

MICROORGANISMOS Y FORMAS ACELULARES

1. Microorganismos: concepto y diversidad

Los microorganismos son seres vivos de tamaño microscópico que no pueden observarse a simple vista. A pesar de su pequeño tamaño, constituyen la mayor parte de la biodiversidad del planeta y desempeñan funciones esenciales en los ecosistemas.

Características generales

- Tamaño microscópico (1–100 μm aproximadamente).
- Alta tasa de reproducción.
- Gran diversidad metabólica.
- Capacidad de adaptación a ambientes extremos.

Diversidad

Se clasifican en:

Acelulares:

- Virus
- Viroides
- Virusoides
- Priones
- Plásmidos

Celulares:

- Procariotas: bacterias y arqueas
- Eucariotas: protozoos, algas (Chromista) y hongos

2. Formas acelulares

Las formas acelulares carecen de estructura celular. No realizan funciones vitales por sí mismas, pero pueden replicarse dentro de células vivas.

2.1 Virus

Los virus son entidades biológicas acelulares formadas por material genético rodeado de proteínas. Son parásitos intracelulares obligados.

2.2 Estructura y composición

- **Ácido nucleico (genoma viral):** Es la molécula que contiene la información genética del virus y puede ser ADN o ARN, pero nunca ambos a la vez. Este material dirige la síntesis de nuevas partículas virales utilizando la maquinaria de la célula huésped y puede presentarse como cadena simple o doble, lineal o circular.
- **Cápside:** Es una cubierta formada por proteínas que protege el material genético frente a daños físicos y químicos del medio. Además, participa en el reconocimiento y unión a la célula huésped; está compuesta por subunidades repetitivas llamadas capsómeros que se organizan con gran precisión.
- **Envoltura lipídica (si está presente):** Es una membrana derivada de la célula huésped que rodea a la cápside en algunos virus, especialmente los que infectan animales. Contiene proteínas virales (glucoproteínas) que permiten la entrada del virus en la célula, pero también hace al virus más sensible a condiciones ambientales como el calor o los detergentes.
- **Espículas o glicoproteínas de superficie:** Son estructuras proteicas que sobresalen de la cápside o de la envoltura y actúan como “llaves” para reconocer receptores específicos en la célula huésped. Determinan en gran medida la especificidad del virus (tropismo) y son importantes dianas para el sistema inmunitario.
- **Enzimas virales:** Algunos virus transportan enzimas necesarias para iniciar su replicación, como polimerasas o transcriptasa inversa en ciertos virus de ARN. Estas enzimas permiten copiar el genoma viral incluso cuando la célula huésped no dispone de la maquinaria adecuada.

2.3 Tipos de virus

Los virus pueden clasificarse atendiendo a distintos criterios. Cada clasificación aporta información sobre su estructura, forma de replicación y tipo de infección.

Según el tipo de ácido nucleico

- **Virus de ADN:** Contienen ADN como material genético, que puede ser de doble o simple cadena. Suelen replicarse en el núcleo de la célula huésped utilizando enzimas celulares, aunque algunos poseen sus propias polimerasas.
- **Virus de ARN:** Poseen ARN como genoma, generalmente de cadena simple. Presentan una mayor tasa de mutación que los virus de ADN, lo que favorece su rápida evolución y adaptación.
- **Retrovirus:** Son un tipo especial de virus de ARN que utilizan la enzima transcriptasa inversa para sintetizar ADN a partir de su ARN. Este ADN se integra en el genoma de la célula huésped, permitiendo una infección persistente.

Según la presencia de envoltura

- **Virus con envoltura:** Poseen una membrana lipídica externa derivada de la célula huésped. Son más sensibles a condiciones ambientales adversas, pero tienen mayor capacidad para evadir el sistema inmunitario.
- **Virus sin envoltura (desnudos):** Carecen de membrana externa y solo tienen cápside proteica. Son más resistentes a factores físicos y químicos, lo que facilita su transmisión en el medio ambiente.

Según la forma de la cápside

- **Icosaédricos:** Presentan una estructura simétrica con forma aproximadamente esférica formada por 20 caras triangulares. Esta disposición permite una gran estabilidad con un número reducido de proteínas.
- **Helicoidales:** Tienen una estructura alargada en la que el ácido nucleico se enrolla formando una hélice rodeada por proteínas. Son frecuentes en virus vegetales.
- **Complejos:** Presentan estructuras más elaboradas, como los bacteriófagos, que combinan cabeza icosaédrica y cola helicoidal. Estas estructuras permiten la inyección directa del material genético en la célula huésped.

Según el tipo de huésped

- **Virus animales:** Infeccionan células animales y pueden causar enfermedades en humanos y otros animales. Su entrada suele implicar mecanismos complejos de reconocimiento celular.
- **Virus vegetales:** Infeccionan plantas y suelen transmitirse a través de heridas o vectores como insectos. A menudo tienen estructura helicoidal.
- **Bacteriófagos:** Infeccionan bacterias y son muy importantes en biotecnología y en el control de poblaciones bacterianas. Algunos siguen ciclos líticos y otros lisogénicos.

2.4 Multiplicación

Los virus no se reproducen por sí mismos, sino que **se multiplican utilizando la maquinaria de la célula huésped**. Existen dos estrategias principales: el **ciclo lítico** y el **ciclo lisogénico**. La elección de uno u otro depende del tipo de virus y de las condiciones celulares.

Ciclo lítico

Es un proceso rápido que culmina con la destrucción (lisis) de la célula infectada.

1. **Adsorción (fijación):** El virus reconoce y se une de forma específica a receptores de la membrana de la célula huésped mediante sus espículas o proteínas de la cápside. Esta especificidad determina qué células puede infectar (tropismo viral).
2. **Penetración:** El material genético viral entra en la célula. En bacteriófagos, se inyecta el ácido nucleico; en virus animales, puede producirse por fusión de membranas o endocitosis.
3. **Desnudamiento (si procede):** En virus con envoltura, la cápside se desensambla y se libera el genoma viral en el interior celular. Este paso permite que el material genético quede accesible para su replicación.
4. **Síntesis o fase de eclipse:** El virus utiliza la maquinaria celular para replicar su ácido nucleico y sintetizar proteínas virales. Durante esta fase, la célula deja de realizar sus funciones normales y se dedica a producir componentes virales.
5. **Ensamblaje (maduración):** Las nuevas moléculas de ácido nucleico y proteínas se organizan espontáneamente formando nuevas partículas virales completas (viriones). Este proceso requiere gran precisión para generar estructuras funcionales.
6. **Liberación por lisis:** La célula se rompe debido a la acumulación de viriones y a la acción de enzimas virales que degradan la pared o membrana celular. Los nuevos virus quedan libres para infectar otras células.

Consecuencia: La célula huésped muere, y la infección se propaga rápidamente.

Ciclo lisogénico

Es una estrategia en la que el virus permanece latente sin destruir inicialmente la célula.

1. **Adsorción y penetración:** Igual que en el ciclo lítico, el virus se une a la célula e introduce su material genético.
2. **Integración (formación de provirus o profago):** El ADN viral se integra en el cromosoma de la célula huésped mediante enzimas específicas. A partir de este momento, el genoma viral se denomina **provirus** (en células eucariotas) o **profago** (en bacterias).
3. **Replicación pasiva:** Cada vez que la célula se divide, copia también el ADN viral integrado. De esta forma, el virus se transmite a las células hijas sin producir daño inmediato.
4. **Expresión génica limitada:** El virus permanece inactivo (latente), aunque puede expresar algunos genes que modifiquen el comportamiento de la célula, como aumentar su virulencia.

5. **Inducción:** Ante determinados estímulos (estrés celular, radiación, sustancias químicas), el ADN viral puede separarse del genoma celular y activarse.
6. **Paso al ciclo lítico:** Una vez activado, el virus inicia la síntesis de nuevos viriones y continúa el proceso lítico hasta la lisis celular.

Consecuencia: La célula puede sobrevivir durante mucho tiempo con el virus integrado, lo que favorece infecciones persistentes y difíciles de eliminar.

Comparación clave:

- Ciclo lítico → rápido, destruye la célula.
- Ciclo lisogénico → lento, el virus permanece oculto e integrado.

2.5 Otras formas acelulares

Viroides

Los viroides son pequeñas moléculas de ARN circular que carecen completamente de cápside proteica, lo que los diferencia claramente de los virus. Infectan exclusivamente a plantas y utilizan la maquinaria celular del huésped para replicarse. A pesar de su simplicidad, pueden causar enfermedades importantes en cultivos agrícolas, afectando al crecimiento y desarrollo de la planta. Su mecanismo de acción suele interferir con la expresión génica de la célula vegetal.

Virusoides

Los virusoides son también moléculas de ARN de pequeño tamaño, pero a diferencia de los viroides, necesitan la presencia de un virus auxiliar para poder replicarse. No codifican proteínas propias, por lo que dependen completamente del virus acompañante y de la célula huésped. Suelen encontrarse en plantas y pueden modificar la gravedad de la infección causada por el virus principal. Representan un ejemplo de parasitismo dentro del propio mundo viral.

Plásmidos

Los plásmidos son fragmentos de ADN circular de doble cadena que se encuentran en el citoplasma de muchas bacterias, separados del cromosoma principal. Se replican de forma independiente y pueden transferirse entre bacterias mediante procesos como la conjugación. Suelen contener genes que proporcionan ventajas adaptativas, como resistencia a antibióticos o capacidad de metabolizar nuevas sustancias. Por ello, tienen gran importancia en biotecnología y en la evolución bacteriana.

Priones

Los priones son proteínas infecciosas que no contienen ácido nucleico, lo que los convierte en una forma acelular muy singular. Su mecanismo de acción consiste en inducir cambios en la conformación de proteínas normales del huésped, transformándolas en formas patógenas. Esto provoca la acumulación de proteínas anómalas, especialmente en el sistema nervioso, causando enfermedades neurodegenerativas. Son extremadamente resistentes a métodos habituales de desinfección y están asociados a enfermedades graves como las encefalopatías espongiformes.

3. Microorganismos procariotas

Los microorganismos procariotas son organismos unicelulares que **carecen de núcleo verdadero y de orgánulos membranosos**. Su material genético se encuentra en una región denominada nucleoide, y presentan una organización celular más simple que las células eucariotas.

A pesar de su aparente simplicidad, los procariotas (bacterias y arqueas) presentan una **enorme diversidad metabólica y ecológica**, lo que les permite colonizar prácticamente todos los ambientes del planeta, desde el suelo y el agua hasta el interior de otros seres vivos e incluso ambientes extremos (altas temperaturas, salinidad o acidez).

Además, son los organismos más antiguos de la Tierra (más de 3.500 millones de años) y han sido fundamentales en la evolución de la vida, por ejemplo, en la oxigenación de la atmósfera primitiva.

3.1 Importancia

Los microorganismos procariotas desempeñan funciones esenciales en múltiples ámbitos:

- **Ciclos biogeoquímicos:** Participan en el reciclaje de elementos químicos como el carbono, el nitrógeno y el azufre. Por ejemplo, algunas bacterias fijan el nitrógeno atmosférico transformándolo en compuestos utilizables por las plantas, lo que resulta clave para los ecosistemas.
- **Producción industrial y biotecnológica:** Se utilizan en la elaboración de alimentos como yogur, queso o vinagre mediante procesos de fermentación. También se emplean en la producción de medicamentos, enzimas, antibióticos y en técnicas de ingeniería genética.
- **Salud humana (microbiota):** Muchas bacterias viven en simbiosis con el ser humano formando la microbiota, especialmente en el intestino. Estas bacterias ayudan en la digestión, producen vitaminas y protegen frente a microorganismos patógenos.
- **Impacto sanitario (patógenos):** Algunas bacterias son causantes de enfermedades infecciosas, lo que las convierte en un importante objeto de estudio en medicina. El

conocimiento de su funcionamiento ha permitido desarrollar antibióticos y medidas de prevención.

- **Aplicaciones ambientales:** Se utilizan en procesos de biorremediación para eliminar contaminantes del suelo o del agua, ya que algunas bacterias pueden degradar sustancias tóxicas como hidrocarburos o metales pesados.

3.2 Bacterias

Morfología

Las bacterias presentan distintas formas que están relacionadas con su modo de vida y adaptación al medio:

- **Cocos:** Son bacterias de forma esférica o redondeada. Pueden aparecer aisladas o formando agrupaciones características como diplococos (parejas), estreptococos (cadenas) o estafilococos (racimos), lo que tiene importancia en su identificación.
- **Bacilos:** Tienen forma alargada o de bastón. Pueden presentarse de manera individual o en cadenas, y algunos poseen flagelos que les permiten desplazarse activamente en medios líquidos.
- **Espirilos:** Son bacterias con forma helicoidal rígida, parecida a un muelle. Su forma les facilita el movimiento en medios viscosos, y suelen desplazarse mediante flagelos.
- **Vibrios:** Tienen forma curvada similar a una coma. Esta morfología les permite moverse con facilidad en medios acuáticos, donde muchos de ellos habitan.
- **Espiroquetas:** Presentan una forma helicoidal flexible y alargada. Se desplazan mediante un movimiento ondulante gracias a estructuras internas llamadas filamentos axiales, lo que les permite penetrar en tejidos.

Estructura

Las bacterias presentan una organización celular sencilla pero muy eficiente, con diversas estructuras que cumplen funciones específicas:

- **Membrana plasmática:** Es una bicapa lipídica que rodea el citoplasma y regula el intercambio de sustancias con el exterior. En ella tienen lugar procesos metabólicos importantes, como la respiración celular en bacterias aerobias.
- **Pared celular:** Estructura rígida situada por fuera de la membrana plasmática que da forma y protección a la bacteria. Está compuesta principalmente por peptidoglucano (mureína) y evita la lisis osmótica en medios hipotónicos.

Tipos según la tinción de Gram:

- **Bacterias Gram positivas (Gram +):** Presentan una pared celular **gruesa** con múltiples capas de peptidoglucano y carecen de membrana externa. Contienen ácidos teicoicos que contribuyen a la rigidez y a la carga de la pared. Retienen el colorante violeta en la tinción de Gram, por lo que se observan de color púrpura al microscopio.
- **Bacterias Gram negativas (Gram -):** Tienen una capa de peptidoglucano **fin**a situada entre la membrana plasmática y una **membrana externa** adicional rica en lipopolisacáridos (LPS). Esta membrana externa actúa como barrera frente a antibióticos y sustancias tóxicas. No retienen el violeta y se tiñen de rosa con la safranina en la tinción de Gram.
- **Cápsula o glicocálix (opcional):** Capa externa viscosa formada por polisacáridos o proteínas. Protege a la bacteria frente a la desecación y al sistema inmunitario, además de facilitar la adhesión a superficies.
- **Citoplasma:** Medio interno acuoso donde se encuentran disueltas enzimas, metabolitos y estructuras celulares. En él tienen lugar la mayoría de las reacciones metabólicas.
- **Nucleoide:** Región del citoplasma donde se localiza el ADN bacteriano, que suele ser circular y de doble cadena. No está rodeado por una membrana, a diferencia del núcleo de las células eucariotas.
- **Plásmidos:** Pequeñas moléculas de ADN circular extracromosómico que pueden replicarse de forma independiente. Suelen contener genes que aportan ventajas, como resistencia a antibióticos.
- **Ribosomas:** Estructuras encargadas de la síntesis de proteínas. Son más pequeños que los ribosomas eucariotas (70S) y están distribuidos libremente en el citoplasma.
- **Flagelos:** Apéndices largos y móviles que permiten el desplazamiento de la bacteria. Su número y disposición varían según la especie (monótricos, lofótricos, perítricos).
- **Fimbrias o pili:** Estructuras cortas y numerosas que permiten la adhesión a superficies o a otras células. Algunos pili especializados participan en la conjugación bacteriana.

Metabolismo

El metabolismo bacteriano es extremadamente diverso, lo que permite a las bacterias adaptarse a prácticamente cualquier ecosistema. Se clasifica según tres criterios principales: la fuente de energía, la fuente de carbono y la relación con el oxígeno.

- **Según la fuente de energía:**

- **Fotótrofas:** Obtienen la energía a partir de la luz solar mediante procesos similares a la fotosíntesis. Algunas bacterias fotosintéticas, como las cianobacterias, utilizan la luz para producir materia orgánica a partir de CO₂.
- **Quimiótrofas:** Obtienen la energía a partir de reacciones químicas de oxidación de compuestos inorgánicos u orgánicos. Son muy importantes en ciclos biogeoquímicos, como las bacterias nitrificantes que transforman compuestos de nitrógeno.
- **Según la fuente de carbono:**
 - **Autótrofas:** Utilizan el dióxido de carbono (CO₂) como fuente de carbono para sintetizar sus propias moléculas orgánicas. Pueden ser fotoautótrofas (si usan luz) o quimioautótrofas (si usan energía química).
 - **Heterótrofas:** Obtienen el carbono a partir de materia orgánica ya elaborada. Son las más abundantes y pueden vivir como saprófitas (descomponedoras), simbioses o parásitas.
- **Según la relación con el oxígeno:**
 - **Aerobias estrictas:** Necesitan oxígeno para vivir, ya que lo utilizan en la respiración celular para obtener energía.
 - **Anaerobias estrictas:** No pueden vivir en presencia de oxígeno, que resulta tóxico para ellas. Obtienen energía mediante fermentación u otros procesos anaerobios.
 - **Anaerobias facultativas:** Pueden vivir tanto en presencia como en ausencia de oxígeno. Si hay oxígeno, realizan respiración aerobia; si no lo hay, realizan fermentación o respiración anaerobia.
 - **Microaerófilas:** Necesitan pequeñas concentraciones de oxígeno para sobrevivir, pero no toleran niveles altos como los del aire atmosférico.

Tabla resumen del metabolismo bacteriano

Criterio	Tipo	Características
Fuente de energía	Fotótrofas	Usan la luz solar para obtener energía
Fuente de energía	Quimiótrofas	Obtienen energía de reacciones químicas
Fuente de carbono	Autótrofas	Utilizan CO ₂ para sintetizar materia orgánica
Fuente de carbono	Heterótrofas	Obtienen carbono de materia orgánica ya

Criterio	Tipo	Características
		existente
Relación con oxígeno	Aerobias estrictas	Necesitan oxígeno para vivir
Relación con oxígeno	Anaerobias estrictas	El oxígeno es tóxico para ellas
Relación con oxígeno	Anaerobias facultativas	Viven con o sin oxígeno
Relación con oxígeno	Microaerófilas	Necesitan bajas concentraciones de oxígeno

Reproducción

Las bacterias presentan una reproducción muy eficiente que les permite multiplicarse rápidamente en condiciones favorables. Su principal forma de reproducción es asexual, aunque también poseen mecanismos de intercambio genético que aumentan su variabilidad.

- **Fisión binaria (reproducción asexual):** Es el proceso principal de reproducción bacteriana. Consiste en la duplicación del ADN bacteriano seguida de la división del citoplasma, originando dos células hijas genéticamente idénticas a la célula madre. Este proceso es muy rápido y puede producir grandes poblaciones en poco tiempo.

Además de la reproducción asexual, las bacterias presentan mecanismos de **recombinación genética**, que no son reproducción en sentido estricto, pero sí permiten aumentar la variabilidad genética:

- **Transformación:** Es el proceso mediante el cual una bacteria incorpora ADN libre presente en el medio procedente de otras bacterias que han sufrido lisis. Este ADN externo puede integrarse en el genoma bacteriano y aportar nuevas características, como resistencia a antibióticos.
- **Transducción:** Consiste en la transferencia de material genético de una bacteria a otra mediante la acción de virus bacteriófagos. Durante la infección, el virus puede transportar fragmentos de ADN bacteriano de una célula a otra, favoreciendo la recombinación genética.
- **Conjugación:** Es un mecanismo de transferencia directa de ADN entre dos bacterias en contacto físico. Se realiza a través de un pili sexual, que permite la transferencia de plásmidos, como el factor F, de una bacteria donadora a otra receptora. Este

proceso es especialmente importante en la propagación de genes de resistencia a antibióticos.

Diferencias arqueas vs bacterias

Las **arqueas** y las **bacterias** son organismos procariotas, es decir, carecen de núcleo y de orgánulos membranosos. Sin embargo, presentan diferencias importantes en su estructura, bioquímica y forma de vida, lo que justifica que se consideren dos dominios distintos de la vida.

Las arqueas suelen estar asociadas a ambientes extremos, aunque también pueden encontrarse en ambientes normales. Su maquinaria genética y molecular presenta algunas similitudes con los eucariotas, lo que sugiere una relación evolutiva más cercana con estos.

Las bacterias, en cambio, son el grupo más abundante y diverso de procariotas y están ampliamente distribuidas en todos los ecosistemas, incluyendo suelos, agua y organismos vivos.

Tabla comparativa: Arqueas vs Bacterias

Característica	Bacterias	Arqueas
Pared celular	Contiene peptidoglucano (mureína)	No tienen peptidoglucano; poseen pseudopeptidoglucano u otras sustancias
Membrana plasmática	Lípidos con enlaces éster	Lípidos con enlaces éter, más resistentes
Hábitat	Muy diversos (suelo, agua, seres vivos)	Frecuentemente ambientes extremos (halófilos, termófilos, acidófilos)
Ribosomas	70S	70S, pero más similares a eucariotas
Maquinaria genética	Más simple	Más parecida a eucariotas
Sensibilidad a antibióticos	Generalmente sensibles a antibióticos bacterianos	Poco o nada sensibles a muchos antibióticos
Reproducción	Fisión binaria	Fisión binaria
Metabolismo	Muy diverso	Muy diverso, con rutas exclusivas (metanogénesis)

4. Microorganismos eucariotas

Los microorganismos eucariotas son organismos unicelulares o pluricelulares muy sencillos que poseen células con **núcleo definido** y orgánulos membranosos. Presentan una organización más compleja que los procariotas y se encuentran ampliamente distribuidos en medios acuáticos, suelos y como parásitos de otros seres vivos.

Se agrupan principalmente en tres grandes conjuntos: protozoos, chromistas y hongos microscópicos.

Protozoos

Los protozoos son microorganismos eucariotas **unicelulares y heterótrofos** que viven principalmente en ambientes acuáticos o húmedos. Se alimentan de materia orgánica o de otros microorganismos, actuando como depredadores o parásitos.

- **Nutrición:** Son heterótrofos por ingestión o absorción. Capturan partículas alimenticias mediante fagocitosis o absorben nutrientes disueltos.
- **Movimiento:** Se desplazan mediante diferentes estructuras como **flagelos, cilios o pseudópodos**, lo que permite clasificarlos según su locomoción.
- **Reproducción:** Principalmente asexual mediante bipartición, aunque algunos presentan fases sexuales en su ciclo vital para aumentar la variabilidad genética.
- **Importancia biológica:** Algunos protozoos son de vida libre y forman parte del plancton, mientras que otros son parásitos causantes de enfermedades como la malaria (*Plasmodium*), la enfermedad del sueño (*Trypanosoma*) o la disentería amebiana (*Entamoeba*).

Chromista

El grupo Chromista incluye principalmente microorganismos fotosintéticos como las algas microscópicas, además de otros organismos unicelulares o coloniales. Son especialmente abundantes en medios acuáticos.

- **Nutrición:** Mayoritariamente **autótrofos fotosintéticos**, ya que contienen cloroplastos y realizan fotosíntesis.
- **Estructuras destacadas:** Algunas algas, como las diatomeas, presentan una pared celular silíceica denominada frústulo, muy resistente y con gran valor ecológico.
- **Importancia ecológica:** Son responsables de una parte significativa de la producción de oxígeno del planeta y constituyen la base de muchas cadenas tróficas acuáticas.
- **Ejemplos:** Diatomeas y dinoflagelados, estos últimos importantes en fenómenos como las mareas rojas.

Hongos microscópicos

Los hongos microscópicos incluyen principalmente **levaduras y mohos**, ambos pertenecientes al reino Fungi. Son organismos eucariotas heterótrofos que se alimentan por absorción de materia orgánica del medio. Aunque comparten características generales, presentan diferencias importantes en su organización y forma de crecimiento.

- **Levaduras:** Son hongos **unicelulares** de forma generalmente ovalada o esférica. Se reproducen principalmente de forma asexual mediante **gemación**, en la que se forma una pequeña yema que crece hasta separarse de la célula madre. Realizan fermentaciones muy importantes en la industria, como la producción de alcohol y CO₂ en la elaboración de pan, cerveza o vino (ejemplo: *Saccharomyces cerevisiae*). En algunos casos pueden ser patógenas, causando infecciones como la candidiasis.
- **Mohos:** Son hongos **pluricelulares filamentosos** formados por estructuras llamadas **hifas**, que en conjunto constituyen el micelio. Crecen formando colonias visibles y se reproducen mediante **esporas**, que se dispersan fácilmente por el aire. Son importantes descomponedores de materia orgánica y algunos tienen aplicaciones industriales (como *Penicillium*, productor de penicilina), aunque otros pueden ser patógenos o producir toxinas.

5. Microorganismos patógenos

Definición de enfermedad y microorganismos patógenos

Una **enfermedad infecciosa** es una alteración del estado de salud producida por la entrada, establecimiento y multiplicación de microorganismos patógenos en un organismo huésped. Estas enfermedades pueden afectar al funcionamiento normal de tejidos y órganos, provocando síntomas de distinta gravedad.

El concepto moderno de enfermedad infecciosa se consolidó gracias a la **teoría microbiana de la enfermedad de Louis Pasteur**, que demostró que muchos procesos patológicos no eran causados por “generación espontánea”, sino por microorganismos específicos. Pasteur estableció que los microorganismos están presentes en el ambiente y pueden contaminar los seres vivos, siendo responsables de fermentaciones, infecciones y enfermedades.

Posteriormente, **Robert Koch** formuló los **postulados de Koch**, que permiten relacionar un microorganismo concreto con una enfermedad específica:

1. El microorganismo debe estar presente en todos los individuos enfermos y no en los sanos.
2. Debe poder aislarse y cultivarse en laboratorio en cultivo puro.
3. Al inocularlo en un organismo sano, debe provocar la misma enfermedad.
4. Debe poder re-aislarse desde el organismo infectado experimentalmente.

Aunque hoy se conocen excepciones a estos postulados (como virus difíciles de cultivar o infecciones asintomáticas), siguen siendo una base fundamental de la microbiología médica.

Un **patógeno** es cualquier microorganismo (virus, bacteria, hongo o protozoo) capaz de causar enfermedad en un huésped susceptible. No todos los microorganismos son patógenos; muchos son inofensivos o incluso beneficiosos.

Es importante diferenciar entre **patogenicidad** y **virulencia**:

- **Patogenicidad:** Es la capacidad general de un microorganismo para causar enfermedad. Es una característica cualitativa (un microorganismo es patógeno o no lo es).
- **Virulencia:** Es el grado o intensidad de daño que un patógeno puede producir. Es una característica cuantitativa que indica cuán agresiva es una cepa concreta dentro de una especie.

Propagación de enfermedades infecciosas

Las enfermedades infecciosas pueden transmitirse de un individuo a otro mediante diferentes mecanismos, que se clasifican en transmisión directa e indirecta.

Transmisión directa

Es la transferencia del agente patógeno desde un individuo infectado a otro sano sin intermediarios. Suele requerir contacto físico cercano o intercambio de fluidos corporales.

- Contacto físico directo (besos, relaciones sexuales, contacto piel con piel)
- Transmisión por gotas respiratorias (tos, estornudos, habla a corta distancia)
- Transmisión vertical (de madre a hijo durante embarazo, parto o lactancia)

Transmisión indirecta

Ocurre cuando el patógeno necesita un intermediario o permanece en el ambiente antes de infectar a otro huésped.

- A través del aire en aerosoles que permanecen suspendidos
- A través del agua o alimentos contaminados
- Mediante fómites (objetos inanimados como pomos, ropa, utensilios)
- A través de vectores biológicos como mosquitos o garrapatas

La comprensión de estos mecanismos es fundamental para establecer medidas de prevención como higiene, aislamiento, potabilización del agua o control de vectores.

Defensas

El organismo humano dispone de diferentes mecanismos para defenderse frente a los microorganismos patógenos. Estas defensas pueden ser naturales (innatas) o artificiales (adquiridas mediante intervención médica).

Defensas naturales

Son las que están presentes desde el nacimiento y actúan de forma inmediata frente a la entrada de patógenos.

1. Defensas externas (barreras físicas y químicas)

- **Piel:** Actúa como barrera física continua e impermeable que impide la entrada de microorganismos. Además, su pH ligeramente ácido y la presencia de secreciones dificultan la supervivencia de patógenos.
- **Mucosas:** Revisten cavidades internas (respiratoria, digestiva y urogenital) y secretan moco que atrapa microorganismos.
- **Secreciones:** Sustancias como lágrimas, saliva o sudor contienen enzimas antimicrobianas (como la lisozima) que destruyen bacterias.
- **Microbiota normal:** Conjunto de microorganismos beneficiosos que compiten con los patógenos por espacio y nutrientes, dificultando su colonización.

2. Defensas internas (respuesta inespecífica e inmunitaria)

- **Fagocitosis:** Proceso mediante el cual células como macrófagos y neutrófilos engloban y destruyen microorganismos invasores.
- **Respuesta inflamatoria:** Reacción local ante infecciones o lesiones que provoca enrojecimiento, calor, dolor e hinchazón, facilitando la llegada de células defensivas.
- **Sistema del complemento:** Conjunto de proteínas plasmáticas que ayudan a destruir patógenos y potenciar la respuesta inmunitaria.
- **Células NK (natural killer):** Destruyen células infectadas por virus o células tumorales sin necesidad de activación previa.
- **Fiebre:** Aumento de la temperatura corporal que dificulta el crecimiento de microorganismos y mejora la eficacia del sistema inmunitario.

Defensas artificiales

Son mecanismos de protección que requieren intervención médica y pueden ser de dos tipos: preventivas y curativas.

1. Defensas artificiales preventivas

- **Vacunas:** Preparados biológicos que contienen microorganismos atenuados, inactivados o fragmentos antigénicos. Estimulan la producción de anticuerpos y memoria inmunológica sin causar la enfermedad.
- **Medidas de higiene y prevención:** Incluyen lavado de manos, desinfección, potabilización del agua y control sanitario, que reducen el riesgo de infección.
- **Sueros inmunológicos (inmunización pasiva):** Contienen anticuerpos ya formados que proporcionan protección inmediata pero temporal.

2. Defensas artificiales curativas

- **Antibióticos:** Sustancias que eliminan o inhiben el crecimiento de bacterias. No son eficaces frente a virus.
- **Antivirales:** Fármacos que bloquean distintas fases del ciclo de replicación viral.
- **Antifúngicos:** Medicamentos utilizados para tratar infecciones causadas por hongos.
- **Antiparasitarios:** Fármacos destinados a eliminar protozoos u otros parásitos.

Enfermedades

Las enfermedades infecciosas pueden clasificarse según el tipo de microorganismo que las causa: virus, bacterias, hongos y protozoos. A continuación se presentan organizadas por agente causal.

Enfermedades causadas por bacterias

Enfermedad	Agente causal	Microorganismo	Síntomas principales
Tuberculosis	Mycobacterium tuberculosis	Bacteria	Tos persistente, fiebre, pérdida de peso
Cólera	Vibrio cholerae	Bacteria	Diarrea intensa, deshidratación
Salmonelosis	Salmonella enterica	Bacteria	Diarrea, fiebre, vómitos
Tétanos	Clostridium tetani	Bacteria	Espasmos musculares
Difteria	Corynebacterium diphtheriae	Bacteria	Membrana en garganta, dificultad respiratoria
Meningitis bacteriana	Neisseria meningitidis	Bacteria	Fiebre, rigidez de nuca
Neumonía bacteriana	Streptococcus pneumoniae	Bacteria	Tos, fiebre, dificultad respiratoria
Botulismo	Clostridium botulinum	Bacteria	Parálisis flácida
Listeriosis	Listeria monocytogenes	Bacteria	Fiebre, infección grave en embarazo
Gonorrea	Neisseria gonorrhoeae	Bacteria	Secreciones genitales, dolor urinario

Sífilis	Treponema pallidum	Bacteria	Úlceras, lesiones sistémicas
---------	--------------------	----------	------------------------------

Enfermedades causadas por hongos

Enfermedad	Agente causal	Microorganismo	Síntomas principales
Candidiasis	Candida albicans	Hongo (levadura)	Picor, infecciones en mucosas
Aspergilosis	Aspergillus fumigatus	Hongo (moho)	Infecciones pulmonares, alergias

Enfermedades causadas por protozoos

Enfermedad	Agente causal	Microorganismo	Síntomas principales
Malaria (paludismo)	Plasmodium spp.	Protozoo	Fiebre intermitente, anemia
Giardiasis	Giardia lamblia	Protozoo	Diarrea, dolor abdominal
Toxoplasmosis	Toxoplasma gondii	Protozoo	Asintomática o grave en embarazo

6. Técnicas de cultivo de microorganismos

Esterilización

La esterilización es el conjunto de procedimientos destinados a **eliminar completamente todos los microorganismos**, incluidas bacterias, virus, hongos y esporas, de un material, superficie o medio de cultivo. A diferencia de la desinfección, la esterilización implica la destrucción total de cualquier forma de vida microbiana.

Se puede llevar a cabo mediante distintos métodos:

- **Métodos físicos por calor:**
 - **Calor húmedo (autoclave):** Es el método más eficaz. Utiliza vapor de agua a alta presión (121 °C durante 15-20 minutos), lo que desnaturaliza proteínas y destruye estructuras celulares, incluidas esporas bacterianas.
 - **Ebullición:** Consiste en hervir los materiales a 100 °C. Reduce significativamente la carga microbiana, aunque algunas esporas pueden resistir.
 - **Calor seco (horno de esterilización):** Utiliza temperaturas elevadas (160-180 °C) durante tiempos prolongados. Es adecuado para material de vidrio y metal.
- **Métodos físicos por radiación:**
 - **Radiación ultravioleta (UV):** Produce daños en el ADN de los microorganismos e impide su replicación. Se emplea para esterilizar superficies, aire y cabinas de seguridad.

- **Radiación ionizante:** Radiación de alta energía que destruye el material genético microbiano. Se utiliza en la esterilización de material médico desechable y productos industriales.
- **Métodos de filtración:**
 - Consisten en el paso de líquidos o gases a través de filtros con poros muy pequeños que retienen microorganismos. Se usa en soluciones sensibles al calor, como sueros o antibióticos.
- **Métodos químicos:**
 - Utilizan sustancias como alcoholes, compuestos clorados u óxido de etileno. Son útiles para materiales termolábiles, aunque requieren condiciones controladas por su toxicidad o residuos.

La elección del método depende del tipo de material, el nivel de esterilidad requerido y la resistencia del microorganismo.

Aislamiento de colonias

El aislamiento de colonias es una técnica microbiológica que permite **separar y obtener microorganismos individuales a partir de una muestra mixta**, con el objetivo de conseguir cultivos puros. Es un paso fundamental para el estudio, identificación y análisis de bacterias y otros microorganismos en el laboratorio.

Existen dos métodos principales:

- **Aislamiento por siembra (estría en placa):** Consiste en extender una pequeña cantidad de muestra sobre la superficie de un medio sólido (normalmente agar) utilizando un asa de siembra. Se realizan estrías sucesivas en distintas zonas de la placa para ir diluyendo progresivamente los microorganismos. De este modo, las células se separan y, tras la incubación, cada una puede originar una colonia aislada genéticamente idéntica.
- **Aislamiento por dilución:** Se basa en realizar diluciones seriadas de la muestra en un medio líquido estéril, reduciendo progresivamente la concentración de microorganismos. Posteriormente, se siembran pequeñas cantidades de las diluciones más diluidas en placas de agar. Esto aumenta la probabilidad de obtener colonias aisladas procedentes de un único microorganismo.

Cultivo de microorganismos

El cultivo de microorganismos es el conjunto de técnicas que permiten hacer crecer microorganismos en condiciones controladas de laboratorio para su estudio, identificación o uso biotecnológico, utilizando medios de cultivo adecuados.

- **Medios generales (nutritivos):** Son medios no selectivos que permiten el crecimiento de una gran variedad de microorganismos al aportar nutrientes básicos esenciales.
- **Medios selectivos:** Son medios que contienen sustancias inhibidoras que permiten el crecimiento de determinados microorganismos y bloquean el de otros.
- **Medios diferenciales:** Son medios que no inhiben el crecimiento, pero permiten distinguir microorganismos según su metabolismo mediante cambios visibles como color o reacciones químicas.

Observación de microorganismos

La observación de microorganismos requiere técnicas que permitan aumentar su visibilidad y diferenciación, ya que la mayoría son transparentes, muy pequeños y no pueden observarse a simple vista.

Tinciones y su finalidad

Las tinciones son técnicas que emplean colorantes para aumentar el contraste y permitir la identificación de microorganismos y estructuras celulares al microscopio, facilitando además la clasificación bacteriana y el estudio de su morfología.

Antes de la tinción, suele realizarse la **fijación**, que consiste en adherir los microorganismos al portaobjetos mediante calor o sustancias químicas para conservar su estructura.

Las tinciones pueden tener diferentes objetivos: aumentar el contraste (tinciones simples), diferenciar grupos bacterianos (tinción de Gram) o detectar microorganismos específicos (como la tinción de Ziehl-Neelsen).

Microscopía

La microscopía es el conjunto de técnicas que permite observar microorganismos mediante sistemas ópticos o electrónicos, dependiendo del nivel de detalle requerido.

- **Microscopía óptica:** utiliza luz visible y un sistema de lentes que permite aumentos de hasta 1000-1500x. En muchos casos se utiliza el **objetivo de inmersión en aceite**, que mejora la resolución al reducir la pérdida de luz, siendo fundamental para la observación detallada de bacterias.
- **Microscopía electrónica:** utiliza haces de electrones en lugar de luz, lo que proporciona una resolución muy superior. El **microscopio electrónico de transmisión (MET)** permite observar estructuras internas celulares, mientras que el **microscopio electrónico de barrido (MEB)** permite visualizar la superficie de los microorganismos en tres dimensiones.

La elección del tipo de microscopía depende del objetivo del estudio, ya sea la observación general de microorganismos o el análisis detallado de su estructura interna.

