



BLOQUE 5. SISTEMA INMUNITARIO

5.2 Inmunidad adaptativa

Germán Tenorio
Biología 12º



"NOTHING TO WORRY ABOUT, MR. JENKINS,
SOME PEOPLE DO HAVE A MILD REACTION
TO THE FLU SHOT!"

Idea Fundamental: La inmunidad se basa en el reconocimiento de la materia del propio cuerpo y la destrucción de la materia que le es extraña.

San Francisco de Paula
Bella Vista

[Handwritten signature]
XXXXXXXXXX



Inmunidad adquirida

- Cuando la inmunidad natural no ha sido suficiente y el patógeno logra sobrevivir, se induce la respuesta adaptativa, altamente específica, y que se basa en el reconocimiento selectivo de los Ag situados en la superficie del patógeno o en las toxinas producidas por estos.
- Una vez que el sistema inmunitario reconoce al Ag lanza contra él, en aproximadamente 1 semana, dos tipos de respuestas adaptativas:
- **Respuesta celular.** Está mediada por los linfocitos T, capaces de destruir a los microorganismos portadores de dicho Ag y a las células propias infectadas por ellos. Se llama así porque son células las responsables (los linfocitos T).
- **Respuesta humoral.** Se basa en la síntesis y secreción de Ac por los linfocitos B. Estos Ac circulan por la sangre (antes a los fluidos corporales se les llamaba humores) hasta localizar y unirse al Ag que indujo su producción masiva.

INMUNIDAD ADQUIRIDA
Respuestas más lentas
a microorganismos
específicos

(3ª línea defensiva)

Respuesta Humoral
(anticuerpos)

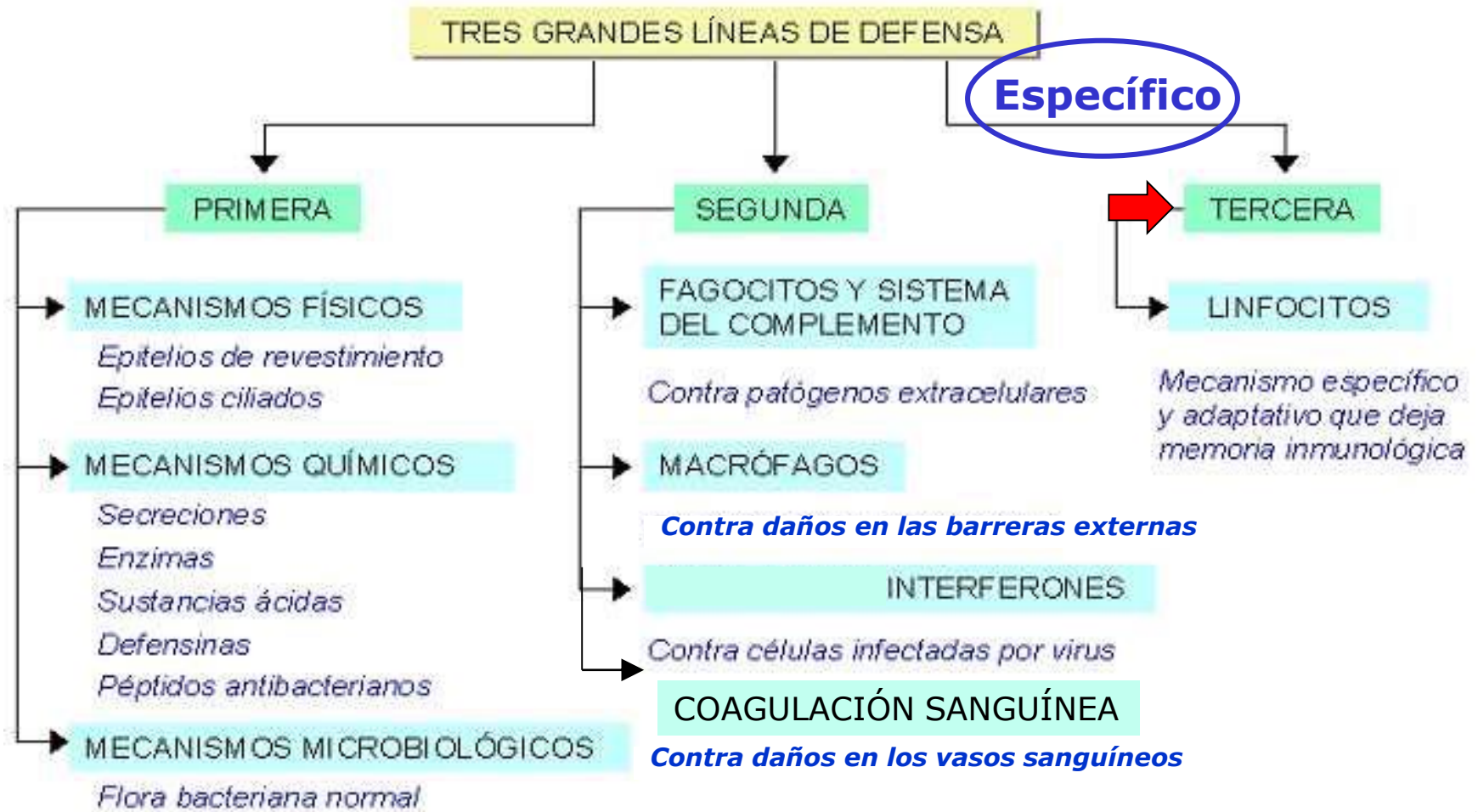
Respuesta Celular
(Linfocitos citotóxicos)

Animación





Respuesta específica: Linfocitos (3ª línea de defensa)

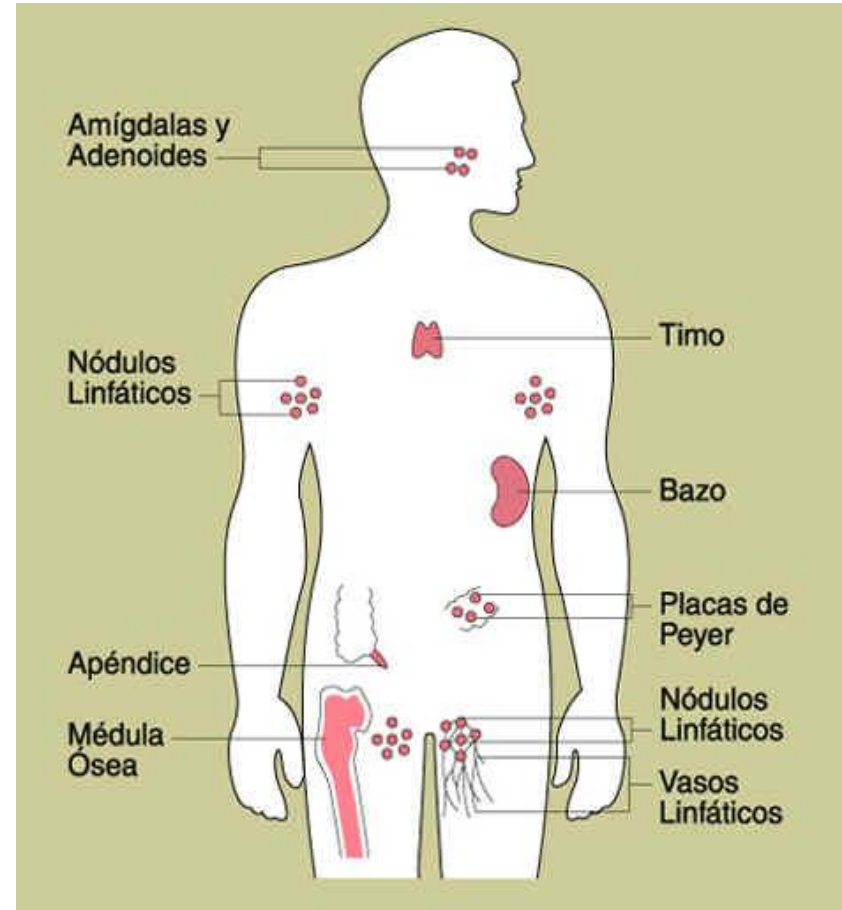


XXXXXXXXXX



Sistema linfático

- **Órganos linfoides primarios:**
Sus particulares y diversos ambientes microquímicos específicos inducen la maduración o distinta especialización de los diversos tipos de linfocitos. Lo forman: el **timo** (donde maduran los T), y la **médula ósea roja**, donde maduran los linfocitos B. Se llamaron B porque en las aves maduran en la llamada Bolsa de Fabricio, y allí se descubrieron.
- **Órganos linfoides secundarios:**
Tienen el ambiente adecuado para que los distintos linfocitos interaccionen entre sí y se pongan en contacto por primera vez con el Ag que les muestra la CPA. Esto desencadena las respuestas adaptativas celular y humoral.

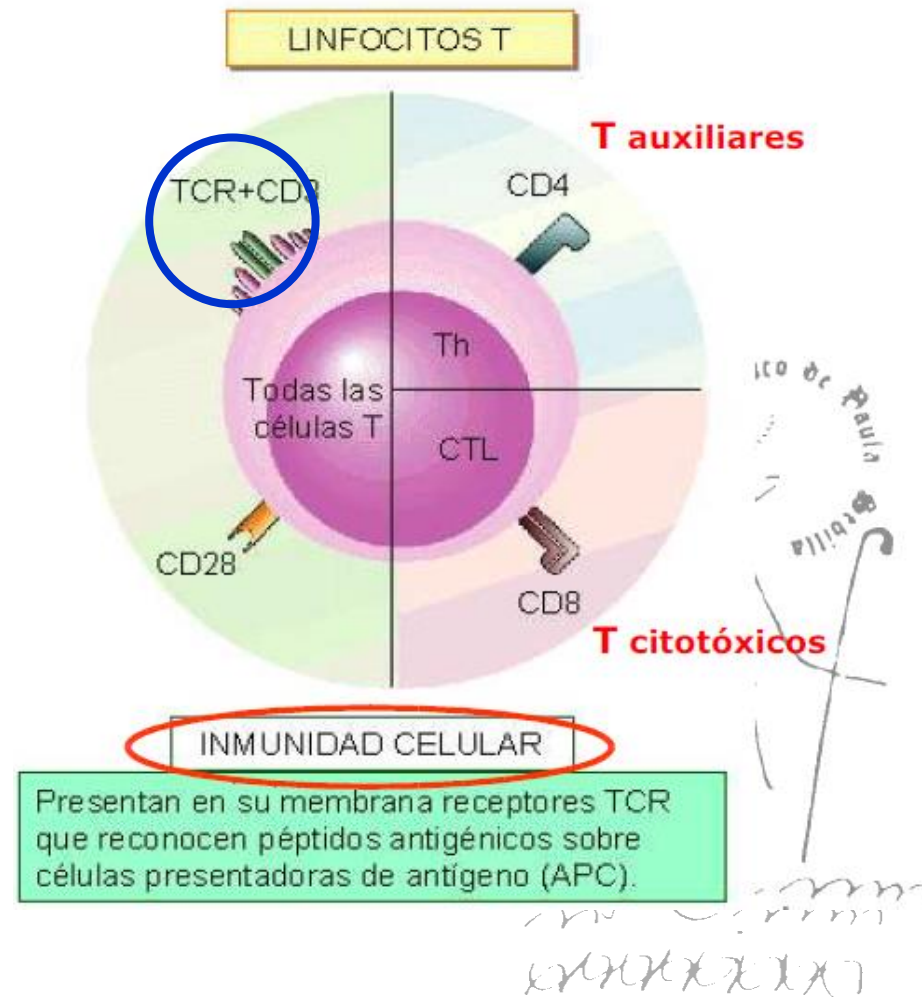


Handwritten signature or scribble in the bottom right corner.



Componentes del sistema inmunitario: linfocitos T

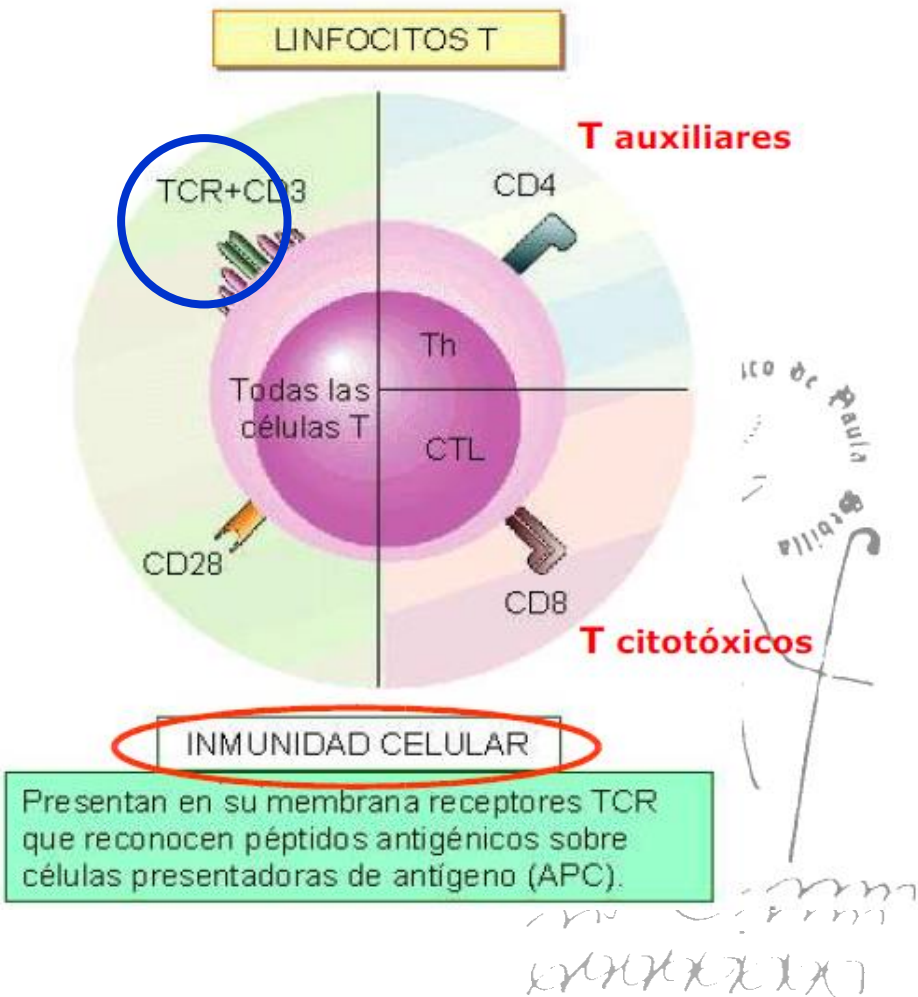
- Proceden de linfoblastos pro-T de la médula ósea que viajan al timo.
- Maduran en el Tímo adquiriendo unos receptores de membrana llamados **TCR** (particular para cada linfocito).
- Además de estos receptores, que todos presentan, tienen otros que diferencian a los linfocitos T en dos estirpes. Se trata de un tipo de molécula, llamada CD, que está presente en la membrana plasmática de estas células y que puede ser de dos clases: CD4+ y CD8+.





Componentes del sistema inmunitario: linfocitos T

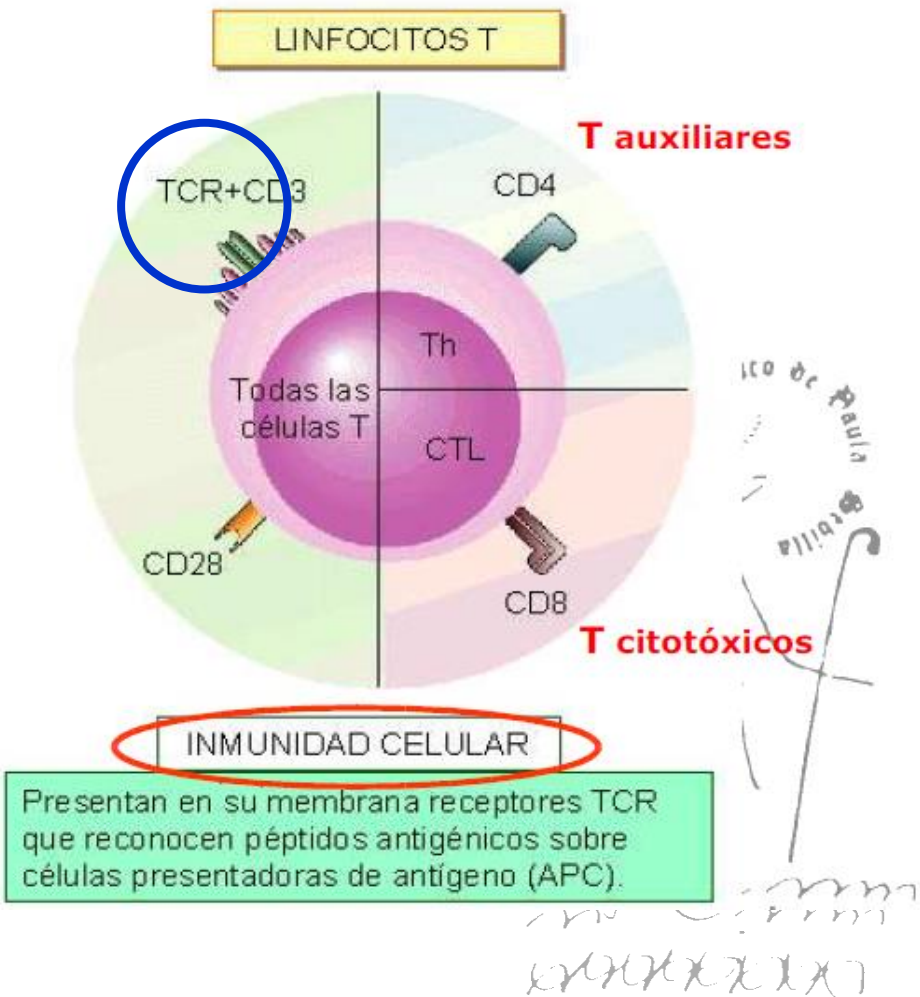
- Linfocitos TH. T Helpers, T Auxiliares o T Cooperadores.
- Son **CD4+** y se activan cuando una CPA (por ejemplo, un macrófago) les muestra un Ag procedente de un patógeno. Este Ag lo expone el macrófago unido a una proteína especial de su membrana llamada MHC-II (complejo principal de histocompatibilidad de clase II).
- Hay dos subpoblaciones de TH:
TH1. Activan a los T citotóxicos y a los macrófagos.
TH2. Activan a los linfocitos B, lo que hace que se diferencien en células plasmáticas productoras de Ac.





Componentes del sistema inmunitario: linfocitos T

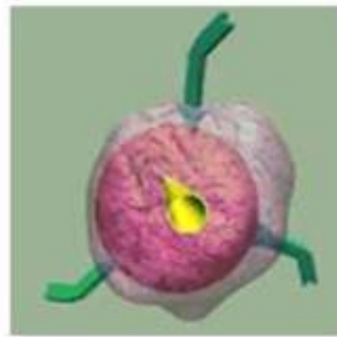
- Linfocitos TC. T citotóxicos. Son **CD8+**.
- Se activan cuando una célula tumoral o infectada intracelularmente (especialmente por virus) les muestra el Ag del patógeno expuesto en una molécula especial de su membrana llamada MHC-I.
- Destruyen a estas células tumorales o infectadas que contengan este Ag. También son responsables del rechazo a injertos.
- Producen poros en las membranas de sus células diana, les introducen enzimas hidrolíticas y las lisan o les inducen la apoptosis.





Componentes del sistema inmunitario: linfocitos T

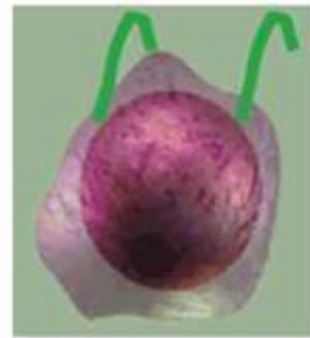
- Hay otros linfocitos, como los T reguladores y los T supresores que intervienen en la supresión de la respuesta inmune una vez eliminado el Ag. Lo consiguen inhibiendo el funcionamiento de otros linfocitos al producir citoquinas supresoras. También previenen las enfermedades autoinmunes.



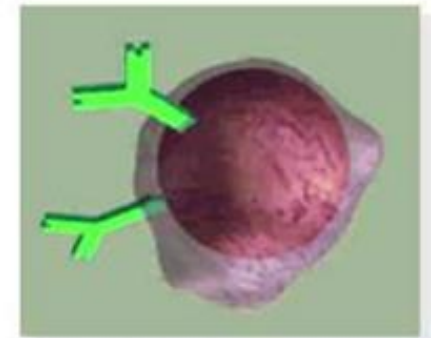
Célula T cooperadora



Célula T citotóxica



Célula T supresora

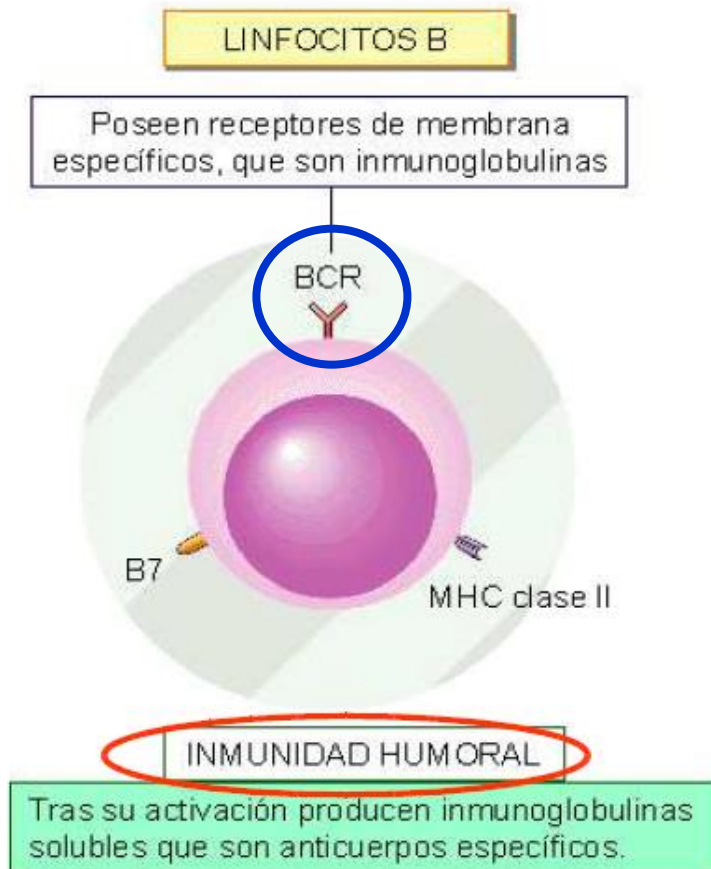


Célula de memoria

Handwritten notes:
m. l. m. m.
x x x x x x x x x x



Componentes del sistema inmunitario: linfocitos B



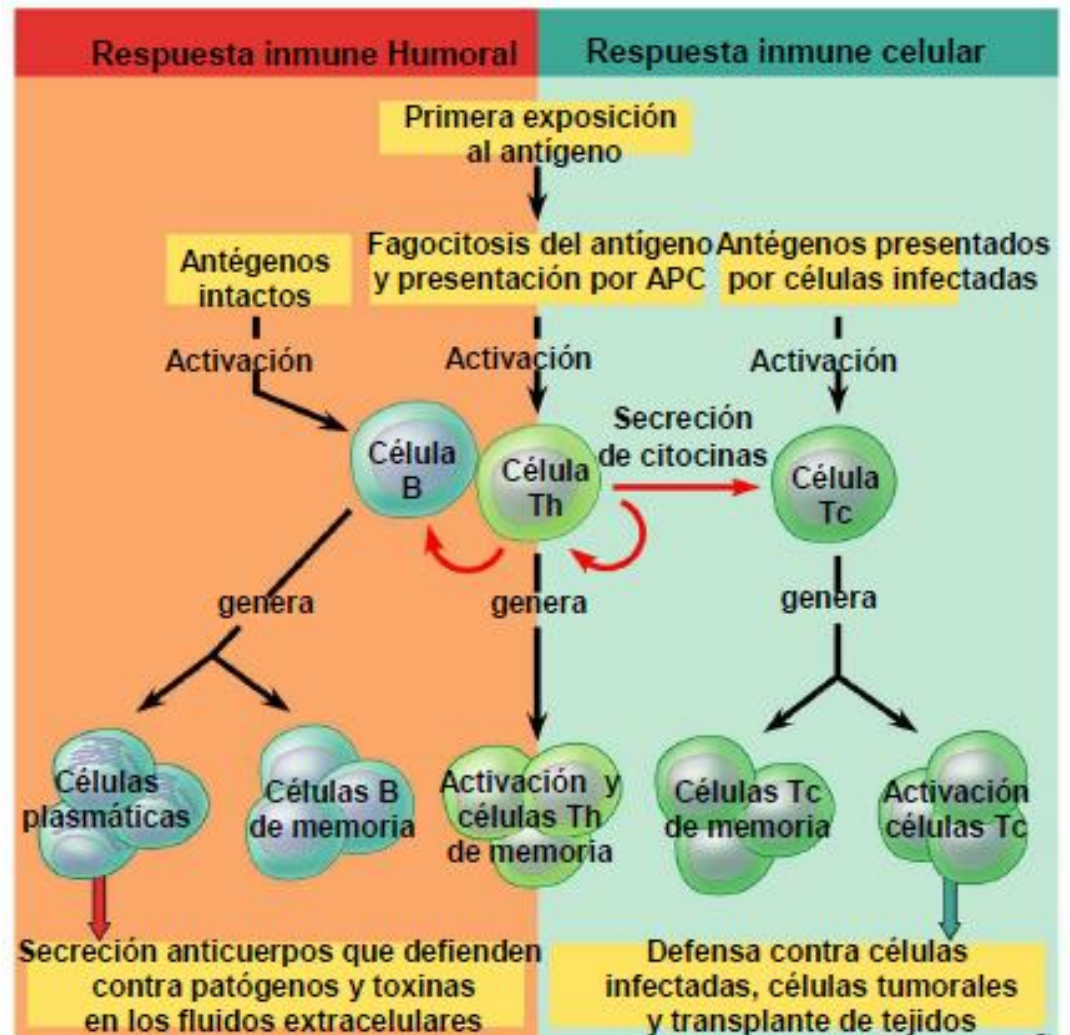
- Proceden de linfoblastos proB que inicialmente están en el hígado fetal y posteriormente en la médula ósea roja, donde maduran.
- En la médula roja adquieren receptores de membranas que son Ac de superficie llamados **BCR** que pueden unirse y reconocer directamente a los Ag de los patógenos. Los introducen por endocitosis y los procesan en su citoplasma.
- Los Ag procesados son expuestos en su superficie unidos a receptores de membrana MHC-II. Los presentan a los linfocitos TH2. Éstos, segregando determinadas citoquinas, activan a los linfocitos B que se transforman en células plasmáticas productoras y secretoras de grandes cantidades de Ac.

XXXXXXXXXX



Mecanismo de acción de la respuesta inmune específica

- El reconocimiento del Ag origina el desencadenamiento de la respuesta adaptativa celular y de la humoral.
- Esto requiere la cooperación entre las células presentadoras de Ag (CPA), los linfocitos TH y los linfocitos T citotóxicos (respuesta celular) o los linfocitos B (respuesta humoral).
- Esta cooperación tiene 3 fases:
 1. Reconocimiento, presentación del Ag y selección clonal.
 2. Activación proliferación y diferenciación.
 3. Efectora.





Activación de linfocitos

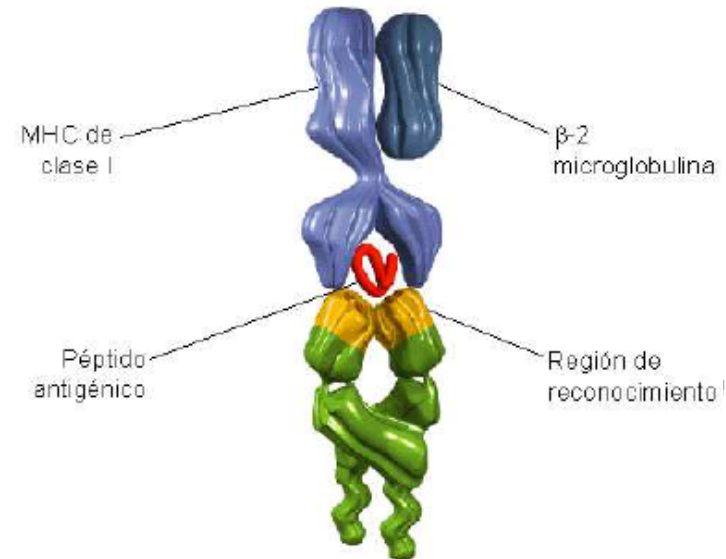
- En su activación, los linfocitos reconocen el péptido antigénico presentado en la superficie de las células presentadoras de antígeno (APC) mediante la proteína MHC.

Complejo MHC-Antígeno-TCR

- Los **autoantígenos** son glucoproteínas específicas de cada individuo, codificadas por una región del genoma que se denomina **complejo principal de histocompatibilidad (MHC)**.

- Existen dos clases de MHC:
 - **Clase I**, que se encuentran en todas las células nucleadas del organismo.
 - **Clase II**, que sólo se localizan en las APC y los linfocitos B

- Los **linfocitos CD8** (Tc y Ts) únicamente reconocen los complejos antigénicos formados por antígenos extraños y autoantígenos MHC **clase I**. Por el contrario, los receptores antigénicos de los **linfocitos CD4** sólo reconocen los de la **clase II**.

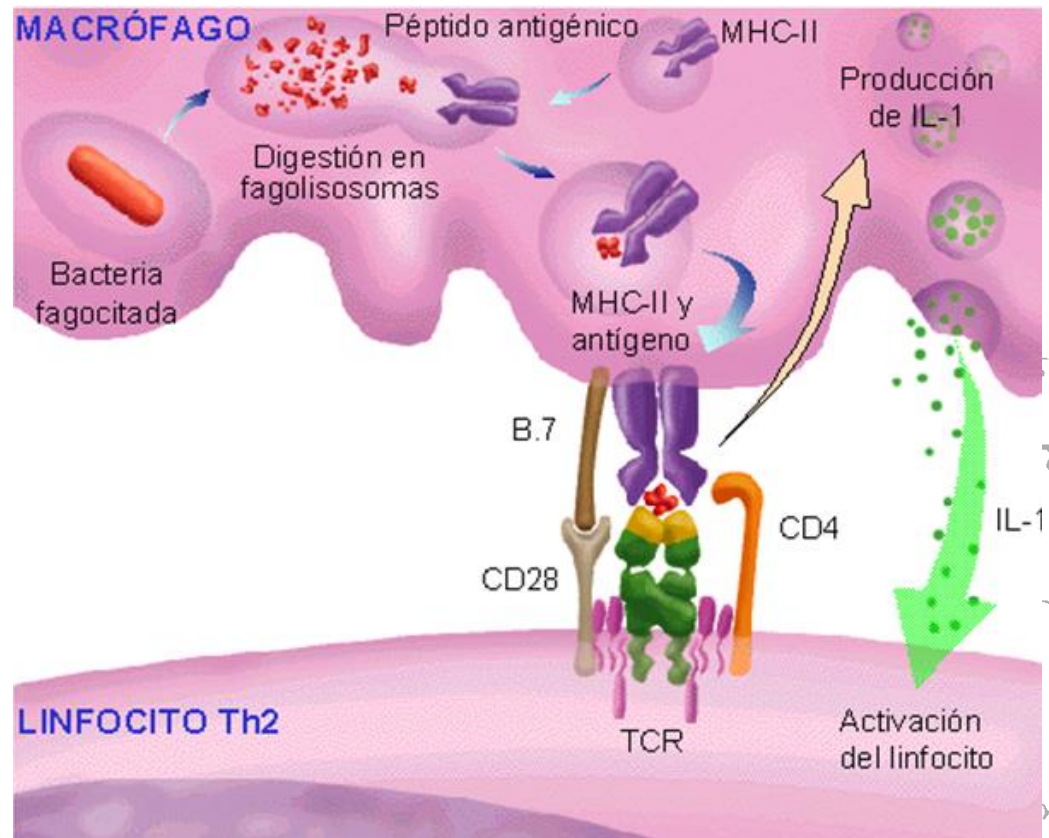


[Handwritten notes in the bottom right corner, including a vertical line and some illegible scribbles.]



Reconocimiento y presentación del antígeno

- **Presentación a los TH (CD4+).** Un macrófago fagocita al patógeno, lo procesa y obtiene de él unos trozos pequeños llamados péptidos antigénicos (la mayoría de los Ag son proteínas o glucoproteínas).
- Lo expone en su membrana uniéndolo a las moléculas de MHC-II que posee. Así se lo presenta al TH, que lo reconoce mediante sus receptores TCR.

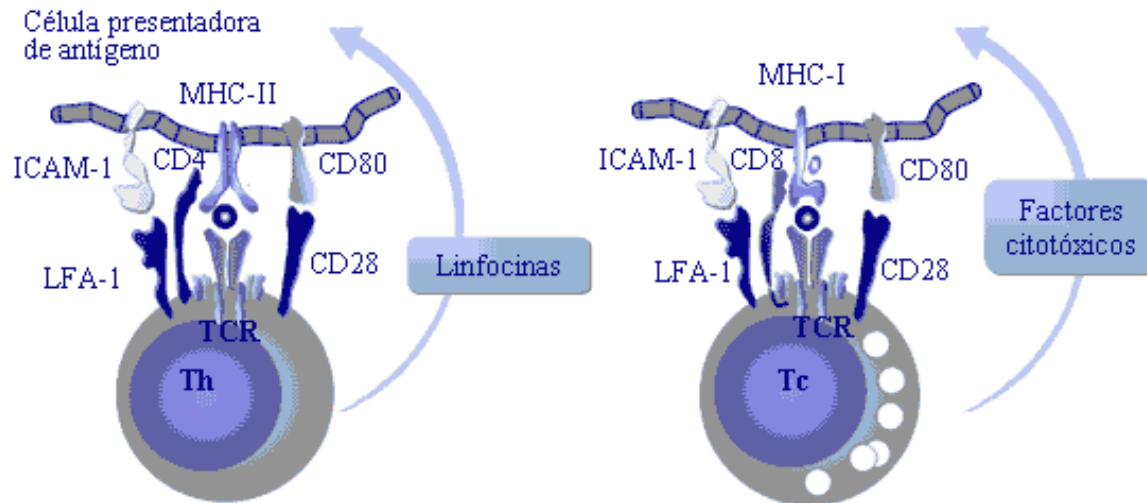


XXXXXXXXXX

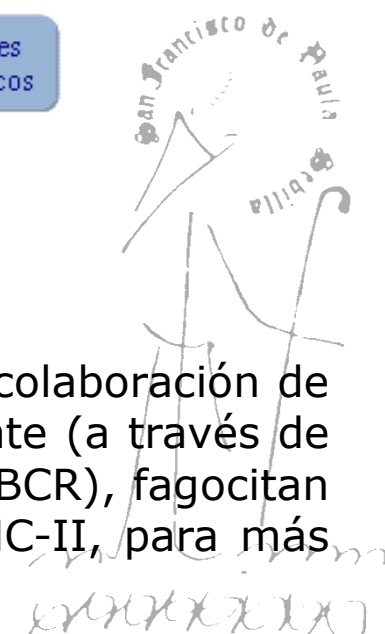


Reconocimiento y presentación del antígeno

- **Presentación a los TC (CD8+).** Una célula infectada por patógenos internos o una célula tumoral une un Ag intracelular (componentes del virus o proteínas anómalas de las células cancerígenas) al MHC-I de su membrana. Así lo presenta al linfocito T citotóxico que tenga su TCR específico para ese Ag.



- **Presentación a los linfocitos B.** Los B no requieren la colaboración de células presentadoras, ya que ellos reconocen directamente (a través de sus BCR) a los Ag. Una vez unidas ambas moléculas (Ag-BCR), fagocitan al Ag y los exhiben en sus membranas unidos a sus MHC-II, para más tarde presentárselos a los TH2.

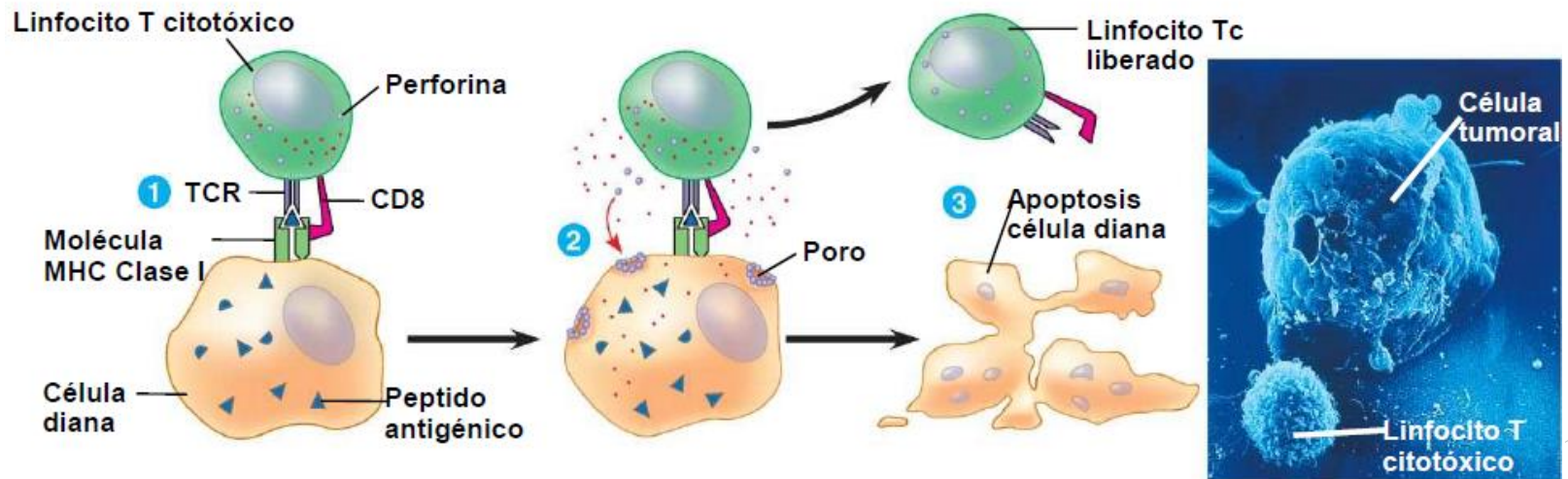




Fase de activación, proliferación y diferenciación

- Una vez presentados, los TH se activan mediante las citoquinas liberadas por los macrófagos y por los propios TH (autoactivación).
- Los TH1 activan la capacidad fagocítica de los macrófagos y también activan a los T citotóxicos que han sido seleccionados previamente (tras la presentación del Ag por las células infectadas).

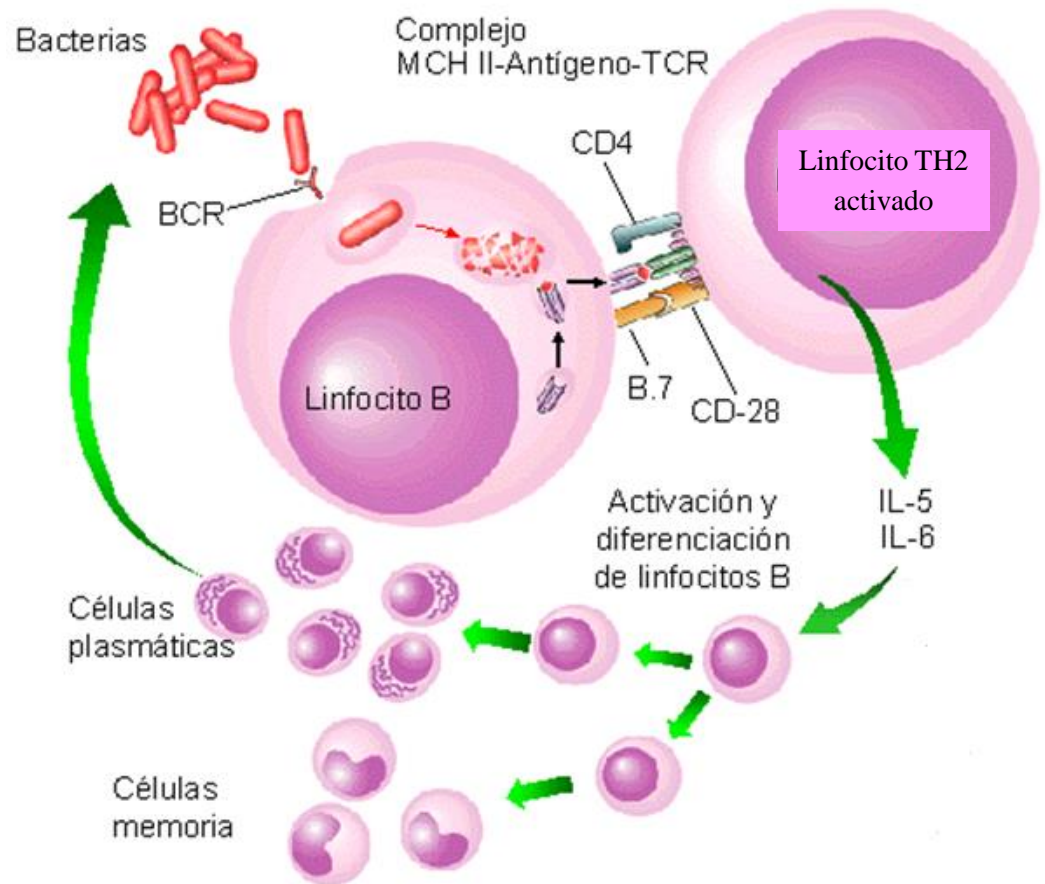
La **citotoxicidad** consiste en la **lisis** o destrucción de las células dianas por los linfocitos Tc, que reconocen con su CD8 a la molécula MHC-I presentando al Ag en la superficie de las células infectadas. Tras la unión entre célula diana y el linfocito Tc, éste segrega unas proteínas llamadas **perforinas** que perforan la membrana celular y la célula infectada muere.





Fase de activación, proliferación y diferenciación

- Los TH2 activan a los linfocitos B (a los que tienen el Ag unido a su MHC-II) mediante la secreción de citoquinas. Esto provoca que proliferen y se diferencien en células plasmáticas productoras y secretoras de Ac soluble.
- Cada linfocito B produce un tipo particular de Ac. A ese Ac, si está unido por su parte Fc a su membrana plasmática se le llama BCR y cuando la célula plasmática lo produce y segrega a la sangre (va ahora en forma soluble) se le llama Ac soluble, pero se trata de moléculas iguales para cada linfocito B concreto.



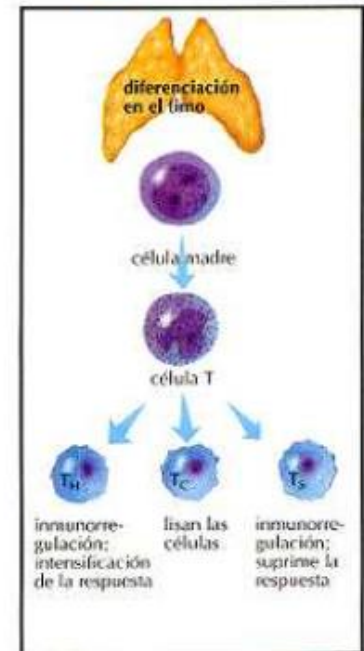


Fase efectora

- Una vez activados, cada linfocito lleva a cabo su tarea. Los linfocitos B llevan a cabo la **respuesta celular**.
- **Concepto:** Conjunto de mecanismos inmunitarios que no implican la producción de Ac, sino que la realizan células especializadas perteneciente a los linfocitos T.

Es un proceso muy eficaz para la destrucción de:

- Células infectadas por virus.
- Células propias tumorales.
- Células de otro organismo (transplantes).
- Células con infección bacteriana o protozoo intracelular.

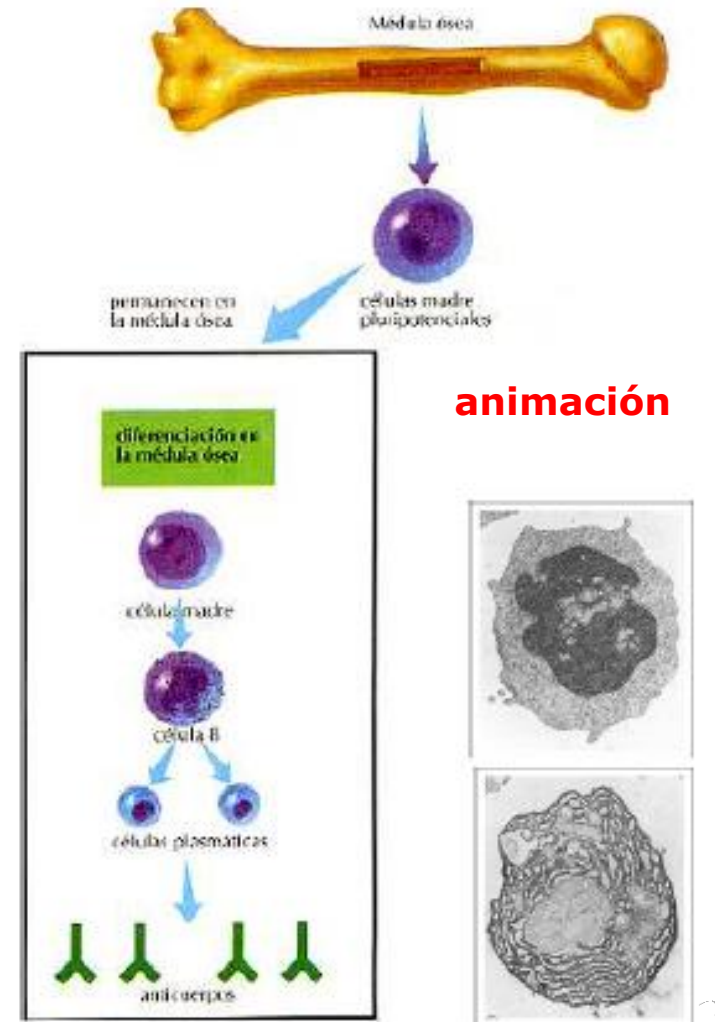


animación



Fase efectora

- Los linfocitos B llevan a cabo la **respuesta humoral**.
- **Concepto:** Conjunto de mecanismos inmunitarios en los que intervienen proteínas específicas denominadas Ac, fabricadas por los linfocitos B contra los Ag extraños que se difunden por los fluidos (humores) del organismo. Los anticuerpos difunden y llevan su acción en la sangre, linfa líquidos intersticiales y secreciones.
- Existen muchos tipos diferentes de linfocitos, que se diferencian en su receptor (inmunoglobulina) de membrana (BCR), capaz de reconocer un antígeno específico y responder dividiéndose para formar un clon de sí mismos: **Selección Clonal**.
- Dicho clon segrega a continuación un anticuerpo específico contra el antígeno.

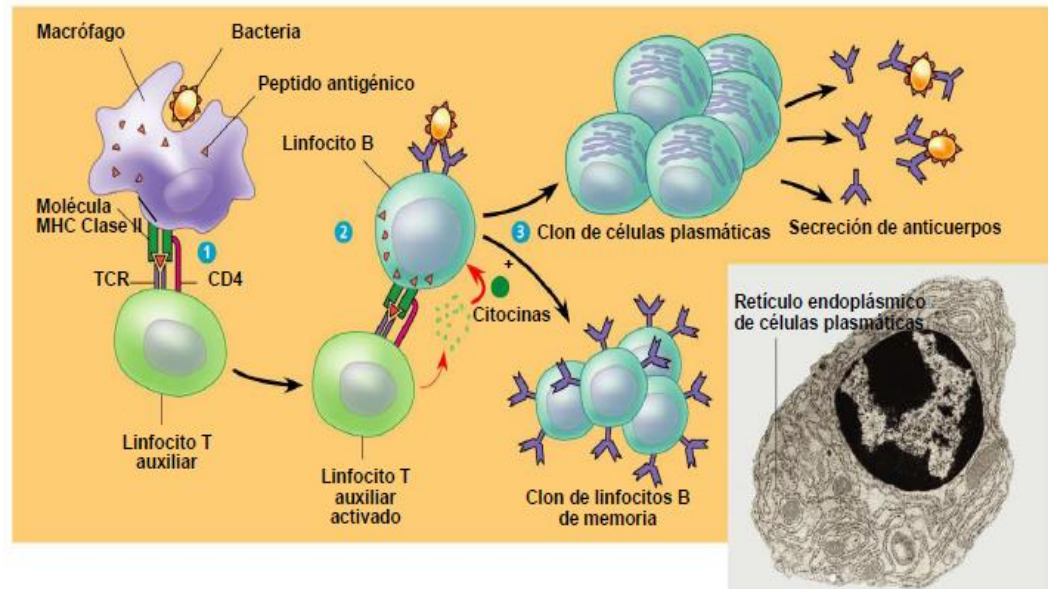




Producción de anticuerpos: Selección clonal

- Los linfocitos B activados se dividirán muchas veces por mitosis, generando un clon de células plasmáticas que producen el mismo tipo de anticuerpo. Este proceso de generación de un gran número de células plasmáticas productoras del mismo tipo de anticuerpo específico se denomina **selección clonal**.

- Un reducido número de linfocitos B se convierten en **linfocitos B de memoria**, que son **responsables de la memoria inmunológica** al persistir de forma inactiva durante mucho tiempo una vez ha finalizado la infección.



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

- Si el mismo patógeno vuelve a penetrar en el organismo, se activan los linfocitos de memoria, respondiendo muy rápidamente mediante la producción de anticuerpos específicos contra el mismo.

Handwritten notes:
no...
xxxxxxx



Producción de anticuerpos: Células plasmáticas

- Las **células plasmáticas** son linfocitos B maduros **responsables de la respuesta humoral** que secretan un gran número de anticuerpos durante la respuesta inmunitaria. Estas células tienen un inusualmente desarrollado Retículo Endoplásmico Rugoso (RER), orgánulo implicado en la síntesis, modificación y transporte de proteínas, en este caso, los anticuerpos.
- Otra característica de las células plasmáticas, es que expresan un menor número de genes, al estar dedicadas a la producción del mismo tipo de proteína. Esto explica el patrón de tinción que se observa en su núcleo, con una mayor proporción de heterocromatina (ADN que no se expresa).



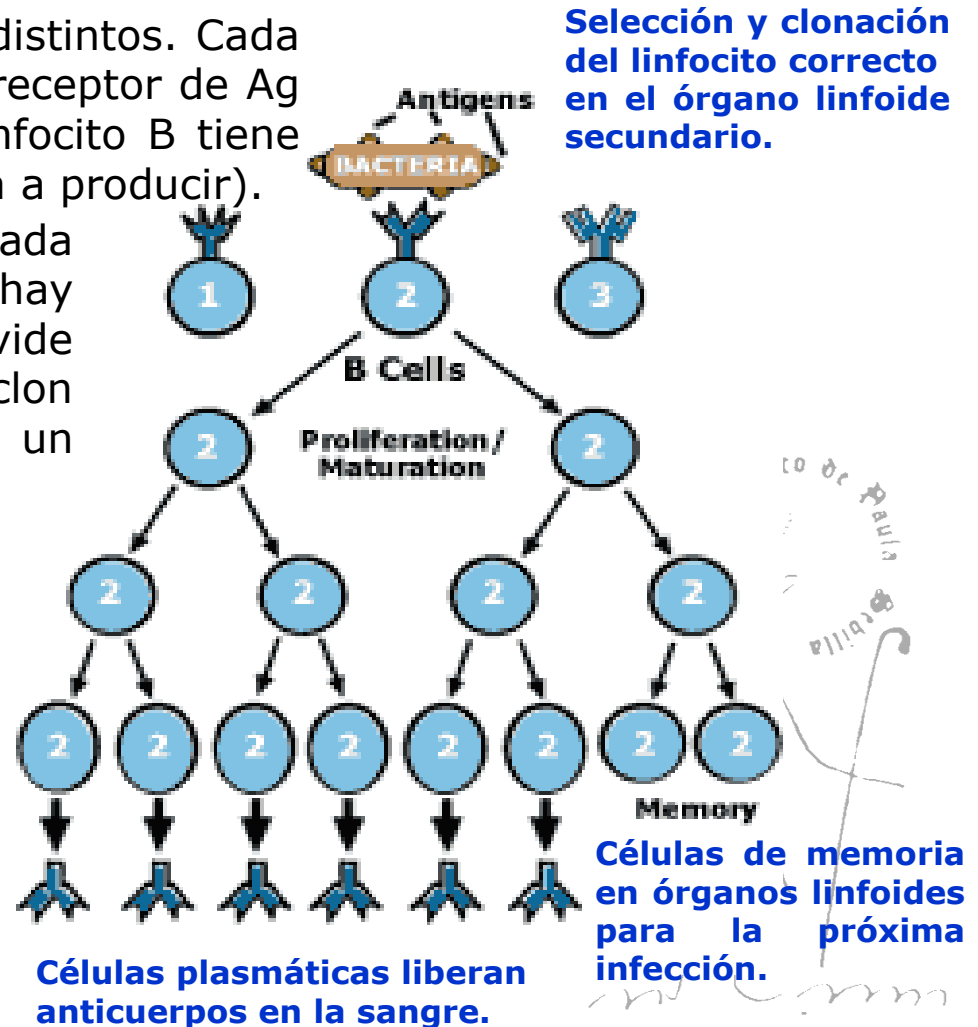
Figure 9.11 The Immune System, 3ed. (© Garland Science 2009)

XXXXXXXXXX



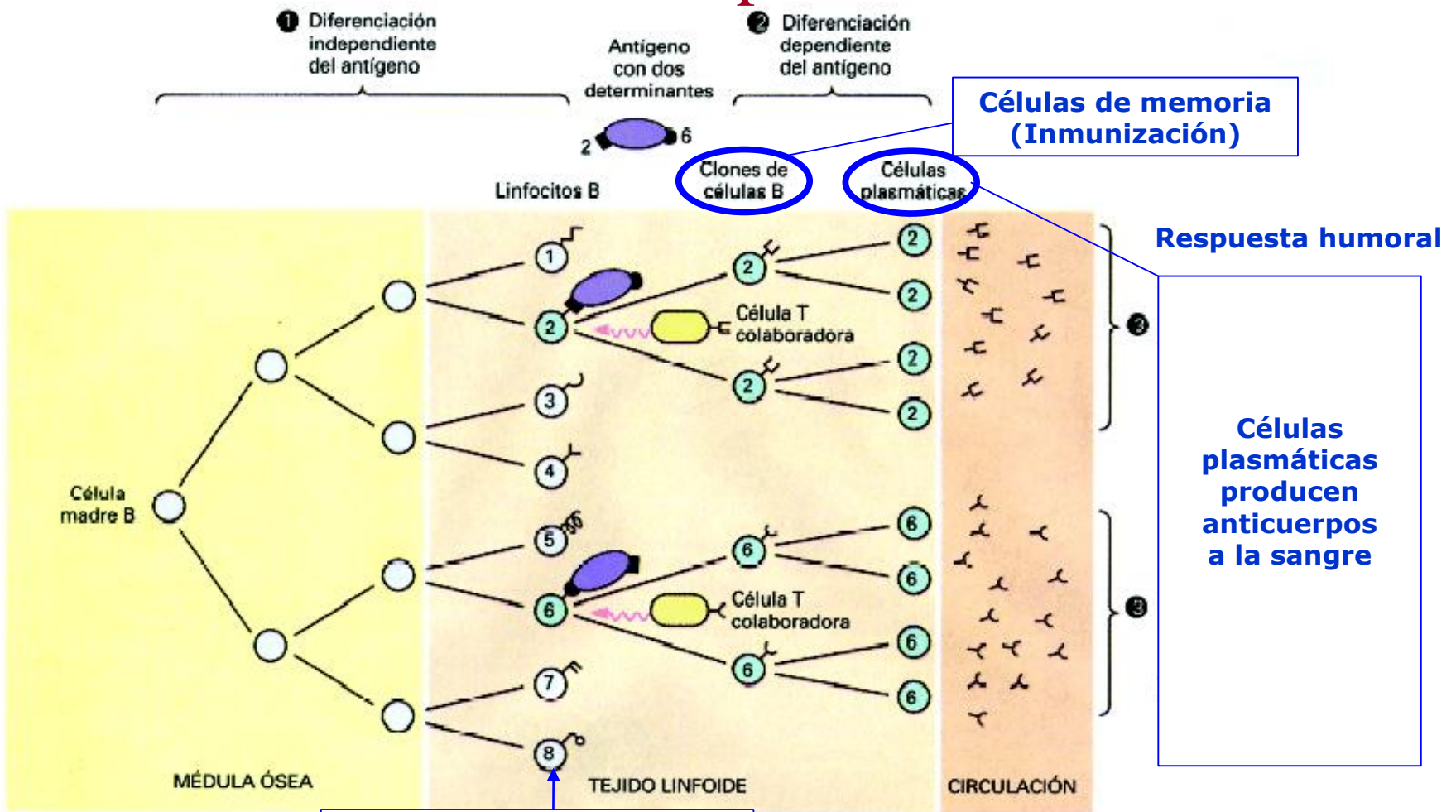
Selección clonal

- Hay millones de linfocitos T y B distintos. Cada linfocito T tiene un determinado receptor de Ag en su superficie (TCR) y cada linfocito B tiene el suyo (formado por el Ac que va a producir).
- Durante la vida embrionaria, cada linfocito T o B (de los que hay millones distintos, al azar) se divide y forma un clon. Cada clon manifiesta en su membrana un determinado tipo de receptor.
- Cuando entra en el cuerpo un Ag concreto, seleccionará al clon de linfocitos que tiene el receptor específico a ese Ag. Estos clones se activan y pasan a responder según su particular manera (los TH y TC en la respuesta celular y los TH y los B en la humoral). Además, se crea memoria para responder a nuevas invasiones del mismo Ag.





Producción de anticuerpos: Selección clonal



Selección y clonación del linfocito correcto

Células de memoria (Inmunización)

Respuesta humoral

Células plasmáticas producen anticuerpos a la sangre

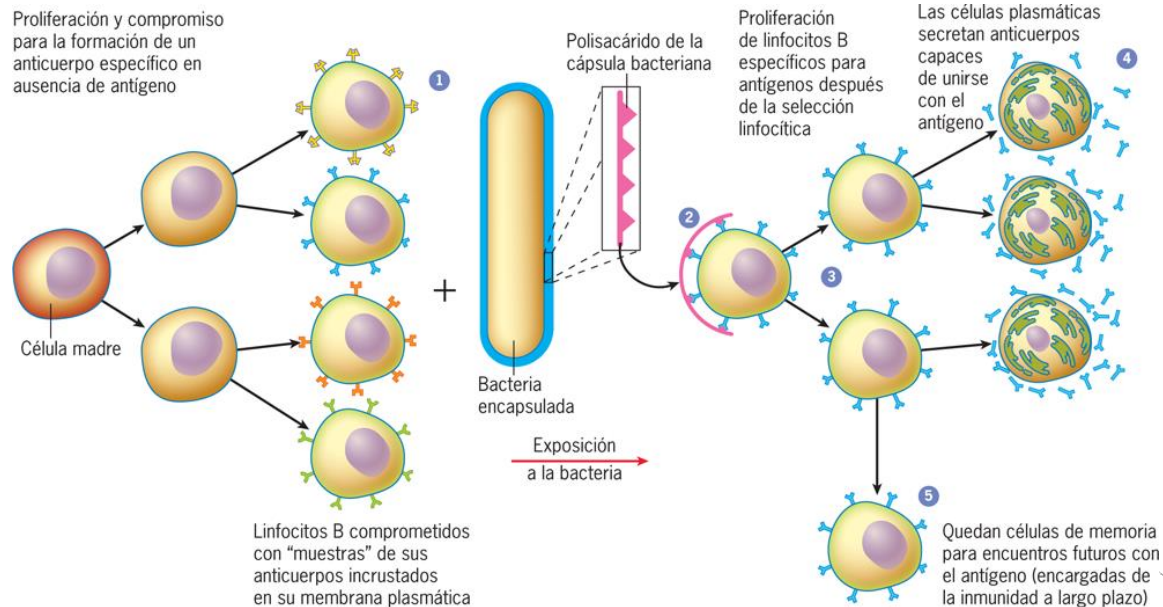
FIGURA 7.30 Teoría de la selección clonal de la respuesta

Video8



Selección clonal

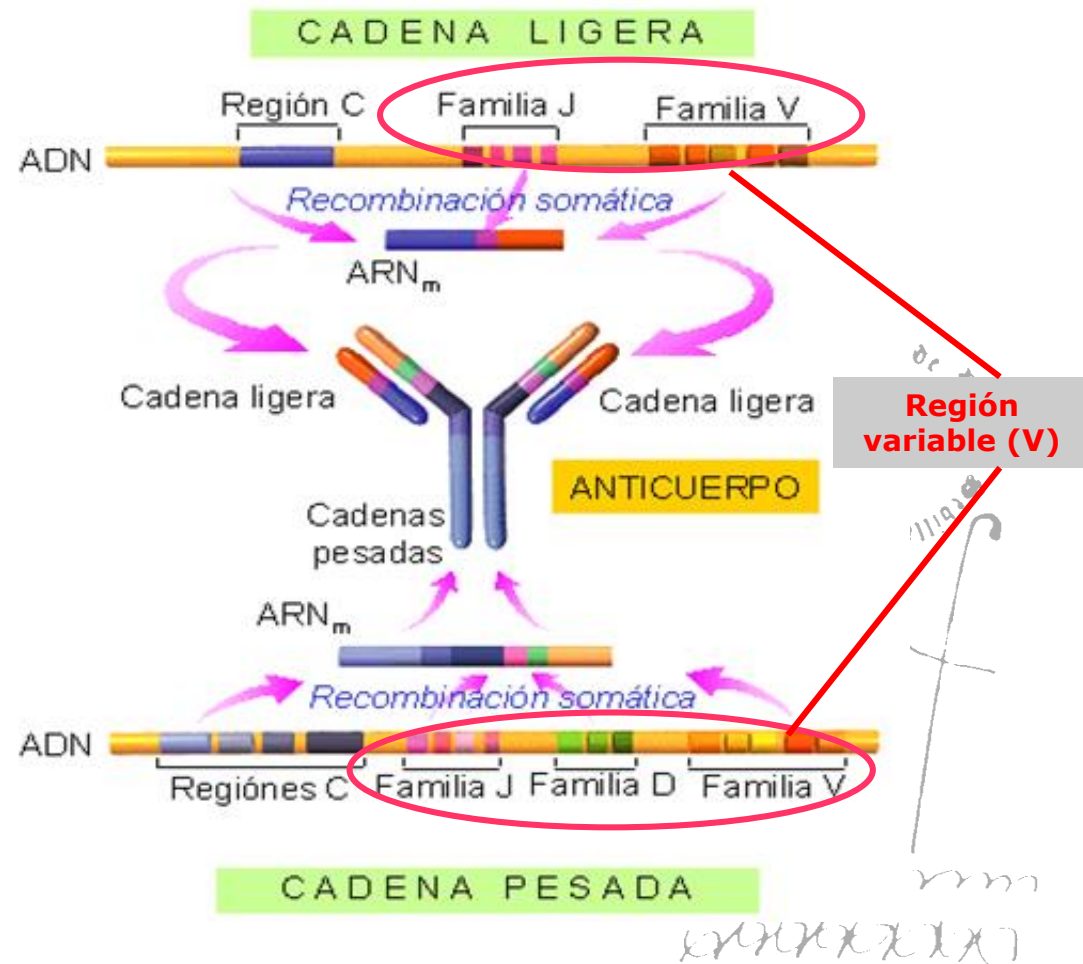
- Hay millones de Ag distintos que nos rodean y que pueden ser patógenos. ¿Cómo es posible que para cada uno haya, probablemente, un linfocito T y B capaz de reconocerlo?
- Un ser humano puede generar miles de millones de Ac distintos. Los Ac son proteínas. El genoma humano consta de unos miles de genes y sólo una pequeña parte se dedica a la formación de Ac. ¿Cómo puede, por tanto, formarse tal cantidad de Ac distintos con tan pocos genes? La respuesta es el proceso llamado **reordenamiento génico**.





¿Cómo el genoma humano contiene información para producir hasta $2 \cdot 10^6$ de anticuerpos distintos?

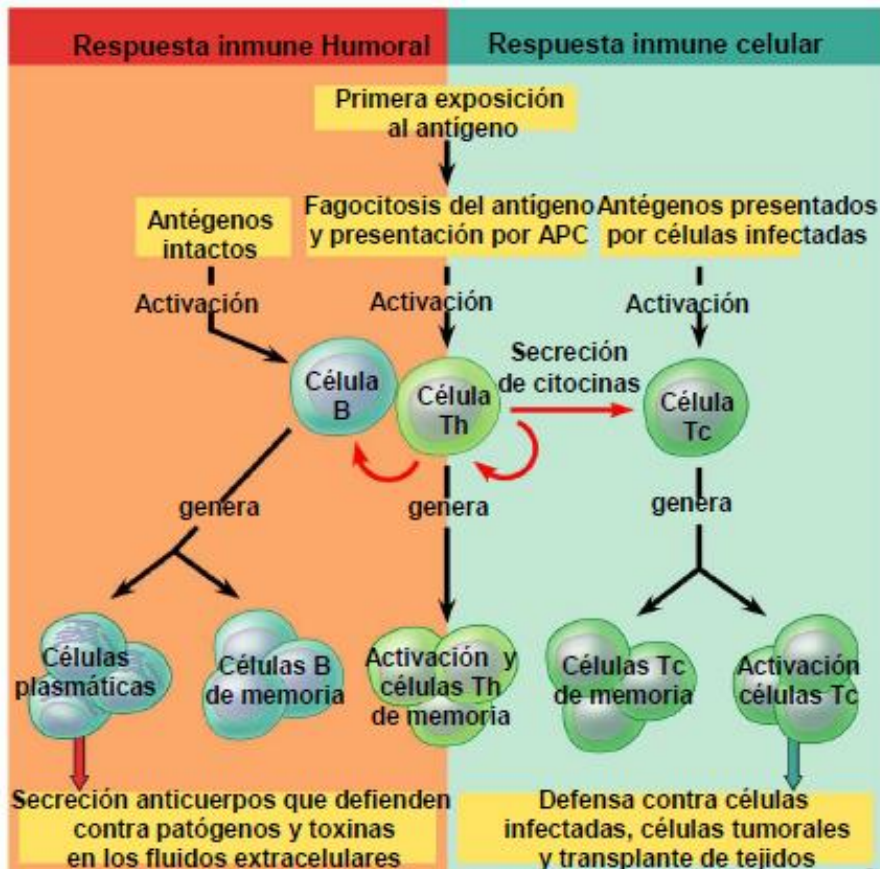
- Existen varias familias de minigenes (V, D, J) que codifican para las distintas partes de un Ac. De cada familia hay varias posibilidades.
- En un determinado linfocito B se produce un determinado reordenamiento: uno de los posibles tipos de V "salta" de su lugar en el genoma y se une a otro tipo de D y a otro tipo de J. Posteriormente se unen dichos fragmentos y se forma determinado gen que será responsable de un determinado Ac. Las posibles combinaciones son enormes.





Respuestas primaria y secundaria

- Frente a una infección por un determinado antígeno, el organismo desarrolla un sistema de **memoria inmunológica** en el que, como si de un archivo se tratara, almacena información sobre dicho antígeno.



- El proceso consiste en la formación de **linfocitos de memoria** que permanecen en el organismo incluso después de eliminar el Ag por completo, y que se activan rápidamente ante una nueva exposición al mismo Ag.
- La **memoria inmunológica** consiste en la capacidad del sistema inmunitario de reconocer un antígeno al que ha sido expuesto anteriormente.
- Por tanto, pueden distinguirse **dos tipos de respuestas inmunitarias**: primaria (1^{er} contacto con un Ag) y secundaria (2^o contacto con el mismo Ag).

[Handwritten signature]

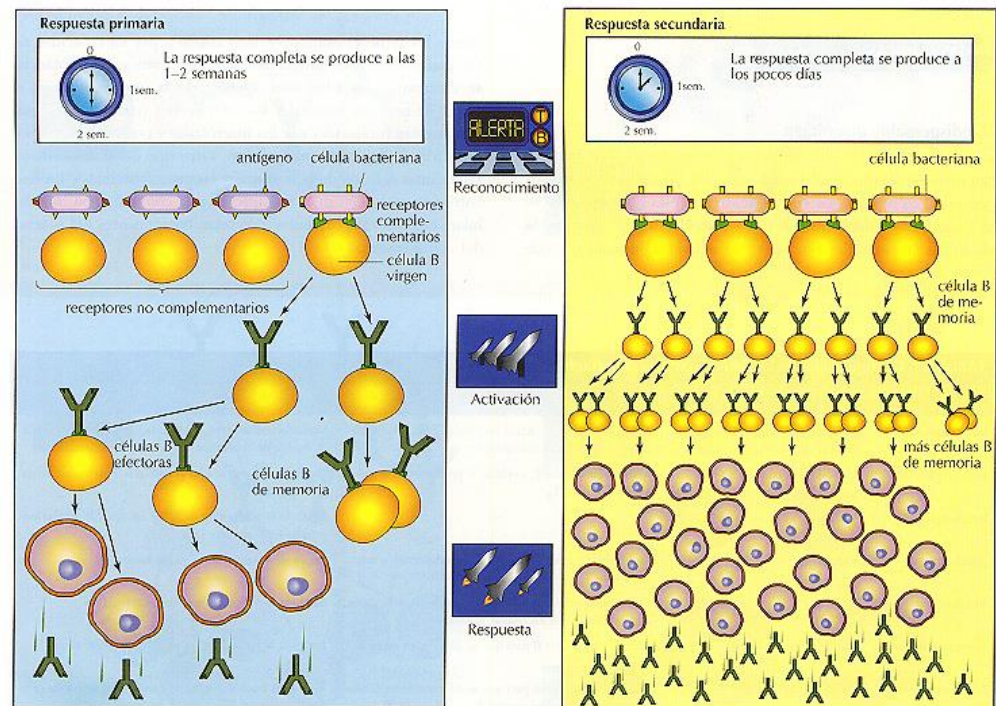


Respuestas primaria y secundaria

- Cuando por 1ª vez un antígeno se pone en contacto con el organismo, se produce una respuesta inmune que se denomina **respuesta primaria**. Por el contrario, un segundo contacto con el mismo antígeno vuelve a activar al sistema inmune, produciendo una **respuesta secundaria** o adaptativa.

- Ambas respuestas son **cualitativa y cuantitativamente diferentes**.

- La **respuesta primaria** es una respuesta lenta y no precisa de células de memoria, mientras que la **respuesta secundaria**, producida tras un 2º contacto del sistema inmunitario con el mismo antígeno, es una respuesta mucho más rápida y eficaz que la primaria gracias a la existencia de linfocitos de memoria.





Respuestas primaria y secundaria

a) Durante la 1ª exposición al antígeno se produce la selección clonal y producción de Ac, que generalmente es insuficiente, por lo que es aquí cuando el individuo desarrolla los signos y síntomas de la enfermedad.

b) Una vez que el individuo se ha recuperado de la infección. El nivel de Ac en el plasma protege de una inmediata reinfección. Habrá un nº significativo de células B de memoria presentes en varios nódulos linfáticos.

c) Se produce una 2ª infección con el mismo antígeno.

d) Tiene lugar una rápida producción de Ac hasta altos niveles, debido al incremento en la probabilidad de que el antígeno encuentre a un linfocito B de memoria específico.

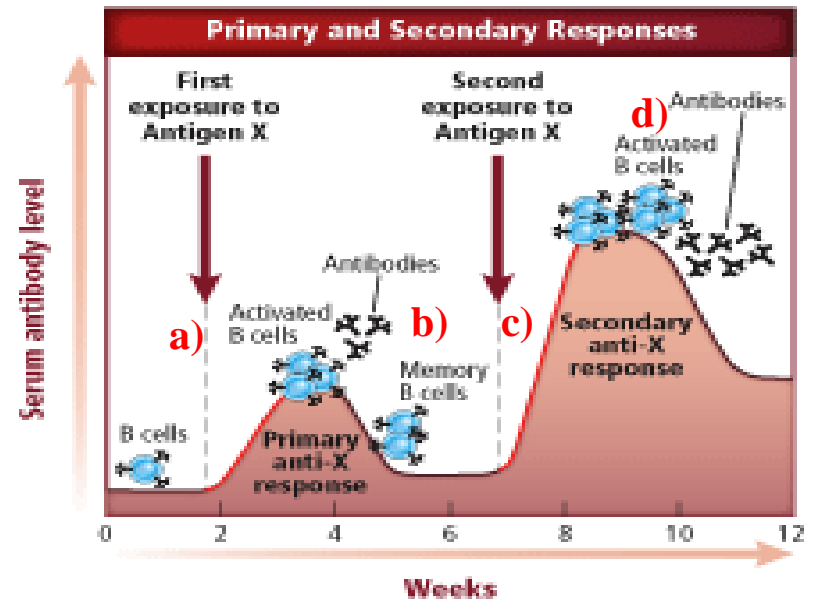


IMAGEN: glencoe.mheducation.com

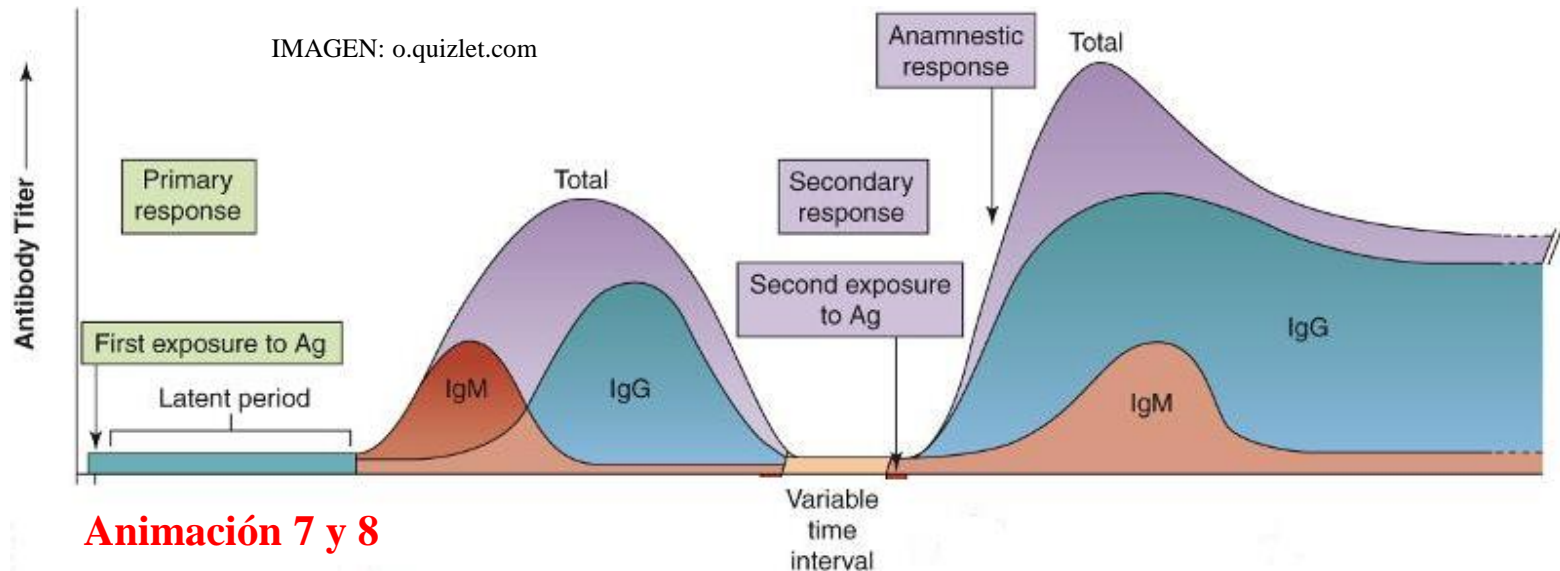
Los altos niveles de Ac se deben al gran número de linfocitos B de memoria que se estimulan para diferenciarse en células plasmáticas.

Handwritten notes:
m m m m
x x x x x x x x



Respuestas primaria y secundaria

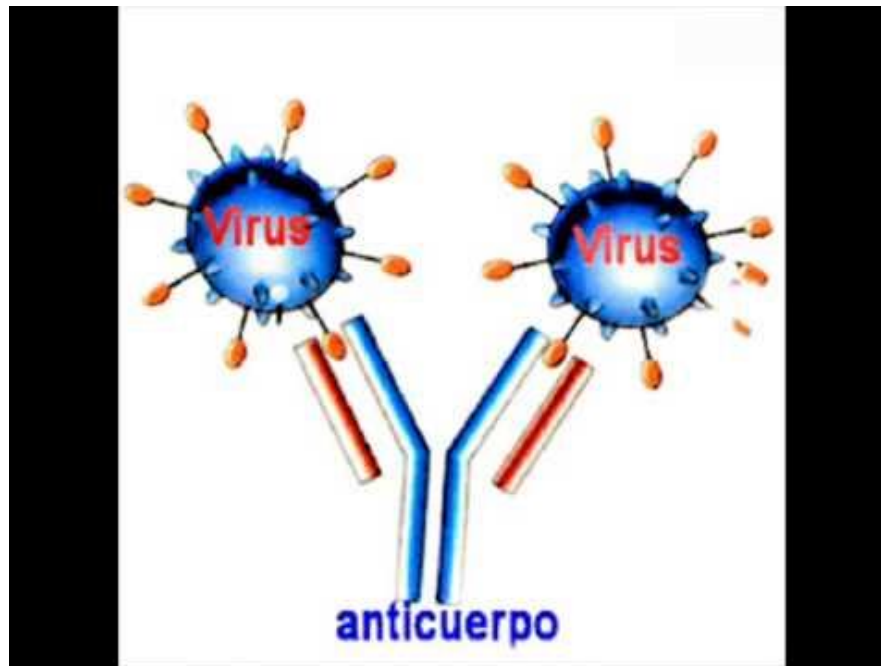
- En la respuesta 1ª los niveles máximos de inmunoglobulinas se alcanzan tras un largo período de latencia después del estímulo antigénico, mientras que en la respuesta 2ª se alcanza más rápidamente.
- La respuesta 1ª es de menor intensidad que la 2ª, donde los niveles de Ac que se alcanzan son mucho mayores.
- En la respuesta 1ª predomina la IgM, mientras que en la secundaria predomina la IgG, que posee mayor afinidad por el antígeno.
- La respuesta 2ª, al predominar en ella la IgG de vida media más larga que la IgM, es más permanente en su acción que la respuesta 1ª.





Características respuesta inmunitaria adaptativa

- La respuesta inmunitaria se basa en tres principios fundamentales:
- **Especificidad:** Los linfocitos Tc y B que han sido seleccionados por el Ag tienen receptores de membrana muy específicos (TCR y BCR, respectivamente) respecto a su unión a una parte determinada del Ag denominada determinante antigénico o **epítopo**. La unión es del tipo enzima-sustrato, es decir, hay una estrecha relación espacial entre el epítopo y la parte del Ac que se une a él (llamada **parátopo**).

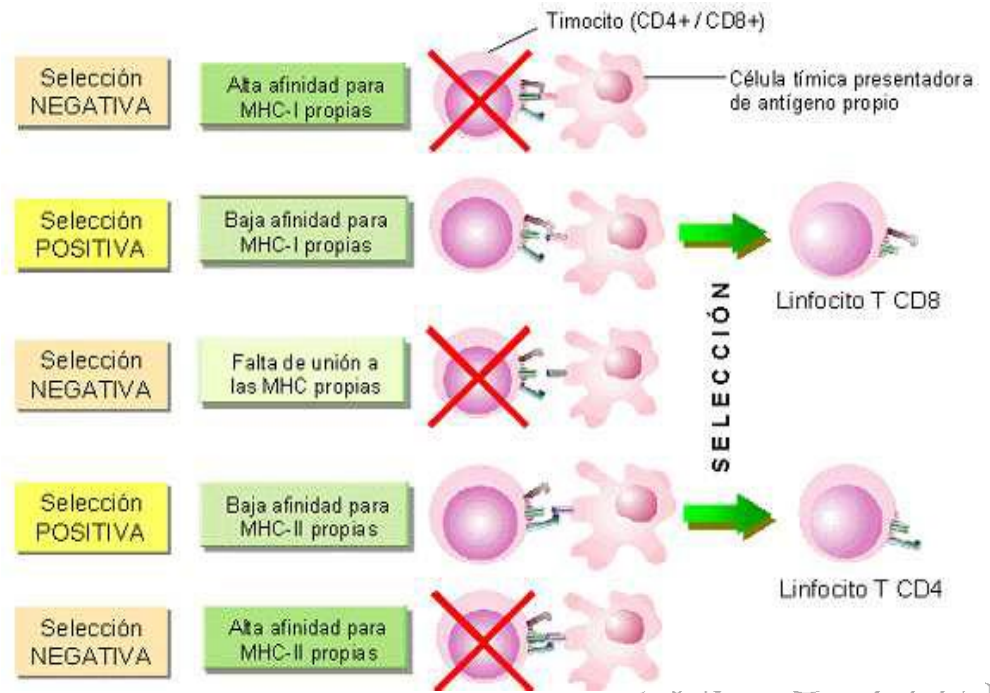




Características respuesta inmunitaria adaptativa

- **Reconocimiento de lo no propio (tolerancia):** En general, no producimos Ac contra nuestras propias macromoléculas.
- Durante nuestro desarrollo embrionario, se eliminan aquellos infocitos B son inmaduros preparados genéticamente (por su particular reordenamiento génico) para producir Ac contra nuestras macromoléculas. Sólo sobreviven los linfocitos que no producen Ac contra nuestras moléculas.

■ Los supervivientes maduran y, como hemos visto en la selección clonal, una vez maduros su respuesta a la presencia del Ag específico es la contraria: forman un clon y se transforman en células plasmáticas que liberarán grandes cantidades de Ac contra ese Ag. De esta manera, el sistema inmune se hace **tolerante** frente a los Ag propios, actuando sólo cuando reconoce lo no propio.

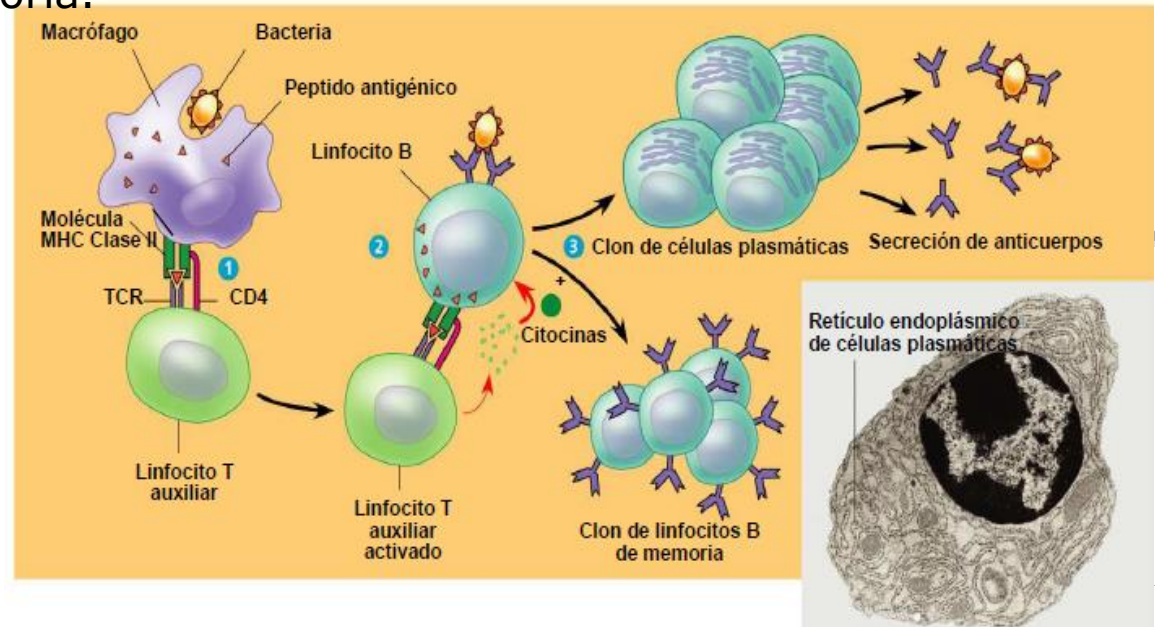


Handwritten notes:
...
XXXXXX



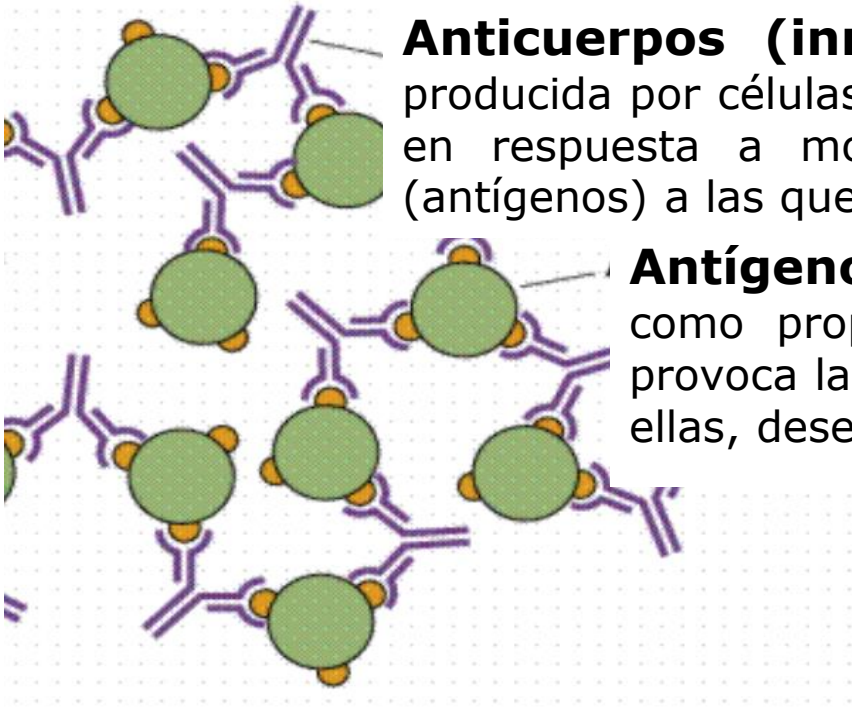
Características respuesta inmunitaria adaptativa

- **Memoria:** Cuando los linfocitos son activados por los A en la respuesta primaria se diferencian en dos poblaciones: una de linfocitos **efectores** que ponen en marcha la respuesta adaptativa (humoral y celular), y otra de linfocitos de **memoria**, que guardan el recuerdo del Ag.
- Si este Ag se presenta posteriormente se desencadena la respuesta secundaria más intensa y eficaz. Son los responsables del estado de **inmunidad**, que durará más o menos en función del tiempo de vida de estos linfocitos memoria.





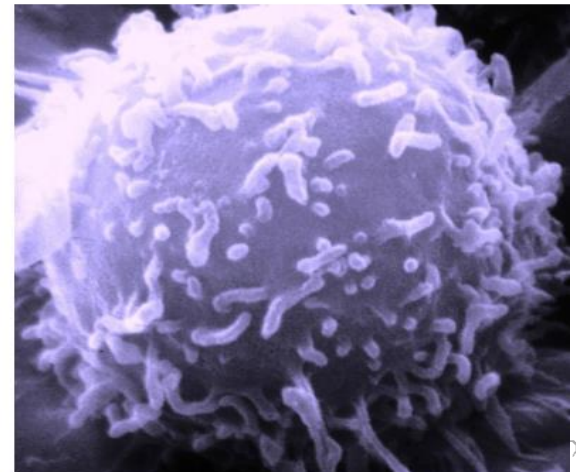
Los linfocitos B producen anticuerpos



Anticuerpos (inmunoglobulinas): Proteína globular producida por células plasmáticas (linfocitos B diferenciados), en respuesta a moléculas no reconocidas como propias (antígenos) a las que se une específicamente.

Antígenos: Cualquier molécula no reconocida como propia por el sistema inmunitario y que provoca la aparición anticuerpos específicos contra ellas, desencadenando una respuesta inmunitaria.

Linfocito con antígenos





Naturaleza de los antígenos

- Se denominan **antígenos** sólo a aquellas macromoléculas, fundamentalmente **proteínas** y **lipopolisacáridos** complejos, capaces de unirse a un anticuerpo y de iniciar una respuesta inmunitaria, provocando la síntesis de más anticuerpos.
- Existen moléculas de menor tamaño, denominadas **haptenos**, capaces de unirse a anticuerpos pero no de desencadenar una respuesta inmunitaria ni la producción de anticuerpos (no son inmunogénicos).
- Por lo general, un antígeno posee en su superficie uno o más fragmentos reconocibles por un anticuerpo, denominados **epitopos** o determinantes antigénicos.

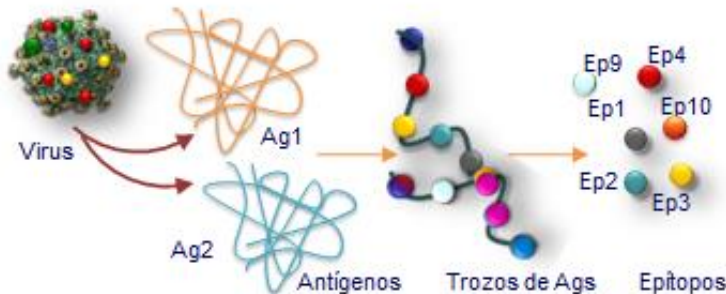
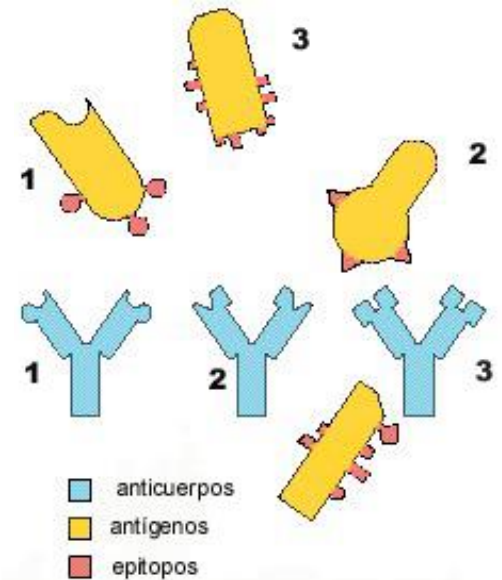
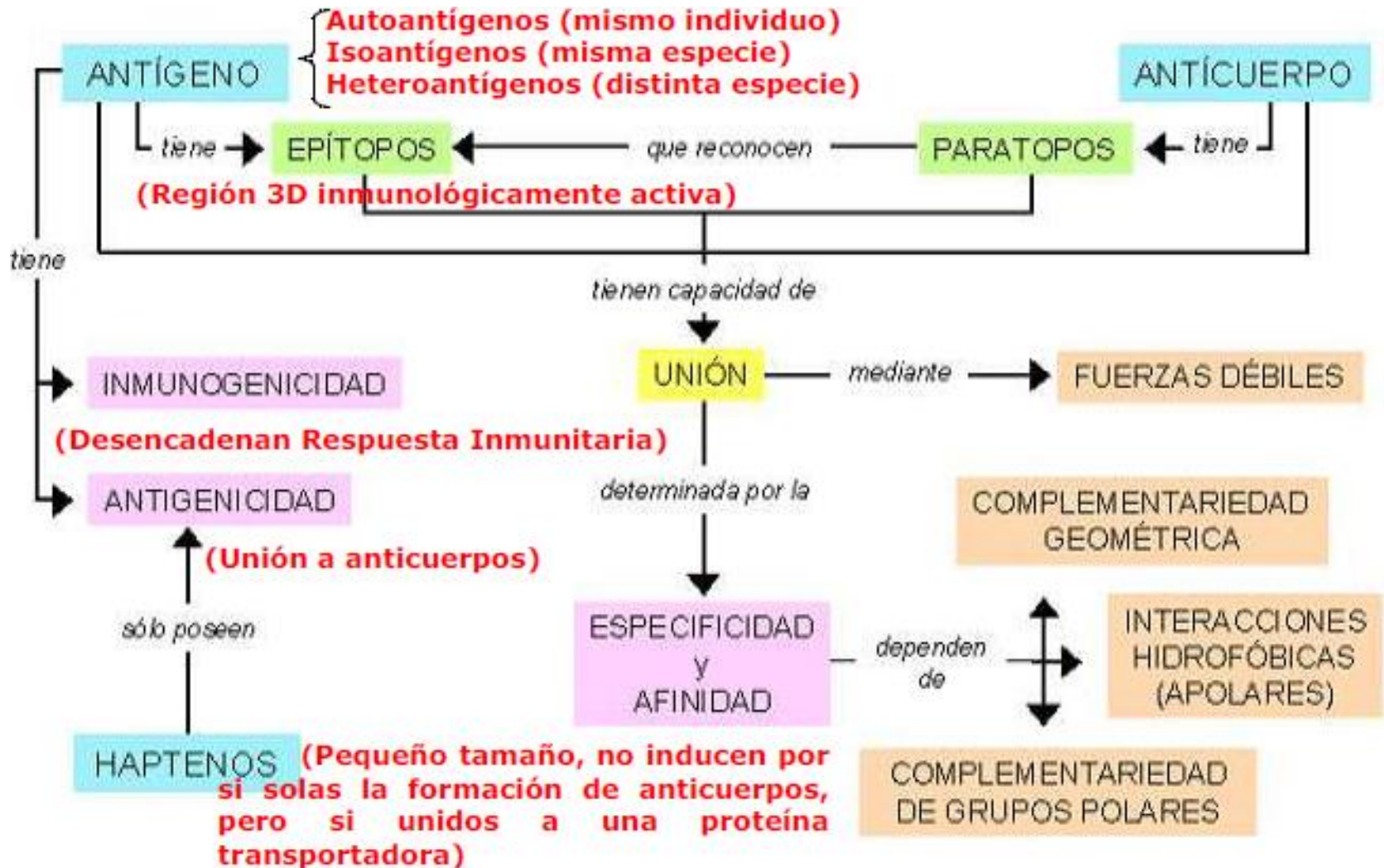


Figura 16. Cada antígeno puede tener miles de epitopos

- El complejo de unión Ag-Ac se forma a partir de la complementariedad existente entre el epitopo del antígeno y el **paratopo** del anticuerpo.



Naturaleza de los antígenos

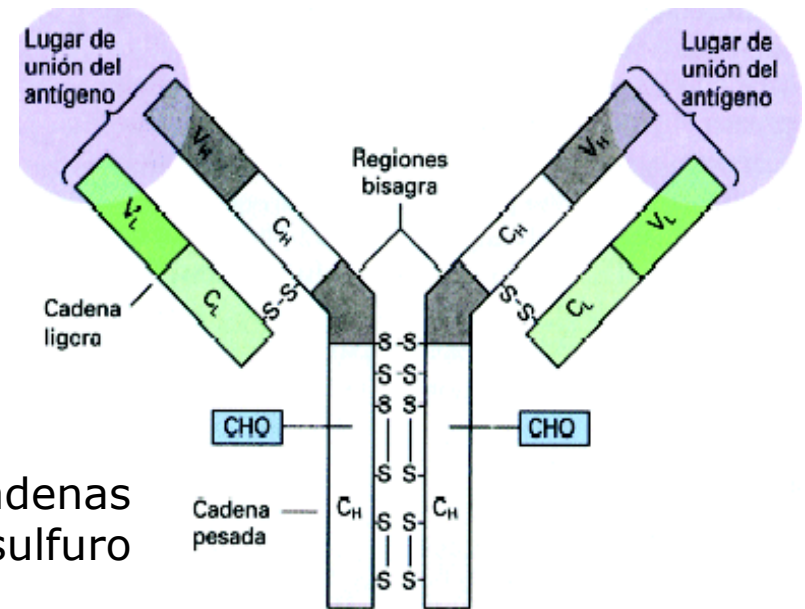


xxxxxxxxxx



Estructura de los anticuerpos/inmunoglobulinas

- Los **anticuerpos** son glucoproteínas plasmáticas globulares, llamadas inmunoglobulinas, producidas por las células plasmáticas (linfocitos B activados).
- Son proteínas de elevado peso molecular, formadas por 4 cadenas polipeptídicas. Dos de ellas se denominan **pesadas o cadenas H**, y ambas poseen una cadena glucídica unida covalentemente. Las otras dos, de menor tamaño, se denominan cadenas **ligeras o cadenas L**.
- Las cadenas ligeras se unen a las cadenas pesadas mediante un puente disulfuro intercatenario.
- Las cadenas pesadas están unidas entre sí por dos puentes disulfuro intercatenarios aunque su número puede ser distinto dependiendo del tipo de inmunoglobulina. Esta zona donde se encuentran los puentes intercatenarios es muy flexible y constituye la **zona bisagra**, que es por donde se **deforman** estas moléculas cuando se unen al antígeno.

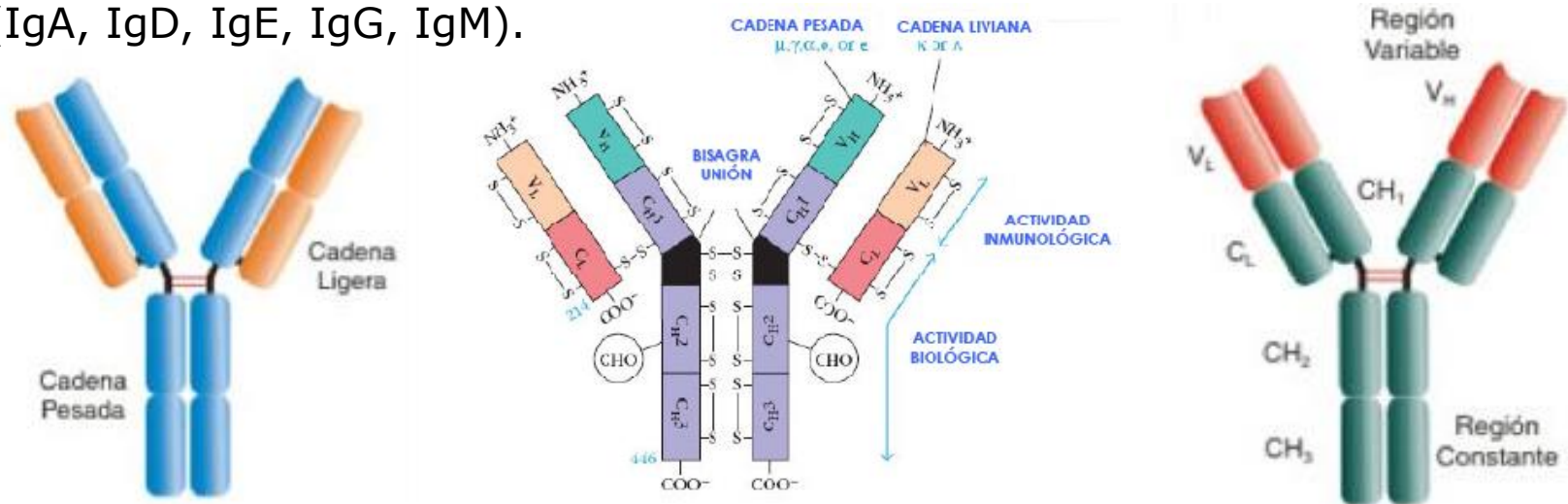


Handwritten notes:
...
XXXXXX



Estructura de los anticuerpos/inmunoglobulinas

- En vertebrados superiores existen **2 tipos diferentes de cadenas ligeras** (kappa o lambda), siendo del mismo tipo las dos cadenas ligeras que forman una misma molécula de inmunoglobulina. Sin embargo, existen **5 tipos diferentes de cadenas pesadas** (alfa, delta, épsilon, gamma y mu), que darán lugar a los cinco isotopos de inmunoglobulinas que existen (IgA, IgD, IgE, IgG, IgM).

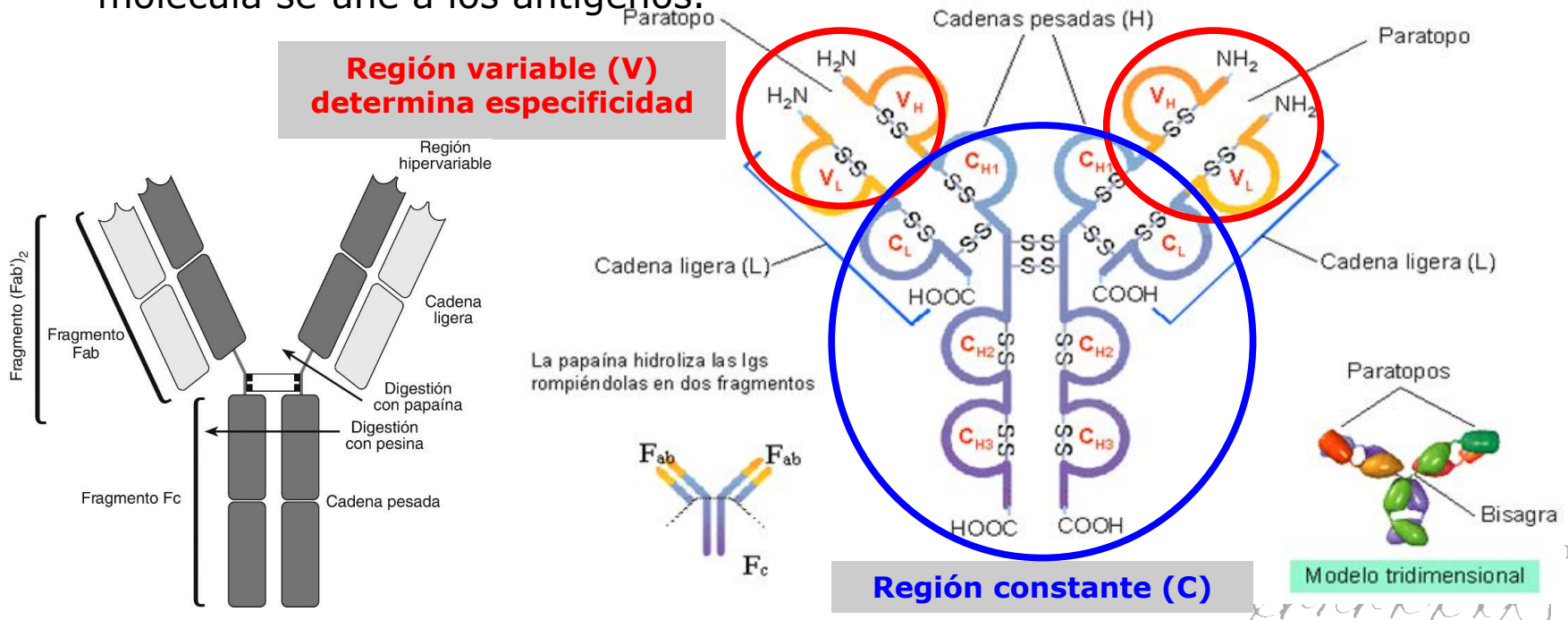


- Las cadenas tanto ligeras como pesadas presentan dos regiones diferenciadas: la **fracción variable** (V_L y V_H) donde se localiza el **paratopo** o **región hipervariable** y es responsable de reconocer y unirse al antígeno, y la **fracción constante** (C_L y C_H) responsable de unirse a las células del sistema inmune para activarlas, así como al complemento.



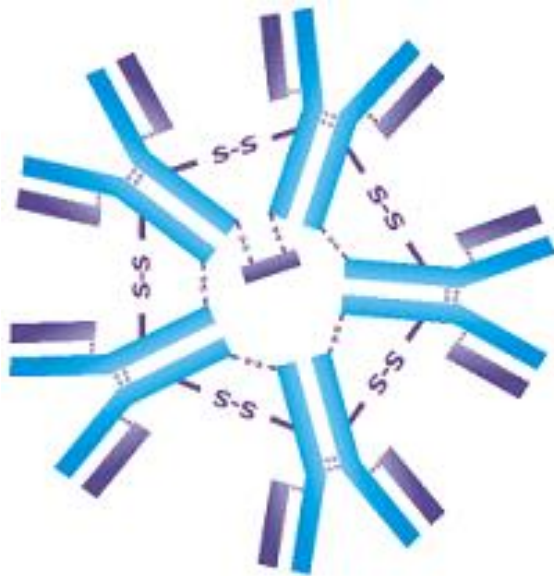
Estructura de los anticuerpos/inmunoglobulinas*

- Al tratar una inmunoglobulina con la enzima papaína, se produce la ruptura específica de las cadenas pesadas y se obtienen tres fragmentos: uno denominado **Fragmento cristizable (Fc)**, que se corresponde con la fracción constante de las cadenas pesadas y que define la actividad biológica, y otros dos fragmentos denominados cada uno de ellos **Fragmento de unión al antígeno (Fab)**, que se corresponde con la fracción variable y una parte de constante de ambos tipos de cadenas y que es por donde la molécula se une a los antígenos.





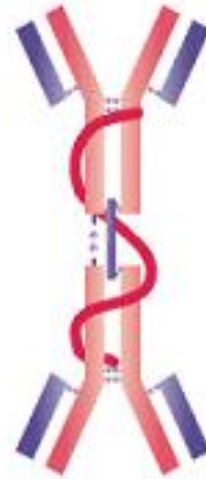
Estructura de los anticuerpos/inmunoglobulinas



IgM



IgG



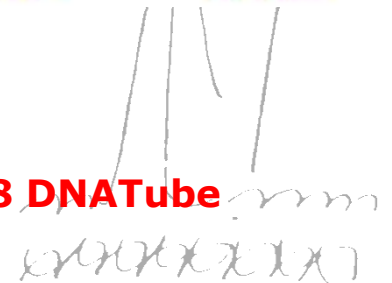
IgA



IgE



IgD





Función de los anticuerpos/inmunoglobulinas

Clase	Abundancia suero	Localización	Función
IgA	10-15% Dímeros	Mucosa del tracto gastrointestinal, respiratorio y urogenital. También presente en saliva, lágrimas y leche.	Previene la colonización por patógenos.
IgD	0.2% Monómeros	Membrana de los linfocitos B como parte de su receptor (BCR).	Participa en la respuesta inmune inicial.
IgE	<IgD Monómeros	Piel	Implicada en reacciones alérgicas y procesos parasitarios. Su interacción con basófilos y mastocitos provoca la liberación de histamina.
IgG	80% Monómero	Sangre y la leche materna. Con capacidad para atravesar la placenta.	Principal inmunoglobulina de la inmunidad adquirida, proporcionando resistencia a largo plazo.
IgM	5-10% Pentámero	Como monómero, en la membrana de los linfocitos B como parte de su receptor (BCR), y como pentámero, se localiza en el suero.	Primer anticuerpo en sangre durante la respuesta primaria.

XXXXXXXXXX



Funciones de los anticuerpos

Se unen a los antígenos en la superficie de los patógenos, formando agregados que sedimentan fácilmente, y favorece su fagocitosis



PROTECTIVE MECHANISM OF BINDING ANTIBODIES TO ANTIGENS



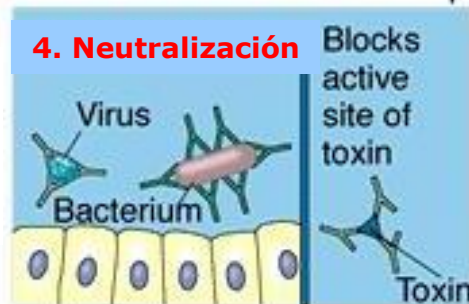
Su unión a los patógenos activa el sistema de complemento mediante la ruta clásica, formando el "Complejo de Ataque a Membrana" que provoca la lisis celular

Recubren el patógeno estimulando su fagocitosis, ya que facilitan la adhesión a la superficie de los macrófagos



Atraen a células fagocíticas hasta los focos de inflamación

Bloquean los sitios de unión de los patógenos y de sus toxinas a sus células hospedadoras



Se unen a las células dianas provocando su destrucción por células no específicas del sistema inmune