

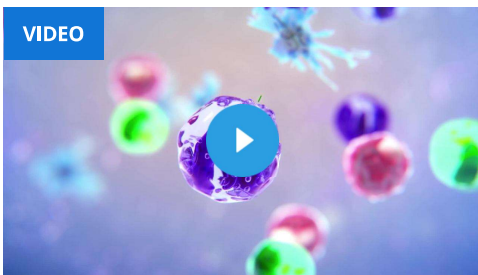
Introducción al sistema inmunitario

Por **Peter J. Delves**, PhD, University College London, London, UK

Última revisión completa sep. 2021

Introducción al sistema inmunitario

VIDEO



El sistema inmunitario defiende al organismo frente a la invasión de sustancias extrañas o peligrosas. Tales invasores pueden ser

- Microorganismos (comúnmente llamados gérmenes, como las [bacterias](#), los [virus](#) y los [hongos](#))
- [Parásitos](#) (como los gusanos)
- Células cancerosas
- Órganos y tejidos trasplantados

Para defender al organismo de estos invasores, el sistema inmunitario debe ser capaz de distinguir entre

- Lo que pertenece al organismo (auto)
- Lo que no le pertenece (no propio o extraño)

Los **antígenos** son cualquier sustancias que el sistema inmunitario pueda detectar y que induce una respuesta inmunitaria. Si los antígenos se perciben como peligrosos (por ejemplo, si pueden causar una enfermedad), pueden estimular una respuesta inmunitaria del organismo. Los antígenos pueden ser partes del interior o del exterior de bacterias, virus, otros microorganismos, parásitos o de células cancerosas. Los antígenos también pueden existir independientemente de un organismo, en forma, por ejemplo, de moléculas de alimentos o polen.

Una [respuesta inmunitaria normal](#) consiste en:

- Reconocimiento de un antígeno extraño al organismo potencialmente dañino
- Activación y movilización de fuerzas para defenderse de él
- Atacarlo
- Controlar y finalizar el ataque

Cuando el sistema inmunitario no funciona de forma adecuada, de modo que confunde lo propio con lo extraño, puede atacar a tejidos del propio organismo y causar algún [trastorno autoinmunitario](#), como la [artritis reumatoide](#), la [tiroiditis de Hashimoto](#) o el [lupus eritematoso sistémico](#) (lupus).

Los **trastornos del sistema inmunitario** ocurren cuando

- el organismo genera una respuesta inmunitaria contra sí mismo ([trastorno autoinmunitario](#)).
- El organismo no puede generar una respuesta inmunitaria apropiada contra los microorganismos que lo invaden ([inmunodeficiencia](#)).
- El organismo genera una respuesta inmunitaria excesiva contra antígenos extraños generalmente inofensivos y daña los tejidos sanos (una [reacción alérgica](#)).

Componentes del sistema inmunitario

Componentes del sistema inmunitario

El sistema inmunitario tiene muchos componentes:

Los **anticuerpos (inmunoglobulinas)** son proteínas producidas por los glóbulos blancos denominados **células B** (un tipo de linfocitos) que se unen con firmeza al antígeno de un invasor, al que marcan para atacarlo o neutralizarlo directamente. El organismo produce miles de anticuerpos distintos. Cada anticuerpo es específico a un antígeno dado.

Los **antígenos** son cualquier sustancia que el sistema inmunitario pueda detectar y que induce una respuesta inmunitaria.

Los **linfocitos B (células B)** son glóbulos blancos (leucocitos) que producen anticuerpos específicos contra los antígenos que estimularon su producción.

Los **basófilos** son glóbulos blancos que liberan histamina (una sustancia involucrada en las reacciones alérgicas) y que producen sustancias que atraen a otros glóbulos blancos (neutrófilos y eosinófilos) a la zona conflictiva.

Las **células** son la unidad básica de un organismo vivo, compuesta por núcleo y citoplasma y rodeada de una membrana.

La **quimiotaxis** es el proceso mediante el cual una sustancia química atrae a las células hacia un lugar determinado.

El **sistema del complemento** consiste en un grupo de proteínas que participan en una serie de reacciones (denominadas cascada del complemento) destinadas a defender el organismo, por ejemplo: destruir bacterias y otras células extrañas; facilitar que los macrófagos puedan detectar e ingerir células extrañas con más facilidad; atraer a macrófagos y neutrófilos a la zona conflictiva.

Las **citocinas** son numerosas proteínas distintas secretadas por el sistema inmunitario y otras células que actúan como mensajeros del sistema inmunitario para ayudar a regular la respuesta inmunitaria.

Las **células dendríticas** derivan de los glóbulos blancos. Residen en los tejidos y ayudan a los linfocitos T a detectar antígenos extraños.

Los **eosinófilos** son glóbulos blancos que destruyen bacterias y otras células extrañas demasiado grandes para ser ingeridas; además, pueden ayudar a inmovilizar y destruir los parásitos y contribuir a destruir células cancerosas. Los eosinófilos también participan en las reacciones alérgicas.

Los **linfocitos T cooperadores** (colaboradores) son glóbulos blancos que ayudan a los linfocitos B a producir anticuerpos contra los antígenos extraños, ayudan a activar los linfocitos T citotóxicos y estimulan a los macrófagos, de modo que puedan ingerir las células infectadas o anómalas con más eficacia.

La **histocompatibilidad** (literalmente, la compatibilidad del tejido) está determinada por los antígenos leucocitarios humanos (moléculas de auto-identificación). Se utiliza la histocompatibilidad para valorar si un órgano o un tejido trasplantado será aceptado por el receptor.

Los **antígenos leucocitarios humanos (HLA)** son un grupo de moléculas de identificación situados en la superficie de todas las células de una persona, combinadas de forma única en cada individuo, de modo que el organismo pueda diferenciar lo propio de lo ajeno. Este grupo de moléculas de identificación también se denomina complejo principal de histocompatibilidad (major histocompatibility complex, MHC).

Un **inmunocomplejo o complejo antígeno-anticuerpo** es un anticuerpo unido a un antígeno.

Una **respuesta inmunitaria** es la reacción del sistema inmunitario ante un antígeno.

Inmunoglobulina es otra denominación para anticuerpo.

La **interleucina** es un tipo de mensajero (citocina) que algunos glóbulos blancos segregan y que influyen en otros glóbulos blancos.

Los **linfocitos T citotóxicos** son un tipo de linfocitos T que se adhiere a las células infectadas y a las cancerosas y las destruyen.

Leucocito es otro nombre para un glóbulo blanco, como un monocito, un neutrófilo, un eosinófilo, un basófilo o un linfocito (linfocito B o linfocito T).

El **sistema linfático** es una red de ganglios linfáticos conectados por vasos linfáticos que ayuda al cuerpo a transportar los microorganismos y las células muertas o dañadas para ser filtradas y destruidas. Las respuestas inmunitarias adquiridas se inician en los ganglios linfáticos.

Los **linfocitos** son un tipo de glóbulos blancos (leucocitos) responsable de la inmunidad adquirida (específica), lo que incluye la producción de anticuerpos (por los linfocitos B), la diferenciación entre lo propio y lo ajeno (por los linfocitos T) y la destrucción de las células infectadas y de las cancerosas (linfocitos T citotóxicos).

Los **macrófagos** son células grandes que se desarrollan a partir de unos glóbulos blancos denominados monocitos. Ingeren bacterias y otras células extrañas al organismo y ayudan a las células T a identificar microorganismos y otras sustancias extrañas. Los macrófagos suelen estar presentes en los pulmones, la piel, el hígado y otros tejidos.

El **complejo principal de histocompatibilidad (major histocompatibility complex, MHC)** es un sinónimo de antígenos leucocitarios humanos.

Los **mastocitos** son células que se encuentran en los tejidos y que libera histamina, además de otras sustancias implicadas en las reacciones inflamatorias y alérgicas.

Una **molécula** es un grupo de átomos combinados químicamente que forman una sustancia concreta.

Las **células NK (Natural Killer cell [célula asesina natural], también llamada linfocito citolítico natural)** son un tipo de glóbulo blanco que puede detectar y destruir células anómalas, por ejemplo, ciertas células infectadas y cancerosas, sin tener que aprender primero que se trata de una célula anómala.

Los **neutrófilos** son glóbulos blancos que ingieren y matan bacterias y otras células extrañas.

Fagocitos: son un tipo de célula que ingiere y mata o destruye microorganismos invasores, otras células y fragmentos de células. Los fagocitos son los neutrófilos y los macrófagos.

La **fagocitosis** es el proceso de una célula que envuelve e ingiere un microorganismo invasor, otra célula o un fragmento celular.

Un **receptor** es una molécula localizada en la superficie de una célula o dentro de ella, que puede detectar moléculas específicas que encajan en ella exactamente, como una llave encaja en su cerradura.

Los **linfocitos T regulador (supresor)** son glóbulos blancos que ayudan a terminar una respuesta inmunitaria.

Las **células T (linfocitos T)** son glóbulos blancos implicados en la inmunidad adquirida. Los hay de tres tipos: ayudante, asesino (citotóxico) y regulador.

... como anticuerpos y proteínas.

Existen varios tipos distintos de **glóbulos blancos** (leucocitos), como monocitos, neutrófilos, eosinófilos, basófilos y linfocitos (linfocitos B y linfocitos T), y cada uno de ellos desempeña una función distinta en el sistema inmunitario.

Líneas de defensa

El cuerpo humano tiene varios tipos de defensas. Las defensas consisten en

- Barreras físicas
- Glóbulos blancos (leucocitos)
- Moléculas tales como los anticuerpos y las proteínas del complemento
- Órganos linfáticos

Barreras físicas

La primera línea de defensa frente a los invasores son las barreras mecánicas o físicas:

- Piel
- Córnea ocular
- Membranas que recubren las vías respiratorias, digestivas, urinarias y reproductoras

Mientras estas barreras permanezcan intactas, pocos invasores pueden penetrar en el organismo. Si se rompe una de estas barreras, por ejemplo, porque una quemadura extensa daña la piel, el riesgo de infección aumenta.

Además, las barreras están defendidas por secreciones que contienen enzimas capaces de destruir a las bacterias. Son ejemplos de ello el sudor, las lágrimas, la mucosidad en los sistemas respiratorio y digestivo, y las secreciones vaginales.

Glóbulos blancos (leucocitos)

La siguiente línea de defensa está formada por glóbulos blancos (leucocitos) que se desplazan por el torrente circulatorio y penetran en los tejidos con el objetivo de detectar y atacar a microorganismos y a otros invasores.

Esta defensa tiene dos partes:

- Inmunidad innata
- Inmunidad adquirida

Inmunidad innata (natural): innato significa algo con lo que una persona nace. Por tanto, para actuar con eficacia, la inmunidad innata no necesita que haya habido un encuentro previo con un microorganismo determinado o con otro tipo de invasores. Produce una respuesta inmediata ante la presencia de invasores, sin necesidad de haber aprendido a reconocerlos. Participan en esta respuesta distintos tipos de glóbulos blancos o leucocitos:

- Los fagocitos ingieren a los invasores. Entre los fagocitos se incluyen los **macrófagos**, los **neutrófilos**, los **monocitos** y las **células dendríticas**.
- Las **células NK** (linfocitos citolíticos naturales) están listas para detectar y para destruir a las células que estén infectadas con ciertos tipos de virus.
- Algunos glóbulos blancos (como los **basófilos** y los **eosinófilos**) liberan sustancias que intervienen en la **inflamación**, como las citosinas, y en las reacciones alérgicas, como la histamina. Algunas de estas células pueden destruir invasores directamente.

Inmunidad adquirida (adaptativa o específica): en la inmunidad adquirida, los glóbulos blancos llamados linfocitos (**células B** y **T**) encuentran un invasor, aprenden cómo atacarlo y lo recuerdan como invasor específico para poder atacarlo de forma aun más eficiente la próxima vez que lo encuentren. La inmunidad adquirida tarda un cierto tiempo en desarrollarse después del encuentro inicial con un nuevo invasor, ya que los linfocitos deben adaptarse. No obstante, una vez adaptados, la respuesta es rápida. Los linfocitos B y T trabajan juntos para destruir a los invasores. Para poder reconocer a los invasores, las células T necesitan la ayuda de unas células llamadas células presentadoras de antígenos (como las células dendríticas, véase la figura **Cómo reconocen los linfocitos T a los antígenos**). Estas células ingieren a un invasor y lo dividen en fragmentos.

Moléculas

La inmunidad innata y la inmunidad adquirida interactúan entre sí, influyendo la una en la otra directamente o mediante moléculas que atraen o que activan a otras células del sistema inmunitario, dentro de la **fase de movilización de las defensas**. Estas moléculas son

- Las **citosinas** (que son las mensajeras del sistema inmunitario).
- **Anticuerpos**
- Las proteínas del complemento (que forman el **sistema del complemento**)

Estas sustancias no están contenidas en células, sino disueltas en un líquido orgánico, como el plasma (la parte líquida de la sangre).

Algunas de estas moléculas, incluidas ciertas citosinas, promueven la inflamación.

La **inflamación** es consecuencia de que estas moléculas atraigan células del sistema inmunitario al tejido afectado. Para

La inflamación es consecuencia de que estas moléculas atraigan células del sistema inmunitario al tejido afectado. Para facilitar que estas células lleguen al tejido, el organismo le envía más sangre. Para llevar más sangre a los tejidos, los vasos sanguíneos se dilatan y se vuelven más porosos, de forma que más líquidos y células puedan salir de los vasos sanguíneos y entrar en el tejido. Por tanto, la inflamación tiende a causar enrojecimiento, calor y edema (hinchazón). El objetivo de la inflamación es contener la infección para que no se propague. Posteriormente, otras sustancias producidas por el sistema inmunitario contribuyen a resolver la inflamación y a cicatrizar el tejido. Aunque la inflamación puede ser molesta, es una señal de que el sistema inmunitario hace su trabajo. Sin embargo, la inflamación de larga duración (crónica) puede ser perjudicial.

Órganos linfáticos

El sistema inmunitario está constituido por varios órganos, además de por las células distribuidas por todo el organismo. Estos órganos se clasifican en dos grupos, los órganos linfáticos primarios y los secundarios.

Los **órganos linfáticos primarios** son aquellos en los que se producen y/o multiplican los glóbulos blancos:

- La **médula ósea** produce todos los tipos de glóbulos blancos (leucocitos), incluidos los neutrófilos, los eosinófilos, los basófilos, los monocitos, los linfocitos B y las células que se convierten en linfocitos T (precursoras de linfocitos T).
- En el **timo**, los linfocitos T se multiplican y se preparan para detectar antígenos extraños y dejar de lado los antígenos propios del organismo. Los linfocitos T son fundamentales en la inmunidad adquirida.

Cuando son necesarios para defender al organismo, los glóbulos blancos se movilizan, sobre todo, desde la médula ósea. De inmediato, entran en el torrente circulatorio y se desplazan al lugar en que son necesarios.

Los **órganos linfáticos secundarios** son

- Bazo
- Ganglios linfáticos
- Amígdalas
- Apéndice
- Placas de Peyer en el intestino delgado

Estos órganos atrapan los microorganismos y otras sustancias extrañas y ofrecen un lugar para que las células maduras del sistema inmunitario se acumulen, interaccionen entre sí y con sustancias extrañas y generen una respuesta inmunitaria específica.

Los ganglios linfáticos están colocados de forma estratégica en el organismo y se conectan entre sí por una extensa red de vasos linfáticos, el **sistema linfático**. El sistema linfático transporta microorganismos, otras sustancias extrañas, células cancerosas y células muertas o dañadas desde los tejidos hacia los ganglios linfáticos, donde estas sustancias y células se filtran y destruyen. Una vez filtrada, la linfa vuelve al torrente sanguíneo.

Los ganglios linfáticos son uno de los primeros puntos del organismo hacia los que pueden diseminarse las células cancerosas. Por este motivo, para determinar si un cáncer se ha diseminado, se examinan los ganglios linfáticos. Las células cancerosas presentes en un ganglio linfático hacen que este se hinche. Los ganglios también se pueden hinchar después de una infección, ya que es en ellos donde se originan las respuestas inmunitarias adquiridas a las infecciones. En algunos casos, la hinchazón se debe a que las bacterias transportadas hasta un ganglio linfático no son eliminadas y causan una infección en el ganglio afectado (linfadenitis).

Sistema linfático: una defensa contra la infección

El sistema linfático es una parte vital del sistema inmunitario, junto con el timo, la médula ósea, el bazo, las amígdalas, el apéndice y las placas de Peyer en el intestino delgado.

El sistema linfático es una red de ganglios linfáticos conectados por los vasos linfáticos, que transporta la linfa por todo el organismo.

La linfa se forma a partir del líquido que se filtra por las delgadas paredes de los capilares hacia el interior de los tejidos del organismo. Este líquido contiene oxígeno, proteínas y otros nutrientes que alimentan a los tejidos. Parte de este líquido vuelve a entrar en los capilares y otra parte pasa a los vasos linfáticos (donde se convierte en linfa).

Los vasos linfáticos pequeños se conectan a otros más grandes y así, finalmente, forman el conducto torácico. El conducto torácico es el vaso linfático más grande; se une con la vena subclavia y, consecuentemente, la linfa vuelve al torrente sanguíneo.

La linfa también transporta sustancias extrañas (como bacterias), células cancerosas y células muertas o dañadas que pueden estar presentes en los tejidos de los vasos. Los ganglios linfáticos para su eliminación. La linfa también contiene muchos glóbulos blancos (leucocitos).



Todas las sustancias transportadas por la linfa pasan por lo menos a través de un ganglio linfático, donde se filtran y destruyen las sustancias extrañas antes de que el líquido vuelva al torrente sanguíneo. En los ganglios linfáticos, los glóbulos blancos (leucocitos) pueden reunirse, interactuar entre sí y con los antígenos y generar respuestas inmunitarias a las sustancias extrañas. Los ganglios linfáticos contienen una red de tejido densamente poblado por linfocitos B, linfocitos T, células dendríticas y macrófagos. Los microorganismos nocivos son filtrados a través de esa red, tras lo que pueden ser identificados y atacados por los linfocitos B y T. Los ganglios linfáticos suelen agruparse en zonas en las que los vasos linfáticos se ramifican, como el cuello, las axilas y las ingles.

¿Sabías que...?

- Los ganglios linfáticos contienen una malla de tejido donde los microorganismos dañinos y las células muertas o dañadas se filtran y son destruidos.

Plan de acción

Una respuesta inmunitaria eficaz contra los invasores requiere

- Reconocimiento
- Activación y movilización
- Regulación
- Resolución

Reconocimiento

Para ser capaz de destruir a los invasores, el sistema inmunitario primero debe reconocerlos. Es decir, el sistema inmunitario debe poder distinguir lo que no es propio (extraño) de lo que es propio. Esta distinción es posible gracias a las moléculas de identificación presentes (antígenos) en la superficie de todas las células. Se reconoce a los microorganismos porque las moléculas de identificación de su superficie son extrañas.

En los seres humanos, las moléculas de autoidentificación más importantes se denominan

- Antígenos leucocitarios humanos (Human leukocyte antigens, HLA) o complejo principal de histocompatibilidad (major histocompatibility complex MHC).

Los antígenos HLA se denominan antígenos porque, cuando se trasplantan, como en un injerto de riñón o de piel, pueden provocar una respuesta inmunitaria en otra persona (normalmente, estas moléculas no provocan respuestas inmunitarias en las personas que las tienen). Cada persona tiene una combinación casi única de antígenos HLA. En condiciones normales, el sistema inmunitario de cada persona reconoce esta combinación única como propia. Una célula con moléculas en su superficie que no son idénticas a las presentes en las células propias del organismo se identifica como extraña. Por consiguiente, el sistema inmunitario ataca a esa célula. Una célula así puede ser una célula de un tejido trasplantado o una de las células del organismo infectada por un microorganismo invasor o alterada por el cáncer (los antígenos HLA son lo que se intenta hacer coincidir cuando una persona necesita un trasplante de órgano).

Cómo reconocen los linfocitos T a los antígenos

VIDEO

Algunos glóbulos blancos (leucocitos), los linfocitos B (células B), reconocen a los invasores directamente. Pero otros, los linfocitos T (células T), necesitan la ayuda de unas células denominadas células presentadoras de antígenos:

- las células presentadoras de antígenos ingieren a un invasor y lo dividen en fragmentos.

- A continuación la célula presentadora de antígenos combina fragmentos de antígeno del invasor con las propias moléculas HLA de la célula.
- Esta combinación de fragmentos de antígeno y de antígenos HLA se desplaza a la superficie celular.
- Una célula T con su receptor correspondiente en la superficie se puede unir a una parte de la molécula HLA que presenta el fragmento de antígeno, como una llave que encaja en una cerradura.
- Posteriormente, el linfocito T se activa y puede comenzar a combatir a los invasores que poseen ese antígeno.

Cómo reconocen los linfocitos T a los antígenos

Los linfocitos T forman parte del sistema de vigilancia inmunitaria y se desplazan por el torrente sanguíneo y por el sistema linfático. Cuando llegan a un ganglio linfático o a otro órgano linfático secundario, buscan sustancias extrañas (antígenos) en el organismo. Sin embargo, antes de que un linfocito T pueda reconocer a un antígeno y reaccionar ante él, este debe haber sido procesado y presentado al linfocito T por parte de otro glóbulo blanco, denominado célula presentadora de antígenos. Las células presentadoras de antígenos consisten en células dendríticas (las más eficaces), macrófagos y linfocitos B.



Activación y movilización

Los glóbulos blancos (leucocitos) se activan cuando detectan a los invasores. Por ejemplo, cuando la célula presentadora de antígenos presenta a un linfocito T fragmentos de antígeno unidos al HLA, este linfocito T se une a los fragmentos y se activa. Los linfocitos B pueden ser activados directamente por los invasores. Una vez activados, los glóbulos blancos ingieren a los invasores, los destruyen o ambas cosas. Por lo general, para destruir a un invasor se necesita más de un tipo de glóbulos blancos.

Las células inmunitarias, como los macrófagos y los linfocitos T activados, liberan sustancias que atraen a otras células inmunitarias a la zona conflictiva, lo cual moviliza las defensas. Los propios invasores pueden liberar sustancias que atraen a las células inmunitarias.

Regulación

La respuesta inmunitaria debe estar regulada para evitar que dañe al organismo, como ocurre en los [trastornos autoinmunitarios](#). Los linfocitos T reguladores (linfocitos T supresores) ayudan a controlar la respuesta inmunitaria segregando citocinas (mensajeras químicas del sistema inmunitario) que inhiben la respuesta inmunitaria. Estas células evitan que la respuesta inmunitaria continúe de forma indefinida.

Resolución

La resolución comprende el confinamiento del invasor y su eliminación del organismo. Después de que los invasores han sido eliminados, la mayoría de los glóbulos blancos se autodestruyen y son digeridos; los que se salvan se denominan células de memoria (linfocitos de memoria). El organismo retiene las células de memoria, que forman parte de la inmunidad adquirida, para reconocer a invasores específicos y responder a ellos con mayor energía en el próximo encuentro.

Introducción a la función de las células B y T

VIDEO