



Tipos	Constituyen el	Procesos en los que intervienen
Neutrófilos	60-70% de los leucocitos	Son células fagocíticas que destruyen bacterias.
Eosinófilos	2-4%	Fagocitan los complejos formados por los antígenos (toxinas) y los anticuerpos. Destruyen algunos gusanos parásitos.
Basófilos	0,5-1%	Actúan durante procesos alérgicos liberando histamina.
Linfocitos	20-25%	Existen dos tipos: los linfocitos B y los T que se encargan de la respuesta inmune humoral y celular, respectivamente.
Monocitos	3-8%	Salen del torrente sanguíneo y penetran a los tejidos; allí reciben el nombre de macrófagos que principalmente fagocitan células extrañas.

Tabla 2. Células encargadas de la defensa del organismo, su función y distribución porcentual.

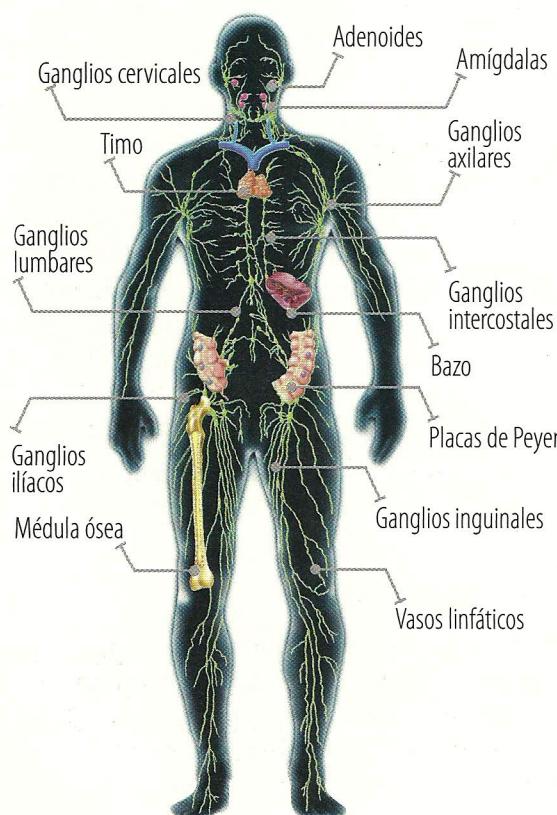


Figura 40. Los órganos linfoides que hacen parte del sistema inmune cumplen funciones importantes en la producción, desarrollo, crecimiento y liberación de linfocitos.

## 4. Sistema inmune

Este sistema protege al organismo contra partículas invasivas tales como bacterias, virus, y reconociendo aquellas que pueden ocasionar daño al organismo. Una vez el sistema reconoce el **antígeno** o sustancia extraña, provoca una **respuesta inmune**. Esta respuesta incluye la **fagocitosis** o destrucción del cuerpo extraño para neutralizar o inhibir su entrada a otra célula.

Los **antígenos** son sustancias que inducen la formación de **anticuerpos** y pueden ser **tolerógenos** o **alérgenos**. Los primeros producen una respuesta inmune no específica y los **alérgenos**, como el polen de las flores o la humedad, son sustancias que provocan una reacción alérgica. El sistema inmune no solo responde a las partículas extrañas que pueden crear enfermedades sino también a tejidos o células transplantadas al organismo.

Los **anticuerpos** o **inmunoglobulinas** son sustancias solubles en la sangre y otros fluidos corporales secretados por los **linfocitos B**, que son capaces de identificar y neutralizar agentes extraños como virus y bacterias.

Las células encargadas del sistema de defensa son los **leucocitos** o **glóbulos blancos**. Están contenidos en la sangre y, acorde a su forma y tinción, se denominan **neutrófilos**, **eosinófilos**, **basófilos**, **linfocitos** y **monocitos** (tabla 2).

### 4.1 Partes del sistema inmune

Los órganos que hacen parte del sistema inmune se llaman **órganos linfoideos**. Estos son las **amígdalas**, las **adenoides**, el **bazo**, el **timo** y los órganos del **sistema linfático** (figura 40).

Los **amígdalas** se ubican en la entrada del esófago y del tracto respiratorio. Las **adenoides** son dos glándulas ubicadas en la parte superior y posterior de la faringe que atrapan y destruyen agentes patógenos del aire que entran por la nasofaringe.

El **bazo** se encuentra ubicado en el abdomen. Su función es almacenar eritrocitos y realizar el proceso de **hematopoyesis** o destrucción de glóbulos rojos y plaquetas envejecidas. También realiza el proceso de **linfopoyesis**, que consiste en generar marcadores en los tejidos linfáticos para producir anticuerpos.

El **timo** se ubica detrás del esternón y delante de los grandes vasos que emergen del corazón. Sus funciones son controlar la linfopoyesis, diferenciar linfocitos en células T y mantener la reserva de estos en la circulación. El timo produce la hormona **timopoyetina** que estimula la formación y diferenciación de linfocitos.



### ■ El sistema linfático

El **sistema linfático** está conformado por un sistema de vasos paralelo a la circulación sanguínea, que se origina en los capilares de los tejidos (capilares linfáticos) y desemboca en la sangre. Este sistema está constituido por *linfocitos* y su líquido circulatorio es la linfa que se encuentra en los líquidos corporales, tejidos conjuntivos y órganos linfoides.

El sistema linfático también se compone de *ganglios linfáticos*, *senos linfáticos* y *capilares linfáticos*. Sus funciones son transportar y filtrar la *linfa*, conservar las concentraciones proteínicas básicas de dicho líquido y eliminar toxinas.

Los **linfocitos**, transportados en la linfa, se clasifican en *linfocitos B* o *T*:

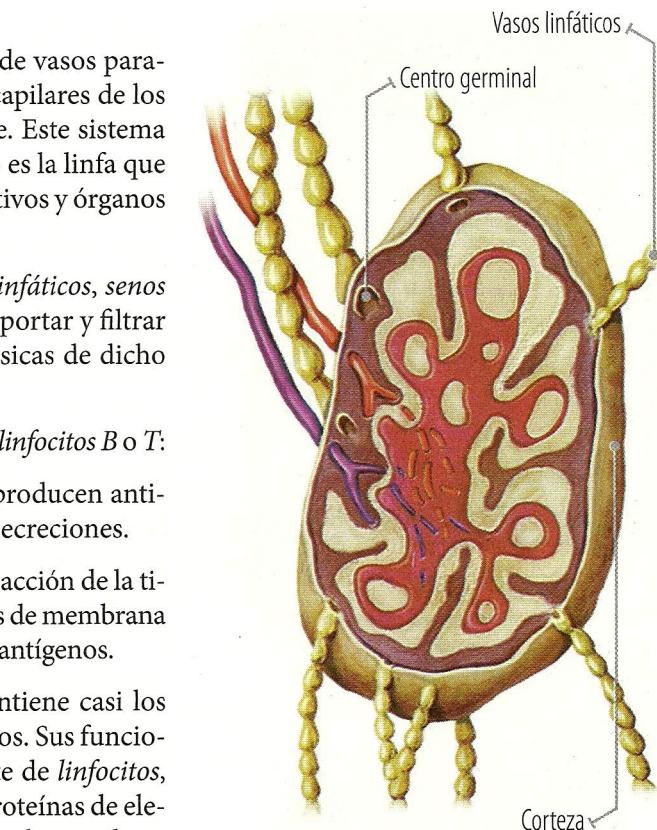
- Los **linfocitos B**: se originan en la médula ósea y producen anticuerpos responsables de la respuesta humoral en secreciones.
- Los **linfocitos T**: se originan en la médula ósea bajo acción de la tiromoyyetina. Su función es proporcionar marcadores de membrana que reconocen con cierta especificidad los tipos de抗原s.

La **linfa** es un líquido derivado de la sangre que contiene casi los mismos componentes de esta, excepto los glóbulos rojos. Sus funciones son defender el organismo mediante el transporte de *linfocitos*, recuperar parte del fluido intersticial transportando proteínas de elevado peso molecular que no pueden ser absorbidas por los capilares sanguíneos, y conducir a la sangre las grasas que no son absorbidas en las vellosidades intestinales.

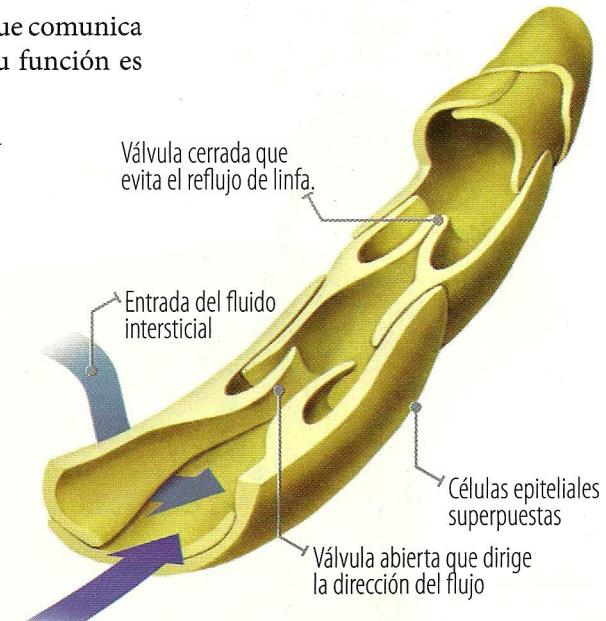
Los **ganglios linfáticos** son órganos encapsulados que aparecen en el trayecto de los vasos linfáticos principalmente en la región axilar, cuello, ingle, en la salida de los grandes vasos sanguíneos, en el tórax y el abdomen. Su función es filtrar la linfa extrayendo partículas extrañas que son fagocitadas por macrófagos (figura 41).

Los **senos linfáticos** constituyen un sistema de canales que comunican los ganglios entre sí y a través del cual pasa la linfa. Su función es netamente comunicativa.

Los capilares linfáticos se ubican en los espacios que hay entre los tejidos (espacios tisulares). Estos se fusionan y forman vasos linfáticos mayores que desembocan en el sistema circulatorio sanguíneo. Su función es intercambiar sustancias entre la linfa, los tejidos y la sangre (figura 42).



**Figura 41.** Ganglio linfático. Los ganglios filtran la sangre y exponen las partículas extrañas ante las células defensivas. Los ganglios se inflaman cuando están combatiendo una infección.



## 4.2 Las barreras de defensa

Las **barreras de defensa** son mecanismos de protección que posee el ser humano para protegerse de agentes dañinos. Se consideran tres tipos de barreras: la *barrera primaria* constituida por la piel y las mucosas, la *barrera secundaria* constituida por el proceso inflamatorio y su respuesta de fagocitosis del antígeno, y por último, la *barrera terciaria* en la que se desarrolla la respuesta inmune mediante la formación de anticuerpos.

**Figura 42.** Los capilares linfáticos están en íntimo contacto con los capilares sanguíneos para intercambiar sustancias y brindar defensas a la sangre.



## MENTES BRILLANTES

### Interpreta esquemas

La ilustración de la figura 44 muestra la manera como fue agredida la piel de un antebrazo con una astilla de madera. Observa la gráfica y conforme a ella, responde las siguientes preguntas: ¿Qué ocurre con las bacterias que ingresaron en la astilla? ¿Cómo se afectó la primera barrera de defensa?

### Reflexiona y actúa

¿Cómo se evidencia la activación de la segunda barrera? Dibuja en tu cuaderno cómo esta se desencadena.



**Figura 43.** El grosor y lubricación de la piel determinan su predisposición a lesionarse. Los pelos ubicados en la piel que recubre la nariz, la orejas y los ojos evitan el ingreso de partículas grandes a estos orificios. Piensa qué otras estructuras de tu cuerpo te protegen contra lesiones del medio y cómo lo hacen.

## 4.2.1 Barreras primarias

Las **barreras primarias** constituidas por la *piel* (figura 43) y las *mucosas* son el primer mecanismo de protección contra el ataque de un agente dañino.

El sudor secretado por glándulas sudoríparas al interior de la dermis (capa media de la piel) actúa también como defensa al mantener un pH ácido que limita la supervivencia de muchas especies de bacterias, microbios y otros microorganismos que no sobreviven en ambientes ácidos.

Otra defensa de la piel es la queratina en palmas y plantas de manos y pies. En orificios como boca, nariz y zona genital la mucosa secreta moco cuya función es inmovilizar los agentes patógenos impidiendo su invasión al interior del organismo.

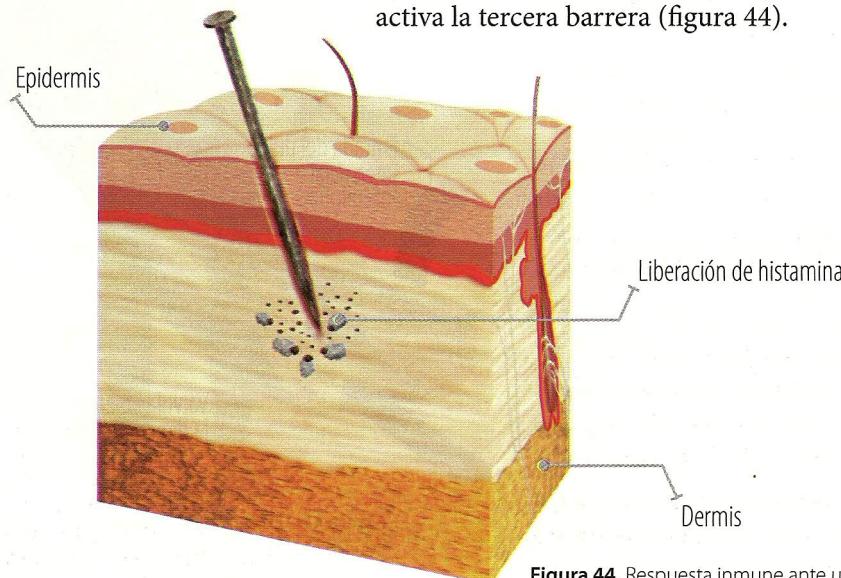
Las lágrimas, secretadas por las glándulas lacrimales, poseen sustancias defensivas que protegen al ojo y sus membranas, así como la saliva secretada por las glándulas salivares contiene sustancias que atacan a las bacterias que ingresan en la boca.

Cuando aparece un agente extraño en la vía aérea, se aumentan la producción de moco y el movimiento ciliar, lo que facilita el barrido de agentes patógenos y ocasiona la aparición de mecanismos defensivos como estornudo y tos, propios del resfriado común.

## 4.2.2 Barreras secundarias

La segunda barrera la constituye el proceso **inflamatorio** que ocurre cuando sufrimos alguna lesión (cortada o punción), que facilita la entrada de agentes extraños al cuerpo. Cuando el agente ingresa a través de las barreras primarias, la respuesta inicial del tejido es inespecífica frente a la agresión y está mediada por agentes inflamatorios como la *histamina*.

La **histamina** es una sustancia liberada por células dañadas que provoca vasodilatación aumentando la capilaridad de la zona afectada. Esto causa dolor, inflamación, calor y rubor (enrojecimiento). Posteriormente, los leucocitos, principalmente neutrófilos y monocitos, migran a la zona afectada e intentan fagocitar al agente extraño. Si este proceso falla, se activa la tercera barrera (figura 44).



**Figura 44.** Respuesta inmune ante una lesión.



## 4.2.3 Barrera terciaria

La tercera barrera es la **respuesta inmune** mediada por los linfocitos. En esta respuesta, la presencia de un antígeno produce la proliferación y diferenciación de linfocitos; algunos de ellos atacan directamente al antígeno, mientras otros permanecen como *células de memoria*, almacenadas en ganglios u otros órganos linfáticos.

Cuando hay una segunda exposición al mismo antígeno, las células responden con gran eficacia. Lo que se pretende al aplicar las vacunas durante la primera infancia, es activar este sistema en el que las células expuestas a antígenos, lo reconocen durante mucho tiempo y por eso se vuelven inmunes a estos.

El tejido es el primero en responder a la agresión porque captura al antígeno y, a partir de una evaluación de su composición genética y su ubicación, expresa su **histocompatibilidad**, es decir, reconoce que el antígeno es un cuerpo extraño (figura 45).

Esto genera la activación de los glóbulos blancos que migran hacia el área lesionada generando una **respuesta de complemento** que es la suma de respuestas inmunes donde se potencializa la respuesta inflamatoria y se lleva a cabo la fagocitosis y la lisis de las células invasoras.

Si la respuesta de complemento se sale de control se provoca inflamación, obstrucción de vasos, creación de coágulos que tapan el diámetro del tubo, e incluso la muerte del tejido. Después de esto se puede dar una respuesta celular o humoral (figura 45).

### 4.2.3.1 Respuesta celular

La **respuesta celular** está dada por **linfocitos T** que reconocen al antígeno y lo destruyen por fagocitosis. Esto permite que se activen subpoblaciones de linfocitos T que se convierten en células ayudadoras, supresoras, asesinas y de *memoria*.

Las células T activan a los **linfocitos B** haciendo que estos se dividan en **células plasmáticas** y **células de memoria**. Las **células plasmáticas** producen anticuerpos que se unen al patógeno (antígeno) y lo destruyen. Las **células de memoria** reconocen al antígeno mucho tiempo después de haberse eliminado la infección (figura 46).

### 4.2.3.2 Respuesta humoral

La **respuesta humoral** se da por la migración de **linfocitos B** que producen **anticuerpos** o **inmunoglobulinas** capaces de reconocer e inactivar el antígeno con una gran especificidad. Las inmunoglobulinas varían con la edad, el sexo, la raza y los factores ambientales. Se han clasificado como IgG, IgA, IgM, IgD e IgE.

También existen sustancias llamadas *citocinas* y *leucinas*. Las *citocinas* son agentes químicos producidos por los leucocitos (linfocitos, monocitos y macrófagos), células del timo y médula ósea que regulan la producción de células del sistema inmune, su diferenciación y proliferación.

Las *leucinas* inician la respuesta inflamatoria favoreciendo la migración de células al sitio de la lesión y determinando la magnitud de la respuesta inmune específica.

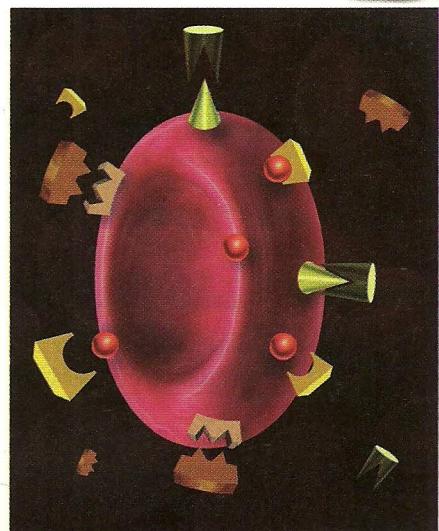


Figura 45. Los linfocitos T poseen receptores que reconocen los antígenos. Cuando lo hacen los destruyen de inmediato.

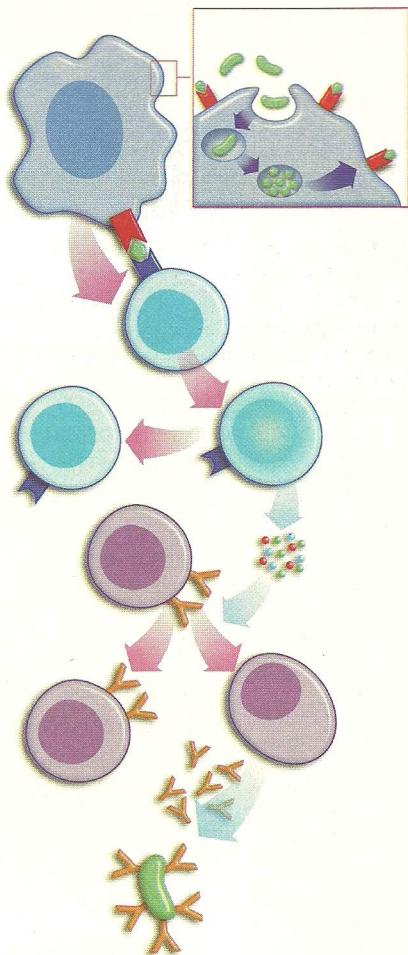


Figura 46. De acuerdo con el esquema, trata de explicar cada uno de los pasos (indicados con números) dados durante la respuesta inmune. Analiza por qué el antígeno continúa adherido a las células de memoria. ¿Qué funcionalidad tiene esto para el sistema inmune? Explica la relación entre las células B y las células T.



## 4.3 Enfermedades relacionadas con los sistemas endocrino, inmune y nervioso

Son muchas las enfermedades que atacan a los sistemas endocrino, inmune y nervioso, conozcamos algunas de ellas.

### Exceso en la producción de la hormona

**Gigantismo:** sobreproducción de la hormona del crecimiento durante la niñez. El individuo que la posee presenta una talla superior a lo esperado para su especie.

**Hipertiroidismo:** sobreproducción de hormonas tiroideas. Ocasionalmente fatiga, intolerancia al calor, aumento de apetito, sudor y pérdida de peso.

**Hipoglicemia:** se da cuando los niveles de azúcar en la sangre bajan demasiado, usualmente por exceso de la hormona insulina. Ocasionalmente palidez, temblor, sudor, dolor de cabeza, y en el peor de los casos, desmayo y estado de coma.

### Deficiencia en la producción de la hormona

**Enanismo:** deficiencia en la producción de la hormona del crecimiento. El individuo que la posee presenta una talla inferior a lo esperado para su especie.

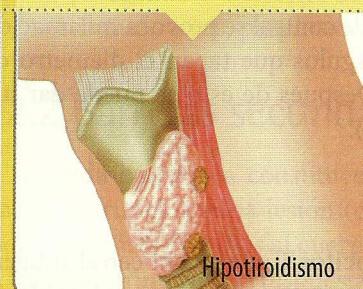
**Hipotiroidismo:** deficiencia en la producción de hormonas tiroideas. Ocasionalmente alteraciones menstruales, obesidad, intolerancia al frío, etc.

**Diabetes mellitus:** deficiencia en la producción de la hormona insulina. Ocasionalmente acumulación de azúcares en la sangre, que a su vez puede provocar problemas en los riñones y el corazón.

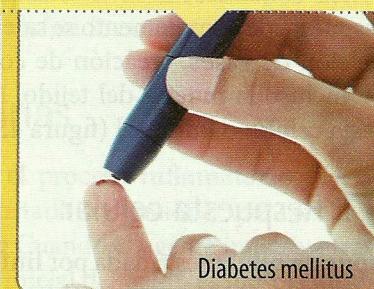
### Ejemplo



Enanismo



Hipotiroidismo



Diabetes mellitus

### Exceso en la producción de la hormona

**Hiperpigmentación:** sobreproducción de la hormona estimuladora de melanocitos. Ocasionalmente oscurecimiento de la piel no asociado a exposición a rayos solares.

**Síndrome de Cushing:** sobreproducción de hormonas glucocorticoideas que se liberan por períodos prolongados, usualmente por presencia de un tumor en las glándulas suprarrenales. Ocasionalmente abdomen sobresaliente, cúmulo de grasa dorsocervical e hinchazón de la cara, entre otros.

**Pubertad precoz:** se da en los niños cuando se producen de manera prematura las hormonas sexuales.

### Deficiencia en la producción de la hormona

**Hipopigmentación:** deficiencia en la producción de la hormona estimuladora de melanocitos. Presencia de áreas de decoloración de la piel de manera irregular.

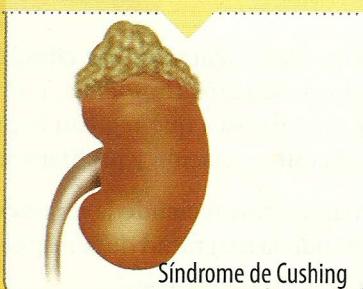
**Enfermedad de Addison:** deficiencia en la producción de hormonas por parte de las glándulas suprarrenales. Ocasionalmente pérdida de peso, baja presión arterial y debilidad muscular, entre otros.

**Osteoporosis:** es el debilitamiento de los huesos causado por deficiencia en la producción de hormonas sexuales en hombres y mujeres. Ocasionalmente un mayor riesgo de sufrir fracturas.

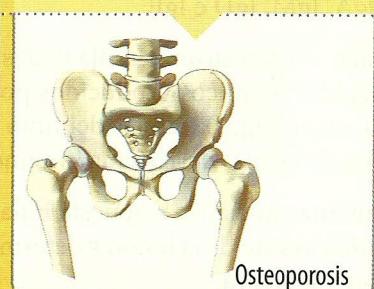
### Ejemplo



Hipopigmentación



Síndrome de Cushing



Osteoporosis



Cuando el sistema inmune se ve afectado, cualquier tipo de agente invasor puede comprometer gravemente la salud, e incluso, causar la muerte del individuo. En otras ocasiones, el sistema inmune deja de funcionar adecuadamente y, al tratar de devastar a los agentes invasores, destruye el propio organismo.

### Generalidades

### Tipos de enfermedad

### Ejemplo

### Generalidades

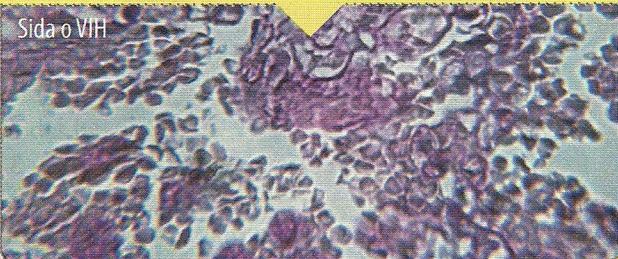
### Tipos de enfermedad

### Ejemplo

**Enfermedades de inmunodeficiencia:** son enfermedades frente a las que el sistema inmunológico responde deficientemente a la enfermedad. Pueden ser heredadas o desarrollarse en el transcurso de la vida, ser adquiridas o secundarias a causa de otro proceso patológico.

**Inmunodeficiencia combinada severa:** se presenta por ausencia en la función de linfocitos B y T, volviendo al individuo susceptible a todo tipo de infecciones.

**Síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida):** Es ocasionado por contagio con el virus del VIH que impide que el sistema inmune desarrolle respuestas inmunes ante las infecciones. Se transmite a través de fluidos corporales. El virus parasita principalmente los linfocitos T y, en menor proporción, macrófagos y monocitos a los cuales destruye, disminuyendo progresivamente las defensas del organismo.



**Enfermedades infecciosas:** son enfermedades creadas por agentes patógenos como virus, bacterias y hongos que atraviesan las barreras de defensa, colonizando al individuo e infectándolo.

**Tétanos:** enfermedad provocada por una neurotoxina producida por la bacteria que ocasiona parálisis y contracciones musculares. **Meningitis:** inflamación de las meninges o capas del cerebro por agentes infecciosos como bacterias, hongos, etc. Puede ocasionar daños cerebrales como la pérdida de la memoria de largo plazo. **Poliomielitis:** enfermedad ocasionada por el virus del polio que ocasiona daño de fibras motoras de la médula espinal produciendo parálisis de las extremidades comprometidas.

**Varicela:** brote eruptivo en la piel con presencia de pápulas ocasionada por un virus.



**Enfermedades autoinmunes:** son enfermedades frente a las que el sistema inmune fabrica anticuerpos contra las sustancias químicas normales y tejidos propios del mismo individuo. Los órganos y tejidos más afectados son: la sangre, los vasos sanguíneos, la piel, los tejidos conjuntivos (cartílagos, huesos y tendones), los músculos y las glándulas endocrinas.

**Lupus eritematoso:** enfermedad que ataca el colágeno del individuo lesionando diferentes estructuras, principalmente riñón, corazón y cerebro.

**Hepatitis lupoide:** es la inflamación del hígado causada cuando las células inmunes confunden a las células del hígado con agentes extraños y las atacan. Sus síntomas son hinchazón abdominal, orina oscura, náusea, vómito y ausencia de las menstruación.



**Enfermedades cerebrovasculares:** son enfermedades que ocasionan taponamiento transitorio o definitivo de vasos arteriales que irrigan el cerebro, ocasionando lesión cerebral. Como consecuencia, se pierden las funciones cerebrales dependientes de la zona de irrigación que resulta afectada, pudiendo comprometerse áreas motoras, sensitivas, visuales, del lenguaje o intelectuales.

**El accidente isquémico transitorio:** es una alteración que se produce por falta de aporte de sangre al cerebro en forma transitoria. Ello ocasiona una reducción en la función cerebral. Existen diversos factores que pueden desencadenar esta alteración, entre los cuales se encuentran el estrechamiento de un vaso sanguíneo, la formación de un coágulo dentro de una arteria cerebral o el desplazamiento del mismo hacia el cerebro desde otro sitio del cuerpo.

