimas situadas en su placa basal, perfora la pared celular de la bacteria y a continuación contrae la vaina de la cola e introduce el ácido nucleico por inyección.
3. Fase de eclipse. Tras liberarse el ADN en la célula hospedadora se produce la replicación del virus, para ello utiliza nucleótidos y la enzima ARN-polimerasa del huésped, con lo que produce ARNm viral, que es traducido en proteínas víricas por los ribosomas de la bacteria. El ADN del virus también se replica, para lo que utiliza los complejos enzimáticos de la bacteria.
4. Fase de ensamblaje. Una vez sintetizados los diferentes componentes víricos (capsómeros, fibras caudales...), se ensamblan con el ADN vírico.
5. Fase de lisis o liberación. Los nuevos virus salen al exterior celular, para ello utilizan la enzima endolisina, que actúa induciendo la lisis de la pared bacteriana. Los nuevos virus hijos son ya capaces de infectar a otra bacteria.

- 53.** Los virus son partículas microscópicas muy pequeñas, solo visibles al microscopio electrónico, constituidas básicamente por un ácido nucleico envuelto en una cubierta proteica. Por tanto, los virus no pueden considerarse organismos celulares, sino acelulares, ya que carecen de organización celular. Son también parásitos intracelulares obligados, puesto que fuera de la célula (fase extracelular) carecen de las funciones de nutrición y relación. Sin embargo, dentro de la célula (fase intracelular) son capaces de replicarse, aunque para ello precisan de la maquinaria metabólica de la célula hospedadora.

- 54. a)** En función del huésped que parasitan, los virus se clasifican en tres grandes grupos: virus animales (como el adenovirus o el virus herpes), virus vegetales (como el virus

del mosaico del tabaco) y virus bacterianos o bacteriófagos (como el bacteriófago T4).

- b)** Los virus solo contienen un tipo de ácido nucleico, o ADN o ARN, pero nunca los dos. Así, podemos encontrar virus con ADN y virus con ARN. Estos ácidos nucleicos pueden ser bicatenarios o monocatenarios. Además, pueden ser circulares o lineales.
- c)** Según la forma de la cápsida (cubierta proteica que rodea al ácido nucleico), pueden ser: virus con cápsida icosaédrica (estructura poliédrica con 20 caras triangulares, 12 vértices y 30 aristas), virus con cápsida helicoidal (formada por capsómeros dispuestos helicoidalmente) y virus con cápsida compleja (aparece en algunos virus capaces de parasitar bacterias).
- d)** Los virus pueden seguir dos tipos de ciclos de multiplicación: el ciclo lítico y el ciclo lisogénico. El ciclo lítico tiene lugar cuando el virión penetra en una célula huésped y utiliza la maquinaria replicativa de esta para fabricar nuevos virus. Dicho ciclo acaba con la muerte (lisis) de la célula infectada. Por el contrario, en el ciclo lisogénico los virus, al infectar a la célula huésped, no la destruyen, sino que integran su genoma en el ADN celular. A los virus que realizan el ciclo lisogénico se les denomina virus atenuados o profagos, al contrario que los virus virulentos, que realizan el ciclo lítico.

- 55. a)** Los virus son partículas microscópicas muy sencillas, presentan una estructura acelular y están constituidos básicamente por un ácido nucleico (ADN o ARN) y una cubierta proteica (denominada cápsida).

- b)** Los virus cuando se encuentran fuera de la célula son metabólicamente inertes, pues no poseen enzimas para desarrollar sus procesos de metabolismo y replicación propios, por lo que dependen de la célula a la que infectan. Se consideran así parásitos obligados.

- c)** Son estructuras acelulares (que carecen de estructura celular), no pueden alimentarse, ni crecer por sí solos, y aunque son capaces de reproducirse, solo lo hacen dentro de una célula huésped, de la que utilizan las estructuras y las moléculas para llevar a cabo dichos procesos.

- d)** Algunas enfermedades humanas producidas por virus son: rabia, resfriado común, gripe, sarampión, paperas, varicela, sida, herpes genital, hepatitis A, poliomielititis, etc.

- 56. a)** Los virus son partículas microscópicas muy sencillas, con una estructura acelular, constituidos básicamente por un ácido nucleico (ADN o ARN) y una cubierta proteica (denominada cápsida). Los virus cuando se encuentran fuera de la célula son metabólicamente inertes, pues no poseen enzimas para desarrollar sus procesos de metabolismo y replicación propios, por lo que dependen de la célula a la que infectan. Se consideran así parásitos obligados.

- b)** Los virus están constituidos por tres elementos:

- Genoma vírico. Se compone de una o varias moléculas de ADN o de ARN pero nunca de los dos simultáneamente. El ácido nucleico de los virus puede ser de cadena abierta o circular, y monocatenaria o bicatenaria.
- Cápsida. Es la cubierta proteica que envuelve al genoma vírico. Protege el ácido nucleico y, en los virus carentes de cubierta membranosa, reconoce los receptores de membrana de las células a las que el virus parasita. El conjunto del genoma vírico y la cápsida se denomina nucleocápsida. La cápsida está formada por capsóme-

ros, que son proteínas globulares colocadas de manera regular y simétrica. Según su disposición, se distinguen:

- Cápsida icosaédrica. Es una estructura poliédrica con 20 caras triangulares, 12 vértices y 30 aristas. Está formada por la unión de capsómeros de uno o dos tipos, que pueden ser hexones o pentones. Los hexones están constituidos por la unión de seis moléculas de proteínas o protómeros, y forman las caras y las aristas de la cápsida. Los pentones se componen de cinco protómeros y se hallan en los vértices del icosaedro. Ejemplos de virus de cápsida icosaédrica son los virus de las verrugas, el del resfriado común y el de la faringitis.
- Cápsida helicoidal. Está formada por capsómeros idénticos dispuestos helicoidalmente, formando una estructura tubular hueca en cuyo interior se sitúa el ácido nucleico. Un ejemplo es el virus del mosaico del tabaco.
- Cápsida compleja. Se encuentra en bacteriófagos, que son virus especializados en parasitar bacterias. Se compone de dos partes: la cabeza, de tipo icosaédrico y que contiene el ácido nucleico, y la cola, adaptada para la inyección del ácido nucleico en el interior de la bacteria. En la base de la cola hay una placa basal que posee espinas y a la que se unen fibras caudales.
- Cubierta membranosa. Es una envoltura que rodea la nucleocápsida, compuesta de una doble capa lipídica, procedente de la célula hospedadora, y de glucoproteínas incluidas en ella, cuya síntesis está controlada por el genoma vírico. Su función es reconocer a la futura célula hospedadora e inducir la penetración del virión en ella. Está presente en ciertos virus, como el de la rabia, la hepatitis, la gripe, la viruela o el sida.

Los virus se consideran parásitos intracelulares obligados, ya que fuera de la célula (fase extracelular) carecen de las funciones de nutrición y relación. Sin embargo, dentro de la célula (fase intracelular) son capaces de replicarse, y para ello precisan de la maquinaria metabólica de la célula hospedadora.

- c) Los virus pueden seguir dos tipos de ciclos de multiplicación: el ciclo lítico y el ciclo lisogénico. El ciclo lítico tiene lugar cuando el virión penetra en una célula huésped y utiliza la maquinaria replicativa de esta para fabricar nuevos virus. Dicho ciclo acaba con la muerte (lisis) de la célula infectada. Por el contrario, en el ciclo lisogénico los virus, al infectar a la célula huésped, no la destruyen, sino que integran su genoma en el ADN celular. A los virus que realizan el ciclo lisogénico se les denomina virus atenuados o profagos, al contrario que los virus virulentos, que realizan el ciclo lítico.

57. Los diferentes tipos de cápsida que pueden presentar los virus son:

- Cápsida icosaédrica. Es una estructura poliédrica con 20 caras triangulares, 12 vértices y 30 aristas. Está formada por la unión de capsómeros de uno o dos tipos, que pueden ser hexones o pentones. Los hexones están constituidos por la unión de seis moléculas de proteínas o protómeros y forman las caras y las aristas de la cápsida. Los pentones se componen de cinco protómeros y se hallan en los vértices del icosaedro. Ejemplos de virus de cápsida icosaédrica son los virus de las verrugas, el del resfriado común y el de la faringitis.
- Cápsida helicoidal. Está formada por capsómeros idénticos dispuestos helicoidalmente, formando una estructura tubular hueca en cuyo interior se sitúa el ácido nucleico. Un ejemplo es el virus del mosaico del tabaco.

- Cápsida compleja. Se encuentra en bacteriófagos, que son virus especializados en parasitar bacterias. Se compone de dos partes: la cabeza, de tipo icosaédrico y que contiene el ácido nucleico, y la cola, adaptada para la inyección del ácido nucleico en el interior de la bacteria. En la base de la cola hay una placa basal que posee espinas y a la que se unen fibras caudales.

58. Los virus atenuados o profagos no destruyen las células que infectan, y su genoma pasa a incorporarse al ADN de la célula hospedadora o célula lisogénica.

El ADN del profago puede permanecer en forma latente durante varias generaciones celulares, hasta que un estímulo determinado induzca la separación del ADN del profago del ADN celular. En este momento, el ADN del profago iniciará un ciclo lítico típico desde la fase de eclipse.

- Fase de eclipse. Es el momento de mayor actividad metabólica, inducida por el ADN del virus. Inicialmente, el ADN vírico utiliza nucleótidos y la enzima ARN-polimerasa de la bacteria para dirigir la síntesis de gran cantidad de ARNm viral (transcripción). Este ARNm viral sirve de base para la síntesis de proteínas del virus como los capsómeros, enzimas endonucleasas (las cuales destruyen el ADN bacteriano e impiden su duplicación) y enzimas endolisinas. El ADN vírico sufre múltiples procesos de replicación, para lo que utiliza los complejos enzimáticos de la célula hospedadora.
- Fase de ensamblaje. Los capsómeros recién formados se reúnen y forman cápsidas, mientras que las nuevas moléculas de ADN vírico se pliegan y penetran en las cápsidas.
- Fase de lisis o liberación. Debido a la acción de la enzima endolisina se produce la lisis de la bacteria y los nuevos viriones formados salen al exterior y pueden infectar a otras células.

Mientras la célula lisogénica posea el ADN profago será inmune frente a las infecciones de este mismo virus. Esta inmunidad se heredará de generación en generación de la célula hospedadora, ya que el ADN, profago se hereda junto con el ADN celular.

59. – Verdadera.

– Verdadera.

– Falsa. La pared bacteriana está constituida fundamentalmente por mureína.

– Verdadera.

– Falsa. El genoma vírico se compone de una o varias moléculas de ADN o de ARN, pero nunca de los dos simultáneamente.

– Verdadera.

– Falsa. Los priones son proteínas con la misma o casi la misma secuencia de aminoácidos que una proteína normal, pero que tienen una forma espacial distinta.

– Verdadera.

– Verdadera.

LABORATORIO

1. Se observan dos tipos de bacterias, unas teñidas de color azulado y otras de color rojizo.
2. Se debe a la diferente estructura que tiene la pared bacteriana de las bacterias. Todas las bacterias permiten el paso del colorante cristal de violeta, que las tiñe de azul. La pared bacteriana de las Gram positivas forma, ante el tratamiento con lugol, una especie de esmalte impermeable al alcohol, por lo

que este reactivo no las decolora, de modo que se mantienen de color azulado incluso después del tratamiento con safranina. En cambio, las bacterias Gram negativas carecen de los componentes químicos en su pared para formar el citado esmalte, por lo que se decoloran con el etanol; la posterior tinción con safranina hace que estas bacterias se tiñan de color rojo.

3. La flora bacteriana de la cavidad bucal es muy variable dependiendo de las condiciones que se den en el momento de hacer la preparación, pero suelen abundar bacterias saprófitas, pudiéndose observar gran variedad de morfologías: espiroquetas, cocobacilos, diplococos y bacilos.

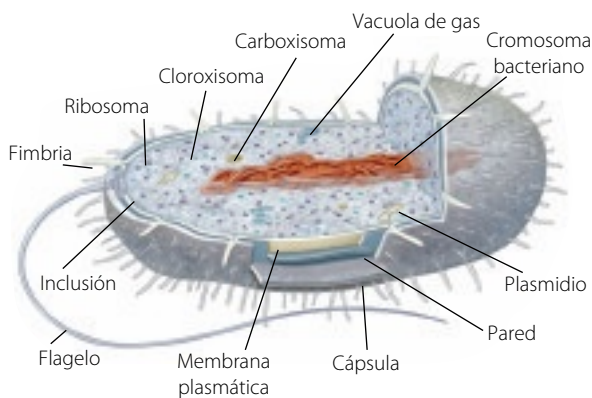
El yogur es un derivado lácteo producido por la fermentación natural de la leche. Industrialmente la fermentación se realiza añadiendo dos tipos de cepas bacterianas: el *Streptococcus thermophilus*, productor de ácido y muy aromático, y el *Lactobacillus bulgaricus*, muy acidificante. Por tanto, en la preparación de yogur se podrán observar dos tipos morfológicos de bacterias distintas (cocos y bacilos) y un tipo de agrupación (estreptococos, cocos en cadenas arrosariadas).

4. Debido a que las bacterias son generalmente incolores, de pequeño tamaño y poseen un índice de refracción muy semejante al del medio que las rodea. Debido a que el contraste entre el medio y las bacterias es tan pequeño, es necesario teñirlas, con el fin de que el colorante se fije sobre ellas y permita observarlas.
5. Los colorantes suelen teñir mejor las bacterias muertas, pues aumentan su permeabilidad, lo que permite que absorban mejor el colorante. La fijación (por calor, alcohol u otras sustancias) permite que muera la célula bacteriana y que así pueda fijar mejor el colorante.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. a) **Reino Monera:** *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, etc.
Reino Protocistas: *Plasmodium*, *Trypanosoma*, etc.
Reino Fungi (Hongos): *Candida albicans*, *Penicillium*, *Sacharomyces*, etc.
- b) Todos tienen organización celular, procariota en el caso de los organismos del reino Monera y eucariota en el caso de protocistas y hongos.
- c) *Lactobacillus*: fabricación yogur, queso, etc.
Penicillium: fabricación de penicilina.
Rhizobium: bacteria fijadora de nitrógeno atmosférico, etc.

2.



3. Las principales funciones de la cápsula son: permitir la adhesión de la bacteria a la célula del hospedador, permitir la formación de colonias, proteger a la bacteria de la desecación, del ataque de anticuerpos y de las células fagocíticas (como macrófagos o leucocitos) del hospedador. También interviene en los procesos de intercambio de agua, iones y sustancias nutritivas.

No todas las bacterias poseen cápsula. Solo aparece en ciertas bacterias, como las patógenas, tanto Gram positivas como Gram negativas.

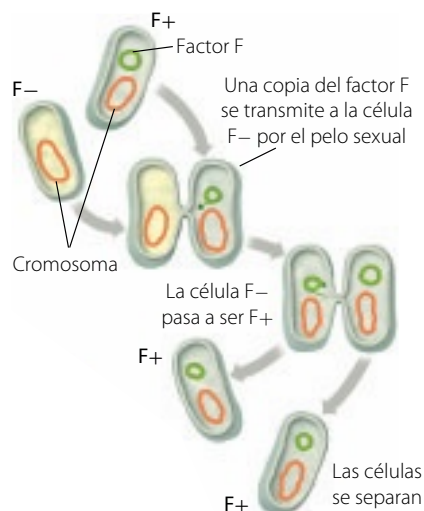
4.

	Pared celular (presencia/ ausencia) y características	Ejemplos y/o enfermedad
Bacterias Gram +	Con peptidoglicano y gruesa	Bacterias lácticas
Bacterias Gram –	Con peptidoglicano y delgada	Cianobacterias
Micoplasmas	Sin pared celular	Neumonía atípica
Arqueobacterias	Presente pero sin peptidoglicanos	Metanógenas

5. a) La bacteria debe ser quimioheterótrofa, ya que al crecer en una cueva sin luz no puede utilizar esta como fuente de energía y, por tanto, debe depender de fuentes de energía química. Así mismo, requiere una fuente orgánica de carbono en lugar de dióxido de carbono.
- b) Las cianobacterias se utilizan en vez de usar fertilizantes nitrogenados, debido a que las cianobacterias (pertenecientes al reino Monera) poseen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico.

6.

Proceso de conjugación



La conjugación bacteriana es un mecanismo de reproducción parasexual en bacterias de tipo horizontal. Mediante dicho proceso la bacteria donadora, a través de las fimbrias o Pili, transmite ADN a otra bacteria receptora. Las bacterias donadoras, además del ADN del cromosoma bacteriano, poseen plásmidos, factor F, que contienen los genes que informan de

la producción de pelos sexuales. Las bacterias que poseen el plásmido F se denominan F+ y las que no lo tienen F-. En la transmisión del plásmido de una bacteria a otra solo pasa una de las dos cadenas.

Mediante dicho mecanismo las bacterias intercambian información genética entre otras bacterias, sean o no de la misma especie, con lo que adquieren nuevos genes, lo que les permite poseer nuevos rasgos heredables.

7. La principal diferencia es que la membrana plasmática de las arqueobacterias está formada por unidades repetitivas de isoprenoides, en lugar de ácidos grasos. Dichas unidades de isopreno se unen mediante enlaces éter con la glicerina, mucho más fuertes que los enlaces éster. Además, en algunas especies, la membrana plasmática puede ser monocapa, lo que permite una mayor resistencia de la membrana y a que puedan vivir en ambientes con temperaturas muy elevadas.

8. **Algas:** grupo de protoctistas, unicelulares o pluricelulares, de organización eucariota, cuyas células no forman tejidos y nutrición autótrofa. Tienen en sus células cloroplastos, donde se lleva a cabo la fotosíntesis, y membrana de secreción (pared celular). Viven fundamentalmente en medios acuáticos y, en el mar, constituyendo el fitoplancton.

Protozoos: grupo de protoctistas, unicelulares, de organización eucariota y nutrición heterótrofa que viven en todo tipo de medios acuáticos. Tienen capacidad de desplazamiento, no poseen cloroplastos ni membrana de secreción.

Hongos: organismos eucariotas unicelulares o pluricelulares, carecen de pigmentos fotosintéticos y poseen nutrición heterótrofa. En los pluricelulares, que no forman tejidos, sus células se agrupan formando un cuerpo filamentosos muy ramificado.

9. Según el modo de locomoción, los protozoos podemos clasificarlos en:
- **Flagelados.** Se mueven mediante flagelos. Unos son de vida libre, y otros, parásitos. Ejemplo: tripanosoma, que causa la enfermedad del sueño.
 - **Ciliados.** Se mueven mediante cilios. Unos son de vida libre, y otros, parásitos: Ejemplo: el paramecio.
 - **Rizópodos.** Se desplazan mediante prolongaciones del citoplasma llamadas pseudópodos. Hay parásitos y de vida libre, como la ameba.
 - **Esporozoos.** Son inmóviles, carecen de apéndices locomotores. Son todos parásitos. Ejemplo: el *Plasmodium*, que causa la malaria.

10. a) Según el huésped que parasitan, pueden ser:
- **Virus animales.** Ejemplo: virus de la hepatitis B.
 - **Virus vegetales.** Virus del mosaico del tabaco.
 - **Bacteriófagos.** Ejemplo: bacteriófago T4.
- b) Según el material hereditario, pueden ser:
- **Virus de ADN.** Ejemplos: bacteriófago T4, virus de la viruela, virus herpes, virus de la varicela, etc.
 - **Virus de ARN.** Ejemplos: rinovirus, VIH, virus de la rabia, virus de la gripe, etc.
- c) Según la forma de la cápsida, pueden ser:
- **Virus helicoidales.** Ejemplos: virus de la rabia, virus de la fiebre hemorrágica de Ébola, virus del mosaico del tabaco, etc.
 - **Virus icosaédricos.** Adenovirus, poliovirus, rotavirus, virus de la hepatitis A.
 - **Virus complejos.** Bacteriófago T4, T2, T6, etc.
- d) Según la envoltura, pueden ser:
- **Virus envueltos** o con **envoltura.** Ejemplos: virus herpes simple, VIH, etc.
 - **Virus desnudos.** Ejemplos: virus del mosaico del tabaco, virus del papiloma humano, etc.

11. El ciclo lítico tiene lugar cuando el virión penetra en una célula huésped y utiliza la maquinaria replicativa de esta para fabricar nuevos virus. Dicho ciclo acaba con la muerte (lisis) de la célula infectada. Por el contrario, en el ciclo lisogénico los virus, al infectar a la célula huésped, no la destruyen, sino que integran su genoma en el ADN celular. A los virus que realizan el ciclo lisogénico se les denomina virus atenuados o profagos, al contrario que los virus virulentos, que realizan el ciclo lítico.

12. Un prión es una proteína, generalmente proteínas de membrana de neuronas, responsable de causar ciertas enfermedades en las personas y en el ganado, con una forma espacial distinta a la proteína normal.

Los priones son capaces de inducir a las proteínas normales de la célula a adoptar la forma espacial de prión. El cambio consiste en que ciertas regiones de hélice alfa, de la zona central de la molécula, adopten la conformación beta o en hoja plegada. La reacción que se produce es en cadena, en la que las proteínas anormales atacan a las normales, y estas, se transforman en patológicas, con lo que van extendiendo la infección e invaden el cerebro.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1.

Características	Bacteria	Archaea	Eucarya		
			Protozoos	Algas	Hongos
Tipo de organización celular	Procariota	Procariota	Eucariota	Eucariota	Eucariota
Uni/pluricelulares	Unicelulares	Unicelulares	Unicelulares	Uni/pluricelulares	Uni/pluricelulares
Envoltura nuclear	No	No	Sí	Sí	Sí
Orgánulos membranosos	No	No	Sí	Sí	Sí
ADN	Una sola molécula circular (cromosoma bacteriano)	Una sola molécula circular (cromosoma bacteriano)	Varias moléculas	Varias moléculas	Varias moléculas
Histonas asociadas a ADN	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Pared celular	Sí, de peptidoglucano	Sí, sin peptidoglucano	No	Sí, de celulosa, sílice...	Sí, de quitina

2. a) **Transformación.** Transferencia de ADN libre procedente de una bacteria a otra bacteria receptora.

Transducción. Transferencia de segmentos génicos entre bacterias a través de virus.

Conjugación. Transferencia de genes o plásmidos entre dos células bacterianas que se encuentran en contacto mediante un pelo sexual o pelo F.

- b) Entre las funciones de la pared celular bacteriana podemos citar: conferir la forma de la célula, prevenir la lisis osmótica; regular la permeabilidad del intercambio de sustancias entre los medios intra y extracelular; conferir capacidad antigénica, proporcionar carga negativa a la superficie celular.

- c) **Quimiotrofo.** Que obtiene su energía de compuestos orgánicos o inorgánicos.

Aerobio facultativo. Que puede crecer tanto en presencia como en ausencia de oxígeno.

3. Tanto los pelos (pilis) como las fimbrias son apéndices externos que no intervienen en el movimiento de las bacterias.

Las fimbrias son prolongaciones cortas y numerosas, que tienen función adhesiva.

Los pelos poseen mayor longitud y son poco numerosos. Permiten la unión de dos células durante la conjugación bacteriana.

4. Los plásmidos son pequeñas moléculas de ADN circular bicatenario que poseen determinadas bacterias. Podemos encontrarlos independientemente o integrados al cromosoma bacteriano. Son capaces de replicarse de forma autónoma. Aunque poseen genes no esenciales para el crecimiento celular, sí poseen algunos que permiten a la bacteria una cierta ventaja selectiva, como genes de resistencia a antibióticos o sustancias tóxicas. Algunos genes están implicados en procesos de reproducción parasexual, como conjugación.

5. a) Eubacterias, bacterias entéricas.
b) Eubacterias, micoplasmas.
c) Archeobacterias, metanógenas.
d) Eubacterias, cianobacterias.
e) Eubacterias, espiroquetas.

6. Los principales grupos de algas unicelulares que constituyen el fitoplancton son:

- Algas dinoflagelados (pirrofitos). Poseen dos flagelos dispuestos perpendicularmente. Algunas especies tienen una pared celular rígida (teca) a modo de armadura. Otras son bioluminiscentes. Además de clorofila poseen otros pigmentos rojos, por lo que cuando se hacen muy numerosas causan las denominadas mareas rojas. También poseen neurotoxinas, que pueden contaminar a ciertas especies de moluscos, como mejillones, pudiendo pasar a toda la cadena alimenticia, incluidas las personas.
- Diatomeas. Poseen una pared rígida de sílice con dos mitades o frústulas. Existen especies bentónicas y planctónicas.
- Los euglenoides. Poseen un único flagelo y no tienen cubierta externa rígida. La mayoría de las especies viven en aguas dulces o en suelos húmedos. Algunas especies carecen de pigmentos fotosintéticos y viven en el interior de animales marinos, por lo que realizan la nutrición heterótrofa.

7. Las algas poseen cloroplastos, donde llevan a cabo la fotosíntesis oxigénica, por lo que poseen nutrición autótrofa. Por el

contrario, los hongos no poseen cloroplastos ni pigmentos fotosintéticos y realizan la nutrición heterótrofa.

8. Las levaduras son hongos unicelulares filamentosos. Algunas especies pueden llegar a formar filamentos en determinadas condiciones. Se reproducen asexualmente por gemación. Algunas, como *Saccharomyces*, presentan alternancia de generaciones. Viven en ambientes muy azucarados, como frutas, flores, etc. Algunas especies viven en simbiosis con animales y solo unas cuantas resultan patógenas para las personas. Presentan una gran importancia biológica por participar en procesos industriales de fermentación. Como ejemplos podemos señalar: *Saccharomyces cerevisiae*, empleada en la elaboración de bebidas alcohólicas.

Los mohos son hongos pluricelulares, filamentosos, constituidos por hifas, que en conjunto forman un cuerpo vegetativo denominado micelio. Son muy abundantes en la naturaleza, pudiéndose desarrollar incluso en condiciones extremas, como falta de humedad, altas concentraciones de azúcares, etc. Son frecuentes en productos contaminados de laboratorio y alimentos (como pan húmedo, queso, frutas maduras...). Como ejemplo podemos citar el género *Penicillium*, productor de la penicilina.

9. a) la imagen representa un bacteriófago, un virus que infecta bacterias.

- b) El virus se compone de:

- Un ácido nucleico, que puede ser ADN o ARN. En este caso se trata del bacteriófago T2 o el T4, que se compone de ADN.
- Una cápsida de naturaleza proteica, que rodea al ácido nucleico, formada por unidades denominadas capsómeros.

- c) A: Cabeza icosaédrica, que forma la cápsida y contiene el material genético.

B: Vaina o cola contráctil de forma helicoidal, cuya función es inyectar el material genético en la célula huésped.

C: Fibras de la cola, cuya función es la adhesión en la célula huésped.

D: Placa basal, que tiene como función fijarse a la célula huésped.

10. La especificidad entre los virus y la célula hospedadora es debida a que cada tipo de virus generalmente solo puede unirse e infectar a un determinado tipo de célula. Así, existen virus vegetales que solo infectan a vegetales, virus de animales que solo lo hacen a determinados animales, etc.

11. Un virión es una partícula infectiva constituida por un ácido nucleico encerrado en una cubierta proteica o cápsida. El ácido nucleico puede ser o ADN o ARN, nunca los dos. Además, algunos virus pueden tener una envoltura membranosa que rodea a la nucleocápsida, compuesta de una doble capa lipídica, que procede de la célula hospedadora.

12. El esquema representa el ciclo lítico de un bacteriófago o virus bacteriano. Las fases representadas por número son:

1. **Fase de fijación o adsorción y de inserción del ácido nucleico.** El virus penetra en el interior de la célula hospedadora.

El virus mediante enzimas perfora la pared celular de la célula huésped y a continuación introduce el ácido nucleico por inyección.

2. **Fase de multiplicación de los componentes víricos.** Tras liberarse el ADN en la célula hospedadora se produ-

ce la replicación del virus, para ello utiliza nucleótidos y la enzima ARN polimerasa del huésped, con lo que produce ARNm viral que es traducido en proteínas víricas por los ribosomas de la célula huésped. El ADN del virus también se replica, utilizando para ello también los complejos enzimáticos de la célula.

3. **Fase de replicación.** El ADN vírico sufre múltiples procesos de replicación utilizando los complejos enzimáticos de la bacteria.
 4. **Fase de ensamblaje.** Una vez sintetizados los diferentes componentes víricos (cápsida, ácido nucleico) se ensamblan con el ADN vírico.
 5. **Fase de lisis o liberación.** Los nuevos virus salen al exterior celular, para ello utilizan enzimas, que actúan induciendo la lisis de la célula huésped. Los nuevos virus hijos son ya capaces de infectar a otra célula.
13. Los viroides son moléculas de ARN de forma circular y monocatenaria, no asociados a proteínas y, por tanto, no protegidos por ningún tipo de cubierta.

La infección de los viroides generalmente causa una atrofia en el crecimiento de la planta, interfiriendo en el crecimiento de tallos y hojas. Los viroides no codifican para proteínas, por lo que se piensa que su acción se debe a la interacción con el genoma de la célula hospedadora o con su control.

Un ejemplo de enfermedad causada por viroides es la denominada cadang-cadang, que ha provocado la desaparición de un gran número de cocoteros en Filipinas.

14. No, los priones son estructuras acelulares, ya que carecen de organización celular, pues están constituidos básicamente por proteínas.

AMPLIACIÓN

1. Cuando se vuelven de color verde las aguas de una charca, cuando aparecen manchas rojas en el mar, cuando se pudre una manzana o cualquier otra fruta.
2. Con los datos que se han obtenido podemos deducir que se trata de un virus, debido a lo siguiente:
 - Los virus solo pueden ser observados con microscopio electrónico, la mayoría de bacterias podemos observarlas con el óptico.
 - Las bacterias hijas se originan mediante división binaria de la célula madre. Estas células tienen que sufrir un periodo de crecimiento. Por tanto, de una célula madre se originan células más pequeñas, que tienen que crecer. Por el contrario, los virus cuando se multiplican originan multitud de copias idénticas (del mismo tamaño).
 - Con respecto a formas esféricas, la información nos puede llevar a que sean virus o bacterias.
 - El ADN bicatenario circular no aporta ningún dato, pues lo pueden tener tanto virus como bacterias.
 - Tanto virus como bacterias se pueden reproducir en el interior de un organismo humano. Sin embargo, las bacterias pueden crecer en un medio de cultivo adecuado, mientras que los virus son parásitos intracelulares obligados; es decir, para reproducirse necesitan parasitar a una célula, de la que utilizan su maquinaria enzimática y ribosomas.
3. En el año 2008, un grupo de científicos franceses encontró un virus capaz de infectar a otro virus, se vale de un organismo hasta ahora considerado inerte: otro virus. El virus en cues-

tion se ha denominado *Sputnik*, en recuerdo al primer satélite construido por el ser humano, el primer virus de una familia denomina los virófagos, es decir, virus comedores de virus. Tiene un tamaño muy inferior con sus 50 nanómetros –mil-millonésima parte del metro– y posee un genoma con 18 343 pares de bases en una hélice de ADN circular. Consta de 21 genes y vive como un satélite de mamavirus, un virus que se desarrolla en el interior de la ameba a la que infecta, con el fin de replicarse.

4. Para realizar estudios comparativos, solo disponemos de virus aislados hace no más de 80 años. Por tanto, para elaborar una hipótesis sobre el origen de los virus, solo se pueden hacer extrapolaciones hacia atrás, basándose en el estudio detallado de las características de los virus actuales.

Los estudios actuales sobre la morfología y reproducción de los virus han permitido elaborar diferentes hipótesis sobre su origen, entre las que destacamos:

- Los virus podrían ser restos evolutivos de microorganismos parásitos. Al adaptarse al parasitismo, los microorganismos perdieron parte de su estructura y conservaron solo aquellas estructuras, fundamentales para llevar a cabo la replicación.
- Los virus son precursores de los plásmidos, que gracias a la incorporación de determinados genes pudieron sintetizar nuevas estructuras, como la cápsida para proteger al ácido nucleico.
- Otra teoría postula que los virus se habrían originado a partir de componentes celulares normales (ADN o ARN) que habrían adquirido la capacidad de replicarse en forma autónoma y de evolucionar independientemente.

5. Las principales diferencias entre virus y bacterias son:

- Los virus presentan organización acelular, mientras que las bacterias poseen estructura celular procariota.
- Los virus son más pequeños que las bacterias, siendo capaces de atravesar los filtros que los contienen.
- Los virus solo son observables con el microscopio electrónico, mientras que la gran mayoría de bacterias se pueden observar con el microscopio óptico.
- Los virus carecen de metabolismo propio, siendo por tanto parásitos obligados; es decir, necesitan de una célula para reproducirse. Las bacterias poseen metabolismo propio, existen especies autótrofas y heterótrofas, y son capaces de multiplicarse por sí solas, desempeñando todas las funciones características de un ser vivo.

6. **Microorganismo saprobio:** aquel que descompone la materia orgánica mediante fermentaciones y putrefacciones. Ejemplos: hongos y bacterias que participan en el reciclaje de la materia orgánica a inorgánica.

Microorganismo simbiote: aquel que se asocia con otro organismo, saliendo ambos beneficiados de dicha asociación. Ejemplo: *Escherichia coli*, un bacilo que vive en el intestino grueso de las personas. Allí sintetiza vitamina K y algunos tipos de vitamina B, que son absorbidos por el organismo. A cambio, los humanos proporcionamos a *E. coli* el ambiente adecuado para vivir y los nutrientes necesarios.

Microorganismo parásito: aquel que se asocia con otro organismo (huésped) produciéndole un perjuicio (enfermedad). Ejemplo: *Vibrio cholerae*.

7. La principal diferencia está en la pared celular. Las arqueobacterias poseen una pared sin peptidoglucanos, pues carece de

ácido murámico. Además, los lípidos de sus membranas están formados por largas cadenas de isoprenos unidos a la glicerina por enlaces éter. La pared de las eubacterias se compone de peptidoglucanos o mureínas y los micoplasmas carecen de pared celular.

8. Las principales diferencias entre el ciclo biológico de un bacteriófago y un retrovirus son:

- El bacteriófago infecta bacterias, y el retrovirus, a células animales.
- Los bacteriófagos (como el T2 o el T4) son virus complejos (con cabeza, cola, patas caudales, etc.), mientras que un retrovirus posee estructura icosaédrica, variable, con envoltura lipoproteica.
- La información genética de los bacteriófagos puede estar en forma de ADN o de ARN, mientras que en los retrovirus siempre es ARN.
- En los bacteriófagos de ARN, la síntesis de ARNm es dirigida por el propio ARN del virus introducido. En los retrovirus, el ARN se transcribe primero en ADN (proceso denominado retrotranscripción), gracias a la enzima transcriptasa inversa. Este ADN viral transcrito es el que dirige la síntesis de ARNm.
- Los bacteriófagos con ARN solo llevan a cabo ciclos líticos y nunca lisogénicos. Por el contrario, los retrovirus y los bacteriófagos con ADN pueden llevar a cabo un ciclo lítico o lisogénico.
- En los bacteriófagos solo entra el ácido nucleico en la célula huésped, mientras que en los retrovirus entra todo el virus, excepto la cubierta.
- En los bacteriófagos las partículas virales nuevas salen por rotura de la bacteria (lisis), mientras que en los retrovirus las nuevas partículas víricas salen por gemación de la célula envueltas en una porción de la membrana plasmática.

9. No, debido a que las arqueobacterias no poseen en su pared celular peptidoglucanos, como en las eubacterias, pues carecen de ácido murámico.

10. Las arqueas hipertermófilas poseen membranas plasmáticas con cadenas laterales hidrofóbicas a cada lado de la membrana, unidas covalentemente entre sí, constituyendo una monocapa. Ello proporciona una mayor resistencia y estabilidad que les permite la adaptación a medios con temperaturas muy elevadas.

11. **Semejanzas:**

- Tanto mitocondrias como bacterias poseen aproximadamente el mismo tamaño.
- Poseen ribosomas 70 S formados por dos subunidades.
- Poseen una molécula de ADN de doble cadena circular.
- Se reproducen por división binaria.
- Contienen los componentes necesarios para la síntesis de proteínas.

Diferencias:

- Las mitocondrias son orgánulos celulares que se localizan en las células eucariotas (tanto animales como vegetales), mientras que las bacterias son células procariotas.
- La función principal de las mitocondrias es intervenir en la respiración celular; las bacterias, al ser organismos unicelulares, pueden realizar por sí solas multitud de funciones.
- Las mitocondrias presentan una doble membrana (externa e interna), mientras que las bacterias tienen membrana plasmática y pared celular.

Las analogías confirman la teoría endosimbiótica de L. Margulis, según la cual las mitocondrias evolucionaron hace unos 1 500 millones de años a partir de bacterias aerobias que establecieron una relación de simbiosis con eucariotas primitivos que vivían anaeróbicamente (primitiva célula urcariota). Las mitocondrias han perdido gran parte de su genoma, por lo que se cree que en alguna de las primeras fases de la endosimbiosis se produjo una transferencia de genes desde la mitocondria hasta el núcleo de la célula huésped.

12. El virus de la gripe es un virus helicoidal con envoltura de la que salen espículas que se proyectan radialmente, formadas por dos tipos de proteínas: las HA (hemaglutinina), de forma de bastón, y las NA (neuroaminidasas), con apariencia de hongo.

Como ácido nucleico posee ARN monocatenario. Este ARN está segmentado y ello diferencia a los virus influenza A y B con ocho segmentos del virus influenza C que presenta siete segmentos. Estos segmentos independientes entre sí forman un complejo con la nucleoproteína y llevan asociada cada uno de ellos ARN polimerasa.

El tamaño total del genoma es de 12 000 a 15 000 nucleótidos y los distintos segmentos de ARN difieren en cuanto a su tamaño.

Existen tres tipos de virus de la gripe: A, B y C. Morfológicamente, los tres virus que afectan a los humanos son indistinguibles. Se trata de partículas esféricas de 80 a 120 nm de diámetro. El más peligroso de todos es el de tipo A, que puede originar pandemias. Dicho virus infecta a aves, seres humanos y mamíferos. Existen diferentes tipos de virus A, que difieren en combinaciones de las proteínas de la cubierta (hemaglutinina y neuroaminidasas), produciendo diversas enfermedades, como gripe aviar, gripe porcina, gripe humana, etc.

El virus tiene una gran capacidad de mutación, con lo cual cambia algunas de sus características, de tal manera que la cepa de virus circulante una temporada puede ser diferente a la de la temporada anterior. Esta gran capacidad de mutación es muy difícil de controlar, por lo cual la gripe no se puede erradicar y sigue siendo una de las enfermedades más frecuentes.

La envoltura externa (lipoproteica) del virus de la gripe, a temperaturas bajas, se endurece, dando así una gran protección al virus. A temperaturas altas, como ocurre en verano, este gel protector se derrite y pasa a una fase líquida (debido a los lípidos que posee en su capa externa, lo que explicaría que cuanto mayor sea la temperatura, más fluido será), la cual no puede proteger al virus de la desecación y de las condiciones ambientales, por lo que se debilita y se pierde su virulencia. A temperaturas cercanas a 0 °C, esta envoltura se endurece y partir de 15 °C empieza a derretirse. Una vez que entra al aparato respiratorio de una persona, el calor del cuerpo hace que se derrita esta envoltura permitiendo que el virus infecte a todas las células que encuentre en su camino. Pero en el verano las altas temperaturas derriten esta capa protectora y el virus se deseca al exponerse al aire.

13. Un virión es un virus en su fase extracelular, es decir, fuera de la célula, y es totalmente inerte. El virión posee básicamente un ácido nucleico (ADN o ARN) rodeado por una cubierta proteica, denominada cápsida, y puede afectar a células animales, vegetales o bacterias. Por el contrario, los viroides son pequeñas moléculas de ARN circular y monocatenarias sin ningún tipo de cubierta, que infectan células vegetales.

14. a) Los fagos descendientes tendrán la cápsida del fago T4, debido a que la molécula que posee la información para la síntesis de las proteínas de la cápsida es el ADN, y el fago invasor es el ADN del fago T4.
- b) Tendrán el ADN del fago T4, ya que el ADN del fago invasor es la molécula que se replica dentro de la bacteria infectada, para formar el ADN de los fagos descendientes.

REFUERZO

1. 1-i; 2-e; 3-h; 4-c; 5-b; 6-k; 7-g; 8-j; 9-l; 10-a; 11-d; 12-f.
2. Los microorganismos eucariotas son las algas microscópicas, los protozoos y los hongos microscópicos, los dos primeros pertenecientes a los prototistas y el tercero al reino de los hongos.

3.

Características		Gram positivas	Gram negativas
Tinción de Gram		Retienen el colorante cristal de violeta y se tiñen de color azul.	Pierden el color violeta y retienen el colorante de contraste (safranina). Se tiñen de rojo
Pared bacteriana	Número de capas	Monoestratificada	Biestratificada
	Presencia de peptidoglicano o mureína	Presente	Presente
	Ácidos teicoicos	Presentes, generalmente	Ausentes
	Membrana externa	Ausente	Presente

4. Los tipos morfológicos son:
- **Bacilos.** Con forma alargada. Ejemplos: *Escherichia coli*, *Lactobacillus*, *Salmonella*, *Bacillus anthracis*, etc.
 - **Cocos.** Con forma esférica. Ejemplos: *Diplococcus pneumoniae*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, etc.
 - **Espirilos.** Con forma de bastón espiralado. Ejemplos: *Treponema pallidum*, *Spirillum*, etc.
 - **Vibrios.** Con forma de coma ortográfica. Ejemplo: *Vibrio cholerae*.
5. Las inclusiones son sustancias de reserva que la propia bacteria sintetiza. Algunas inclusiones suelen servir de reserva energética, acumulando polisacáridos como almidón, glucógeno, etc.; otras, depósitos de lípidos, como triglicéridos, acúmulos de polifosfatos (volutina). En algunas bacterias acuáticas se acumulan partículas de magnetita (magnetosomas) que les permiten orientarse en un campo magnético.
6. No, debido a que las bacterias solo contienen un cromosoma bacteriano.
7. Ambas necesitan de energía luminosa para su metabolismo, pero mientras que las fotoautótrofas solo se valen de CO₂ para sintetizar moléculas orgánicas, las fotoheterótrofas requieren materia orgánica simple como fuente de carbono.
8. Son virus que no destruyen las células que infectan, ya que siguen un ciclo lisogénico; es decir, el genoma del virus

queda incorporado al ADN de la célula hospedadora y se replica con él.

9. Los tres son agentes infecciosos que carecen de organización celular; es decir, no son células.

Los virus básicamente constan de un genoma vírico (ADN o ARN) rodeado por una cubierta proteica denominada cápsida. Algunos virus, además, rodeando a la cápsida pueden llevar una envoltura lipoproteica.

Los viroides son pequeñas moléculas de ARN circular y monocatenaria, sin ningún tipo de cubierta.

Los priones son proteínas con la misma secuencia de aminoácidos que una proteína normal.

10. a) Verdadera. Las bacterias pueden realizar todos los tipos de metabolismo conocidos. Existen bacterias capaces de transformar la materia orgánica de los cadáveres (bacterias saprófitas).
- b) Falso. Las levaduras son hongos unicelulares de organización eucariota, que participan en la fermentación alcohólica.
- c) Falso. Los virus son parásitos intracelulares obligados; es decir, requieren totalmente de la célula huésped que parasitan vivas para multiplicarse.
- d) Falso. Las algas son organismos de nutrición autótrofa y fotosintéticos, sin embargo, los mohos tienen nutrición heterótrofa.
- e) Verdadero.

11. La reproducción de las bacterias es asexual. Se realiza mediante bipartición, a la que preceden una duplicación del ADN y una separación de las dos moléculas en las dos bacterias hijas. Además, las bacterias poseen mecanismos de reproducción parasexuales, mediante los cuales intercambian información genética con otras bacterias, sean o no de la misma especie. Existen tres procesos de intercambio genético:

- **La conjugación.** Es un proceso en el cual una bacteria, considerada donadora, transmite un fragmento de su ADN, a través de los pilis, a otra bacteria receptora. Las bacterias donadoras son las que, además del cromosoma bacteriano, poseen plásmidos, mientras que las bacterias receptoras carecen de ellos.
- **La transducción.** Es un fenómeno de intercambio genético que requiere un agente transmisor, por lo general un virus bacteriófago, el cual transporta fragmentos de ADN procedentes de la última bacteria parasitada.
- **La transformación.** Es un proceso por el cual una bacteria receptora introduce en su interior un fragmento o molécula de ADN, que aparecen libres en el medio en el que viven procedentes de la lisis de otra bacteria, y lo incorporan a su cromosoma de forma heredable.

Los mecanismos de intercambio de información genética explican la variabilidad que pueden presentar algunas bacterias al habitar junto a otras distintas.

Los plásmidos son pequeñas moléculas de ADN, más pequeñas que el cromosoma bacteriano y con capacidad para replicarse independientemente de él.

Microorganismos: enfermedades y biotecnología

OBJETIVOS

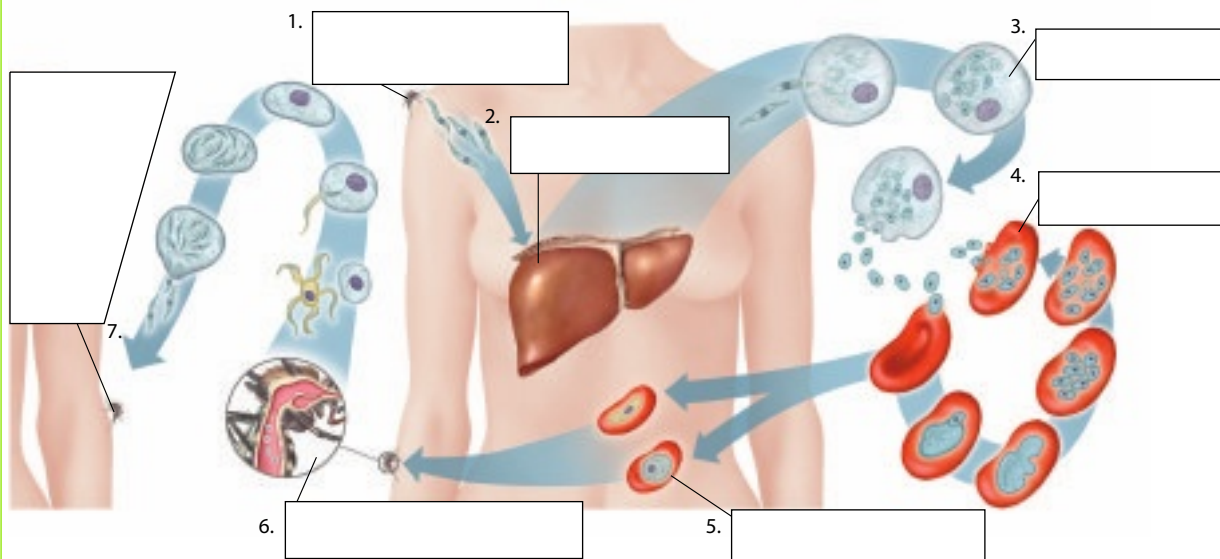
1. Diferenciar distintos tipos de enfermedades infecciosas según su distribución e incidencia, comprendiendo cómo se produce una infección microbiana.
2. Conocer los modos de transmisión de los microorganismos, sus mecanismos de entrada en el hospedador e indicar tipos de enfermedades producidas por microorganismos.
3. Describir las diferentes técnicas de manipulación de los microorganismos: cultivo, crecimiento, control y observación.
4. Analizar las aplicaciones de la biotecnología en la producción de sustancias terapéuticas, alimentos, en el medio ambiente y en la ingeniería genética.
5. Conocer y comparar algunos productos obtenidos de los microorganismos mediante fermentadores industriales.
6. Evaluar el papel que ejercen los microorganismos en los diferentes ciclos biogeoquímicos, conociendo los factores que influyen en ello.

CONTENIDOS

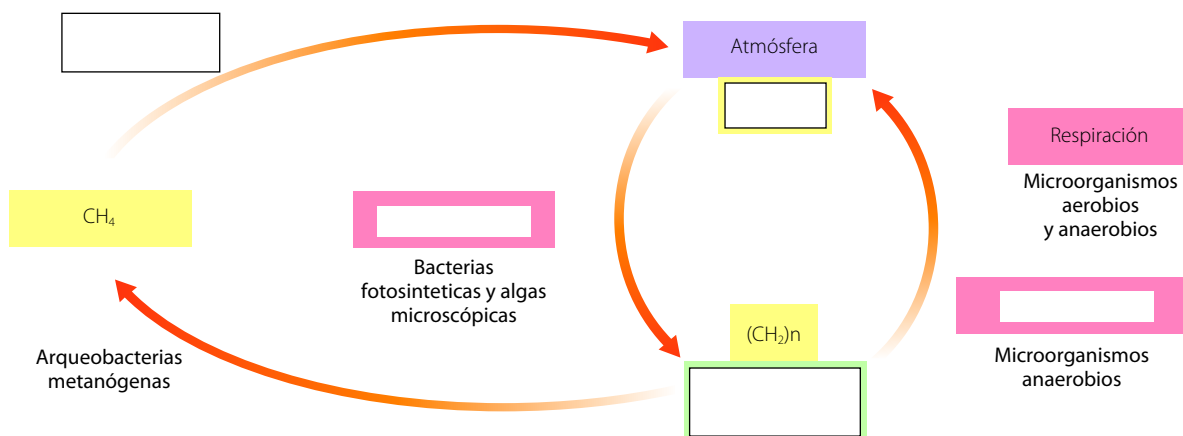
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Los microorganismos patógenos: enfermedades infecciosas, infección microbiana y factores de virulencia. (Objetivo 1) • Las enfermedades infecciosas: vías de transmisión y entrada. (Objetivo 2) • Métodos de estudio, control y cultivo de microorganismos. (Objetivo 3) • La biotecnología microbiana: los microorganismos y la fermentación, la producción de sustancia terapéuticas, el control de plagas, la industria alimentaria, la ingeniería genética y la depuración de aguas residuales. (Objetivos 4 y 5) • Los microorganismos y los ciclos biogeoquímicos. (Objetivo 6)	• Búsqueda bibliográfica de grandes epidemias y pandemias a lo largo de la historia. (Objetivo 1) • Debate de noticias de prensa sobre la aparición de epidemias y pandemias (malaria, gripe A, etc.). (Objetivo 1) • Investigación de las enfermedades microbianas más frecuentes en su entorno. (Objetivo 2) • Utilización de técnicas elementales de cultivo y control de microorganismos. (Objetivo 3). • Búsqueda bibliográfica de las técnicas utilizadas en la industria alimentaria para el control de microorganismos. (Objetivo 3). • Comparar los distintos tipos de microorganismos y técnicas utilizadas en las industrias alimentarias, farmacéuticas y químicas. (Objetivos 4 y 5) • Elaboración de esquemas globales sobre los diferentes ciclos biogeoquímicos. (Objetivo 6)	• Valorar la importancia de la prevención de enfermedades. • Reconocimiento de la importancia de utilizar cultivos puros para observar microorganismos. • Respeto por las personas afectadas por enfermedades infecciosas. • Fomentar la observación y experimentación. • Toma de conciencia del papel de los microorganismos, o parte de ellos, con el fin de obtener productos de interés para las personas y el medio ambiente. • Valorar la importancia de los microorganismos para los ecosistemas y las personas, reconociendo que no solo son perjudiciales por su papel en las enfermedades infecciosas.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Explicar los conceptos de patógeno, biota normal, microorganismo oportunista, enfermedad infecciosa y zoonosis. (Objetivo 1)	1 y 2	1 y 2
b) Explicar los mecanismos de entrada de los patógenos en el hospedador y los factores de virulencia. (Objetivo 1)	3, 4 y 5	3 y 4
c) Señalar la enfermedad y la forma de transmisión de determinados microorganismos. (Objetivo 2)	6	5
d) Describir los principales métodos utilizados para el cultivo, manipulación y control de microorganismos. (Objetivo 3)	7, 8 y 9	6, 7 y 8
e) Conocer los objetivos y procedimientos empleados en la biotecnología para la producción de sustancias terapéuticas, alimentos, en el medio ambiente y en la ingeniería genética. (Objetivos 4 y 5).	10	9 y 10
f) Señalar el papel de los microorganismos en los ecosistemas, analizando su contribución en los diferentes ciclos biogeoquímicos. (Objetivo 6)	11 y 12	11

CICLO DEL PLASMODIUM



MICROORGANISMOS EN EL CICLO DEL CARBONO



Acción de los antibióticos sobre las bacterias

El efecto de los antibióticos sobre los microorganismos se calcula mediante sencillas pruebas de laboratorio. Una de ellas es el método de difusión en agar-agar. Para ello, en primer lugar, preparamos un medio de cultivo adecuado y, posteriormente, medimos la actividad antimicrobiana de los antibióticos.

Objetivos

- Iniciación en las técnicas de cultivo de microorganismos.
- Análisis de la sensibilidad *in vitro* a diferentes antibióticos de una determinada cepa bacteriana.

Preparación de un medio de cultivo bacteriano

Los medios de cultivo de bacterias se preparan en medio líquido en tubos de ensayo a los que se añade la muestra de bacteria que se quiere cultivar; frecuentemente se utilizan cultivos en estado de gel (semisólido), que se consiguen al añadir al medio líquido una sustancia gelificante como el agar-agar, procedente de algas marinas. Los medios de cultivo semisólido se preparan en cápsulas de Petri.

Prepara un medio de cultivo con los siguientes ingredientes: 1 000 mL de agua destilada, 10 g de glucosa, 8 g de fosfato potásico, 1 g de sulfato amónico, 0,2 g de sulfato magnésico, 0,05 g de cloruro del calcio y añade una pequeña cantidad de agar-agar para que melifique el medio en una cápsula de Petri. Deja expuesta la cápsula al aire o efectúa varios toques aislados en el medio con el asa de cultivo que previamente has contactado con medios donde es factible la presencia de bacterias, como el suelo, yogur, sarro dental, agua contaminada, etc. Deja que las bacterias colonicen el medio de cultivo uniformemente. Para ello espera varios días.



Medición de la actividad antimicrobiana de los antibióticos

Un antibiograma es un estudio de la sensibilidad *in vitro* de las bacterias a los antibióticos. Se trata de un método de diagnóstico rápido y preciso.

Consigue pequeñas cantidades de diferentes antibióticos (penicilina, estreptomicina, tetraciclina, neomicina, cloranfenicol...) y recorta discos de cartulina de 1 cm de diámetro. Impregna los discos con los diferentes antibióticos; colócalos bien separados y etiquetados, para identificar el antibiótico que llevan, sobre el medio de cultivo bacteriano. Déjalos así durante uno o dos días y observa lo que ha pasado en el cultivo bacteriano.

Técnica de concentración en tubos

Mediante esta prueba se puede calcular la concentración mínima de antibiótico que es capaz de inhibir el crecimiento bacteriano.

Para ello se preparan soluciones de concentraciones crecientes del antibiótico en tubos de ensayo y posteriormente se inocula en los tubos la bacteria que se quiere probar. En los tubos con concentraciones pequeñas de antibiótico las bacterias crecerán, lo que se podrá observar por el enturbiamiento del líquido. A partir de determinada concentración de antibiótico, las bacterias no crecerán y el líquido de los tubos se mantendrá transparente. A la concentración mínima de antibiótico en la que no crecen las bacterias se la llama concentración inhibitoria mínima (CIM).

Practica

1. ¿Puedes interpretar lo que ha ocurrido al cabo de uno o dos días de colocar el disco de cartulina impregnado con el antibiótico? ¿Qué se forma alrededor de cada disco?
2. ¿Cuál es el mejor antibiótico para contrarrestar a la bacteria estudiada?

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

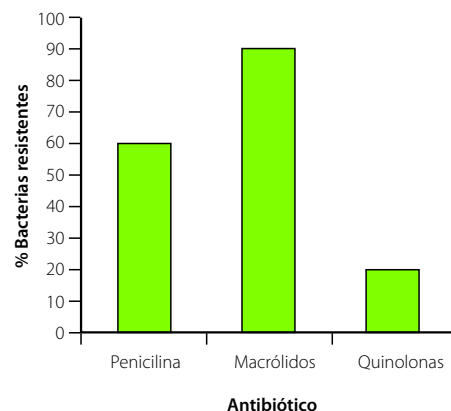
- 1 Diferencia entre los conceptos: epidemia, pandemia y enfermedad endémica. Indica un ejemplo de cada una.
- 2 Concepto de patógeno, patogeneidad y virulencia. Señala qué factores determinan el grado de patogeneidad.
- 3 a) ¿Qué se entiende por adherencia del microbio a las células del hospedador?
b) ¿Qué sustancias y/o estructuras del microorganismo pueden actuar en la adherencia?
- 4 Diferencia entre infección y enfermedad. ¿Son infecciosas todas las enfermedades? ¿Producen enfermedad todas las infecciones?
- 5 Define el concepto de toxina de microorganismo patógeno. ¿Qué diferencias existen entre endotoxinas y exotoxinas?
- 6 Indica el tipo de microorganismo que produce las siguientes enfermedades, así como la forma de transmisión de la misma: cólera, paperas, peste, sífilis, fiebre amarilla, sarampión, salmonelosis, difteria, sida, paludismo, hepatitis A, enfermedad del sueño, candidiasis.
- 7 ¿Cómo cultivarías un microorganismo en el laboratorio?
- 8 En relación con los microorganismos:
a) ¿En qué consiste la esterilización?
b) Señala dos métodos de esterilización.
c) ¿Cuál es la finalidad de la pasteurización?
- 9 Con relación a los microorganismos:
a) Señala las principales técnicas de tinción utilizadas en la visualización y estudio de los microorganismos.
b) Explica el significado del término quimioterapia y cita un ejemplo de agente quimioterapéutico.
- 10 Los microorganismos pueden ser de gran utilidad para el hombre, ya que intervienen en muchos procesos de interés, como la producción de antibióticos, la elaboración de cerveza, vino, pan, productos lácteos, etc.
a) ¿Qué tipo de microorganismo participa en los procesos de elaboración del vino y la cerveza?
b) ¿Qué producto metabólico se produce en la elaboración de estos productos?
c) ¿Qué tipo de microorganismos participan en la elaboración del yogur?
d) ¿Qué tipo de proceso metabólico se da en la elaboración del yogur?
- 11 ¿De qué manera se vería afectada la vida sobre la Tierra si faltasen los microorganismos? Razona tu respuesta y pon un ejemplo.
- 12 Los microorganismos intervienen activamente en diversos ciclos biogeoquímicos, en este contexto:
a) Explica brevemente el ciclo del nitrógeno, indicando cuál es el reservorio principal de nitrógeno en el planeta.
b) Indica dos microorganismos que fijen nitrógeno gaseoso.
c) Explica brevemente el papel de las leguminosas en el ciclo del nitrógeno.

- 1 En la transmisión de ciertas enfermedades hay que tener en cuenta el patógeno y los organismos que participan en la aparición de la misma.
 - a) ¿Qué es un vector? ¿Y un reservorio? Indica dos enfermedades en las que participe un vector, señalando de quién se trata, el reservorio y la enfermedad que produce.
 - b) ¿Qué se entiende por zoonosis? Explícalo mediante un ejemplo.
- 2 Define parásito y patógeno. Razona si es posible o no el caso de un parásito no patógeno y el caso de un patógeno no parásito.
- 3 Comenta los siguientes conceptos: toxina, antitoxina, toxoide, neurotoxina y toxigenicidad.
- 4 Completa el siguiente cuadro de diferencias entre las exotoxinas y las endotoxinas.

Características	Exotoxinas	Endotoxinas
Microorganismo producto		
Naturaleza química		
Efectos en el huésped		
Tolerancia al calor		
Efectos inmunológicos		
Toxicidad		

- 5 Indica el tipo de microorganismo que produce las siguientes enfermedades, así como la forma de transmisión de la misma: poliomielitis, botulismo, varicela, candidiasis vaginal, faringitis, malaria, tuberculosis, hepatitis B, paperas, peste, gripe, disentería amebiana, herpes genital, resfriado común.
- 6 Indica cuáles son los principales mecanismos de acción de los antibióticos.
- 7 La mayoría de los microorganismos solo crece dentro de un espectro limitado de temperaturas.
 - a) ¿Qué se entiende por temperatura óptima de crecimiento?
 - b) ¿Por qué fases pasa el crecimiento bacteriano? Bázate en una gráfica para explicarlo.
 - c) ¿Qué son las placas de Petri?
- 8 Explica qué diferencias existen entre un método profiláctico y un método quimioterapéutico al combatir las enfermedades infecciosas. Indica un ejemplo de cada uno de ellos.
- 9 ¿Por qué un microorganismo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio? Razona la respuesta.
- 10 ¿En relación con los microorganismos y sus aplicaciones:
 - a) ¿Qué son los antibióticos?
 - b) Indica dos grupos de microorganismos capaces de fabricar antibióticos.
 - c) Señala otras dos sustancias producidas por la industria farmacéutica, obtenidas mediante procesos biotecnológicos y su utilidad médica.
- 11 Explica el papel de los siguientes microorganismos en los ciclos biogeoquímicos: *Thiobacillus*, *Nitrosomonas*, *Azotobacter*, bacterias metanógenas, microorganismos fotótrofos.

- 1 ¿Cómo crees que, en la antigüedad, sin conocerse la existencia de los microbios podían superarse las enfermedades infecciosas?
- 2 ¿Qué son los aerosoles y qué importancia tienen en la transmisión de enfermedades infecciosas? ¿Sabrías indicar alguna enfermedad relacionada con los aerosoles?
- 3 Los antibióticos son sustancias que inhiben el crecimiento de algunos microorganismos o bien los eliminan. Sin embargo, hay bacterias como *Escherichia coli*, causante de gastroenteritis en humanos, que presentan resistencia a diferentes antibióticos.
 - a) Explica qué significa «bacterias resistentes a los antibióticos».
 - b) Explica cuál de los tres antibióticos del gráfico será más eficaz en el tratamiento de una infección por *Escherichia coli*.
- 4 ¿Por qué motivos una población bacteriana puede presentar resistencia a los antibióticos? Los mamíferos tenemos una flora bacteriana intestinal beneficiosa. Sin embargo, el tratamiento prolongado con antibióticos puede favorecer el desarrollo de bacterias patógenas. Propón una explicación razonada al respecto.
- 5 Un sistema de conservación de alimentos muy utilizado desde antiguo consiste en añadir una considerable cantidad de sal al alimento (salazón) para prepararlo ante el ataque de microorganismos que puedan alterarlo. Explica el fundamento biológico de este hecho de forma razonada.
- 6 Para la fabricación casera del yogur se requiere una pequeña cantidad de yogur, leche y un recipiente que mantenga una temperatura adecuada. Propón una explicación para este hecho.
- 7 Cada vez son más frecuentes la aparición de cepas bacterianas resistentes a antibióticos, especialmente a aquellos que se usan desde antiguo. ¿Cómo piensas que las bacterias consiguen ser cada vez menos sensibles a los antibióticos? ¿Puede tener esto algo que ver con los constantes consejos médicos de no automedicarse? ¿Por qué?
- 8 Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:
 - a) La penicilina es un antibiótico producido por un hongo.
 - b) Las enfermedades producidas por virus no se curan con antibióticos.
 - c) Las exotoxinas bacterianas son producidas por bacterias Gram negativas.
 - d) El botulismo, el tétanos y el tifus son enfermedades producidas por bacterias.
 - e) La neumonía es una enfermedad producida por un *Rhinovirus*.
 - f) El protozoo *Entamoeba histolytica*, que produce la disentería amebiana, se transmite por el agua.
 - g) Los vectores biológicos son animales que transportan en sus patas o en sus apéndices bucales a los microorganismos patógenos.
 - h) La malaria o paludismo es una enfermedad producida por el protozoo *Tripanosoma*.
 - i) Las levaduras del género *Saccharomyces* son capaces, mediante fermentación, de producir ácido láctico.
 - j) El autoclave es un aparato utilizado para matar a las bacterias mediante sustancias químicas.
- 9 Una oferta de medicamentos anunciada en Internet dice lo siguiente:
 «Curafast es un medicamento muy eficaz para curar la malaria gracias a su fórmula antibiótica que ataca a la pared bacteriana, penetra en la célula infecciosa y destruye el núcleo».
 Al margen de que nadie debe comparar medicamentos sin control, redacta una crítica científica a las propiedades del Curafast.



- 1 Indica la diferencia entre el vector y el portador de una enfermedad infecciosa.
- 2 Relaciona cada uno de los elementos de la columna de la izquierda con uno de la derecha:

a) <i>Anopheles</i> .	1) Autoclave.
b) Calor húmedo.	2) Vitamina B ₁₂ .
c) Enfermedad venérea.	3) Malaria.
d) Agua oxigenada.	4) Ingeniería genética.
e) Vino.	5) <i>Clostridium botulinum</i> .
f) Rayos gamma.	6) Antiséptico.
g) <i>Pseudomonas</i> .	7) Antibiótico.
h) Tetraciclina.	8) Radiación ionizante.
i) Plásmido recombinante.	9) Gonorrea.
j) Neurotoxina.	10) <i>Saccharomyces</i> .
- 3 Determinadas enfermedades que padece el ser humano son debidas a la actuación de microorganismos. ¿Cómo se explica este efecto negativo para el ser humano? Indica las diferencias que existen entre una intoxicación y una infección, y señala los posibles mecanismos de prevención.
- 4 ¿Qué son los microorganismos entomopatógenos y para qué son usados?
- 5 ¿Qué son los agentes antimicrobianos? ¿Cuál es su mecanismo de acción? Señala ejemplos de agentes antimicrobianos.
- 6 Algunos microorganismos, por su capacidad para producir toxinas, pueden causar enfermedades infecciosas en los seres vivos.
 - a) Explica el significado del término «infección». ¿Cómo se denominan los microorganismos que producen enfermedades?
 - b) Explica el significado del término «virulencia» e indica, en función de la misma, los distintos tipos de microorganismos.
 - c) Explica el significado del término «toxina» e indica sus tipos.
- 7 La microbiología y la biotecnología son dos disciplinas implicadas en algunos procesos de la industria alimentaria.
 - a) Describe qué etapas son comunes y cuáles son diferentes en la fabricación del vino y la cerveza.
 - b) Describe qué etapas son comunes y cuáles son diferentes en la fabricación del yogur y el queso.
- 8 La elaboración de ciertos productos lácteos se inicia con una primera reacción en la que interviene un determinado tipo de microorganismo. Posteriormente se requiere que intervengan otros microorganismos hasta obtener el producto final:
 - a) Indica brevemente esa primera reacción que se lleva a cabo (nombre del sustrato inicial y productos finales), y el microorganismo (A) que interviene en esta etapa del proceso.
 - b) El hongo *Penicillium roquefortii* es responsable del aspecto, olor y sabor de un determinado lácteo, ¿sabrías indicar cuál es este producto y si este hongo participa antes o después del microorganismo A en el proceso?
 - c) Otras especies de *Penicillium* se han empleado en la industria farmacéutica. Indica el nombre de la primera sustancia que se obtuvo gracias a él y el nombre de estos fármacos.
- 9 Diferencia entre microorganismo productor, descomponedor y simbiótico. Indica un ejemplo de cada uno de ellos.
- 10 Define amonificación, nitrificación y desnitrificación. Señala los microorganismos que intervienen en cada proceso.
- 11 ¿Qué es un fermentador industrial?

RECUERDA Y CONTESTA

1. La respuesta depende del alumno, de forma general: varicela, paperas, gripe, catarro, resfriado, pie de atleta, etc.
2. Los microorganismos capaces de producir enfermedades infecciosas son: las bacterias, los virus, los protozoos y los hongos.
3. Son beneficiosos las levaduras del pan, las de la cerveza, las bacterias del yogur y del queso, los hongos que producen antibióticos.
4. Una enfermedad infecciosa se puede contraer a través de una herida no desinfectada, mediante agua o alimentos contaminados, mediante relación sexual sin protección, estando cerca de personas enfermas que tosen o estornudan, con la picadura de insectos que transmiten microbios.
5. Los microorganismos llevan a cabo funciones de gran importancia en los ciclos biogeoquímicos, como la descomposición de la materia orgánica compleja muerta (cadáveres de animales y restos de vegetales) en materia orgánica sencilla y, posteriormente, la transformación de esta en materia inorgánica (mineralización).

ACTIVIDADES

1. Pandemia.
2. Los microorganismos patógenos son nocivos siempre, independientemente de las características del medio ambiente o del estado del hospedador, mientras que los oportunistas solo son patógenos ante determinadas circunstancias.
3. Las anatoxinas o toxoides son toxinas bacterianas atenuadas pero que aún conservan la capacidad de inducir la producción de antitoxinas en el cuerpo del hospedador.
4. Enzimas extracelulares como la coagulasa, la hialuronidasa, la leucocidina y la hemolisina.
5. La hepatitis A la produce un virus de ARN con cápsida icosaédrica adquirido por ingestión de agua o alimentos contaminados, mientras que la hepatitis B es producida por un virus de ADN de doble cadena y envoltura transmitido por vía sexual o por el uso de jeringuillas contaminadas.
6. Envenenamiento por estafilococos, producido por una enterotoxina que origina en el hospedador diarreas, náuseas y vómitos. El origen de esta enfermedad son los alimentos contaminados por estafilococos, como salsas, ensaladas, flanes, huevos.
7. Fiebres recurrentes cada dos-cuatro días, escalofríos, dolores de cabeza, musculares y anemia. Producida por el protozoo del género *Plasmodium* y transmitida mediante picaduras del mosquito *Anopheles*.
8. La peste, producida por la bacteria *Yersinia pestis*, tiene como reservorios a animales como ratas y otros roedores salvajes. Se transmite mediante las pulgas de las ratas.
9. Las sustancias que actúan contra los microorganismos se llaman agentes antimicrobianos. Hay dos categorías, según el efecto que provocan en los microbios: microbicidas, si los matan, y microbiostáticos, si inhiben su crecimiento.
10. El autoclave es un aparato que se utiliza para esterilizar instrumentos o alimentos mediante calor húmedo.
11. Las radiaciones electromagnéticas ionizantes son agentes antimicrobianos físicos constituidas por fotones de alta energía (rayos X y rayos gamma) que ionizan moléculas orgánicas como las proteínas y el ADN, lo que provoca que mueran los microorganismos. Se utilizan en medicina para esterilizar instrumental médico.
12. Los desinfectantes son agentes antimicrobianos químicos que matan a los microbios y son usados en superficies inanimadas; en cambio, los antisépticos son utilizados para eliminar microbios de superficies animales, como, por ejemplo, las heridas. Desinfectantes son los compuestos fenólicos y el sulfato de cobre. Antisépticos son el etanol, el yodo, el agua oxigenada y los detergentes.
13. Las sulfamidas son agentes quimioterapéuticos sintéticos, mientras que los antibióticos son producidos por microorganismos como bacterias y hongos, independientemente de que algunos ya se obtengan por síntesis química dado que es más barato.
14. Etanol, ácido láctico, vinagre, antibióticos, vitaminas, aminoácidos, enzimas.
15. Algunos microorganismos realizan transformaciones químicas en las que las moléculas orgánicas son degradadas incompletamente a un compuesto orgánico sin intervención de una cadena respiratoria y sin gasto de oxígeno. La transformación del sustrato en un producto se llama tradicionalmente fermentación.
16. El fermentador de Frings es el que se utiliza para la producción de ácido acético (vinagre).
La fermentación acética sumergida se realiza sin material de relleno alguno (como, por ejemplo, virutas, ramitas de abedul, etc.), material que se necesita para cultivar las bacterias acéticas en los generadores antiguos. Las bacterias acéticas siempre se encuentran sumergidas en el líquido a fermentar, aquí se multiplican y oxidan el alcohol de la mezcla alcohólica en ácido acético. Una de las características esenciales de la fermentación acética sumergida consiste en alimentar continua e intensamente el líquido a fermentar con aire, lo que se consigue a través del aireador Frings. El aireador produce pequeñas burbujas en el líquido de fermentación, de modo que las bacterias encuentran una óptima concentración de oxígeno en cualquier punto del tanque en el que estén.
17. Una de las principales diferencias entre la fabricación del vino y la cerveza es el microorganismo utilizado, así como el sustrato que se emplea. El vino se obtiene de la fermentación del azúcar de la uva por parte de las levaduras: *Saccharomyces cerevisiae*, *S. ellipsoideus* y otros géneros. Por el contrario, la cerveza se obtiene fermentando granos de semilla de cebada (malta) por la levadura *S. cerevisiae*.
18. Sí, el pan se obtiene mediante fermentación alcohólica. Los microorganismos que intervienen en su fabricación son levaduras de la especie *Sacharomyces cerevisiae*. Dichas levaduras emplean como sustrato de fermentación los glúcidos presentes en la harina del trigo. Como resultado de la fermentación se obtiene etanol, que se evapora en la cocción del pan, y dióxido de carbono, que provoca que la masa aumente de volumen y quede esponjosa.
19. Son las normas establecidas por organizaciones internacionales en el ámbito alimentario que deben cumplir los alimentos en relación con su contenido microbiológico para poder ser consumidos sin peligro para la salud.
20. Mediante ingeniería genética, aislando el gen humano que induce la formación de la insulina, introduciéndolo en el ma-

terial genético de la bacteria a través de un plásmido y facilitando que las bacterias con este plásmido se dividan y produzcan la molécula de insulina en grandes cantidades, que luego se recuperan del medio de cultivo.

21. La DBO es la capacidad de consumir oxígeno que tiene una masa de agua, debida principalmente a la cantidad de materia orgánica que contiene. Cuanta más materia orgánica tenga el agua en cuestión, más microorganismos contendrá y, por tanto, la DBO será más alta, ya que la mayoría de los microorganismos son de metabolismo aerobio.
22. La fermentación butírica la llevan a cabo bacterias como *Bacillus amilobácter* y *Clostridium butircum*, que se encargan de descomponer la materia orgánica y transformarla en productos más sencillos, como CO₂ y metano, que pasan a la atmósfera y al suelo.
23. Los nódulos radiculares de las leguminosas son unos abultamientos que existen en las raíces de estas plantas (guisantes, alfalfa, habas, judías), donde viven gran cantidad de bacterias del género *Rhizobium*. Estas bacterias fijan el nitrógeno atmosférico favorecidas por su simbiosis con las plantas y liberan parte del nitrógeno en forma de compuestos solubles al suelo, de modo que intervienen en el ciclo del nitrógeno.
24. La desnitrificación es el proceso por el cual ciertas bacterias, como *Pseudomonas*, realizan un proceso anaerobio de transformación de los nitratos en N₂, que se libera a la atmósfera.
25. Se llama biorremediación a la utilización de ciertas bacterias para degradar a los hidrocarburos de los vertidos de petroleos accidentados.
26. Hongos microscópicos como *Aspergillus*, *Fusarium* y *Sclerotium*, y bacterias como *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* y actinomicetes.
27. La mortandad se produjo porque los nativos americanos no habían tenido contacto previo con el virus y, por tanto, su respuesta inmune a este no era suficientemente rápida ni potente.
28. Si se produce una depresión del sistema inmunitario, disminuyen las defensas del organismo y los microorganismos pueden crecer descontroladamente y ocasionar enfermedades.
29. El factor de virulencia, o mecanismo por el que los microorganismos son patógenos, se debe a sustancias con efecto tóxico que ellos producen, como, por ejemplo, las toxinas y ciertas enzimas que segregan al medio:
 - Toxinas. Hay dos categorías de toxinas según se liberen o no al exterior:
 - Exotoxinas. Suelen ser proteínas solubles con gran especificidad para ciertos tejidos, como las neurotoxinas, que atacan a las células del sistema nervioso, y las enterotoxinas, que afectan a las células epiteliales digestivas causando diarreas.
 - Endotoxinas. Son moléculas estructurales de la pared celular de bacterias Gram-. Su composición química es de tipo lipopolisacárido y mantienen su actividad tóxica tanto si forman parte de la pared celular, como si son liberadas al medio al desintegrarse la bacteria.
 - Enzimas extracelulares. Las más representativas son la hialuronidasa, la coagulasa, la lecitinasa, la leucocidina y las hemolisinas.

La hialuronidasa es producida por bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes*. Esta enzima hidroliza el ácido hialurónico, uno de los componentes del cemento extracelular, por lo que disminuye la cohesión entre las células y facilita la invasión bacteriana de los tejidos.

30. a) Los virus.
- b) La sífilis es una enfermedad de transmisión sexual (ETS), causada por la bacteria *Treponema pallidum*, que es la responsable de lesiones iniciales (chancro) en la piel, en los genitales y en otras zonas del cuerpo. Posteriormente aparece una erupción cutánea generalizada y, si la infección se extiende, pueden quedar afectados el sistema nervioso y los vasos sanguíneos. Si la infección se propaga por el sistema nervioso, puede provocar locura. Se trata con penicilina.
- c) El mosquito *Anopheles* es un vector biológico, que transmite varias especies del protozoo *Plasmodium*, causante de la enfermedad.

Los vectores biológicos son aquellos en los que el agente que causa la enfermedad, *Plasmodium* en la malaria, se multiplica dentro de su organismo, en este caso el mosquito *Anopheles*, modificándose o pasando por un ciclo antes de ser infectante para el ser humano.
- d) Disentería amebiana o amebiasis, poliomielitis, botulismo, salmonelosis y hepatitis A.
- e) La tuberculosis es una enfermedad infecciosa causada por diversas especies de bacterias pertenecientes al género *Mycobacterium*. La especie más importante y representativa, causante de tuberculosis es *Mycobacterium tuberculosis* o bacilo de Koch.

Aunque la tuberculosis es una enfermedad predominantemente de los pulmones, puede también verse afectado el sistema nervioso central, el sistema linfático, el circulatorio, el genitourinario, el gastrointestinal, los huesos, las articulaciones e incluso la piel.

Los signos y síntomas más frecuentes de la tuberculosis son: tos con flema durante más de 15 días, a veces con sangre en el esputo, fiebre, sudoración nocturna, mareos momentáneos, escalofríos y pérdida de peso. Si la infección afecta a otros órganos por volverse sistémica, aparecen otros síntomas.

La tuberculosis se transmite por el aire, cuando el enfermo estornuda, tose o escupe.

El tratamiento de la tuberculosis se realiza con combinaciones de fármacos. La tuberculosis es curable, pero es necesario un diagnóstico temprano (acudir inmediatamente al médico), pues es una enfermedad grave si no se sigue el tratamiento adecuado. En seguida es indispensable no abandonar el tratamiento dado por el médico, pues, al suspenderlo, esta enfermedad empeora rápidamente y se favorece la proliferación de bacilos resistentes a los medicamentos.

31. Por contacto directo: tétanos.

- Por el aire: sarampión.
- De transmisión sexual: gonorrea.
- Por alimentos: salmonelosis.
- Por animales: peste.

32.

Microorganismo	Enfermedad	Tipo de transmisión
<i>Paramixovirus</i>	Sarampión / paperas	Aire
<i>Treponema pallidum</i>	Sífilis	Vía sexual
<i>Trypanosoma brucei</i>	Enfermedad del sueño	Mosca tsé-tsé
<i>Rhabdovirus</i>	Rabia	Mordedura de perros, gatos o murciélagos
<i>Flavivirus</i>	Fiebre amarilla	Mosquito <i>Aedes aegypti</i>
<i>Clostridium tetani</i>	Tétanos	Contacto con esporas en el suelo o en el intestino de animales herbívoros
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Difteria	Aire
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disentería amebiana o amebiasis	Agua o alimentos contaminados
<i>Candida albicans</i>	Candidiasis vaginal	Vía sexual
<i>Rickettsia rickettsii</i>	Fiebre de las montañas rocosas	Garrapata del perro
<i>Yersinia pestis</i>	Peste	Roedores salvajes y ratas domésticas
<i>Trichomonas vaginalis</i>	Tricomoniasis	Vía sexual
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Gonorrea	Vía sexual

33. La piliomielitis se trata de una infección que inicialmente afecta a la faringe y al intestino, provocada por *Poliovirus*.

El virus ataca las neuronas motoras, causa la muerte de la mismas y como consecuencia la pérdida de la innervación y la función motora de las fibras musculares, apareciendo de esta manera la parálisis.

34. Los roedores salvajes y las ratas domésticas.

El vector de la peste es la pulga, si la pulga pica a un roedor infectado y engulle el bacilo junto con la sangre, este bacilo puede quedar en el intestino del animal durante tres semanas aproximadamente y cuando pica a una persona, lo regurgita e infecta.

35. La fiebre es uno de los primeros síntomas de la manifestación de la malaria. Es cíclica y es producto de la destrucción de los glóbulos rojos infectados. Puede llegar fácilmente a 41 °C, con escalofríos. Algunas horas más tarde, la fiebre cae y cesan los escalofríos. Entre dos y cuatro días más tarde (depende de la especie de *Plasmodium*), el ciclo se repite.

36. Se trata de la infección por parte del mosquito *Anopheles* del protozoo *Plasmodium*, causante de la malaria.

1. Un mosquito infectado, al picar a una persona, le introduce esporozoítos.

2. Los esporozoítos pasan a las células de hígado.

3. En las células del hígado se forman merozoítos.

4. Los merozoítos invaden los glóbulos rojos.

5. Se forman gametocitos masculinos y femeninos.

6. Un mosquito que pica a una persona infectada se lleva los gametocitos.

7. En el estómago del mosquito se fecundan los óvulos y los espermatozoides y se forma un quiste. El quiste contiene esporozoítos, que pasan a la saliva del mosquito, y este puede infectar a otra persona.

37. Los antibióticos son agentes quimioterapéuticos de origen natural y se producen en el metabolismo de algunas bacterias del grupo de las actinomicetales y en ciertos hongos filamentosos. Su composición química es variada y en función de ella se han establecido distintas familias de antibióticos. Son muy útiles para el tratamiento de enfermedades producidas por bacterias, y algunos también tienen efectos contra los hongos patógenos.

Su mecanismo de acción consiste en inhibir la síntesis de la pared bacteriana, destruir los fosfolípidos de las membranas celulares o inhibir la síntesis del ADN, del ARN y de las proteínas.

Existen un tipo de antibióticos, denominados de amplio espectro, que ejercen su acción sobre una gran variedad de microorganismos. Por otro lado, algunas bacterias son resistentes a la acción de los antibióticos porque los inactivan o porque sus cubiertas no son permeables a estos.

La penicilina es un antibiótico que se utiliza para tratar diversas enfermedades, entre ellas la sífilis.

Las sulfamidas son de origen sintético e interfieren algunas reacciones importantes de los microbios patógenos, inhibiendo su crecimiento.

38. La pared bacteriana, además de conferir la forma de la bacteria, es la responsable de que las células bacterianas puedan soportar la presión de turgencia a la que están sometidas. Su destrucción deja inerte a la bacteria frente a los cambios de salinidad del medio y la célula muere.

39. Se debe a la aparición de nuevas cepas de virus, resultado de mutaciones y recombinación génica. Como consecuencia de ello no vale la memoria inmunológica del organismo vacunado o que ha padecido la gripe el año anterior, por lo que el organismo deberá fabricar nuevos anticuerpos contra esa nueva cepa de virus.

40. La ingeniería genética microbiana consiste, básicamente, en realizar una transferencia de genes desde una célula donante (por ejemplo, una célula humana) a una célula receptora (por ejemplo, una bacteria) en la cual se produce la expresión de ese gen, es decir, la síntesis de la proteína correspondiente. Este proceso se realiza en las siguientes etapas:

- Obtención del ADN donante. Del material genético de la célula donante se extrae una molécula de ADN, de la que, a su vez, se extrae el gen que se quiere transferir. Mediante las enzimas de restricción, este ADN se corta en pequeños fragmentos. Estas enzimas también cortan los plásmidos de la célula receptora, produciéndose roturas similares en ambas moléculas de ADN.

- Tratamiento con ADN-ligasas. Gracias a la acción de las ADN-ligasas, los fragmentos del ADN donante, que contienen el gen, se unen a los plásmidos, formándose nuevos plásmidos o plásmidos recombinantes.

- Transformación. Los plásmidos recombinantes se incorporan en las bacterias, por el proceso de transformación, obteniéndose bacterias modificadas. Para este proceso es necesario aplicar un tratamiento secuencial de frío y calor en una solución de cloruro de calcio que altera la permeabilidad de la pared bacteriana y facilita la entrada de los plásmidos.
- Clonación de genes. Estas bacterias modificadas se aíslan y se cultivan por separado para obtener clones. Cada clon de bacterias obtenidas con este método contiene el gen donante.

41. Algunos microorganismos, generalmente no patógenos, se encuentran contaminando los alimentos más comunes, como carnes, huevos, mariscos, leche, frutas y verduras.

Para garantizar que estos alimentos puedan ser consumidos sin peligro para la salud humana, diferentes organizaciones internacionales, como la FAO, han establecido una serie de normas que deben cumplirse. Entre ellas se encuentra el control microbiológico de los alimentos. En este control se observan los microorganismos de los alimentos en el microscopio, con el fin de:

- Determinar a qué grupo pertenecen (bacterias, hongos, protozoos...).
- Averiguar el tipo de metabolismo que realizan (aeróbico, anaeróbico o facultativo).
- Efectuar un recuento de su abundancia en el alimento. Se establece una abundancia máxima de microorganismos (en número de células por mg o por mL) permitida para que los alimentos pueden considerarse aptos o no aptos para su consumo.

La preservación de los alimentos antes de su consumo, para evitar la proliferación de ciertos microbios, se realiza mediante una serie de prácticas, como son: el manipulado aséptico, el tratamiento con calor o con bajas temperaturas, la deshidratación, el añadido de aditivos químicos y el tratamiento de los alimentos con rayos ultravioleta o radiación ionizante.

42. Se puede obtener por ingeniería genética. El proceso es el siguiente:

- Obtención del ADN donante. De una célula humana se extrae una molécula de ADN, de la que, a su vez, se extrae el gen que se quiere transferir en relación con la hormona del crecimiento. Mediante las enzimas de restricción, el ADN se corta en pequeños fragmentos. Estas enzimas también cortan los plásmidos de la célula receptora, produciéndose roturas similares en ambas moléculas de ADN.
- Tratamiento con ADN ligasas. Gracias a la acción de las ADN-ligasas, los fragmentos del ADN donante, que contienen el gen, se unen a los plásmidos, formándose nuevos plásmidos o plásmidos recombinantes.
- Transformación. Los plásmidos recombinantes se incorporan en las bacterias, por el proceso de transformación, obteniéndose bacterias modificadas. Para este proceso es necesario aplicar un tratamiento secuencial de frío y calor en una solución de cloruro de calcio que altera la permeabilidad de la pared bacteriana y facilita la entrada de los plásmidos.
- Clonación de genes. Estas bacterias modificadas se aíslan y se cultivan por separado para obtener clones. Cada clon de bacterias conseguidas con este método contiene el gen donante que permite obtener la hormona del crecimiento humano.

43. Son enzimas que cortan plásmidos y moléculas de ADN. Son utilizadas en ingeniería genética.

44. Los antibióticos eliminan bacterias y no virus y se recetan cuando la enfermedad es bacteriana.

Los antibióticos pueden seleccionar bacterias resistentes a su acción y dejan de tener efecto.

45. a) Los antibióticos son agentes quimioterapéuticos de origen natural y se producen en el metabolismo de algunas bacterias del grupo de las actinomicetales y en ciertos hongos filamentosos. Su composición química es variada y en función de ella se han establecido distintas familias de antibióticos. Son muy útiles para el tratamiento de enfermedades producidas por bacterias, y algunos también tienen efectos contra los hongos patógenos.

Su mecanismo de acción consiste en inhibir la síntesis de la pared bacteriana, destruir los fosfolípidos de las membranas celulares o inhibir la síntesis del ADN, del ARN y de las proteínas.

b) Los antibióticos son producidos por algunas bacterias del grupo *Actinomycetes* y por ciertos hongos filamentosos.

c) El proceso de producción de penicilina por el hongo *Penicillium chrysogenum* implica, a grandes rasgos, el cultivo de *P. chrysogenum* en reactores de volumen creciente hasta una escala de 500 000 l, separación del micelio por filtración y extracción del antibiótico del caldo, seguida por la cristalización o precipitación ácida del mismo.

46. a) Es un autoclave.

b) El autoclave es un recipiente hermético de acero inoxidable que permite esterilizar los medios de cultivo y el material de laboratorio.

c) Los materiales a esterilizar se someten a una temperatura de 120 °C, en una atmósfera de vapor de agua, durante un tiempo controlado, aproximadamente veinte minutos.

47. a) Verdadera.

b) Verdadera.

c) Falsa. Las bacterias Gram negativas producen endotoxinas.

d) Verdadera.

e) Falsa. La neumonía es una enfermedad producida por *Streptococcus pneumoniae*.

f) Verdadera.

g) Falsa. Los vectores biológicos son aquellos en los que el agente que causa la enfermedad se multiplica dentro de su organismo, modificándose o pasando por un ciclo antes de ser infectante para los humanos.

h) Falsa. Las levaduras del género *Saccharomyces* son capaces, mediante fermentación, de producir etanol.

i) Falsa. El autoclave es un recipiente hermético de acero inoxidable que permite esterilizar los medios de cultivo y el material de laboratorio, sometiéndolos a unos 120 °C durante veinte minutos aproximadamente.

48. La biotecnología microbiana incluye procesos industriales que utilizan microorganismos como base para obtener productos de utilidad para las personas, como medicinas o alimentos. Los microorganismos deben tener un crecimiento rápido, resistir el cultivo a gran escala y una producción en gran cantidad y en el menor tiempo posible.

Hasta el momento se conocen cerca de 800 antibióticos producidos por microorganismos: hongos del género *Penicillium* y bacterias de los géneros *Bacillus* y *Streptomyces*.

Los microorganismos son importantes en la industria alimentaria y farmacéutica. Gracias a ellos se elaboran a gran escala, entre otros, los siguientes productos: vitaminas, aminoácidos y enzimas extracelulares.

Algunos microorganismos realizan transformaciones químicas en las que las moléculas orgánicas son degradadas incompletamente a un compuesto orgánico sin intervención de una cadena respiratoria y sin gasto de oxígeno. La transformación del sustrato en un producto se llama tradicionalmente fermentación. Los principales productos obtenidos de los microorganismos por fermentación son, el etanol, el ácido láctico y el vinagre.

Recientemente, algunos microorganismos han sido utilizados como bioinsecticidas para controlar el excesivo crecimiento de las poblaciones de algunas especies de insectos perjudiciales para la agricultura.

49. La biorremediación consiste en la aplicación de microorganismos en la lucha frente a la contaminación. Algunos microorganismos, como bacterias, levaduras y mohos, son capaces de utilizar los hidrocarburos como fuente de materia orgánica para su metabolismo. Esta oxidación debe efectuarse en ambiente aeróbico.

Los vertidos de hidrocarburos domésticos o los de accidentes de petroleros que forman una capa sobre la superficie del mar son rápidamente atacados por estos microorganismos, que se adhieren a las microgotas de hidrocarburos y los van degradando a CO_2 . En cambio, los hidrocarburos que descienden y se acumulan en los sedimentos marinos anaeróbicos o de profundidad, se ven libres de este ataque microbiano y quedan inalterados durante millones de años. Esta propiedad de degradación de los hidrocarburos por parte de microorganismos se aplica para contrarrestar los derrames de crudos al mar por petroleros accidentados. La aplicación de bacterias para eliminar los hidrocarburos complementa los trabajos de tipo mecánico de limpieza de crudos. La aplicación de nutrientes inorgánicos como fósforo y nitrógeno, en la lucha biológica contra la contaminación por hidrocarburos, produce un aumento significativo en la velocidad de su degradación por parte de las bacterias.

50. Un plásmido recombinante es aquel que incorpora en su molécula de material genético, fragmentos de ADN de una célula donante.

El ADN de la célula donante aporta algún gen que se desea clonar, por resultar de interés, en el interior de las bacterias que contienen el plásmido recombinante. La ingeniería genética tiene múltiples aplicaciones en la producción de vacunas, en la fabricación de productos farmacéuticos, en la agricultura y en la ganadería.

51. Ciertos microorganismos son considerados importantes en procesos industriales porque elaboran productos que no se consiguen por otros métodos o se obtienen con mayor dificultad.

Los microorganismos son muy utilizados en la industria alimentaria y en la farmacéutica.

El pan se obtiene por la fermentación alcohólica realizada por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Tras mezclar harina de cereales y agua, se añade sal, azúcar, una pequeña cantidad de levadura y se deja fermentar. Las enzimas de la harina, activadas por el agua, convierten el almidón de los granos de cereal en glúcidos: maltosa y glucosa. La levadura degrada estos azúcares y produce alcohol etílico y dióxido de carbono. La

cocción de la masa elimina el etanol producido en la fermentación y destruye las células de levadura. La formación de burbujas de dióxido de carbono confiere al pan su textura esponjosa.

52. La biotecnología es la disciplina basada en la utilización de los seres vivos o sus componentes, para realizar determinados procesos químicos con finalidad industrial.

Industria alimentaria: bacterias del género *Lactobacillus* y *Lactococcus*.

El queso y el yogur se obtienen de la fermentación láctica de los glúcidos sencillos de la leche que pasan a ácido láctico. La fermentación es producida por las bacterias lácticas (*Lactobacillus* y *Lactococcus*) que se encuentran de forma natural en la leche sin esterilizar.

Industria farmacéutica: hongos del género *Penicillium*.

El hongo se cultiva en enormes tanques de hasta casi 50 000 litros de caldo de cultivo, que contiene grandes cantidades de azúcares, sales minerales y otras sustancias alimenticias, entre ellas dilución de granos macerados, un subproducto de la industria del almidón. El medio de cultivo se esteriliza calentando los tanques y una vez enfriado, se introduce el hongo desde tanques mas pequeños en los que ha sido cultivado. El medio se mantiene a una temperatura de 24 °C y se agita continuamente. En los tanques se introduce aire esterilizado para producir condiciones óptimas de crecimiento del hongo. Este se multiplica en todo el líquido, no solamente en la superficie, y el líquido (llamado ahora caldo) se deja tres o cuatro días hasta que alcanza su máximo desarrollo. Entonces el caldo se extrae por medio de cañerías y se filtra para separar el hongo sólido. El líquido que pasa a través de los filtros es tratado con carbón activado (muy puro y finamente pulverizado) que absorbe la penicilina. Esto significa que sus moléculas se adhieren a la superficie de las partículas de carbón. Después de nuevos filtrados, el residuo sólido se trata con acetona acidificada y agua, para disolver la penicilina. Esto debe efectuarse con rapidez, puesto que la penicilina se descompone en un ambiente ácido. Inmediatamente después del tratamiento con acetona la solución se trata con bicarbonato de sodio, el cual produce una sal sódica de la penicilina, que es la forma en la que habitualmente se emplea.

53. Ejemplos de fermentaciones industriales:

- Fermentación láctica. Consiste en la formación de ácido láctico a partir de la degradación de la lactosa (glucosa + galactosa). La glucosa sufre la vía de la glucólisis hasta ácido pirúvico, el cual posteriormente se reducirá a ácido láctico. La galactosa, al isomerizarse en glucosa, proporciona también dos moléculas de ácido láctico. Esta fermentación es la homoláctica, ya que solo se produce ácido láctico como producto final. Otra variedad es la heteroláctica, en la que se obtienen además otros compuestos, como etanol y dióxido de carbonoglucosa. Dicha fermentación es realizada por las bacterias lácticas, como *Lactobacillus*. A través de ellas se obtienen productos como el queso, el yogur o leches acidificadas. Asimismo, también se utiliza este tipo de fermentación como método de conservación de ciertos productos, como carnes o embutidos.
- Fermentación alcohólica. Es la transformación de la glucosa en ácido pirúvico y de este en etanol y dióxido de carbono. El proceso de degradación de la glucosa es común al de la glucólisis hasta el ácido pirúvico, pero, a partir de aquí, este se descarboxila y pasa a acetaldehído, el cual se reduce posteriormente a alcohol etílico.

Este tipo de fermentación es realizada fundamentalmente por levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, anaerobias facultativas. Mediante este tipo de fermentación se obtienen bebidas alcohólicas, además de ser la base en la fabricación del pan. Dependiendo de la especie de *Saccharomyces* se puede obtener: vino (*S. ellypsoides*), sidra (*S. apiculatus*), cerveza (*S. cerevisiae*), etc.

La reacción global de la fermentación alcohólica es:



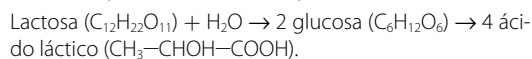
54. Hoy en día se utilizan diversos tipos de microorganismos en numerosos procesos industriales, como son: la producción de antibióticos o las fermentaciones para la obtención de vino, cerveza, pan y derivados lácteos.

Por ejemplo, el queso y el yogur se obtienen de la fermentación láctica de los glúcidos sencillos de la leche que pasan a ácido láctico. La fermentación es producida por las bacterias lácticas (*Lactobacillus* y *Lactococcus*) que se encuentran de forma natural en la leche sin esterilizar.

55. a) En la fabricación del yogur se utilizan bacterias lácticas del género *Lactobacillus*.

Y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se utiliza tanto en la fabricación de la cerveza como en la del pan.

- b) En la fabricación del yogur tiene lugar la fermentación láctica, en la que se obtiene como producto ácido láctico.



En la fabricación de la cerveza y del pan se produce la fermentación alcohólica, que da como productos etanol y CO_2 .

- c) La biotecnología se utiliza además en la industria química, para la fabricación de antibióticos en la industria farmacéutica, en la agricultura, en la ganadería y en la minería.

56. a) Los organismos fotosintéticos mediante la respiración degradan la materia orgánica y desprenden CO_2 . Algunas bacterias realizan una fermentación butírica, en la que descomponen restos vegetales; otras realizan fermentación pútrida, en la que se descompone materia orgánica de tipo proteico; y ciertos hongos descomponen restos vegetales, utilizando la celulosa y la lignina como fuente de carbono y energía; los productos de esta descomposición son sustancias orgánicas malolientes y dos compuestos de carbono: el CO_2 y el metano (CH_4).

- b) Bacterias que realizan la fermentación butírica: *Bacillus amilobacter* y *Clostridium butyricum*.

Bacterias que realizan la fermentación pútrida: *Bacterium linens* y *Clostridium sporogenes*.

Las levaduras son hongos microscópicos unicelulares que realizan la fermentación de los hidratos de carbono. La mayoría de las levaduras que se cultivan pertenecen al género *Saccharomyces*.

- c) Los hongos de la putrefacción de la madera descomponen restos vegetales, utilizando la celulosa y la lignina como fuente de carbono y energía. Los productos de esta descomposición son sustancias orgánicas malolientes y dos compuestos de carbono: el CO_2 y el metano (CH_4). El metano es producido únicamente por arqueobacterias anaeróbicas, llamadas metanógenas.

57. Muchos microorganismos intervienen de manera activa en los ciclos biogeoquímicos que experimenta la materia en los ecosistemas. Por ejemplo, las bacterias nitrificantes del ciclo

del nitrógeno, otros microorganismos del suelo intervienen en la modificación química de los materiales orgánicos (detritos) para originar compuestos nutritivos inorgánicos para las plantas, con el fin de mantener un equilibrio medioambiental en los ecosistemas.

Un caso concreto de la utilización de microorganismos para mejorar el medio ambiente consiste en el empleo de los mismos para paliar la contaminación del agua como recurso natural de múltiples usos, al margen del doméstico, es decir, su contribución a la depuración de aguas residuales. Estas aguas contienen muchos sólidos suspendidos, así como patógenos y materia orgánica. Los microorganismos desempeñan un papel muy importante para degradar a esta última. En las depuradoras se tratan aguas residuales urbanas, liberándolas de sólidos, arenas y otros materiales por diversos métodos físicos y químicos y, posteriormente, se someten a un tratamiento biológico, mediante microorganismos, para degradar la materia orgánica.

LABORATORIO

1. Si la bacteria estudiada es sensible, en torno al disco se observará un halo, en el cual no hay proliferación de bacterias. Si el germen es resistente al antibiótico, crecerá uniformemente y no habrá ningún halo de inhibición en torno al disco del papel.
2. La solución dependerá del tipo de bacteria utilizada. Según la amplitud del halo, las bacterias se pueden clasificar en tres tipos:
 - Sensible (S), si el diámetro del halo es mayor de 15 mm.
 - Resistente (R), si el diámetro del halo es menor de 13 mm.
 - Intermedio (R/S), si el diámetro del halo está comprendido entre 13 y 15 mm.

El mayor halo indicará cuál es el mejor antibiótico para contrarrestar a la bacteria estudiada.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. **Epidemia:** la enfermedad infecciosa afecta a la vez a un número alto de individuos de una comunidad o área geográfica pequeña. Por ejemplo, la epidemia de gripe que afecta a Europa a finales de otoño e invierno o la epidemia de cólera que aparece en determinadas áreas después de un grave desastre, como un terremoto.

Pandemia: enfermedad infecciosa difundida por un área muy amplia de la Tierra. Ejemplos de pandemia son el sida o la pandemia de peste negra del siglo XIV.

Enfermedad endémica: enfermedad presente siempre en un área o población, pero con escasa incidencia. Por ejemplo, el virus del Ébola.

2. Un microorganismo patógeno es aquel capaz de producir una enfermedad infecciosa, tanto en plantas como en animales o personas.

Patogeneidad: capacidad del patógeno de causar enfermedad en el huésped.

Virulencia: grado de patogeneidad para producir una determinada enfermedad.

El grado de virulencia se debe a sustancias con efecto tóxico producido por los microorganismos patógenos, como por ejemplo las toxinas o determinadas enzimas secretadas por los patógenos al medio.

3. a) La adherencia es la primera interacción de importancia entre un microorganismo patógeno y su huésped. Incluye la unión a receptores de la superficie de la célula huésped con macromoléculas de la superficie del patógeno (denominadas adhesinas). Suele existir especificidad de hospedador y de tejidos.
- b) Las adhesinas pueden ser glicoproteínas o lipoproteínas de la superficie celular del patógeno (glucocálix), de las fimbrias, pilis o flagelos.
4. **Infección:** invasión de un ser vivo por microorganismos patógenos (virus, bacterias, protozoos u hongos).

Enfermedad: estado en el que se encuentra un individuo cuando se ve alterado su estado de salud, ya sea por una causa física, mental o social.

Infección no es sinónimo de enfermedad, ya que la infección no siempre ocasiona daños en el huésped.

No todas las enfermedades son de origen infeccioso, ya que hay enfermedades no infecciosas (como el cáncer), mentales (provocadas por un mal funcionamiento del cerebro), etc.

Todas las infecciones no producen enfermedad, ya que no siempre las infecciones ocasionan daños en el huésped, incluso si el patógeno es potencialmente virulento.

No es la enfermedad la que es transmitida de un huésped a otro, sino el microorganismo patógeno.

5. Una toxina de un microorganismo patógeno es una sustancia, producida por él, que tiene efecto tóxico o venenoso en los tejidos del huésped. Cuando los microorganismos producen sustancias perjudiciales para el huésped (toxinas) se produce la enfermedad sin que apenas exista colonización del microorganismo.

Existen dos tipos de toxinas: exotoxinas y endotoxinas.

Las exotoxinas son de naturaleza proteica, que se desnaturalizan por el calor (termolábiles), secretadas al exterior por bacterias Gram positivas. Inducen la producción de anticuerpos y poseen una elevada toxicidad, hasta en dosis pequeñas.

Las endotoxinas son componentes estructurales de las bacterias Gram negativas, de naturaleza lipoproteica, son termoestables, su toxicidad es baja y no inducen la formación de anticuerpos.

Enfermedad	Microorganismo productor	Forma de transmisión
Cólera	Bacteria (<i>Vibrio cholerae</i>)	Agua y alimentos
Paperas	Virus (<i>Paramixovirus</i>)	Aire
Peste	Bacteria (<i>Yersinia pestis</i>)	Animales (pulga de las ratas, los reservorios son roedores salvajes y ratas domésticas)
Sífilis	Bacteria (<i>Treponema pallidum</i>)	Transmisión sexual
Fiebre amarilla	Virus (<i>Flavivirus</i>)	Animales (mosquito <i>Aedes aegypti</i>)

Enfermedad	Microorganismo productor	Forma de transmisión
Sarampión	Virus (<i>Paramixovirus</i>)	Aire
Salmonelosis	Bacteria (<i>Salmonella</i>)	Alimentos
Difteria	Bacteria (<i>Corynebacterium diphtheriae</i>)	Aire
Sida	Virus (VIH)	Transmisión sexual
Paludismo	Protozoo (<i>Plasmodium</i>)	Animales (mosquito <i>Anopheles hembra</i>)
Hepatitis A	Virus hepatitis A	Agua y alimentos
Enfermedad del sueño	Protozoo (<i>Trypanosoma brucei</i>)	Animales (mosca tse-tse)
Candidiasis	Hongo (<i>Candida albicans</i>)	Transmisión sexual

7. El cultivo de microorganismos en el laboratorio requiere de una serie de etapas:

- Preparación del medio de cultivo adecuado.** Un cultivo es un conjunto de células microbianas que crecen sobre o en un medio que contiene nutrientes. Mediante el cultivo conseguimos que el microorganismo se desarrolle y multiplique, ya que en él encontrará los nutrientes adecuados. Antes de realizar el cultivo se debe esterilizar el medio, con ello eliminaremos posibles microorganismos no deseados o contaminantes.
 - Aislamiento del microorganismo.** Para conseguir un cultivo con un único tipo de microorganismo, previamente debemos aislar el microbio objeto de estudio. Para ello se utilizan diferentes técnicas, como filtración, dilución, etc.
 - Siembra.** Con el asa de siembra o aguja enmangada se tomen muestras del microorganismo y se inocula en el medio de cultivo.
 - Mantenimiento de las condiciones óptimas del cultivo.** Con el fin de que el microorganismo se desarrolle en las condiciones adecuadas, el cultivo debe tener una temperatura y humedad óptimas.
8. a) La esterilización es un proceso mediante el cual se eliminan todas las formas de vida de un material o medio de cultivo.
- b) Esterilización por calor, por filtración, por radiaciones, etc.
- c) La finalidad de la pasteurización es la eliminación de la mayoría de los microorganismos de los alimentos sin que estos pierdan sus principales características de sabor o aroma. Por ejemplo, la pasteurización de la leche consiste en elevar rápidamente la temperatura de esta hasta 71,7 °C, mantenerla durante 15 o 20 segundos y, a continuación, enfriarla rápidamente.
9. a) Las principales técnicas utilizadas en la visualización de microorganismos son: las técnicas de tinción simple con un único colorante o las técnicas de tinción diferencial, en particular la tinción de Gram.
- b) Los agentes quimioterapéuticos son agentes químicos inocuos para el organismo que se utilizan en el tratamiento.

to de las enfermedades microbianas, ya que son tóxicos para los microorganismos. Ejemplos de agentes quimioterapéuticos son: sulfamidas, antibióticos, etc.

10. a) En la elaboración del vino y de la cerveza intervienen levaduras del género *Saccharomyces* (*Saccharomyces cerevisiae*).
 b) El proceso metabólico que se produce en la elaboración del vino y la cerveza es la fermentación alcohólica. Dicho proceso consiste en la transformación de ácido pirúvico en etanol y dióxido de carbono. En una primera etapa se realiza la glucólisis y se transforma la glucosa en ácido pirúvico; en la etapa siguiente se realiza la transformación del ácido pirúvico en acetaldehído y dióxido de carbono, y luego, el acetaldehído en etanol.
 Como productos secundarios se pueden producir también otras muchas moléculas orgánicas, como glicerina, ácido succínico y ácido acético.
 c) En la elaboración del yogur intervienen bacterias lácticas (*Lactobacillus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*).
 d) El proceso metabólico que se produce en la elaboración del yogur es la fermentación láctica. En dicho proceso se forma ácido láctico a partir de la degradación de la glucosa. Generalmente, este proceso ocurre si determinados microorganismos inician la fermentación de la lactosa de la leche, lo que provoca su agriamiento y la coagulación de la proteína caseína.
11. Los microorganismos desempeñan un papel muy importante en los ecosistemas. Algunos microorganismos actúan como descomponedores, transformando la materia orgánica compleja muerta (cadáveres de animales y restos de vegetales) en materia orgánica sencilla. Otros microorganismos actúan como productores primarios, produciendo y acumulando materia orgánica, como las algas que forman parte del fitoplancton, otros lo hacen como consumidores. Además, un gran número de microorganismos participan en la mineralización o transformación de la materia orgánica en materia inorgánica. La mineralización que efectúan los microorganismos permite, por un lado, incorporar materia inerte a la biosfera impidiendo que esta se vaya agotando y, por otro lado, pone a disposición de los organismos vegetales materia inorgánica utilizable.

Por ello, los microorganismos participan en la formación del suelo, en todos los ciclos biogeoquímicos, transformando

compuestos, son descomponedores en las cadenas tróficas, fijan nitrógeno atmosférico y sintetizan materia orgánica que es consumida por los niveles tróficos superiores.

Por tanto, debido a las diferentes funciones que realizan, si los microorganismos desapareciesen, la vida en la Tierra no sería posible.

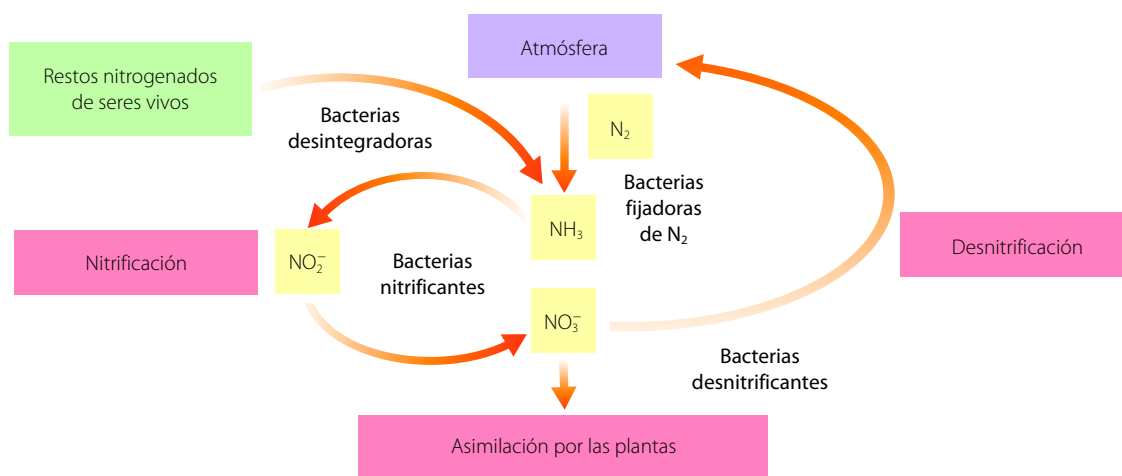
12. a) El reservorio principal del nitrógeno en el planeta es la atmósfera. En la naturaleza, el nitrógeno está a disposición de los seres vivos en forma de nitratos (NO_3^-) en los suelos y en el agua, y en forma gaseosa de N_2 en la atmósfera. Cuando mueren los animales o las plantas, las bacterias desintegradoras, mediante fermentaciones pútridas, degradan sus compuestos orgánicos nitrogenados, como las proteínas, y producen amoníaco (NH_3). Los animales vivos excretan constantemente al medio ambiente varios tipos de sustancias de desecho que contienen nitrógeno, como urea y ácido úrico. Los mismos microorganismos desintegradores transforman estos productos nitrogenados en amoníaco. La acción de los microorganismos descomponedores va enriqueciendo los suelos con amoníaco, lo que se denomina amonificación.

Las bacterias nitrificantes del suelo desarrollan el proceso de nitrificación, al oxidar aeróbicamente el amoníaco. Este proceso ocurre en dos pasos: primero las bacterias del género *Nitrosomonas* transforman el amoníaco en nitrito (NO_2^-), o nitrosación, y luego las bacterias del género *Nitrobacter* transforman el nitrito en nitrato (NO_3^-), o nitración. Los nitratos del suelo ya pueden ser absorbidos por las plantas para incorporarlos a moléculas orgánicas.

Otras bacterias, como las del género *Pseudomonas*, realizan anaeróbicamente un proceso inverso al de la nitrificación, ya que transforman los nitratos en N_2 gaseoso, que se incorpora a la atmósfera; a esta transformación se la llama desnitrificación.

Aunque el 79 % de la atmósfera está formado por N_2 , solo algunas bacterias de los géneros *Azotobacter*, *Clostridium* y *Rhizobium* y algunas cianobacterias (*Anabaena*, *Nostoc*) son capaces de aprovecharlo e incorporarlo a sus moléculas orgánicas. Estas bacterias convierten el N_2 en moléculas de amoníaco (NH_3), en el proceso denominado fijación de nitrógeno ($\text{N}_2 + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{NH}_3$), por lo que se las llama bacterias fijadoras de nitrógeno.

Microorganismos en el ciclo del nitrógeno



- b) Bacterias aerobias del suelo o del agua, fijadoras de nitrógeno: *Azotobacter*, *Bacillus*, cianobacterias, etc.
- Bacterias anerobias del suelo o del agua, fijadoras de nitrógeno: *Clostridium*.
- Bacterias anaerobias simbiotes de leguminosas u otras plantas, fijadoras de nitrógeno: *Rhizobium*, *Frankia*, etc.
- c) Algunas plantas, como las leguminosas (alfalfa, judía, guisante, habas), poseen unos abultamientos en sus raíces denominados nódulos radiculares donde se encuentran grandes cantidades de bacterias del género *Rhizobium*. La estrecha asociación simbiótica de la planta con las bacterias permite a estas fijar el nitrógeno atmosférico, proceso que no podrían realizar separadas de la planta. Parte del nitrógeno fijado por las bacterias es cedido a la planta en forma de componentes nitrogenados solubles que son empleados en el metabolismo de la planta, y parte pasa al suelo, con lo que este se enriquece de componentes nitrogenados.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

- a) Un vector es una especie que transmite el microorganismo patógeno al huésped definitivo, que sufre la enfermedad.

El reservorio es aquel organismo a partir del cual el vector toma el patógeno para originar la infección.

Ejemplos de vectores son: garrapatas, mosquitos, pulgas, piojos, etc.

Ejemplos de enfermedades en las que participe un vector biológico son:

 - **Malaria o paludismo.** Actúa como vector el mosquito hembra *Anopheles*, que transmite varias especies de *Plasmodium*, siendo su único reservorio los seres humanos.
 - **Peste.** Está provocada por la bacteria *Yersenia pestis*. El bacilo tiene como vector a las pulgas y como reservorio las ratas y otros roedores infectados.
 - **Fiebre amarilla.** Transmitida por el virus de la fiebre amarilla, que tiene como vector para los humanos a los mosquitos *Aedes aegypti*, siendo sus reservorios los monos o los mismos humanos.
 - La **rabia.** Transmitida por un virus que tiene como vector para los humanos, que son huéspedes accidentales, a los perros o murciélagos, siendo en este caso el reservorio los mismos vectores.

b) Enfermedades infecciosas que se producen en diversos animales, como el ganado vacuno, los cerdos, los perros, los murciélagos y los conejos, que pueden transmitirse posteriormente a la especie humana por el contacto con dichos animales. Ejemplos de zoonosis son: rabia, gripe aviar, gripe porcina, carbunco, peste, tiña, sarna, brucelosis, leishmaniasis, triquinosis, etc.
- Parásito:** microorganismo que se desarrolla sobre otro ser vivo (hospedador), viviendo a expensas de éste, al que perjudica sin causarle la muerte a corto plazo.

Patógeno: microorganismo capaz de producir una enfermedad.

No todos los parásitos son patógenos, ya que algunos no ocasionan trastornos en el individuo, pudiendo comportarse así como comensales o simbiotes. Sin embargo, todos los patógenos son parásitos, ya que para causar una enfermedad deben desarrollarse en el tejido del huésped.

- Toxina:** proteínas o lipopolisacáridos producidos por determinados microorganismos, como virus y bacterias, que causan daños celulares graves en el hospedador, en gran número de casos de forma irreversible.

Antitoxina: Suero con anticuerpos que causan la neutralización de la toxina, evitando así los efectos negativos sobre el hospedador.

Toxide: exotoxinas que pierden su carácter tóxico si se calientan o si se tratan con ciertas sustancias químicas, como el formaldehído, pero que todavía pueden inducir la producción de antitoxinas.

Neurotoxina: tipo de exotoxinas que atacan a las células del sistema nervioso, interfiriendo así en el impulso nervioso.

Toxigenicidad: capacidad de un microorganismo para producir toxinas.

4.

Características	Exotoxinas	Endotoxinas
Microorganismo productor	Bacterias Gram positivas	Bacterias Gram negativas
Naturaleza química	Proteínas	Lipopolisacáridos
Efectos en el huésped	Específicos sobre tejidos	Generales, produciendo fiebre y shock
Tolerancia al calor	Se desnaturalizan	Son termoestables
Efectos inmunológicos	Inducen la producción de anticuerpos	No inducen la producción de anticuerpos
Toxicidad	Alta, hasta en dosis muy pequeñas	Baja

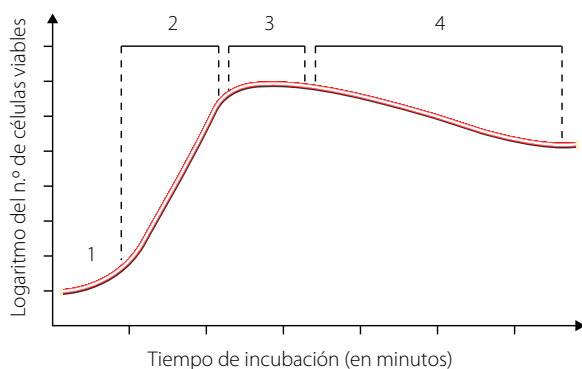
5.

Enfermedad	Microorganismo productor	Forma de transmisión
Poliomielitis	Virus (<i>Poliovirus</i>)	Agua y alimentos
Botulismo	Bacteria (<i>Clostridium botulinum</i>)	Alimentos
Varicela	Virus (Herpesvirus)	A través del aire
Candidiasis vaginal	Levadura (<i>Candida albicans</i>)	Transmisión sexual
Faringitis	Bacteria (<i>Streptococcus</i>)	A través del aire
Malaria	Protozoo (<i>Plasmodium</i>)	Animales (mosquito <i>Anopheles</i> hembra)
Tuberculosis	Bacteria (<i>Mycobacterium tuberculosis</i>)	A través del aire
Hepatitis B	Virus (Picornavirus)	Transmisión sexual
Paperas	Virus (Paramixovirus)	A través del aire

Enfermedad	Microorganismo productor	Forma de transmisión
Peste	Bacteria (<i>Yersinia pestis</i>)	Animales (pulga de las ratas, los reservorios son roedores salvajes y ratas domésticas)
Gripe	Virus (<i>Ortomixovirus</i>)	A través del aire
Disenteria amebiana	Protozoo (<i>Entamoeba histolytica</i>)	Agua o alimentos
Herpes genital	Virus (Herpesvirus)	Transmisión sexual
Resfriado común	Virus (Rhinovirus)	A través del aire

6. Los antibióticos interfieren en la síntesis de proteínas, inducen la síntesis de proteínas anormales o bien inhiben la formación de la pared bacteriana.
7. a) La temperatura óptima de crecimiento es la temperatura a la cual la especie crece mejor. Por encima y por debajo de la temperatura óptima el crecimiento es menor.
b) Toda población bacteriana en crecimiento pasa por cuatro fases distintas y secuenciales:
- 1) **Fase de latencia.** Período comprendido desde que se inocula el microorganismo en el medio de cultivo hasta que se produce el crecimiento.
 - 2) **Fase exponencial.** En esta etapa las bacterias crecen y se dividen muy rápidamente porque los nutrientes y los factores de crecimiento son óptimos y no hay ningún factor que limite su crecimiento.
 - 3) **Fase estacionaria.** En un cultivo cerrado, la población no puede crecer de forma indefinida, ya que se produce una disminución de los nutrientes y se acumulan sustancias tóxicas resultantes del metabolismo bacteriano, por ello se frena el crecimiento bacteriano.
 - 4) **Fase de muerte.** La mayoría de las bacterias muere rápidamente, mientras que muy pocas continúan dividiéndose para producir nuevas células.

Curva del crecimiento de un cultivo bacteriano



- c) Las placas de Petri son cajas de vidrio plástico, circulares con tapadera, donde los microorganismos crecen formando colonias.
8. Los métodos profilácticos son métodos preventivos que evitan contraer la enfermedad infecciosa. Entre los métodos pro-

filácticos podemos citar: higiene, esterilización, vacunas, sueros, etc.

Los métodos quimioterapéuticos son los que ayudan a combatir una infección una vez establecida en el organismo. Un ejemplo de método quimioterapéutico son los antibióticos.

9. Debe tratarse de un microorganismo anaerobio facultativo, ya que si hay oxígeno en el medio, en lugar de la fermentación llevará a cabo la respiración oxidativa. La razón se debe a la mayor eficacia energética de la respiración frente a la fermentación, ya que mediante la respiración se obtienen 38 ATP por molécula de glucosa, frente a los 2 ATP que se obtienen por fermentación.
10. a) Los antibióticos son sustancias, producidas por microorganismos o por síntesis química, que destruyen o impiden el crecimiento de otros microorganismos.
b) Por ejemplo, hongos productores de penicilina y bacterias productoras de estreptomicina.
c) Vacunas y sueros (adquisición de inmunidad activa o pasiva); hormonas y enzimas (corrección de errores metabólicos), vitaminas (déficit vitamínico), factores de coagulación (alteraciones hemorrágicas), etc.
11. **Thiobacillus.** Participan en el ciclo del azufre, donde oxidan el azufre elemental o los sulfuros, produciendo sulfatos y obteniendo con ello energía para sus procesos vitales.
Nitrosomonas. Participan en el ciclo del nitrógeno, transformando el amoníaco en nitrito (NO_2^-).
Azotobacter. Intervienen en el ciclo del nitrógeno. Son capaces de aprovechar el nitrógeno atmosférico e incorporarlo a sus moléculas orgánicas, para ello convierten el N_2 en moléculas de amoníaco (NH_3), en el proceso denominado fijación del nitrógeno.
Microorganismos fotótrofos. Intervienen en el ciclo del carbono. Captan el CO_2 atmosférico y fijan el carbono en moléculas orgánicas (CH_2O) en presencia de la luz.
Bacterias metanógenas. Intervienen en el ciclo del carbono. Son arqueobacterias anaeróbicas que producen metano.

AMPLIACIÓN

1. Con las propias defensas de las personas, remedios curativos populares como hierbas curativas, desinfección por fuego de heridas, sangrías controladas mediante sanguijuelas, etc.
2. Los aerosoles son gotas microscópicas de humedad que pueden llevar gran cantidad de microorganismos si son producidas por la tos o estornudos de personas enfermas. El resfriado común, el sarampión, la gripe, la faringitis, la tuberculosis y la difteria son enfermedades que se pueden transmitir mediante los aerosoles.
3. a) Bacterias resistentes a los antibióticos son aquellas que sobreviven a estas sustancias siempre que estén presentes en el medio en el que crecen.
b) Las quinolonas, ya que es el que presenta un porcentaje más bajo de bacterias resistentes.
4. Una cepa bacteriana puede presentar resistencia a los antibióticos, principalmente por dos motivos.
 1. La existencia de genes determinantes de la aparición de un mecanismo de resistencia, que pueden ser transferidos entre células bacterianas de una misma cepa o cepas diferentes.

2. El uso amplio de antibióticos que ejercen una presión de selección. Esto favorece la supervivencia de cepas que portan y expresan genes determinantes de resistencia.

La resistencia puede originarse en mutaciones al azar de genes localizados en los cromosomas o los plásmidos, que confieren resistencia, o como consecuencia del uso repetitivo y extendido de un determinado compuesto.

La flora bacteriana normal constituye una de las barreras defensivas del organismo. El uso prolongado de antibióticos puede terminar con la flora bacteriana beneficiosa, lo que provocaría el desarrollo de bacterias patógenas.

5. Se trata de un procedimiento de conservación de alimentos basado en la ósmosis. La alta concentración de sal en el medio externo (medio hipertónico del microorganismo) provocaría la deshidratación del microbio (medio hipotónico), por lo que el microorganismo invasor perdería agua. Como consecuencia, las células del microorganismo sufrirían plasmolisis, lo que podría producir la muerte celular.
6. El yogur se obtiene mediante fermentación láctica a partir de los azúcares que contiene la leche. Dicha fermentación es realizada por bacterias del género *Lactobacillus*; para que tenga lugar es necesario:
- Yogur, que contiene las bacterias necesarias para llevar a cabo la fermentación.
 - Leche, que contiene lactosa, sustrato de la fermentación.
 - Temperatura adecuada para el desarrollo de los gérmenes.
7. La aparición de bacterias resistentes a los antibióticos se debe al desarrollo de bacterias mutantes.
- El uso de antibióticos hace que surjan bacterias resistentes a los mismos, es por ello por lo que no debemos automedicarnos y cuando nos indiquen tomar antibióticos debemos hacerlo siguiendo las recomendaciones del médico, pues suspender el tratamiento antes de tiempo puede llevar al desarrollo de cepas resistentes.
8. a) Verdadero. Inicialmente la penicilina era obtenida del hongo *Penicillium notatum*, pero actualmente se usa otra especie, *P. chrysogenum*, que produce más cantidad de penicilina.
- b) Verdadero. En general los antibióticos tienen efectos antibacterianos, pero existen algunos con efectos antifúngicos.
- c) Falso. Pueden ser producidas tanto por bacterias Gram negativas como Gram positivas.
- d) Verdadero.
- e) Falso. La neumonía es producida por una bacteria, *Streptococcus pneumoniae*.
- f) Verdadero. Se transmite a través del agua o de alimentos contaminados por heces.
- g) Verdadero.
- h) Falso. La malaria o paludismo es una enfermedad producida por el protozoo *Plasmodium*, el tripanosoma es un protozoo que produce la enfermedad del sueño.
- i) Falso. Las levaduras del género *Saccharomyces* obtienen alcohol degradando incompletamente moléculas de glucosa, mediante fermentación alcohólica.
- j) Falso. El autoclave permite esterilizar los medios de cultivo y material de laboratorio mediante calor húmedo (vapor de agua).

9. Los antibióticos son sustancias químicas producidas en el metabolismo de algunas bacterias del grupo de los actinomicetales y por ciertos hongos, útiles para el tratamiento de enfermedades producidas por bacterias. Su mecanismo de acción es muy variado, provocando la inhibición de la síntesis de las paredes de las bacterias patógenas, la destrucción de fosfolípidos de las membranas celulares o la inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas de la bacteria.

La malaria es producida por un protozoo (*Plasmodium*), por lo que el medicamento en ningún caso puede curar la malaria. Además, ningún medicamento que rompa la pared bacteriana destruye el núcleo, ya que los microorganismos que poseen pared bacteriana son organismos procariotas, carentes de núcleo.

REFUERZO

1. El vector de una enfermedad es el ser vivo que transporta el microbio hasta el hospedador definitivo, mientras que el portador es el ser vivo que ya tiene el microbio pero que aún no ha desarrollado los síntomas de la enfermedad.
2. a-3; b-1; c-9; d-6; e-10; f-8; g-2; h-7; i-4; j-5.
3. Las enfermedades son producidas por microorganismos heterótrofos parásitos. Estos microorganismos obtienen los nutrientes que necesitan para su crecimiento a expensas del hospedador, produciéndole un daño, bien destruyendo sus células o liberando toxinas, lo que deriva en una enfermedad. Una infección es la invasión de microorganismos patógenos a un ser vivo, que puede causar una enfermedad o no producir daños en el hospedador. Por el contrario, una intoxicación es un envenenamiento del organismo debido a la entrada de sustancias tóxicas, ya sea por vía cutánea, respiratoria o por ingerir algún tipo de alimento.
- Medidas de prevención para evitar una infección son: la asepsia y la vacunación. Las medidas de prevención contra las intoxicaciones pueden ser el no ingerir alimentos sospechosos o de dudosa procedencia y controles de calidad de los alimentos.
4. Son microbios capaces de infectar a insectos considerados como plagas y que los matan, controlando de esta manera sus poblaciones.
5. Los agentes antimicrobianos son sustancias que actúan sobre los microorganismos. Según el tipo de microorganismos sobre el que actúan, pueden ser: antibacterianos, antivíricos, antifúngicos y antiprotozoicos.
- Los agentes antimicrobianos matan o inhiben el crecimiento de los microorganismos, bien rompiendo o destruyendo la pared bacteriana o la membrana celular, alterando las propiedades físicas del citoplasma o inactivando determinados enzimas.
- Ejemplos de agentes antimicrobianos son: los desinfectantes, como el alcohol, antisépticos, sulfamidas, antibióticos, etc.
6. a) **Infección.** Invasión de microorganismos patógenos a un ser vivo, que puede causar una enfermedad o no producir daños en el hospedador. Las infecciones pueden ser producidas por virus, bacterias, hongos y protozoos. Los microorganismos que producen enfermedades se denominan patógenos.
- b) **Virulencia.** Capacidad que tiene un microorganismo para producir una enfermedad. Según su virulencia, los micro-

organismos pueden ser avirulentos o inocuos, si no producen enfermedad y virulentos, si la producen.

- c) **Toxina.** Sustancia tóxica producida por ciertos microorganismos patógenos, que liberada por estos produce daños en el hospedador. Existen dos tipos de toxinas:

– **Exotoxinas.** Suelen ser proteínas solubles, con una elevada toxicidad. Son sensibles a la temperatura. Son producidas por bacterias Gram positivas como consecuencia de su metabolismo. Se conocen tres tipos:

- **Neurotoxinas**, que atacan a las células del sistema nervioso.
- **Enterotoxinas**, que afectan a las células epiteliales digestivas causando diarreas.
- **Citotoxinas**, que matan enzimáticamente a las células del huésped.

– **Endotoxinas.** Son lipopolisacáridos de la membrana externa de la pared celular de bacterias Gram negativas. Se liberan en grandes cantidades cuando se lisa la célula bacteriana.

7. a) Son comunes: la fermentación de los azúcares, el organismo que interviene (la levadura *Saccharomyces cerevisiae*) y la producción de alcohol y dióxido de carbono.

Son diferentes: las materias primas (uva, o mosto, y cebada), la germinación de la cebada, el malteado y la adición de lúpulo, entre otros.

- b) Son comunes: la fermentación de los glúcidos sencillos de la leche, la intervención de bacterias lácticas y la producción de ácido láctico, entre otros.

Son diferentes: la adición de cuajo (renina), la separación del suero de la cuajada y la maduración del queso, entre otros.

8. a) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CH_3-CHOH-COOH + 2 ATP$. Sustrato inicial: glucosa, producto final: ácido láctico y 2 ATP. Microorganismo implicado: bacterias lácticas, *Lactobacillus casei*, *L. bulgaricus*, *Streptococcus lactis*, *Leuconostoc citrovorum*, etc.
- b) Se trata del queso. El hongo interviene después que las bacterias para obtener el producto final.
- c) La primera sustancia que se obtuvo fue la penicilina; dichos fármacos reciben el nombre de antibióticos.

9. **Microorganismo productor.** Organismo autótrofo, que produce materia orgánica, como por ejemplo algas y cianobacterias, que constituyen el fitoplancton.

Microorganismo descomponedor. Organismos heterótrofos y quimiorganótrofos que se alimentan de detritos orgánicos o restos de otros seres vivos, por lo que transforman la materia orgánica en inorgánica y actúan en los procesos de mineralización. Por ejemplo, bacterias (como *Bacillus*, *Clostridium*...) y hongos.

Microorganismo simbiótico. El que se asocia con otro organismo para beneficiarse mutuamente. Por ejemplo, *Escherichia coli* en el intestino grueso de las personas sintetiza vitamina K y algunas del grupo B, que son absorbidas por el organismo. A cambio, el intestino le proporciona un ambiente adecuado y los nutrientes necesarios para poder vivir. Otros ejemplos son las bacterias que habitan en el rumen de los herbívoros, que degradan la celulosa.

10. **Amonificación.** Transformación del nitrógeno presente en los compuestos orgánicos en amoníaco o amonio. Es llevada a cabo por bacterias amonificantes.

Nitrificación. Oxidación biológica del amonio a nitrato por microorganismos aerobios que usan el oxígeno molecular (O_2) como aceptor de electrones; es decir, como oxidante. El proceso se realiza en dos pasos:

- Primero las bacterias del género *Nitrosomonas* transforman el amoníaco en nitritos (NO_2^-).
- En segundo lugar las bacterias del género *Nitrobacter* transforman el nitrito en nitrato (NO_3^-). Los nitratos del suelo ya pueden ser absorbidos por las plantas para incorporarlos a moléculas orgánicas.

Desnitrificación. Transformación de los nitratos (NO_3^-) en nitrógeno gaseoso (N_2), que se incorpora a la atmósfera. El proceso supone el retorno del nitrógeno a la atmósfera y el empobrecimiento del suelo. En dicho proceso intervienen bacterias del género *Pseudomonas*.

11. Son depósitos de diferente capacidad que contienen un medio de cultivo de microorganismos. Añadiendo microorganismos, estos se reproducen rápidamente y mediante procesos fermentativos liberan al medio de cultivo diversas sustancias que luego son concentradas y son los productos obtenidos, como el etanol y el ácido láctico.

OBJETIVOS

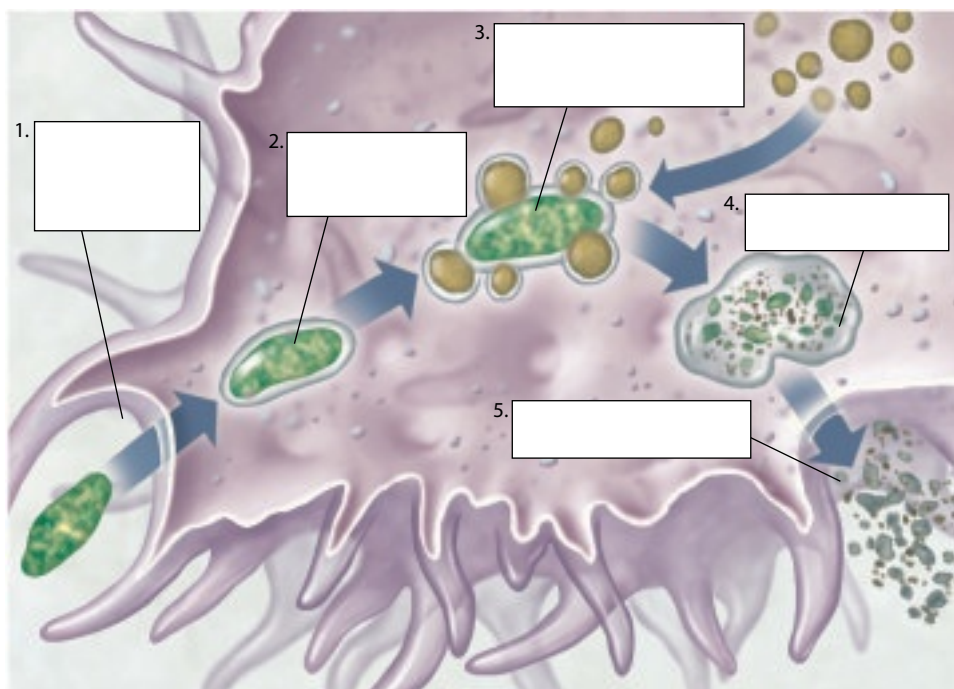
1. Reconocer los mecanismos de defensa inespecíficos, distinguiéndolos de los específicos.
2. Comprender el concepto de inmunidad y las formas de adquirirla.
3. Indicar los órganos, células y moléculas del sistema inmunitario, y su organización tisular y orgánica.
4. Comparar la respuesta inmunitaria humoral y la respuesta inmunitaria celular.
5. Comprender los mecanismos de acción del sistema inmune diferenciando entre respuesta primaria y secundaria.

CONTENIDOS

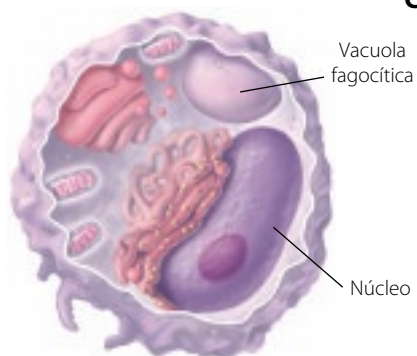
CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
- Defensas no específicas. (Objetivo 1) - Barreras primarias. - Barreras secundarias. - La inmunidad: natural y artificial. (Objetivo 2) - El sistema inmunitario. (Objetivos 3 y 4) - Células del sistema inmunitario. - Los órganos linfoides. - Antígenos y anticuerpos. - Mecanismos de acción del sistema inmune. (Objetivo 4) - La respuesta inmune. - Reacción antígeno-anticuerpo. - El sistema de complemento. - El interferón.	- Análisis de texto sobre la historia de la inmunología. (Objetivo 1) - Proyección de un vídeo sobre defensas específicas e inespecíficas. (Objetivo 1) - Realización de un esquema sobre el respuesta inflamatoria. (Objetivo 1). - Elaboración de un esquema sobre los tipos de inmunidad. (Objetivo 2) - Realización de un esquema de la estructura de los anticuerpos. (Objetivo 3) - Interpretación de microfotografías de diferentes células del sistema inmunológico. (Objetivo 3) - Elaboración de mapas conceptuales sobre las células del sistema inmunológico. (Objetivo 3). - Interpretación de esquemas sobre la respuesta humoral y celular. (Objetivo 4) - Interpretación de esquemas sobre la respuesta inmune primaria y secundaria. (Objetivo 5) - Determinación de los grupos ABO y factor Rh. (Objetivo 5)	- Valoración de la importancia del sistema inmune y de su correcto funcionamiento para el mantenimiento de la vida. - Interés por conocer el valor de las pruebas inmunológicas para detectar determinadas enfermedades. - Reconocer la importancia de la investigación en el campo de la inmunología para tratar o prevenir enfermedades. - Respeto por las normas de uso del laboratorio. - Valorar la importancia de la donación de sangre. - Valorar los descubrimientos anteriores como base para la inmunología moderna.

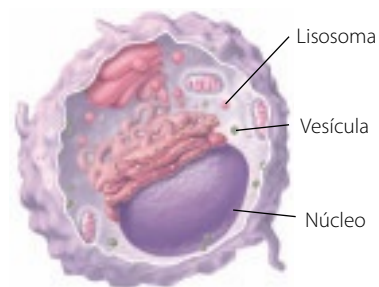
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Señalar los mecanismos de defensa inespecíficos. Indicar sus componentes y los mecanismos empleados. (Objetivo 1)	1 y 2	1, 2 y 3
b) Conocer los distintos tipos de inmunidad, señalando ejemplos de cada uno de ellos. (Objetivo 2)	3 y 4	4 y 5
c) Enumerar los componentes del sistema inmunitario e indicar su función. (Objetivo 3)	5 y 6	6 y 7
d) Diferenciar la respuesta humoral y la celular. (Objetivo 3)	7	8
e) Definir los conceptos de antígeno y anticuerpo, y describir su naturaleza. (Objetivo 3)	8	9
f) Diferenciar entre respuesta inmune primaria y secundaria. (Objetivo 4)	9 y 10	10 y 11
g) Explicar los mecanismos de acción del sistema de complemento y del interferón. (Objetivo 4)	11	12 y 13

PROCESO DE FAGOCITOSIS



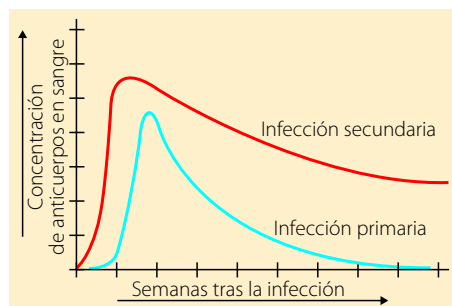
CÉLULAS FAGOCÍTICAS







- 1 ¿Cuáles son las diferencias entre las defensas específicas y las no específicas?
- 2 ¿Qué función defensiva poseen las mucosas y la piel frente a microorganismos patógenos?
- 3 Con respecto a los tipos de inmunidad, dependiendo de la forma de adquirirla:
 - a) Define inmunidad natural pasiva y señala un ejemplo.
 - b) Define inmunidad artificial pasiva y señala un ejemplo.
- 4 La tendencia actual en pediatría es recomendar la lactancia materna. Explica el fundamento inmunológico de tal recomendación.
- 5 Indica la misión de las células NK en el sistema inmunitario.
- 6 Con relación a las células que participan en la respuesta inmune:
 - a) Indica el origen, tipos y funciones de los linfocitos T.
 - b) Indica el origen y función de los linfocitos B.
 - c) Indica el origen y función de los macrófagos.
- 7 Con respecto a los mecanismos de defensa:
 - a) Define respuesta específica.
 - b) Define inmunidad celular y cita sus células responsables.
- 8 Los anticuerpos intervienen en la respuesta inmune:
 - a) Explica su naturaleza química y señala dos tipos.
 - b) Cita la célula productora y el tipo de inmunidad en el que intervienen.
 - c) Dibuja un esquema de un anticuerpo y señala sus componentes marcando la zona donde se une al antígeno.
- 9 Define el término memoria inmunológica y señala la célula responsable de su existencia.
- 10 En relación con la gráfica adjunta, responde razonadamente las cuestiones siguientes:

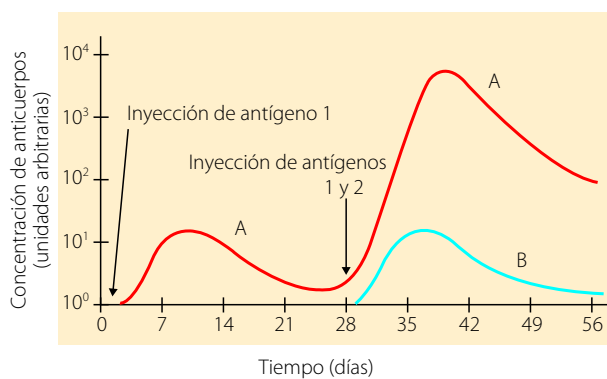


- a) ¿Qué representa la gráfica? ¿En cuál de las infecciones se produce mayor cantidad de anticuerpos? ¿En cuál de ellas se produce una respuesta más rápida? ¿Qué respuesta es más duradera?
 - b) ¿Por qué las respuestas son diferentes tras una infección primaria o una infección secundaria?
- 11 Define el concepto de interferón e indica brevemente su mecanismo de acción.

- 1 En relación con la respuesta inmune:
 - a) Define inmunidad específica e inespecífica.
 - b) Di en cuál de ambos mecanismos participan: los linfocitos, los neutrófilos, la piel, los macrófagos, el interferón, la inflamación, las secreciones mucosas y los anticuerpos.
- 2 Define los siguientes conceptos:
 - a) Espermina.
 - b) Diapédesis.
 - c) Lisozima.
 - d) Monocito.
- 3 En el sistema defensivo del organismo existen células fagocíticas.
 - a) Cita dos de estas células e indica a qué tipo de defensa pertenecen.
 - b) Explica el mecanismo de la fagocitosis y sus etapas.
- 4 Define inmunidad natural e indica su origen.
- 5 Explica las diferencias entre vacunación y sueroterapia.
- 6 Los linfocitos T son células indispensables para un buen funcionamiento del sistema inmune:
 - a) Indica dónde se produce su célula precursora y en qué lugar del organismo se diferencian para poder cumplir su misión.
 - b) Cita el tipo de inmunidad en el que actúan y dos estructuras a las que destruyan.
 - c) Indica los dos grupos principales en que se clasifican y los subgrupos que se originan de ellos.
- 7 Indica la localización y función de los siguientes órganos linfáticos: médula ósea roja, timo, bazo y ganglios linfáticos.
- 8 Define inmunidad humoral e indica sus células responsables. Señala las diferencias entre inmunidad humoral y celular.
- 9 Con respecto a los antígenos:
 - a) ¿Qué es un antígeno? ¿Qué naturaleza química tiene?
 - b) ¿Qué se entiende por determinante antigénico?
 - c) Diferencia entre isoantígenos y autoantígenos.
 - d) ¿Cómo se produce la unión antígeno-anticuerpo?
 - e) Define opsonización.
- 10 Define respuesta primaria y respuesta secundaria, y explica dos diferencias existentes entre ellas.
- 11 Un determinado día ocho individuos son expuestos al virus del sarampión. Pasados diez días, solo cinco de ellos presentan síntomas de la enfermedad. Propón, en términos científicos, una explicación para los siguientes hechos:
 - a) que enfermen unos y otros no; b) que transcurran diez días hasta la aparición de los síntomas. Explica qué pasaría si todos son expuestos de nuevo al virus.
- 12 ¿Cuál es la función de los interferones alfa y beta de la especie humana?
- 13 Explica brevemente la importancia del sistema de complemento en los mecanismos de respuesta inmune.

- 1 ¿Qué diferencias hay entre los receptores de superficie de los linfocitos B y T?
- 2 ¿Qué científico se puede considerar uno de los pioneros en el conocimiento de la inmunidad? ¿Cuáles fueron sus investigaciones?
- 3 Justifica el hecho de que un anticuerpo pueda comportarse como un antígeno.
- 4 Louis Pasteur descubrió que cuando inoculaba pollos con cultivos envejecidos de la bacteria del cólera solo presentaban un ataque leve. También encontró que los cultivos frescos de la bacteria no producían cólera cuando se inoculaban en pollos que habían sido previamente inoculados con cultivos viejos. Expón una explicación razonada a estos hechos.
- 5 ¿Por qué se considera la estructura de la IgG el modelo para las cinco clases de inmunoglobulinas?

- 6 La gráfica representa la producción de anticuerpos a lo largo de casi dos meses después de haber inyectado dos antígenos a un animal. El antígeno 1 se inyecta en los días 1 y 28. El antígeno 2 solo en el día 28. Responde razonadamente las siguientes cuestiones:

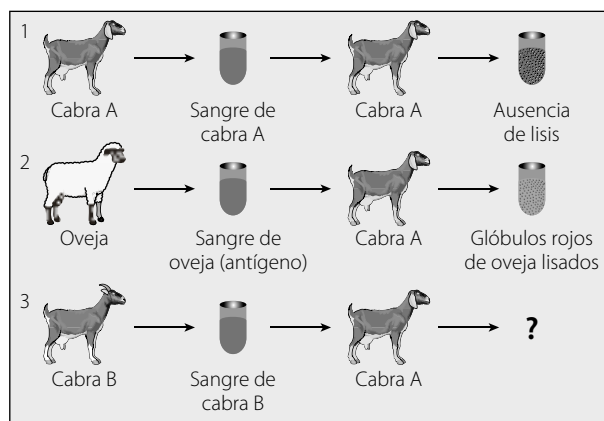


- a) Interpreta las curvas A y B. ¿Qué tipos de inmunoglobulinas estarán presentes, de manera mayoritaria, a los 7 y 42 días tras la inyección del antígeno 1 (curva A)?
- b) Indica cómo habría sido la curva B si el animal hubiese estado vacunado frente a un virus portador del antígeno 2 y explica a qué se debería ese resultado.

- 7 Se sabe que el sistema inmunitario reacciona contra todo tipo de molécula que no reconoce como propia, pero ¿cuál es la causa de que rechazemos proteínas que nos son inyectadas, mientras que si las tomamos por vía digestiva, generalmente no provocan la respuesta de nuestro sistema inmune? Razona la respuesta.
- 8 Al someter a la inoculación de un determinado antígeno a dos gemelos univitelinos (idénticos), A y B, se observa que B tarda alrededor de 20 días en producir una cantidad de anticuerpos semejante a la que produce A en, aproximadamente, 5 días. Propón una explicación razonada para este comportamiento desigual de los gemelos.

- 9 En las figuras 1, 2 y 3 de la imagen adjunta se extrae sangre de la cabra A, de la oveja y de la cabra B, respectivamente. A continuación, en los tres casos, se inyecta la sangre a una cabra de tipo A y se analiza una muestra de sangre obtenida de esta última. En función de estos datos, responde las siguientes cuestiones:

- a) ¿Por qué se produce la lisis (rotura) de los glóbulos rojos de la oveja (figura 2) y en cambio no existe lisis en el caso de la cabra A?
- b) ¿Qué debería ocurrir en la figura 3? ¿Qué tipo de moléculas provocan la lisis de los glóbulos rojos de la oveja? ¿Cuál es la naturaleza química de estas moléculas?



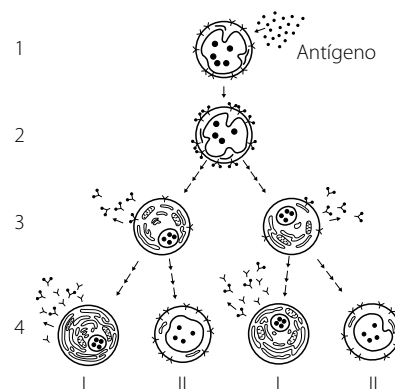
- 10 Supón que un hospedador ha padecido una enfermedad provocada por un microorganismo. ¿Por qué una variación en la composición (no en la cantidad) de los antígenos de ese microorganismo permite que el hospedador pueda desarrollar de nuevo la misma enfermedad? Razona la respuesta.

1 Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- Los linfocitos T se forman en la médula ósea roja y maduran en el timo.
- La respuesta inmunitaria celular está basada en la síntesis de anticuerpos por los linfocitos T.
- Las inmunoglobulinas son proteínas globulares.
- Los antígenos son sustancias capaces de inducir una respuesta inmune.
- La vacunación es un tipo de inmunidad artificial activa.
- El médico británico Edward Jenner descubrió el proceso curativo de la sueroterapia.
- Las células asesinas o NK segregan perforinas.
- La respuesta inmune secundaria es más rápida, más intensa y más duradera que la respuesta inmune primaria.

2 En relación con la figura adjunta, contesta las siguientes cuestiones:

- Indica el tipo de respuesta que se observa en la figura. ¿Cómo se llaman las células representadas en la línea 4 de la figura? ¿Qué función desempeñan?
- ¿Cómo se denominan las moléculas representadas por el símbolo Y? ¿Cuál es su naturaleza química? ¿Cuál es su función? ¿Qué es un antígeno?



3 Muchos protozoos, como *Plasmodium* o *Trypanosoma*, son capaces de evitar la acción del sistema inmune contra ellos produciendo proteínas en su membrana que se parecen a las proteínas normales del organismo infectado. ¿Por qué de esta manera se protegen del sistema inmune? Razona la respuesta.

4 El siguiente fragmento ha sido adaptado de la novela *El origen perdido*, de Matilde Asensi, donde los protagonistas encuentran en la selva amazónica una población descendente de antiguos indígenas incas, que habían huido de los conquistadores españoles y las enfermedades que contagiaban hacía más de 400 años:

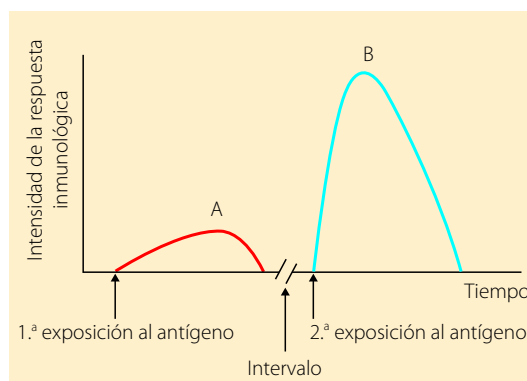
(INDÍGENA): No os acerquéis. Nos podéis contagiar el sarampión, la viruela, la gripe y las otras enfermedades españolas.

(PROTAGONISTA): ¡Pero si estáis inmunizados! Vuestros antepasados que sobrevivieron produjeron anticuerpos contra todas aquellas enfermedades y, por lo tanto, vosotros, sus descendientes, también los habéis heredado. No os podemos contagiar nada.

- El protagonista habla de anticuerpos. Explica qué son los anticuerpos, cuáles son los efectos que producen y qué células los fabrican.
- En el diálogo hay un error conceptual importante. Explica dónde está el error.
- Las enfermedades infecciosas provocan una mortalidad menor en las poblaciones que han sido expuestas al agente infeccioso que las provocan. Por ejemplo, en Europa, en el siglo XVI la viruela mataba un 25% de los que la contraían. En cambio, cuando los indígenas americanos entraron en contacto con la viruela por primera vez, la mortalidad llegó al 90% de los contagiados. ¿Por qué se produjo esa gran mortandad en la población nativa? Explica por qué mecanismo se adquiere esta resistencia.

5 El gráfico muestra la respuesta inmunitaria primaria (A) y secundaria (B) de una persona. Las dos respuestas inmunitarias han sido provocadas por la exposición a un mismo antígeno en dos momentos de su vida separados por un intervalo de tiempo determinado.

- Basándote en el gráfico explica por qué algunas enfermedades difícilmente se contraen más de una vez en la vida.
- Los neutrófilos y los linfocitos B son dos tipos de células que participan en varios procesos de inmunidad. Indica si dichas células participan en procesos de inmunidad específica o inespecífica y cuál es su función.



RECUERDA Y CONTESTA

1. No, ya que muchos viven en los suelos, en la superficie de los animales, sobre las frutas y verduras sin producir enfermedades en condiciones normales. Además, otros son capaces de producir sustancias útiles como el pan, el alcohol etílico, las vitaminas, los antibióticos, etc., y otros, al transformar la materia orgánica muerta en materia inorgánica absorbible por las raíces de las plantas, cierran los ciclos biogeoquímicos de los elementos.
2. Ante todo al disponer de una gruesa piel con pelo y tener secreciones sebáceas. Luego están las células sanguíneas fagocíticas y las productoras de anticuerpos.
3. Son células sanguíneas que se encargan de localizar, capturar y fagocitar cualquier cuerpo extraño de la sangre, incluidos los microorganismos.
4. La inflamación es la respuesta de dilatación de los capilares sanguíneos para facilitar la llegada de las células sanguíneas ante la entrada de microorganismos por una herida.

ACTIVIDADES

1. La piel y todas las secreciones que existen en las aberturas y conductos de los animales reciben el nombre de barreras defensivas primarias.
 - Piel. Es una barrera física casi infranqueable para los microorganismos gracias a las siguientes características:
 - Grosor de la piel. En las personas puede variar entre 0,5 mm en los párpados y 4 mm en las palmas de las manos y las plantas de los pies. Este espesor impide la entrada de los microorganismos.
 - Procesos de queratinización y descamación de sus capas celulares más externas que eliminan los microorganismos adheridos a ellas.
 - Presencia de secreciones de las glándulas sebáceas y de sudor. Favorece un pH algo ácido que resulta perjudicial para los microbios.
 - Existencia de flora bacteriana de la piel. Impide el asentamiento y desarrollo de otros microbios que se depositan sobre ella.
 - Presencia de escamas, plumas o pelos. Las escamas en la piel de los peces y los reptiles, las plumas de las aves y los pelos de los mamíferos contribuyen a impedir la invasión de los microorganismos.

No obstante, la piel puede ser traspasada por los microorganismos a través de lesiones en ella, como las producidas por las heridas.

- Secreciones mucosas. En las aberturas naturales de los animales como la boca, el ano, las fosas nasales y las vías respiratorias, urogenitales y digestivas, las secreciones mucosas que recubren los epitelios junto a la flora bacteriana son las barreras defensivas más representativas.
- Secreciones ácidas del epitelio vaginal y de los conductos digestivos como el estómago. Contribuyen a formar un ambiente desfavorable para la vida y proliferación de los microorganismos.
- Mucosas respiratorias. Los microbios y las partículas extrañas que quedan atrapados en el mucus son eliminados mediante el movimiento ciliar de las células epiteliales, por la tos y por los estornudos.
- Flora bacteriana propia del tubo digestivo. Contribuye a evitar la proliferación de microorganismos patógenos por

antagonismo, compitiendo por los nutrientes o liberando sustancias inhibitorias.

Entre las enzimas de estas secreciones destacan: la lisozima, que es capaz de destruir la capa de mureína de la pared bacteriana y se encuentra en la saliva, en la secreción lacrimal y en la secreción nasal, y la espermina, que presenta acción bactericida y se encuentra en el espermatozoide de los animales.

2. Es una enzima que se encuentra en la saliva, en las lágrimas y en las secreciones nasales que tiene capacidad para destruir la capa de mureína de las bacterias.
3. La diapedesis es la capacidad de algunas células sanguíneas, como los leucocitos neutrófilos, de salirse de los vasos sanguíneos. La ventaja que tiene este fenómeno en los neutrófilos es que pueden fagocitar microorganismos que hayan invadido los tejidos.
4. Las defensas inespecíficas son la piel, las secreciones y los fagocitos de la sangre que se encargan de detener a los microbios sin atender a tipos; las defensas específicas son mecanismos defensivos de tipo celular o químico dirigidos a tipos muy concretos de microbios o de moléculas.
5. Las principales características de la inmunidad son: que es específica y tiene memoria.
6. La vacunación consiste en introducir microorganismos atenuados o muertos en el cuerpo de la persona para prevenir la enfermedad. Con la vacunación se consigue inmunidad artificial activa. La sueroterapia consiste en introducir los anticuerpos específicos en el cuerpo de la persona enferma de la enfermedad. Con la sueroterapia se consigue inmunidad artificial pasiva.
7. La inmunidad celular se lleva a cabo mediante la actuación de células y la inmunidad humoral por anticuerpos.
8. Son moléculas producidas por los linfocitos T colaboradores, que inducen el crecimiento y maduración de linfocitos B y T.
9. Si los antígenos proceden de una célula presentadora, son las moléculas MHC de tipo II las que muestran un péptido antigénico a los linfocitos T colaboradores. Si los antígenos son generados por células cancerosas, son las moléculas MHC de tipo I las que muestran un péptido antigénico a los linfocitos T citotóxicos.
10. Órganos linfoides primarios. Son aquellos en los que se produce la maduración definitiva de los linfocitos, como la médula ósea roja y el timo o la bolsa de Fabricio de las aves.

Órganos linfoides secundarios. Son aquellos en los que se producen las interacciones necesarias para las activaciones celulares específicas, de modo que los linfocitos puedan reaccionar contra antígenos específicos. Son: el bazo, los ganglios linfáticos y el tejido linfático difuso o con folículos linfáticos.
11. En el timo se produce la maduración de las células madre hematopoyéticas que llegan de la médula ósea y su transformación en linfocitos T.
12. La inflamación de los ganglios linfáticos es indicio de la existencia de una infección microbiana y de la acción del aparato inmunológico.
13. Los determinantes antigénicos son zonas de la molécula del antígeno que se unen específicamente a los receptores de membrana de los linfocitos B y T.
14. Un hapteno es una molécula que puede unirse a anticuerpos pero que de por sí no tiene capacidad inmunogénica, es decir no induce la formación de anticuerpos específicos.
15. Un antígeno es toda sustancia capaz de desencadenar una respuesta inmunitaria.

Los anticuerpos son proteínas del grupo de las globulinas que se unen específicamente a los antígenos. Por sus propiedades inmunológicas, reciben también el nombre de inmunoglobulinas (Ig).

16. Es una proteína del grupo de las globulinas cuya función es unirse específicamente al antígeno.
17. La porción variable de las moléculas de los anticuerpos está constituida por la porción de las dos cadenas H que se encuentran unidas a las dos cadenas L por puentes disulfuro y por donde se produce la unión con las moléculas de los antígenos. Esta porción de las moléculas de anticuerpos se llama variable porque cada tipo de anticuerpo tiene diferente secuencia de aminoácidos, lo que determina que únicamente se puedan unir a un solo tipo de antígeno.
18. Las gammaglobulinas o IgG son los únicos anticuerpos que atraviesan la placenta y, por tanto, pueden llegar al feto por el torrente sanguíneo proporcionándole una inmunidad natural pasiva.
19. Las inmunoglobulinas son proteínas del grupo de las globulinas. La estructura básica de las inmunoglobulinas está inte-

grada por cuatro cadenas polipeptídicas: dos cadenas pesadas y dos cadenas ligeras, que se combinan para formar una molécula tridimensional en forma de Y. En una inmunoglobulina se pueden diferenciar varias zonas.

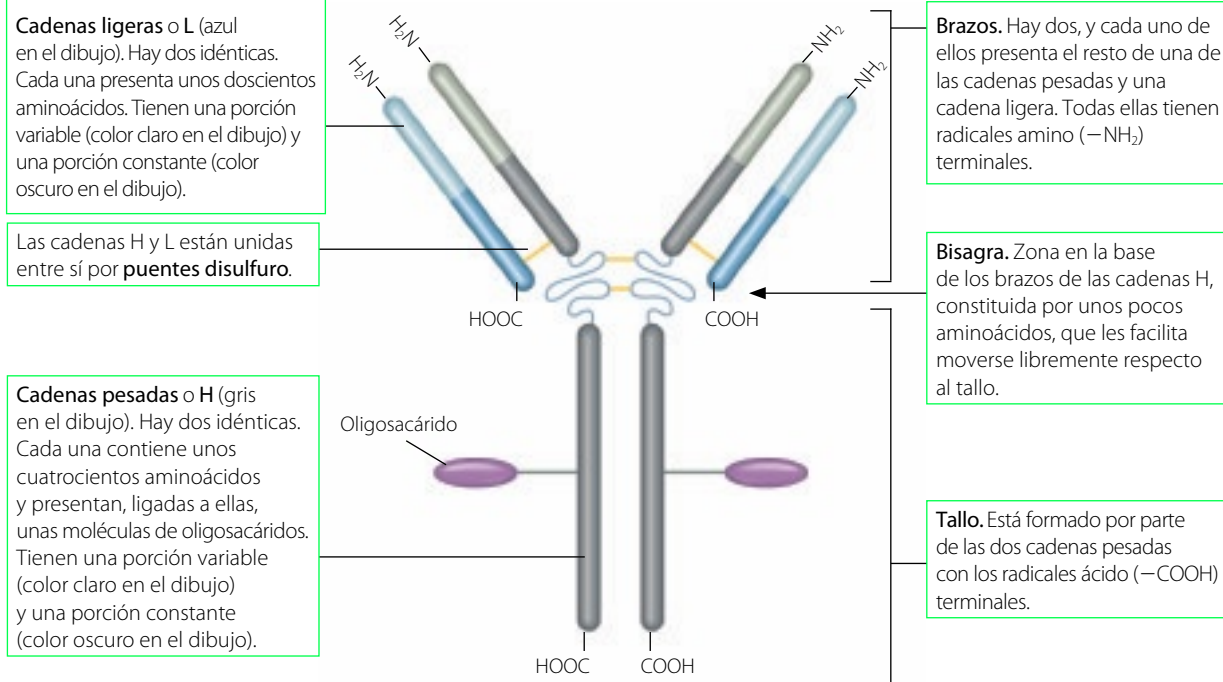
En el anticuerpo se pueden distinguir dos regiones según sus componentes:

- Porción variable. Son los extremos aminados de las cadenas H y L. Cada tipo de anticuerpo presenta en esta zona de las cadenas una secuencia diferente de aminoácidos.

Los dos extremos de la Y de los anticuerpos son los centros de unión a los antígenos, de modo que una molécula de anticuerpo es bivalente.

Se llama paratopo a la zona del anticuerpo que se une al antígeno. Está formado por las porciones variables de las cadenas H y L, y en él encaja el determinante del antígeno específico.

- Porción constante. Corresponde al resto de las cadenas H y L y carece de la propiedad de unirse a los antígenos.



20. Tipo de inmunoglobulina (Ig)	Estructura	Otras características
IgG	Dos cadenas L y de dos cadenas H de tipo γ (gamma)	Capaces de atravesar la placenta y penetrar en el feto
IgM	Cinco monómeros de anticuerpos unidos por puentes disulfuro y por una cadena polipeptídica, denominada J. Las cadenas H son de tipo μ	Son los primeros anticuerpos que se producen ante la exposición inicial a un antígeno
IgA	Cuatro cadenas polipeptídicas, dos cadenas L y dos cadenas H de tipo α (alfa), aunque este monómero puede asociarse con otro o con dos más mediante una cadena J, dando dímeros o trímeros. Además, presenta una cadena polipeptídica, llamada componente secretor	Se originan en estructuras linfoides subepiteliales y se encuentran en la sangre y en diversas secreciones, como la leche, el mucus respiratorio e intestinal, la saliva y las lágrimas
IgE	Dos cadenas L y dos cadenas H de tipo ϵ (épsilon)	Se encuentran en los tejidos y son las causantes principales de los fenómenos de alergia
IgD	Dos cadenas L y dos H de tipo δ (delta)	Son anticuerpos de la superficie de linfocitos B que sirven como receptores de antígenos específicos

21. La respuesta inmune secundaria es mucho más rápida, más intensa y más duradera que la respuesta inmune primaria y ello es debido a que tras el primer contacto con un antígeno, los linfocitos de memoria perduran durante gran parte de la vida del animal y de esta manera pueden responder mucho más rápidamente cuando hay una segunda infección.

22. Según esta teoría, la formación de linfocitos B específicos se debe a que los receptores ya están preformados en el aparato inmunológico, incluso antes de la presencia de los antígenos, lo que explicaría la memoria inmunológica.

23. Los anticuerpos, al reconocer a los antígenos, se unen a ellos mediante enlaces de Van der Waals, fuerzas hidrofóbicas o iónicas, en una reacción denominada antígeno-anticuerpo.

24. La reacción de precipitación tiene lugar cuando el antígeno que se une al anticuerpo específico es una macromolécula soluble con varios determinantes antigénicos, lo que conduce a la formación de complejos insolubles que precipitan. En cambio, la aglutinación se da cuando los antígenos son moléculas de la superficie de bacterias u otros microorganismos.

25. El sistema del complemento es un sistema que ayuda y estimula los mecanismos de la respuesta inmune. Está formado por una veintena de proteínas plasmáticas del tipo de las globulinas, que, a diferencia de los anticuerpos, se encuentran siempre presentes en el plasma.

Las proteínas que forman este sistema reaccionan frente a gran variedad de complejos antígeno-anticuerpo y provocan la lisis de los microorganismos con complejos antígeno-anticuerpo adheridos.

26. Barrera defensiva. Mecanismo que poseen los seres vivos para defenderse de los microbios. En los animales las barreras son la piel (barrera mecánica), secreciones de las aberturas o conductos (como lágrimas, sudor, lisozima, espermita, etc.), los leucocitos de la sangre, anticuerpos, etc.

Linfocito T. Tipo de linfocitos responsables de la inmunidad celular, pues no producen anticuerpos, sino que provocan la muerte de determinadas células alteradas. Maduran en el timo. En su membrana disponen de receptores capaces de reconocer antígenos de la superficie externa de otras células, llamados complejo CD3.

Macrófago. Tipo de leucocito (glóbulo blanco) que se forma en la médula ósea, que puede desplazarse libremente por diferentes tejidos y órganos, donde fagocitan grandes partículas, como restos celulares o células dañadas. El conjunto de macrófagos recibe el nombre de sistema retículo endotelial. Determinados macrófagos (que actúan como células presentadoras de antígenos) fagocitan estructuras antigénicas, y tras su digestión intracelular, sitúan determinados fragmentos antigénicos en su superficie (en la membrana plasmática).

Sistema de complemento. Se conoce con este nombre una veintena de proteínas plasmáticas del tipo de las globulinas, que, a diferencia de los anticuerpos, se encuentran siempre presentes en el plasma. Las proteínas que forman este sistema reaccionan frente a gran variedad de complejos antígeno-anticuerpo y sus efectos consisten principalmente en provocar la lisis de los microorganismos con complejos antígeno-anticuerpos adheridos.

Inmunodeficiencia. Incapacidad del sistema inmunitario de atajar las enfermedades microbianas. Las causas pueden ser diversas, como trastornos genéticos (hereditarios), fallos en el desarrollo normal de los órganos linfoides primarios o secundarios o bien infecciones víricas.

Las inmunodeficiencias conducen a las personas que las padecen a que sean extremadamente sensibles a infecciones microbianas, incluso de aquellos microbios que tienen en condiciones normales una baja patogenicidad, y caigan enfermas de los denominados síndromes de inmunodeficiencia. La inmunodeficiencia puede ser congénita, si se nace con ella, o adquirida, cuando se desarrolla a lo largo de la vida de la persona.

27. a) 1-b, 2-c, 3-a, 4-e, 5-d, 6-f.

b) Infección: es la invasión de una por parte de un agente extraño en un ser vivo.

Virulencia: es la manifestación producida por un agente extraño o microorganismo patógeno.

Toxina: sustancia con efecto tóxico producida por un agente extraño al organismo invadido o por el microorganismo.

c) La inmunidad congénita es la que posee un organismo frente a enfermedades que le puedan causar otras especies y la inmunidad adquirida es la que adquiere un organismo tras padecer una enfermedad o bien de forma artificial por vacunación o sueroterapia.

28. Las barreras defensivas son los diferentes mecanismos de defensa inespecíficos de los que dispone un organismo para actuar frente a cualquier tipo de microorganismo. Estas defensas pueden ser barreras físicas, como la piel, o barreras químicas, como ciertas sustancias de los fluidos naturales (saliva, jugo gástrico...) y de la sangre, o también células que fagocitan microorganismos.

Para invadir el cuerpo de los animales, los microbios deben atravesar su piel o penetrar por alguno de sus orificios naturales. La piel y todas las secreciones que existen en las aberturas y conductos de los animales evitan la entrada de microorganismos y/o su proliferación en el interior. Estas son las barreras primarias.

La barrera secundaria celular o defensa fagocítica es un mecanismo que se pone en marcha en el interior de los animales, cuando los microbios logran atravesar las barreras primarias. La barrera secundaria consta de células fagocíticas que eliminan los gérmenes mediante fagocitosis englobando los microorganismos en vacuolas fagocíticas para destruirlos. Junto a este proceso se desencadena la respuesta inflamatoria en la que se produce:

- Dilatación de los vasos sanguíneos locales, con lo que llega más sangre y, por tanto, más leucocitos a la zona infectada.
- Aumento de la permeabilidad vascular, lo que facilita la salida de plasma y células sanguíneas.

29.

	Respuesta inespecífica	Respuesta específica
Barreras físicas (barreras primarias)	Epitelios de revestimiento: piel (barrera mecánica), secreciones mucosas que recubren los epitelios y flora bacteriana de nuestra piel.	
Células	Fagocitos (monocitos, macrófagos, neutrófilos y eosinófilos), células citotóxicas (células NK), células cebadas (basófilos y mastocitos).	Linfocitos B y linfocitos T

La respuesta inespecífica actúa de manera indiscriminada sobre cualquier antígeno, mientras que la respuesta específica actúa selectivamente contra antígenos concretos.

La respuesta inespecífica se constituye de un conjunto de barreras defensivas naturales que combaten la infección desde el primer momento. Esta respuesta se basa en respuestas de acción inmediata y sin memoria inmunológica.

La respuesta específica se pone en funcionamiento cuando la respuesta inespecífica no ha sido suficiente para combatir el patógeno. Esta respuesta se basa en el reconocimiento selectivo de los antígenos. Para ello se ponen en funcionamiento dos tipos de respuestas: la respuesta celular, mediada por los linfocitos T, que destruyen los patógenos portadores del antígeno y las células infectas, y la respuesta humoral, en la que tiene lugar la síntesis de anticuerpos por los linfocitos B y su liberación a la circulación sanguínea.

- 30.** La piel constituye una barrera primaria inespecífica para la entrada de microorganismos, puesto que actúa sobre cualquier tipo de microorganismo sin que exista un reconocimiento específico.

La piel es una barrera física casi infranqueable para los microorganismos gracias a las siguientes características:

- Grosor de la piel. En las personas puede variar entre 0,5 mm en los párpados y 4 mm en las palmas de las manos y las plantas de los pies. Este espesor impide la entrada de los microorganismos.
- Procesos de queratinización y descamación de sus capas celulares más externas que eliminan los microorganismos adheridos a ellas.
- Presencia de secreciones de las glándulas sebáceas y de sudor. Favorece un pH algo ácido que resulta perjudicial para los microbios.
- Existencia de flora bacteriana de la piel. Impide el asentamiento y desarrollo de otros microbios que se depositan sobre ella.
- Presencia de pelos. Los pelos de los mamíferos en general, contribuyen a impedir la invasión de los microorganismos.

No obstante, la piel puede ser traspasada por los microorganismos a través de lesiones en ella, como las producidas por las heridas.

- 31.** a) y b) La inmunidad supone el hecho de ser invulnerable a una determinada enfermedad infecciosa. Podemos distinguir los siguientes tipos de inmunidad:
- Inmunidad natural activa. Se consigue después de superar con éxito una determinada enfermedad. Se debe al hecho de la memoria inmunológica generada por los linfocitos B de memoria y a los anticuerpos producidos, que perduran durante un tiempo en la sangre del animal, en ocasiones durante toda la vida.
 - Inmunidad natural pasiva. Se adquiere durante el desarrollo embrionario y en el periodo de lactancia. En el primer caso, el embrión recibe anticuerpos de la madre a través de la placenta, y en el segundo adquiere anticuerpos de la madre con la leche materna.
 - Inmunidad artificial activa. Se consigue mediante la vacunación. La vacunación consiste en introducir en un individuo sano microorganismos debilitados o muertos, característicos de la enfermedad contra la que se quiere obtener inmunidad. Los antígenos de estos microorganismos inducen la formación de anticuerpos, los cuales reducen rápida-

mente la débil toxicidad de los microbios. Los anticuerpos formados permanecen en la sangre, proporcionando memoria inmunológica. La vacunación es, pues, un método preventivo.

- Inmunidad artificial pasiva. Se consigue mediante la suero-terapia, que consiste en tratar a la persona ya enferma con suero sanguíneo de un animal que contenga anticuerpos contra el microbio causante de la enfermedad. Para obtener este suero hay que vacunar previamente al animal, que suele ser el caballo, dada la gran cantidad de sangre que posee. Los anticuerpos de la sangre del caballo son los que se encargan, en la sangre del paciente, de anular a los antígenos del microorganismo. Por tanto, se trata de un método curativo.
- 32.** a) Defensa específica: es aquella que actúa selectivamente contra antígenos concretos.
- b) Se denomina inmunidad humoral al conjunto de mecanismos inmunitarios en los que intervienen anticuerpos fabricados contra antígenos específicos. Los linfocitos B son las células responsables de sintetizar los anticuerpos.
- c) Inmunidad celular es aquella en la que no actúan anticuerpos, sino células que atacan al antígeno. Las células responsables de la inmunidad celular son los linfocitos T.
- 33.** a) La vacunación es un método preventivo de inmunidad activa. Consiste en inyectar a una persona microbios muertos o atenuados de la enfermedad que se quiere prevenir, para activar el sistema inmunitario y que se produzcan anticuerpos específicos. Actualmente se dispone de vacunas contra numerosas enfermedades, como el cólera, la tuberculosis, el tétanos, el sarampión, la meningitis y la rabia.
- b) La suero-terapia es un tratamiento curativo de inmunidad pasiva con una duración limitada a diferencia de la vacunación, que es un método preventivo de inmunidad activa.
- c) La vacunación.
- d) Células T.
- 34.** a) Linfocitos B.
- b) Linfocitos T.
- c) Linfocitos B.
- d) Linfocitos B.
- e) Linfocitos T.
- f) Linfocitos T.
- g) Linfocitos B y T.
- h) Linfocitos B.
- i) Linfocitos B y T.
- j) Linfocitos B y T.
- 35.** El sistema inmune se activa contra estructuras extrañas, denominadas antígenos, produciendo anticuerpos específicos. Si los microorganismos producen estructuras parecidas a las que se presentan en el organismo infectado, entonces el sistema inmune las reconoce como propias y no responde ante ellas.
- 36.** Un antígeno es cualquier sustancia capaz de desencadenar una respuesta inmunitaria en el organismo.
- Las inmunoglobulinas o anticuerpos son proteínas del grupo de las globulinas que se unen específicamente a los antígenos.

Los anticuerpos son producidos por los linfocitos B y su difusión se realiza por la sangre, la linfa, los líquidos intersticiales y las secreciones donde llevan a cabo su acción.

Los linfocitos B se forman y maduran en la médula ósea de los mamíferos, y en las aves maduran en la bolsa de Fabricio.

- 37.** Los linfocitos B presentan anticuerpos o receptores en la superficie externa de su membrana plasmática que reaccionan con antígenos específicos de microorganismos. Al activarse, se convierten en células plasmáticas, con un gran retículo endoplasmático, que producen anticuerpos libres específicos. Las funciones de los linfocitos T son diferentes según el tipo de linfocito:

- Linfocitos T citotóxicos. Destruyen las células infectadas por virus o bacterias patógenas mediante la liberación de citotoxinas, como las perforinas, que inducen la aparición de poros en la membrana plasmática de la célula infectada.
- Linfocitos T colaboradores o células *helper* (células Th). Se encargan de activar a los linfocitos B y de iniciar la proliferación de los linfocitos T citotóxicos mediante la secreción de unas moléculas llamadas interleucinas.
- Linfocitos T supresores. Evitan una respuesta inmunitaria excesiva o desproporcionada.

La función principal de los macrófagos es la de fagocitar cuerpos extraños que se introducen en el organismo, como las bacterias. Además actúan como células presentadoras de antígenos, cuando los macrófagos fagocitan un microorganismo, procesan y presentan los antígenos en su superficie que son reconocidos por los linfocitos T colaboradores, que a su vez activarán a los linfocitos B.

Memoria inmunológica: capacidad del sistema inmunitario de reconocer a un antígeno al que ya ha sido expuesto previamente, lo que le permite desencadenar una respuesta más rápida y efectiva contra él.

- 38. a)** Los linfocitos T maduran en el timo e intervienen en la inmunidad celular.
- b)** – Linfocitos T citotóxicos. Destruyen las células infectadas por virus o bacterias patógenas mediante la liberación de citotoxinas, como las perforinas, que inducen la aparición de poros en la membrana plasmática de la célula infectada.
- Linfocitos T colaboradores o células *helper* (células Th). Se encargan de activar a los linfocitos B y de iniciar la proliferación de los linfocitos T citotóxicos mediante la secreción de unas moléculas llamadas interleucinas.
- Linfocitos T supresores. Evitan una respuesta inmunitaria excesiva o desproporcionada.
- 39. a)** Los anticuerpos son glicoproteínas globulares, que por sus propiedades inmunológicas reciben también el nombre de inmunoglobulinas.
- b)** Son producidos por los linfocitos B.
- c)** Antígenos. La unión del anticuerpo al antígeno se realiza mediante enlaces de Van der Waals, fuerzas hidrofóbicas o iónicas, en una reacción denominada antígeno-anticuerpo.
- d)** Las inmunodeficiencias de linfocitos B se deben a defectos en los linfocitos B, que no son capaces de producir anticuerpos normales o en la cantidad deseada. Esto provoca un aumento de infecciones causadas por microorganismos. Entre este tipo de inmunodeficiencias podemos citar la agammaglobulinemia, enfermedad ligada al cro-

mosoma X, en la que los varones que la padecen carecen de linfocitos B y, por tanto, de inmunoglobulinas.

- 40.** Algunos órganos que forman parte del sistema inmunitario de mamíferos son:

- Médula ósea roja. Se encuentra, en los adultos, en el interior de los huesos planos, como los que forman el cráneo; de los huesos cortos, como las costillas, y de las epífisis o cabezas de los huesos largos. En la médula ósea roja se encuentran las células madre, precursoras de los linfocitos. Estas células madre pueden madurar en la propia médula ósea, transformándose en linfocitos B, o salir de la médula.
- Timo. Es un órgano extremadamente importante para el desarrollo de los linfocitos T, que se encuentra algo atrofiado en el adulto. Algunas células madre hematopoyéticas de la médula ósea migran al timo y en él se transforman en linfocitos T. Estos linfocitos son sometidos, en este órgano a una intensa selección que provoca que el 95 % de ellos sea eliminado y el 5 % restante migre a los órganos linfoides secundarios donde se transforman en linfocitos T.
- Bazo. Es un órgano de unos 200 gramos de masa en la especie humana y que se encarga de filtrar la sangre, eliminando los eritrocitos y leucocitos defectuosos. También presenta unas zonas ricas en linfocitos B y otras zonas ricas en linfocitos T. Estos linfocitos responden activamente ante la presencia de antígenos extraños en la sangre.

Moléculas del sistema inmunitario:

- Las citocinas son moléculas que intervienen en señales que se producen entre las células durante las respuestas inmunitarias.
- Las proteínas del sistema del complemento controlan la inflamación, son sintetizadas principalmente en el hígado, aunque en los tejidos inflamados pueden producirlas los macrófagos.
- Los haptenos son pequeñas moléculas que tienen capacidad para unirse a anticuerpos específicos, pero por sí solos no son inmunogénicos, es decir, no estimulan las células inmunocompetentes ni la producción de anticuerpos. Sin embargo, los haptenos pueden adquirir propiedades antigénicas cuando se unen a las denominadas moléculas transportadoras, generalmente proteínas.

- 41. a)** A: región variable de la cadena ligera (L).
B: región variable de la cadena pesada (H).
C: región constante de la cadena ligera.
D: región constante de la cadena pesada.

Las cadenas polipeptídicas se mantienen unidas por uniones no covalentes y covalentes (puentes disulfuro).

Las regiones que intervienen en el reconocimiento con el antígeno son las regiones variables.

La zona del anticuerpo que se une al antígeno se denomina paratopo.

- b)** La autoinmunidad es un fallo del sistema inmunitario que es incapaz de reconocer como propias determinadas moléculas y, a consecuencia de ello, actúa contra componentes del propio organismo, con lo que se originan enfermedades graves que pueden llevar incluso a la muerte del individuo. Las moléculas del propio organismo que origina autoinmunidad se denominan autoantígenos, y provocan la formación de autoanticuerpos y células autorreactivas. Los linfocitos B son los responsables de la inmunidad humoral. Dichos linfocitos poseen anticuerpos de superficie

en su membrana plasmática capaces de reaccionar con determinados antígenos. Cuando los linfocitos B se activan ante el contacto con un antígeno se convierten en células plasmáticas, que producen anticuerpos libres.

Los linfocitos T no son capaces de producir anticuerpos libres. Son los responsables de la inmunidad celular específica. Presentan en su membrana receptores (complejo CD3) que transmiten al interior del linfocito T la información de la interacción de los antígenos a los linfocitos T.

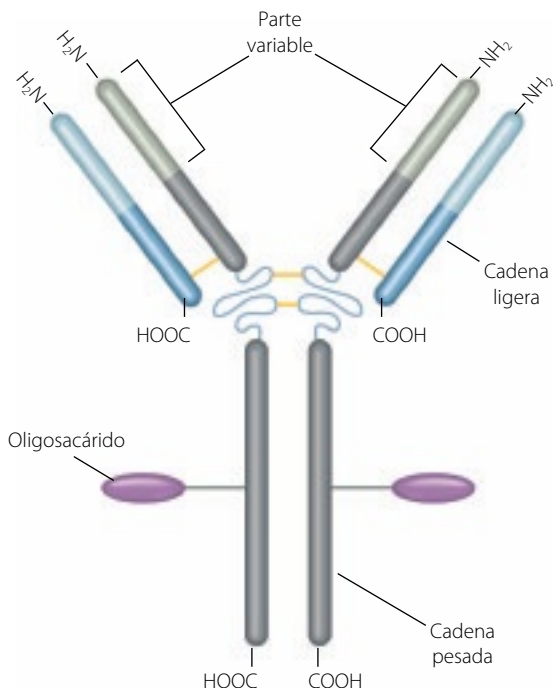
42. El sistema inmune está formado por el conjunto de células, tejidos y moléculas implicado en los procesos de inmunización. Este sistema se caracteriza por su capacidad de reconocimiento de moléculas extrañas al organismo, lo que desencadena una serie de procesos celulares y moleculares que las neutralizan o destruyen.

El timo es un órgano extremadamente importante para el desarrollo de los linfocitos T, que se encuentra algo atrofiado en el adulto. Algunas células madre hematopoyéticas de la médula ósea migran al timo y en él se transforman en linfocitos T. Estos linfocitos son sometidos, en este órgano a una intensa selección que provoca que el 95 % de ellos sea eliminado y el 5 % restante migre a los órganos linfoides secundarios donde se transforman en linfocitos T.

En la médula ósea roja se encuentran las células madre, precursoras de los linfocitos. Estas células madre pueden madurar en la propia médula ósea, transformándose en linfocitos B, o salir de la médula.

Las células plasmáticas son linfocitos B que se han activado por la presencia de antígenos y se encargan de producir anticuerpos libres específicos contra dichos antígenos.

43. Las IgG o gammaglobulinas son los anticuerpos más abundantes de la sangre. Son moléculas glucoproteicas constituidas por cuatro cadenas polipeptídicas: dos cadenas ligeras (L) iguales y dos cadenas pesadas (H), también idénticas. Ligadas a las cadenas H hay dos moléculas de oligosacáridos, de función desconocida. Las cadenas H y L están unidas entre sí por

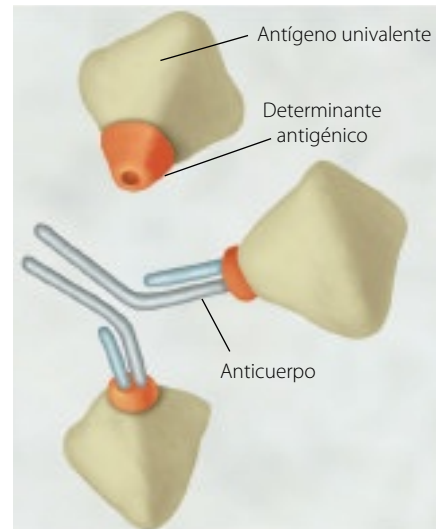


puentes disulfuro. En la base de los brazos de las cadenas H hay una zona, denominada bisagra, formada por aminoácidos, que permite que los brazos puedan moverse con libertad respecto al resto de la molécula, facilitando así la unión a antígenos con diferentes determinantes antigénicos. Todo ello proporciona a la molécula una estructura tridimensional en forma de Y.

Cada molécula de anticuerpo consta de una región variable, distinta en cada anticuerpo específico, dispuesta en los extremos aminos de las cadenas H y L constante, correspondiente a los extremos de los brazos de la Y. En este lugar, en la zona llamada paratopo, se produce la unión al antígeno, en la zona denominada epitopo. El resto de las cadenas H y L se denomina región constante; es idéntica para cada uno de los tipos de anticuerpos o inmunoglobulinas, pero diferente entre ellos. Dicha región, por su extremo carboxilo, es la encargada de unirse a la membrana de los linfocitos B o a la de los macrófagos.

Además de unirse a anticuerpos, las IgG son capaces de activar tanto al complemento como a los fagocitos sanguíneos (macrófagos y micrófagos). Las IgG son los únicos anticuerpos capaces de atravesar la placenta y penetrar en el feto.

Las IgG, al reconocer a los antígenos (virus en nuestro caso), se unirán a ellos mediante fuerzas de Van der Waals, fuerzas hidrofóbicas o iónicas, en una reacción denominada antígeno-anticuerpo. Esta unión se lleva a cabo entre las porciones variables de la cadena H y L de la IgG y los determinantes antigénicos del virus. La reacción antígeno-anticuerpo más común que se produciría sería la neutralización. La unión de la IgG al antígeno elimina los efectos negativos que este tiene sobre el organismo invadido.



44. a) Todas las células del sistema inmune proceden de unas células llamadas células totipotentes, que se encuentran en la médula ósea. Desde allí emigran al timo, un órgano linfoides, donde maduran completando su desarrollo necesario para realizar su función.
- b) Los linfocitos T participan en la respuesta inmune celular. Su misión es eliminar parásitos o agentes patógenos intracelulares, como virus o bacterias. También atacan a células infectadas o cancerosas.
- c) Los linfocitos T disponen en su membrana de receptores capaces de reconocer antígenos de la superficie externa de otras células, llamados complejo CD3. Las proteínas del

complejo CD3 son las que transmiten al interior del linfocito T la información de la interacción de los antígenos a los receptores T.

Se distinguen tres tipos de linfocitos T:

- Linfocitos citotóxicos o citolíticos: destruyen a las células infectadas por virus antes de que estos proliferen en su interior, así como células cancerosas. Presentan en su membrana la glucoproteína CD8.
- Linfocitos T colaboradores o auxiliares: se encargan de activar a los linfocitos B y de iniciar la proliferación de los linfocitos T mediante la secreción de interleucinas. También son capaces de activar a los macrófagos sanguíneos aumentando su capacidad de fagocitosis. Presentan en su membrana la glucoproteína CD4. Se distinguen dos subtipos:
 - Inflamatorios. Activan a los macrófagos infectados por patógenos intracelulares.
 - Auxiliares. Activan los linfocitos B.
- Linfocitos T supresores: inhiben la actividad de las células colaboradoras e indirectamente provocan que cese la producción de anticuerpos.

45. a) A: fagocito. B: anticuerpo. C: receptor de membrana.

Se trata de un proceso de opsonización.

Los microorganismos o las partículas antigénicas son fagocitados más ávidamente por los fagocitos si tienen moléculas de anticuerpos unidas a su superficie. La unión de los anticuerpos produce un aumento de la adherencia del complejo antígeno-anticuerpo a la superficie de los macrófagos y micrófagos sanguíneos, lo que facilita su fagocitosis.

- b) Por opsonización se reconocen microorganismos o partículas antigénicas que poseen anticuerpos unidos a su superficie y posteriormente se fagocitan para evitar que causen daños en el organismo.

Los anticuerpos son sintetizados por los linfocitos B.

Cada molécula de anticuerpo consta de una región variable, distinta en cada anticuerpo específico, dispuesta en los extremos aminos de las cadenas H y L constante, correspondiente a los extremos de los brazos de la Y. En este lugar, en la zona llamada paratopo, se produce la unión al antígeno, en la zona denominada epítipo. El resto de las cadenas H y L se denomina región constante; es idéntica para cada uno de los tipos de anticuerpos o inmunoglobulinas, pero diferente entre ellos. Dicha región, por su extremo carboxilo, es la encargada de unirse a la membrana de los linfocitos B o a la de los macrófagos.

46. Respuesta celular o inmunidad mediada por células: se basa en la actividad de los linfocitos T y de los macrófagos; es una respuesta que tarda más en iniciarse que la humoral, pero que es especialmente útil contra microorganismos que se establecen en el interior de las células; en esta respuesta, los linfocitos T destruyen células, incluidas las del propio organismo, susceptibles de ser eliminadas, como las células infectadas o las tumorales.

Tipos de células: linfocitos T y macrófagos.

Funciones de los linfocitos T: unirse a antígenos y activar la producción de anticuerpos por los linfocitos B (o las células plasmáticas), destruir células infectadas o tumorales, etcétera.

Funciones de los macrófagos: actuar como células presentadoras de antígenos y fagocitosis.

47. a) La respuesta inmune es la capacidad de reconocimiento de moléculas extrañas al organismo por parte del sistema inmune, y los procesos celulares y moleculares que se desencadenan como consecuencia del reconocimiento con el fin de neutralizar o destruir las moléculas extrañas.
- b) La respuesta inmunitaria específica puede ser de dos tipos: humoral o celular. Se denomina inmunidad humoral al conjunto de mecanismos inmunitarios en los que intervienen anticuerpos fabricados contra antígenos específicos. Los linfocitos B son las células responsables de sintetizar los anticuerpos. La inmunidad celular es aquella en la que no actúan anticuerpos, sino células que atacan al antígeno. Las células responsables de la inmunidad celular son los linfocitos T.
- c) Los anticuerpos, las citocinas y las proteínas del sistema del complemento.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. Las defensas inespecíficas son la piel, las secreciones y los fagocitos de la sangre que se encargan de detener a los microbios sin atender a tipos; las defensas específicas son mecanismos defensivos de tipo celular o químico dirigidos a tipos muy concretos de microbios o de moléculas.
2. La piel y las mucosas constituyen la primera línea de defensa del organismo, por lo que se les considera barreras defensivas primarias.

La piel es el órgano más externo del cuerpo y constituye una auténtica barrera defensiva. Los microorganismos solo pueden franquearla aprovechando una rotura; es decir, una herida. Por eso es muy conveniente desinfectar las heridas inmediatamente después de producirse. Además, la piel está protegida por secreciones que impiden que los patógenos puedan penetrar o vivir sobre ella, como por ejemplo las secreciones de las glándulas sebáceas o los ácidos grasos del sudor.

Los orificios naturales de los animales (boca, ano, fosas nasales, etc.) están protegidos por secreciones de acción antimicrobiana, como la saliva de la boca y las lágrimas, que contienen lisozima, una enzima capaz de destruir la capa de mureína de la pared bacteriana.

3. a) Inmunidad natural pasiva: inmunidad que se adquiere mediante la transferencia de anticuerpos de la madre al feto y al lactante a través de la placenta y de la leche.
 - b) Inmunidad artificial pasiva: introducción de anticuerpos sintetizados previamente por otra persona o animal (sueños), por lo que el sistema inmunitario del receptor no necesita activarse.
 4. Gracias a la lactancia materna el bebé adquiere inmunidad adquirida naturalmente de forma pasiva.
- La recomendación se basa en la presencia de anticuerpos (IgA) en la secreción láctea, con la consecuente inmunización del lactante.
5. Las células NK o células asesinas son células sanguíneas de tipo linfocito que se encargan de matar células extrañas, como las cancerígenas o células infectadas con virus, pero de manera no específica. Carecen de receptores de membrana antigénicos.
 6. a) Los linfocitos T se diferencian en el timo y participan en la inmunidad celular. Se dividen en dos grandes grupos: los

linfocitos T4 y los linfocitos T8. Dentro de cada grupo hay diferentes subgrupos:

- 1) Los linfocitos T4 contienen en la membrana de la célula unas proteínas receptoras denominadas CD4. Dentro de ellos se distinguen dos tipos:
 - **Linfocitos T_H (cooperadores)**. Se encargan de activar a los linfocitos B y de iniciar la proliferación de los linfocitos T mediante la secreción de interleucinas. También son capaces de activar a los macrófagos sanguíneos, aumentando su capacidad de fagocitosis.
 - **Linfocitos T_D**. Provocan un aumento del número y actividad de los macrófagos.
- 2) Los linfocitos T8 poseen en su membrana unas proteínas denominadas CD8. En ellos se diferencian:
 - **Linfocitos T_C (citotóxicos)**. Destruyen a las células infectadas por virus antes de que estos proliferen en su interior, así como células cancerosas.
 - **Linfocitos T_S (supresores)**. Inhiben la actividad de las células colaboradoras e indirectamente provocan que cese la producción de anticuerpos.

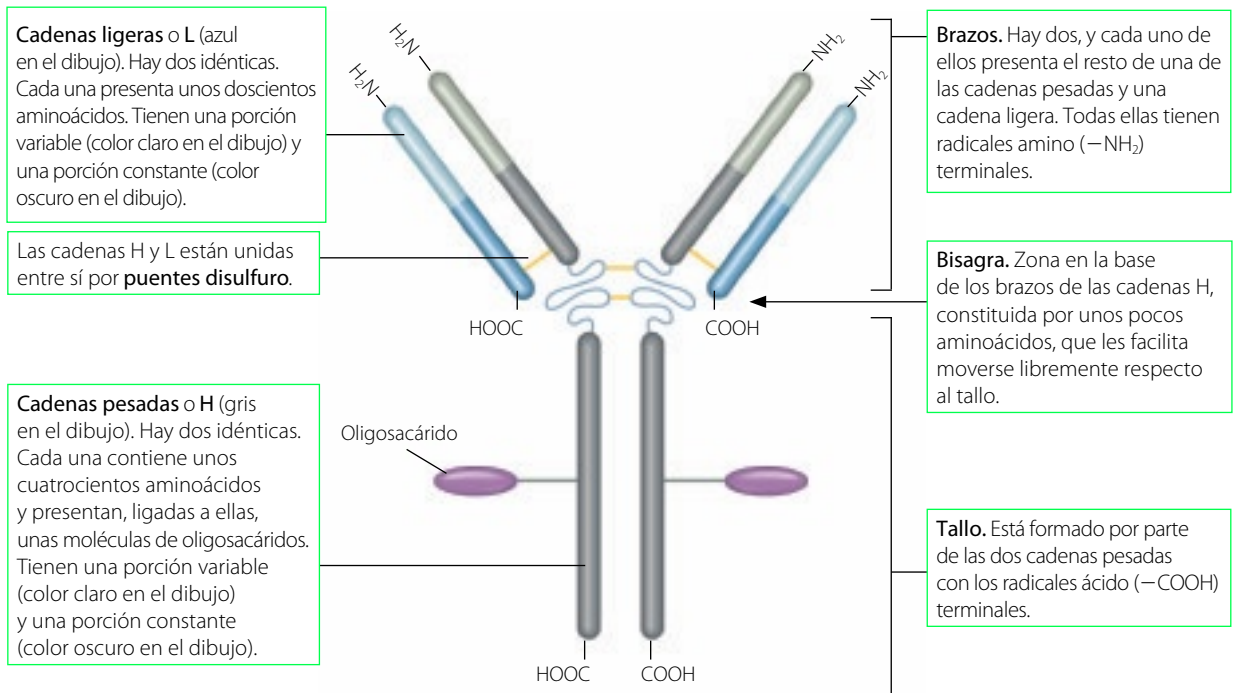
Entre las funciones de los linfocitos T cabe destacar:

- Estimulan a otros linfocitos (T_H).
 - Estimulan a los macrófagos (T_D).
 - Citotoxicidad (T_C).
 - Evitan una respuesta inmune excesiva (T_S), etc.
- b) Los linfocitos B se originan en la médula ósea y participan en la respuesta inmune humoral, activándose o diferenciándose a células plasmáticas productoras de anticuerpos.
 - c) Los macrófagos son fagocitos de la serie mieloide y proceden de los monocitos, cuyo origen es la médula ósea. Su función es eliminar microorganismos o sustancias extrañas al organismo mediante fagocitosis.
7. a) La respuesta específica es un conjunto de mecanismos complejos que se desencadenan en el organis-

mo infectado como respuesta a un tipo concreto de antígeno.

- b) Inmunidad celular: proceso defensivo puesto en marcha por el sistema inmune que está mediado por células. Las células responsables de la inmunidad celular son los linfocitos T (tanto los T4 como los T8).
8. a) Los anticuerpos son inmunoglobulinas, proteínas del grupo de las globulinas. Ejemplos de anticuerpos son: IgG; IgM, Ig A, IgE, IgD.
- b) La célula productora de los anticuerpos son las células plasmáticas (linfocitos B), e intervienen en la inmunidad humoral.
 - c) Químicamente, los anticuerpos están constituidos por cuatro cadenas polipeptídicas: dos cadenas ligeras (L) iguales y dos cadenas pesadas (H), también idénticas. Ligadas a las cadenas H hay dos moléculas de oligosacáridos, de función desconocida. Las cadenas H y L están unidas entre sí por puentes disulfuro. En la base de los brazos de las cadenas H hay una zona denominada bisagra constituida por aminoácidos, que permite que los brazos puedan moverse con libertad respecto al resto de la molécula, facilitando así la unión a antígenos con diferentes determinantes antigénicos. Todo ello proporciona a la molécula una estructura tridimensional en forma de Y.

Cada molécula de anticuerpo consta de una región variable, distinta en cada anticuerpo específico, dispuesta en los extremos aminos de las cadenas H y L constante, correspondiente a los extremos de los brazos de la Y. En este lugar, en la zona denominada parátipo, se produce la unión al antígeno en la zona llamada epitopo). El resto de las cadenas H y L se conoce como región constante, idéntica para cada uno de los tipos de anticuerpos o inmunoglobulinas, pero diferente entre ellos. Dicha región, por su extremo carboxilo, es la encargada de unirse a la membrana de los linfocitos B o a la de los macrófagos.



9. La memoria inmunológica es la que permanece en el individuo incluso después de eliminar un antígeno por completo, de forma que ante una nueva invasión por el mismo antígeno se produce una respuesta humoral rápida y contundente. La célula responsable de la memoria inmunológica es el linfocito B de memoria.
10. a) La gráfica representa la respuesta inmune de un organismo ante dos infecciones de un mismo microorganismo, es decir, la cantidad de anticuerpos producidos ante una respuesta primaria y secundaria.
- Se produce mayor cantidad de anticuerpos en la respuesta secundaria; es decir, cuando el sistema inmunológico detecta por segunda vez la presencia del mismo antígeno. En dicha respuesta se produce un menor retraso entre la entrada del antígeno y la aparición de anticuerpos (que son principalmente del tipo IgG). Además de ser más rápida, esta segunda respuesta es más duradera, ya que su persistencia en la sangre es muy superior.
- b) La respuesta primaria se produce ante el primer contacto con el microorganismo. En ella, al cabo de varios días empiezan a aparecer en sangre anticuerpos. Dicha producción va en aumento exponencial hasta una fase estacionaria en la que empieza a declinar. En dicha respuesta se generan linfocitos con memoria, de vida ilimitada.
- Tras la segunda infección del mismo microorganismo, la respuesta es más rápida e intensa. Hay menos retraso entre la entrada del antígeno y la aparición de los anticuerpos. Ello es debido a los linfocitos con memoria que se originaron en la respuesta primaria. Dichos linfocitos con memoria circulan por la sangre, tras un nuevo contacto con el mismo anticuerpo, se dividen y se diferencian más rápidamente en nuevos linfocitos de memoria y en células plasmáticas, con lo que la producción de anticuerpos es más rápida e intensa que en el caso del primer contacto.
11. El interferón es un grupo de proteínas que se liberan en las células animales como respuesta a la infección por virus e impide que la infección se propague. De este modo, el interferón impide la replicación de virus en células infectadas que aún no han sido destruidas por la acción vírica, debido a que activan linfocitos capaces de reconocer células infectadas por virus y eliminarlas.
- d) **Monocito.** Tipo de glóbulo blanco agranulocito, con núcleo arriñonado que se genera en la médula ósea y que después viaja por la sangre, para luego emigrar a diferentes órganos (como hígado, pulmones, etc.) y a diferentes tejidos (conjuntivo y sinusoides hepáticos) y transformarse en unas células de mayor tamaño, denominadas macrófagos. Su principal función es fagocitar a diferentes microorganismos o restos celulares.
3. a) Granulocitos polimorfonucleares (neutrófilos) y macrófagos. Dichas células pertenecen a la defensa inespecífica.
- b) Para que se inicie el proceso se debe producir la activación de los fagocitos mediante los mediadores de la inflamación y determinadas sustancias producidas por los linfocitos que provoca la producción de moléculas glucoproteicas en la membrana del fagocito que favorecen la adhesión a moléculas o estructuras extrañas. A partir de aquí se pasa por cuatro etapas:
1. Unión al elemento a fagocitar (facilitado por las opsoninas).
 2. Ingestión por medio de la emisión de pseudópodos que dan lugar a la formación de fagosomas.
 3. Muerte y digestión intracelular del microorganismo mediante las enzimas digestivas de los lisosomas con lo que se formarán fagolisosomas.
 4. Expulsión de los restos no digeridos.
4. La inmunidad es el estado de vulnerabilidad de un organismo a una determinada enfermedad infecciosa. Si el individuo adquiere inmunidad de forma natural, se habla de inmunidad natural; en caso contrario, si la adquiere mediante la aplicación de ciertas técnicas médicas (vacunación o sueroterapia), ajenas al propio organismo, se habla de inmunidad artificial. Según la procedencia de los anticuerpos, se distinguen dos tipos de inmunidad natural:
- Inmunidad natural activa.** Se consigue después de superar con éxito una determinada enfermedad. Se debe al hecho de la memoria inmunológica generada por los linfocitos B de memoria y a los anticuerpos producidos, que perduran durante un tiempo en la sangre del animal, en ocasiones durante toda la vida.
- Inmunidad natural pasiva.** Se adquiere durante el desarrollo embrionario y en el período de lactancia. En el primer caso, el embrión recibe anticuerpos de la madre a través de la placenta, y en el segundo adquiere anticuerpos de la madre con la leche materna.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. a) **Inmunidad específica.** Conjunto de mecanismos complejos que se desencadenan en el organismo infectado como respuesta a un tipo concreto de antígeno.
- Inmunidad inespecífica.** Capacidad del organismo infectado para resistir cualquier sustancia extraña o patógena que lo invada.
- b) **Inmunidad específica.** Linfocitos, macrófagos, anticuerpos.
- Inmunidad inespecífica.** Neutrófilos, la piel, macrófagos, interferón, inflamación, secreciones mucosas.
2. a) **Esperrina.** Proteína del semen de los animales que presenta acción bactericida.
- b) **Diapédesis.** Paso de los elementos formes de la sangre (leucocitos) a través de las células endoteliales de los vasos sanguíneos para dirigirse al foco de infección sin que se produzca ningún tipo de lesión estructural.
- c) **Lisozima.** Enzima presente en la saliva, las lágrimas y la mucosidad nasal que rompe la pared de algunas bacterias.
5. La sueroterapia produce inmunidad artificial pasiva, mientras que la vacunación aporta inmunidad artificial activa. Los sueros ayudan, por tanto, al organismo a combatir una enfermedad cuando esta ya se ha manifestado (método curativo), o cuando se sospecha de que el germen causante de la misma ya ha penetrado en el organismo. Por el contrario, la vacunación se utiliza como método preventivo de las enfermedades infecciosas. Así mismo, la resistencia que provoca la sueroterapia es de pocos meses, mientras que la vacunación puede ser de por vida.
6. a) La célula precursora de los linfocitos T se produce en la médula ósea. Los linfocitos T se diferencian en el timo.
- b) **Inmunidad celular o mediada por células.** Las estructuras que pueden destruir los linfocitos T son, por ejemplo: células extrañas provenientes de un individuo distinto, células cancerosas, células infectadas por virus, células con microorganismos en crecimiento intracelular, etc.

c) Los linfocitos T podemos dividirlos en dos grupos principales: T4 y T8.

1) Los linfocitos T4 contienen en la membrana de la célula unas proteínas receptoras denominadas CD4. Dentro de ellos se distinguen dos tipos:

- **Linfocitos T_H (cooperadores)**. Se encargan de activar a los linfocitos B y de iniciar la proliferación de los linfocitos T mediante la secreción de interleucinas. También son capaces de activar a los macrófagos sanguíneos aumentando su capacidad de fagocitosis.

- **Linfocitos T_D**. Provocan un aumento del número y actividad de los macrófagos.

2) Los linfocitos T8 poseen en su membrana unas proteínas denominadas CD8. En ellos se diferencian:

- **Linfocitos T_C (citotóxicos)**. Destruyen a las células infectadas por virus antes de que estos proliferen en su interior, así como células cancerosas.

- **Linfocitos T_S (supresores)**. Inhiben la actividad de las células colaboradoras e indirectamente provocan que cese la producción de anticuerpos.

7. Médula ósea roja. En los adultos se localiza en las epífisis de los huesos largos y en los intersticios de los huesos esponjosos. En la médula ósea se producen las células sanguíneas (mediante el proceso de hematopoyesis), ya que en ella se encuentran las células madre, precursoras de los linfocitos.

Timo. Órgano situado en el tórax, algo atrofiado en el adulto. En él maduran los linfocitos T.

Bazo. Órgano situado en la zona superior izquierda de la cavidad abdominal, en contacto con el páncreas, el diafragma y el riñón izquierdo. Se encarga de filtrar la sangre, eliminando los eritrocitos y leucocitos defectuosos. Forma parte del sistema linfático y es el centro de actividad del sistema inmune.

Ganglios linfáticos. Estructuras nodulares que forman parte del sistema linfático. En los seres humanos tienden a concentrarse en los capilares linfáticos de las ingles, axilas, zona cervical y subclavilar. Su función es parecida a la del bazo, se encargan de filtrar la linfa, gracias a la acción de las células macrofagocitarias de su interior. Su inflamación es indicio de la existencia de una infección microbiana.

8. La inmunidad humoral es un tipo de mecanismo inmunitario en la que intervienen proteínas específicas, denominadas anticuerpos, fabricados por los linfocitos B, en contra de los antígenos extraños, que se difunden por los fluidos o humores del organismo.

La principal diferencia entre inmunidad humoral y celular es que la primera está propiciada por anticuerpos, y la segunda, por células.

9. a) Un antígeno es una sustancia capaz de desencadenar una respuesta inmunitaria. Generalmente, los antígenos suelen ser proteínas o polisacáridos complejos que forman parte de los microorganismos. También pueden actuar como antígenos moléculas de otro individuo de la misma especie y moléculas propias.

b) Región del antígeno que es reconocida específicamente por un anticuerpo o un receptor de membrana del linfocito a la cual se une.

c) Los isoantígenos son moléculas de otro individuo de la misma especie, que actúan como antígenos, como las

mucoproteínas del sistema AB0 de los grupos sanguíneos. Por el contrario, los autoantígenos son moléculas del propio individuo que en determinadas circunstancias pueden actuar como antígenos.

d) La unión se produce entre las porciones variables de las cadenas H y L del anticuerpo (aparatoso) y los determinantes antigénicos. La unión se produce mediante enlaces de Van der Waals, fuerzas hidrofóbicas o iónicas. Dicha unión es altamente específica.

e) Tipo de reacción antígeno-anticuerpo en la que las IgG recubren (opsonizan) a los microorganismos, uniéndose sus regiones constantes a receptores presentes en la membrana plasmática de los fagocitos, favoreciendo el proceso de fagocitosis.

10. La respuesta primaria es aquella que se produce ante la invasión por parte de un antígeno desconocido hasta el momento por el organismo, mientras que la respuesta secundaria se produce ante la aparición de un antígeno ya conocido por el organismo, por lo que actúa la memoria inmunológica.

Algunas diferencias entre ambos tipos de respuestas son:

- Actuación de los linfocitos de memoria en la respuesta secundaria.

- Mayor rapidez de respuesta en la secundaria (pocos días) que en la primaria (una a dos semanas).

- Producción de IgG en las secundarias e IgM en las primarias.

- Mayor cantidad de anticuerpos formados en las secundarias.

11. a) Los individuos que no padecen la enfermedad presentan inmunidad (vulnerabilidad a la enfermedad infecciosa).

b) Se debe a la respuesta inmune primaria. En ella, al cabo de varios días empiezan a aparecer en sangre anticuerpos. Dicha producción va en aumento exponencial hasta una fase estacionaria en la que empieza a declinar. En dicha respuesta se generan linfocitos con memoria, de vida limitada.

Ninguno deberá pasar la enfermedad por estar inmunizados y presentar todos células de memoria.

12. Los interferones alfa y beta se encargan de activar a las células inmunológicas para que produzcan proteínas antivirales que impiden la replicación de los virus que puedan infectarlas.

13. El sistema de complemento está formado por un conjunto de proteínas globulares (21) presentes siempre en el plasma sanguíneo que ayuda o complementa y a la vez aumenta los mecanismos de la respuesta inmune. Las proteínas que forman este sistema reaccionan frente a gran variedad de complejos antígeno-anticuerpo y sus efectos consisten principalmente en provocar la lisis de los microorganismos con complejos antígeno-anticuerpo adheridos.

Se ha comprobado que el sistema del complemento actúa también en la liberación de histamina por las células denominadas mastocitos. La histamina provoca un aumento de la permeabilidad de los capilares sanguíneos de la zona infectada, por lo que llegan a esta más glóbulos blancos y más anticuerpos. Algunas proteínas del sistema del complemento tienen efectos quimiotáxicos positivos sobre los microfagos sanguíneos, a los que atraen promoviendo la fagocitosis, y también son responsables de la inflamación local de la zona infectada.

AMPLIACIÓN

1. Los receptores de los linfocitos B son anticuerpos de superficie que tienen dos lugares de reconocimiento de antígenos, mientras que los receptores de superficie de los linfocitos T son proteínas que solo tienen un lugar de reconocimiento de antígenos. Por otro lado, los receptores de membrana de los linfocitos B reconocen antígenos intactos, mientras que los de los linfocitos T reconocen pequeños fragmentos de antígeno que están unidos a proteínas de membrana denominadas MHC.

2. Fue el médico británico Edward Jenner quien, en el siglo XVIII, descubrió el método de la inmunidad artificial activa, si bien no supo explicar científicamente a qué era debido.

En su experimento consiguió que personas sanas fueran inmunes a la viruela, una enfermedad infecciosa que causaba mortandades de hasta el 50 % de las personas afectadas. El método que usó fue inyectar a un niño, James Philipps, extractos de pústulas de vacas enfermas de *cow-pox*, una enfermedad muy parecida a la viruela humana. Semanas más tarde, Philipps había adquirido inmunidad contra la viruela. Jenner inventó de esta manera el método de la vacunación (obviamente, *vacuna* viene de *vaca*). Los resultados obtenidos de esta experiencia los publicó en el trabajo «Investigación de las causas y los efectos de las vacunas contra la viruela». Es a partir de este momento cuando se inicia el conocimiento científico de la inmunidad.

3. Al ser un anticuerpo una molécula proteica, si contacta con un organismo distinto al que la ha producido este puede no reconocerla como propia (sería un antígeno para él) provocando la respuesta inmune.
4. El inóculo con cultivo envejecido induce una respuesta primaria (el inóculo con cultivo envejecido actúa como vacuna, confiriendo una inmunización activa artificial), mientras que el inóculo de cultivo fresco en pollos previamente inoculados con los viejos, induce una respuesta secundaria, que es más intensa y rápida.

5. La IgG supone el 80% del total de inmunoglobulinas, está presente en el plasma y en los líquidos tisulares, actúa contra bacterias y virus, y es la única que puede atravesar la placenta y conferir inmunidad pasiva natural.

Las demás inmunoglobulinas presentan modificaciones de la estructura básica de la IgG o bien combinaciones o asociaciones de la misma.

6. a) En ambas curvas se representa la evolución de la concentración de anticuerpos a lo largo del tiempo ante una respuesta inmune primaria y secundaria. La curva A representa una respuesta inmune primaria y secundaria ante la inyección del antígeno 1, mientras que la curva B muestra una respuesta primaria ante la inyección de un antígeno 2.

Curva A. Al inyectar el antígeno A (tiempo 0) se produce una respuesta inmune primaria. Dicha respuesta se da ante el primer contacto con dicho antígeno. Al cabo de varios días de este contacto empiezan a aparecer anticuerpos en la sangre del animal infectado, cuya producción va en aumento exponencial hasta una fase estacionaria en la que empiezan a declinar. Los anticuerpos que se forman en esta respuesta son del tipo de las IgM. Al cabo de varias semanas estas IgM son casi imperceptibles en la sangre.

El día 28, al inyectar de nuevo el antígeno 1, se produce una respuesta inmune secundaria. Cuando el aparato inmunológico detecta por segunda vez la presencia del mismo antígeno, origina una respuesta bastante distinta de la anterior: hay menos retraso entre la entrada del antígeno y la aparición de anticuerpos, que son del tipo de las IgG; que tienen una mayor afinidad por el antígeno, siendo su producción mucho más rápida, los valores de concentración de estas Ig en la sangre son mayores y su persistencia en la sangre es muy superior (hasta varios años).

La respuesta inmune secundaria es tan rápida y eficaz que en numerosas ocasiones el antígeno es eliminado antes de que el individuo padezca algún síntoma apreciable. Las características de esta respuesta secundaria (mucho más rápida, intensa y de larga duración) se deben a la memoria inmunológica. Ello es debido a los linfocitos, algunos de los cuales, tras el primer contacto con el antígeno, se transforman en células de memoria (B o T) de larga duración, que permanecen en el individuo largo tiempo, incluso después de eliminar el antígeno por completo. Los linfocitos de memoria están circulando continuamente en la sangre y en los órganos linfoides secundarios, por lo que rápidamente detectan una nueva entrada del antígeno, gracias a la mayor avidez de sus receptores de superficie por el antígeno, desencadenando una rápida producción de IgG.

Curva B. Se produce ante la inyección de un antígeno nuevo (antígeno 2). Se desencadena una respuesta inmune primaria, ya que se trata de un nuevo antígeno.

Día 7: IgM; día 42: IgG.

- b) La curva sería similar a la curva A a partir del día 28. Ello es debido a la adquisición de memoria inmunológica. La memoria inmunológica es la que permanece en el individuo incluso después de eliminar un antígeno por completo, de forma que ante una nueva invasión por el mismo antígeno se produce una respuesta humoral rápida y contundente. La célula responsable de la memoria inmunológica es el linfocito B de memoria.
7. Por vía digestiva se degradan las proteínas, pues los jugos digestivos contienen peptidasas que rompen enlaces peptídicos, liberando aminoácidos que son comunes a todos los seres vivos; mientras que por vía sanguínea no ocurre tal ruptura, y como las proteínas son específicas de cada organismo, nuestro sistema inmunitario no las reconoce como propias y responde contra ellas.
8. Una posible explicación es que el gemelo A ha estado expuesto al antígeno con anterioridad, mientras que su hermano no. En el caso del gemelo A se produce una respuesta secundaria más rápida que la primaria que se da en el gemelo B.
9. a). Se produce lisis de los glóbulos rojos de la oveja debido a que se desencadena una reacción antígeno-anticuerpo al ser reconocidos los glóbulos rojos de la oveja como extraños por parte del sistema inmunitario de la cabra A.
No existe lisis en el caso de la cabra A debido a que no produce anticuerpos contra sus propios antígenos al reconocer los glóbulos rojos como propios.
- b) Si las cabras A y B son del mismo tipo, no se producirá reacción antígeno-anticuerpo; si son de diferente tipo, ocurrirá como con la sangre de la oveja.

La lisis de los glóbulos rojos es debida a los anticuerpos.

Los anticuerpos son proteínas globulares con pequeña región glucídica.

10. Al cambiar los antígenos, el sistema inmunitario no tiene preparada una respuesta inmunitaria adecuada y, por tanto, se produce una infección como si fuera la primera vez que ese microorganismo está en contacto con el hospedador.

REFUERZO

1. a) Verdadero.
b) Falso. La respuesta inmunitaria celular está propiciada por células. En ella intervienen los linfocitos T.
c) Verdadero.
d) Verdadero.
e) Verdadero.
f) Falso. E. Jenner consiguió que personas sanas fueran inmunes a la viruela, siendo pionero en la vacunación.
g) Falso. Las células NK se encargan de destruir algunos tipos de células cancerosas o células infectadas por virus.
h) Verdadero.

2. a) Respuesta humoral.

I: células plasmáticas; II: linfocitos B.

Función de las células plasmáticas: producción de anticuerpos libres.

Función de los linfocitos B: se activan en células plasmáticas ante el contacto con un antígeno y en células de memoria, que tienen una vida ilimitada y constituyen una reserva inmunitaria ante el ataque de nuevo del antígeno.

- b) Anticuerpo (inmunoglobulina). Se trata de proteínas globulares con una pequeña parte glucídica.

La función de los anticuerpos consiste en contrarrestar la acción nociva de los antígenos uniéndose a ellos mediante una reacción denominada antígeno-anticuerpo, que tiene lugar en el plasma sanguíneo del animal. Los antígenos son todas aquellas sustancias capaces de desencadenar una respuesta inmunitaria, induciendo a los linfocitos a fabricar anticuerpos que actúan específicamente contra dichas sustancias.

3. El sistema inmune se activa contra estructuras extrañas, denominadas antígenos, si los microorganismos producen estructuras parecidas a las que se presentan en el organismo infectado; entonces el sistema inmune las reconoce como propias y no responde ante ellas.
4. a) Los anticuerpos son proteínas (sustancias, moléculas) que participan en la defensa del organismo.

Los anticuerpos inactivan virus y toxinas, aglutinan células infecciosas (o microorganismos, o microbios) y favorecen la fagocitosis o la destrucción.

Los anticuerpos son producidos por las células plasmáticas, procedentes de linfocitos B.

- b) Error: la capacidad de fabricar unos determinados anticuerpos es un carácter adquirido y, por tanto, no se hereda.
c) La mortandad se produce porque los nativos americanos no habían tenido contacto previo con el virus y, por tanto, su respuesta inmune a este no era suficientemente rápida ni potente.

Se trata de un caso de selección natural. Las poblaciones humanas son diversas: hay individuos con características genéticas que los hacen ser más resistentes a una enfermedad determinada. Cuando se produce una epidemia, los individuos resistentes tienen más probabilidades de sobrevivir, y de tener descendientes, que los no resistentes. Por eso la resistencia genética a la enfermedad cada vez es más frecuente en la población.

5. a) Cuando una persona entra en contacto con un microorganismo infeccioso, hay partes del microorganismo, o toxinas producidas por este, que actúan como antígenos y provocan la producción de anticuerpos. El sistema inmunológico genera una respuesta primaria, que habitualmente no consigue vencer inicialmente la enfermedad pero estimula la proliferación de determinados tipos de linfocitos (células de memoria inmunológica). Cuando el individuo a lo largo de su vida entra en contacto otras veces con el mismo microorganismo, estos linfocitos producen rápidamente anticuerpos con abundancia (respuesta secundaria) que neutralizan los antígenos (microorganismos) y evitan que se vuelva a contraer la infección. La respuesta secundaria es más intensa y más rápida (más eficaz) que la primaria.

- b) Neutrófilos: respuesta inespecífica. Son un tipo de leucocitos (glóbulos blancos) que combaten las infecciones bacterianas, fagocitando bacterias.

Linfocitos B: respuesta específica. Son un tipo de leucocitos que producen anticuerpos contra antígenos determinados. Ante la presencia de un antígeno se activan rápidamente y el linfocito se divide y se diferencia para producir un clon de células de memoria (que circulan de forma indefinida por la sangre y órganos linfoides, por lo que detectan rápidamente una segunda entrada del antígeno) y otro de células plasmáticas (productoras de anticuerpos libres).

Anomalías del sistema inmunitario

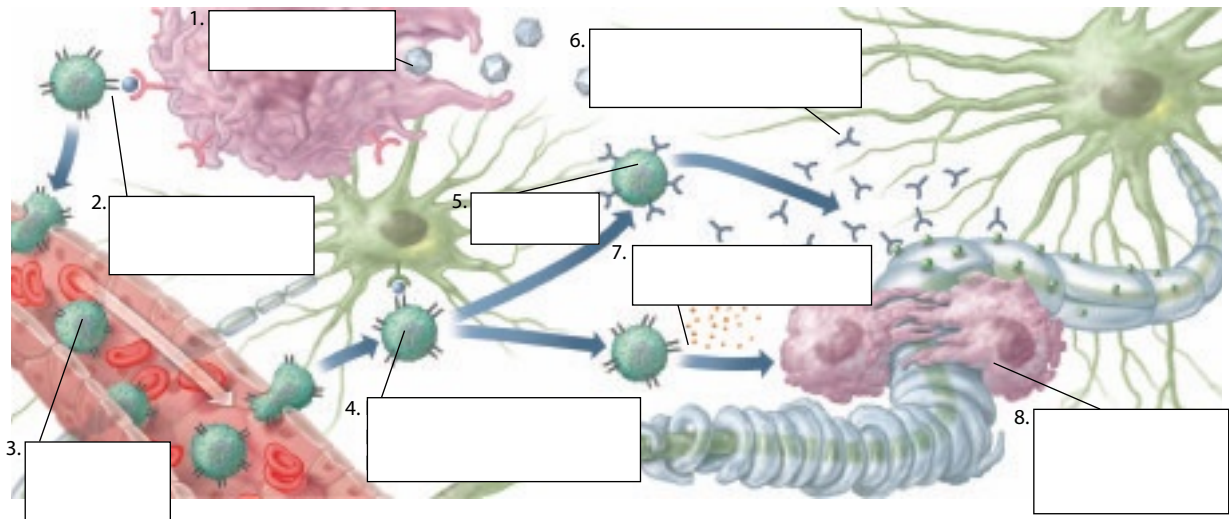
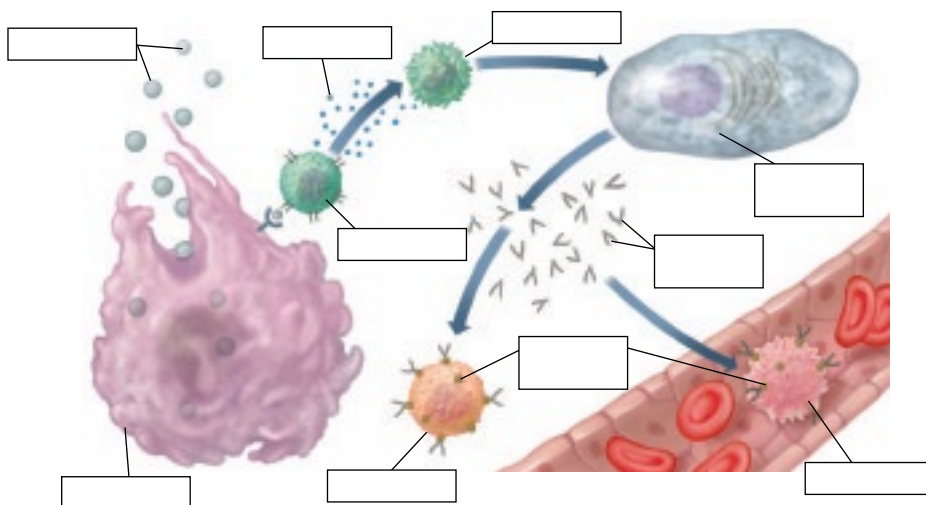
OBJETIVOS

1. Conocer la respuesta autoinmunitaria y qué consecuencias tienen para el organismo.
2. Reconocer la hipersensibilidad y la inmunodeficiencia como una reacción excesiva o deficiente, respectivamente, de la respuesta inmunitaria.
3. Identificar las principales características de las células cancerosas, su relación con el sistema inmunológico, así como conocer los métodos de prevención y detección precoz.
4. Comprender los procesos inmunitarios que intervienen en el rechazo de trasplante de órganos.
5. Valorar la dimensión ética y social de los trasplantes de órganos.
6. Conocer los principales tratamientos de inmunoterapia. Diferenciar entre sueros y vacunas.

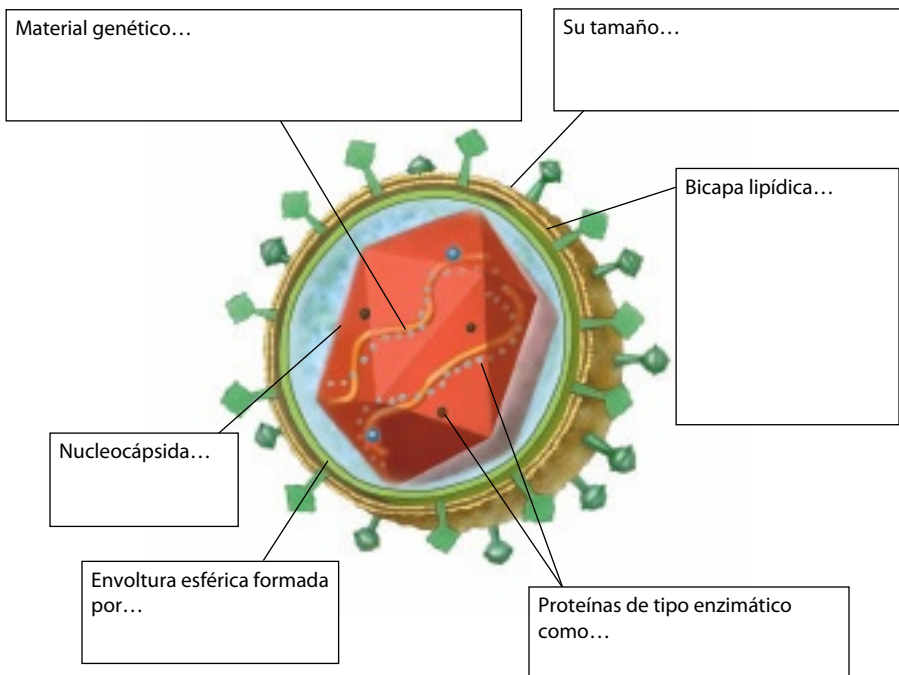
CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Las enfermedades autoinmunes. (Objetivo 1) • La hipersensibilidad: las alergias. (Objetivo 2) • Inmunodeficiencias. (Objetivo 2) • El cáncer y el reconocimiento inmunológico. (Objetivo 3) • Inmunología de los trasplantes. (Objetivos 4 y 5) • La inmunoterapia. (Objetivo 6) • Lo sueros y las vacunas. (Objetivo 6)	• Búsqueda bibliográfica de enfermedades autoinmunes, hipersensibilidad e inmunodeficiencias. (Objetivos 1 y 2) • Realización de esquemas sobre los procesos de alergia. (Objetivo 2) • Búsqueda bibliográfica sobre el sida: descubrimiento, historia, vacuna... (Objetivo 2) • Elaboración de un listado de los principales agentes carcinógenos y los métodos para prevenir el cáncer. (Objetivo 3) • Análisis de los problemas éticos y sociales de los trasplantes de órganos. (Objetivo 5) • Análisis de los problemas éticos y sociales de la donación de órganos. (Objetivo 5) • Realización de un cuadro comparativo entre sueros y vacunas. (Objetivo 6) • Búsqueda bibliográfica sobre los diferentes tipos de vacunas que se utilizan en la actualidad. (Objetivo 6)	• Adquirir hábitos de comportamiento que contribuyan a mantener un buen estado de nuestras defensas, así como evitar situaciones de riesgo para el sistema inmune. • Respeto por las personas que sufren algún tipo de patología relacionada con el sistema inmunológico. • Reconocer y valorar normas de conducta que puedan ocasionar el contagio del sida. • Mostrar interés por conocer los últimos descubrimientos contra el cáncer y el sida. • Interés por conocer las principales soluciones que aporta la medicina para luchar contra las enfermedades inmunológicas. • Valorar la importancia preventiva de la vacunación.

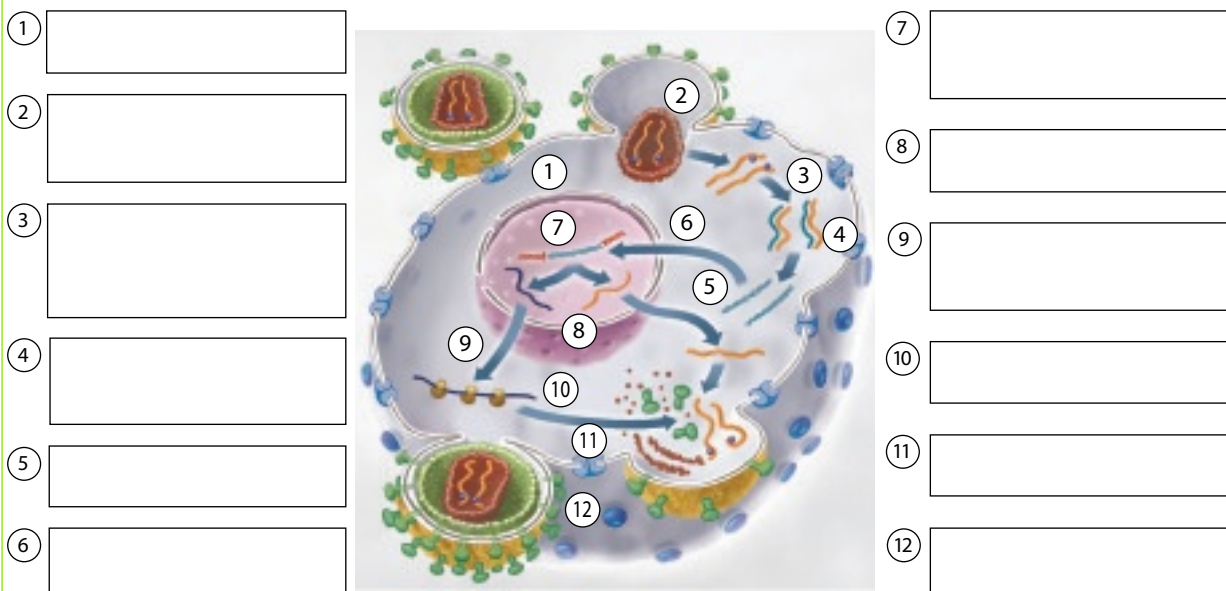
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Definir el concepto de autoinmunidad, y señalar algunas enfermedades autoinmunes. (Objetivo 1)	1	1
b) Definir el concepto de hipersensibilidad, diferenciar sus dos tipos principales y explicar los mecanismos de aparición de las alergias. (Objetivo 2)	2 y 3	2
c) Diferenciar entre inmunodeficiencias congénitas y adquiridas. Señalar algunos ejemplos. (Objetivo 2)	4	3
d) Explicar los efectos del sida en el sistema inmunológico, e indicar los mecanismos de transmisión del VIH y las formas de evitar su contagio. (Objetivo 2)	5 y 6	4
e) Explicar cómo se desarrollan los tumores y los mecanismos de control inmunitario de los mismos. (Objetivo 3)	7 y 8	5 y 6
f) Diferenciar los diversos tipos de injertos, así como las causas implicadas en el rechazo de los mismos. (Objetivos 4 y 5)	9	7
g) Indicar los principales tratamientos para suplir deficiencias del sistema inmunológico o para evitar el rechazo de trasplantes. (Objetivo 6)	10	8 y 9
h) Comparar las ventajas e inconvenientes de la sueroterapia y la vacunación, señalando los diferentes tipos de vacunas. (Objetivo 6)	11 y 12	10

DESMIELINIZACIÓN POR ESCLEROSIS MÚLTIPLE**HIPERSENSIBILIDAD INMEDIATA**

VIRUS DEL SIDA



MECANISMO DE INFECCIÓN DEL VIRUS DEL SIDA EN UN LINFOCITO



PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

- 1 ¿Cuál es el origen de las anomalías de tipo nervioso que se producen en la esclerosis múltiple y qué relación existe con el aparato inmunológico?
- 2 Explica en qué consiste la hipersensibilidad. Diferencia entre hipersensibilidad inmediata y retardada, y señala un ejemplo concreto de cada una.
- 3 ¿A qué se debe el choque anafiláctico? ¿Cómo se lleva a cabo?
- 4 ¿Qué se entiende por inmunodeficiencia? ¿En qué consiste una inmunodeficiencia adquirida? Señala un ejemplo.
- 5 Indica qué tipo concreto de agente patógeno es el VIH, qué enfermedad provoca y dos de los principales mecanismos de transmisión de la misma.
- 6 ¿Qué es el método ELISA? Si una persona da positiva en el método ELISA, ¿qué tipo de fármaco le podrían recomendar?
- 7 ¿En qué se diferencia un tumor maligno de uno benigno?
- 8 ¿Cómo escapan las células cancerosas a la acción del sistema inmune?
- 9 Los trasplantes son procedimientos quirúrgicos útiles en casos de insuficiencias irreversibles de órganos y sistemas.
 - a) Indica cuál es el mayor problema que se puede presentar con posterioridad a la ejecución de un trasplante, qué moléculas son las desencadenantes del mismo y cuáles son las células que primero actúan. Cita el tipo de fármacos que se utilizan para evitarlo.
 - b) Cita y define cuatro tipos de trasplantes según el origen del órgano o tejido trasplantado.
- 10 La inmunoterapia ha permitido suplir deficiencias del sistema inmunitario y el rechazo en los trasplantes:
 - a) Indica algunos métodos utilizados actualmente como inmunoterapia para tratar los fenómenos de autoinmunidad.
 - b) ¿Qué misión tiene la ciclosporina en las operaciones de trasplante de órganos?
 - c) ¿Qué misión tiene el interferón en la terapia contra el cáncer?
 - d) ¿Qué efectos tiene la irradiación con rayos X de los órganos linfoides? ¿En qué tipo de tratamientos se utiliza esta terapia?
- 11 ¿Qué tratamiento inmediato se debería administrar a una persona no vacunada contra el tétanos que presenta una herida producida por un clavo oxidado? ¿Qué tratamiento requeriría esa persona para mantener una protección contra el tétanos a largo plazo? Razona las respuestas.
- 12 Los prospectos de dos fármacos, A y B, proporcionan la información siguiente:

FÁRMACO A. Composición: inmunoglobulinas humanas. Contiene principalmente inmunoglobulinas G (IgG), con un amplio espectro de anticuerpos contra diferentes agentes infecciosos. Indicaciones: se aplica a pacientes con deficiencia de anticuerpos.

FÁRMACO B. Composición: contiene bacterias *Salmonella typhi* vivas (2×10^9 por cápsula) y también inactivos (5×10^9 por cápsula). Indicaciones: proporciona inmunización contra la fiebre tifoidea.

 - a) ¿Qué fármaco proporciona inmunización activa y cuál inmunización pasiva? Justifícalo.
 - b) Justifica por qué está indicado tomar el fármaco A en caso de infección por VIH (sida).
 - c) Una persona que debe viajar a una zona tropical consulta a su médico sobre la conveniencia de tomar el fármaco B para evitar contraer la fiebre tifoidea. El médico, al saber que esta persona también toma el fármaco A, le aconseja que no lo tome, porque cree que será poco eficaz. Justifica el consejo del médico basándote en las composiciones e indicaciones de los dos fármacos.

- 1 Respecto a las enfermedades autoinmunitarias:
 - a) ¿Qué es una enfermedad autoinmunitaria?
 - b) ¿Cuáles son las causas que se cree que pueden ocasionar autoinmunidad?
 - c) Indica algunas enfermedades autoinmunes.
- 2 La comunidad científica ha alertado recientemente sobre un posible incremento futuro de las enfermedades alérgicas relacionadas con el cambio de los factores ambientales que nos rodean.
 - a) ¿Qué tipo de reacción del sistema inmune son las alergias?
 - b) ¿Qué es un alérgeno? Señala alguno de los alérgenos más comunes.
 - c) Describe los pasos que se siguen desde que el organismo detecta un alérgeno hasta que se secretan los mediadores alérgenos.
- 3 Define inmunodeficiencia. Explica las diferencias que existen entre inmunodeficiencia congénita y adquirida y señala un ejemplo de cada tipo.
- 4 En periódico de tirada nacional puede leerse el siguiente titular «Es muy frecuente que el 80-85 % de recién nacidos de madre con sida sean seropositivos al realizar la prueba tras el parto».
 - a) ¿Qué significa que una persona es seropositiva?
 - b) A pesar del titular de prensa, sabemos que, al repetir la prueba a los bebés pasados unos meses el porcentaje de seropositivos se reduce al 20-25 %. Da una explicación razonada a este hecho.
 - c) ¿Cuáles son los complejos enzimáticos presentes en el virus del sida?
 - d) ¿Qué función tienen las proteínas GP120 de la envoltura del virus?
- 5 ¿Qué es la metástasis? ¿Qué efectos tiene?
- 6 Actualmente se desconocen las causas exactas que determinan que las células alteradas escapen a la acción destructiva del sistema inmunológico. Por ello se utilizan una serie de tratamientos contra el cáncer, como la quimioterapia y la radioterapia. ¿Qué diferencias hay entre ambas técnicas? ¿Cuál o cuáles son los problemas de cada una de dichas técnicas?
- 7 El sistema inmunitario es responsable del rechazo que se produce en algunos casos de trasplante o injerto.
 - a) Diferencia entre isotrasplante y alotrasplante.
 - b) Señala la molécula responsable del rechazo.
 - c) Indica por qué los trasplantes entre gemelos idénticos o univitelinos no provocan reacciones de rechazo.
- 8 Indica algunos métodos utilizados para tratar los fenómenos de autoinmunidad.
- 9 ¿Qué sustancias podríamos utilizar para evitar el rechazo de un órgano trasplantado?
- 10 En algunas vacunas hay que administrar varias dosis para alcanzar una protección suficiente.
 - a) Explica lo que ocurre al administrar la primera dosis y lo que sucede con dosis posteriores.
 - b) ¿En qué casos se espera que la vacuna reproduzca de forma atenuada algunos síntomas de la enfermedad?
 - c) ¿En qué casos la vacuna no va a producir ningún síntoma de la enfermedad?

- 1 Para diagnosticar alergias a diversos tipos de polen y a ácaros se utiliza frecuentemente una prueba que consiste en aplicar en el brazo del paciente una serie de muestras de los posibles alérgenos. Como control también se administra histamina, sustancia que interviene en procesos inflamatorios. Para cada muestra se calcula el índice de histamina, como:

$$\text{Índice de histamina} = \frac{\text{Diámetro de la pápula de cada muestra}}{\text{Diámetro de la pápula producida por la histamina}}$$

Si el índice de histamina es superior a 0,5, se considera que el individuo es alérgico a aquella sustancia.

Un médico realiza una prueba de alergia a un paciente aplicándole alérgenos de dos tipos de pólenes y de dos tipos de ácaros.

- a) Calcula el índice de histamina para los pólenes y los ácaros de la tabla, y señala a cuál de ellos es alérgico el paciente.
b) En casos de infección se segrega histamina. ¿Supone entonces algún tipo de ventaja?
c) ¿Por qué causas algunas sustancias producen alergia? Explica la relación de este fenómeno con el sistema inmunitario.

	Diámetro de la pápula (cm)	Índice de histamina
Histamina	2	
Polen 1	0,5	
Polen 2	0,3	
Ácaro 1	1,2	
Ácaro 2	0,5	

- 2 El síndrome de Chédiak Higashi es una alteración genética grave que se manifiesta en los primeros años de vida. Es muy poco frecuente y se debe a un gen defectuoso localizado al cromosoma 1. Se fundamenta, entre otras anomalías, en un funcionamiento anormal de los lisosomas. Los neutrófilos son las células afectadas por este síndrome. Explica el papel de los neutrófilos en el sistema inmunológico y justifica la actividad especialmente intensa que deben tener los lisosomas en este tipo de células.

- 3 El virus H5N1 es causante de un tipo de gripe aviar que ocasionalmente ha infectado personas que habían estado en contacto con aves enfermas en varios lugares del mundo. Durante el otoño del 2005, la Organización Mundial de la Salud advirtió del riesgo real que este virus mute y pueda causar una epidemia mundial entre los seres humanos, contra la cual estamos inmunológicamente poco protegidos.

Nota: el material genético de este virus tiene una gran capacidad de cambiar a medida que se replica. El virus inicial se ve reemplazado por nuevas variantes que presentan cambios en las proteínas de su envoltura.

- a) Qué relación hay entre «el material genético tiene una gran capacidad de cambiar» y «los cambios en las proteínas de su envoltura».
b) Utiliza tus conocimientos en inmunología para interpretar el hecho de que las personas estemos inmunológicamente poco protegidas contra el virus H5N1.
c) Algunas vacunas para prevenir enfermedades víricas se fabrican a partir de virus idénticos a los que causan la infección, pero modificados genéticamente de forma que no pueden replicarse dentro de las células. Explica en qué se basa la acción de una vacuna y justifica por qué en el caso del virus H5N1 es difícil obtener una vacuna eficaz.

- 4 La ciclosporina, la azatioprina y varios esteroides son fármacos inmunosupresores suministrados a pacientes que han sido sometidos a trasplantes de diferentes órganos (riñón, corazón y otros).

En 1985 se publicó un estudio sobre la supervivencia de corazones trasplantados a pacientes que habían recibido uno de los dos tratamientos siguientes: A: azatioprina más esteroides; B: ciclosporina a lo largo de tres meses y después el tratamiento A.

- a) La tabla muestra los resultados promedio obtenidos. Representa los resultados gráficamente e interprétalos.
b) La actividad inmunosupresora de la ciclosporina consiste en impedir la producción de interleucina-2, una proteína producida por las células T que activa la proliferación de linfocitos. El sistema inmunitario actúa a través de respuestas específicas e inespecíficas. ¿Cuál de estas respuestas se ve afectada por la ciclosporina? Justifícalo. Por qué es útil administrar ciclosporina a pacientes sometidos a trasplante.

Tiempo después del tratamiento (meses)		2	4	6	12	18	24
Supervivencia del corazón trasplantado (%)	Tratamiento A	75	60	60	55	50	45
	Tratamiento B	90	80	75	70	65	65

- 1 Relaciona los términos de ambas columnas.
 1. Psoriasis. a) Transplante de órganos.
 2. Histamina. b) Hipersensibilidad retardada.
 3. Glucoproteína GP120. c) VIH.
 4. Ciclosporina. d) Mediador alérgico.
 5. Reaginas. e) Autoinmunidad.
 6. Prueba de la tuberculina. f) Hipersensibilidad inmediata.
- 2 ¿Qué son y qué misión tienen los anticuerpos sanguíneos?
- 3 Clasifica las siguientes enfermedades y/o anomalías como autoinmunes, hipersensibilidad o inmunodeficiencia: sida, urticaria, enfermedad de Addison, lupus eritematoso, anemia perniciosa, fiebre del heno, enfermedad granulomatosa crónica, «niños burbuja», dermatitis, diabetes juvenil, asma bronquial, artritis reumatoide, esclerosis múltiple, leucemia linfocítica crónica.
- 4 ¿En qué consiste la prueba de la tuberculina?
- 5 Con respecto a los procesos de alergia.
 - a) Define muy brevemente en qué consiste la reacción alérgica.
 - b) Nombra una molécula responsable de los síntomas de la alergia o mediador alérgico.
 - c) Cita dos medidas para reducir los síntomas que se manifiestan en la alergia.
- 6 Explica el fenómeno del rechazo de órganos trasplantados desde el punto de vista molecular.
- 7 Representa en un dibujo la estructura de un virus del sida, e indica de forma clara cada una de sus partes.
- 8 El virus del sida infecta a los linfocitos T4 provocando a la larga su destrucción. ¿Qué consecuencias crees que traerá para el individuo la infección del virus? Razona la respuesta.
- 9 Señala qué células del sistema inmunitario intervienen contra las células tumorales (cancerígenas).
- 10 ¿Por qué se producen fenómenos de rechazo en los trasplantes de órganos?
- 11 Una persona acude a vacunarse de la gripe cuando presenta síntomas de haber contraído la enfermedad, por lo que el médico le aconseja que no se vacune. Al año siguiente se vacuna y unos quince días después presenta leves síntomas gripales, que pronto desaparecen. ¿Por qué el médico desaconsejó la vacunación una vez que el paciente manifestaba síntomas de haber contraído la enfermedad? ¿A qué se debe que las manifestaciones presentadas después de la vacunación sean tan leves? ¿Por qué es suficiente vacunarse una sola vez contra enfermedades como la polio o el sarampión y, sin embargo, contra la gripe es necesario vacunarse todos los años?
- 12 ¿Cómo puede ayudar la ingeniería genética en la formación de vacunas?
- 13 ¿Qué es la vacuna triple y cuándo debe administrarse a una persona?
- 14 Enumera los diferentes tipos de vacunas según su forma de elaboración, señala sus características y cita un ejemplo de cada una.

RECUERDA Y CONTESTA

1. Moléculas del propio organismo que provocan procesos de autoinmunidad; es decir, que generan la producción de autoanticuerpos.
2. Una reacción excesiva del sistema inmunitario ante la exposición de un antígeno inocuo o poco peligroso.
3. El sida es una enfermedad vírica que produce en la persona una debilitación progresiva del sistema inmunológico que puede conducir a su muerte. Es posible prevenirlo tomando precauciones en las relaciones sexuales y no usando utensilios que pueden contactar con la sangre de otras personas, como hojas de afeitar, jeringuillas, instrumental odontológico, etc.
4. Las células sanas pueden transformarse en células cancerosas por varias causas:
 - Mutación de su material genético. Puede ocurrir mediante agentes químicos (procedentes de la contaminación ambiental, del humo del tabaco, de la industria...) o físicos (como la luz ultravioleta, las radiaciones ionizantes, las radiaciones nucleares...). A los agentes que pueden provocar cáncer se les denomina carcinógenos o cancerígenos.
 - Acción de ciertos virus. El ADN de algunos virus, como, por ejemplo, el virus del papiloma humano (VPH), se integra en el de la célula hospedadora, determinando la expresión de los genes promotores de cáncer, denominados oncogenes. Estos genes inducen la formación de numerosas réplicas de proteínas virales y la duplicación incontrolada de las células cancerosas.
5. La causa del rechazo es la puesta en marcha del sistema inmunológico del receptor, al reconocer las moléculas del injerto u órgano trasplantado como extrañas.
6. La vacunación es un método preventivo que trata de que el propio organismo dirija la respuesta inmunológica contra los microorganismos patógenos, a la vez que se genera una memoria inmunológica ante ellos, de modo que este método de inmunización es activo.

ACTIVIDADES

1. Los autoantígenos son moléculas de nuestro propio organismo capaces de provocar fenómenos de autoinmunidad, mientras que los heteroantígenos son moléculas de los microorganismos que inducen la puesta en funcionamiento del sistema inmunológico.
2. Los linfocitos autorreactivos son linfocitos anormales que no saben diferenciar los heteroantígenos de las moléculas propias, lo que sí pueden hacer los linfocitos normales.
3. Son moléculas que se parecen a otras. En el campo de la inmunología, antígenos miméticos a moléculas de nuestro organismo pueden «engañar» al sistema inmunitario y provocar que este ataque a células propias.
4. Las moléculas HLA son proteínas de membrana de los leucocitos que determinan qué moléculas de los microorganismos infecciosos deben ser presentadas a los linfocitos T para que estos se activen. Moléculas HLA anómalas provocan que los linfocitos sean incapaces de discriminar entre moléculas propias y las antigénicas foráneas, lo que produce un fenómeno de autoinmunidad.
5. La sensibilización la constituyen todos aquellos fenómenos bioquímicos y celulares que ocurren a una primera exposición a un alérgeno y que conllevan a la formación de IgG unidas a los mastocitos y basófilos sanguíneos.
6. La histamina, que puede producir contracción de los bronquios, vasodilatación, aumento de mucosidad en vías respiratorias y estimulación de las terminaciones nerviosas, pudiendo conducir todo ello al shock anafiláctico.
7. La inmunodeficiencia es un defecto del sistema inmunitario que consiste en su incapacidad de defenderse de los ataques microbianos.
8. Las principales causas son:
 - Defectos en los linfocitos B.
 - Anomalías en los linfocitos T.
 - Fallos en la síntesis de las proteínas que forman el complemento.
 - Desarrollo anormal de los órganos linfoides.
9. Mediante relaciones sexuales no seguras, compartiendo utensilios que pueden haber estado en contacto con la sangre de otras personas (jeringuillas, hojas de afeitar, material para hacer tatuajes, poner pendientes, realizar intervenciones quirúrgicas, etc.), por contagio materno-fetal.
10. Son encefalopatías (pérdida de fuerza muscular, parálisis, disminución de las facultades mentales, disminución de la agudeza visual y descoordinación), cánceres malignos (linfomas, sarcoma de Kaposi), caquexia, infecciones oportunistas (neumonía, herpes cutáneo, esofagitis, tuberculosis).
11. En la fase asintomática, que puede durar más de diez años, los efectos graves producidos por el virus del sida no aparecen y sí en cambio síntomas parecidos a los gripales con estados febriles, dolores articulares y musculares, náuseas, vómitos, diarreas, etc., que remiten después de unas dos semanas, pero que son recurrentes al cabo de cierto tiempo. Durante la fase asintomática, el número de réplicas del virus va aumentando lentamente en la sangre de la persona y el número de linfocitos T va disminuyendo.
12. Los agentes antirretrovirales son fármacos que inhiben a las enzimas de los virus y de esta manera impiden su normal multiplicación.
13. La obtención de una vacuna eficaz contra el sida se ha visto dificultada debido, entre otras causas, por las rápidas mutaciones del material genético del virus.
14. Un tumor es benigno cuando sus células no se multiplican indefinidamente y siempre se mantienen en un lugar definido del organismo. En cambio, un tumor maligno tiene células que se multiplican indefinidamente y además migran (metástasis) a otros tejidos o lugares del cuerpo.
15. Algunas sustancias con acción carcinógena son el alquitrán del tabaco y ciertas anilinas.
16. La luz ultravioleta, las radiaciones ionizantes, las radiaciones nucleares.
17. La radioterapia se emplea cuando el cáncer está muy localizado y la quimioterapia es un tratamiento inespecífico que actúa sobre todas las células que están en fase de división.

Además, la radioterapia consiste en la aplicación local (sobre el tejido o zona afectada) de radiaciones ionizantes con rayos X, rayos gamma, electrones, protones o núcleos atómicos, mediante los cuales se matan las células malignas y se impide su reproducción, mientras que la quimioterapia consiste en la

administración de productos farmacéuticos que matan o impiden el crecimiento de las células tumorales.

18. Los efectos secundarios de la quimioterapia son, entre otros, náuseas y vómitos, anemia, alopecia o caída del cabello, diarrea o estreñimiento, hemorragias e inmunosupresión.
19. Un aloinjerto es un trasplante de algún órgano o tejido efectuado entre dos personas genéticamente iguales, como ocurre entre los gemelos univitelinos, mientras que un aloinjerto es un trasplante entre dos personas diferentes genéticamente.
20. Es el rechazo que se manifiesta a los pocos minutos u horas de un trasplante y que se produce debido a la preexistencia en la sangre de la persona receptora de anticuerpos contra algún antígeno de las células del órgano trasplantado.
21. Las proteínas del tejido u órgano trasplantado son reconocidas como extrañas por los anticuerpos preexistentes en la sangre del receptor y se destruyen.
22. Los fármacos inmunosupresores son medicamentos que disminuyen la capacidad del sistema inmunológico, especialmente en el reconocimiento de moléculas extrañas. Suelen ser utilizados en las operaciones de trasplante para evitar el riesgo de rechazos del órgano trasplantado.
23. – Drogas inmunosupresoras. Disminuyen la proliferación de linfocitos, pero exponen al paciente al riesgo de infecciones. Entre ellas se encuentran los corticosteroides, la azatioprina o la ciclosporina A. Es un tratamiento inespecífico contra muchas enfermedades de autoinmunidad.
– Extirpación de la glándula tiroides y plasmaféresis. Se utilizan para paliar los fenómenos autoinmunes. La plasmaféresis consiste en la centrifugación del plasma sanguíneo para eliminar los complejos autoantígenos-autoanticuerpos.
– Sustancias bloqueantes de los autoantígenos. Se están experimentando algunas terapias específicas, como la utilización de estas sustancias o la inducción de la tolerancia a los autoantígenos.
24. El interferón aumenta el efecto de presentación de los antígenos tumorales a los linfocitos T unidos a las moléculas MHC.
25. Para la difteria, el botulismo, las hepatitis A y B, el tétanos, la rabia y el sarampión.
26. Una vacuna es un método preventivo que trata de que el propio organismo dirija la respuesta inmunológica contra los microorganismos patógenos, a la vez que se genera una memoria inmunológica ante ellos.
Deben administrarse siempre que se quiera prevenir una enfermedad.
27. Las actuales vacunas están elaboradas de tres modos distintos:
– Microorganismos atenuados.
– Microorganismos muertos por el calor, por sustancias químicas o por rayos gamma, aunque con capacidad antigénica.
– Macromoléculas antigénicas de microorganismos.
28. La autoinmunidad es un fallo del sistema inmunitario que es incapaz de reconocer como propias determinadas moléculas y, a consecuencia de ello, se originan enfermedades graves que pueden llevar incluso a la muerte del individuo. Las moléculas del propio organismo que origina autoinmunidad se denominan autoantígenos, y provocan la formación de autoanticuerpos y células autorreactivas. Ejemplos de enfermedades autoinmunes son: anemia hemolítica, miastenia gravis,

diabetes mellitus, artritis reumatoide, lupus eritematoso sistémico, esclerosis múltiple.

La artritis reumatoide es una enfermedad crónica y degenerativa que se caracteriza por provocar inflamación en la membrana sinovial (membrana que alimenta, protege y cubre los cartílagos) de las articulaciones. La inflamación de esta membrana es la responsable del dolor. Se piensa que esta enfermedad puede tener un origen genético, puesto que el propio sistema inmune ataca a las articulaciones porque no las reconoce como propias y por ello se inflaman.

29. Muchos microbios, como bacterias y virus, han desarrollado la estrategia de formar complejos moleculares, principalmente proteínas, muy parecidos a los que existen en el cuerpo del animal al que van a infectar. Este fenómeno se denomina mimetismo molecular.

El sistema inmunitario del animal infectado puede verse ‘engañado’ por el mimetismo molecular y ataca a sus propias estructuras.

30. Los alérgicos al polen no padecen inmunodeficiencia, ya que la reacción que produce el sistema inmunitario frente al polen es un problema de hipersensibilidad, mientras que la inmunodeficiencia es la inexistencia de respuesta inmunitaria o la carencia de un elemento del sistema inmunitario.

31. a) El término alergia es utilizado comúnmente para referirse a ciertas reacciones de hipersensibilidad en las que se produce una respuesta inadecuada o exagerada del sistema inmunológico. Así, el sistema inmunológico puede llegar a actuar de manera excesiva ante moléculas inocuas o poco peligrosas (denominadas alérgenos), produciendo efectos graves o incluso la muerte del animal.
b) La respuesta consiste en la producción de anticuerpos, concretamente de IgE, ante el primer contacto con el antígeno (alérgeno). Estos anticuerpos se unen a receptores específicos de membrana de mastocitos y basófilos. El segundo contacto con el alérgeno provoca que las moléculas alérgicas se unan a las IgE adheridas a la membrana de mastocitos y basófilos. Como resultado se produce la liberación al exterior de los mediadores alérgicos (histamina, serotonina...).
- c) Generalmente, los antígenos son macromoléculas, como proteínas, polisacáridos, lípidos complejos, que se encuentran en la pared celular bacteriana o cápsula vírica, o bien son liberados por microorganismos. Los anticuerpos son glucoproteínas producidas por los linfocitos B.

32. El término alergia se utiliza comúnmente para referirse a ciertas reacciones de hipersensibilidad. La alergia se produce cuando el sistema inmunológico desencadena una respuesta inmunitaria exagerada ante la presencia de moléculas inocuas o poco peligrosas, denominadas alérgenos (pelo de animales, esporas de mohos, algunos medicamentos, ciertos alimentos, veneno de abejas...).

La respuesta al alérgeno produce la liberación de mediadores de la alergia, que hay en los mastocitos y en los basófilos, como la histamina, serotonina, prostaglandina D, bradiquinina, etc. Estos mediadores alérgicos provocan los síntomas y manifestaciones del proceso alérgico, como efectos locales (inflamación cutánea, enrojecimiento, hinchazón, etc.) o reacciones generalizadas (contracción de bronquios, asma, y otros procesos que generan dificultad respiratoria).

El shock anafiláctico es una reacción alérgica severa debida a una liberación de mediadores alérgicos por los mastocitos,

producida tras la segunda exposición al alérgeno, que dan origen a uno o varios síntomas alérgicos. El shock anafiláctico es, pues, un caso de hipersensibilidad inmediata. En los mamíferos, el shock anafiláctico produce, entre otros efectos fisiológicos, la constricción de los bronquios, la obstrucción de los capilares pulmonares por trombos constituidos por plaquetas y leucocitos, urticaria, hemorragias intestinales e insuficiencia cardíaca. En el peor de los casos puede llegar a producir la muerte del individuo.

Alguna de las medidas que pueden reducir los síntomas de la alergia son el empleo de antihistamínicos y otros medicamentos, que aumentan la presión sanguínea y dilatan los bronquios.

33. La inmunodeficiencia primaria o congénita es una anomalía de tipo genético. Sus síntomas son ciertas enfermedades infecciosas graves y de tipo repetitivo que aparecen en el niño desde el nacimiento o a los pocos meses de edad. Esta inmunodeficiencia se debe a varias causas, algunas de ellas relacionadas con anomalías o defectos en los linfocitos B y/o T.

Por tanto, el trasplante de médula ósea resulta en ocasiones un tratamiento eficaz, así se formarán células, como los linfocitos B y T, sin anomalías. Además, otras células formadas en la médula ósea como, los monocitos, los neutrófilos, los eosinófilos y los basófilos participan en procesos de inmunidad inespecífica.

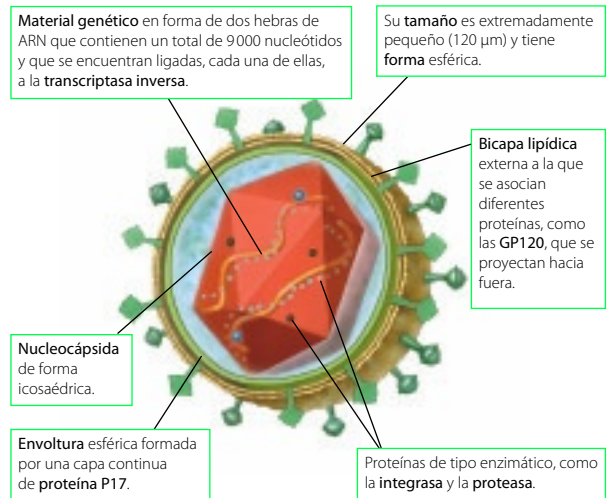
34. a) La inmunodeficiencia es la incapacidad del sistema inmunitario de atajar las enfermedades microbianas. La inmunodeficiencia es adquirida si se contrae después del nacimiento, en algún momento de la vida de la persona. El sida es un ejemplo de inmunodeficiencia adquirida.
- b) La autoinmunidad es un fallo del sistema inmunitario, que es incapaz de reconocer como propias determinadas moléculas y, a consecuencia de ello, se originan enfermedades graves que pueden llevar incluso a la muerte del individuo. Las moléculas del propio organismo que origina autoinmunidad se denominan autoantígenos, y provocan la formación de autoanticuerpos y células autorreactivas.
- c) La respuesta humoral es un tipo de mecanismo inmunitario donde intervienen proteínas específicas –denominadas anticuerpos, fabricados por los linfocitos B–, en contra de los antígenos extraños que se difunden por los fluidos o humores del organismo.
35. a) La estructura de un retrovirus es el virus del sida.
- b) El material genético, ARN.
- c) A partir del ARN del virus transcribe a ADN, este proceso se denomina transcripción inversa o retrotranscripción.
- d) A la bicapa lipídica externa se asocian diferentes proteínas, como las GP120, que se proyectan hacia fuera, y las GP41, ancladas en la membrana. La bicapa junto con las proteínas constituyen la envoltura del virus.
- e) Las proteínas asociadas a la bicapa lipídica.
- f) La nucleocápsida contiene en su interior el ARN y la enzima transcriptasa inversa. Solo la nucleocápsida del VIH penetra en la célula del hospedador.
36. a) La inmunodeficiencia es la incapacidad del sistema inmunitario de actuar contra las infecciones microbianas. Las causas pueden ser diversas, como trastornos genéticos (y, por tanto, hereditarios), fallos en el desarrollo normal de los órganos linfoides primarios o secundarios o bien infecciones víricas.

- b) Son aquellos que producen infecciones en el organismo debido a la importante disminución de las defensas inmunológicas del individuo afectado de sida.

- c) Los linfocitos son células inmunocompetentes que se encuentran en la sangre y en la linfa. Según su respuesta inmunológica, se pueden distinguir dos tipos:

- Linfocitos B o células B. Son los responsables de la inmunidad humoral. En los mamíferos se forman en la médula ósea, mientras que en las aves maduran en la bolsa de Fabricio. Presentan anticuerpos o receptores en la superficie externa de su membrana plasmática que reaccionan con antígenos específicos de microorganismos. Al activarse, se convierten en células plasmáticas, con un gran retículo endoplasmático, que producen anticuerpos libres específicos.
- Linfocitos T o células T. Intervienen en la inmunidad celular. Maduran en el timo y no producen anticuerpos libres. En la superficie de su membrana hay receptores de antígenos, que son macromoléculas constituidas por dos cadenas proteicas unidas a proteínas (complejo CD3).

37.



38. El virus del sida disminuye la cantidad de linfocitos T colaboradores del organismo al que infecta, provocando de esta forma inmunodeficiencia en el individuo.

No es posible la transmisión del virus del sida a través de la ropa o de los objetos, el VIH es bastante frágil, puesto que tiene escasa supervivencia fuera del organismo. El virus del sida es capaz de entrar a través de las heridas de la piel o de las mucosas de las aberturas naturales del cuerpo. Se conoce cómo se transmite en la especie humana, y básicamente hay tres modalidades de contagio: vía sanguínea, por relaciones sexuales y vía materno-fetal.

39. Un retrovirus es un tipo de virus que posee como material genético ARN y un tipo de enzima denominada transcriptasa inversa, que participa en la retrotranscripción del ARN a ADN en el interior de las células del hospedador al cual infectan.

El VIH o virus del sida es un retrovirus que produce una enfermedad grave, el síndrome de la inmunodeficiencia adquirida, puesto que ataca a células del sistema inmunológico, reduciendo su capacidad y provocando su destrucción. La persona infectada por el virus queda prácticamente indefensa ante gran cantidad de infecciones microbianas y ve aumentada la

incidencia de algunos tipos de cáncer. Estas personas pueden permanecer sin manifestar síntomas de la enfermedad durante meses e incluso años.

40. a)

Material genético en forma de dos hebras de ARN que contienen un total de 9000 nucleótidos y que se encuentran ligadas, cada una de ellas, a la **transcriptasa inversa**.

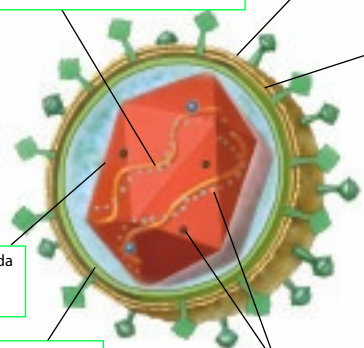
Su **tamaño** es extremadamente pequeño (120 µm) y tiene **forma esférica**.

Bicapa lipídica externa a la que se asocian diferentes proteínas, como las **GP120**, que se proyectan hacia fuera.

Nucleocápsida de forma icosaédrica.

Envoltura esférica formada por una capa continua de **proteína P17**.

Proteínas de tipo enzimático, como la **integrasa** y la **proteasa**.



b) El sida es una enfermedad grave producida por un virus que ataca a las células del sistema inmunológico reduciendo su capacidad y provocando su destrucción.

En un informe de 2008 de ONUSIDA se indicaba que en 2007 en el mundo había unos 33 millones de personas que vivían afectadas por el virus del sida.

El virus del sida se puede transmitir en la especie humana de tres formas:

- **Por vía sanguínea.** A través de jeringuillas y agujas contaminadas de uso compartido.
- **Por relaciones sexuales.**
- **Por vía materno-fetal.**

En la actualidad no existe ningún medicamento que destruya el retrovirus VIH, pero sí hay antirretrovirales que frenan el proceso de la enfermedad. En 2008 el equipo de Mariano Esteban, del CSIC, consiguió una vacuna contra el sida que ha sido probada con éxito en animales y se está probando en personas voluntarias sanas.

41. a) Las células sanas pueden transformarse en células cancerosas por varias causas, una de ellas es por mutación de su material genético. Puede ocurrir mediante agentes químicos (procedentes de la contaminación ambiental, del humo del tabaco, de la industria...) o físicos (como la luz ultravioleta, las radiaciones ionizantes, las radiaciones nucleares...). A los agentes que pueden provocar cáncer se les denomina carcinógenos o cancerígenos.

b) Las principales características de las células cancerosas son: el origen clonal, es decir, se originan a partir de una sola célula, la división indefinida, el citoesqueleto anormal y una actividad bioquímica alterada. Además, presentan anomalías cromosómicas, del tipo de las aneuploidías, y tienen en su membrana antígenos tumorales, que son moléculas antigénicas diferentes de las que tienen las células normales.

c) Por acción de ciertos virus, el ADN de algunos virus, como, por ejemplo, el virus del papiloma humano (VPH), se integra en el de la célula hospedadora, determinando la

expresión de los genes promotores de cáncer, denominados oncogenes. Estos genes inducen la formación de numerosas réplicas de proteínas virales y la duplicación incontrolada de las células cancerosas.

d) En un principio, las células cancerosas se agrupan para constituir un tumor primario. Una vez formado este, las células pueden comenzar a desprenderse del tumor y transitar hacia otras partes del cuerpo, este proceso se denomina metástasis.

42. Cuando se trasplanta un órgano se producen una serie de fenómenos en la persona receptora que pueden conducir a que el injerto u órgano sea rechazado. El rechazo está determinado por la relación genética entre el donante y el receptor. La causa del rechazo es la puesta en marcha del sistema inmunológico del receptor, al reconocer las moléculas del injerto u órgano trasplantado como extrañas.

El grado de respuesta inmunológica depende de la procedencia del órgano trasplantado. En el rechazo de tejidos u órganos extraños intervienen los distintos elementos de reconocimiento del sistema inmunitario. La principal causa de estos rechazos se debe a la estructura del complejo principal de histocompatibilidad (HLA, en humanos) de la membrana de los linfocitos y de la gran mayoría de las demás células.

El complejo HLA está constituido por diferentes moléculas, fundamentalmente por proteínas estructurales de membrana. Existe una inmensa variabilidad en cuanto a su estructura, de modo que sus múltiples combinaciones dan lugar al mosaico antigénico característico de cada individuo. De esta forma, la estructura de las HLA de cada persona es reconocida por las células de su sistema inmunitario. Las moléculas HLA de las células del tejido trasplantado actúan como antígenos extraños y desencadenan el proceso de rechazo.

Las células madre son aquellas que por división pueden dar origen a diversos tipos celulares. Si se extraen del propio organismo al que se van a trasplantar posteriormente, no presentan problemas de histocompatibilidad, puesto que no son reconocidas como extrañas por el sistema inmunitario.

43. En el rechazo de órganos extraños intervienen los distintos elementos de reconocimiento del sistema inmunitario. La principal causa de estos rechazos se debe a la estructura del complejo principal de histocompatibilidad (HLA, en humanos) de la membrana de los linfocitos y de la gran mayoría de las demás células.

El complejo HLA está constituido por diferentes moléculas, fundamentalmente por proteínas estructurales de membrana. Existe una inmensa variabilidad en cuanto a su estructura, de modo que sus múltiples combinaciones dan lugar al mosaico antigénico característico de cada individuo. De esta forma, la estructura de las HLA de cada individuo, es reconocida por las células de su sistema inmunitario. Las moléculas HLA de las células del tejido trasplantado actúan como antígenos extraños y desencadenan el proceso de rechazo.

44. a) La respuesta inmune primaria se produce ante el primer contacto con un determinado antígeno. Al cabo de varios días empiezan a aparecer anticuerpos en la sangre del individuo infectado, cuya producción va en aumento exponencial hasta una fase estacionaria, tras la cual empiezan a declinar. Los anticuerpos que se forman en esta respuesta son del tipo IgM y IgG. Tras varias semanas, estas inmunoglobulinas son casi imperceptibles en la sangre.

b) En un segundo contacto con el antígeno se produce la respuesta inmune secundaria. Si el sistema inmunológico detecta por segunda vez la presencia del mismo antígeno, origina una respuesta distinta de la anterior, hay menos retraso entre la entrada del antígeno y la aparición de anticuerpos, que son principalmente del tipo de las IgG. Además su producción es más rápida, los valores de concentración de estas inmunoglobulinas en la sangre son mayores y su persistencia en la sangre es muy superior. Este tipo de respuesta inmune indica que existe una memoria inmunológica.

45. El sistema inmunológico del paciente trasplantado puede reaccionar contra los antígenos presentes en la membrana de las células del órgano trasplantado, ya que no las reconoce como propias. La causa primaria de las reacciones de rechazo estriba en las proteínas MHC (HLA en humanos) que tienen en su membrana los linfocitos y la mayoría de las demás células.

Las moléculas de MHC de las células del tejido trasplantado actúan como antígenos extraños (autoantígenos) y desencadenan el proceso de rechazo. Si los autoantígenos del donante y el receptor no coinciden, se produce el rechazo, que comienza con el ataque de los linfocitos T citotóxicos, los cuales son los responsables de la lisis de las células de los tejidos trasplantados. Asimismo, en el rechazo también interviene la respuesta específica humoral, con la producción de anticuerpos, y la respuesta inespecífica, como la actuación de los macrófagos y el sistema de complemento.

Para disminuir la probabilidad de rechazo se intenta que exista el máximo grado de histocompatibilidad entre donante y receptor, analizando el tipo de HLA que tienen sus células. Para ello se suministran fármacos inmunosupresores, como la ciclosporina, que inhiben la actividad del sistema inmunológico y su reconocimiento de moléculas extrañas.

46. a) La respuesta específica. La interleucina-2 es una proteína liberada por los linfocitos T, que incrementa notablemente su estimulación, y estos se dirigen únicamente a un tipo concreto de antígenos. Para cada antígeno extraño que es detectado en el organismo se produce una respuesta de los linfocitos que actúa específicamente contra él. Como la ciclosporina actúa impidiendo la producción de interleucina-2, se altera pues la respuesta específica, ya que no se activan los linfocitos T.

b) El sistema inmunológico del paciente trasplantado puede reaccionar contra los antígenos presentes en la membrana de las células del órgano trasplantado, ya que no las reconoce como propias. La causa primaria de las reacciones de rechazo estriba en las proteínas MHC (HLA en humanos) que tienen en su membrana los linfocitos y la mayoría de las demás células. Las moléculas de MHC de las células del tejido trasplantado actúan como antígenos extraños y desencadenan el proceso de rechazo. Para disminuir la probabilidad de rechazo se intenta que exista el máximo grado de histocompatibilidad entre donante y receptor, analizando el tipo de HLA que tienen sus células. Para evitar el rechazo se suministran fármacos inmunosupresores, como la ciclosporina, que inhiben la actividad del sistema inmunológico y su reconocimiento de moléculas extrañas.

47. a) El principal problema es la posibilidad del rechazo inmunológico por parte del receptor del órgano.

b) El rechazo está determinado por la relación genética entre el donante y el receptor. La causa del rechazo es la puesta

en marcha del sistema inmunológico del receptor, al reconocer las moléculas del injerto u órgano trasplantado como extrañas. Por tanto, se intenta que el donante y el receptor sean compatibles desde el punto de vista genético.

c) Sí, resulta más complicado de realizar el trasplante, así como evitar el rechazo inmunológico por parte del donante.

48. La inmunoterapia se basa en el conocimiento del sistema inmunitario y de su funcionamiento para poner en marcha procedimientos contra los microorganismos infecciosos, suplir deficiencias del sistema inmunológico o para evitar fenómenos de rechazo en los trasplantes, basados en el propio sistema de defensa.

a) Se utiliza para paliar los fenómenos autoinmunes.

b) Las interleucinas desempeñan un papel muy importante en la activación de los linfocitos, por ejemplo, las interleucinas 2, 4, 7 y 10 sobre los linfocitos T4 o la interleucina 7 mantiene el nivel de los linfocitos T.

c) Disminuyen la proliferación de linfocitos, pero exponen al paciente al riesgo de infecciones. Entre ellas se encuentran los corticoesteroides, la azatioprina o la ciclosporina A. Es un tratamiento inespecífico contra muchas enfermedades de autoinmunidad.

d) Pueden solucionar algunos de los problemas que aparecen en la hipersensibilidad inmediata.

49. a) La vacunación es un método de inmunización activa, ya que estimula a las defensas inmunitarias frente a microorganismos patógenos o sustancias dañinas, sin desarrollar la enfermedad.

Mediante ingeniería genética se pueden clonar los genes de las proteínas que producen la toxicidad, haciendo así posible el desarrollo de vacunas sanas y seguras. La vacuna antitetánica que actualmente se utiliza es un compuesto proteico obtenido a partir de la toxina tetánica y modificado por la acción del calor y del formol (toxoides o anatoxina), aunque conserva su capacidad inmunógena, por lo que estimula la síntesis de anticuerpos por el organismo.

b) Los efectores que neutralizarían la toxina de un individuo inmunizado serían los anticuerpos, fabricados por los linfocitos de memoria que se obtuvieron tras la vacunación.

c)



PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

1. La esclerosis múltiple es una enfermedad autoinmune que afecta a la sustancia blanca del sistema nervioso central y que produce, entre otros síntomas, hormigueo y dolor en pier-

nas y brazos, anomalías en la visión, problemas de equilibrio y falta de fuerza en las piernas y en los brazos. Todos estos síntomas se deben al deterioro de la vaina de mielina que recubre los axones de las neuronas. Ello es debido a que autoantígenos situados en la vaina de mielina son atacados por autoanticuerpos y por los macrófagos activados. Finalmente queda el axón desprovisto de mielina (desnudo), lo que produce importantes cambios en la transmisión del impulso nervioso a través de él y conduce a diferentes disfunciones neurológicas.

2. La hipersensibilidad es una respuesta exagerada del sistema inmunológico ante la exposición de un antígeno inocuo o poco peligroso. Dichas respuestas causan fenómenos inflamatorios y lesiones en diferentes tejidos del organismo.

La hipersensibilidad inmediata y la retardada se diferencian en el momento de aparición de los efectos nocivos. En la inmediata aparece a los pocos minutos de estar en contacto con el alérgeno, mientras que en la retardada los efectos se producen al cabo de varios días u horas.

3. El shock anafiláctico es un caso de hipersensibilidad inmediata. Se produce por mediadores alérgicos a los pocos minutos de la segunda exposición al alérgeno. Estos mediadores alérgicos provocan efectos perjudiciales más o menos graves que pueden conducir incluso a la muerte del animal.

En los mamíferos, el shock anafiláctico produce, entre otros efectos fisiológicos, la constricción de los bronquios, la obstrucción de los capilares pulmonares por trombos constituidos por plaquetas y leucocitos, urticaria, hemorragias intestinales e insuficiencia cardíaca.

4. La inmunodeficiencia es la incapacidad del sistema inmunitario de atajar infecciones microbianas. Las inmunodeficiencias adquiridas o secundarias son las que se contraen después del nacimiento, y se deben a factores extrínsecos o medioambientales. Son ejemplos de inmunodeficiencia adquirida el sida o la leucemia linfóide crónica.

5. El VIH o virus del sida es un retrovirus. Provoca el sida o síndrome de inmunodeficiencia adquirida, una enfermedad grave en la que el virus ataca a células del sistema inmunológico, reduciendo su capacidad y provocando su destrucción.

Los principales mecanismos de transmisión del sida son:

- Vía sanguínea (transfusiones, jeringuillas contaminadas, etc.).
- Relaciones sexuales.
- Transmisión de madre a hijo durante la gestación o el parto.

6. El método ELISA es una prueba sencilla que se utiliza en la actualidad para detectar la presencia de anticuerpos anti-VIH. Para ello se extrae sangre a la persona y su suero se pone en contacto con antígenos del retrovirus VIH.

No existe actualmente ningún medicamento capaz de destruir el VIH. Sin embargo, si la prueba da positiva y la persona no tiene el sida, sino que es seropositivo, existen diferentes fármacos capaces de frenar el progreso de la enfermedad, con lo que se consigue alargar la vida del enfermo. Entre dichos fármacos cabe destacar: retrovirales, que inhiben los complejos enzimáticos del virus, como la transcriptasa inversa y la proteasa, el AZT (azidotimidina), el DDI (dideoxiinosina), el DDC (dideoxicitidina) y las antiproteasas.

7. Un tumor benigno es aquel cuyas células no se multiplican indefinidamente y permanecen localizadas en un órgano determinado. Por el contrario, un tumor maligno (o cáncer) crece continuamente y sus células son capaces de invadir órganos cercanos.

8. Los mecanismos por los cuales las células cancerosas escapan al control del sistema inmune no están todavía muy claros. Se plantean diferentes hipótesis, una de ellas sostiene que las células cancerosas tendrían capacidad de modular sus antígenos tumorales de modo que estos «desaparecerían» de la superficie de las células en presencia de anticuerpos sanguíneos específicos, con lo cual no serían reconocidas como extrañas. Así mismo, se ha observado que las células cancerosas tienen una cantidad muy baja de moléculas MHC en su membrana, lo que podría determinar que los linfocitos T citotóxicos no lograsen reconocerlas de manera adecuada.

9. a) El principal problema que se puede encontrar con posterioridad a un trasplante es el rechazo del órgano trasplantado. En dicho rechazo están implicadas las proteínas del complejo principal de histocompatibilidad (MHC), que tienen la función de presentar el antígeno proteico procesado a los linfocitos T.

Las células que primero actúan son los linfocitos T, que reconocen los antígenos del complejo principal de histocompatibilidad que están presentes en el injerto y tratan de destruirlo.

Para evitar el rechazo se utilizan inmunosupresores inespecíficos, como la ciclosporina, que inhibe la acción de los linfocitos T mediante el bloqueo de la síntesis de citoquinas, o los esteroides, que inhiben la acción de los macrófagos activados.

- b) Según la procedencia del órgano trasplantado, se pueden distinguir varios tipos de injertos:

- Autoinjerto. Si procede de la misma persona, por ejemplo, los de piel de una a otra zona del cuerpo.
- Isoinjerto. Si procede de otra persona diferente pero de la misma constitución genética, como ocurre entre gemelos univitelinos.
- Aloinjerto. Si procede de otra persona distinta y de diferente constitución genética.
- Xenoinjerto. Si el órgano trasplantado procede de un individuo de otra especie diferente de la del receptor.

10. a) El tratamiento con fármacos inmunosupresores, la extirpación del tiroides, la centrifugación del plasma sanguíneo de la persona, etc.

- b) La ciclosporina inhibe la acción de los linfocitos T mediante el bloqueo de la síntesis de citoquinas.

- c) Su misión es aumentar los ataques contra los antígenos de las células cancerosas.

- d) Reducir la población de linfocitos. Este tipo de terapia se utiliza contra el rechazo de los órganos trasplantados.

11. El tétanos es causado por la bacteria *Clostridium tetani*, que vive en el suelo y que produce una toxina en el cuerpo que ataca el sistema nervioso.

La infección comienza cuando las esporas de la bacteria penetran en el organismo a través de una lesión o una herida, provocando el bloqueo de las señales nerviosas desde la médula espinal hasta los músculos.

El tratamiento inmediato que debe suministrarse a una persona no vacunada es la sueroterapia, un método curativo mediante inmunización pasiva que lleva anticuerpos (IgG) preformados.

Para que la persona consiga una protección contra el tétanos a largo plazo debe ser vacunada, ya que de esta forma el propio organismo dirige la respuesta inmunológica contra los

microorganismos patógenos del tétanos, a la vez que se genera una memoria inmunológica ante ellos.

12. a) El fármaco A proporciona una inmunización pasiva, ya que proporciona los anticuerpos específicos para los antígenos que producen la enfermedad.

El fármaco B es de una vacuna que proporciona inmunización activa, puesto que estimula la respuesta primaria contra antígenos de *Salmonella*, induciendo la producción de anticuerpos y linfocitos B y T.

- b) La infección por VIH está causada por un retrovirus lisogénico, que afecta a los linfocitos T4, muy importantes en la regulación de las respuestas inmunitarias específicas. Como resultado de esta infección, y de forma progresiva a medida que el virus pasa a fase lítica, el sistema inmunitario se encuentra bajo mínimos y queda indefensa ante gran cantidad de infecciones microbianas causadas por virus o bacterias, al verse disminuida la producción de anticuerpos y células específicas. Por tanto, el suministro de inmunoglobulinas contra una gran diversidad de antígenos diferentes puede suponer una defensa, al menos parcial, contra estas infecciones oportunistas.
- c) El fármaco A contiene IgG, que proporciona una inmunidad, probablemente contra un gran número de antígenos diferentes. Algunos de estos anticuerpos podrían ser específicos contra algunos antígenos de la cubierta de *Salmonella* que, justamente, son los que contiene el fármaco B. Por tanto, es posible que el efecto del fármaco B se viera disminuido y por ello el médico no quiere recetárselo. Otra posibilidad es que si el paciente toma el fármaco A, el médico deduce que será porque su sistema inmunológico no funciona demasiado, con lo cual no podría fabricar anticuerpos contra esas bacterias e incluso las pocas bacterias vivas presentes podrían resultar muy dañinas para él.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. a) Las enfermedades autoinmunes se producen cuando hay una respuesta inmunitaria en la que se destruyen moléculas o células propias.
- b) Entre las causas que pueden ocasionar autoinmunidad están:
- Factores genéticos, que pasan de padres a hijos.
 - El sexo del individuo. Las enfermedades autoinmunes son más frecuentes en las mujeres que en los hombres, probablemente por cuestiones hormonales.
 - Factores ambientales, como la nutrición, sustancias tóxicas, infecciones microbianas, etc.
 - Estrés.
- c) Artritis reumatoide, anemia perniciosa, diabetes mellitas tipo I, miastenia gravis, esclerosis múltiple, lupus eritematoso sistémico, etc.
2. a) Las alergias son reacciones de hipersensibilidad, es decir, reacciones que se producen de forma exagerada ante un antígeno inocuo o poco peligroso, y causa inflamaciones y lesiones en los tejidos.
- b) Un alérgeno es un antígeno que provoca hipersensibilidad. Entre los alérgenos más comunes podemos citar:
- Veneno de abejas.
 - Proteínas de las células del polen.
 - Esporas de mohos.

- Heces de ácaros del polvo.
- Pelo de animales.
- Medicamentos, como la penicilina, etc.

- c) La primera exposición del alérgeno provoca que los linfocitos B produzcan IgE.

La IgE se une a receptores específicos de la membrana de mastocitos y basófilos.

En el segundo contacto, el alérgeno se une a las IgE adheridas a los mastocitos y a los basófilos.

La unión del alérgeno a la IgE provoca desgranulación, que consiste en la liberación de diversas sustancias (mediadores alérgicos, como histamina, prostaglandinas y leucotrienos) que se encuentran en el citoplasma celular.

3. La inmunodeficiencia es la incapacidad del sistema inmunitario de atajar infecciones microbianas. Existen dos clases de inmunodeficiencias: las congénitas y las adquiridas.

Las congénitas, primarias o heredadas son anomalías genéticas que se nace con ellas, mientras que las adquiridas o secundarias no tienen origen genético y aparecen en cualquier momento de la vida como consecuencia de diversos factores. Entre las congénitas podemos citar la enfermedad granulomatosa crónica, agammaglobulinemias o la inmunodeficiencia combinada grave (niños burbuja). Entre las adquiridas se encuentra el sida.

4. a) Cuando una persona presenta anticuerpos frente al virus del sida se dice que es seropositiva.

La seropositividad solo indica que ha entrado en contacto con el VIH y está infectado, por lo que debe considerarse portador del virus y, por tanto, lo puede transmitir.

Sin embargo, no indica que se padece sida ni predice la evolución hacia la enfermedad.

- b) Muchos de los recién nacidos seropositivos lo son porque tienen anticuerpos de la madre circulando por su sistema sanguíneo. A medida que los anticuerpos van desapareciendo, dejan de dar positiva la prueba y solo permanecen como seropositivos los que verdaderamente están afectados por el virus del sida.
- c) La transcriptasa inversa, la proteasa, la integrasa y la ribonucleasa.
- d) Las proteínas GP120 del virus del sida se unen específicamente a los receptores CD4 de los linfocitos T.

5. La metástasis es la propagación de un foco canceroso a un órgano sano distinto donde se originó, y en el que puede desarrollarse tumores.

6. La radioterapia es una técnica que consiste en la aplicación de radiaciones ionizantes con rayos X, rayos gamma, electrones, protones o núcleos atómicos sobre el tejido u órgano afectado de un tumor. Como consecuencia de la radioterapia se matan células que se encuentran en división, con lo que se impide su reproducción. Esta técnica se emplea cuando el cáncer está muy localizado.

La quimioterapia es una de las modalidades terapéuticas más empleadas en el tratamiento del cáncer. Su objetivo es destruir las células tumorales con el fin de lograr reducir la enfermedad, administrando una gran variedad de fármacos. A los fármacos utilizados en este tipo de tratamiento se les denomina fármacos antineoplásicos o quimioterápicos.

Los principales efectos secundarios de la radioterapia son la aparición de fatiga, cansancio, así como enrojecimiento y sequedad de la zona tratada. Por el contrario, el principal problema de la quimioterapia es que es un método inespecífico y actúa sobre todas las células que se están dividiendo (como las sexuales, del pelo, etc.).

7. a) El isótrasplante o isoinjerto se produce entre dos individuos genéticamente idénticos, mientras que el alotrasplante o aloinjerto tiene lugar entre individuos diferentes de la misma especie.
- b) La principal molécula responsable de un tejido u órgano trasplantado son las proteínas del complejo principal de histocompatibilidad (MHC), que tienen la función de presentar los antígenos proteicos debidamente procesados a los linfocitos T.
- c) Debido a que los gemelos idénticos o univitelinos tienen idéntica compatibilidad de tejidos, ya que proceden de un mismo óvulo y de un mismo espermatozoide, por tanto, son genéticamente idénticos.
8. Los tratamientos contra las anomalías de autoinmunidad van encaminados a reducir la respuesta autoinmune. Para ello, actualmente se emplean drogas inmunosupresoras, la extirpación de la glándula tiroidea o el empleo de sustancias bloqueantes de los autoantígenos.
9. Para evitar el rechazo se utilizan inmunosupresores inespecíficos, como la ciclosporina, que inhibe la acción de los linfocitos T mediante el bloqueo de la síntesis de citoquinas, o los esteroides, que inhiben la acción de los macrófagos activados.
10. a) Las vacunas son un método de inmunidad artificial activa. Consiste en introducir preparados antigénicos (microorganismos muertos o atenuados, o sus toxinas) para que se desencadene la respuesta inmune primaria, sin sufrir la enfermedad.
 Cuando se administra la primera dosis de la vacuna, se provoca una respuesta inmune primaria. En ella, al cabo de varios días, empiezan a aparecer en sangre anticuerpos. La respuesta es lenta y en baja cantidad. Los anticuerpos fabricados son IgM. Después del primer contacto quedan en el organismo linfocitos B y T de memoria que recuerdan el antígeno.
 En la segunda dosis, y como resultado de la memoria inmunológica, se desencadena la respuesta inmune secundaria. En este caso, la respuesta es mucho más rápida, más intensa y más duradera que la respuesta inmune primaria y ello es debido a que, tras el primer contacto con un antígeno, los linfocitos de memoria perduran durante gran parte de la vida del animal y de esta manera pueden responder mucho más rápidamente cuando hay una segunda infección. Los anticuerpos son del tipo IgG. La memoria es a más largo plazo.
- b) Se espera que la vacuna reproduzca de forma atenuada algunos síntomas de la enfermedad cuando está formada por microorganismos patógenos atenuados. Estas vacunas tienen un alto poder inmunogénico y se administran en una sola dosis; pero presentan el riesgo de poderse convertir en virulentas.
- c) Las vacunas que no van a producir ningún síntoma de la enfermedad son las constituidas por microorganismos muertos, bien por el calor, rayos gamma o por sustancias químicas. No se convierten en virulentas pero se necesita administrar varias dosis para que produzcan sus efectos.

AMPLIACIÓN

1. a)

	Diámetro de la púpula (cm)	Índice de histamina
Histamina	2	—
Polen 1	0,5	0,25
Polen 2	0,3	0,15
Ácaro 1	1,2	0,6
Ácaro 2	0,5	0,25

Este paciente es alérgico al ácaro 1, ya que el índice de histamina es de 0,6, superior a 0,5, y por tanto, indicador de alergia según este test.

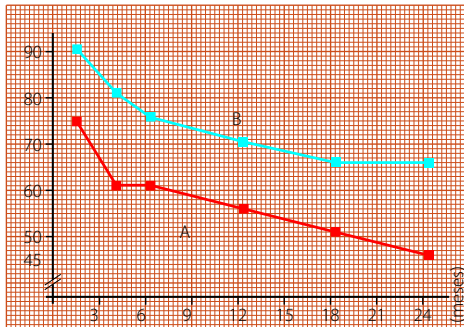
- b) La inflamación (la respuesta inflamatoria aguda), comporta una dilatación de los vasos sanguíneos (capilares) de la zona infectada, lo cual favorece la llegada de células fagocíticas, por ejemplo, los neutrófilos, así como varias moléculas del sistema inmunitario, como los anticuerpos. Los dos componentes ayudan a eliminar el agente infeccioso.
- c) Ciertas sustancias inocuas o poco peligrosas actúan en determinadas personas como antígenos, provocando una reacción exagerada de hipersensibilidad. Es el caso de ciertos ácaros y pólenes, que actúan como alérgenos (antígenos que producen hipersensibilidad). El contacto del antígeno (o alérgeno) con IgE unidas a mastocitos y a basófilos provoca la secreción de histamina y de otras sustancias que desencadenan la respuesta inflamatoria aguda.
2. Los neutrófilos son los leucocitos (glóbulos blancos) más abundantes de la sangre. Son fagocitos y su papel fundamental es combatir las enfermedades infecciosas. Para ello engloban los microorganismos en vacuolas fagocíticas para destruirlos. Los lisosomas son muy abundantes en estas células, ya que digieren constantemente las bacterias que fagocitan.
3. a) El material genético contiene la información genética para fabricar las proteínas. Los cambios en el material genético (mutaciones) darán lugar a cambios en las proteínas (de la envoltura del virus), resultantes del proceso de traducción.
- b) El que las personas estemos poco protegidas contra el virus H5N1 puede ser por algunas de las siguientes circunstancias:
 1. La persona no ha entrado en contacto anteriormente con la variante del virus H5N1 actual, debido a que:
 - No ha adquirido memoria inmunológica contra el virus.
 - Los linfocitos específicos contra el antígeno no han sido activados por contacto con el antígeno y, por tanto, no tienen células de memoria contra este.
 - No ha fabricado anticuerpos contra el virus.
 2. El virus es demasiado agresivo y supera la reacción del sistema inmunitario. Las personas infectadas mueren antes de poder generar una respuesta eficaz.
 3. El material genético del virus tiene una gran capacidad de cambiar. No ha habido selección de los individuos más resistentes (presión selectiva por parte del virus).
- c) La acción de una vacuna se basa en generar una respuesta primaria antígeno-anticuerpo, de forma que la persona vacunada contra un determinado virus adquiere memoria inmunológica necesaria para responder eficazmente a una infección causada por este virus. En este sentido, inocular virus sin capacidad infectiva (que no se replican), pero que posea los mismos antígenos es complicado en el caso del

H5N1, puesto que este virus tiene una gran capacidad para cambiar los genes que determinan ciertas proteínas (es decir, tiene una gran capacidad de mutación), de forma que los cambios en el material genético modifican las proteínas correspondientes, por lo que los anticuerpos fabricados tras la vacunación ya no servirían.

4.

Supervivencia de corazón trasplantado (%)

--- Trat. A
--- Trat. B



Una vez representados los datos, se observa claramente que el tratamiento inicial con ciclosporina (tratamiento B), es mejor que el tratamiento A, pues el órgano trasplantado sigue intacto (sobrevive) en un porcentaje de los casos bastante superior. Esta mejor supervivencia ya se mantiene a partir de los tres meses de haber suministrado la ciclosporina, y es del orden de un 15-20% superior en el tratamiento con ciclosporina. La conclusión, pues, es el claro efecto positivo de la ciclosporina sobre la supervivencia del órgano trasplantado.

La interleucina-2 está producida por los linfocitos T, y estos actúan de forma específica, pues solo se activan aquellos capaces de reconocer un antígeno concreto. Como la ciclosporina afecta la producción de aquella sustancia, claro está que afecta disminuyendo las respuestas específicas.

El sistema inmunitario de los pacientes trasplantados puede reaccionar contra los antígenos presentes en las células del órgano injertado, pues no son reconocidos como propios. Si se administra un tratamiento inmunosupresor, que disminuya la intensidad de la respuesta inmunitaria, es más probable que el injerto sobreviva.

REFUERZO

- 1-e) ; 2-d) ; 3-c) ; 4-a) ; 5-f) ; 6-b).
2. Los anticuerpos son producidos por células sanguíneas del tipo de los linfocitos B ante la presencia de moléculas de los microorganismos denominadas antígenos. La reacción antígeno-anticuerpo permite neutralizar a los microorganismos, permite que estos sean más fácilmente fagocitados o hace precipitar a las toxinas microbianas.
3. **Enfermedades autoinmunes:** enfermedad de Addison, lupus eritematoso, anemia perniciosa, diabetes juvenil (mellitas tipo I), artritis reumatoide, esclerosis múltiple.
Hipersensibilidad: urticaria (hipersensibilidad inmediata), fiebre del heno (hipersensibilidad inmediata), dermatitis, asma bronquial.
Inmunodeficiencias: sida, enfermedad granulomatosa crónica, «niños burbuja», leucemia linfóide crónica.
4. La prueba de la tuberculina se emplea para detectar si una persona padece tuberculosis o está inmunizada contra esa enfermedad. Se basa en la hipersensibilidad de tipo IV o retar-

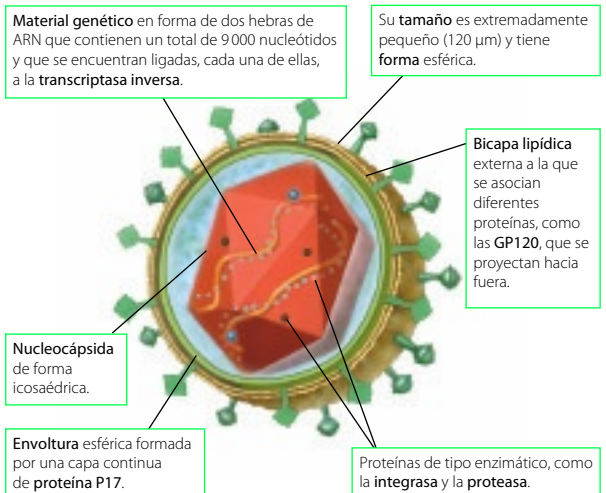
dada mediada por células frente a antígenos específicos del bacilo de la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*).

Para ello se inyecta por debajo de la piel del antebrazo, con una aguja muy fina, una pequeña cantidad del antígeno del bacilo de la tuberculosis. Si al cabo de 48-72 horas se produce una reacción de hipersensibilidad manifestada por una induración de la zona de inoculación, el individuo ha tenido contacto con el microorganismo. Si no se produce reacción, no ha habido contacto con el bacilo, y el sujeto no está inmunizado contra la tuberculosis ni padece la infección.

A diferencia de la hipersensibilidad inmediata, en este tipo de prueba de hipersensibilidad retardada, no intervienen anticuerpos, sino un clon de células iguales. Si el individuo está infectado o inmunizado contra la tuberculosis, tras la inyección del antígeno del bacilo de la tuberculosis (segunda exposición al antígeno), los linfocitos T de ese clon celular liberan ciertas linfocinas que provocan la estimulación de macrófagos y desencadenan la respuesta inflamatoria.

5. a) La alergia es una reacción de hipersensibilidad, es decir, una reacción que se produce de forma exagerada ante un antígeno inocuo o poco peligroso, y causa inflamaciones y lesiones en los tejidos.
b) Histamina, prostaglandinas y leucotrienos.
c) En tratamiento de los procesos alérgicos se basa en administrar antihistamínicos, con el fin de neutralizar la acción de la histamina y de otros medicamentos, para aumentar la presión sanguínea y dilatar los bronquios. Otra medida que se puede aplicar es la desensibilización del individuo mediante técnicas de inmunoterapia. Para ello se realizan pruebas cutáneas para detectar el alérgeno responsable, y una vez identificado, se administra en dosis crecientes hasta conseguir la desensibilización.
6. Los antígenos responsables del rechazo son los autoantígenos del complejo principal de histocompatibilidad (MHC). Si los autoantígenos del donante y del receptor no coinciden, se produce el rechazo del tejido u órgano trasplantado. El rechazo comienza con el ataque de los linfocitos T citotóxicos a las células del tejido trasplantado. Además, en el rechazo también interviene la respuesta humoral, mediada por anticuerpos y la respuesta inespecífica, en la que intervienen macrófagos y el sistema de complemento, que provocan la lisis celular del órgano trasplantado.

7.



8. El virus del sida, VIH, al infectar a los linfocitos T4 y provocar su destrucción, desactiva la respuesta inmune, tanto celular como humoral. Ello es aprovechado por los microorganismos oportunistas para producir enfermedades e infecciones. Son estas infecciones las causantes de casi todas las muertes por el sida.
9. El sistema inmunitario tiene unos tipos celulares (leucocitos) especializados en detectar células que tienen desregulado su ciclo celular y que se dividen sin control: son, sobre todo las células NK (parecidas a linfocitos T pero sin especificidad) y también células T citotóxicas que pueden destruir la célula afectada.
10. Los fenómenos de rechazo de órganos trasplantados se producen cuando las células del sistema inmunitario consideran como extrañas determinadas moléculas proteicas de superficie de las células de los tejidos trasplantados, y de esta manera las atacan, produciendo finalmente el rechazo del órgano.
11. El médico desaconseja la vacunación debido a que dicho método es una práctica preventiva y no curativa.

Las vacunas están elaboradas con microorganismos atenuados o muertos, lo que puede provocar la aparición de leves síntomas. Como consecuencia de la administración de la vacuna se produce una respuesta inmune primaria. Al cabo de varios días de la entrada del antígeno, los linfocitos B se dividen y diferencian rápidamente para producir células plasmáticas, productoras de anticuerpos libres y un clon de células de memoria de larga duración, que permanecen en el individuo largo tiempo, incluso después de eliminar el antígeno por completo.

Ello se debe a la capacidad de mutación del virus de la gripe, que provoca los cambios que dan lugar a nuevas cepas cada año. Por tanto, aunque la vacuna también cambia anualmente

de acuerdo con el virus de la temporada anterior, siempre pueden surgir modificaciones que hagan inútil la inmunización.

12. Mediante la introducción del ADN vírico asociado a un plásmido bacteriano en el núcleo de células de levadura, que sintetizarán proteínas antigénicas del virus.
13. La vacuna triple es una vacuna contra la difteria, la tos ferina y el tétanos que se administra a los dos meses de edad la primera dosis, a los cuatro meses la segunda dosis, a los seis meses la tercera dosis, a los 15-24 meses el primer recordatorio y a los 4-6 años el segundo recordatorio.
14. Actualmente las vacunas se elaboran de tres formas distintas:
 - Vacunas de microorganismos atenuados: poseen un alto poder inmunogénico. Tienen el riesgo de poderse convertir en virulentas. La inmunidad provocada por estas vacunas es de larga duración y muy intensa, parecida a la originada por la enfermedad natural. En general, suele ser suficiente una dosis, salvo que se administre por vía oral (vacuna antipolio). Ejemplos: vacunas contra la tuberculosis, el sarampión, las paperas, la poliomielitis, la fiebre amarilla y la rubéola.
 - Vacunas de microorganismos muertos (por el calor, por sustancias químicas o por rayos gamma). No se convierten en virulentas. En general, la respuesta inmunitaria es menos intensa y duradera y, fundamentalmente, de tipo humoral. Se necesitan varias dosis para la primovacunación y para mantener un nivel adecuado de anticuerpos séricos. Requiere la administración de varias dosis para que produzcan sus efectos. Ejemplos: vacunas contra el cólera, la polio y la rabia.
 - Vacunas de macromoléculas antigénicas de microorganismos: tienen el inconveniente de que es difícil disponer de una suficiente cantidad del componente purificado. Ejemplos: vacunas contra la meningitis, la difteria y el tétanos.

Aplicaciones de la biología: biotecnología e ingeniería genética

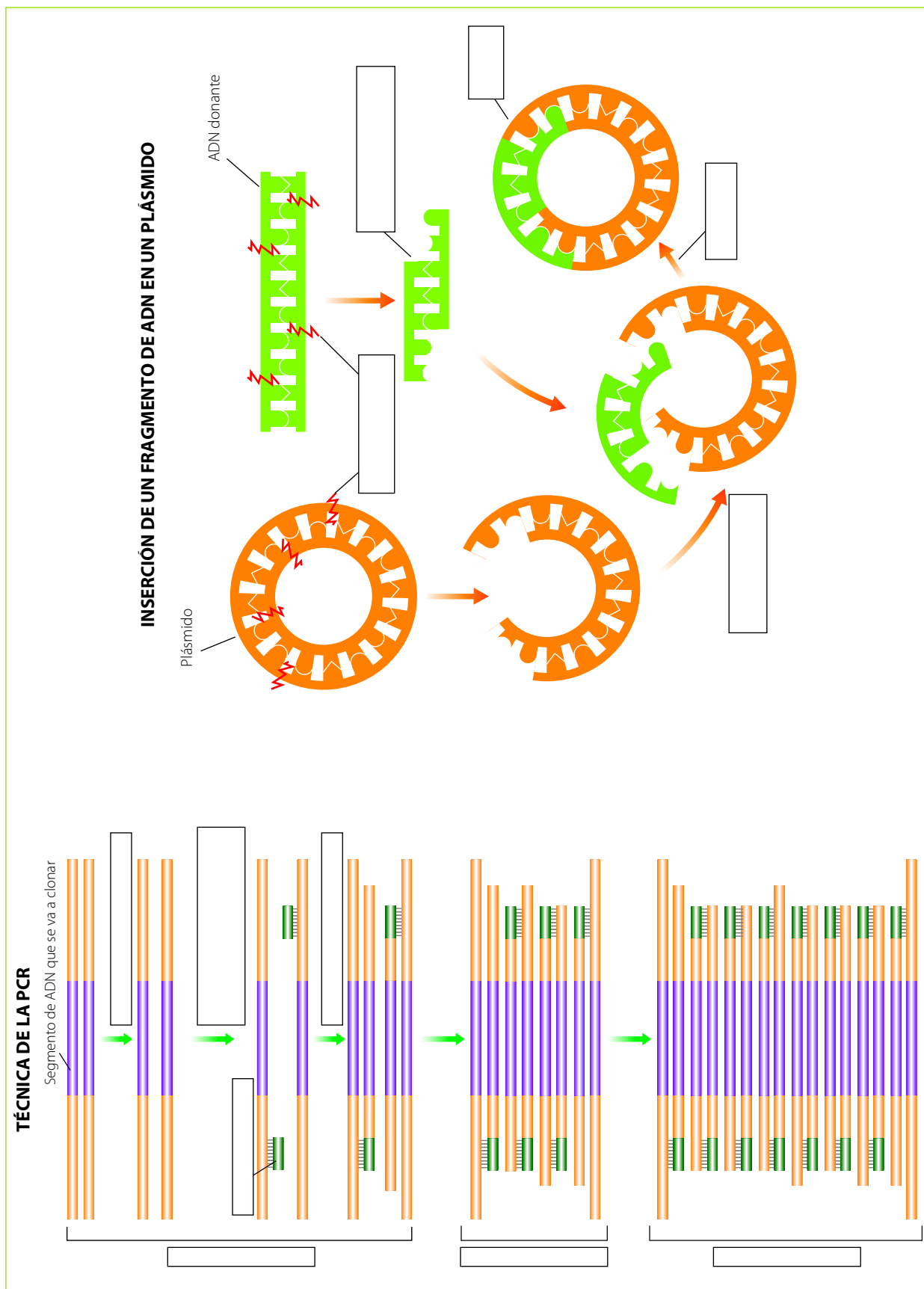
OBJETIVOS

1. Conocer el campo de actuación de la ingeniería genética y sus principales técnicas.
2. Reconocer las aplicaciones de la ingeniería genética, la biotecnología y la clonación, conociendo algunos productos de interés farmacéutico o industrial obtenidos mediante la manipulación genética de organismos.
3. Describir la clonación de seres vivos y sus aplicaciones.
4. Describir los anticuerpos monoclonales, exponiendo sus aplicaciones terapéuticas y en la investigación.
5. Exponer los objetivos y logros del Proyecto Genoma Humano.
6. Conocer y valorar las implicaciones éticas y sociales de los avances en el campo de la biotecnología, la ingeniería genética y la clonación.

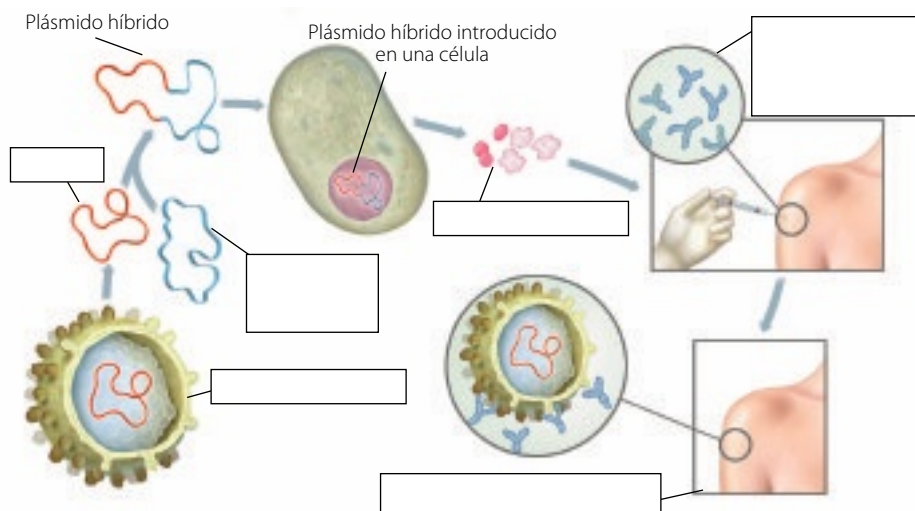
CONTENIDOS

CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS, DESTREZAS Y HABILIDADES	ACTITUDES
• Técnicas de ingeniería genética. (Objetivo 1) • Aplicaciones de la ingeniería genética. (Objetivo 2) • La clonación de seres vivos. (Objetivo 3) • Los anticuerpos monoclonales. (Objetivo 4) • El Proyecto Genoma Humano. (Objetivo 5) • Riesgos e implicaciones éticas de la biotecnología. (Objetivo 6)	• Realización de esquemas de los pasos seguidos en un proyecto de ingeniería genética. (Objetivo 1) • Simular procesos de ingeniería genética y clonación. (Objetivos 1 y 3) • Realización de trabajos bibliográficos sobre aplicaciones actuales de la biotecnología. (Objetivo 2) • Elaboración de esquemas de clonación de diferentes organismos. (Objetivo 3) • Consultar en la web últimos descubrimientos y aplicaciones de las células madre. (Objetivo 3) • Comparación de datos obtenidos de los proyectos genoma de diferentes organismos. (Objetivo 5) • Elaboración de un cuadro comparativo sobre las ventajas e inconvenientes de Proyecto Genoma Humano. (Objetivo 5) • Análisis crítico sobre textos periodísticos o de divulgación científica de organismos transgénicos, Proyecto Genoma Humano y clonación. (Objetivo 6) • Recogida de información sobre las repercusiones sociales y económicas de la biotecnología y la ingeniería genética. (Objetivo 6) • Debates sobre aspectos éticos sobre diferentes aplicaciones de la ingeniería genética, la clonación y el Proyecto Genoma Humano. (Objetivo 6)	• Mostrar interés por los avances en el campo de la ingeniería genética. • Adquisición de hábitos de rigurosidad en la aplicación del método científico (observación, formulación de hipótesis, realización de experiencias, etc.). • Valorar desde el punto de vista ético los avances en el campo de la biotecnología, la ingeniería genética y la clonación. • Desarrollar una actitud crítica sobre la comercialización de organismos transgénicos sin los estudios previos sobre la inocuidad en las personas y el medio ambiente. • Interés por las aplicaciones de los futuros descubrimientos sobre el genoma humano. • Valorar desde el punto de vista ético los avances en los estudios sobre el Proyecto Genoma Humano. • Ser conscientes de la necesidad de una legislación que controle la investigación y comercialización de productos y alimentos obtenidos por ingeniería genética.

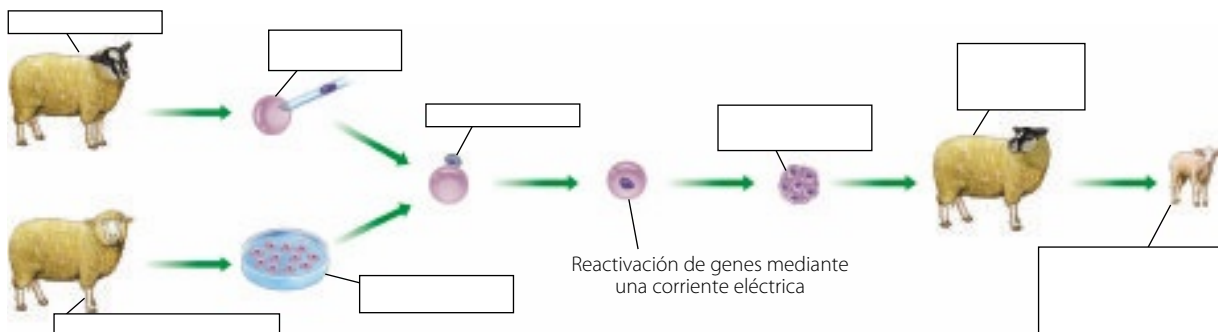
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Preguntas prueba 1	Preguntas prueba 2
a) Conocer las principales herramientas y los pasos que se siguen en un proyecto sencillo de ingeniería genética. (Objetivo 1)	1 y 2	1 y 2
b) Indicar algunas de las aplicaciones de la ingeniería genética en agricultura, farmacia, sanidad, alimentación y en procesos de interés ambiental. (Objetivo 2)	3	3 y 4
c) Definir la clonación y las células madre, señalando su interés biológico, e interpretar los pasos seguidos en un proceso de clonación de organismos. (Objetivo 3)	4 y 5	5, 6 y 7
d) Definir anticuerpo monoclonal y explicar sus aplicaciones. (Objetivo 4)	6	
e) Explicar el significado e importancia del Proyecto Genoma Humano. (Objetivo 6)	7	8
f) Señalar las repercusiones económicas, sociales y éticas que plantea a nuestra sociedad la manipulación genética. (Objetivo 6)	8	9



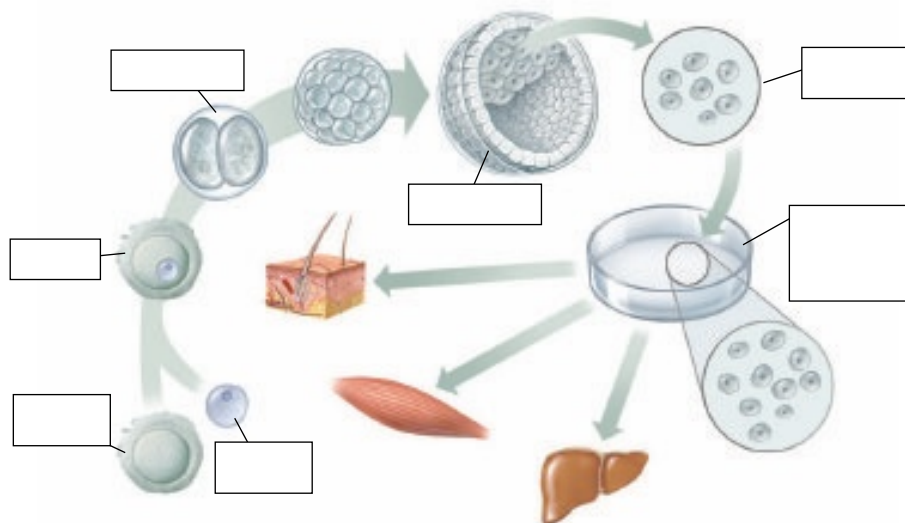
OBTENCIÓN DE UNA VACUNA RECOMBINANTE



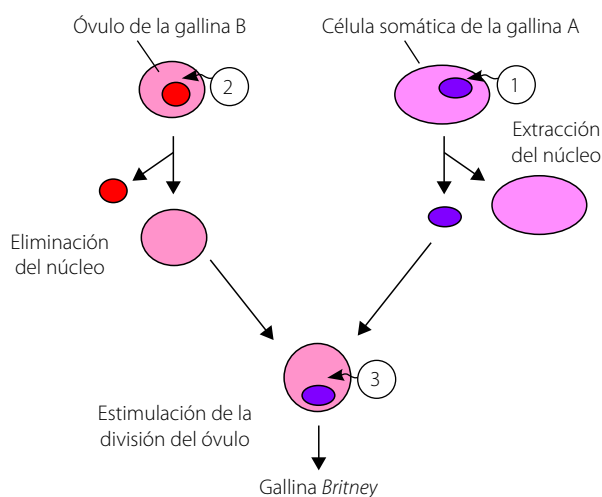
PROCESO DE CLONACIÓN CON TRANSFERENCIA NUCLEAR



TÉCNICA DE TRANSFERENCIA NUCLEAR PARA LA CLONACIÓN DE TEJIDOS Y ÓRGANOS



- 1 ¿Cómo se denominan las enzimas que sintetizan ácidos nucleicos, las que los cortan y las que unen segmentos de ácidos nucleicos?
- 2 ¿Qué es un vector de clonación? Señala dos ejemplos de vectores biológicos.
- 3 En relación con la biotecnología:
 - a) Define ingeniería genética.
 - b) Define organismo transgénico.
 - c) Señala alguno de los objetivos que se persigue con la creación de organismos transgénicos en agricultura.
- 4 Recientemente se ha obtenido una gallina clónica, la *Britney*. Además también es transgénica, ya que se le ha incorporado un gen humano que codifica una proteína anticancerígena. Esta proteína podrá ser aislada a partir de los 250 huevos que está previsto que ponga anualmente. El esquema siguiente muestra un resumen del proceso:



- a) Observa el esquema. Los números indican los puntos en los que se podría incorporar el gen que codifica la proteína anticancerígena. Para cada caso razona si los huevos que pondría la gallina *Britney* resultante contendrían o no la proteína anticancerígena (1, 2 y 3).
- b) La gallina *Britney* ha sido un éxito. Ahora a partir de ella se quieren conseguir más gallinas ponedoras de huevos con la proteína anticancerígena. Parece que es mejor obtenerlas por clonación de la *Britney* que cruzando la *Britney* con un gallo normal. Justifícalo.
- 5 ¿A qué se llama terapia génica? Indica alguna de las enfermedades que se pueden tratar actualmente mediante terapia génica.
- 6 ¿Qué es un anticuerpo monoclonal? Señala una aplicación de los anticuerpos monoclonales.
- 7 «El Genoma Humano es el más importante de los proyectos en los que la humanidad jamás se haya embarcado» (Francis Collins, director del Proyecto Genoma Humano).
 - a) Importancia del genoma humano en el diagnóstico y prevención de enfermedades genéticas.
 - b) ¿Qué se ha averiguado hasta la fecha sobre el genoma humano?
 - c) Implicaciones sociales, a largo plazo, del conocimiento completo del genoma humano.
- 8 ¿Hasta qué punto es éticamente aceptable y ecológicamente prudente la manipulación genética?

- 1 ¿Qué es un plásmido? Señala un ejemplo que indique la utilidad de los plásmidos en biotecnología.
¿Qué es un ADN complementario? ¿Cuál es la ventaja de este tipo de moléculas desde el punto de vista de la ingeniería genética?
- 2 a) ¿Qué es una enzima de restricción? ¿Cuál es su actuación?
b) ¿Qué es una molécula de ADN recombinante?
c) ¿Qué es un cósmido?
- 3 En relación con la ingeniería genética:
a) Explica brevemente el proceso de introducción de un fragmento de ADN en un vector durante la formación de moléculas recombinantes.
b) Explica con qué finalidad se introduce una molécula de ADN recombinante *in vitro* dentro de un organismo huésped? (Por ejemplo, *E. coli*).
- 4 ¿Qué es la técnica de PCR (reacción en cadena de la polimerasa)? Indica alguna aplicación concreta de esta técnica y explícala brevemente.
- 5 ¿Cuál es la principal diferencia entre clonación reproductiva y clonación terapéutica?
- 6 Describe mediante un dibujo, los principales pasos que se han de seguir en la técnica de clonación por transferencia nuclear.
- 7 Imagina un laboratorio plagado de conejos en el que se encuentra un estudiante de doctorado con cara de experto y su jefe que observa la escena perplejo.
a) El jefe del laboratorio dice al estudiante de doctorado:
«Clonar un conejo... ¡Solo a un insensato como tú se le ocurriría clonar un conejo, sabiendo cómo son de prolíficos los conejos!».
Crees que el estudiante realmente ha obtenido estos conejos por clonación? Razona la respuesta.
b) La oveja Dolly se obtuvo por clonación, transfiriendo el núcleo de una célula epitelial de una oveja a un óvulo sin núcleo de otra oveja. Sin embargo, el doctor Ian Wilmut, el creador de la oveja Dolly, dice que «Dolly no es una fotocopia genética de ninguna oveja, ya que sus células tienen genes procedentes de dos ovejas, diferentes».
Crees que la afirmación del doctor Wilmut tiene que ver con que no todo el ADN de una célula se encuentra en el núcleo? ¿En qué orgánulos de las células hay ADN? Razona la respuesta.
c) ¿Qué es una célula madre embrionaria? ¿Qué interés tienen las células madre?
d) ¿Qué tipos de células madre se pueden distinguir según su capacidad? ¿Qué las caracteriza?
- 8 ¿Qué se pretende conseguir con el Proyecto Genoma Humano?
- 9 Existe actualmente una gran polémica en torno al establecimiento de cultivos transgénicos con variedades resistentes a herbicidas o a determinadas plagas. ¿Cuáles consideras que pueden ser, si los hay, los riesgos de estos cultivos para los ecosistemas naturales?

1 Tradicionalmente la insulina se ha obtenido por purificación a partir de vísceras. En la actualidad se produce insulina humana a partir de microorganismos modificados genéticamente. ¿Qué ventaja ofrece la producción biotecnológica de insulina?

2 ¿Qué tipo de células madre, en función de su capacidad para diferenciarse, crees que son el cigoto y los blastómeros (células madre embrionarias)?

3 Dada la secuencia de ADN siguiente:

5' ... ATGCGAATTCCCGCCAGGTTATGCAATTCATG ... 3'

3' ... TACGCTTAAGGGCGCTCCAATACGTTAAGTAC ... 5'

¿Qué fragmentos se producen cuando el fragmento se corta con la enzima de restricción EcoRI?

4 ¿Qué ventajas presenta *E. coli* para ser el organismo más utilizado como hospedador en la clonación de genes?

5 En 1993, la prensa británica nos sorprendía con la siguiente noticia:

«... Diez niños han muerto en Francia de la encefalopatía de Creutzfeldt-Jakob (enfermedad de las «vacas locas» humana) y veinticinco están condenados como consecuencia de la administración de hormona de crecimiento infectada por priones.»

El Instituto Pasteur de París había extraído la hormona de crecimiento de hipófisis procedentes de países del este de Europa, sin suficiente control sanitario. Inmediatamente, las autoridades sanitarias españolas tranquilizaron a la población mediante un comunicado en el que se indicaba: «La hormona de crecimiento que se suministra en España se obtiene por ingeniería genética».

¿Por qué podemos estar seguros de que la hormona del crecimiento obtenida por ingeniería genética no transmitirá dicha enfermedad? Razona la respuesta.

6 Explica por qué las vacunas recombinantes resultan más seguras que algunas vacunas fabricadas por métodos tradicionales.

7 ¿Qué significa que un ADN bicatenario tiene un tamaño de 360 kb (kilobase)?

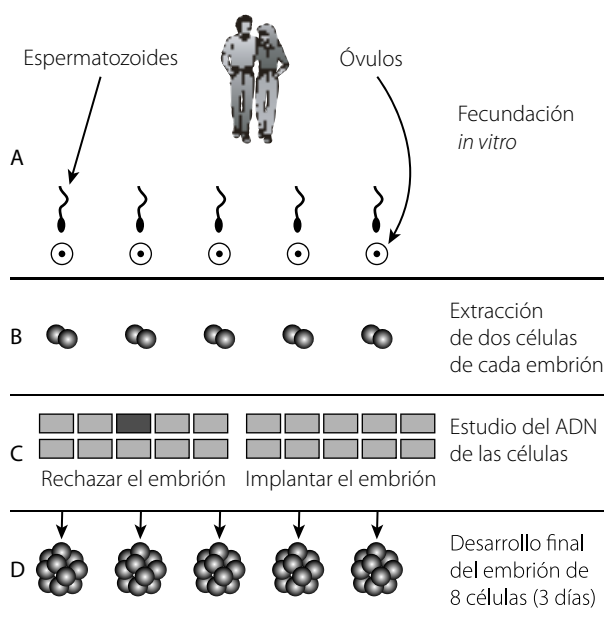
8 ¿Por qué es más fácil aplicar la ingeniería genética a los peces que a los mamíferos?

9 Por qué en ingeniería genética es una ventaja utilizar como vector de genes un plásmido que tenga información sobre resistencia a determinados antibióticos?

10 ¿Por qué se utiliza la transcriptasa inversa vírica para introducir genes de células eucariotas en las bacterias?

11 Entre un 5 y un 10% de los cánceres tienen un componente genético claro y, por tanto, se pueden prever. Si una pareja presenta una probabilidad alta de tener un hijo que lleve los alelos implicados en la manifestación de uno de estos cánceres, puede pedir una selección genética de sus embriones, procedimiento que debe aprobar la Comisión Estatal de Reproducción Humana Asistida. A continuación se esquematizan las cuatro fases del proceso de selección genética, pero se muestran desordenadas (figura adaptada del diario *La Vanguardia*).

- Ordena las cuatro fases del proceso de selección genética y explícalas brevemente.
- Explica por qué en este procedimiento de selección genética no es necesario analizar todas las células de los embriones. Justifica la respuesta.



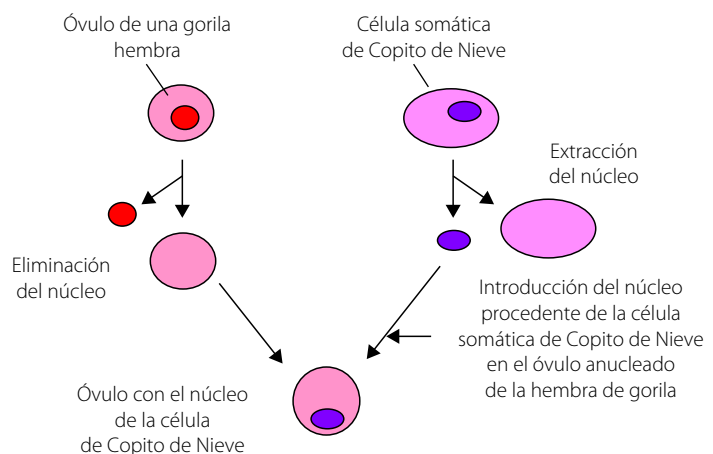
- 1 ¿En qué se diferencian la biotecnología y la ingeniería genética?
- 2 Explica cómo se obtienen las vacunas recombinantes y pon algún ejemplo.
- 3 ¿Crees que es lícito patentar las secuencias del genoma humano que se descubren?
- 4 La oveja Dolly es una oveja clónica y transgénica obtenida en 1997. ¿Qué procesos han llevado a su obtención?
- 5 Juan es un paciente del hospital La Paz de Madrid que ha sufrido un accidente automovilístico. Como consecuencia de dicho accidente ha perdido gran parte del tejido epitelial de la espalda. Los médicos aconsejan para reconstruir el tejido dañado realizar la técnica de transferencia nuclear somática. Explica a Juan en qué consiste dicha técnica y los pasos que se van a llevar a cabo.
- 6 ¿Cuáles son las aplicaciones de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR)?

- 7 A raíz de la muerte de Copito de Nieve (gorila albino), un alumno de ESO ha hecho la siguiente pregunta: «Se habría podido clonar Copito de Nieve?». El profesor ha esquematizado en la pizarra los pasos hipotéticos que se deberían seguir. El esquema muestra lo que el profesor ha denominado «primera fase del proceso».

Al observar este esquema, el alumno pregunta:

- a) ¿Por qué razón se extrae y elimina el núcleo procedente del óvulo?
- b) ¿Como el citosol del óvulo final viene de una hembra de gorila, el organismo descendiente de este óvulo también será hembra? Responde cada una de estas cuestiones y justifica las respuestas.
- c) El profesor ha explicado en qué consistiría la segunda fase del proceso:
 - 1.º, estimular la división del óvulo que contiene el núcleo de la célula somática de Copito de Nieve,
 - 2.º, implantar el embrión resultante en otra hembra para que se produzca la gestación. Después de esta explicación el alumno pregunta: «Si lo que queremos es obtener un gorila albino, ¿la gorila en la que se produce la gestación no debería ser también albina?». Responde esta cuestión y justifica la respuesta.
- d) El albinismo, una alteración de la pigmentación de la piel, se hereda por un alelo recesivo poco frecuente localizado en un autosoma. Aun cuando Copito de Nieve ha tenido una descendencia numerosa, ninguno de sus hijos o hijas ha resultado albino. Justifícalo.

Esquema de la primera fase del hipotético proceso de clonación de copito de nieve



- 8 Explica brevemente los pasos que se han de seguir en la clonación de un gen.
- 9 ¿Crees que deberían existir límites para determinadas prácticas de ingeniería genética, como la clonación de seres humanos? ¿Por qué?
- 10 Realiza un esquema de los principales pasos que se han de seguir en un proyecto de ingeniería genética en el que se quiere obtener una determinada proteína humana (por ejemplo, insulina) a partir de células procariotas.

RECUERDA Y CONTESTA

1. La ingeniería genética es una rama moderna de la biotecnología que consiste en el uso de diversas técnicas para manipular el ADN de los organismos, básicamente mediante la transferencia de ADN de unos organismos a otros.

El objetivo de la ingeniería es, en algunas ocasiones, la clonación. Este término significa obtención de copias idénticas y se puede emplear en varios niveles. Así, se pueden clonar organismos y obtener copias idénticas, lo que equivale a la reproducción asexual. Pero también se pueden clonar genes. Esto significa obtener, por diversos métodos, múltiples copias de dicho gen.

2. Permiten obtener productos útiles para las personas.
3. El Proyecto Genoma Humano se planteó con la finalidad de identificar todos los genes y la secuenciación completa del genoma del ser humano, es decir, el desciframiento de la secuencia exacta de nucleótidos que se encuentran en los 23 cromosomas del genoma humano haploide.

El conocimiento de la secuencia de nucleótidos de cada gen, así como de su forma de expresarse, permitirá tener un patrón normal de referencia para la terapia génica. Al comparar el ADN de un individuo con este patrón se podrá conocer si el individuo es o no portador de una enfermedad genética, que no se manifieste en los primeros años de vida, y se podrá cuantificar la posibilidad de que llegue a manifestarse. De esta manera, se podrán tomar las precauciones necesarias para prevenirla.

4. Límites por motivos éticos y morales. Se considera que muchas de las aplicaciones, que pueden ser lícitas al investigar o modificar especies animales y vegetales, no lo son en el ser humano. El uso de la ingeniería genética para curar enfermedades (terapia génica) es moralmente aceptable, siempre que se respete la integridad de la persona y no se la exponga a riesgos desproporcionados. Especialmente controvertida es la técnica de la clonación cuando implica el uso de embriones humanos, algo moralmente inaceptable para muchas personas, aunque aceptable para otras.

Límites por motivos sociales. Se considera que deben existir límites legales, basados en el derecho a la intimidad de las personas, que impidan acceder a sus datos genéticos. Por ejemplo, no resulta ético que las empresas puedan acceder a datos genéticos de sus empleados.

5. En la actualidad la clonación de animales es más compleja que la clonación de plantas, pues no se han encontrado células adultas totipotentes a partir de las cuales se regenere un individuo adulto completo. Sin embargo, a partir de células embrionarias en las primeras fases del desarrollo sí se pueden formar individuos completos. Se pueden extraer varias células de un embrión joven y hacer que se desarrollen para formar varios animales idénticos, es decir, varios clones. Debido a las dificultades que entraña y por cuestiones éticas que se deben considerar, no podemos predecir si algún día será posible la clonación de seres humanos.

Resulta controvertida es la técnica de la clonación cuando implica el uso de embriones humanos, algo moralmente inaceptable para muchas personas, aunque aceptable para otras.

ACTIVIDADES

1. No, la biotecnología es el conjunto de técnicas mediante las que se obtienen productos útiles para las personas a partir de

seres vivos, sus partes o sus productos. Y la ingeniería genética es una rama moderna de la biotecnología que consiste en el uso de diversas técnicas para manipular el ADN de los organismos, básicamente mediante la transferencia de ADN de unos organismos a otros.

2. Uno de los objetivos de la ingeniería genética es la clonación. Este término significa obtención de copias idénticas y se puede emplear en varios niveles. Así, se pueden clonar organismos y obtener copias idénticas, lo que equivale a la reproducción asexual. Pero también se pueden clonar genes. Esto significa obtener, por diversos métodos, múltiples copias de dicho gen.
3. Los fagos son virus que infectan bacterias. Estos fagos se pueden manipular, de modo que se elimina una parte de su ADN, que se puede reemplazar por un ADN extraño. Cuando infectan una bacteria, introducen en ella el ADN insertado y, cuando se multiplican, se multiplica también la secuencia insertada. El bacteriófago más empleado es el fago λ , que infecta a *Escherichia coli*.

4. Las enzimas de restricción son un grupo de varias enzimas propias de diversas especies de bacterias. Su función es destruir los ADN víricos que puedan entrar en estos organismos, para lo cual realizan cortes en el ADN extraño. Estas enzimas cortan siempre el ADN de la misma manera, obteniendo secuencias reducidas de ADN, de unos cuatro a doce nucleótidos y no cortan las dos hebras en el mismo punto, sino en puntos ligeramente separados, de modo que queda un fragmento corto de ADN monocatenario en cada lado del corte.

Para insertar el ADN en un vector de clonación, se corta el vector con la misma enzima de restricción que se ha empleado para obtener el ADN que se quiere introducir. De este modo, los extremos monofibrilares del ADN y del plásmido tienden a unirse. Luego se añade una enzima ADN-ligasa para que una los extremos de los ADN, de modo que queda el vector con el ADN extraño insertado. Así obtenemos un ADN recombinante, también llamado «quimera».

5. Se trata de un ADN sin intrones, es una secuencia de ADN sintetizada artificialmente a partir de ARN mensajero gracias a la enzima transcriptasa inversa y a partir del cual los procariotas sí pueden sintetizar proteínas de interés para los humanos.
6. Produce ADN a partir de una hebra de ARN, se obtiene el ADN sin intrones.
La procedencia de la transcriptasa inversa es vírica.
7. PCR son las siglas que provienen del inglés polymerase chain reaction, significa reacción en cadena de la polimerasa.
8. Para que el ADN no se desnaturalice por el calor.
9. Porque resulta más fácil evitar las reacciones inmunitarias adversas.
10. La ventaja de este tipo de vacunas es que no hay que inyectar agentes patógenos debilitados o muertos, sino solo sus proteínas. De este modo, las vacunas son más seguras y tienen menos efectos adversos.
11. En la terapia de células germinales se introduce el gen en células de la línea germinal de los seres humanos, es decir, en los gametos o sus precursores o en un cigoto. De este modo, resultan modificadas todas las células del organismo al que den origen estas células.

En la terapia de células somáticas se introduce el gen de un ser humano en un grupo más o menos amplio de células somáticas. De este modo, la corrección no pasa a la descendencia.

12. Son organismos eucariotas desarrollados a partir de una célula en la que se han introducido genes extraños.
13. Porque las bacterias resultan más fáciles de manipular y su tasa de reproducción es muy rápida en comparación con plantas o animales.
14. Las proteínas con un potencial interés farmacéutico tienen a veces una estructura compleja, tras el ensamblaje de los aminoácidos, sufren modificaciones que no pueden ser realizadas por las bacterias. Solo las células animales presentan las enzimas necesarias para estas modificaciones.
15. Utilizando técnicas de ingeniería genética que permiten manipular el ADN de los organismos, es posible obtener animales transgénicos que produzcan sustancias como los medicamentos. Actualmente, se ha aprobado el uso de algunos medicamentos obtenidos por estos métodos. Por ejemplo, la enzima α -1-antitripsinasa, que se emplea en el tratamiento del enfisema, se obtiene de la leche de ovejas transgénicas.
16. Un clon es un conjunto de células o individuos genéticamente idénticos que descienden de una misma célula o individuo por mecanismos de reproducción asexual.
17. Consiste en obtener el núcleo de una célula somática de un individuo adulto e introducirlo en un óvulo al que previamente se le extrae su núcleo haploide. A partir del óvulo con el núcleo diploide comienza el desarrollo embrionario en el útero de un organismo receptor.
18. Las células madre embrionarias son las que se obtienen a partir de un embrión en las primeras fases del desarrollo. Estas células son pluripotentes y se pueden diferenciar para producir otros tipos celulares. Es decir, se podría tomar una célula de un embrión en la edad adecuada y cultivarla en el laboratorio para formar las células, los tejidos o, quizá, los órganos precisos.
Porque a partir de ellas se podrían formar más células, tejidos u órganos utilizados en individuos con deficiencias en los mismos.
19. Porque los sistemas inmunes del donador y el receptor pueden no ser compatibles.
20. Se pueden distinguir tres tipos de células madre en función de su capacidad para diferenciarse en un número mayor o menor de tejidos:
- Totipotentes. Pueden generar por completo un nuevo individuo organizado y estructurado. Esta capacidad es exclusiva de células madre embrionarias.
 - Pluripotentes. Son capaces de diferenciarse en cualquier tejido, pero no pueden formar un individuo completo. Existen células madre pluripotentes tanto embrionarias como adultas.
 - Multipotentes. Son aquellas capaces de generar exclusivamente nuevas células del tejido del que proceden.
21. Para cultivar linfocitos y obtener anticuerpos monoclonales a partir de ellos, se produce la fusión de un linfocito B y una célula cancerosa que tiene la facultad de dividirse indefinidamente. Así, la célula híbrida resultante de la fusión tiene la capacidad de producir anticuerpos de un solo tipo y de reproducirse constantemente y todas las células hijas descendientes tendrán la misma constitución genética y producirán idénticos anticuerpos.
22. Son anticuerpos utilizados con fines terapéuticos en los que la parte que reconoce al antígeno procede del ratón, mientras que el resto procede del ser humano, así se experimenta menor rechazo de los anticuerpos por parte del organismo y pueden actuar, por ejemplo, contra células cancerosas.
23. La Organización del Genoma Humano se fundó con el fin de coordinar los esfuerzos internacionales que surgieron desde que en 1980 comenzó a gestarse en los Estados Unidos el Proyecto Genoma Humano, puesto que varios países quisieron unir sus esfuerzos con los de Estados Unidos, a fin de compartir también los beneficios resultantes.
24. La primera sorpresa que proporcionó el Proyecto Genoma Humano sobre nuestro propio genoma fue mostrar que tenemos muchos menos genes de lo que se pensaba, y muchos de ellos los compartimos con las bacterias y otros organismos sencillos. Posteriormente, se confirmó que el ADN humano contenía entre 20 000 y 25 000 genes, muy pocos si se considera que, por ejemplo, el ADN de la mosca *Drosophila melanogaster* contiene 13 700 genes. Pero en las células humanas se realiza el proceso llamado, **splicing alternativo**, que produce varias proteínas distintas a partir de un mismo gen y en consecuencia el proteoma humano es más amplio que el de otros organismos mucho más simples que tienen un número de genes más o menos parecido al del ser humano.
25. El principal objetivo de este comité de bioética es evitar aquellos aspectos del progreso tecnológico que pudieran atentar contra la dignidad humana y promover que la ciencia no sea identificada como una actividad sospechosa. Para ello, trata de proporcionar un marco ético al que atenerse en el desarrollo de las diversas investigaciones y aplicaciones biotecnológicas.
26. Se considera que deben existir controles muy estrictos cuando exista la posibilidad de causar desastres ecológicos o sanitarios. Esto se debe considerar, por ejemplo, al cultivar organismos transgénicos que pudieran competir con organismos silvestres, o al manipular microorganismos susceptibles de causar enfermedades. Es frecuente que se inserten en estos microorganismos genes que confieren resistencia a algún antibiótico, con los problemas que ello podría causar.
27. Respuesta libre por parte de los alumnos en la que reflejen su opinión personal.
Los alumnos deben conocer que existe un Comité Internacional de Bioética de la UNESCO con el fin de evitar aquellos aspectos del progreso tecnológico que pudieran atentar contra la dignidad humana y promover que la ciencia no sea identificada como una actividad sospechosa. Y que en nuestro país se aprobó en el año 2007 la ley de investigación biomédica, para ofrecer un marco legislativo que regule los problemas o conflictos que puedan surgir en estas cuestiones. Entre otros puntos, se plantea la creación de un Comité de Bioética cuya función es garantizar el respeto a los valores éticos en todas las investigaciones que se puedan realizar en el campo de la biomedicina.
28. Respuesta libre por parte de los alumnos en la que reflejen su opinión personal.
29. a) Un organismo transgénico es un organismo eucariota desarrollado a partir de una célula en la que se han introducido genes extraños.
La clonación de seres vivos es la obtención de organismos genéticamente idénticos, originados por reproducción asexual a partir de una única célula u organismo o por escisión artificial de estados embrionarios tempranos.

- b) La ingeniería genética es una rama moderna de la biotecnología que consiste en el uso de diversas técnicas para manipular el ADN de los organismos, básicamente mediante la transferencia de ADN de unos organismos a otros. La diferencia con los procesos naturales es que en estos no interviene la manipulación de los seres humanos y sus técnicas.

30. Porque la ingeniería genética es una rama moderna de la biotecnología y cualquier avance en ingeniería genética permite el desarrollo de la biotecnología que contempla el conjunto de técnicas mediante las que se obtienen productos útiles para las personas a partir de seres vivos, sus partes o sus productos.

Por ingeniería genética se ha conseguido, por ejemplo, la producción de proteínas con fines terapéuticos como la insulina o la hormona del crecimiento o la obtención de vacunas muy seguras con pocos efectos adversos sobre el organismo, etc.

- 31. a)** Ingeniería genética: es una rama moderna de la biotecnología que consiste en el uso de diversas técnicas para manipular el ADN de los organismos, básicamente mediante la transferencia de ADN de unos organismos a otros.
- b)** Clonación: significa obtención de copias idénticas y se puede emplear en varios niveles. Así, se pueden clonar organismos y obtener copias idénticas, lo que equivale a la reproducción asexual. Pero también se pueden clonar genes. Esto significa obtener, por diversos métodos, múltiples copias de dicho gen.
- 32. a)** Un organismo transgénico es un organismo eucariota desarrollado a partir de una célula en la que se han introducido genes extraños.
- b)** Las enzimas de restricción son un grupo de varias enzimas propias de diversas especies de bacterias. Su función es destruir los ADN víricos que puedan entrar en estos organismos, para lo cual realizan cortes en el ADN extraño. Estas enzimas cortan siempre el ADN de la misma manera, obteniendo secuencias reducidas de ADN, de unos cuatro a doce nucleótidos y no cortan las dos hebras en el mismo punto, sino en puntos ligeramente separados, de modo que queda un fragmento corto de ADN monocatenario en cada lado del corte.
- c)** Para insertar el ADN en un vector de clonación, se corta el vector con la misma enzima de restricción que se ha empleado para obtener el ADN que se quiere introducir. De este modo, los extremos monofibrilares del ADN y del plásmido tienden a unirse. Luego se añade una enzima ADN-ligasa para que una los extremos de los ADN, de modo que queda el vector con el ADN extraño insertado. Así obtenemos un ADN recombinante, también llamado «quimera».
- d)** Se considera que deben existir controles muy estrictos en ingeniería genética cuando exista la posibilidad de causar desastres ecológicos o sanitarios. Esto se debe considerar, por ejemplo, al cultivar organismos transgénicos que pudieran competir con organismos silvestres, o al manipular microorganismos susceptibles de causar enfermedades. Es frecuente que se inserten en estos microorganismos genes que confieren resistencia a algún antibiótico, con los problemas que ello podría causar.
- 33. a)** Un organismo transgénico es un organismo eucariota desarrollado a partir de una célula en la que se han introducido genes extraños.

- b) La utilidad de los organismos transgénicos para los seres humanos es muy diversa, por ejemplo:

- Se puede mejorar la calidad de determinados productos como los frutos o las verduras.
- La producción de plantas resistentes a herbicidas e insectos.
- La obtención de animales capaces de producir fármacos o sustancias de interés médico (vacunas, proteínas, etc.).
- La obtención de órganos para trasplantes en humanos procedentes de animales transgénicos.

34. a) Clonar un organismo, una célula o una molécula significa hacer una o varias copias idénticas a él.

- b)** Se denomina organismo transgénico a aquel cuyo genoma ha sido modificado con genes procedentes de otros organismos.

c) Algunas de las finalidades con las que se pretende conseguir organismos transgénicos son:

- Mejora de la calidad de determinados productos (frutos, verduras, etc.).
- Resistencia de plantas a herbicidas e insectos.
- Alimentos con características especiales (obtención de plantas con propiedades diferentes a las que poseen de manera natural).
- Retraso en la maduración de frutos.
- Mejora en la producción agrícola y animal.
- Obtención de animales capaces de producir fármacos o sustancias de interés médico (vacunas, proteínas, etc.).
- Obtención de órganos para trasplantes procedentes de animales transgénicos.

35. Vectores de clonación: plásmidos, fagos, como el fago λ , y cósmidos.

Enzimas: endonucleasas de restricción y ADN-ligasas.

36. La aplicación de las técnicas que constituyen la biotecnología permite obtener productos útiles para las personas a partir de seres vivos, sus partes o sus productos. Así, se ha conseguido insertar en bacterias los genes que codifican para ciertas proteínas, como la insulina humana, cuya carencia origina enfermedades. La insulina es la hormona encargada de estimular la entrada de glucosa en las células, tiene dos cadenas de aminoácidos: el péptido A y el péptido B. Cada péptido se produce en una cepa de bacterias diferente y luego se unen ambos para formar la insulina completa. En el campo de la agricultura, también encontramos ejemplos sobre las aplicaciones de la biotecnología; hoy en día se desarrollan organismos transgénicos con el fin de aumentar la productividad de los cultivos, conseguir que las prácticas agrícolas sean más ecológicas y obtener productos con características mejoradas.

37. a) El ADN del virus inyectado debería llevar los genes necesarios para la síntesis de la enzima que permite metabolizar el amonio en el paciente.

- b)** El virus es reconocido como un agente extraño por el sistema inmune del paciente y provoca una respuesta con el fin de destruir el virus.

c) La detección de moléculas extrañas de tipo inmunogénico, como las que poseen los microorganismos patógenos, pone en marcha todo el complejo mecanismo de proliferación y maduración de células inmunocompetentes y de producción de anticuerpos. Este proceso se denomina respuesta inmune.

- Al cabo de unos días del primer contacto con un determinado antígeno empiezan a aparecer anticuerpos en la sangre del individuo infectado, cuya producción va en aumento exponencial hasta una fase estacionaria, tras la cual empiezan a declinar. Los anticuerpos que se forman en esta respuesta son del tipo IgM y IgG. Tras varias semanas, estas inmunoglobulinas son casi imperceptibles en la sangre.
- Normalmente, si el agente extraño es un virus, se lleva a cabo una reacción de neutralización que consiste en la disminución de la capacidad infectante del virus al unirse los anticuerpos con los determinantes antigénicos de la cápsula vírica. Esta reacción es reversible, es decir, los virus pueden volver a activarse de nuevo.
- Además puede actuar el sistema del complemento que ayuda y estimula los mecanismos de la respuesta inmune. Está formado por una veintena de proteínas plasmáticas del tipo de las globulinas, que, a diferencia de los anticuerpos, se encuentran siempre presentes en el plasma. Las proteínas que forman este sistema reaccionan frente a gran variedad de complejos antígeno-anticuerpo y provocan la lisis de los microorganismos con complejos antígeno-anticuerpo adheridos.
- Y por último, en este tipo de infecciones interviene el interferón, conjunto de pequeñas proteínas plasmáticas producidas por los linfocitos T, las células asesinas, los leucocitos o los fibroblastos que interfieren principalmente en la replicación de los virus en el interior de las células. En la especie humana hay tres tipos de interferón: el α , el β y el γ .

Los interferones α y β se producen y se liberan si los leucocitos y los fibroblastos quedan infectados por virus. Al unirse a otras células vecinas las estimulan para que produzcan enzimas denominadas proteínas antivirales que actuarán bloqueando la replicación de los virus cuando sean infectadas por ellos.

- d) Los virus necesitan la maquinaria del hospedador al que infectan para replicarse, no pueden hacerlo por sí solos y destruyen las células a las que infectan si el sistema inmune no proporciona una respuesta eficaz contra ellos. Comparándolo con el caballo de Troya, este necesitaba los soldados en su interior para abrir las puertas de la ciudad de Troya e invadirla.

38. 1. ARN: CUAAUGU

ADN: GATTACA

2. La opción correcta es la del apartado d). El código genético es la pauta de traducción del ARNm en los ribosomas.

La correspondencia entre los tripletes de nucleótidos del ARNm y los aminoácidos que forman las proteínas recibe el nombre de código genético. Se trata de un código universal, es decir, la correspondencia es la misma en todos los seres vivos.

- 39. a)** ADN: es el ácido desoxirribonucleico, constituido por secuencias de nucleótidos. Contiene la información genética usada en el funcionamiento y desarrollo de los seres vivos y es el responsable de su transmisión hereditaria.

Transgénicos: son organismos que se forman por modificación de su genoma con genes de otra especie.

Gen: secuencia de nucleótidos de la molécula de ADN que contiene la información necesaria para la síntesis de una proteína con función específica.

- b) En medicina la obtención de organismos transgénicos se utilizan para la producción de hormonas y vacunas.

- 40. a)** Sí que se trata de un proceso de clonación. Puesto que se extrae la información genética de la célula de una rana, y se implanta en un óvulo sin núcleo, así se obtiene una clase de cigoto con idéntica información genética que la rana de la que se extrajo la célula. Si este cigoto se desarrolla hasta formar una rana adulta, esta será un clón de la rana de la que se extrajo la célula.

- b) Que una célula somática de la piel contiene la información genética completa del organismo, la necesaria para fabricarlo todo. Si no fuera así, no se habría podido formar una rana completa sólo con la información genética de la célula.

Número de cromosomas del núcleo del óvulo que se ha eliminado.	15
Número de cromosomas del núcleo de una célula de la piel de la rana.	30

Justificación: los óvulos son células haploides y por lo tanto tienen sólo n cromosomas, uno de cada pareja. En cambio las células de la piel de la rana, como todas las células somáticas del animal, son células diploides, que tienen $2n$ cromosomas, dos de cada pareja.

- 41. a)** Porque en el núcleo de cada célula se encuentra toda la información genética del individuo. La especialización de la célula no supone pérdida de información. La célula muscular tiene la información necesaria para transformarse en célula pancreática, en célula nerviosa o para dar lugar a un individuo entero.

- b) No. Los antígenos que provocan un rechazo del trasplante son proteínas y, por tanto, codificadas por el ADN del núcleo. Si la información genética procede del paciente, las células pancreáticas que se obtendrán serán inmunológicamente idénticas a las del paciente.

- c) Las mitocondrias también tienen ADN y maquinaria bioquímica para la traducción de proteínas. De hecho, algunas de las enzimas mitocondriales están codificados por este ADN. Por lo tanto, efectivamente, y como pasa en un proceso de clonación, las células pancreáticas no serán absolutamente idénticas (aunque sí mayoritariamente) a las células del paciente.

- 42. a)** Las células que se pueden dividir y dar origen a diversos tipos celulares se denominan células madre.

- b) Las células madre embrionarias son las que se obtienen a partir de un embrión en las primeras fases del desarrollo. Estas células son pluripotentes (pueden originar diversos tipos de células) y se pueden diferenciar para producir otros tipos celulares.

Las células madre adultas multipotentes que se encuentran en la médula ósea, son células adultas que pueden diferenciarse en células de otros tejidos, dependiendo de las condiciones en las que se cultiven en el laboratorio.

Se pueden distinguir tres tipos de células madre en función de su capacidad para diferenciarse en un número mayor o menor de tejidos:

- Totipotentes. Pueden generar por completo un nuevo individuo organizado y estructurado. Esta capacidad es exclusiva de células madre embrionarias.

- Pluripotentes. Son capaces de diferenciarse en cualquier tejido, pero no pueden formar un individuo completo. Existen células madre pluripotentes tanto embrionarias como adultas.
- Multipotentes. Son aquellas capaces de generar exclusivamente nuevas células del tejido del que proceden.

c) La terapia celular utiliza células madre para curar enfermedades debidas a anomalías celulares. Algunas enfermedades humanas que se esperan curar con esta técnica son la diabetes (por regeneración de células β de los islotes del páncreas), la leucemia infantil (por regeneración de la médula ósea) y el infarto de miocardio (mediante la regeneración de los tejidos necrosados del corazón).

43. Actividad que el alumno realizará consultando la página web indicada.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 1

- Las que los sintetizan se denominan ADN-polimerasa y ARN-polimerasa, las que los cortan se llaman endonucleasas y las que los unen se denominan ligasas.
- Un vector de clonación es el medio biológico que se emplea en ingeniería genética para introducir un gen o el material genético determinado en una célula. Los vectores de clonación que se utilizan actualmente son los plásmidos, los virus bacteriófagos o fagos y los cósmicos.
- Conjunto de técnicas que permiten manipular el genoma de un ser vivo o alteración artificial del genoma de un ser vivo modificando directamente el ADN.
 - Organismo al cual se le ha introducido un gen extraño (externo).
 - Algunos de los objetivos que persigue la creación de organismos transgénicos en agricultura son:
 - Modificar las características de una determinada planta, por ejemplo retrasando la maduración de sus frutas, hacer que los frutos sean más grandes, etc.
 - Mejorar la resistencia de los cultivos a los cambios ambientales (como heladas, lluvias fuera de tiempo, etc.).
 - Obtención de especies resistentes a los herbicidas.
 - Mejorar las características nutritivas de un determinado producto, como por ejemplo frutas más sabrosas, frutas con una determinada vitamina, etc.
- Sí, porque en este caso el gen humano anticancerígeno se incorpora al núcleo que después se introducirá en el óvulo del cual se obtendrá la gallina. Así, el gen estará en todas las células de la gallina *Britney*. Otro razonamiento correcto podría ser: sí, porque el núcleo al que se incorpora el gen es el que está presente en la célula de la que se obtendrá la gallina *Britney* y, por tanto, estará en todas las células de la gallina.
 - Es mejor clonar la gallina, puesto que se garantiza la presencia del gen en todas las gallinas obtenidas por este procedimiento (serán idénticas a la *Britney*). En cambio, si cruzamos la gallina *Britney* con un gallo normal (es decir, sin el gen anticancerígeno), habrá la posibilidad de que no se exprese el gen o no forme parte de los gametos.
- La terapia génica es una técnica de la ingeniería genética que consiste en la introducción de uno o varios genes en seres humanos con el fin de curar determinadas enfermedades. Actualmente, gracias a la terapia génica se tratan enfermedades como

la deficiencia de la enzima adenosina-desaminasa («niños burbuja»), enfermedad que implica una alteración de los linfocitos; la talasemia; la fibrosis quística y algunos tipos de cáncer.

6. Un anticuerpo monoclonal es un tipo de proteína producida en el laboratorio que puede localizar sustancias en el cuerpo y unirse a ella, por ejemplo a las células cancerosas. Los anticuerpos monoclonales proceden de la fusión de un linfocito B y una célula cancerosa que tiene la facultad de dividirse indefinidamente. Como resultado se origina una célula híbrida capaz de producir anticuerpos de un solo tipo y de reproducirse constantemente.

Los anticuerpos monoclonales son útiles en investigación, por ejemplo, para teñir preparaciones citológicas o histológicas. También son útiles para tratar enfermedades, como algunos tipos de cáncer.

7. Bajo el nombre de Proyecto Genoma Humano se encuadra una serie de iniciativas surgidas en la década de 1980, cuyo objetivo internacional es conocer la secuencia de nucleótidos de los genes humanos que están contenidos en los 23 pares de cromosomas.

a) Gracias al conocimiento del genoma humano; es decir, de la secuencia de nucleótidos de cada gen, así como su forma de expresarse, se podrá disponer de protocolos para el tratamiento de enfermedades genéticas. Se podrá así conocer si el individuo es portador de una determinada enfermedad genética o puede llegar a desarrollarla. De esta forma se podrán tomar las precauciones necesarias para prevenirla.

b) Además de descifrar el ADN (descifrar el lenguaje cifrado de las bases nitrogenadas) y determinar exactamente el orden de cada base, y consecuentemente los genes que constituyen esos segmentos (de diferentes tamaños) de la cadena, se ha podido saber:

- Que tenemos menos genes de lo que se pensaba, en comparación con otras especies (30 000 en vez de 140 000 supuestos).
- Nuestros genes no difieren mucho de los de otras especies.

Parte de la cadena de ADN no está formada por genes, se habla de genes y pseudogenes, además de solapamientos de genes y de trasposones.

- Los genes no solo dan lugar a una proteína, sino a muchas.
- No estamos tan determinados por los genes como se creía, sino que el ambiente desempeña un papel muy importante.

c) Pros:

- Permitirá la identificación temprana de enfermedades genéticas, como la diabetes o el cáncer.
- Posibilitará la prevención, debido a que puede determinarse la predisposición de un individuo a padecer una determinada enfermedad.
- Permitirá el diseño de fármacos individualizados, personalizando los tratamientos.
- Posibilitará el descubrimiento de las relaciones evolutivas entre las distintas razas humanas y revelará las claves de la evolución.

Contras:

- Desigual uso de sus beneficios en función de la compañía que posea la patente del descubrimiento de un

determinado gen, y del poder adquisitivo de los individuos.

- Publicación de informaciones extremadamente confidenciales de los datos genéticos de un individuo.
- Discriminación laboral o de compañías de seguros, que podrán exigir el genoma a sus clientes y subir las primas en función de la disposición a padecer una determinada enfermedad.
- Manipulación genética de los individuos antes de su nacimiento.

8. La manipulación genética es éticamente aceptable cuando se realiza por un fin bueno e importante, como puede ser, por ejemplo, curar una enfermedad u obtener más alimentos, siempre y cuando no se atente contra la dignidad humana, que comporta respetar su libertad y sus derechos como persona. Es ecológicamente prudente siempre y cuando se cumplan los protocolos que permiten prevenir la generación de plagas, la supervivencia de organismos peligrosos para la salud y la pérdida de biodiversidad.

PRUEBA DE EVALUACIÓN 2

1. Un plásmido es una pequeña molécula de ADN circular que se encuentra en las bacterias y que puede ser utilizado como vector de transferencia (es decir, agente que transfiere un segmento de ADN de un organismo a otro).

Un ADN complementario (ADNc) es una secuencia de ADN sintetizada artificialmente a partir de ARN mensajero gracias a la enzima transcriptasa inversa.

La ventaja de este tipo de ADN es que no contiene intrones y debido a que se obtiene directamente del ARNm, toda la secuencia es codificante, ya que no hay ADN con regiones reguladoras ni regiones repetidoras.

- a) Los enzimas de restricción son proteínas bacterianas que cortan el ADN en puntos concretos. Cada enzima de restricción corta siempre el ADN de la misma manera, obteniendo secuencias reducidas de ADN, de unos cuatro a doce nucleótidos.
 - b) Un ADN recombinante es un ADN sintetizado de manera artificial mediante la unión de ADN de orígenes diferentes.
 - c) Un cósmido es un vector de clonación que contiene ADN foráneo, y el denominado sitio cos, extremo cohesivo, procedente de un fago. Esto les permite introducirse en la cápsida del fago y así pasar al interior de las bacterias. En ellas se recirculariza y genera el plásmido.
3. a) El ADN del vector y del gen elegido se cortan con enzimas de restricción (que cortan en las secuencias específicas de

reconocimiento). Una vez obtenidos los fragmentos de ADN se unen a las moléculas transportadoras (vectores). Para ello se mezclan los fragmentos de ADN con el ADN del vector previamente cortado. La unión se realiza mediante una ADN-ligasa. La molécula originada, constituida por el gen escogido y el vector, se denomina ADN recombinante.

b) La finalidad es obtener muchas copias de ADN recombinante o clones.

4. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) permite obtener grandes cantidades de ADN en un tubo de ensayo a partir de cantidades minúsculas. Mediante esta técnica pueden generarse millones de moléculas idénticas, a partir de una molécula de ADN. Esto se puede conseguir en unas horas.

La reacción es muy sencilla. Para ello basta una pequeña cantidad de ADN (ADN que se va a clonar o ADN diana), un tubo de ensayo, algunos reactivos, una fuente de calor y unas pequeñas cadena de nucleótidos que actúan como cebadores.

La reacción es un proceso cíclico:

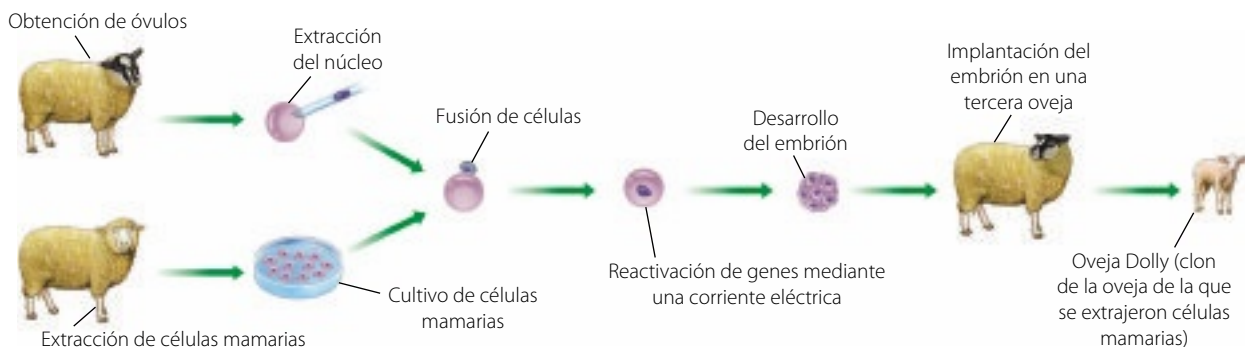
1. La molécula de ADN que va a copiarse se calienta para que se desnaturalice y se separen las dos hebras.
2. Cada una de las hebras es copiada por la ADN-polimerasa. (Se utiliza la ADN-polimerasa de una bacteria que vive en aguas termales, *Thermus aquaticus*, así la enzima puede trabajar a altas temperaturas).
3. Las cadenas recién formadas son separadas otra vez por el calor y comienza otro nuevo ciclo de copias. Estos ciclos se repiten hasta que se obtiene el número de copias deseado.

Gracias a esta técnica podemos amplificar ADN de muestras minúsculas, que puede ser empleado en pruebas forenses, para la identificación de restos humanos, para controlar el origen de los alimentos, etc.

5. La clonación reproductiva tiene como objetivo conseguir individuos nuevos, idénticos entre sí y al original. Dicha técnica se basa en la utilización de núcleos de células diferenciadas o de células embrionarias en un estado de desarrollo temprano. Por el contrario, la clonación terapéutica tiene como objetivo tratar enfermedades y regenerar tejidos, para lo que necesita obtener células madre.

6. Se toman células embrionarias en fase de mórula o blástula, obtenidas por disgregación, se cultivan *in vitro*, y después se transfieren a ovocitos a los que se les ha quitado el núcleo.

Se provoca la fusión de las dos células animales, de modo que el núcleo de la célula embrionaria quede en el interior del ovocito, pudiendo este empezar a funcionar como un cigoto. Más adelante este embrión se transfiere al útero de otra oveja receptora, en la que se desarrolla.



7. a) No. El estudiante no obtuvo estos conejos por clonación. En la imagen se pueden observar conejos blancos y conejos grises. Los individuos procedentes de una clonación son casi idénticos entre ellos, y con el individuo del que se obtuvo el núcleo donante. La reproducción sexual, en cambio, es una fuente de diversidad: se mezcla la información genética procedente de dos individuos (el padre y la madre), de forma que los hijos son diferentes entre sí y con los padres.
- b) Efectivamente, la oveja Dolly es una quimera, ya que sus células contienen, además del ADN nuclear procedente de la oveja de la que se obtuvo el núcleo, el ADN mitocondrial de la oveja de la cual se obtuvo el óvulo.
- En las células animales podemos encontrar ADN en el núcleo y en la mitocondria, en las células vegetales además encontramos ADN en los cloroplastos.
- c) Una célula madre embrionaria es una célula indiferenciada que se encuentra en la masa celular interna del blastocito y que puede diferenciarse en una gran variedad de tipos de células especializadas.
- d) Según sus capacidades, se pueden distinguir las siguientes células madre:
- **Totipotentes:** células madre capaces de dar lugar a cualquier tipo de células del cuerpo humano.
 - **Pluripotentes:** células madre capaces de originar varios tipos de células, nunca un ser completo.
 - **Multipotente:** célula madre que genera un determinado tipo de células propias de algún tejido u órgano.

8. El **Proyecto Genoma Humano (PGH)** nace en Estados Unidos, en la década de 1980, con el objetivo de conocer el orden en que se disponían los nucleótidos en las cadenas de ADN de los 23 tipos de cromosomas humanos.

El proyecto suponía el primer esfuerzo coordinado internacionalmente de descifrar la secuencia de nucleótidos de nuestro ADN y localizar e identificar los genes que forman el genoma.

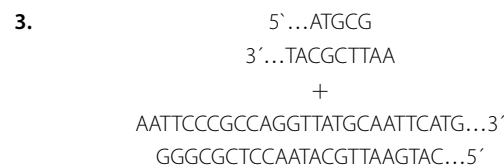
Todo lo que sucede en nuestro cuerpo depende en gran medida de los genes, por lo que el Proyecto Genoma Humano supone un gran hito histórico para la biología. El conocimiento de los genes responsables de enfermedades hereditarias, como el cáncer, el Parkinson o la diabetes, entre otras, actualmente incurables, permitirá el diagnóstico y la prevención de las mismas. Además, permitirá sustituir los genes anómalos por genes sanos o fabricar medicamentos a la carta.

Los objetivos de este proyecto son:

1. Identificar todos los genes humanos.
 2. Secuenciar cada gen. Es decir, averiguar la secuencia de nucleótidos que lo forman.
 3. Determinar la función que realiza cada uno de los genes.
9. Los posibles riesgos que pueden tener los ecosistemas naturales debido a los cultivos transgénicos son:
- Dispersión incontrolada de las plantas transgénicas.
 - Transferencia de genes introducidos en una planta a otra planta distinta.
 - Resistencia de patógenos y plagas a los productos transgénicos.
 - Desaparición de especies autóctonas, tanto animales como vegetales, ocasionando pérdida de biodiversidad.

AMPLIACIÓN

1. La insulina no humana no es tan efectiva como la insulina humana obtenida por ingeniería genética. Además, el proceso de obtención de la insulina no humana es costoso y complejo.
2. Son células totipotentes, ya que además de poder regenerar todos los tipos celulares del organismo adulto, pueden originar los tejidos extraembrionarios, como la placenta.



4. Las principales ventajas que presenta *E. coli* para ser el organismo más utilizado como hospedador en la clonación de genes son:
 - Experimenta un crecimiento rápido.
 - No es una bacteria patógena o peligrosa.
 - Es capaz de tomar del medio externo moléculas de ADN e incorporarlas en el conjunto de su genoma.
 - Se conocen muy bien sus procesos metabólicos y su expresión génica.
 - Muchos vectores de esta bacteria están caracterizados y se sabe cómo actúan.
5. Los priones son proteínas con la misma o casi la misma secuencia de aminoácidos que una proteína normal, pero que tienen una forma espacial distinta, es decir, un plegamiento anormal, y son capaces de inducir a las proteínas normales de la célula a adoptar la forma del prión.

Según la hipótesis, los nuevos priones en realidad eran proteínas normales cuya forma se había alterado al contactar con priones adyacentes. La hormona de crecimiento obtenida de cadáveres tiene el riesgo de estar contaminada por priones. Sin embargo, la hormona de crecimiento obtenida por ingeniería genética no presenta contaminación por priones procedentes de otro organismo.

6. La principal ventaja de estas vacunas es que no hay que inyectar agentes patógenos debilitados o muertos, como se hace en las vacunas tradicionales, sino solo sus proteínas. De este modo, las vacunas recombinantes son más seguras y tienen menos efectos adversos.
7. 1 kb en un ADN bicatenario representa 1 000 pares de nucleótidos o 1 000 pares de bases nitrogenadas. Por tanto, 360 kb representan 360 000 pares de nucleótidos o 360 000 pares de bases nitrogenadas.
8. Ello se debe a que en la mayoría de los peces la fecundación es externa, lo cual permite la introducción de genes en el cigoto antes de que se unan el núcleo del espermatozoide y el del óvulo. Esto se realiza por microinyección o mediante un campo eléctrico que hace permeable su membrana plasmática.
9. Este hecho permite seleccionar luego las bacterias que han integrado el plásmido, ya que son las únicas que sobreviven en un medio con antibióticos.
10. Dado que en procariotas no hay proceso de maduración del ARNm, si se quiere intercalar un gen eucariótico en una bacteria, no se puede introducir un segmento de ADN con intrones y exones, sino que se ha de utilizar una enzima de origen vírico,

denominado transcriptasa inversa o retrotranscriptasa, capaz de producir ADN a partir de una cadena de ARNm maduro (molécula en la cual ya no hay intrones). Posteriormente, el ADN así formado se debe duplicar para que se forme ADN de doble hélice, el denominado ADN complementario (ADNc), y por último introducirlo en un vector (un virus o un plásmido) para que lo transporte al interior de la bacteria. La enzima retrotranscriptasa, que es imprescindible para hacer este proceso, fue encontrada en los virus que, a partir de su ARN, sintetizan ADN cuando entran en la célula, los denominados virus de ARN⁺.

11. a) 1.^a fase A: se hace una fecundación *in vitro* para poder buscar mutaciones en las células de los embriones generados.
- 2.^a fase D: se dejan desarrollar los embriones hasta en el estado de ocho células (tres días).
- 3.^a fase B: se extraen dos células de cada embrión para analizarlas.
- 4.^a Fase C: se analiza su ADN para indagar en mutaciones responsables de determinados tipos de cáncer. Si no tienen mutaciones, se implanta el embrión. En caso contrario, se rechaza.
- b) Porque todas ellas proceden de la célula huevo (o cigoto) por divisiones mitóticas sucesivas y, por tanto, todas tienen el mismo genoma (o los mismos cromosomas, alelos, o el mismo contenido genético) o que son clónicas.

REFUERZO

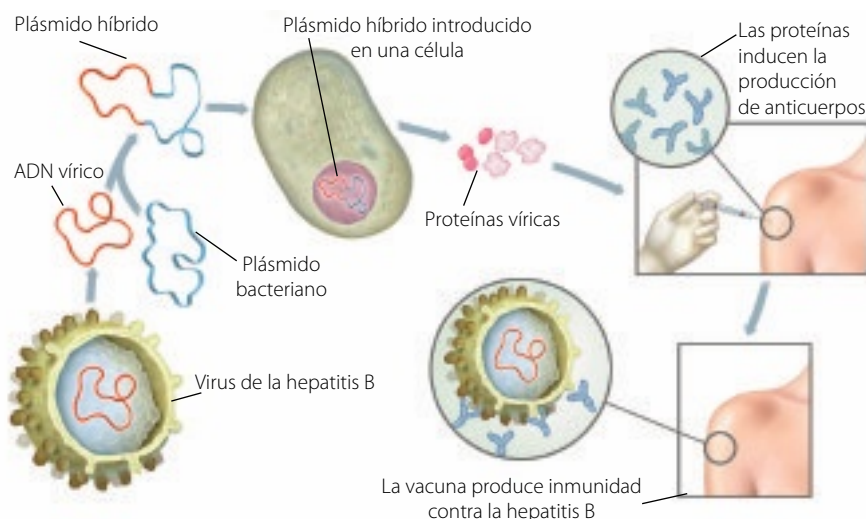
1. La biotecnología es el conjunto de técnicas a partir de las cuales se obtienen productos útiles para las personas a partir de seres vivos, sus partes o productos. La ingeniería genética es solo una rama de la biotecnología que consiste en el uso de diversas técnicas para manipular el ADN de los organismos. Por tanto, no todas las técnicas de biotecnología conducen a la manipulación del ADN de los organismos.
2. Para obtener una vacuna recombinante se siguen los pasos siguientes:
 - Se insertan genes del agente patógeno contra el cual se quiere obtener la vacuna en una célula (puede ser una célula bacteriana o una célula eucariota).

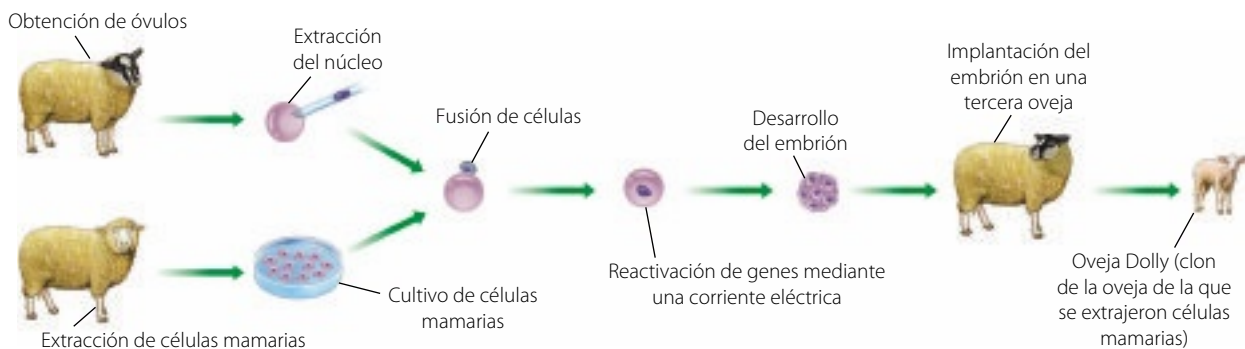
- La célula sintetiza proteínas víricas.
- Se inyectan las proteínas sintetizadas en el paciente, en él las proteínas actúan como antígenos y desencadenarán una respuesta inmunitaria, con lo que se consigue la inmunización.

3. Hay controversia entre los científicos sobre la licitud de patentar las secuencias de los diferentes genes que se vayan descubriendo. Unos consideran que no se deberán patentar nunca, sino ponerlas al servicio de todos los países. Otros opinan que es lógico que los laboratorios que han costado la investigación quieran recuperar las inversiones hechas, tal y como pasa en la industria farmacéutica. Por un lado, los gobiernos no parecen dispuestos a asumir los elevados gastos que comporta esta investigación y, por otro lado, si no se permite a los laboratorios patentar los descubrimientos para obtener beneficios, es posible que la investigación no se realice. La organización HUGO defiende que tan solo se puedan patentar las secuencias de las cuales se sepa la función, como por ejemplo marcadores, lugares de actuación de medicamentos o genes de función conocida.

Es evidente que a los científicos les corresponde investigar, a las empresas hacer posible dicha investigación y al conjunto de todos los gobiernos facilitar que los descubrimientos también sean accesibles a los países con pocos recursos económicos. No hacerlo así comportaría migraciones masivas con graves perjuicios para todos.

4. De la ubre de la madre de Dolly los científicos sacaron una célula, que contiene todo el material genético (ADN) de la oveja adulta. Después, a otra oveja, a la que llamaremos oveja X, le extrajeron un óvulo, el cual serviría de célula receptora. Al óvulo se le extrajo el núcleo, eliminando así el material genético de la oveja donante. Se extrajo el núcleo de la célula mamaria y, mediante impulsos eléctricos, se fusionó al óvulo sin núcleo de la oveja donante. Con los mismos impulsos se activó al óvulo para que comenzara su división, tal y como lo hacen los óvulos fertilizados en un proceso natural de reproducción. Al sexto día ya se había formado un embrión, que fue implantado en el útero de una tercera oveja, la madre sustituta, quien tras un periodo normal de gestación, dio a luz a Dolly: una oveja exactamente igual a su madre genética.



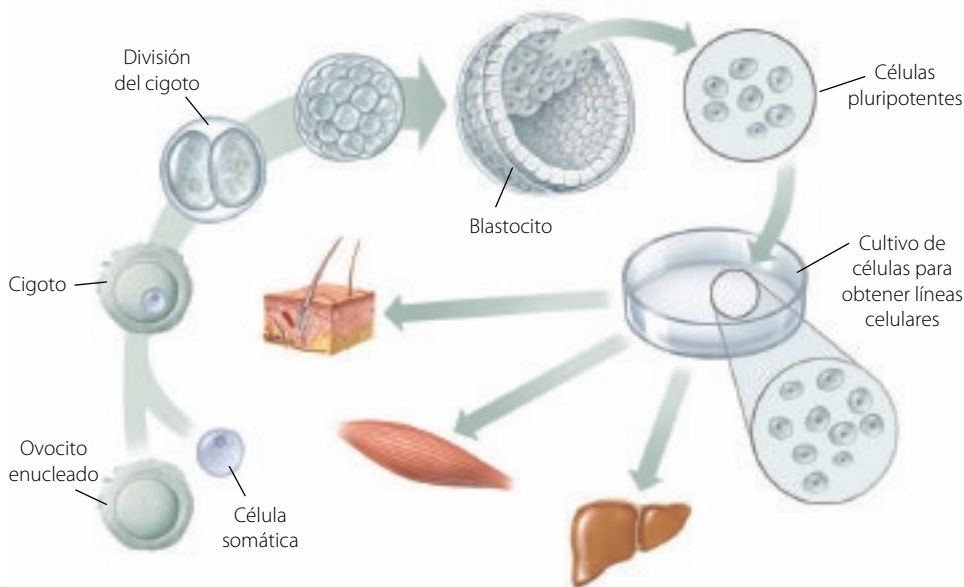


5. Los pasos que se han de seguir son muy parecidos a los que se utilizaron para clonar a la oveja Dolly.

- En primer lugar se introduce el núcleo de una célula somática del enfermo en un ovocito al que previamente se le ha extraído el núcleo (ovocito enucleado).
- El ovocito se desarrolla para formar un embrión.
- Cuando el embrión llega al quinto día se pueden obtener células pluripotentes, que ya son compatibles con el paciente.
- Se cultivan las células para obtener líneas celulares y regenerar el tejido dañado del enfermo.

les se encuentran, naturalmente, en el núcleo. El citosol no determina el sexo del óvulo.

- c) La respuesta es no. Justificación: los caracteres de los individuos están determinados por la información genética y esta procede en su totalidad del núcleo de una célula somática de Copito de Nieve implantada en el óvulo, por lo tanto, es indiferente el carácter de la gorila.
- d) Como dice la pregunta, el albinismo es un carácter autosómico recesivo. Para que aparezca este carácter, se habría de emparejar con una hembra portadora de este alelo y esto no es frecuente y, aun así, la probabilidad de obtener un gorila albino sería del 50%.



6. Las principales aplicaciones son: para obtener suficientes copias de genes antes de iniciar una clonación, en medicina forense para tratar de identificar personas a partir de pequeñas muestras de sangre, semen, cabello, piel, etc.; en estudios evolutivos y taxonómicos para deducir el grado de parentesco entre las especies, y en estudios de historia para deducir la proximidad entre las poblaciones humanas y la presencia de enfermedades genéticas.

7. a) Se elimina el núcleo del óvulo para eliminar toda la información genética de la hembra, que debe ser sustituida por la de Copito de Nieve.
- b) No. Lo que determina el sexo es la presencia de los cromosomas sexuales (XX para hembra, XY para macho) los cua-

8. Clonar un gen significa hacer una o varias copias idénticas a él.

El proceso de clonación se realiza en varias etapas:

1. **Aislamiento del gen que se desea clonar.** En primer lugar debe aislarse el ADN del que se parte. Para ello se utilizan enzimas de restricción, que son enzimas que reconocen una secuencia específica de nucleótidos y cortan en ese punto cada una de las cadenas de ADN, dejando extremos pegajosos que pueden unirse a otros fragmentos de ADN que se hayan cortado con las mismas enzimas de restricción. Mediante la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa se puede duplicar el fragmento de ADN un número ilimitado de veces en un tubo de ensayo.

2. **Inserción de los fragmentos de ADN a un vector de clonación.** El segundo paso consiste en unir los fragmentos de ADN a un vector de clonación con la enzima ADN-ligasa. Los vectores de clonación que se utilizan son plásmidos, cósmidos o bacteriófagos (virus capaces de infectar bacterias).
3. **Introducción del vector de clonación en la célula huésped.** Posteriormente, el ADN unido al vector de clonación se introduce en un organismo hospedador, generalmente una bacteria.
4. **Clonación del ADN.** Una vez introducido el plásmido en la bacteria, se deja que esta se multiplique. Se obtiene una batería de bacterias (denominada genoteca) que contienen el gen seleccionado.
5. **Identificación de la bacteria que porta el gen.** Antes de proceder al estudio de los genes es necesario identificar las bacterias que contienen el gen o genes de interés. En primer lugar deben diferenciarse las bacterias que han recibido los vectores de clonación de aquellas que no recibieron dicho vector. Para identificarlas se utiliza un marcador del vector (generalmente la resistencia a un antibiótico). Así, solo las bacterias que contengan el plásmido podrán crecer en el medio que contenga dicho antibiótico. En segundo lugar se identifican las bacterias que presenten los genes de interés para separarlas del resto. Esto se lleva a cabo utilizando diferentes técnicas, como la hibridación con sondas. Por último, se toma esta bacteria y se hace crecer para producir un clon de bacterias idénticas. Como el vector que contiene el ADN insertado se replica siempre que la célula bacteriana se divide, se produce la cantidad suficiente de ADN insertado clonado necesaria para caracterizar el gen.
9. Respuesta libre.
10. El proceso se desarrolla en una serie de etapas, que se pueden resumir así:
 1. **Localización y aislamiento del gen que se desea transferir.** Para ello se utilizan las enzimas de restricción, que cortan el ADN en pequeños fragmentos, entre los que se encuentra el gen que se quiere transferir. Por ejemplo, el proceso se inicia con el aislamiento del gen que se desea

transferir (por ejemplo, un gen de una célula humana, célula donadora, que produce insulina). Las enzimas de restricción cortan el ADN de la célula donadora en pequeños fragmentos entre los que se encuentra el gen que se desea transferir (en nuestro ejemplo, el de la insulina).

2. **Selección del vector.** Su elección dependerá de las características y del tamaño del ADN elegido. Se tiene que cortar con las mismas enzimas de restricción con las que se cortó el ADN a transferir. Siguiendo el ejemplo, con las mismas enzimas de restricción se cortan los plásmidos elegidos como vectores.
3. **Unión del ADN elegido al ADN del vector.** A través de las ADN-ligasas se une el fragmento de ADN aislado al ADN del vector, originando así una molécula de ADN recombinante.
4. **Inserción del vector con el gen transferido en la célula hospedadora.** El ADN recombinante se introduce en la célula hospedadora. En nuestro ejemplo se utiliza como célula hospedadora una bacteria (*Escherichia coli*).

Existen varios métodos para introducir el ADN recombinante en células vivas. Entre ellos destacan:

- **Transformación.** Método utilizado en células procariotas. La célula capta moléculas de ADN que se encuentran en el medio externo, las introduce en su interior y las incorpora a su genoma mediante recombinación.
- **Transducción.** Este método consiste en introducir el ADN en la célula hospedadora mediante un virus, utilizando como vector de clonación el genoma del virus.
- 5. **Multiplicación del organismo transgénico.** La célula hospedadora se divide, originando copias que portan el gen deseado. Para ello se aíslan las bacterias modificadas y se cultivan por separado para obtener clones. Cada clon de bacterias contiene el gen foráneo repetido infinitas veces. Para que el proyecto concluya con éxito, no basta con que la célula haya incorporado el gen foráneo; además, este tiene que expresarse. Para ello, la célula debe ser capaz de fabricar la proteína deseada (en este caso, la insulina humana). Los clones así obtenidos pueden utilizarse en la industria para fabricar esa proteína.

¿Cómo se hace...?

Destrezas básicas con el ordenador

Los contenidos que se presentan a continuación pretenden apoyar nuestro proyecto editorial global para el Bachillerato de acuerdo con los objetivos de la LOE, que plantea el «utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación» como una de las competencias básicas de esta etapa.

En esta sección se presentan de forma muy directa y operativa algunas de las destrezas consideradas básicas en el manejo diario del ordenador. A lo largo de las cuatro guías correspondientes a la ESO y las dos guías del Bachillerato se desarrollan los temas que hemos considerado más adecuados e interesantes para el profesorado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Bloque A. Creación de una página web

1. ¿Qué necesitamos para tener una página en Internet?	2	13. ¿Cómo optimizar las imágenes de nuestra página?	17
2. ¿Cómo vamos a crear nuestra página web?	4	14. ¿Cómo seleccionar parte de una imagen?	19
3. ¿Dónde vamos a crear nuestra página web?	4	15. ¿Cómo mejorar nuestras imágenes?	19
4. ¿Cómo conseguir <i>Dreamweaver</i> ?	5	16. ¿Cómo poner imágenes de fondo?	21
5. ¿Cómo instalar <i>Dreamweaver</i> ?	5	17. ¿Cómo crear enlaces entre páginas?	22
6. ¿Cómo ejecutar <i>Dreamweaver</i> ?	6	18. ¿Cómo crear enlaces en la misma página?	24
7. ¿Cómo buscar ayuda?	8	19. ¿Cómo crear otros enlaces?	25
8. ¿Cómo crear un sitio web en <i>Dreamweaver</i> ?	9	20. ¿Cómo cambiar los colores de los enlaces?	26
9. ¿Cómo aplicar formatos al texto?	12	21. ¿Cómo comprobar los vínculos de nuestra página?	26
10. Listas y sangrías	13	22. Nuevos elementos para crear enlaces	27
11. Propiedades de la página	14	23. Mapas de imágenes	29
12. ¿Cómo añadir imágenes a nuestra página web?	15	24. Las tablas	31

Bloque A. Creación de una página web

Hoy día disponer de una página web como herramienta de apoyo a la enseñanza es una gran idea. En ella podemos incluir información relativa a la programación de la asignatura, contenidos de las unidades didácticas, esquemas, ejercicios, notas, fechas de entrega de trabajos, etc., información que puede ser muy útil para los alumnos y para los padres.

Además podemos emplear dicha página para motivar a los alumnos y plantear la publicación en la web de los mejores trabajos realizados, de forma que puedan ver colgado en Internet algo que ellos han creado, poner fotos de las actividades extraescolares que se realicen, de una excursión, de un concurso literario, del torneo de ajedrez, de las competiciones deportivas del centro, etc.

En estas páginas vamos a mostrar cómo crear nuestra propia página web. Obviamente, el mundo de Internet es inmenso, esta guía solo pretende ser una introducción básica pero suficiente para crear nuestra propia página.

1 ¿Qué necesitamos para tener una página en Internet?

Si deseamos colocar nuestra página en Internet para que pueda ser visitada por cualquier usuario, lo primero que necesitamos es disponer de un alojamiento en un servidor de Internet. Este alojamiento o *hosting*, término inglés con el que se conoce al alojamiento en el mundo informático, es suministrado por un proveedor de servicios de Internet o ISP (*Internet Service Provider*).

Estas empresas ISP ponen a disposición del usuario todos los sistemas necesarios para poder almacenar una

página web en un servidor y que esté disponible en la red para que cualquier internauta pueda visitarla. Hoy día contratar un servicio de *hosting* está al alcance de todo el mundo, el precio mensual puede oscilar entre 3 y 100 euros, en función de las necesidades de la página que vayamos a crear.

Nuestro consejo es comenzar con un servicio de *hosting* económico y si nuestra página funciona y necesitamos más velocidad, más tamaño de almacenamiento, etc., siempre habrá tiempo para ampliar el servicio contratado.

El número de proveedores de Internet es muy amplio y las ofertas varían mucho de unos a otros, recomendamos visitar las páginas web de varios de ellos antes de tomar una decisión. Algunas direcciones de Internet de ISP son:

<http://www.hostalia.com>

<http://www.acens.com>

<http://www.profesionalhosting.com>

<http://www.zilos.com>

<http://www.arsys.es>

<http://www.ran.es>

<http://www.masbaratoimposible.com>



Hay algunos proveedores de servicios de Internet que permiten publicar páginas de forma gratuita, sin tener que pagar por el *hosting*, pero normalmente exigen que en ellas se muestre alguna publicidad de sus clientes o bien que al abrirlas aparezcan unas ventanitas (*pop-ups*) que generalmente son molestas para el usuario que visita la página, pudiendo causar el que no vuelva por tu sitio web.

Bloque A. Creación de una página web

A la hora de contratar nuestro servicio de *hosting*, para una web básica como la que se va a desarrollar en estas páginas, debemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Tipo de servidor.** Normalmente vamos a encontrar servidores de dos tipos, en función del sistema operativo que utilizan: Linux o Windows. La página que nosotros vamos a crear funcionaría perfectamente en ambos tipos de servidores. Generalmente son más baratos los servidores tipo Linux y las prestaciones de ambos son equivalentes para nuestro objetivo.



Características

Precio

- **Espacio en disco.** Es la cantidad de disco duro que tendremos reservado en el servidor. Esta cantidad depende de toda la información que vayamos a subir al servidor, pensamos que inicialmente con un almacenamiento de 100 megabytes o superior será suficiente. Sin embargo, es interesante que el servidor que vamos a contratar nos permita ampliar ese espacio por un precio razonable en caso de que lo necesitemos.
- **Transferencia mensual.** Cuando contratamos el servidor nos será asignada una cuenta con un usuario y una clave. Pues bien, todas las operaciones que se realizan en el servidor relacionadas con nuestra página y nuestro correo están asociadas a esa cuenta. La transferencia mensual es la suma total de la cantidad de información que es transmitida desde o hacia tu cuenta en un mes.

Si nos envían un correo, esa cantidad de información es sumada a la transferencia; si un usuario visita nuestra página, la información que es enviada a su

ordenador se suma a la transferencia, etc. Por ejemplo, si nuestra página web incluye unas fotos y un texto y su tamaño es de 2 megabytes y es visitada por 50 usuarios, la cantidad de información transferida será de 100 megabytes. Debemos tener muy en cuenta esto, porque si nos pasamos de la transferencia contratada, nos facturarán por separado el exceso, y no suele ser barato. Para empezar consideramos que una transferencia mensual de 3 GB o superior será suficiente.

- **Cuentas ftp.** Necesitamos al menos una cuenta de FTP (*File Transfer Protocol*), que es el servicio que nos permitirá subir nuestra página web al servidor para que sea accesible a todos los usuarios de Internet.
- **Cuentas de correo.** Generalmente en el paquete contratado se incluyen varias cuentas de correo electrónico.

Ya sabemos qué necesitamos contratar para poder colocar nuestra página en Internet. Sin embargo, aún nos falta un paso muy importante: debemos registrar un nombre de dominio para que los usuarios puedan acceder a nuestra página. El dominio es la dirección de Internet (URL, *Uniform Resource Locator*) que ponemos en el navegador para acceder a una página web. Generalmente el mismo ISP con el que vayamos a contratar el *hosting* nos ofrecerá la posibilidad de contratar también nuestro dominio, lo más aconsejable es contratar las dos cosas con el mismo proveedor.



Seleccionamos la terminación que deseamos para nuestro dominio y tecleamos el nombre que queremos registrar. Para realizar la comprobación de su disponibilidad hacemos clic en el botón **Buscar**.

Bloque A. Creación de una página web

Debemos tener en cuenta que la terminación de los dominios nos indica el tipo de página que vamos a visitar; por ejemplo, los dominios de tipo **.com** son comerciales, los **.net** son recursos en la red, los **.org** son para organizaciones, los **.es** son páginas españolas, los **.eu** páginas de Europa, etc.

Además de todos los citados hay que indicar que existe una terminación especial que solo puede ser registrada por entidades educativas, la terminación es **.edu.es** y está dedicada a páginas de educación en España.

Para contratar un dominio, lo primero que debemos pensar es en el nombre que deseamos darle a la página que vamos a crear y después comprobar que dicho nombre está disponible. Para ello, bastará con acceder a la página de ISP que hayamos elegido e intentar registrarlo. En unos instantes nos dirá si está disponible o está ocupado. En el caso de que esté ocupado debemos intentarlo con otro nombre hasta que encontremos uno que esté libre. A partir de ahí solo tenemos que seguir las instrucciones del ISP para realizar la contratación.



Nos muestra el resultado de la búsqueda indicando los que están ya registrados y los que hay disponibles.

2 ¿Cómo vamos a crear nuestra página web?

Existen numerosas formas de crear una página web, en los siguientes apartados veremos una de las más sencillas. Para ello, utilizaremos el que probablemente sea el mejor editor profesional de páginas web del momento:

Dreamweaver en su versión CS3. Este programa permite crear páginas web tanto si se trata de un programador experto como de una persona que no conoce nada del tema.



Las páginas web se crean mediante una gran variedad de lenguajes de programación, aunque el lenguaje básico empleado es el HTML (*HyperText Markup Language*), que es con el que *Dreamweaver* creará nuestra página.

Hay dos grandes tipos de páginas web:

- Las páginas estáticas, como las que nosotros vamos a crear, que tienen un contenido fijo. Para variar dicho contenido hay que modificar la página web.
- Las páginas dinámicas, que obtienen la información de bases de datos y su contenido puede variar en función de la consulta que se efectúe sobre la base de datos a la que accede. Este último tipo es para programadores avanzados y no entra dentro de nuestro objetivo inicial.

3 ¿Dónde vamos a crear nuestra página web?

Antes hemos hablado de la necesidad de contratar *hosting* y un dominio, pues bien eso es necesario cuando queramos disfrutar de nuestra página en Internet; sin embargo, podemos comenzar a crear la página en nuestro ordenador y cuando ya la tengamos terminada y hayamos contratado los servicios con un ISP, subirla al servidor para que esté accesible a todos los usuarios de Internet.

Nuestro procedimiento de trabajo será crear una página en el disco duro del ordenador personal o como dicen

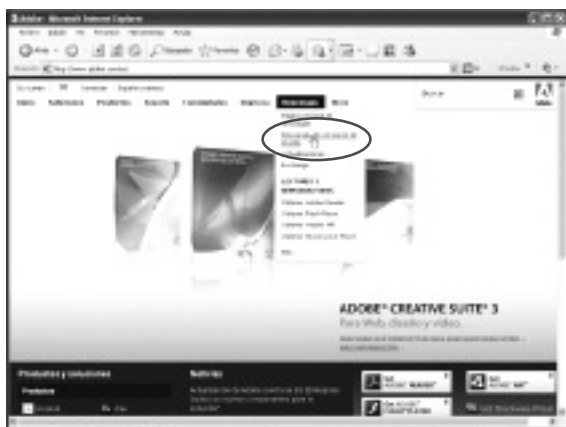
Bloque A. Creación de una página web

los informáticos en *local*, para posteriormente, cuando hayamos terminado y tengamos contratado el *hosting*, subirla al servidor, es decir, al ordenador remoto. Para subir nuestra página a Internet se necesita un software de FTP que permita transferir los archivos al servidor. El programa elegido para estas páginas, *Dreamweaver*, ya incorpora un módulo de FTP que se encargará de subir las páginas a nuestro servidor tal y como veremos más adelante.

Un último apunte antes de comenzar: debemos conocer que aunque las páginas web están muy estandarizadas, aún quedan algunos detalles por concretar, por lo que podemos realizar páginas que se vean de forma diferente según el navegador que utilicemos, siendo los más utilizados *Microsoft Internet Explorer*, *FireFox* y *Opera*, aunque intentaremos que eso no ocurra.

4 ¿Cómo conseguir *Dreamweaver*?

El programa *Dreamweaver* pertenece a la casa Adobe y la última versión del mismo se encuentra integrada en la suite CS3. Si no disponemos de este software, podemos bajarnos una versión de evaluación válida para 30 días de su página web. Para ello, bastará con ejecutar el navegador y teclear en la barra de direcciones <http://www.adobe.es>.



En la ventana de nuestro navegador aparecerá la página web principal de Adobe y en ella utilizaremos la opción del menú *Descargas* para seleccionar el enlace *Descargar versiones de prueba*. En la nueva página que aparece hacemos clic sobre la imagen del programa *Dreamweaver*.



En nuestro navegador aparecerá información sobre las posibilidades de *Dreamweaver*. En esta página debemos buscar y hacer clic sobre el enlace **Probar**.

En la siguiente página nos solicitan que creemos una cuenta de usuario en Adobe para poder realizar la descarga. Una vez rellenados los datos que nos solicitan podremos efectuar la descarga de prueba del programa.



5 ¿Cómo instalar *Dreamweaver*?

El proceso de instalación es muy sencillo. Comenzaremos por ejecutar el programa de instalación haciendo doble clic sobre el icono del archivo **SETUP.EXE**.



Aparecerá la primera ventana de la instalación del programa, en la que se muestra el contrato de licencia del mismo. Para continuar con el proceso tenemos que aceptar las condiciones haciendo clic en el botón **Aceptar**.

Bloque A. Creación de una página web

En la siguiente pantalla debemos indicar el lugar donde deseamos que se realice la instalación del programa. Se mostrará la cantidad de espacio disponible en cada una de las unidades de disco duro instaladas en nuestro equipo.

Si deseamos cambiar la carpeta de instalación debemos utilizar el botón **Examinar...** y seleccionar la carpeta deseada. Para continuar con la instalación haremos clic en el botón **Siguiente**.



En la siguiente ventana se muestra un resumen de la información seleccionada antes de comenzar la instalación en nuestro ordenador. Si estamos de acuerdo con la información mostrada, haremos clic en el botón **Instalar >**.



Comenzará la instalación y el programa muestra en pantalla unas barras de progreso que nos indican cómo evoluciona el proceso de instalación. El tiempo de este proceso depende de la potencia del ordenador que utilicemos, pero normalmente lleva varios minutos.

Por último, aparecerá una ventana que nos indica que el proceso de instalación ha concluido, para terminar bastará con hacer clic en el botón **Finalizar**.



6 ¿Cómo ejecutar Dreamweaver?

Una vez instalado el programa, para ejecutarlo bastará con hacer doble clic sobre su icono en el escritorio o bien abrir el menú de **Inicio** y elegir la opción **Todos los programas / Adobe Dreamweaver CS3**.



En la pantalla inicial, la zona de documento aparecerá dividida en tres columnas. En la primera se encuentra la opción **Abrir**, que nos permitirá editar archivos de páginas web que tengamos guardados en disco.

Opción **Abrir**



Al ser la primera vez que ejecutamos el programa, en esta columna solo aparece esta opción, pero más adelante, cuando vayamos creando archivos, en esta columna, además de **Abrir**, se mostrará el nombre de los últimos documentos guardados.

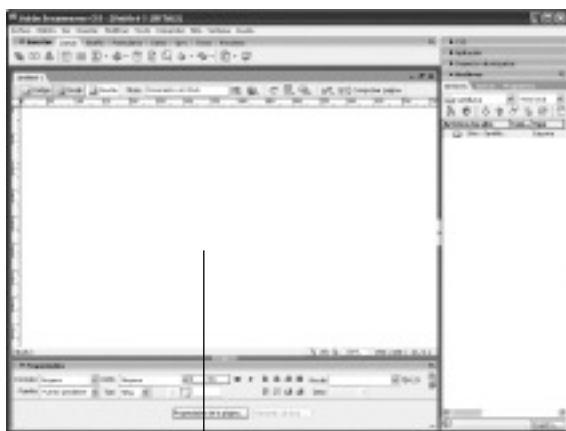
Bloque A. Creación de una página web

La segunda columna nos permite crear un nuevo archivo, para ello solo tenemos que hacer clic sobre el tipo de archivo que deseamos crear.

La tercera columna está dedicada a la creación de páginas a partir de plantillas. La utilización de estas plantillas será una buena práctica cuando dispongamos de unos conocimientos básicos de la creación de páginas web ya que nos pueden ayudar a realizar nuestro trabajo con mayor eficacia.

La ventana principal de Dreamweaver

Para crear un nuevo archivo haremos clic sobre el elemento HTML de la segunda columna, con lo que en el área de trabajo aparecerá el nuevo documento.



Nuevo documento

En la nueva ventana podemos distinguir:

- **Barra de título de la ventana.** En la barra de título aparece el nombre del programa seguido del nombre del documento con el que estamos trabajando. Si es un documento nuevo que aún no ha sido guardado en disco, aparecerá con el nombre *Untitled* seguido del número de documento que hace.



- **Barra de menús,** donde encontramos todas las opciones que nos dan acceso a las operaciones que podemos realizar con el programa.



- **Barra de herramientas.** La barra de herramientas del programa está organizada por pestañas, cada una de las cuales tiene un conjunto de botones que

nos facilitará la tarea. Haciendo clic sobre el texto **▼ Insertar** podemos ocultar y mostrar esta barra de herramientas.



- **Paneles.** En la parte derecha de la ventana encontramos el área donde aparecerán los paneles que utilizemos con más frecuencia.

Por defecto, *Dreamweaver* muestra inicialmente los paneles que considera más esenciales; sin embargo, nosotros podemos indicar qué paneles deseamos que se muestren en esta área.



En cada uno de los paneles aparece una barra de título con su nombre. Cuando el panel está contraído, el nombre va precedido de ► y cuando hacemos clic sobre él para expandirlo, delante del nombre aparecerá un ▼, con otro clic se volverá a contraer.

Además, en ocasiones necesitamos utilizar una mayor área de documento y nos vendría bien ocultar temporalmente el área de los paneles, para ello podemos

utilizar el botón  que se encuentra en la línea de división vertical. Para volver a mostrarlos haremos clic sobre el botón .

- **Barra de herramientas del documento.** Además de la barra de herramientas general, en *Dreamweaver*, cada documento abierto tiene su propia barra de herramientas.

Nombre del documento



El nombre del documento aparece en la pestaña de la parte superior y los tres primeros botones nos permiten seleccionar la vista con la que deseamos trabajar. El primer botón, **Código**, nos permitiría trabajar directamente con los lenguajes de programación de

Bloque A. Creación de una página web



páginas web. El segundo, **Dividir**, divide el área del trabajo en dos partes, en una podemos trabajar en modo diseño y en otra con código de programación. El tercer botón, **Diseño**, es con el que trabajaremos habitualmente, con esta vista de trabajo no necesitaremos conocer nada de programación.

Además en la barra de herramientas del documento, podemos teclear el título de la página que estamos creando, para ello emplearemos el cuadro de texto **Título**. Este título es el que aparecerá en la barra del título del navegador; es decir, en la barra superior de la ventana, cuando se visualice la página web.



- **Inspector de propiedades.** Es el elemento que más vamos a utilizar para crear nuestras páginas. El inspector de propiedades nos permitirá modificar las características de cada uno de los elementos que integren una página web. Debemos tener en cuenta que el contenido del inspector de propiedades cambiará en función del objeto que tengamos seleccionado.

Además, el inspector de propiedades puede mostrarse en modo resumido, con solo algunas características del objeto, o en modo ampliado, con todas sus características. Podemos cambiar entre estos modos con las flechitas Δ y ∇ que aparecen en la esquina inferior derecha del inspector.



Por último, indicar que al igual que ocurre con el área de paneles, también podemos ocultar temporalmente el inspector de propiedades con el botón  y volver a mostrarlo con .

7 ¿Cómo buscar ayuda?

Dreamweaver es un programa sencillo de utilizar, pero si en algún momento tenemos dudas sobre cómo realizar alguna operación, podemos utilizar la ayuda que suministra el programa, ayuda que está en español y que al igual que otros productos de Adobe, tiene unos contenidos muy prácticos y sencillos de utilizar.



Bloque A. Creación de una página web

Para abrir la ayuda del programa utilizamos la opción del menú **Ayuda / Ayuda de Dreamweaver** o pulsamos la tecla F1.

En la parte izquierda encontramos los contenidos de la ayuda y en la parte superior derecha disponemos de un cuadro de búsqueda para localizar cualquier operación o concepto sobre el que necesitemos más información.

8 ¿Cómo crear un sitio web en Dreamweaver?

Para aprender a manejar *Dreamweaver*, lo primero que tenemos que hacer es crear un sitio web en nuestro ordenador. El término *sitio web* se refiere a la ubicación o carpeta donde vamos a colocar todas las páginas y demás recursos, como imágenes, botones, etc., que forman parte de nuestro proyecto.



Para comenzar vamos a crear un *sitio web* para incluir todos los ejemplos de cómo ir manejando el programa. Sin embargo, cuando lo utilicemos para crear nuestras propias páginas, tal como veremos más adelante, lo ideal es crear un sitio web para cada uno de los proyectos de páginas web que vayamos a crear.

Para crear un nuevo sitio web daremos los pasos siguientes:

1. Seleccionamos la opción del menú **Sitio / Nuevo sitio**, con lo que aparecerá la ventana de *Definición del sitio para...*

La definición del sitio se puede realizar mediante un asistente o bien con la ficha de opciones **Avanzada**. Para comenzar recomendamos el asistente, ya que facilita la tarea de creación del sitio; por ello

hacemos clic sobre la ficha **Básicas** en la parte superior izquierda de la ventana.

2. Lo primero que se nos pide es un nombre para el sitio, es un dato obligatorio para poder continuar con el proceso. Es interesante que empleemos un nombre significativo y representativo del proyecto que vamos a crear. Además, de forma opcional, podemos teclear cuál será la dirección de Internet de la página web que vamos a crear. Una vez rellenada la información, hacemos clic en el botón **Siguiente >**.
3. En la siguiente ventana se nos pregunta si deseamos utilizar tecnología de servidor. Este tipo de tecnología se emplea para crear páginas dinámicas con lenguajes como PHP, ASP, etc. Como ya dijimos al principio, las páginas dinámicas no son nuestro objetivo, así que marcaremos la opción **No, no deseo utilizar tecnología de servidor** y haremos clic en el botón **Siguiente >**.



4. En la nueva ventana se nos pregunta si deseamos editar las copias locales en nuestro ordenador y cuando estén listas enviarlas al servidor, o bien editarlas directamente en el servidor. Seleccionamos la primera de las opciones. Vamos a trabajar en nuestro ordenador y cuando consideremos que nuestro sitio web está completo y operativo, lo subiremos a nuestro servidor.

Además, en esta ventana debemos seleccionar la carpeta en la que vamos a guardar la información de nuestro proyecto web. Puedes escribir directamente la ruta si la conoces, aunque para asegurarnos de que es correcta lo mejor es hacer clic sobre la  que aparece a la derecha del cuadro de texto y seleccionarla. Para continuar, haremos clic en el botón **Siguiente >**.

Bloque A. Creación de una página web



5. En la ventana que aparece se nos pregunta cómo nos vamos a conectar con nuestro servidor remoto. Lo habitual es hacerlo por FTP y para ello nos pedirá el nombre del FTP del sitio remoto, el usuario y la contraseña. Sin embargo, eso lo haremos más adelante.



Como ahora no lo necesitamos, seleccionaremos en la lista la opción **Ninguno** y haremos clic en el botón **Siguiente >** para continuar.

6. En esta nueva ventana aparece ya un resumen de la información que hemos ido rellenando con el asistente. Debemos comprobar que todo es correcto y hacer clic en el botón **Completado** para terminar.

Si después de crear el sitio deseamos modificar alguno de los datos, podemos editarlo utilizando la opción del menú **Sitio / Administrar sitios**. Aparecerá una ventana con una lista de los sitios que tenemos configurados, bastará con seleccionar el que deseamos modificar y hacer clic en el botón **Editar...** de la parte derecha de la ventana. Desde esta ventana podemos cambiar de un sitio a otro, bastará con seleccionar el sitio al que deseamos cambiar y hacer clic en el botón **Listo**.



Una vez creado el sitio, en la parte derecha, en el área donde se muestran los paneles podremos observar cómo en el panel de Archivos se encuentra el sitio que hemos creado o seleccionado, la vista con la que estamos trabajando y el contenido de la carpeta de nuestro sitio web.

Desde este panel podemos cambiar de sitio web: bastará con hacer clic en la flecha de la lista desplegable del sitio y seleccionar el sitio al que deseamos cambiar; automáticamente cambiará la carpeta y todo su contenido.



Clic para desplegar la lista de sitios web disponibles.

Bloque A. Creación de una página web

Una vez hayamos creado nuestro sitio web, todo lo que se refiera a dicho proyecto debe ser creado y guardado en la carpeta que hemos indicado o en subcarpetas que cuelguen de ella, pero nunca fuera de la carpeta seleccionada al crear el sitio.

Nuestra primera página

Nuestro comienzo con *Dreamweaver* va a consistir en poner el título *Primer ejemplo* a nuestra primera página web y escribir el texto *Primera página* con *Dreamweaver* para que se visualice en el navegador.

Ejecutamos *Dreamweaver* y creamos un nuevo documento HTML. Comprobamos que estamos en el sitio web adecuado, en nuestro caso Santillana, y en la barra de herramientas del documento escribimos el título de nuestra página. Después hacemos clic sobre el área del nuevo documento y tecleamos el contenido pulsando <Enter> al final del texto.



El siguiente paso consiste en guardar la página que acabamos de crear. Para ello, utilizaremos la opción del menú **Archivo / Guardar**. Aparecerá el cuadro de diálogo **Guardar como**, y podemos observar que ya aparece seleccionada la carpeta de nuestro sitio web para que la página sea guardada en él.



Al escribir el nombre de nuestras páginas debemos tener en cuenta varias cosas:

- No deberíamos dejar espacios en blanco en el nombre, en lugar del espacio podemos utilizar el guión bajo (_) para unir varias palabras.
- Siempre deberíamos utilizar mayúsculas o minúsculas, pero evitar combinaciones aleatorias de ambas. El motivo es que los servidores Linux distinguen entre mayúsculas y minúsculas: para ellos el nombre de archivo *Ejemplo* es distinto del nombre *ejemplo* y distinto de *EJEMPLO*, y eso podría traernos problemas al subir nuestro sitio al servidor.
- No deberíamos utilizar caracteres acentuados ni la ñ.

¿Quiere esto decir que no se pueden emplear espacios ni letras acentuadas, etc.? No, simplemente que son cosas dependientes del servidor que vayamos a contratar posteriormente y que si seguimos estas sencillas reglas evitaremos problemas *a posteriori* cuando subamos nuestra página al servidor remoto.

Si todo ha funcionado correctamente en el panel **Archivos**, dentro de la carpeta de nuestro sitio aparecerá el documento *ejemplo1.html* de nuestra primera página con *Dreamweaver*. La extensión que pueden tener las páginas web estáticas son *.html* o *.htm*, ambas son válidas; sin embargo, nosotros no tenemos que preocuparnos de ello, ya que *Dreamweaver* asigna la extensión de forma automática al guardar el documento.



Como veremos más adelante la página principal de un sitio web debe tener un nombre concreto. El nombre que se debe utilizar con páginas estáticas es *index.html* o *index.htm*.

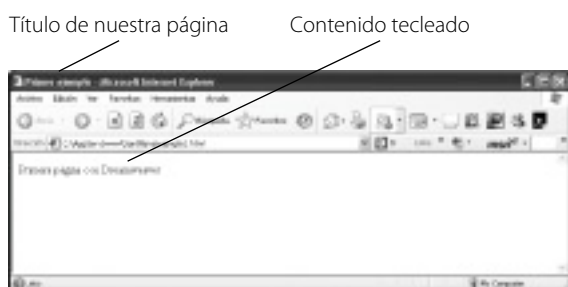
Para ver el resultado de nuestra página en el navegador utilizaremos la barra de herramientas del documento. Al hacer clic sobre el botón **Vista Previa**, se desplegará un menú con los navegadores principales.

Bloque A. Creación de una página web

Haremos clic sobre el navegador que tengamos instalado en nuestro ordenador y veremos el resultado.



La barra de título de la ventana contiene el título que hemos puesto a nuestra primera página y el contenido se muestra en el área de trabajo del navegador.



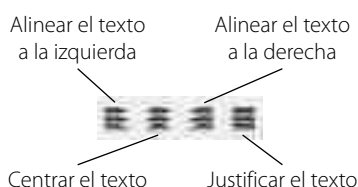
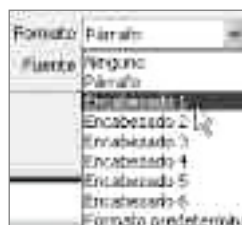
9 ¿Cómo aplicar formatos al texto?

Vamos a cerrar la ventana del navegador y volvemos a *Dreamweaver*. Nos situamos debajo del texto que hemos escrito y tecleamos dos o tres líneas de texto como en la siguiente ventana.

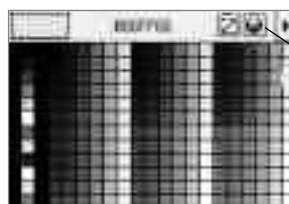


Ahora vamos a cambiar el aspecto de nuestra página, de forma que la primera línea, el texto que tecleamos inicialmente, sea el encabezado de la página. Además, lo vamos a centrar y vamos a colocar el texto en color azul. Para ello, seleccionamos el texto con el ratón y empleamos el inspector de propiedades que aparece en la parte inferior de la ventana. Recuerda que si la ventana del inspector de propiedades está contraída bastará con hacer clic sobre ► **Propiedades** para mostrarla.

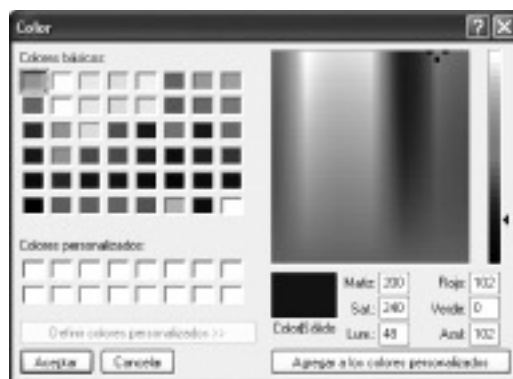
Una vez seleccionado el texto, en el inspector de propiedades desplegamos la lista **Formato**. En ella encontramos desde el *Encabezado 1*, el más grande, hasta el *Encabezado 6*, el más pequeño. En nuestro caso seleccionaremos **Encabezado 1**. Después, manteniendo marcado el texto, hacemos clic en el botón  para centrar la cabecera.



Por último, haremos clic sobre el botón  para cambiar el color del texto. Al hacer clic sobre él aparecerá la paleta de colores para que seleccionemos el color que queremos utilizar. Si deseamos una mayor gama de colores, bastará con hacer clic sobre el botón  para que se muestre la ventana **Color**, en la que podremos elegir cualquier tono.



Clic para abrir la ventana Color



Bloque A. Creación de una página web

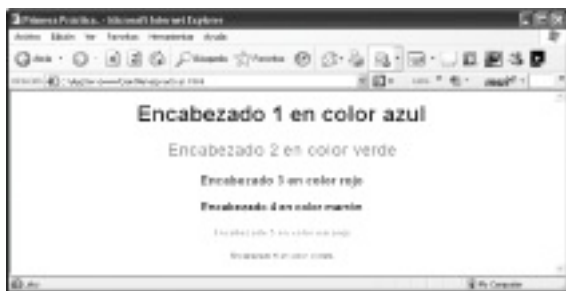
Ahora vamos a seleccionar el último párrafo de texto que hemos escrito y lo vamos a poner con tipo de fuente Arial y con el texto justificado. Para ello:

1. Marcamos el texto, en el inspector de propiedades desplegamos la lista **Fuente** y seleccionamos el elemento **«Arial, Helvética, Sans-serif»**. Debemos fijarnos que no ha destacado solamente el tipo Arial, sino que ha incluido otros dos tipos más. Esto ocurre porque lo que seleccionamos son conjuntos de fuentes, y es así para evitar que el ordenador donde se visualice no disponga del tipo de letra elegido. En el hipotético caso de que el ordenador no tuviese el tipo de letra Arial lo mostraría en Helvética y si tampoco dispusiera de esta lo mostraría en Sans-serif.
2. Hacemos clic en el botón  para justificar el texto.



Para ver el nuevo aspecto de nuestra página, primero la guardaremos con **Archivo / Guardar** o con la combinación de teclas <Ctrl>+<S>, y visualizamos su aspecto en el navegador con el botón de **Vista Previa**  de la barra de herramientas del documento o pulsando la tecla <F12>.

Nuestra primera práctica con la nueva página va a ser comprobar los tamaños de los encabezados disponibles en *Dreamweaver* colocando cada uno de ellos en un color diferente, todos centrados y con tipo de letra Arial. Debes conseguir un resultado como el siguiente.



Podemos observar que *Dreamweaver* no nos permite colocar varios espacios entre dos palabras contiguas,

eso es debido a que al presentar la información en el navegador todos los espacios que hubiese se reducen a uno solo en cualquier navegador. Si deseamos teclear varios espacios y que el texto se muestre tal como lo hemos tecleado en la ventana del navegador, debemos utilizar el formato **Formato predeterminado**. Podemos observar cómo el navegador respeta los espacios tal y como los hemos colocado en el texto.



Otro tipo de formato que podemos cambiar en el texto de nuestra página son los estilos: negrita  y cursiva , tal y como haríamos en el procesador de textos.

Igualmente, disponemos de la lista desplegable **Tam**, que nos permite cambiar el tamaño del texto seleccionado. Podemos colocar un tamaño absoluto o cambiarlo respecto al que tiene por defecto del documento con opciones como muy pequeño, más pequeño, pequeño, intermedio, etc.

10 Listas y sangrías

Otros elementos que nos permiten modificar el formato del texto de nuestras páginas web son las sangrías y las listas. Con las sangrías podemos sangrar un párrafo de texto creando un margen adicional por ambos lados. Para crear una sangría utilizaremos el botón , y para anularla, el botón .

Bloque A. Creación de una página web

Además, podemos crear listas ordenadas con el botón  y listas sin ordenar con el botón . También podemos emplear las listas y las sangrías para conseguir listas anidadas.



Espacio dejado a ambos lados al aplicar la sangría al párrafo

Vamos a realizar un ejemplo para comprobar el funcionamiento de estos formatos. Este consistirá en crear una página como la siguiente:

1. Creamos un documento HTML en blanco y colocamos como título de nuestra página *Segundo ejemplo*.
Tecleamos el encabezado y pulsamos <Enter>. Escribimos el texto del primer párrafo y al final pulsamos de nuevo <Enter>. Tecleamos el texto *Ciclos formativos* y el siguiente párrafo.
2. Seleccionamos el primer encabezado y le asignamos formato **Encabezado 1**.
3. Marcamos el primer párrafo y establecemos alineación justificada con el botón . Elegimos como fuentes el conjunto Arial, etc.
4. Seleccionamos el texto *Ciclos formativos* y le asignamos formato **Encabezado 2**.
5. Seleccionamos el siguiente párrafo y establecemos alineación justificada, igual que con el primer párrafo. Después hacemos clic en el botón  para crear la sangría.
Podemos observar cómo el texto amplía su margen tanto por la izquierda como por la derecha. Seleccionamos como fuentes el conjunto Arial, etc.

6. Pulsamos Enter después del último párrafo y hacemos clic en el botón de listas ordenadas . Aparecerá el número 1 para la primera línea. Tecleamos *Ciclos de informática* y pulsamos <Enter>, automáticamente aparece un 2 al mismo nivel del 1 anterior.

7. Para aumentar el nivel haremos clic en el botón  y se crea una sangría apareciendo de nuevo el valor 1. Tecleamos el texto *Administración de sistemas informáticos* y pulsamos <Enter>, aparecerá un 2, tecleamos el nombre del siguiente ciclo y pulsamos <Enter>, aparecerá un 3. Para volver al primer nivel haremos clic sobre el botón  y nos aparecerá un 2 en primer nivel de la lista.

8. Realizamos la misma operación para el resto de los elementos de la lista hasta conseguir nuestro objetivo.

11 Propiedades de la página

En cada uno de los documentos que creamos podemos cambiar una serie de parámetros que pueden mejorar el aspecto visual de nuestra página. Por ejemplo, si deseamos que todo el texto sea de un determinado color, la mejor solución no es ir cambiando el texto a medida que lo escribimos, sino establecer dicho color como valor por defecto para el texto. Pues bien, esto y otras cosas es lo que podemos conseguir con la opción del menú **Modificar / Propiedades de la página**.

En la ficha **Aspecto** podemos seleccionar el tipo de fuente que deseamos utilizar en la página, el tamaño por defecto que tendrá el texto de la página y el color del texto.



Aparece también un apartado nuevo de color, el color del fondo. Hasta ahora todos los ejemplos que hemos creado tenían el fondo en blanco; sin embargo, podemos seleccionar cualquier color como fondo de la página.

Bloque A. Creación de una página web

Debemos tener en cuenta que se deben utilizar colores suaves para el fondo, ya que un color fuerte puede hacer que el usuario no vuelva a visitar nuestra página. Además, entre el color del texto y el color del fondo debe haber un cierto contraste que nos permita leer el texto con claridad y sin esfuerzo.

También en la parte inferior vemos que podemos establecer márgenes para nuestra página. Dependiendo del tipo de página que estemos creando, a veces puede resultar interesante emplear estos márgenes, te animamos a colocar valores entre 0 y 100 y que observes el resultado obtenido al visualizar la página en el navegador.

Para aceptar los valores introducidos haremos clic en **Aceptar**, y pulsando la tecla F12 podremos observar cómo cambia el aspecto de nuestra página.

12 ¿Cómo añadir imágenes a nuestra página web?

Generalmente, los elementos que consiguen que nuestra página sea más atractiva son las imágenes. Al introducir imágenes, además de mejorar el aspecto estético, proporcionamos al usuario mayor información y la posibilidad de navegar a través de fotos, dibujos, etc., de forma que pueda encontrar la información que desea con mayor facilidad.

Antes de comenzar a trabajar con las imágenes debemos conocer cuáles son los tipos más empleados en las páginas web y para qué suele utilizarse cada uno de ellos.

Para conocer el tipo de una imagen, debemos fijarnos en la extensión que tiene su nombre. La extensión son los tres últimos caracteres que aparecen después del punto en el nombre de la imagen. Si al visualizar la carpeta donde tienes las imágenes no aparece la extensión en el nombre, podemos hacer que Windows nos la muestre haciendo clic en la opción del menú **Herramientas / Opciones de carpeta**.

En la ventana que sale seleccionaremos la ficha **Ver** y en el apartado **Configuración avanzada** buscaremos la opción *Ocultar las extensiones de archivo para tipos de archivo conocidos* y quitamos la marca con un clic. Para cerrar la ventana, hacemos clic en el botón **Aceptar**, y en la carpeta aparecerán los nombres de los archivos con su extensión.



Los tipos de archivo más empleados en las páginas web son jpg, gif y png.

- **Jpg.** Suele emplearse para incluir fotografías en las páginas web. La principal razón es que este formato comprime la información para que ocupe menos espacio.
- **Gif.** Este formato se utiliza para dibujos, caricaturas y similares. También es un formato comprimido, pero con menos calidad que el jpg, por ello no se emplea para fotografías. Además, tiene dos peculiaridades importantes:
 - 1.ª Nos permite crear animaciones para la web; es decir, permite incluir en un archivo un conjunto de imágenes que se van mostrando sucesivamente, lo que da un aspecto de animación, como los dibujos animados.



Imagen sin fondo transparente

Imagen con fondo transparente

Bloque A. Creación de una página web

2.^a Nos permite colocar un color como transparente, normalmente el color del fondo de la imagen, de forma que cuando nuestra página tiene un color de fondo, la imagen no aparece como un recuadro, sino como el dibujo que tengamos realizado.

- **Png.** También es un formato comprimido que puede emplearse tanto para fotografías como para dibujos y, además, nos permite colocar transparencias. La tendencia es que el png sustituya al formato gif, ya que ofrece mejor calidad con un mayor número de colores.

¿Quiere decir esto que no puedo incluir en una página web otros tipos de imagen? No, en una página se pueden incluir otros formatos de imagen, como por ejemplo los mapas de bits de Windows, típicos archivos bmp que se crean con el *Paint*, pero no son recomendables, ya que generalmente no son formatos comprimidos y la transmisión de los mismos a través de la red es mucho más lenta al tener un tamaño mayor.

Tal como comentamos al principio, todos los recursos que vayamos a utilizar en nuestra página deben estar en la carpeta de nuestro sitio o en alguna subcarpeta que dependa de esta.

Es aconsejable crear una carpeta con el nombre *imagen* y dentro de ella colocar los archivos que contienen las imágenes que vamos a incorporar a nuestra web. Si el número de archivos gráficos que vamos a manejar es

numeroso, podemos colocar varias subcarpetas dentro de la carpeta *imagen* para agruparlos según el criterio que consideremos oportuno.

Colocar los archivos en estas carpetas debe ser un paso previo a insertarlas en nuestra página. Bastará con seleccionarlas en el lugar donde se encuentren y copiarlas en la carpeta imagen o en la subcarpeta correspondiente.

Para insertar una imagen, bastará con situar el cursor en el lugar donde deseamos colocarla y elegir la opción del menú **Insertar / Imagen**. Aparecerá una ventana donde podremos seleccionar el archivo que contiene la imagen que vamos a utilizar. Para terminar, haremos clic en el botón **Aceptar**.

Después, aparecerá una ventana en la que podemos seleccionar el texto alternativo. Este texto es el que se mostrará como una leyenda cuando situemos el puntero del ratón sobre la imagen durante unos segundos. También lo podemos introducir o modificar a través del panel **Propiedades** en el recuadro de texto **Alt**.



En el área de trabajo de *Dreamweaver* aparecerá la imagen que hemos seleccionado. Si estamos trabajando con fotos, es muy posible que la foto ocupe prácticamente todo el área de trabajo o más, tal como se muestra en la pantalla.

La carpeta debe estar dentro de la carpeta principal de nuestro sitio web

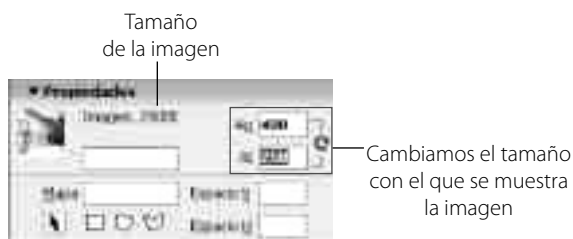
Tamaño de la imagen seleccionada



Esto es debido a que las cámaras digitales consiguen unas fotos de mucha calidad, bastante más de la que se

Bloque A. Creación de una página web

necesita en una página web. Se suelen dar estas grandes dimensiones en las fotos para poder imprimirlas con gran calidad y en formatos de gran tamaño. Para cambiar el tamaño con el que se muestra la imagen en el área de trabajo bastará con seleccionar la imagen y en la ventana propiedades modificar los campos **An** (Ancho) y **Al** (Alto), teniendo en cuenta que estas dimensiones son píxeles o puntos de la pantalla.



También podemos seleccionar la imagen y utilizar los puntos de control que aparecen a su alrededor para cambiar el tamaño con clic y arrastre del ratón.



Debemos tener en cuenta que con esta operación sólo se cambia el tamaño con el que se mostrará la imagen, pero no se modifica el tamaño de la imagen original.

Dreamweaver nos informa del tamaño de la página, incluyendo todos los archivos insertados en ella, y del tiempo que tardaría en visualizarse en el navegador en función de la conexión que tenga el usuario. Normalmente, nos ponemos en el peor de los casos y seleccionamos una conexión de 56K de red telefónica básica, aunque cada vez es menos utilizada.

El tipo de conexión se puede cambiar con la opción del menú **Edición / Preferencias**. Seleccionamos la categoría **Barra de estado** y en la parte inferior podemos elegir la velocidad de conexión. Para terminar, haremos clic en el botón **Aceptar**.



La solución de modificar el tamaño con el que se va a mostrar la imagen no es la mejor, ya que si la reducción del tamaño es grande, la calidad de la imagen se ve afectada y, además, como no cambia el tamaño de la imagen original, la transmisión de la misma será lenta. Lo ideal es que el tamaño de la imagen que insertamos en nuestra página sea el mismo que el que vamos a mostrar, eso facilitará que se vea con más calidad y que su transmisión sea más rápida.

Este cambio de tamaño de la imagen se puede modificar con cualquier programa gráfico, como *Adobe Photoshop*, *Corel Photopaint*, etc., sin embargo, en la nueva versión de *Dreamweaver* que estamos utilizando también se incluye una utilidad que nos permitirá realizar esta operación.

13 ¿Cómo optimizar las imágenes de nuestra página?

Para optimizar nuestras imágenes bastará con insertarlas en nuestra página y mediante el ratón, o bien con los cuadros de texto **An** y **Al** del panel de propiedades, colocar el tamaño con el que deseamos que se muestre la imagen. Después, seleccionaremos la imagen y haremos clic en el botón  (**Optimizar...**) del panel de propiedades.

Antes de continuar debemos conocer que todos los cambios que realicemos mediante este proceso de optimización se efectuarán sobre el archivo de la imagen

Bloque A. Creación de una página web

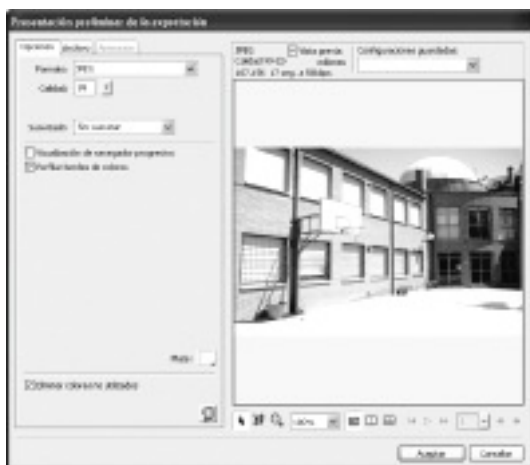


Botón **Optimizar**

que hemos seleccionado; es decir, si reducimos el tamaño de la imagen, se modificará el archivo haciéndola más pequeña. Por ello aconsejamos siempre trabajar con copias de las imágenes, sobre todo de las fotografías, ya que si trabajamos sobre el original podríamos modificar su calidad de tal forma que aunque se vea estupendamente en el monitor en nuestra página web, si después deseamos imprimirla obtendremos una imagen muy pequeña o con una calidad deficiente.

Por ello insistimos que los recursos con los que trabajemos para crear nuestra página deben ser copias, nunca los originales.

Al hacer clic sobre el botón **Optimizar** aparecerá una nueva ventana con la imagen seleccionada. Si tenemos marcada la casilla de verificación **Vista previa** podremos observar cómo afectan los cambios realizados.



Para nuestro ejemplo partimos de una fotografía del patio del centro. Tal y como se vio en el panel de propiedades al insertar la imagen, el tamaño de la misma es de 2 400 Kilobytes. Como hemos ajustado el tamaño con el que se va a mostrar en la página (400 píxeles de ancho por 250 de alto), al optimizar, *Dreamweaver* considera que ese es nuestro tamaño óptimo y en la ficha **Archivo** podemos observar cómo coloca esos valores para el nuevo tamaño de la imagen.

En la parte superior derecha, sobre la imagen, podemos observar cuál será el nuevo tamaño de nuestra imagen, en este caso pasará a 107,15 Kilobytes. Solo con este paso hemos conseguido reducir más de veinte veces su tamaño original.

Después, haremos clic sobre la ficha **Opciones** y en la lista desplegable **Configuraciones guardadas**, seleccionamos el elemento **JPEG – Calidad superior**. Automáticamente se colocará en el cuadro calidad un valor de 80 y veremos cómo se reduce el tamaño de nuestra imagen a 19,69 Kilobytes, unas 130 veces más pequeña que la imagen original.



Lo más importante no es que el archivo ocupe menos espacio, que sí importa, sino que al usuario la imagen le llegará 130 veces más rápido, con lo cual no le resultará aburrido estar viendo cómo se carga la página, ya que será casi instantáneo.

Proponemos como práctica que, en lugar de elegir una configuración predeterminada, se pruebe a variar la calidad con valores el 70, al 60, al 50, etc. Y utilizar la opción de suavizado que intentará disimular la deficiente calidad de la imagen, difuminando los bordes que aparecen en la misma.

Bloque A. Creación de una página web

14 ¿Cómo seleccionar parte de una imagen?

En muchas ocasiones realizamos fotografías que captan mucho más que aquello que nos interesa. Pues bien, cuando queremos mostrar esa imagen en la web puede resultarnos útil poder seleccionar solamente una parte de la fotografía capturada. Para ello, disponemos del botón de recorte .

El proceso consiste en insertar la imagen en nuestra página web del modo habitual (menú **Insertar / Imagen**); seleccionamos después la imagen y hacemos clic sobre el botón recorte en el panel *Propiedades*.

Nos aparecerá sobre la imagen un área de selección. Haciendo clic y arrastre en el centro de dicha área podemos moverla por toda la imagen hasta situarla sobre nuestro objetivo de recorte.



El siguiente paso será ajustar el tamaño del área de recorte. Para ello, situaremos el ratón sobre uno de los puntos de control de dicha área y, haciendo clic y arrastre sobre él, modificaremos el tamaño del área, hasta conseguir el deseado.

Para terminar bastará con pulsar la tecla <Enter> o volver a hacer clic sobre el botón de recorte . En nuestra página aparecerá como imagen el área que hemos seleccionado. Hay que tener en cuenta que esta operación, al igual que la optimización, modifica el archi-

vo desde el que se ha insertado la imagen en la página web.



15 ¿Cómo mejorar nuestras imágenes?

Para los que no somos fotógrafos expertos, cualquier herramienta que nos permita mejorar el aspecto de nuestras imágenes es de gran ayuda. *Dreamweaver* incorpora también una herramienta para variar el brillo y el contraste de las imágenes que insertamos en la página web. Para ello, bastará con seleccionar la imagen y hacer clic en el botón  (brillo y contraste) del panel *Propiedades*.

Aparecerá una ventana con dos barras de deslizamiento, una para el brillo y otra para el contraste. Haciendo clic y arrastrando podemos modificar ambos valores. Es recomendable tener activada la casilla de verificación *Vista previa* para que podamos observar sobre la imagen los cambios que estamos realizando. Una vez alcanzados los valores deseados, bastará con hacer clic sobre el botón **Aceptar** para que sean aplicados de forma permanente.



De forma similar disponemos también del botón  (perfilar), que nos permitirá resaltar los bordes de nuestras imágenes dando aspecto de mayor nitidez. Para utilizarlo bastará con seleccionar la imagen y hacer clic sobre dicho botón. Aparecerá la ventana *Perfilado*, en la

Bloque A. Creación de una página web

que podremos seleccionar el nivel de perfilado que deseamos aplicar.



Igual que en el caso anterior, si tenemos activada la casilla de *Vista previa* podremos ver sobre la imagen el efecto del perfilado que hemos seleccionado. Cuando alcancemos el valor deseado, bastará con hacer clic sobre el botón **Aceptar** para que se aplique de forma permanente.

Alineación y bordes en las imágenes

En ocasiones, sobre todo cuando tenemos un color de fondo, puede ser interesante rodear nuestras imágenes, sobre todo las fotografías, con un borde. Para ello disponemos en la ficha *Propiedades del cuadro de texto* de la opción *Borde* en el cual colocaremos un valor igual o mayor que 1, que indicará el ancho del borde en píxeles. Proponemos como práctica probar diferentes anchos de borde: 1, 5, 10, 15..., para ver el resultado final.



La alineación horizontal de las imágenes funciona igual que la de los párrafos, bastará con utilizar los botones  para alinearla a la izquierda, centro o derecha, respectivamente. Sin embargo, si la imagen está en medio de un párrafo sí que debemos tener en cuenta la lista desplegable *Alinear* del panel *Propiedades*.



Las primeras opciones de esta lista indican cómo debe situarse la línea de texto con respecto a la imagen. Por defecto, el valor *Predeterminado* suele ser en la parte inferior de la imagen; si seleccionamos *Superior*, se coloca junto a la parte superior de la imagen, y si seleccionamos *Medio*, se centra verticalmente respecto a la imagen.

Sin embargo, estos tipos de alineación no son los más atractivos. Lo que más suele gustar es que el texto pueda rodear a la imagen, al igual que hacemos con un procesador de texto. Para ello, las alineaciones que debemos utilizar son *Izquierda* o *Derecha*.



Alineación del texto Justificada y de la imagen Izquierda

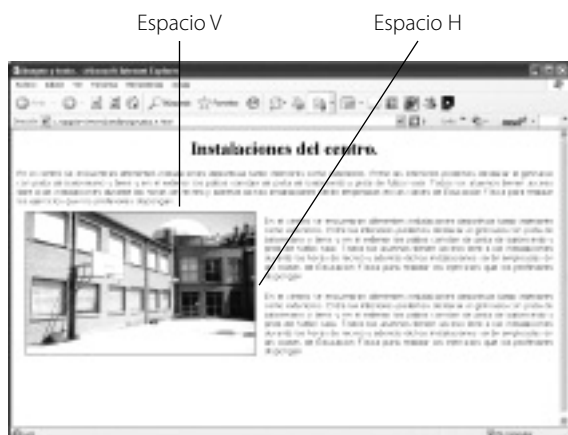
Al utilizar este tipo de alineación el texto de los párrafos entre los que se encuentra la imagen se ajustará de forma automática. Este ajuste es total, con lo cual no queda espacio entre el texto y la foto, y puede no resultar muy estético.

Para separar ambos elementos contamos en el panel *Propiedades* de los cuadros de texto *Espacio V*, que marca la distancia en puntos entre el texto que hay sobre la imagen y la parte superior de esta, e igualmente por la parte inferior, y el cuadro de texto *Espacio H*, que marca la distancia en puntos entre el texto y la parte izquierda o derecha de la imagen, según la alineación seleccionada.



Espacio vertical y horizontal entre la imagen y el texto

Bloque A. Creación de una página web



Para practicar este apartado proponemos realizar una página web con un texto largo (si no se quiere escribir mucho sirve con teclear un párrafo y copiarlo las veces que sea necesario) y después insertar en él tres fotografías optimizándolas para conseguir un equilibrio entre la calidad que deseamos y la cantidad de información que se transmitirá al visitar dicha página web.



16 ¿Cómo poner imágenes de fondo?

Otra de las operaciones que podemos hacer con una imagen es colocarla como imagen de fondo de la página web que estamos creando. Debemos tener en cuenta que las imágenes que coloquemos como fondo nos deben permitir leer cómodamente el contenido de nuestra página, por ello se suelen utilizar imágenes con transparencias, con tonos claros, cuando el texto es oscuro, o imágenes oscuras, cuando el texto se coloca en blanco o colores claros.

Para colocar una imagen como fondo, utilizaremos la opción del menú **Modificar / Propiedades de la página**, y seleccionamos la categoría **Aspecto**. En el cuadro de texto *Imagen de fondo* debemos indicar la ruta del archivo que contiene la imagen que vamos a utilizar. Lo más sencillo es hacer clic en el botón **Examinar...**, y seleccionar la imagen de la carpeta correspondiente.



Además, en la lista desplegable *Repetir* debemos seleccionar cómo deseamos que se muestre la imagen elegida. Si marcamos no repetir, se mostrará una sola vez en la parte superior izquierda de la página.

Si seleccionamos repetir, opción más común, se repetirá la imagen por toda la página cubriendo el fondo. Si marcamos *repetir x*, solo se repetirá en horizontal y con *repetir y*, solo se repetirá en vertical. Proponemos probar estos valores y comprobar las posibilidades que ofrecen, en función de la imagen que se desee colocar como fondo.



Imagen de fondo con la opción repetir

Bloque A. Creación de una página web

17 ¿Cómo crear enlaces entre páginas?

Hasta ahora solo hemos creado páginas individuales; sin embargo, la gran ventaja de Internet es que nos permite pasar de una página a otra con un simple clic. Esto se consigue gracias a los enlaces o hipervínculos insertados en las páginas web. Un enlace se puede hacer a partir de un texto o a partir de una imagen, y ambas formas son muy similares.

Debemos tener en cuenta que cuando creamos un enlace a otra página debemos indicar cuál es dicha página y la forma de acceder a ella. Generalmente, cuando se trata de otra página de nuestro sitio web se utilizan rutas relativas, mientras que cuando hacemos referencia a una página de otro sitio será necesario indicar la ruta absoluta, empezando por el `http://` y toda la dirección.

Para crear los enlaces, recomendamos que previamente estén creadas las páginas de nuestro sitio a las que vamos a hacer referencia en los enlaces.

Vamos a comenzar creando un enlace desde un texto que hayamos tecleado en nuestra página. En la imagen adjunta vamos a hacer que cuando el usuario haga clic sobre el texto *Proyecto educativo* se visualice en pantalla la página `pec.html` de nuestro sitio web. Para ello, realizaremos los siguientes pasos:

1. Seleccionamos el texto del enlace en la página web, *Proyecto educativo*.

Seleccionamos el texto del enlace



2. En la ventana *Propiedades* en el cuadro de texto *Vínculo* hacemos clic en la , que aparece a su derecha.

3. Se abrirá la ventana *Seleccionar archivo* para que seleccionemos el archivo que se abrirá al hacer clic sobre el enlace. En nuestro caso `pec.html`, y hacemos clic sobre el botón **Aceptar**.



Podemos observar cómo el cuadro *Vínculo* se ha rellenado automáticamente con el nombre del archivo seleccionado.



Archivo que se abrirá al hacer clic sobre el enlace

Para probar si funciona nuestro vínculo, bastará con guardar la página y pulsar F12 para visualizarla en el navegador. El texto *Proyecto educativo* aparecerá subrayado y en color azul, indicando que es un enlace. Si hacemos clic sobre él, aparecerá en el navegador la página del proyecto educativo seleccionada anteriormente.

Aunque esta forma de crear los enlaces es sencilla, *Dreamweaver* nos ofrece otra manera de crearlos aprovechando el panel de archivos del sitio. Vamos a crear el enlace de *Departamentos* a la página web `dpto.html`. Para ello, realizaremos los siguientes pasos:

1. Seleccionamos el texto del enlace en la página web, ahora *Departamentos*.
2. Hacemos clic sobre el señalador de archivos  situado a la derecha del cuadro de texto *Vínculo*, y sin soltar el botón del ratón lo arrastramos hasta el archivo correspondiente, en este caso `dpto.html` en el panel de archivos, y soltamos.

Si el proceso se ha realizado correctamente, en el cuadro de texto *Vínculo* se habrá colocado el nombre del archivo sobre el que hemos soltado el ratón, y el enlace estará creado.

Bloque A. Creación de una página web



Señalador de archivos.

En ambos casos el enlace que hemos creado ha sido a una página de nuestro sitio web. Si lo que queremos es crear un enlace a una página que no es nuestra, lo único que necesitamos conocer es su dirección de Internet (URL) y teclearla completa (incluido el prefijo `http://`) en el cuadro de texto *Vínculo*.

Por ejemplo, supongamos que desde una de nuestras páginas deseamos crear un enlace al buscador Google, para ello:

1. Teclearemos en la página el texto que indica que con un clic pasaremos al buscador.
2. Seleccionamos dicho texto.
3. Nos vamos al cuadro de texto *Vínculo* y en él tecleamos la URL de Google, por ejemplo, `http://www.google.es`.
4. Si guardamos nuestra página y pulsamos F12, veremos el resultado en el navegador, y con un clic sobre el texto **Busca en Google** nos aparecerá en el navegador la página de Google en español.



Texto del enlace

Tecleamos la URL completa de la página a la que vamos a acceder.

Todo ha funcionado correctamente y desde nuestra página hemos accedido a otra página externa, en este caso el buscador Google. Sin embargo, nos debemos fijar en un detalle: al hacer clic sobre el enlace, nuestra página es sustituida por la de Google.

Es muy posible que después de hacer la búsqueda quiera volver a nuestra página y, sin embargo, no la tendrá disponible a no ser que vuelva a teclear nuestra dirección web, algo que a los internautas no les hace ninguna gracia.

Lo ideal es que cuando se realice el clic sobre el enlace, se abra el navegador en otra ventana nueva y que también la nuestra permanezca abierta, por si el usuario desea continuar consultando cosas en nuestro sitio.

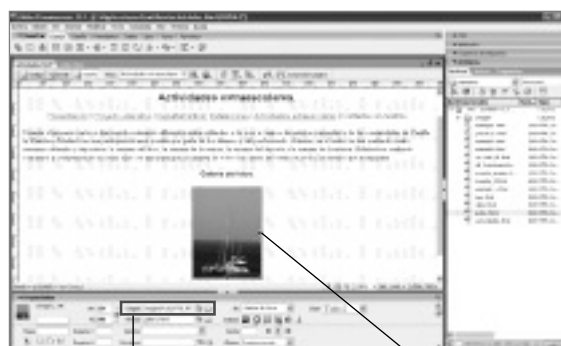
La forma de conseguir esto es muy sencilla: a la hora de crear el enlace, después de teclear la URL en el cuadro de texto *Vínculo*, en la parte inferior, en la lista desplegable *Dest*, seleccionamos la opción `_blank`.



Para abrir el Vínculo en una nueva ventana

Si en lugar de crear el enlace desde un texto de la página web deseamos crearlo desde una imagen, el proceso es el mismo: seleccionamos la imagen y en el panel *Propiedades* disponemos del cuadro de texto *Vínculo* y las herramientas  y  para seleccionar el archivo que se abrirá al hacer clic sobre la imagen.

Si guardamos nuestra página y pulsamos F12, podremos observar que la imagen se rodea de un borde azul, que indica que es un enlace; bastará hacer clic sobre ella para acceder a la página indicada en el vínculo.



Seleccionamos el archivo del enlace

Seleccionamos la imagen que se utilizará como enlace

Bloque A. Creación de una página web

18 ¿Cómo crear enlaces en la misma página?

Cuando el contenido de una página es muy extenso, se suele poner al comienzo de la misma un índice que nos lleve directamente a los diferentes apartados que contiene. Esto facilita la navegación y ofrece al usuario la posibilidad de localizar rápidamente lo que busca.

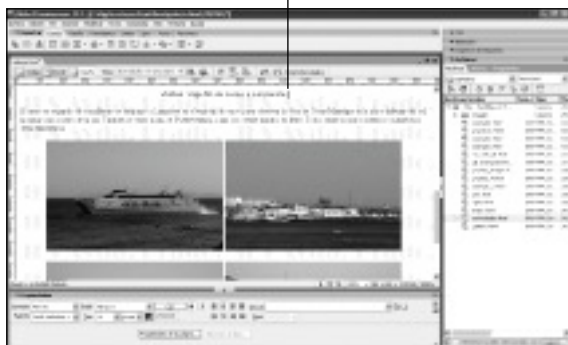
En nuestro ejemplo vamos a crear una página con la galería de fotos de las actividades extraescolares realizadas en el centro. Para ello, se ha creado una línea que nos permitirá acceder directamente a cada uno de los apartados que se incluyen en la página con un solo clic.

Para conseguir esto, necesitamos crear previamente un anclaje o punto de fijación para cada uno de los puntos de la página a los que vamos a acceder desde cada enlace.

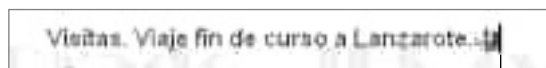
Para realizar esta operación nuestra recomendación es crear primero la página; después, los anclajes, y por último, los enlaces a los anclajes.

La forma de crear un anclaje es sencilla, para ello situamos el punto de inserción justo donde deseamos crear el anclaje y seleccionamos la opción del menú **Insertar / Anclaje con nombre**.

Situamos el punto de inserción donde vamos a colocar el anclaje.



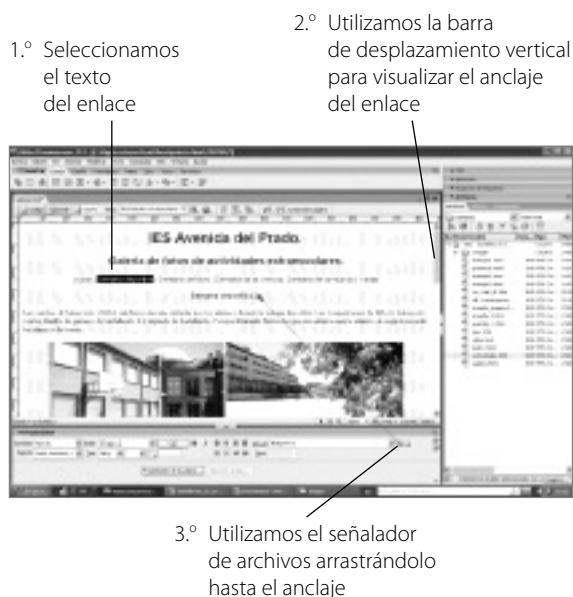
Aparecerá una ventana solicitando el nombre del anclaje, y lo tecleamos. El nombre no puede tener espacios en blanco, acentos o caracteres especiales, y siempre debe comenzar por una letra, aunque también puede contener números. Para continuar hacemos clic en el botón **Aceptar**, en ese momento aparecerá un icono con un ancla indicando el anclaje que acabamos de crear.



Anclaje con nombre

Una vez creados todos los anclajes solo nos falta crear los enlaces que nos van a llevar hasta ellos. La forma de hacerlos es muy similar a la de los enlaces entre páginas:

1. Seleccionamos el texto del enlace.
2. Desplazamos la página, sin hacer clic sobre el área de trabajo para no quitar la selección (usamos la barra de desplazamiento vertical), hasta visualizar el anclaje al que vamos a crear el enlace.
3. Utilizamos el señalador de archivos arrastrando con el ratón hasta el anclaje correspondiente.



También podemos crear el enlace seleccionando el texto del enlace y tecleando directamente el nombre del anclaje precedido de una almohadilla en el cuadro **Vínculo**, por ejemplo, **#libro**.

Ambas formas son igualmente válidas, recomendamos utilizar la más cómoda y rápida.

Bloque A. Creación de una página web

19 ¿Cómo crear otros enlaces?

Además de los enlaces a otras páginas, con frecuencia se emplean enlaces de correo electrónico o enlaces a otros tipos de documentos, como archivos pdf, documentos de Word, presentaciones de PowerPoint, etc.

La forma de crear este tipo de enlaces es muy parecida a las vistas anteriormente.

- **Enlace de correo electrónico.** Generalmente, este tipo de enlaces se emplea para indicar una dirección de correo electrónico a la que enviar algún tipo de información de contacto. Para crear un enlace de este tipo seguimos estos pasos:

1. Situamos el punto de inserción en el lugar donde queremos colocar el enlace; si ya tenemos el texto del enlace escrito en la página web, lo seleccionamos.
2. Utilizamos la opción del menú **Insertar / Vínculo de correo electrónico**. Aparecerá una ventana en la que se solicita el texto del enlace y la dirección de correo electrónico del mismo. Hacemos clic en el botón **Aceptar**.



3. Una vez creado el enlace guardamos la página y pulsamos F12. La página se mostrará en el navegador y al hacer clic sobre el texto del enlace que hemos creado se ejecutará el programa de correo electrónico que esté instalado en nuestro ordenador.
4. Se abrirá una nueva ventana en la que escribiremos el nuevo mensaje, cuyo destinatario será la dirección de correo que hemos indicado en el enlace.



- **Enlaces a otros documentos.** Para crear un enlace a otros documentos habituales de la web, como los pdf, presentaciones PowerPoint, etc., el proceso es igual que el de crear un enlace entre páginas.

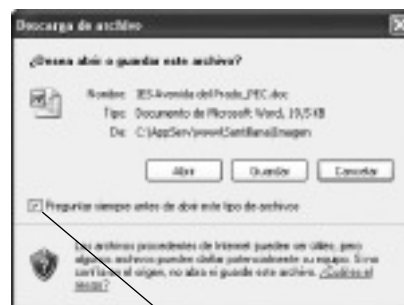
Lo más importante es tener en cuenta que el documento al que se hace referencia se debe colocar dentro de la carpeta de nuestro sitio, bien en la misma carpeta o en una subcarpeta que cuelgue de ella. Si el número de documentos de ese tipo es grande, podría ser interesante crear una subcarpeta dentro del sitio para ese tipo de archivos.

Para crear el enlace, primero seleccionaremos el texto o la imagen en la página web, después haremos clic en , y por último seleccionamos el nombre de archivo al que vamos a crear el enlace.



Este enlace hace referencia a un documento pdf.
Al hacer clic sobre él se abrirá el documento

Si en lugar de ser un archivo pdf fuera un tipo de archivo zip, doc, xls, etc., puede aparecer una nueva ventana en la que se nos dará opción a guardar el archivo en nuestro ordenador, o bien abrirlo para visualizarlo en el navegador, tal como aparece en la imagen.



Si quitamos esta marca, los archivos se abrirán directamente sin preguntar

Bloque A. Creación de una página web

20 ¿Cómo cambiar los colores de los enlaces?

Como se ha observado, independientemente del color del texto de nuestra página, cuando seleccionamos un texto y lo convertimos en un enlace, el color de dicho texto pasa a ser azul y aparece subrayado. Después de visitar ese enlace, si volvemos a la página veremos que el color ha cambiado y aparece en color morado, indicándonos que el enlace ya ha sido visitado.

Para cambiar el color de los enlaces podemos utilizar la opción del menú **Modificar / Propiedades de la página**. En la nueva ventana seleccionaremos la categoría *Vínculos* y podremos elegir el tipo de fuente que tendrá el texto de los enlaces, el tamaño del texto, el color del vínculo y el de los vínculos visitados, etc.



Además, en la lista desplegable *Estilo subrayado* podemos seleccionar el tipo de subrayado y el comportamiento del mismo.

Una vez seleccionada la nueva configuración bastará con hacer clic en el botón **Aceptar**, guardar la página y pulsar F12 para ver el efecto de los nuevos colores.

21 ¿Cómo comprobar los vínculos de nuestra página?

Dreamweaver nos permite verificar si los enlaces de las páginas de nuestro sitio web son correctos. Esta es una operación muy útil antes de subir nuestra página al servidor, ya que nos permitirá detectar posibles problemas en los vínculos y ver aquellos archivos que no son empleados en nuestras páginas.

La comprobación de nuestros vínculos se realiza de tres formas:

- **Vínculos rotos.** Son vínculos que referencian a archivos de nuestro sitio web que no existen.
- **Vínculos externos.** Muestra los vínculos que hacen referencia a páginas de otros sitios web diferentes al nuestro.
- **Archivos huérfanos.** Son archivos que existen en nuestro sitio web y que no son referenciados en ningún enlace; es decir, archivos no utilizados en las páginas que hemos creado.

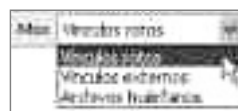
Para comprobar los vínculos, debemos emplear la opción del menú **Sitio / Comprobar vínculos en todo el sitio**. En la parte inferior de la ventana aparecerá el panel *Resultados*, en el que podremos ver la comprobación.



Archivo en el que se encuentra el vínculo roto

Vínculo que no se encuentra en el sitio web

En la lista desplegable *Mos* podemos seleccionar el tipo de vínculos que queremos comprobar, y con el menú  podemos seleccionar si deseamos realizar la comprobación de todo el sitio web, solo de la página actual, o de un conjunto de archivos seleccionados.



Al realizar la comprobación se mostrará el archivo encontrado y el error en el caso de que exista.

Bloque A. Creación de una página web

22 Nuevos elementos para crear enlaces

Además del texto de nuestra página y de las imágenes que incorporamos a ella, *Dreamweaver* nos permite añadir otros elementos más espectaculares para crear enlaces. Entre ellos podemos destacar:

- **Imagen de sustitución.** Para crear este elemento necesitaremos dos imágenes del mismo tamaño. En este enlace, al visualizar la página en el navegador, se mostrará la primera de las imágenes y al situar el puntero del ratón sobre ella, esa imagen será sustituida por la segunda imagen. Al hacer clic sobre ella iremos al vínculo indicado al crear el enlace.

Para crear este tipo de enlace necesitamos disponer de las dos imágenes que vamos a utilizar. Una vez estén copiadas dentro de la carpeta de nuestro sitio web seguimos estos pasos:

1. Situamos el punto de inserción en el lugar donde vamos a situar el enlace.
2. Seleccionamos la opción del menú **Insertar / Objetos de imagen / Imagen de sustitución**. Aparecerá la ventana *Insertar imagen de sustitución*, donde podemos colocar un nombre a la imagen, o bien dejar el que aparece por defecto.

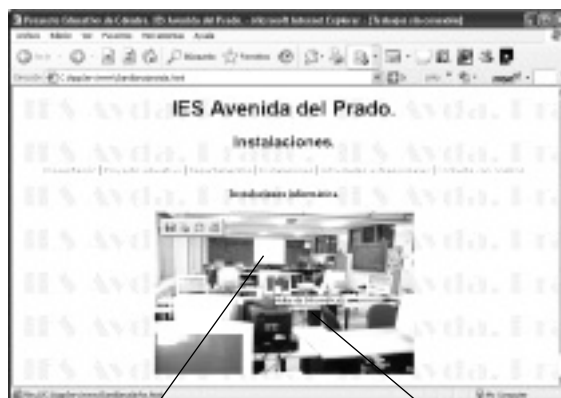


3. En *Imagen original* debemos indicar la ruta de la imagen que se mostrará inicialmente en la página web. Para seleccionarla podemos utilizar el botón **Examinar**.
4. En el campo *Imagen de sustitución* seleccionamos la ruta del archivo que se va a mostrar al situar el ratón sobre la imagen.
5. En *Texto alternativo* tecleamos la leyenda que se mostrará al situar el ratón sobre la imagen durante un tiempo.
6. En el último cuadro de texto indicamos la página o URL a la que accederemos al hacer clic sobre la imagen.

7. Una vez creado, guardamos el documento y pulsamos F12 para probarlo. Inicialmente se mostrará la imagen original y al situar el ratón sobre ella aparecerá la imagen de sustitución.



Imagen de sustitución.
Inicialmente se muestra
la imagen original



Al situar el puntero del ratón encima se cambia la imagen y aparece la imagen de sustitución

Si mantenemos el puntero del ratón sobre la imagen durante unos instantes, se mostrará el texto alternativo

- **Botones flash.** *Dreamweaver* ofrece una colección de botones, algunos de ellos animados, en los que podemos colocar un texto y una dirección de Internet, de forma que al hacer clic sobre el botón nos lleve al lugar indicado.

Para insertar un botón flash necesitamos haber guardado previamente la página web en la que estamos trabajando. Después, daremos los siguientes pasos.

Bloque A. Creación de una página web



1. Situamos el punto de inserción en el lugar donde vamos a colocar el botón y seleccionamos la opción del menú **Insertar / Media / Botón flash** (cuidado, hay una opción que es solo *Flash* y es diferente).
2. En la lista *Estilo* seleccionaremos el modelo de botón que vamos a utilizar. En el cuadro *Texto* del botón seleccionaremos el texto que se va a mostrar en el interior del botón al visualizar la página web. Para ese texto podemos seleccionar el tipo de fuente y su tamaño.
3. En el cuadro de texto *Vínculo* debemos indicar la ruta del archivo al que hace referencia el enlace, lo más cómodo es emplear el botón **Examinar...** para seleccionarlo.
4. Si deseamos que la página a la que hace referencia el enlace aparezca en una nueva ventana, podemos emplear la lista desplegable *Destino*.
5. Si nuestra página tiene color de fondo, debemos seleccionar el mismo color en el apartado *Color de fondo*, de forma que el botón no tenga un borde blanco a su alrededor.
6. El último campo es *Guardar como...*, cada botón se guarda en el sitio web como un archivo. Recomendamos dejar el nombre que pone por defecto *Dreamweaver* en este campo. Para crear el botón bastará con hacer clic en el botón **Aceptar**.

Si necesitamos modificar los datos de un botón flash, bastará con hacer doble clic sobre él para editarlo.



Botón flash

- **Texto flash.** Consiste en un enlace formado por un texto que cambia de color al situar el ratón sobre él y si hacemos clic nos lleva a una dirección de Internet indicada.

Para insertar un texto flash necesitamos haber guardado previamente la página web en la que estamos trabajando. Después, seguimos estos pasos:

1. Situamos el punto de inserción en el lugar donde vamos a colocar el texto y seleccionamos la opción del menú **Insertar / Media / Texto flash** (cuidado, hay una opción que es solo *Flash* y es diferente).
2. Aparecerá la ventana *Insertar texto flash*, y en ella debemos seleccionar el tipo de fuente a utilizar para el texto y el tamaño del mismo. Además, podemos establecer el estilo, negrita o cursiva, y la alineación, izquierda, centrada o derecha.



Bloque A. Creación de una página web

3. Seleccionaremos el color inicial del texto en el campo *Color* y también el *Color de sustitución*, que será el que aparezca cuando se sitúe el puntero del ratón sobre el texto.
4. En el cuadro de texto *Vínculo* indicamos la ruta de la página a la que pasaremos al hacer clic sobre el texto; para ello, podemos utilizar el botón **Examinar**. Igualmente, podemos emplear la lista desplegable *Destino* para seleccionar si deseamos abrir una nueva ventana del navegador.
5. El campo *Color de fondo* servirá para indicar el color de fondo del texto.
6. El último campo es *Guardar como...*, cada texto flash se guarda en el sitio web como un archivo. Recomendamos dejar el nombre que pone por defecto *Dreamweaver* en este campo.
7. Para crear el texto flash bastará con hacer clic en el botón **Aceptar**.

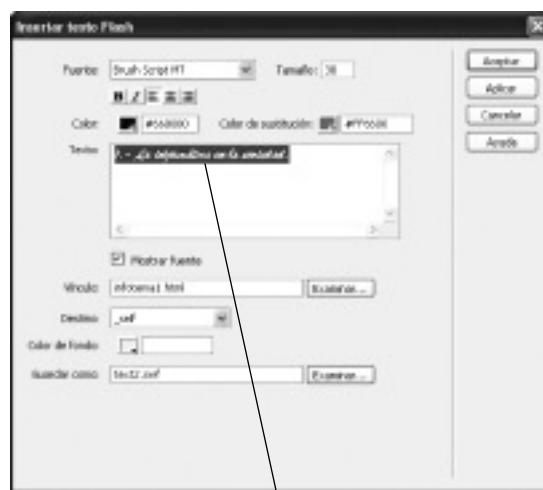
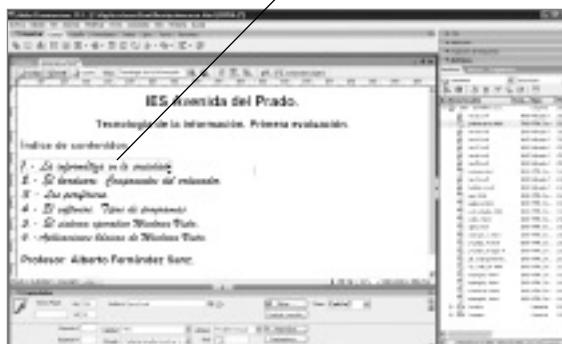


Texto flash

Si necesitamos modificar los datos de un texto flash bastará con hacer doble clic sobre él para editarlo.

Proponemos una pequeña práctica con lo que hemos visto hasta ahora. Se trata de realizar unas páginas web enlazadas entre sí. Para ello, vamos a crear una página inicial con el índice de los temas de la primera evaluación de cualquier materia, en nuestro caso hemos elegido Tecnología de la información. El título de cada uno de los temas de nuestro índice será un texto flash y con un clic sobre él pasaremos a una página con una breve descripción del contenido del tema seleccionado.

Texto flash. Con un clic pasaremos a una página con una breve descripción del tema 1



Texto flash para cada una de las opciones

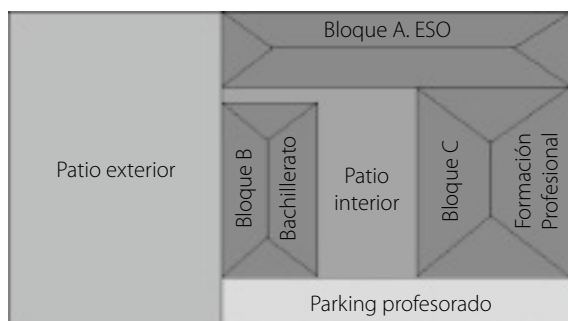
23 Mapas de imágenes

Los mapas de imágenes nos permiten seleccionar zonas de una imagen, y asignar a cada zona un texto alternativo y un enlace. Las regiones que podemos seleccionar son circulares, rectangulares y poligonales. Al situar el ratón sobre esa zona o región se mostrará el texto alternativo, y si hacemos clic pasaremos a la página indicada en el vínculo de dicha región.

Este tipo de elemento se suele utilizar para los mapas, aunque puede emplearse para cualquier tipo de imagen, en nuestro ejemplo vamos a indicar las zonas de un plano de nuestro centro.

Bloque A. Creación de una página web

Supongamos que nuestro instituto tiene la distribución mostrada en la imagen. Vamos a crear una página en la que se incluya la imagen, de manera que según sitúe el puntero del ratón en cada una de las zonas se muestre una leyenda indicando qué es, y si se hace clic en esa región, vayamos a la página correspondiente.



Seguiremos estos pasos:

1. Creamos una nueva página html con la opción **Archivo / Nuevo** del menú. Tecleamos el nombre del centro, colocamos un encabezado de tipo 1 y lo centramos.

Pasamos a la siguiente línea, tecleamos el texto *Plano del centro* y lo colocamos como encabezado de tipo 2 y centrado. Pasamos a la siguiente línea e insertamos la imagen del plano. Una vez insertada la imagen la seleccionamos y en el panel de propiedades de la imagen, en la parte inferior izquierda, encontraremos las herramientas para la creación de los mapas. Disponemos de tres herramientas, un rectángulo que nos permite crear zonas cuadradas o rectangulares, un círculo para las circulares y un polígono para crear otras formas poligonales.

Terminar la edición de un mapa

Creación de región poligonal

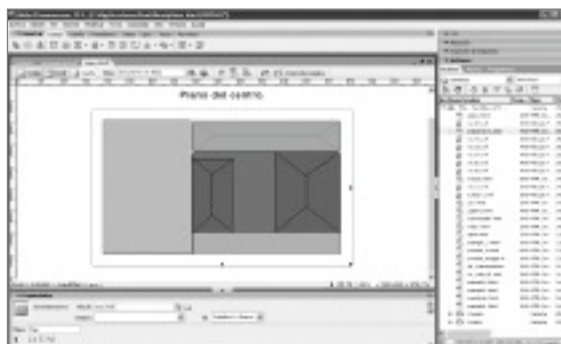
Creación de región rectangular

Creación de región circular



2. Primero vamos a crear el rectángulo correspondiente al bloque A. Para ello, seleccionamos la herramienta rectángulo y con el ratón hacemos clic en el vértice superior izquierdo del bloque y lo arrastramos hasta el vértice inferior derecho del mismo, marcando todo el bloque.

Al tener seleccionada la región, el panel de propiedades ha cambiado y ahora tenemos el cuadro de texto *Vínculo*, en el que tendremos que indicar la página a la que hay que ir cuando se haga clic sobre esta región y el campo *Alt*, donde teclearemos el texto que se mostrará al dejar el puntero del ratón sobre esta región durante unos instantes.



Para crear una región circular bastará con seleccionar la herramienta con un clic, hacer otro clic sobre la imagen y, sin soltar el botón, arrastrar el ratón hasta conseguir el círculo deseado.

Si la región no tiene ninguna de las formas anteriores seleccionaremos la herramienta polígono y haremos clic en el primer punto, después clic en el segundo, clic en el tercero y así sucesivamente. Cuando terminemos de crear la zona, haremos clic en el botón que tiene un puntero de ratón.



Si los puntos no han quedado exactamente como deseamos, no hay problema, bastará con seleccionar la región, y haciendo clic y arrastre sobre cualquiera de los puntos conseguiremos modificar el área.

Bloque A. Creación de una página web

Si lo que queremos es mover toda la región, bastará con hacer un clic en el interior y arrastrarla hasta el lugar deseado.

Por último, si deseamos eliminar una región, bastará con seleccionarla y pulsar la tecla suprimir <Supr>.

24 Las tablas

Hasta ahora todas las páginas que hemos creado han sido con contenidos secuenciales. Un texto, unas imágenes, unos botones, etc., todo seguido, uno a continuación del otro. Sin embargo, qué ocurre si queremos poner una imagen en la esquina superior izquierda de la página, otra en la derecha, otra en la inferior, etc.; realmente, con lo que conocemos hasta ahora, nos resultaría bastante complicado. Para superar esta dificultad vamos a estudiar la utilización de las tablas que nos permitirán establecer una distribución de los contenidos por todo el área de trabajo del navegador.

Debemos tener en cuenta que *Dreamweaver* nos permite trabajar con las tablas de dos formas: tablas estándar y tablas de diseño, veremos ambas y después aconsejamos utilizar el modo que resulte más cómodo. Para cambiar de un modo a otro utilizaremos la opción del menú **Ver / Modo de tabla / Tabla estándar** o bien **Ver / Modo de Tabla / Tabla de diseño**.

• Las tablas estándar

Para insertar una tabla en la página web, seguimos estos pasos:

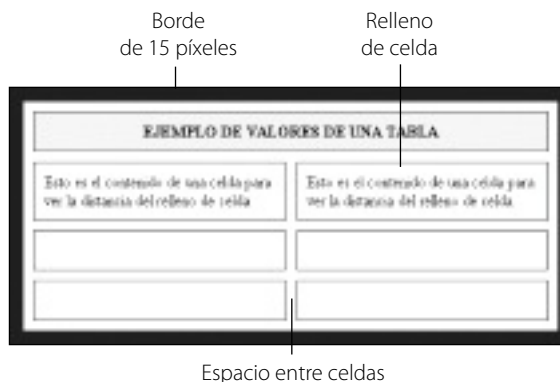
1. Comprobamos el modo de tabla en el que estamos trabajando, y establecemos el modo estándar.
2. Situamos el punto de inserción en el lugar donde vamos a colocar la tabla y seleccionamos la opción del menú **Insertar / Tabla**.
3. Aparece la ventana *Tabla*, en la cual debemos indicar el número de filas y de columnas que va a tener. Después, debemos indicar el ancho de la tabla, este valor puede darse en porcentaje respecto al ancho del área de trabajo de la ventana del navegador, o en píxeles, que será un ancho fijo independientemente del tamaño de la ventana del navegador.

En la imagen hemos seleccionado un ancho de la tabla que será el ochenta por ciento del ancho de la

ventana del navegador. De esta forma, si se redimensiona la ventana, también lo hará la tabla adaptándose automáticamente.



4. El grosor del borde de la tabla se refiere al ancho que tendrá el borde exterior de la tabla: con valor 0 los bordes de la tabla desaparecerán, no se visualizarán en el navegador, aunque en *Dreamweaver* aparecen como líneas punteadas para poder trabajar con la tabla.
5. El relleno de celda se refiere al espacio que hay desde el borde de la celda hasta el contenido que hay dentro de ella, es un valor que se indica en píxeles.



6. El espacio entre celdas es la distancia que dejamos entre dos celdas adyacentes. Una vez rellenados los datos, haremos clic en **Aceptar** y la tabla aparecerá sobre nuestra página.
7. Después de insertar la tabla debemos rellenar sus celdas. Dentro de cada celda podemos colocar texto, imágenes, botones, todo lo que conocemos hasta ahora, e incluso otra tabla.

Bloque A. Creación de una página web

Si al rellenar el contenido de una celda se descoloca el resto, no debemos preocuparnos: primero rellenamos todas las celdas y después ajustaremos el ancho según nos interese.

Cuando rellenamos una celda con texto, si agotamos su ancho, automáticamente se hace mayor el alto de la misma para que podamos teclear más líneas. Igualmente, al colocar una imagen de un tamaño mayor que el que muestra la celda, esta se adapta para poder contener la imagen.

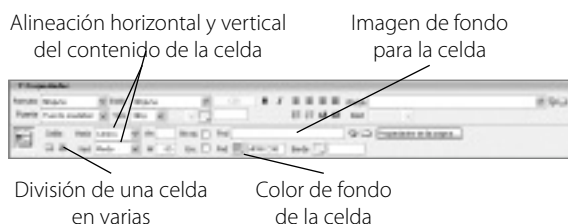
Para modificar los parámetros de la tabla es necesario seleccionarla. Para ello, haremos clic derecho sobre ella y en el menú de contexto seleccionamos **Tabla / Seleccionar tabla**. En el panel *Propiedades* encontramos los mismos parámetros que rellenamos al crear la tabla, y además tenemos la lista desplegable *Alinear*, que nos permitirá alinearla horizontalmente.

También podemos indicar un color de fondo, o bien una imagen de fondo para la tabla, y un color para el borde, siempre que el valor indicado en el campo *Borde* sea mayor que 0.



Además de las características generales de la tabla, cada celda tiene sus propias propiedades. En una celda podemos colocar de fondo un color o una imagen. Debemos tener en cuenta que a la hora de mostrar el color o la imagen de fondo, primero se muestra la configuración de la celda. Si la celda no tiene color o imagen de fondo establecidas, se mostrará el de la tabla, y si la tabla no tiene color o imagen, se mostrará el de la página.

Además, podemos seleccionar la alineación horizontal y vertical del contenido de la celda.



Una celda puede dividirse en varias filas o columnas, para ello bastará con hacer clic sobre el botón  situado en la parte inferior izquierda del panel *Propiedades*. Aparecerá la ventana *Dividir celda*, debemos seleccionar si queremos dividirla en filas o en columnas, y teclear el número de ellas que queremos. Para ver su efecto haremos clic en el botón **Aceptar**.



Igual que podemos dividir una celda en varias, podemos unir varias celdas en una. Para ello bastará con seleccionar las celdas que deseamos combinar y hacer clic en el botón  situado en la parte inferior izquierda del panel *Propiedades*.

Si necesitamos insertar filas o columnas en nuestra tabla, bastará con hacer clic con el botón derecho sobre ella y en el menú de contexto seleccionamos **Tabla / Insertar fila** o **Tabla / Insertar columna**.

Por el contrario, si lo que deseamos es eliminar una fila o una columna, habrá que hacer clic derecho sobre ella y elegir en el menú de contexto la opción **Tabla / Eliminar fila** o **Tabla / Eliminar columna**.

Para eliminar una tabla y todo su contenido bastará con seleccionarla y pulsar la tecla suprimir, **<Supr>**.

Practicemos con las tablas. Vamos a modificar nuestra galería de imágenes añadiendo una tabla para colocar las fotografías y su comentario.

1. Para ello, creamos una página en blanco y tecleamos el nombre del centro. Le aplicamos el formato encabezado 1 y lo centramos.
2. Tecleamos la segunda línea, seleccionamos formato encabezado 2 y lo centramos.
3. Tecleamos el contenido de la tercera línea, seleccionamos como tipo de fuente el conjunto Arial y lo centramos.
4. Después elegimos la opción del menú **Insertar / Tabla**. Según el número de fotos que vayamos a insertar y los bloques que vayamos a crear indicaremos el número de filas y dos columnas. Como borde de la tabla colocamos 1 píxel y como relleno de celda 10 píxeles. Para terminar, haremos clic en el botón **Aceptar**.

Bloque A. Creación de una página web



5. Seleccionamos las dos celdas de la primera fila y hacemos clic en  para unir las en una sola celda. Nos situamos en la nueva celda y tecleamos en ella el texto *Semana Deportiva*, lo centramos, seleccionamos como fuente el conjunto Arial y colocamos el tamaño y color de texto que consideremos adecuado. Como color de fondo de la celda seleccionamos uno que contraste con el color de letra elegido.
6. Nos situamos en la primera celda de la segunda fila y elegimos la opción del menú **Insertar / Imagen**, y seleccionamos la primera fotografía. Si queremos añadir un texto en la parte inferior, tal como aparece en la imagen anterior, pulsamos <Enter>, escribimos la descripción de la imagen y seleccionamos la alineación horizontal *Centro*.
7. Nos situamos en la segunda celda de la segunda fila e insertamos la nueva imagen y su descripción. Guardamos la nueva página y probamos el resultado pulsando F12.
8. Continuaremos realizando las mismas operaciones hasta colocar todos los bloques con todas sus imágenes.

• Las tablas de diseño

Para crear una página con tablas de diseño, primero cambiamos el modo de tabla con la opción del menú **Ver / Modo de Tabla / Tabla de diseño**. Al cambiar nos aparecerá una ventana que nos indica que en la barra de herramientas, en la pestaña *Diseño* encontramos dos botones que nos permitirán trabajar con este tipo de tablas.

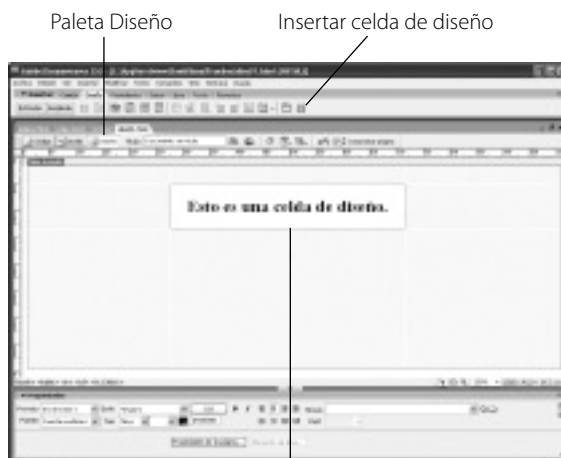
El botón , *Dibujar tabla de diseño*, nos permitirá crear una tabla en la página web o dentro de otra tabla creada previamente.

Esta misma operación está disponible con la opción del menú **Insertar / Objetos de diseño / Tabla de diseño**.



El otro botón , *Dibujar celda de diseño*, nos permitirá crear una celda en una tabla de diseño. Si utilizamos este botón sin haber creado previamente una tabla de diseño, *Dreamweaver* creará automáticamente una tabla de diseño que ocupe el espacio que queda libre en la página. Normalmente, cuando se trabaja con tablas de diseño, lo primero que se hace es insertar una celda de diseño, con lo cual toda la página se convierte en una tabla de diseño donde podremos distribuir nuestros contenidos. También podemos insertar una celda con la opción del menú **Insertar / Objetos de diseño / Celda de diseño**.

Para comenzar a practicar crearemos una página web en blanco, establecemos el modo de *Tabla en diseño*



Para crear una celda de diseño hacemos clic con el ratón y arrastramos hasta conseguir el tamaño deseado

Bloque A. Creación de una página web

y hacemos clic sobre el botón  de la barra de herramientas en la paleta *Diseño*.

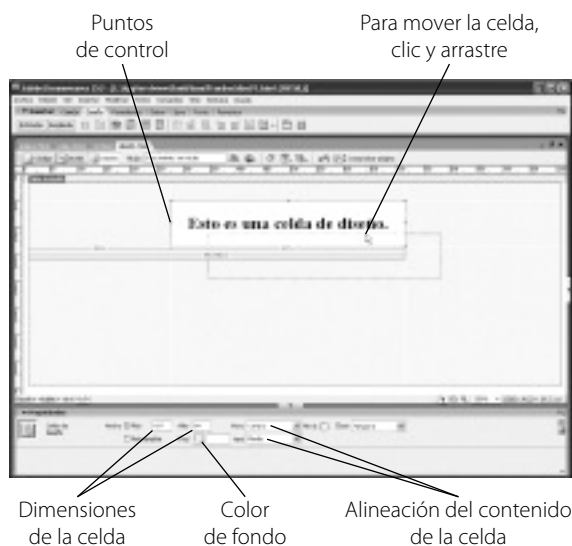
Sobre el área de trabajo hacemos clic y arrastramos con el ratón hasta conseguir el tamaño que queremos dar a la celda.

Si inicialmente el tamaño no es el que deseamos o no está colocada exactamente donde nos gustaría, no hay problema, ya que podemos cambiar el tamaño y la posición. Para ello, bastará con hacer clic sobre el borde de la celda para seleccionarla. Alrededor de ella aparecerán los puntos de control, y con un clic y arrastre del ratón podemos modificar su tamaño.

Por el contrario, si lo que deseamos es moverla, después de seleccionarla haremos clic y arrastre sobre su borde en un lugar donde no haya puntos de control y la arrastraremos con el ratón hasta su destino.

Otra forma de modificar las dimensiones de la celda es con el panel de *Propiedades*, con los cuadros de texto *Ancho* y *Alto*. Normalmente, el ancho se establece como fijo y con un tamaño en píxeles. Si seleccionamos la opción *Autoampliar*, la celda se alargará desde su posición actual hasta el borde derecho de la tabla. El alto se establecerá siempre en píxeles.

Además, podemos colocar dentro de una celda de diseño cualquier elemento de todos los que hemos visto hasta ahora, texto, imágenes, imágenes de sustitución, botones, texto flash, etc. Podemos emplear las listas desplegables *Horiz* y *Vert* para alinear el contenido de la celda horizontal y verticalmente, respectivamente.



Por último, indicar que también podemos seleccionar un color de fondo para la celda, para ello emplearemos el cuadro de colores *Fnd*.

Igual que podemos modificar las propiedades de la celda de diseño, podemos hacerlo con toda la tabla. Para ello, bastará con seleccionarla haciendo clic sobre una zona de la tabla que no sea una celda de diseño, o haciendo doble clic sobre la pestaña *ESTRUCTURA* de la tabla.

En el panel de *Propiedades* podemos encontrar campos para cambiar la dimensión de la tabla, el color de fondo para toda la tabla, el relleno de las celdas y el espacio entre ellas. Al igual que en las tablas estándar, la prioridad a la hora de mostrar el color de fondo es: primero, el de la celda; después, el de la tabla y, por último, si no existen los anteriores, se mostrará el color o imagen de fondo de la página.



El ancho de la tabla puede ser un ancho fijo, en el que se indicará el número de píxeles que tendrá o bien podemos seleccionar la opción *Autoampliar*, que permitirá que la tabla se adapte al ancho del área de trabajo del navegador. De esta forma, si se redimensiona el tamaño de la ventana en la que se visualiza la página web, también se redimensiona la tabla de forma automática.

Como vemos, la gran ventaja de las tablas de diseño es que podemos colocar elementos de nuestra página en cualquier posición, lo que nos permite generar diseños web mucho más creativos.

Proponemos un ejercicio sencillo. Modificar la página inicial que creamos en un ejemplo anterior para que muestre los vínculos en la parte central de la página y en los laterales aparezcan dos imágenes del instituto, colocando en la parte inferior una explicación de los estudios que se cursan en el mismo.



Notas

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Notas

This image shows a full page of blank, lined paper. It features approximately 20 evenly spaced horizontal grey lines across its entire width, providing a guide for handwriting or typing. The paper itself is a clean, off-white color. There are no margins, text, or other markings present on the page.

Notas

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Notas

[illegible]

Notas

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Notas

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Notas

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Dirección de arte: **José Crespo**

Proyecto gráfico:

Portada: **CARRIÓ/SÁNCHEZ/LACASTA**

Interiores: **CARRIÓ/SÁNCHEZ/LACASTA**

Ilustración: **Pablo Vázquez**

Jefa de proyecto: **Rosa Marín**

Coordinación de ilustración: **Carlos Aguilera**

Jefe de desarrollo de proyecto: **Javier Tejeda**

Desarrollo gráfico: **Rosa María Barriga, Jorge Gómez Tobar, José Luis García, Raúl de Andrés**

Ilustración: **Alademosca il·lustració, Roberto Hernández, José Luis Navarro, David Cabacas, José María Valera, Carlos Aguilera**

Dirección técnica: **Ángel García Encinar**

Coordinación técnica: **Francisco Moral**

Confección y montaje: **MonoComp, Javier Pulido, Marisa Valbuena, Francisco Moral**

Corrección: **Ángeles San Román**

Documentación y selección fotográfica: **Nieves Marinas**

Fotografías: *C. Díez Polanco; C. Jiménez/photoAlquimia; P. López - J. Fernández*; A. G. E. FOTOSTOCK/Alfred Pasieka, SCIENCE PHOTO LIBRARY, Eye of Science, Dennis Kunkel, Professors P. Motta, PROF. P.M. MOTTA, S., Dept. of Microbiology, Dr. O. Bradfute, Manfred Kage; ARCHIVO SANTILLANA

© 2009 by Santillana Educación, S. L.

Torrelaguna, 60. 28043 Madrid

PRINTED IN SPAIN

Impreso en España por

ISBN: 978-84-294-0980-2

CP: 833604

Depósito legal:

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.