

TEMA 14: INMUNOLOXÍA

1. UN REPASO POLOS MICROORGANISMOS QUE PODEN CAUSAR AS ENFERMIDADES INFECCIOSAS

2. INTRODUCCIÓN: INMUNOLOXÍA.

3. MECANISMOS DE DEFENSA INESPECÍFICOS (INMUNIDADE INNATA)

3.1. BARREIRAS PRIMARIAS

3.2. BARREIRAS SECUNDARIAS

3.2.1. As células fagocíticas

3.2.2. A resposta inflamatoria

4. MECANISMOS DE DEFENSA ESPECÍFICOS: O SISTEMA INMUNE (INMUNIDADE ADQUIRIDA)

4.1. ORGANIZACIÓN DO SISTEMA INMUNITARIO

4.2. MECANISMOS DE RESPOSTA INMUNITARIA

4.2.1. As células presentadoras de antíxenos e o CMH

4.2.2. A selección clonal

4.2.3. A resposta humoral e a resposta celular

4.2.4. As células de memoria: resposta inmune primaria e secundaria

4.3. ANTICORPOS

4.4. MECANISMOS DE REACCIÓN ANTICORPO-ANTÍXENO

5. OUTROS MECANISMOS INESPECÍFICOS.

5.1. O SISTEMA DO COMPLEMENTO.

5.2. INTERFERÓN

6. A INMUNIDADE

6.1. AS VACINAS.

1. UN REPASO POLOS MICROORGANISMOS QUE PODEN CAUSAR AS ENFERMIDADES INFECCIOSAS

Na superficie e no interior do noso corpo viven numerosos microorganismos que, polo xeral, son inocuos, é dicir, non causan efectos nocivos, sendo incluso algúns beneficiosos para nós. Non obstante, existen outros que en condicións determinadas producen enfermidades infecciosas, porque invaden o noso corpo e proliferan nos diferentes órganos producindo efectos daniños. Son os chamados **microorganismos patóxenos**.

En xeral, son organismos unicelulares de tamaño moi pequeno que teñen unha gran capacidade de reprodución, de modo que en moi pouco tempo se multiplican e dan lugar a un número elevado de seres idénticos a eles mesmos que invaden rapidamente o torrente sanguíneo, os tecidos e os órganos.

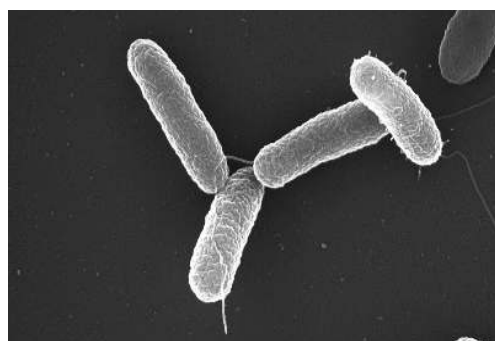
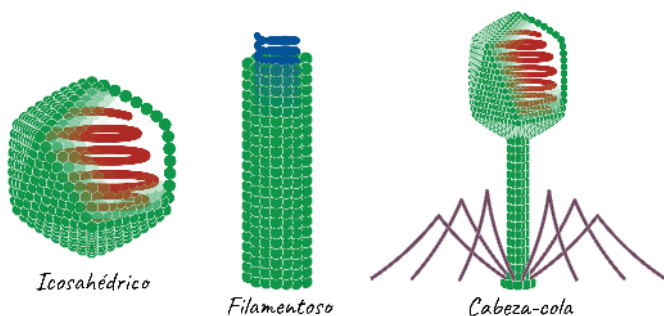
A continuación presentamos eses microorganismos patóxenos, cos que imos traballar ó longo deste tema:

Os **virus** non son seres vivos, xa que cando están fóra das células son totalmente inertes. Só no interior delas presentan actividade metabólica e capacidade de reprodución, e aqueles que son patóxenos poden causar enfermidades. Algunhas enfermidades infecciosas víricas son a gripe, a hepatite A, o herpes, a poliomelite, a sida, a COVID-19, o xarampón ou a varicela.

As **bacterias** son microorganismo unicelulares procariotas cunha capacidade de reprodución moi alta. Moitas teñen toxinas que producen efectos nocivos no noso organismo. Algunhas poden contaminar os alimentos causando enfermidades de transmisión alimentaria. Algúns exemplos son a pneumonía, a tuberculose, a salmonelose ou a febre tifoide.

Os **fungos patóxenos** son microorganismos eucariotas que adoitan ser unicelulares. Son heterótrofos e saprófagos, polo que se alimentan pola absorción de materia orgánica morta, coma restos de plantas ou animais. As infeccións producidas por fungos denomínanse **micoses** e entre elas está a candidiase, o pé de atleta ou a tiña.

Os **protozoos** son microorganismos unicelulares eucariotas que teñen capacidade de movemento e se alimentan por inxestión. Son causantes de enfermidades parasitarias e poden transmitirse por picadas de insectos ou pola auga contaminada. Son exemplos de enfermidades parasitarias a amebiase, a malaria e a enfermidade do sono.



Algúns tipos de virus: icosaédrico sen envoltura, helicoidal sen envoltura e fago.

Bacteria causante da salmonelose: *Salmonella typhimurium*.

2. INTRODUCCIÓN: INMUNOLOXÍA.

Moitos animais, e por suposto a nosa especie, desenvolveron ó longo do proceso evolutivo mecanismos de defensa fronte a axentes alleos ó seu organismo, como son os microorganismos patóxenos, ou incluso fronte as súas propias células cando se modifican. Estes mecanismos manteñen a integridade do organismo. A parte da Bioloxía que os estuda é a **Inmunoloxía**.

Para evitar o **proceso infeccioso** que poderían chegar a protagonizar os devanditos microorganismos, os seres humanos vivimos rodeados por unha barreira orgánica que nos defende fronte a posibles infeccións. Esa barreira está formada por outras tres concéntricas, de forma que acceder a unha delas supón ter superado a anterior.

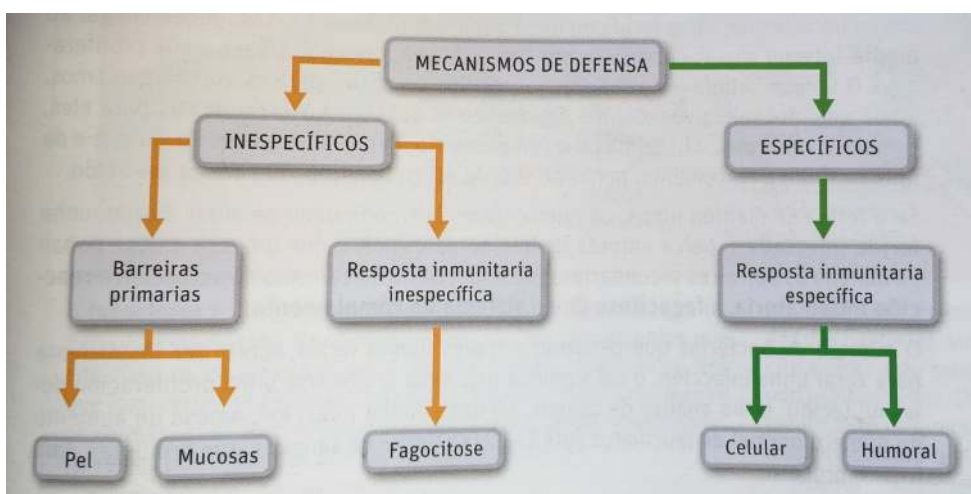
A barreira máis externa está formada pola **pel**, que actúa como unha **barreira mecánica** cuxo obxectivo é impedir que calquera axente externo penetre no organismo. No **sangue** está a segunda barreira, composta por células, os **leucocitos**, que defenden ó organismo mediante o proceso da **fagocitose**. Ámbalas dúas son **barreiras inespecíficas**, é dicir, reaccionan da mesma maneira fronte a calquera tipo de patóxeno.

Superada a segunda barreira actúa o **sistema inmunitario**. Mediante os **linfocitos** responde ante os xermes ou moléculas estrañas de forma específica. Ademais, a reacción ante un segundo ataque dun mesmo patóxeno é maior e máis rápida, grazas á **memoria inmunolóxica**.

Calquera molécula allea ó organismo é un **antíxeno**. Ante el, o sistema inmunitario vai reaccionar fabricando **anticorpos**, que recoñecen ós antíxenos, únense a eles e os destrúen. Este proceso é coñecido como **resposta inmunitaria humoral**. Ademais, os linfocitos tamén son quen de unirse ós antíxenos e destruílos; esa resposta é coñecida como **resposta inmunitaria celular**.

Ademais, o organismo posúe dous **sistema inmunitarios**: o **innato**, que a nai transfire ao feto, e o **adaptativo**, que o organismo adoptará ó longo da súa vida, substituíndo ó primeiro.

O longo deste tema imos ir estudando todos eses mecanismos de defensa que ten o noso organismo, que se resumen neste cadro:



3. MECANISMOS DE DEFENSA NATURAL INESPECÍFICOS (INMUNIDADE INNATA)

As defensas inespecíficas constitúen barreiras fronte a calquera tipo de axente que pretende entrar no organismo. Organízanse en dúas liñas defensivas: a primeira consiste nas barreiras externas formadas pola **pel** e as **membranas mucosas**; a segunda, en certos compoñentes do medio interno, entre os que se atopan os **leucocitos**.

3.1. BARREIRAS PRIMARIAS

A maneira máis fácil de impedir a infección é evitar que os microorganismos patóxenos se introduzan no organismo. Diso encárganse as súas superficies externas: **pel** e **membranas mucosas** (epitelios que recobren as cavidades internas que teñen comunicación co exterior) que actúan como unha primeira barreira:

- **Mecánica** debido a súa estrutura; a pel cando está intacta é impermeable á práctica totalidade dos microorganismos. Cando sofre alteracións, xa sexan feridas ou queimaduras, é cando sobrevén a infección.
- **Química**, debido as secrecións que produce. As secrecións mucosas das aberturas naturais dos animais, coma a boca, o ano, as fosas nasais e as vías respiratorias, uroxenitais e dixestivas, onde os microorganismos quedan atrapados. Secrecións con enzimas, coma o lisozima, que se atopa na saliva, a secreción lacrimal e a nasal, que pode destruír a mureína da parede bacteriana. As secrecións ácidas do epitelio vaxinal e dos condutos dixestivos, coma o estómago, que crean un ambiente desfavorable para a vida e proliferación dos microorganismos.
- **Biolóxica** debido á microflora que contén, tanto a cutánea coma a intestinal. Pel e mucosas, especialmente a que tapiza o tubo dixestivo, presentan unha flora bacteriana autóctona, que polo xeral non causa ningún prexuízo, que contribúe á defensa do organismo xa que delimita o seu territorio mediante a secreción de substancias bactericidas (antibióticos) que impiden o asentamento de outras bacterias distintas e potencialmente patóxenas.

3.2. BARREIRAS SECUNDARIAS

Se, a pesares das barreiras anteriores, se produce a penetración de axentes patóxenos no organismo, póñense en marchas as barreiras secundarias, que teñen como mecanismos de actuación a acción das **células asasinas**, **fagocitose**, a **reacción inflamatoria**, e máis o **sistema complemento** e o **interfenón**.

As **células asasinas** ou **natural killer (NK)** son un tipo de linfocito que detectan células humanas infectadas por virus e células cancerosas, e provocan a rotura das súas membranas e por tanto a súa morte. Estas células son a primeira defensa fronte aos virus e algúns tumores, pois ralentizan as infeccións mentres a resposta inmunitaria se desenvolve por completo.

3.2.1. As células fagocíticas

As defensas inespecíficas de carácter celular están formadas polos **fagocitos**, que son glóbulos brancos (**leucocitos**) que teñen capacidade de fagocitar, é dicir, de destruír substancias estrañas ás que

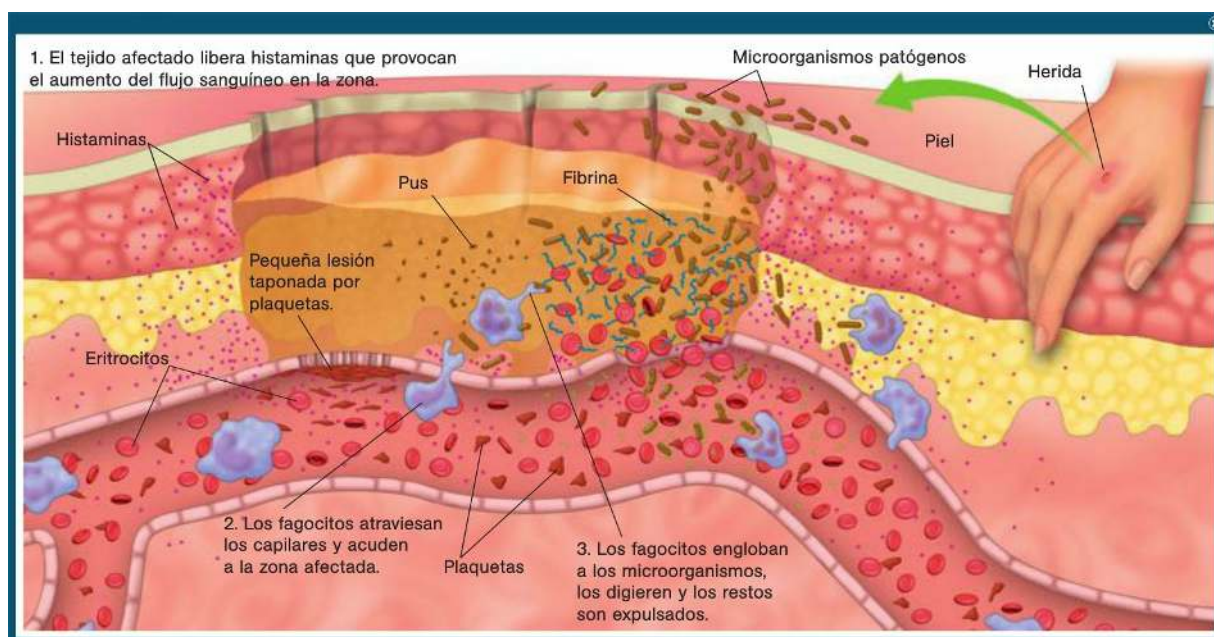
engloban cos seus pseudópodos para logo dixerilas no citoplasma. Tódolos leucocitos, e por tanto os fagocitos, proceden da diferenciación e divisións de células nai hematopoéticas ou células stem, localizadas na medula ósea.

Os fagocitos poden ser de tres tipos: monocitos, macrófagos ou neutrófilos.

- Os **monocitos** (2-8% do total de leucocitos). Son leucocitos de núcleo grande. Despois de permanecer varios días no torrente sanguíneo, migran a diferentes tecidos ou órganos (bazo, pulmón, medula ósea, ganglios linfáticos,...) e transfórmanse en células máis grandes e con maior capacidade fagocítica, os denominados **macrófagos**. Os macrófagos, ademais de fagocitar microorganismos, tamén interveñen na destrución de células envellecidas e na rexeneración de tecidos.
- Os **neutrófilos ou micrófagos** (50-70% do total de leucocitos) atópanse en gran número no torrente sanguíneo e teñen unha vida media moito máis curta ca os macrófagos. As substancias químicas que liberan os tecidos infectados polos microbios atraen aos neutrófilos que son capaces de saír dos vasos sanguíneos grazas ao seu movemento ameboide.

3.2.2. A resposta inflamatoria

É unha reacción local provocada pola penetración de xermes patóxenos (nunha ferida por exemplo) e a súa finalidade é illar e destruír ditos xermes e reparar os danos causados polos mesmos. Os mecanismos desencadeantes desta resposta son moi complexos e actúan mediante sistemas de activación en cascada, o que permite amplificar a resposta nun tempo moi reducido:



a) As células da zona infectada (**mastocitos**) liberan unha serie de mediadores químicos, entre os que se encontra a **histamina**, que incrementan o fluxo de sangue na área (vasodilatación) e a permeabilidade dos capilares.

b) Os neutrófilos e macrófagos son atraídos por estas substancias, adhírense á parede dos vasos, atrávesanas (diapédese) e acumúlanse no lugar da ferida, onde engloban e fagocitan os xermes

patóxenos formándose o pus.

c) Aumenta a temperatura local, o que crea un ambiente adverso á multiplicación dos xermes, á vez que acelera o fluxo de leucocitos. A área afectada inflámase e vólvese quente, avermellada e dolorosa. Os tres síntomas da resposta inflamatoria son pois: tumor (inchazón ou edema), rubor (calor e arroibamento local) e dor.

4. MECANISMOS DE DEFENSA ESPECÍFICOS: O SISTEMA INMUNE (INMUNIDADE ADQUIRIDA)

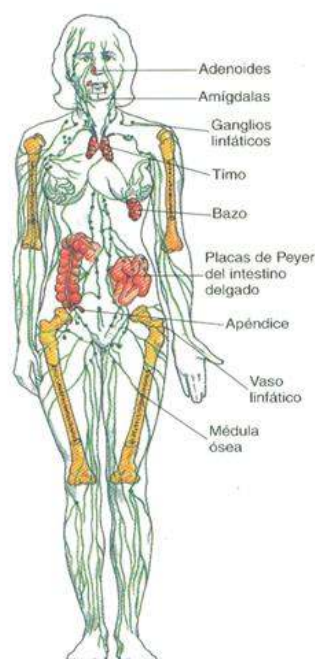
4.1. ORGANIZACIÓN DO SISTEMA INMUNITARIO

A función do sistema inmune consiste en desencadear a **resposta inmunitaria**, é dicir, en poñer en marcha unha serie de mecanismos de defensa para recoñecer de forma altamente específica, neutralizar ou destruír a calquera axente estraño ó organismo, ó que se chama en xeral **antíxeno**.

O **sistema inmunitario** está formado polos **órganos linfoides primarios e secundarios** e polos **linfocitos** (e máis os anticorpos) que circulan polo sangue e pola linfa.

Os **órganos linfoides primarios** son a **medula ósea** e **timo**; neles sintetízanse e maduran os linfocitos. A **medula ósea** atópase no interior dos ósos planos (p.ex. cráneo), ósos curtos (p.ex. costelas) e epífisis dos ósos longos (p.ex. fémur). Nela encóntranse as células nai precursoras de tódolos linfocitos, que poden madurar dentro da propia medula, transformándose en linfocitos B, ou migrar e madurar no timo, convertíndose en linfocitos T. O **timo** localízase baixo o esternón. Recibe células nai da medula ósea e no interior do timo son seleccionadas. As que non son eliminadas transfórmanse en linfocitos T e migran ós **órganos linfoides secundarios**. Pola súa parte, a medula ósea.

Os **órganos linfoides secundarios** son os nódulos (ganglios) linfáticos, o bazo, as amígdalas, as placas de Peyer e o apéndice. Neles almacénanse os linfocitos e poden reaccionar co axente estraño (é por ilo que os ganglios se inflaman). O tránsito dende os **órganos primarios** ós **secundarios** faise polo sangue.



Antes de entrar a describir os dous tipos de linfocitos é necesario introducir de forma algo máis detallada o termo **antíxeno**. Recibe o nome de **antíxeno** calquera substancia capaz de provocar a posta en marcha dunha resposta inmunitaria específica contra si mesma e, máis concretamente, de inducir á formación de anticorpos.

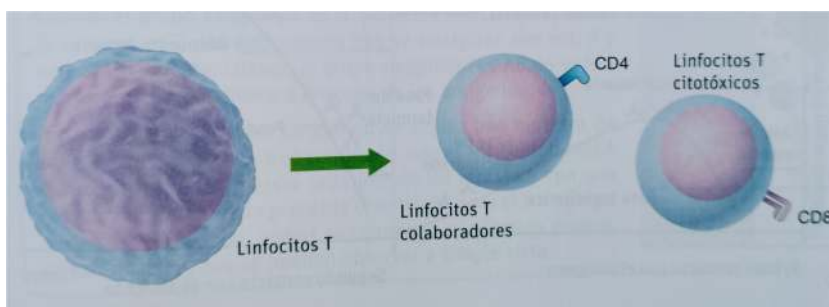
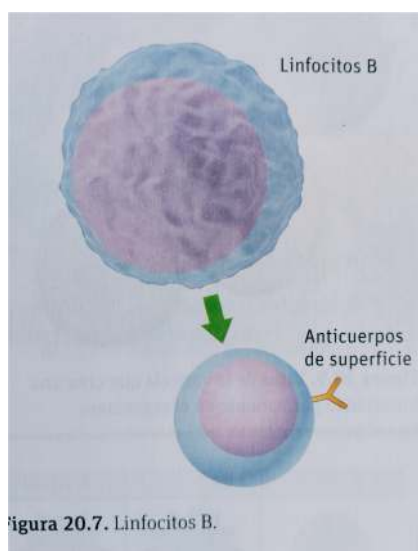
De toda a molécula do antíxeno, só unha pequena rexión, chamada **epítopo** ou **determinante antixénico**, está implicada no recoñecemento e na unión específica co anticorpo; porén un mesmo antíxeno pode ter varios epítomos que poden ser iguais ou diferentes. Os antíxenos soen ser moléculas compoñentes da parede ou cápsula bacteriana, da cápside ou envoltura membranosa de certos virus e, en xeral, das estruturas superficiais dos diferentes parasitos ou das toxinas que poidan liberar ó medio.

Sabendo xa que é un antíxeno, podemos explicar cales son os diferentes tipos de linfocitos, as súas características e funcións:

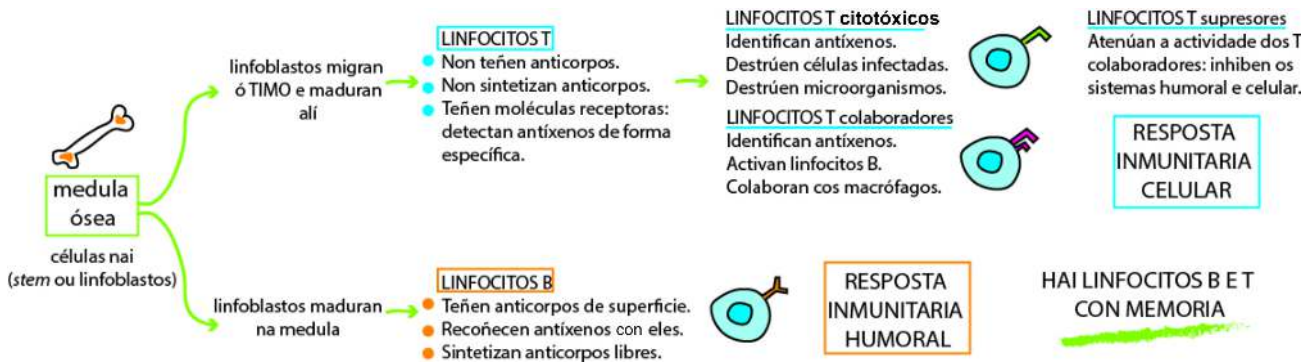
- **Linfocitos B:** son células que se orixinan e maduran na medula ósea (nas aves orixínanse nun órgano denominado Bolsa de Fabricio). Presentan receptores na súa membrana en forma de Y (anticorpos) que se poden unir con antíxenos específicos; ao contactar cos antíxenos os linfocitos transfórmanse en **células plasmáticas** que producen anticorpos libres específicos. Son responsables da **resposta inmune humoral**.

- **Linfocitos T:** son producidos na medula ósea pero maduran no timo. Teñen uns receptores de membrana que lles permiten recoñecer antíxenos localizados na membrana doutras células. Son os responsables da **resposta inmune celular**. Coñécense tres tipos de linfocitos T:

- **Linfocitos T cooperadores ou auxiliares (Th):** son os principais reguladores do sistema inmunitario. Activan ós linfocitos B e inician a proliferación dos linfocitos T citotóxicos mediante a secreción dunhas moléculas denominadas **interleucinas**.
- **Linfocitos T citotóxicos (Tc):** destrúen as células estrañas portadoras do antíxeno específico ou as células propias infectadas, xa que liberan **citotoxinas** que crean poros na membrana plasmática da célula infectada.
- **Linfocitos T supresores (Ts):** son tamén reguladores do sistema inmunitario. Atenúan ou inducen o cese da actividade dos linfocitos T e B unha vez superada a infección.



Tanto os linfocitos T como os B abandonan os seus respectivos lugares de maduración (o timo e a medula ósea) e distribúense polos órganos linfoides secundarios. Nestes órganos, especialmente nos ganglios linfáticos, é onde os linfocitos entran en contacto por primeira vez cos microorganismos patóxenos, o que desencadea a resposta inmunitaria, celular e humoral, que conduce á produción de células específicas e á liberación masiva de anticorpos coa finalidade de destruír ó microorganismo invasor ou as súas toxinas.



4.2. MECANISMOS DE RESPOSTA INMUNITARIA.

As defensas específicas baséanse no recoñecemento selectivo dos determinantes antixénicos ou epítomos localizados na superficie do xerme patóxeno ou nas toxinas producidas por estes. Unha vez que o sistema inmunitario recoñece a natureza do antixeno, lanza contra el dous tipos de respostas:

- A **resposta celular**, mediada polos linfocitos T, que destrúen os microorganismos portadores de dito antixeno, e as células propias en caso de estar infectadas por eles (fundamentalmente na infección vírica).
- A **resposta humoral**, baseada na síntese de anticorpos polos linfocitos B e a súa liberación á circulación sanguínea, que se estenden polo corpo e se unen co antixeno indutor da súa produción. Nesta acción coopera o sistema de complemento, que axuda a destruír o microorganismo invasor.

4.2.1. As células presentadoras de antixenos e o CMH

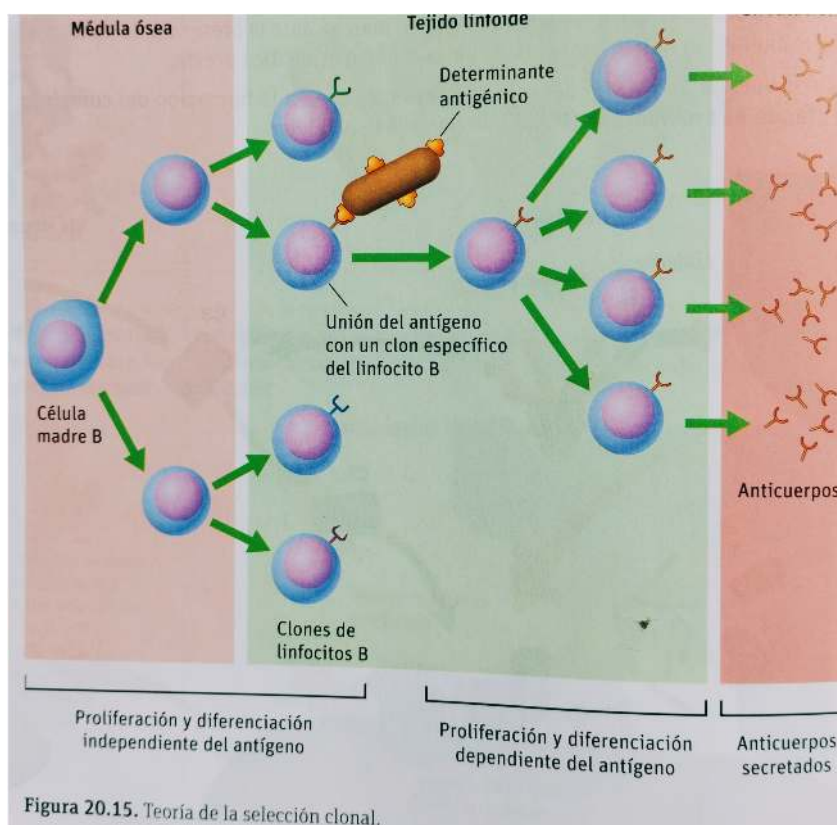
Tódalas células presentan na súa superficie un conxunto de moléculas (glicoproteínas e glicolípidos da membrana plasmática) dispostas de tal forma que constitúen o seu sistema de identidade e serven para distinguir o propio do alleo. Son as células presentadoras de antixenos e reciben o nome de **Complexo Maior de Histocompatibilidade (CMH)**.

Existen dous tipos de CMH. O **MHC tipo I** encóntrase en tódalas células nucleadas. Este complexo presenta antixenos intracelulares, coma poden ser antixenos presentes en células tumorais, moléculas de virus en células infectadas ou moléculas de células en tecidos transplantados. O **MHC tipo II** encóntrase principalmente en macrófagos, linfocitos B e células dendríticas, que son células do sistema inmunitario que fagocitan e presentan antixenos. Este complexo presenta antixenos extracelulares que foron previamente fagocitados.

4.2.2. A selección clonal

A teoría da selección clonal postula que a chegada dun determinado antíxeno ao organismo estimula a proliferación selectiva daqueles linfocitos que teñen na súa membrana anticorpos específicos para ese antíxeno, creando por tanto un clon de linfocitos.

Existen centos de millóns de clons de linfocitos, xa preformados, cada un cun receptor de membrana distinto e específico contra un antíxeno concreto. Cando o axente invasor entra no organismo, debe presentarse ós linfocitos a través dunha célula presentadora de antíxenos (un macrófago ou unha célula dendrítica). Ese primeiro contacto ten lugar nos órganos linfoides secundarios, onde hai unha grande cantidade de linfocitos, cada un cun receptor de membrana diferente. Nese momento, o antíxeno só será recoñecido polo linfocito que porta o receptor específico. Por tanto, aquel linfocito que recoñeza ó antíxeno vai ser activado e vaise multiplicar, xerando abundantes copias de si mesmo que orixinan un clon. Tódolos linfocitos dun mesmo clon posuirán os mesmos receptores de membrana, específicos para combater o mesmo antíxeno.



4.2.3. A resposta humoral e a resposta celular

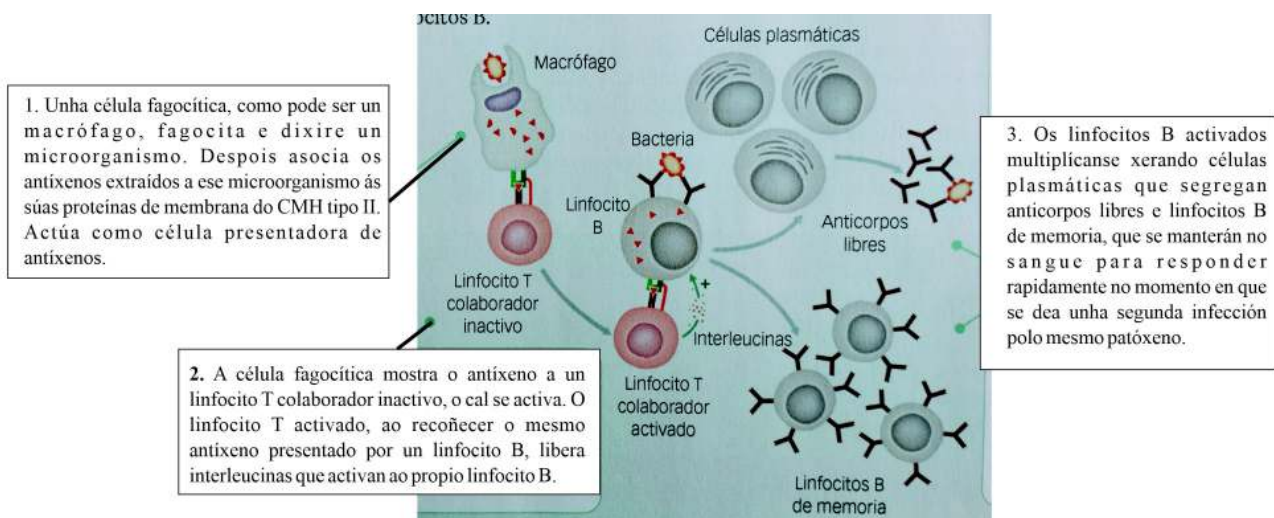
O recoñecemento do antíxeno e o desencadeamento da resposta inmune son procesos que transcorren en varias etapas e requiren a cooperación de macrófagos, linfocitos T e linfocitos B, por iso se di que é unha resposta que implica a cooperación celular. Imos ver os dous tipos de resposta por separado, a pesar de que adoitan suceder de forma combinada.

A **resposta humoral** é unha resposta fronte a patóxenos extracelulares ou toxinas. Está mediada por anticorpos que son segregados polos **linfocitos B**.

1. Unha célula fagocítica, como pode ser un macrófago, fagocita e dixire un microorganismo. Despois asocia os antíxenos extraídos a ese microorganismo ás súas propteínas de membrana do CMH tipo II. Actúa como célula presentadora de antíxenos.

2. A célula fagocítica mostra o antígeno a un linfocito T colaborador inactivo, o cal se activa. O linfocito T activado, ao recoñecer o mesmo antígeno presentado por un linfocito B, libera interleucinas que activan ao propio linfocito B.

3. Os linfocitos B activados multiplícanse xerando células plasmáticas que segregan anticorpos libres e linfocitos B de memoria, que se manterán no sangue para responder rapidamente no momento en que se dea unha segunda infección polo mesmo patóxeno.

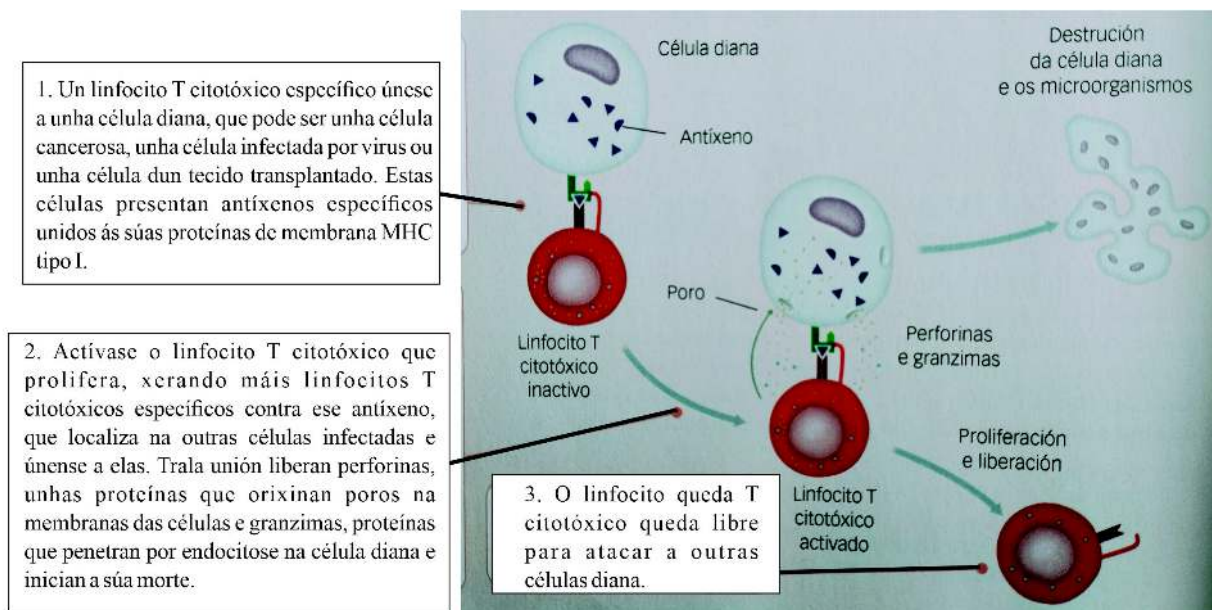


A **resposta celular** é unha resposta fronte a patóxenos intracelulares. Está mediada por linfocitos T citotóxicos que atacan as células cancerosas ou infectadas, sen producir anticorpos.

1. Un linfocito T citotóxico específico únese a unha célula diana, que pode ser unha célula cancerosa, unha célula infectada por virus ou unha célula dun tecido transplantado. Estas células presentan antíxenos específicos unidos ás súas proteínas de membrana MHC tipo I.

2. Actívase o linfocito T citotóxico que prolifera, xerando máis linfocitos T citotóxicos específicos contra ese antígeno, que localiza na outras células infectadas e únense a elas. Trala unión liberan perforinas, unhas proteínas que orixinan poros na membranas das células e granzimas, proteínas que penetran por endocitose na célula diana e inician a súa morte.

3. O linfocito queda T citotóxico queda libre para atacar a outras células diana.

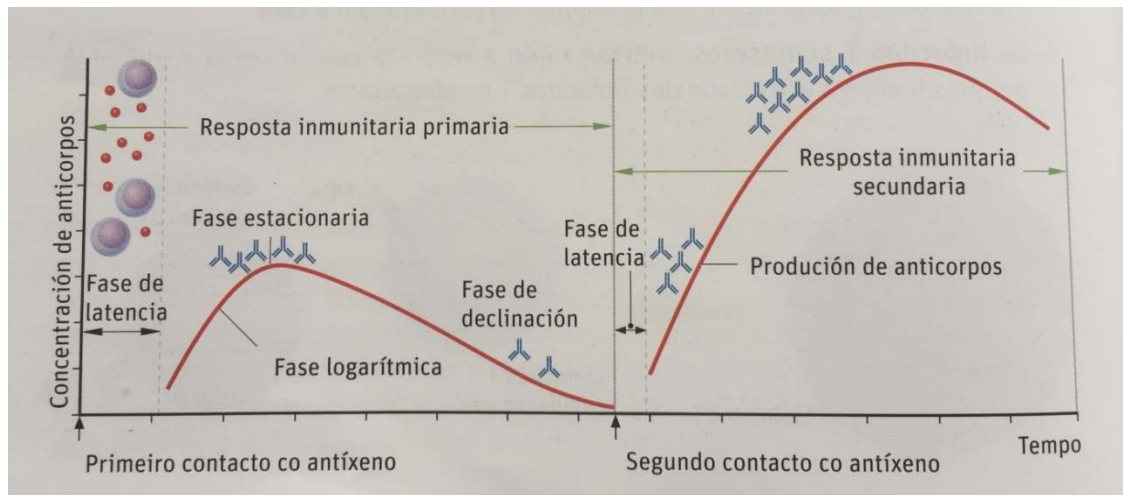


4.2.4. Células de memoria: resposta inmune primaria e secundaria

Ó mesmo tempo que se diferencian en células activadas, tanto os linfocitos T como os B diferéncianse en outras células chamadas **células de Memoria**, que gardan o recordo do antígeno. Deste modo, ante o suposto dun segundo contaxio son capaces de intervir moito máis rapidamente e orixinar unha resposta intensa capaz de impedir o desenvolvemento da infección. Son responsables do estado de inmunidade do individuo, que pode durar máis ou menos, en función do tempo de vida destes linfocitos, dende uns meses ou anos ata toda a vida.

O primeiro contacto co antígeno da lugar á **resposta inmune primaria**, polo xeral insuficiente para impedir a infección pero na cal se imprime memoria. Esta resposta ten varias fases:

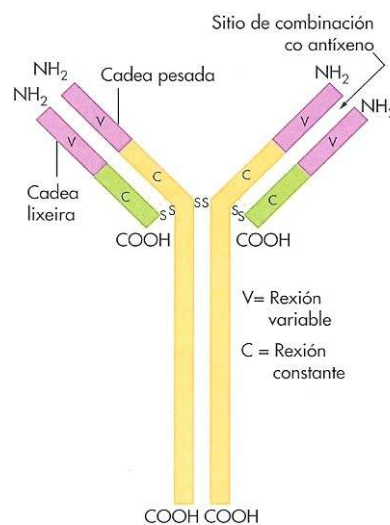
- Fase de latencia: ten unha duración de entre unha ou dúas semanas, durante as cales o antígeno é identificado e ten lugar a proliferación dos linfocitos.
- Fase logarítmica: dura varios días; nela, a produción de anticorpos aumenta ata un máximo.
- Fase de declinación: nela, a concentración de anticorpos vai diminuindo progresivamente ata alcanzar niveis moi baixos ou anularse. Cando isto ocorre, a resposta inmunitaria primaria rematou coa infección.



Se ó cabo dun certo tempo se produce un segundo contacto co mesmo antígeno, ten lugar a **resposta imune secundaria** que é sempre máis rápida e importante no que se refire á aparición e cantidade de anticorpos, e máis duradeira en canto á presenza destes no sangue (un número variable de anos). Nesta resposta, a fase de latencia é moito máis curta, xa que existen células de memoria que recoñecen ó antígeno e se proliferan a grande velocidade. A produción de anticorpos tamén é maior e de maior intensidade. Esta resposta é tan inmediata que, grazas á memoria inmunitaria, o antígeno é eliminado sen que a enfermidade chegue a manifestarse.

4.3. ANTICORPOS

Son moléculas producidas polos linfocitos B como resposta á presenza dun antígeno e están destinadas a unirse especificamente a el. Son proteínas globulares complexas, chamadas tamén **Inmunoglobulinas (Ig)**, cun peso molecular que oscila entre 150000 e 900000 D. Están constituídas pola asociación de catro cadeas polipeptídicas unidas entre si mediante pontes disulfuro; dúas cadeas curtas, idénticas e lixeiras denominadas **cadeas L** (do inglés Light) e dúas cadeas longas, idénticas e pesadas, **cadeas H** (Heavy).



Cada tipo de cadea (L e H) presenta unha rexión constante (C_L e C_H), propia da especie e do tipo de inmunoglobulina, e unha rexión variable (V_L e V_H). A rexión variable constitúe o sitio de unión co antígeno, denominado **parátopo** e permite a unión de dúas moléculas dun mesmo antígeno.

Existen cinco clases de inmunoglobulinas, con diferencias funcionais, clasificadas polas rexións constantes das súas cadeas pesadas.

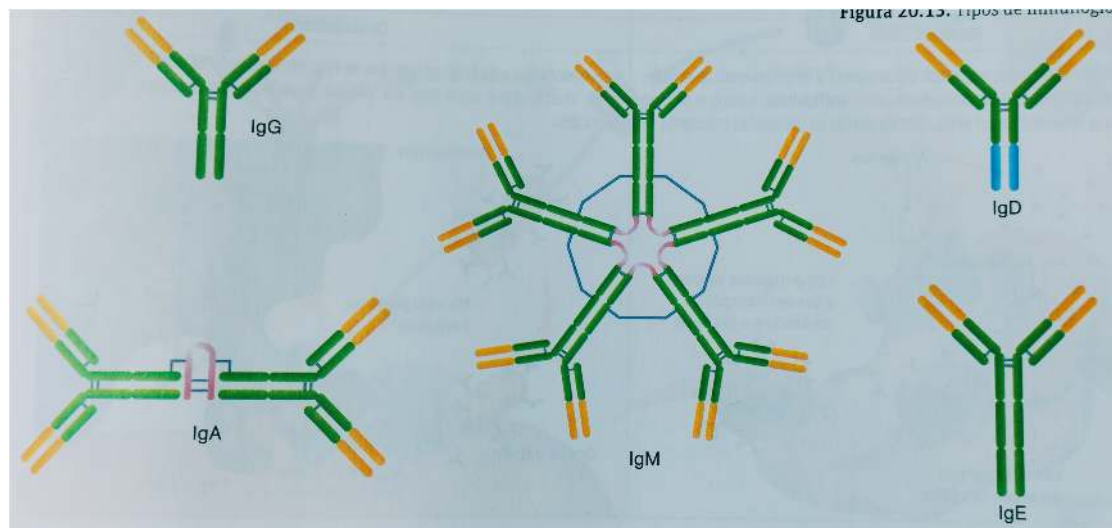
IgG ou gamma globulinas. Son os anticorpos máis numerosos no sangue. Na especie humana poden chegar ata o 80% das inmunoglobulinas circulantes. Ademais de unirse a antíxenos, as IgG son capaces de activar tanto o sistema do complemento coma os fagocitos sanguíneos. Estas inmunoglobulinas son as únicas capaces de atravesar a placenta e penetrar no feto, proporcionándolle inmunidade.

IgA. Están formadas por dúas cadeas H e dúas cadeas L e presentan unha cadea J que une o talo de dúas moléculas de IgA. Están presentes no sangue (ata un 10% do total das Ig) e en diversas secrecións, coma a saliva, as bágoas, o leite, os mucus respiratorio e intestinal.

IgM. Son os primeiros anticorpos que se producen ante a exposición inicial a un antíxeno e representan o 6% do total de inmunoglobulinas presentes no sangue. Teñen 10 lugares de unión cos antíxenos e presentan grande avidez por moléculas ou microorganismos antixénicos polivalentes. Encárganse de activa o sistema do complemento e os macrófagos.

IgE. Encóntranse nos tecidos e en moi baixa concentración no sangue. Son as principais causantes dos fenómenos alérxicos.

IgD. Son anticorpos da superficie dos linfocitos B que serven como receptores de antíxenos específicos.



4. 4. MECANISMO DE ACCIÓN DOS ANTICORPOS: REACCIÓN ANTÍXENO-ANTICORPO

A maioría dos anticorpos son bivalentes, é dicir, poden unirse á vez a dous antíxenos a través das dúas rexións activas ou **parátomos** da molécula situadas nos extremos dos seus brazos. A reacción antíxeno-anticorpo pode producirse de varias formas:

Aglutinación: fórmanse agregados de células (bacterias por exemplo) que facilitan a acción dos fagocitos (macrófagos e neutrófilos). Prodúcese gracias á capacidade de cada anticorpo de unirse a

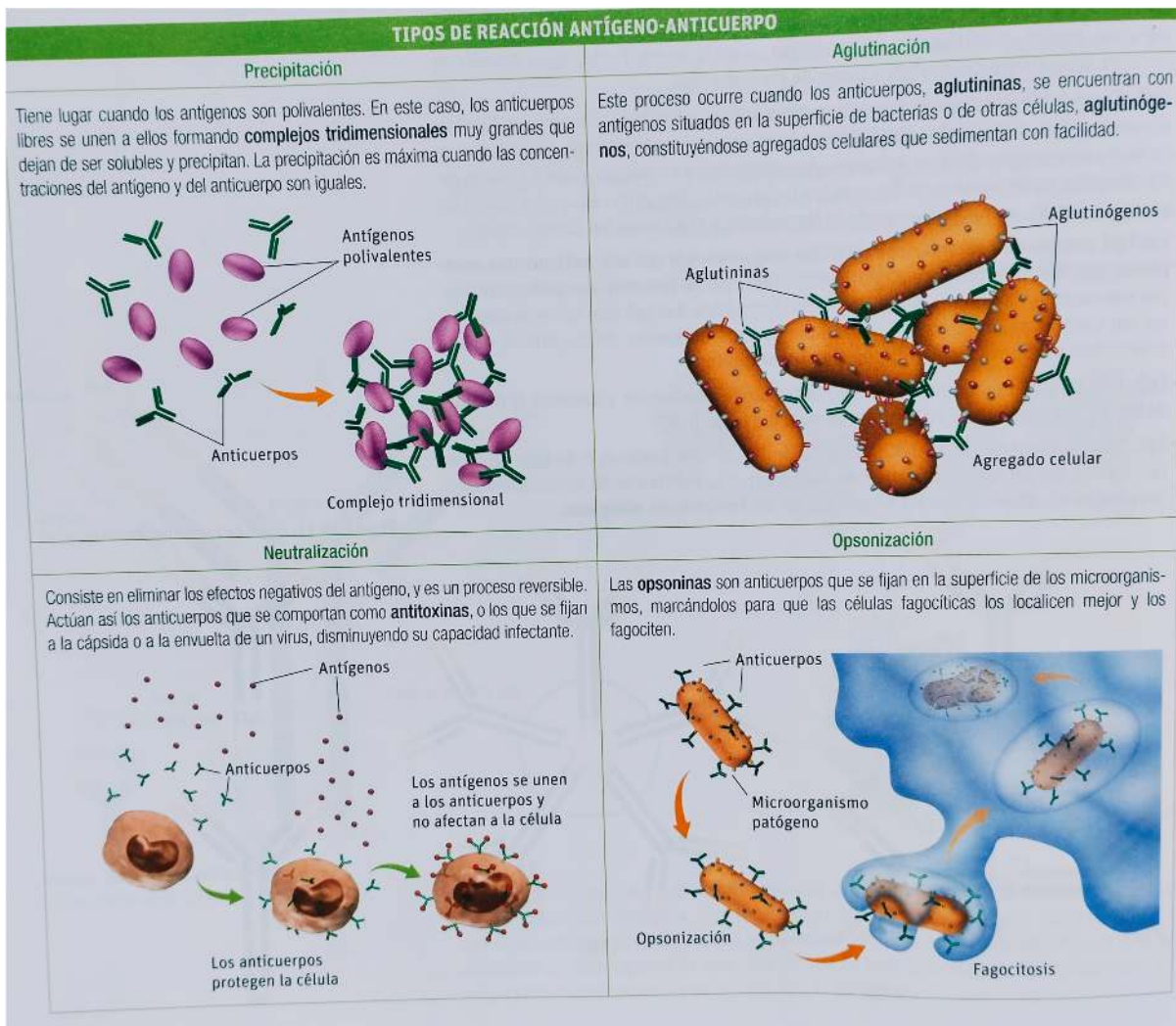
dous antíxenos.

Precipitación: cando os antíxenos son moléculas solubles con varios determinantes antixénicos, os anticorpos libres no plasma sanguíneo únense a eles formando grandes complexos macromoleculares insolubles que precipitan.

Aglutinación: prodúcese ao reaccionar anticorpos con antíxenos da superficie das bacterias ou doutras células. Como resultado, as células forman agregados que sedimentan con facilidade. Estes antíxenos de superficie chámanse aglutinógenos e os seus anticorpos específicos aglutininas.

Opsonización: recóbrese as partículas estrañas, o que fai que se aglomeren, de modo que poidan ser capturadas polas células fagocíticas.

Neutralización: combínanse cos axentes estraños de forma que interfiran con algunha actividade vital do patóxeno; por exemplo, poden unirse á cápside dun virus pola zona na que este se fixa á membrana da célula hospedadora, o que impide a infección.



5. OUTROS MECANISMOS INESPECÍFICOS

5.1. O SISTEMA DE COMPLEMENTO

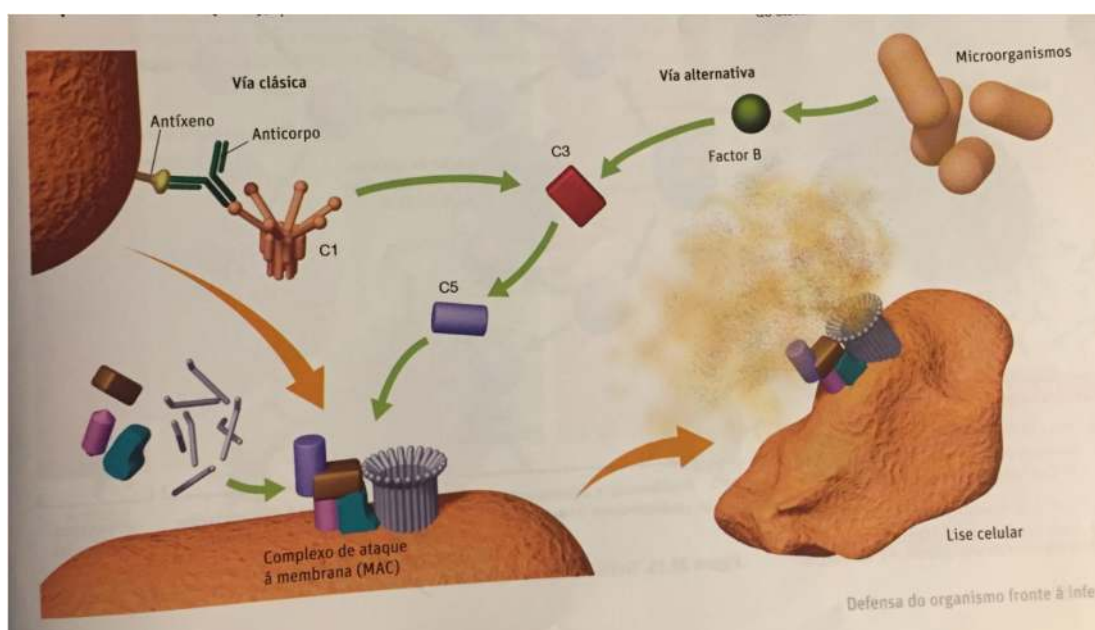
Aínda que este sistema é inespecífico, completa e amplifica a función da resposta inmune, xa que interveñen tanto na inmunidade innata coma na adquirida. Está formado por máis de 30 proteínas de tipo globulina que se atopan no plasma sanguíneo. A activación dunha destas proteínas orixina unha secuencia de activación das restantes proteínas do complemento. As células como macrófagos, mastocitos, eritrocitos, etc, teñen na súa membrana receptores para algunhas proteínas do sistema complemento.

Este sistema leva a cabo tres funcións moi importantes:

- Provoca a lise (rotura) de bacterias, células estrañas e células propias que foron modificadas ou lesionadas.
- Intervén na opsonización de células estrañas a un organismo para facilitar a acción dos fagocitos (macrófagos e neutrófilos).
- Atrai os fagocitos durante a resposta inflamatoria.

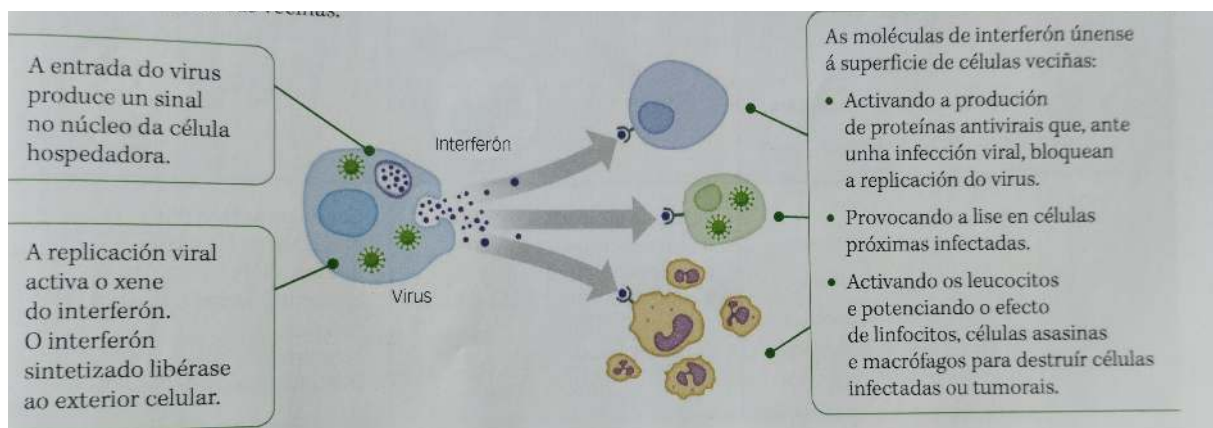
Para levar a cabo estas accións debe producirse antes a activación do complemento, o cal ocorre mediante unha serie de reaccións en cascada que pode iniciarse de dúas formas:

- ◆ **Vía clásica:** a activación do complemento prodúcese pola aparición de anticorpos unidos os antíxenos correspondentes.
- ◆ **Vía alternativa:** nela non é necesaria a presenza de anticorpos senón que a activación ten lugar ó unirse algúns compoñentes do complemento aos polisacáridos que se atopan na parede das bacterias.



5.2. INTERFERÓN

É unha substancia química liberada polas células atacadas por un virus, e que ten a propiedade de protexer a outras células sans de novas infeccións víricas. Trátase dunha proteína de baixo peso molecular e non específica, é dicir, o interferón non actúa selectivamente contra o virus indutor da súa liberación, senón que pode actuar contra un gran número de virus, de aí a súa enorme importancia médica.



6. A INMUNIDADE.

A inmunidade, como capacidade do organismo para defenderse ou resistir a elementos estraños pode lograrse por diversos mecanismos ou vías:

● **Inmunidade natural:** é aquela que se posúe e desenrola por procesos naturais, sen intervención humana. Por exemplo, unha persoa non enferma da peste aviar pois os seus virus non poden parasitar células humanas (tamén se fala neste caso concreto de **Inmunidade Conxénita ou Innata**). Con todo, fronte a outras enfermidades infecciosas ante as que o organismo si é vulnerable, o estado de inmunidade vaise adquirindo ó longo da vida, destas dúas formas:

• **Activa:** cando se obtén polo propio individuo pola posta en marcha da resposta inmunitaria. Por exemplo tras ter padecido unha enfermidade.

• **Pasiva:** adquirese por outros mecanismos, sen que actúe o sistema inmunitario, senón pola transmisión de anticorpos (inmunoglobulinas) ben da nai ó feto por vía placentaria, ou ó bebe pola lactancia.

● **Inmunidade artificial:** conséguese por intervención humana. Pode ser:

• **Activa:** mediante a **vacinación**, que é un método preventivo (antes de padecer a enfermidade).

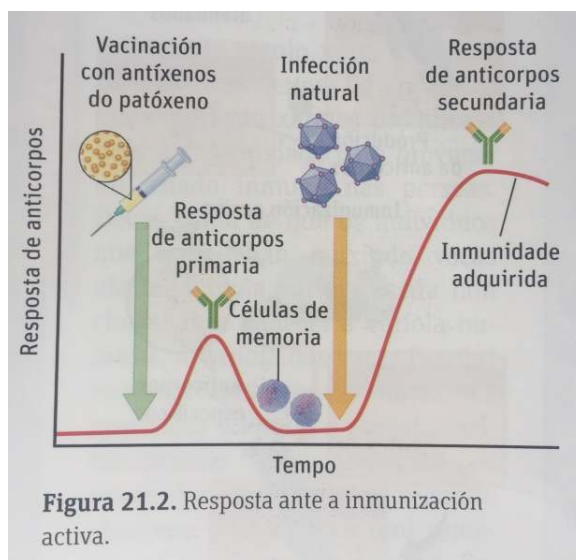
• **Pasiva:** mediante a **soroterapia** que consiste na inxección no individuo enfermo dun soro que contén os anticorpos específicos contra o microorganismo causante da enfermidade. Esta inmunidade é temporal e tratase dun método curativo.

	INMUNIDADE	NATURAL	ARTIFICIAL
Activa	<ul style="list-style-type: none"> • A persoa xera anticorpos específicos fronte a esa enfermidade. • A protección non é inmediata. • A protección é duradeira. 	Cando os anticorpos son producidos en resposta a unha infección.	Cando os anticorpos son producidos en resposta a unha vacina.
Pasiva	<ul style="list-style-type: none"> • A persoa recibe anticorpos específicos. • A protección é inmediata. • A protección é transitoria, só ata que os anticorpos se eliminan. 	Cando os anticorpos proceden da nai e se reciben a través da placenta durante o embarazo, ou o leite durante a lactación.	Cando os anticorpos proceden de técnicas de clonación ou soros doutras persoas ou animais inmunizados.

6.1. AS VACINAS.

Unha vacina é un conxunto de antíxenos que se introducen no organismo san e inducen o sistema inmunitario a producir anticorpos.

A vacinación, polo tanto, consiste en subministrar antíxenos dunha determinada enfermidade infecciosa para que se produza unha resposta inmunitaria e que as células de memoria interveñan de forma activa para previr a enfermidade no caso dun contaxio posterior co microorganismo natural, e polo tanto, máis virulento.



O nome de vacina deriva do seu descubrimento en 1796 polo médico inglés Edwar Jenner que observou que as persoas que muxían vacas enfermas de cow-pox (varicela vacún) contraían esta enfermidade (aparecen pústulas nas mans) pero quedaban inmunizados fronte á varicela humana. Jenner empregou o virus da varicela bovina para inoculárllelo ás persoas, inmunizándoas así contra o virus da varicela humana. Creou deste xeito a primeira vacina e o comezo da Inmunoloxía actual.

Na actualidade empréganse os seguintes tipos de vacinas que se inxiren ou se inxectan en pequenas doses:

- Formas non perigosas ou atenuadas (avirulentas) do microorganismo patóxeno. Por exemplo xarampón, rubéola ou papeiras (permanente) ou a gripe (temporal).

- De antíxenos purificados (unha proteína da cuberta vírica ou mesmo péptidos cos determinantes antixénicos).
- Na actualidade teñen gran importancia as técnicas de enxeñería xenética na obtención de vacinas e soros, así mediante a técnica do ADN recombinante sintetízanse proteínas antixénicas dos patóxenos para a elaboración de vacinas. Pódese obter do microorganismo o xene responsable da codificación do antíxeno, illar a proteína ou proteínas correspondentes e fabricalas de forma pura e en gran cantidade, co que se obtén unha vacina só do antíxeno específico. **Este é o método de síntese dalgunhas das vacinas fronte á COVID-19.**

