

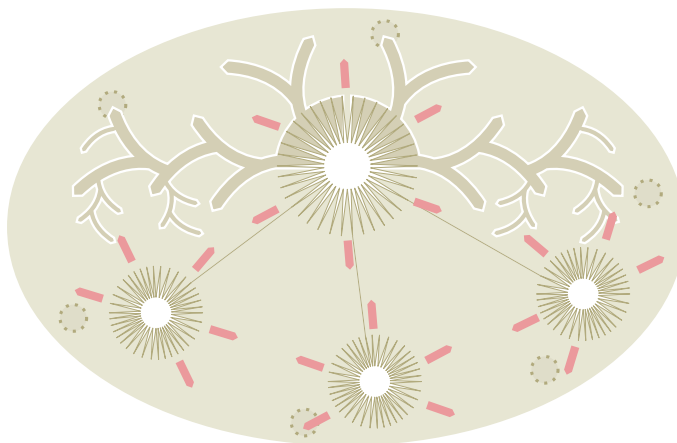
# 7

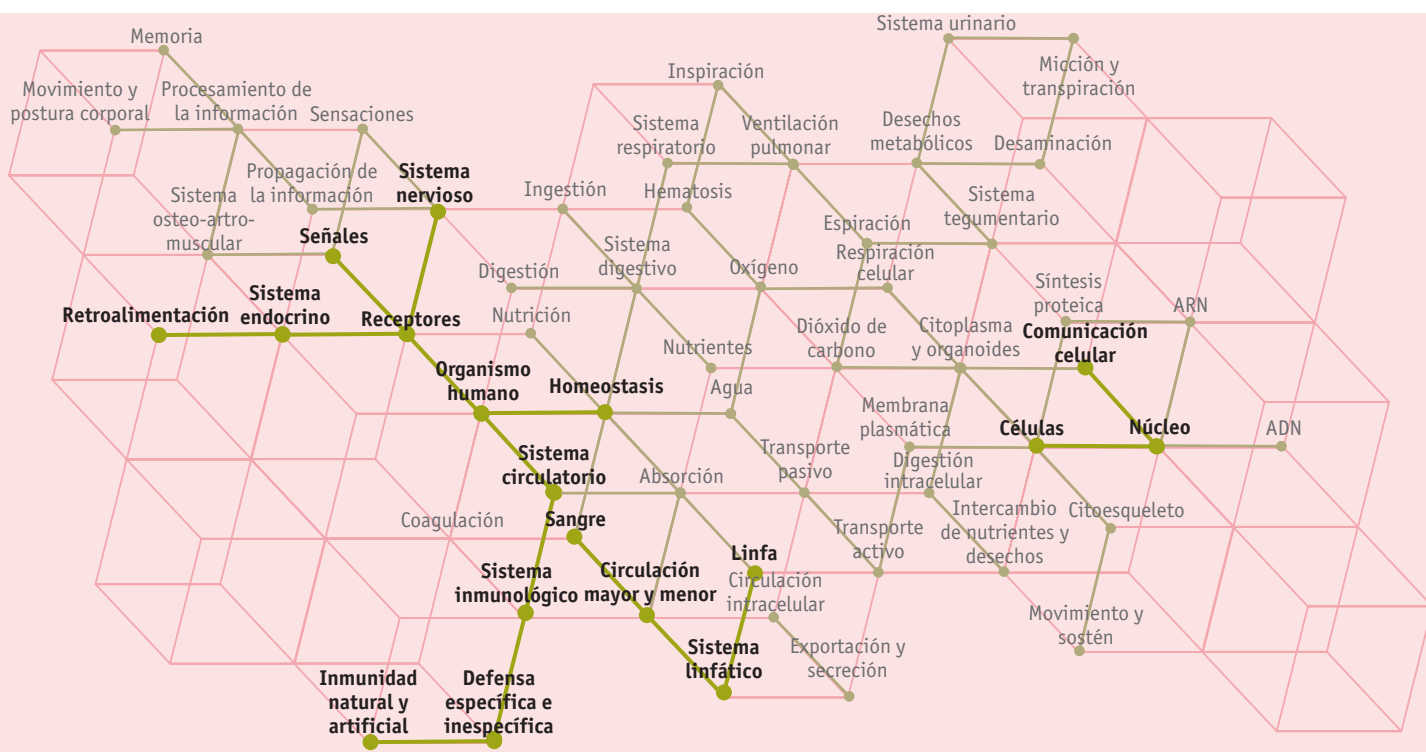
## REGULACIÓN DEL MEDIO INTERNO

### Sistemas homeostáticos

En el Capítulo 6 se describieron los componentes y se explicaron los procesos que intervienen en la acción del organismo humano sobre el ambiente. El sistema osteo-artro-muscular, coordinado por el nervioso, permite el sostén del cuerpo y la mayor parte de sus movimientos. Ambos sistemas participan en la relación del organismo con su entorno: mientras el sistema nervioso recibe señales del medio y las transforma en acciones, el sistema osteo-artro-muscular, las efectúa.

La información que proviene del interior del cuerpo desencadena procesos homeostáticos que mantienen en equilibrio el organismo.





El organismo humano no solo recibe y regula estímulos provenientes del medio externo. Dentro del cuerpo también se producen señales que, una vez detectadas y elaboradas en ciertos centros, originan respuestas que tienden a mantener en equilibrio el medio interno, su **homeostasis**.

En este capítulo se describirá y explicará la estructura y la dinámica de dos sistemas que intervienen en la homeostasis del organismo: el **sistema endocrino** y el **sistema inmunológico**.

Sobre el sistema endocrino, en los capítulos anteriores se explicaron algunos de los procesos homeostáticos que detectan alteraciones en el medio interno del organismo y reestablecen su equilibrio:

- la **gastrina** es una hormona que regula los movimientos del estómago y la secreción de los jugos gástricos;
- la **colecistoquinina** es una hormona que controla la liberación de bilis y enzimas digestivas;
- la **secretina** es una hormona que regula la secreción de iones bicarbonato por el páncreas;
- la **eritropoyetina** es una hormona que controla la producción de glóbulos rojos;
- la **hormona antidiurética** regula la concentración de agua en la sangre;
- la **hormona paratiroidea** y la **calcitonina** controlan la calcemia o concentración de calcio disuelto en el plasma; y
- la **insulina** y el **glucagón** son dos hormonas que regulan la glucemia o concentración de glucosa en la sangre.

En las páginas siguientes se profundizará sobre estos y otros procesos de regulación del medio interno.

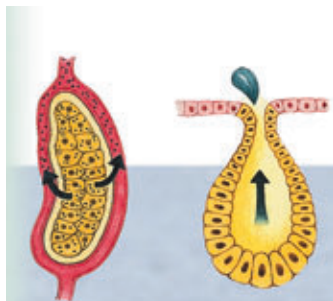


1. Observen el modelo de sistema endocrino de la página 156 y compárenlo con el modelo de sistema nervioso de la página 115.
2. Elaboren un texto breve en el que describan similitudes y diferencias observadas.

## Estructura y dinámica del sistema endocrino

Glándula endócrina

Glándula exócrina



La glándula tiroides o las glándulas suprarrenales son endocrinas porque vierten sus productos en la sangre. En cambio, las glándulas sudoríparas o las glándulas gástricas son exocrinas porque vierten sus productos en el medio exterior o en cavidades corporales, respectivamente.

Desde el nacimiento, el organismo humano posee variadas vías de obtención y transmisión de información acerca de sí mismo y del medio.

El **sistema nervioso** recibe e informa rápidamente a través de los impulsos nerviosos.

El **sistema endocrino** también realiza acciones, pero mucho más lentamente y a distancia, a través de mensajeros químicos: las **hormonas**.

### LAS GLÁNDULAS ENDOCRINAS

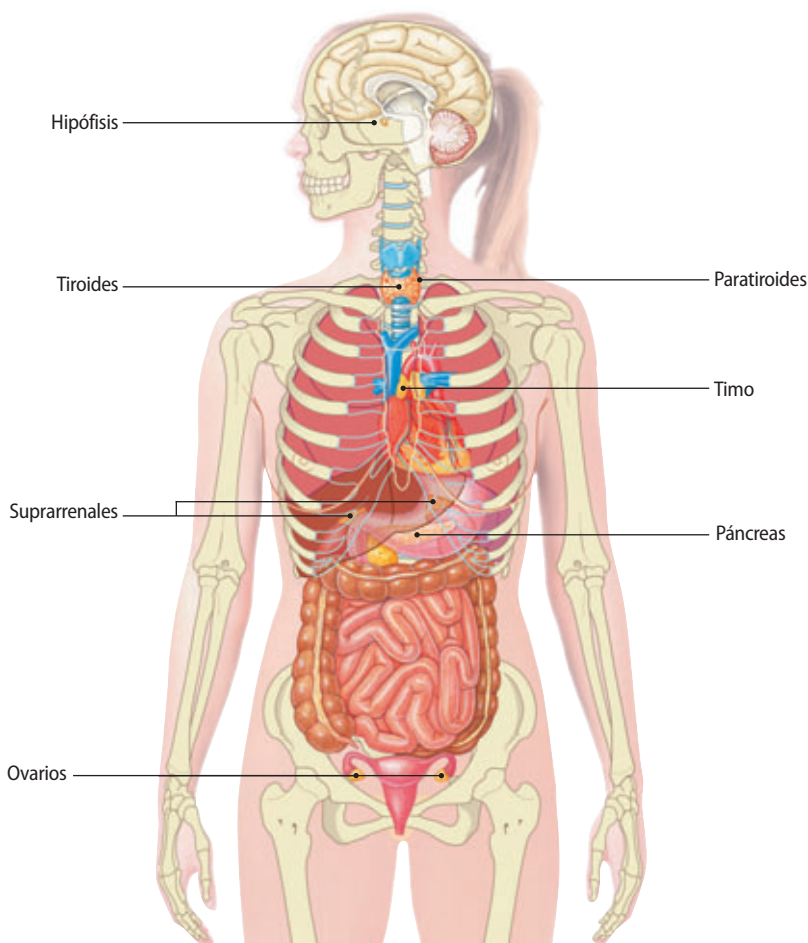
En el Capítulo 2 se describieron ciertas glándulas que producen y liberan saliva en la boca: las **glándulas salivales**.

Estas agrupaciones celulares se denominan **glándulas exocrinas** porque el producto que originan, la saliva, es liberado hacia el exterior, la boca, a través de un conducto específico.

En el organismo hay otras agrupaciones celulares que no liberan su producto al exterior, sino hacia la sangre, y que tampoco realizan ese proceso a través de conductos específicos. Estas estructuras se denominan **glándulas endocrinas** y las sustancias que originan, las **hormonas**, son liberadas directamente desde las células productoras hacia el torrente sanguíneo.

Las glándulas endocrinas están distribuidas en la cavidad abdominal, en la región superior del cuerpo y en la cabeza. Cada una de ellas está irrigada por un conjunto de vasos sanguíneos.

Ubicación de las glándulas endocrinas en el cuerpo humano.



1. Elaboren un cuadro para comparar las características endocrinas y exocrinas.
2. Escriban ejemplos de ambos tipos de glándulas.
3. Sobre los procesos de retroalimentación, relacionen la información de las páginas 7 y 159.

**LAS CÉLULAS BLANCO** Una vez secretadas, las hormonas llegan a todo el cuerpo a través de la circulación sanguínea. Entonces, por todo el organismo circula la información que portan estos mensajeros químicos. Sin embargo, las hormonas no provocan la acción que llevan en su mensaje en cualquier órgano o tejido.

Se denominan **células blanco** aquellas que detectan la presencia de ciertas hormonas en la sangre. Cuando ocurre algún fenómeno, en el órgano o el tejido que conforman estas células (**órgano blanco o tejido blanco**) se desencadena una serie de respuestas específicas.

Así como alguien que arroja un dardo “da en el blanco” cuando acierta en el centro del tablero, una glándula secreta muchas moléculas de hormonas en la sangre. Pero solo “dan en la célula blanco” aquellas moléculas que pueden unirse con los receptores específicos que se encuentran en sus membranas.

Los **receptores de membrana** son específicos, es decir, una hormona solo sensibiliza los receptores que están en las células que pueden decodificar la información que transporta ese mensajero químico.

Cada hormona puede tener uno o varios órganos o tejidos blanco. Por ejemplo: la glándula hipófisis, ubicada en la cabeza, libera al torrente sanguíneo la hormona oxitocina durante el parto. Al llegar al útero, esta hormona será “reconocida” por los receptores de ciertas células uterinas y se producirán contracciones. Sin embargo, también hay receptores para la oxitocina en células de las glándulas mamarias que, al detectar la hormona secretarán leche.

Los órganos y los tejidos blanco no desarrollan respuestas permanentemente porque la producción de hormonas tampoco es continua. En el organismo ocurren procesos **homeostáticos de retroalimentación** o **feedback** que regulan la producción de hormonas y que, por lo tanto, tienden a mantener en equilibrio el medio interno corporal.

Los procesos homeostáticos de retroalimentación pueden ser de dos tipos:

■ de **retroalimentación negativa**: cuando la propia glándula secretora reduce o deja de secretar sus hormonas porque desaparece la causa que la excitaba. Es el proceso más común en el funcionamiento endocrino.

■ de **retroalimentación positiva**: cuando el aumento en la concentración de una hormona estimula a su glándula productora a continuar con la secreción. Este tipo de proceso ocurre en ciertos momentos del ciclo sexual femenino.

**LA COMUNICACIÓN CELULAR** La dinámica de los sistemas endocrino y nervioso depende de la transmisión de mensajes químicos entre las células del organismo, es decir, de la comunicación que se puede establecer entre las células. Entre dos o más células, los mensajes pueden provocar diferentes respuestas: la degradación o la síntesis de sustancias, la secreción de un producto celular, la programación de su destrucción, etcétera.

En el organismo, las vías de comunicación celular pueden ser variadas. Sin embargo, todas estas vías implican la participación de una **célula inductora**, que sintetiza el mensaje químico, y una **célula inducida o blanco**, que posee los **receptores específicos** para ese mensaje.

De acuerdo con la distancia a la que se hallen la célula inductora y la inducida, las moléculas mensajeras se desplazan por difusión, o son transportadas por el sistema circulatorio.

Si releen la apertura de la primera parte del libro podrán profundizar sobre los conceptos de retroalimentación positiva y negativa en los procesos homeostáticos.

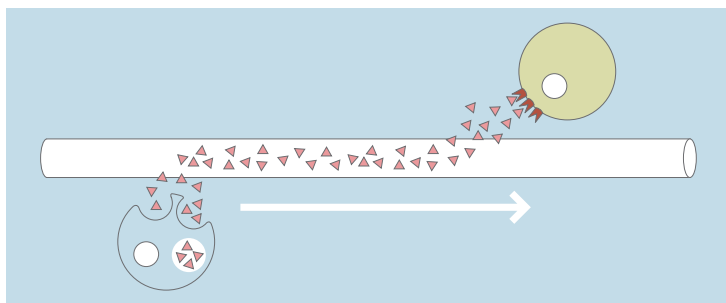


**1.** ¿Por qué creen que el sistema endocrino tiene una acción más lenta que la del sistema nervioso? Escriban una explicación.

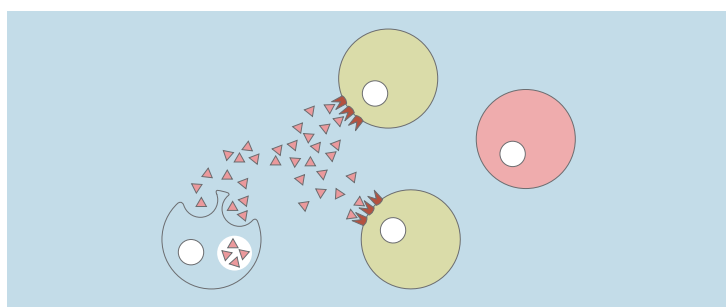
**2.** Piensen y escriban una analogía entre la información que transita por los sistemas endocrino y nervioso, y la que es enviada por mail o por carta.



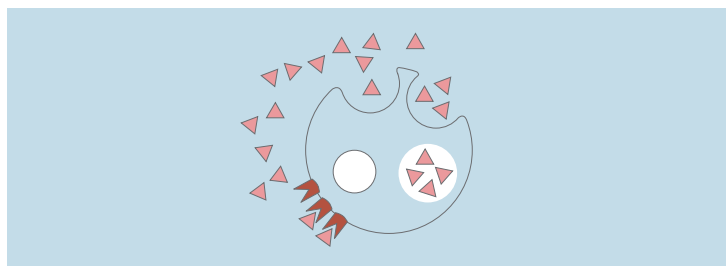
**Comunicación endocrina:** esta vía de comunicación se produce cuando la célula inductora y la inducida se encuentran alejadas. El mensaje químico circula con la sangre y los receptores específicos de la célula blanco lo detectan. Esta vía de comunicación celular es la más característica del sistema endocrino y el mensaje químico es una hormona.



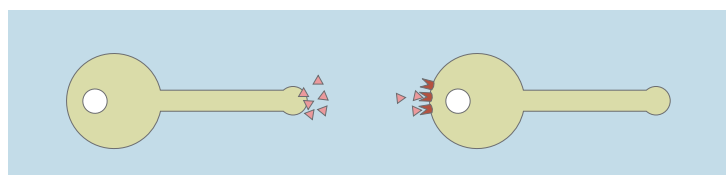
**Comunicación paracrina:** esta vía de comunicación se produce cuando la célula inductora y la inducida están próximas. El mensaje químico se desplaza por difusión y los receptores específicos de la célula blanco vecina lo detectan. Las células cercanas que no tienen los receptores específicos no responden al mensaje químico. Esta vía de comunicación celular se produce en el sistema endocrino y el mensaje químico es una hormona.



**Comunicación autocrina:** esta vía de comunicación se produce cuando la inductora y la inducida es la misma célula. El mensaje químico se desplaza por difusión un pequeño trecho y es detectado por los receptores específicos que posee la misma célula que lo origina. Esta vía de comunicación celular se produce en el sistema endocrino y el mensaje químico es una hormona.



**Comunicación sináptica:** esta vía de comunicación se produce cuando la célula inductora es una neurona y la inducida es otra neurona, una célula muscular o una glandular. El mensaje químico se desplaza por un pequeño espacio y los receptores específicos de la célula blanco vecina lo detectan. Esta vía de comunicación celular es característica del sistema nervioso y el mensaje químico es un neurotransmisor.



Un ejemplo de vía de **comunicación paracrina** lo produce la **histamina**. Esta hormona interviene cuando la piel se lesiona. La zona afectada se enrojece, se hincha y toma mayor temperatura que el resto del cuerpo (**inflamación**) porque la histamina provoca la dilatación de los vasos sanguíneos que, a su vez, se hacen más permeables. Entonces, los componentes de la sangre, como ciertas proteínas y los glóbulos blancos, pueden desplazarse hacia la zona dañada y repararla.

Como se explicó en el Capítulo 6, las neuronas se comunican entre sí, y con células musculares o glandulares a través neurotransmisores. En una vía de **comunicación sináptica**, los mensajes químicos se originan en una célula nerviosa, se desplazan a través del espacio sináptico y son captados por los receptores específicos de otra célula que se encuentra muy próxima; por eso esta vía de comunicación celular también puede ser considerada paracrina.

La **comunicación autocrina** es típica de los procesos homeostáticos de retroalimentación negativa. El mensaje químico originado y detectado por la misma célula evita que ésta secrete mucha cantidad de hormona.

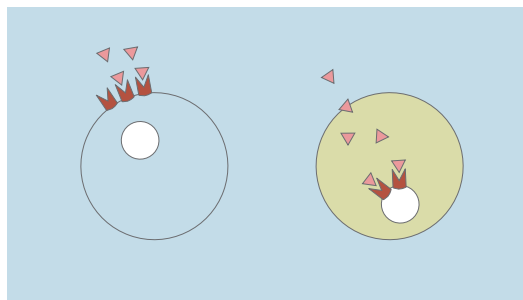


ACTIVIDADES

1. Elaboren un cuadro para comparar las comunicaciones endocrina, paracrina, autocrina y sináptica entre células.
2. Diseñen un sube y baja para representar la comunicación paracrina provocada por la histamina.
3. Para complementar la información sobre la comunicación sináptica, releen la página 125.

## LAS HORMONAS

Por su composición química, las hormonas pueden ser proteínas, oligopéptidos, esteroides o moléculas pequeñas derivadas de aminoácidos y ácidos. De acuerdo con su afinidad por el agua, las señales o mensajeros químicos pueden ser de naturaleza hidrofílica o hidrofóbica. Cada tipo de mensajero químico es reconocido por un receptor específico.



Las **hormonas hidrofílicas** no pueden atravesar la bicapa de lípidos y se acoplan a receptores que se encuentran en la membrana de la célula blanco.

Las **hormonas hidrofóbicas**, en cambio, difunden libremente a través de la bicapa y se acoplan a receptores intracelulares.

La unión de una hormona hidrofílica o **mensajero primario** al receptor, provoca la activación de una proteína de la membrana la que, a su vez, estimula un **mensajero secundario** intracelular. La conversión de un mensajero primario a otro secundario se denomina **transducción de la señal**.

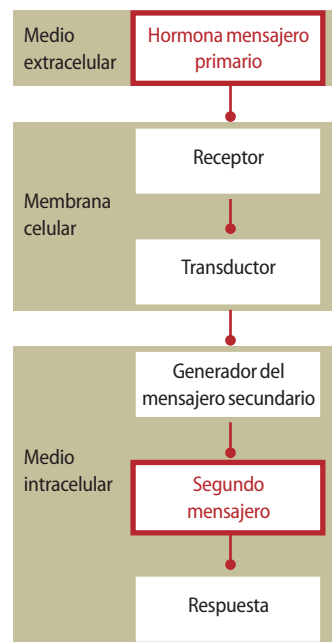
Las respuestas que desencadenan las hormonas hidrofílicas son muy rápidas porque activan moléculas ya existentes en el medio intracelular. El número de moléculas que participan en la elaboración de la respuesta aumenta en cada paso del proceso y, por lo tanto, amplifica la señal recibida.

La **adrenalina** es una hormona hidrofílica cuya concentración aumenta en sangre durante las situaciones de estrés biológico, en las cuales el organismo se prepara para la acción. Los receptores de esta hormona se localizan en la membrana de distintos tipos celulares, entre ellos las células hepáticas.

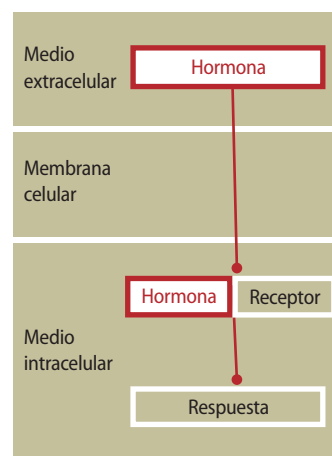
Entre otros efectos, la adrenalina estimula la hidrólisis del glucógeno en células del hígado, y promueve la liberación de glucosa a la sangre. Una vez distribuida a las células, éstas emplean a la glucosa como combustible celular y pueden satisfacer la demanda energética que genera la situación de estrés. Unas pocas moléculas de adrenalina pueden desencadenar una rápida liberación de glucosa al torrente sanguíneo.

Ciertos mensajeros químicos, como las hormonas tiroideas y las sexuales, ingresan a través de las membranas de todas las células, se desplazan por difusión a través de sus citoplasmas y solo estimulan aquellas que tienen el receptor específico en su interior, es decir, a la célula blanco. En este proceso no participan mensajeros secundarios ya que la señal externa es la misma que a nivel intracelular genera la respuesta de la célula.

Este tipo de hormonas provoca la síntesis de proteínas, respuesta lenta en la que pueden pasar horas antes de que se produzca.



Esquema de acción de una hormona hidrofílica.



Esquema de acción de una hormona hidrofóbica.

1. Lean la información de estas páginas y expliquen las siguientes afirmaciones:  
■ Las respuestas provocadas por hormonas hidrofílicas son más rápidas que las generadas por hormonas

hidrofóbicas.  
■ Las hormonas sexuales ingresan a todas las células pero no todos los tipos celulares responden.  
■ Las hormonas hidrofílicas son

señales que generan respuestas indirectamente.  
■ Los mensajeros químicos pueden actuar a distancia.



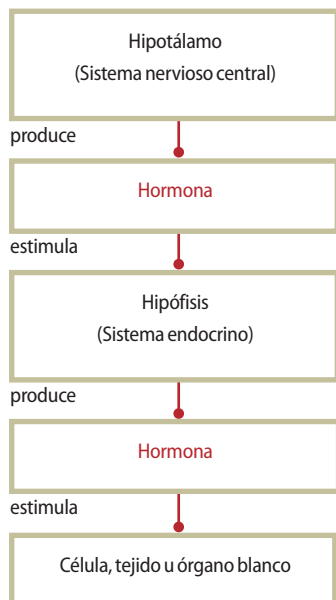
## Complejos de regulación hormonal

En el organismo, el sistema endocrino y el nervioso comparten la coordinación de múltiples procesos homeostáticos. En otros, en cambio, el sistema endocrino es el único regulador de estos procesos.

Para comprender mejor la dinámica de los procesos homeostáticos que regulan estos sistemas, es conveniente dividirlos en subsistemas de control.

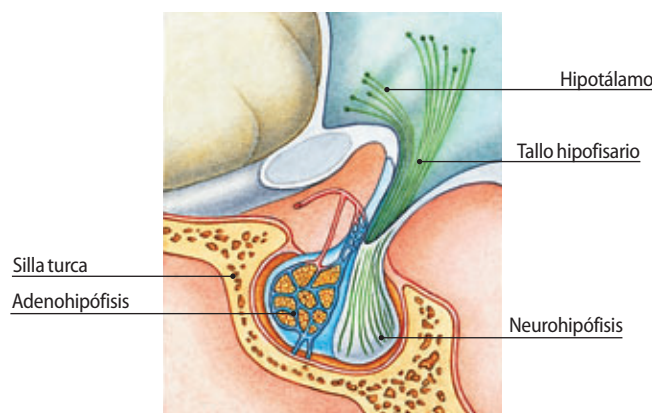
**SUBSISTEMA HIPÓFISIS- HIPOTÁLAMO** El subsistema hipófisis-hipotálamo es el ejemplo más característico de coordinación conjunta entre el sistema nervioso y el endocrino.

Estructuralmente, la **hipófisis** es un único órgano constituido por dos tejidos diferentes entre sí. Funcionalmente, el tejido que conforma la hipófisis anterior o **adenohipófisis** actúa como una glándula distinta al tejido que constituye la hipófisis posterior o **neurohipófisis**.



### Reacción en cascada del complejo hipotálamo-hipófisis.

Ejemplo de reacción en cascada: la tirotrófina (TRH) secretada por el hipotálamo estimula a la hipófisis para la elaboración de TSH que, a su vez, estimula a la tiroides para la producción de tiroxina.



La hipófisis es una glándula endocrina que se ubica por debajo del cerebro, unida a este órgano por el tallo hipofisario, y protegida por la **silla turca**, formación del hueso **esfenoides** ubicado en la base del cráneo.

Como se explicó en el capítulo anterior, el sistema límbico forma parte del sistema nervioso e interviene en actividades como los sentimientos y las emociones.

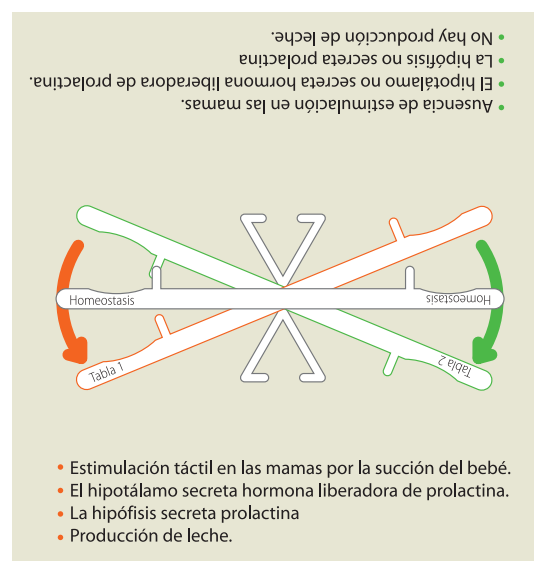
El **hipotálamo** forma parte del **sistema límbico**. Elabora ciertas hormonas las que, como son generadas por este centro nervioso, se denominan **neurohormonas**.

El hipotálamo y la hipófisis están muy próximas y comparten los mismos vasos sanguíneos.

Las hormonas que secreta el hipotálamo se almacenan durante cierto tiempo en la neurohipófisis y desde allí son vertidas al torrente sanguíneo, por donde circulan hasta llegar al órgano blanco.

El hipotálamo también produce sustancias que estimulan la formación y liberación de algunas hormonas de la hipófisis.

Este sube y baja es un modelo que representa los procesos que regulan la producción y liberación de leche durante el amamantamiento. Para comprenderlo, primero observen la situación de la tabla 1 y lean el texto del color correspondiente. Después giren el libro, observen la situación de la tabla 2 y lean el texto del color correspondiente.



Glándula de la hipófisis	Hormona	Función
<b>Adenohipófisis</b>	Hormona de crecimiento (CH)	Actúa sobre diversos tejidos estimulando el crecimiento armónico del organismo.
	Prolactina	Actúa sobre las glándulas mamarias estimulando la producción de leche.
	Tirotrófina o tiroestimulante (TSH)	Actúa sobre la glándula tiroides estimulando la producción de hormonas tiroideas.
	Adrenocorticotrófica (ACTH)	Actúa sobre la corteza de las glándulas suprarrenales estimulando sus secreciones.
	Folículo estimulante (FSH)	Actúa sobre las gónadas (ovarios y testículos) favoreciendo la maduración de los folículos o los espermatozoides y la liberación de otras hormonas.
	Luteinizante (LH)	En las mujeres estimula la ovulación y la producción de hormonas ováricas, en los varones estimula la producción de testosterona.
<b>Hipotálamo-neurohipófisis</b>	Oxitocina	Favorece las contracciones del útero durante el trabajo de parto y la liberación de leche por las glándulas mamarias.
	Hormona antidiurética (ADH)	Regula el equilibrio hídrico. Aumenta la reabsorción de agua en los nefrones.

Las dos glándulas que conforman la hipófisis secretan 8 hormonas diferentes entre sí. La hipófisis anterior secreta 6 hormonas que controlan otras glándulas endocrinas, por eso a veces se la llama “glándula madre” o “glándula maestra”. La hipófisis posterior, en cambio, secreta dos hormonas.

### El yodo y la sal

Las hormonas tiroideas son sintetizadas a partir del yodo que se incorpora con los alimentos. Esta ingesta suele ser escasa en dietas de poblaciones alejadas del mar o en personas que no consumen productos de origen marino (pescados y algas).

Si en la dieta falta yodo, la glándula tiroides aumenta su tamaño ya que compensa la falta del elemento principal de la tiroxina. A este síndrome se lo conoce como bocio endémico. El término endémico hace referencia a enfermedades o patologías frecuentes en poblaciones circunscriptas a una región determinada, en este caso alejada del mar.

En nuestro país, la ley nacional N° 17 259 obliga a las empresas productoras de sal de mesa el agregado de una determinada cantidad de yodo a fin de complementar la dieta en dichas poblaciones.



**SUBSISTEMA TIROIDEO** El subsistema tiroideo se encuentra en el cuello, delante de la tráquea.

Está conformado por dos glándulas: la tiroides y la paratiroides.

La **tiroides** secreta varias hormonas; una de ellas es la **tiroxina**, que regula el metabolismo del organismo.

Cuando el organismo necesita mayor aporte energético, por ejemplo con la exposición a bajas temperaturas, la tiroides libera mayor cantidad de tiroxina. En las células del cuerpo, esta hormona estimula el catabolismo de hidratos de carbono y, en consecuencia, una mayor producción de energía.

Otra hormona liberada por la tiroides es la **calcitonina** que actúa sobre las células óseas, favoreciendo la fijación de calcio de los huesos.

Las paratiroides son cuatro glándulas del tamaño de una lenteja, adheridas a la tiroides. Secretan **parathormona** u hormona paratiroidea, que incrementa la concentración de los iones calcio en la sangre. También promueve la activación de la vitamina D que favorece en el intestino la absorción de calcio proveniente de los alimentos.

Las glándulas tiroides y paratiroides regulan la concentración de calcio en la sangre. Un nivel adecuado de calcio en el torrente sanguíneo es fundamental para la formación y mantenimiento de la estructura de los huesos, el funcionamiento de las neuronas y la actividad cardíaca.

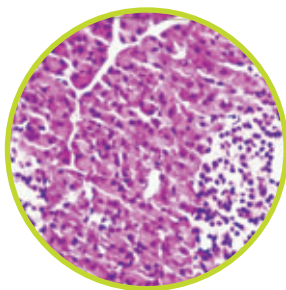
**1.** Observen la imagen de la página 158 y ubiquen en ella las glándulas que se nombran en esta página.

**2.** Sobre el subsistema tiroideo, pueden complementar la información si releen la página 146.

**3.** Sobre el subsistema hipófisis - hipotálamo pueden complementar la información si leen las páginas 107, 188, 189.







Fotomicrografía de células pancreáticas vistas al MO (100X).

## SUBSISTEMA SUPRARRENAL

Las **glándulas suprarrenales** deben su nombre a la ubicación que tienen sobre los riñones. Estas glándulas tienen dos regiones bien definidas: la corteza por fuera y la médula, por dentro. Cada una de estas zonas produce sus propias hormonas y actúa independientemente.

La **médula suprarrenal**, relacionada con el sistema nervioso autónomo, libera **epinefrina** y **norepinefrina**, también denominadas **adrenalina** y **noradrenalina**, respectivamente. Estas hormonas preparan al cuerpo para la lucha o la huida: provocan un aceleramiento del ritmo cardíaco y aumentan el nivel de glucosa en sangre.

La **corteza suprarrenal** libera las hormonas llamadas **corticosteroides**. El cortisol, por ejemplo, interviene en las respuestas del organismo en situaciones de estrés.

También libera **mineralcorticoides**, como la **aldosterona**, que regulan el equilibrio iónico en líquidos intercelulares.

La corteza suprarrenal también secreta pequeñas cantidades de **esteroides sexuales**. Por eso se pueden encontrar ciertas concentraciones normales de hormonas masculinas (**testosterona**) en la sangre de las mujeres; y de hormonas femeninas (**estrógenos**) en la de los varones.

## OTRAS GLÁNDULAS Y HORMONAS

El páncreas es una **glándula mixta**: como glándula exocrina libera secreciones digestivas al tubo digestivo a través de un conducto; y como glándula endocrina, libera secreciones hormonales a la sangre. Como parte del sistema endocrino, el páncreas regula la disponibilidad de glucosa en el organismo a través de 2 hormonas: la **insulina** y el **glucagón**, producidas en los **islotes de Langerhans**.

El timo es una glándula que se encuentra detrás del esternón y está relacionada con la defensa del organismo. Produce leucocitos y libera la hormona **timosina**, que promueve la diferenciación de células de la médula ósea para la generación de linfocitos T del **sistema inmunológico**.

El timo tiene un gran tamaño en los recién nacidos (que tienen pocas defensas) y se reduce con el crecimiento. Prácticamente desaparece en la adolescencia, etapa en la que el sistema inmunológico está bien desarrollado.

A fines del siglo pasado se descubrió que el corazón libera la hormona **natriurética auricular** cuando la presión es alta. Esta hormona actúa en los riñones y estimula la eliminación de agua y de iones sodio. Como resultado de esa liberación, el volumen de sangre disminuye y, en consecuencia, también la presión sanguínea.

Además de producir células sexuales, los **ovarios** y los **testículos** también producen y liberan hormonas. Las gónadas femeninas secretan **estrógenos** y **progesterona**, y las gónadas masculinas secretan **testosterona**.

Además de su actividad en la eliminación de los desechos metabólicos, los riñones también son glándulas endocrinas. Cuando ciertas células renales detectan poca cantidad de oxígeno en la sangre liberan una hormona, la **eritropoyetina**, que actúa en la médula de los huesos largos estimulando la producción de glóbulos rojos.

Las **prostaglandinas** son hormonas muy particulares. No se producen en una glándula determinada; casi todos los órganos del cuerpo las secretan. Llevan este nombre porque en un principio fueron halladas en el semen y se pensó que eran solo producto de la próstata.

Las prostaglandinas actúan en concentraciones más bajas que el resto de las hormonas y son fácilmente degradadas por enzimas. Generalmente estimulan o inhiben las contracciones del músculo liso; también intervienen en la respuesta inflamatoria.



1. ¿Qué relación pueden establecer entre el nombre de la hormona insulina y el lugar del páncreas donde se produce?
2. Sobre la acción de la insulina y el glucagón pueden complementar la información si releen la página 148.
3. Sobre la acción de la eritropoyetina pueden completar la información si releen la página 89.
4. Comparen la acción de la calcitonina y la parathormona con las hormonas pancreáticas.

Algunas células del revestimiento interno del estómago secretan hormonas que regulan la velocidad a la que se mueve el alimento por el tubo digestivo, así como la secreción de jugos digestivos. La **gastrina** estimula la liberación de ácido clorhídrico en el estómago y el peristaltismo facilita la actividad de los jugos gástricos sobre el alimento. La **secretina** y la **colecistoquinina** producen el efecto contrario, es decir, tienden a disminuir la secreción gástrica y los movimientos peristálticos del estómago. Por su parte, la secretina además estimula la secreción pancreática, y la colecistoquinina, en cambio, provoca la liberación del producto biliar.

## Desequilibrios en la regulación hormonal

Habitualmente, los desequilibrios hormonales se nombran con prefijos que provienen de palabras griegas: *hiper* e *hipo*. Con la acción de algunas hormonas se pueden predecir las consecuencias de una hipersecreción y de una hiposecreción.

### HIPERTIROIDISMO

Una persona con **hipertiroidismo** tiene una elevada producción de la hormona tiroxina y, por consiguiente, un incremento de la velocidad metabólica. Los organismos hipertiroides suelen consumir rápidamente el valor calórico de los alimentos que ingieren, por eso pueden ser muy delgados. Además, suelen ser muy sensibles al aumento de la temperatura ambiental, porque su cuerpo libera una cantidad anormal de calor.

En un organismo con **hipotiroidismo**, una disminución en la velocidad metabólica produce los efectos contrarios. Las personas suelen ser obesas y susceptibles a las bajas temperaturas ambientales. Hoy en día, ambos desequilibrios hormonales tienen tratamientos médicos adecuados.

### DIABETES MELLITUS

La **diabetes mellitus** es una enfermedad ocasionada por la incapacidad del páncreas de producir insulina. Quienes la padecen suelen tener altos niveles de glucosa en sangre que no pueden aprovechar porque la ausencia de insulina impide el ingreso del azúcar a las células. En los diabéticos, parte del excedente de glucosa es eliminado por los riñones, produciendo una orina de carácter dulce: la palabra *mellitus* tiene origen griego y significa miel.

El origen de algunos casos de diabetes es que el sistema inmunitario no reconoce como propias algunas células del páncreas y las destruye. Este caso suele darse desde edades muy tempranas. En general, a estos pacientes se les debe inyectar insulina diariamente: son **insulinodependientes**.

### GIGANTISMO

### HIPOFISARIO

El **gigantismo hipofisario** se debe a una hiperfunción de la glándula hipófisis. Al aumentar la secreción de STH, aumenta el ritmo de crecimiento del sistema óseo. Si esta enfermedad se origina durante la infancia, se desarrolla un gigantismo armónico. La secreción reducida de la misma hormona, provoca un síndrome denominado **enanismo hipofisario**. Generalmente, las personas que padecen esta enfermedad presentan una reducción armónica del crecimiento, desarrollo sexual reducido y ausencia de caracteres sexuales secundarios. La disfunción de la hipófisis puede tener como causa una alteración orgánica o la destrucción parcial o total de la glándula.

**1.** Lean las siguientes situaciones y expliquen cuál es la hormona pancreática que se secreta en cada una.

■ Recién comieron un plato de fideos con tuco.

■ Alguien corre rumbo a la escuela porque se quedó dormido y salió sin desayunar.

**2.** Busquen información sobre el *Jet lag* y por qué quienes lo sufren tienden a manifestar estados de mal humor.



Las personas que sufren diabetes deben testear su nivel de glucosa en sangre con regularidad. La tecnología de los sistemas de medición hace que los controles sean cada vez más sencillos y menos dolorosos.



# El ingenio en la ciencia

*EN GENERAL, CUANDO SE HABLA DE HORMONAS MUCHA GENTE LAS ASOCIA CON LA ADOLESCENCIA. SIN EMBARGO, ESTOS MENSAJEROS QUÍMICOS ESTÁN PRESENTES EN EL ORGANISMO MUCHO ANTES DE NUESTRO NACIMIENTO. SI BIEN HOY SE CONOCEN MUCHAS DE SUS ACCIONES REGULADORAS EN EL ORGANISMO, DURANTE MUCHO TIEMPO FUERON UN VERDADERO MISTERIO PARA LOS CIENTÍFICOS.*

Uno de los hechos más importantes en la bioquímica del siglo XX fue el descubrimiento de la insulina. Este hallazgo permitió a la medicina tratar una enfermedad que hasta el momento era incurable: la diabetes. Si bien la insulina no cura esta afección, reemplaza la falta de secreción natural.

Por ese entonces, la función digestiva del páncreas era bien conocida. También se había observado que los pacientes diabéticos tenían inflamado o degenerado este órgano. Suponiendo que existía cierta relación entre la diabetes y el páncreas, algunos científicos ensayaron tratamientos con extracto de este órgano, pero no obtuvieron los resultados esperados. La extracción de la insulina, una de las tres hormonas

que secretan los islotes de Langerhans del páncreas, se realizó en 1921 en Toronto, Canadá. El cirujano de 30 años Frederik Banting (1891-1941) y el estudiante de medicina de 23 años Charles Best (1899-1978) usaron un método muy ingenioso para obtener en estado puro (purificar) la insulina.

La obtención de la insulina pura no fue fácil porque las enzimas digestivas que produce el páncreas quedan activas durante algún tiempo, aun después de su extracción del animal. Entonces, mientras estos científicos intentaban observarlo, las enzimas digerían inmediatamente las células que lo constituyen.

La solución fue investigar el páncreas sin extraerlo del animal de laboratorio y en un momento en que el órgano no produjese sus enzimas digestivas.

Banting y Best sabían que el páncreas no secreta enzimas hasta unas horas después del nacimiento del animal. Conocían también la acción de la secretina, hormona

producida por el estómago que “informa” al páncreas de la llegada del alimento en el intestino delgado para que libere los jugos pancreáticos en el interior de este conducto digestivo.

Estos científicos pensaron entonces que deberían investigar con páncreas que no hubieran aún recibido el primer mensaje de la secretina. Solo entonces podrían trabajar con un páncreas que nunca produjo ni liberó jugos digestivos.

Quizás entonces pudieran obtener la secreción de los islotes de Langerhans, siempre y cuando estos grupos celulares estuvieran en actividad en un organismo recién nacido. Banting y Best consiguieron páncreas de terneras recién nacidas, prepararon los extractos y los inyectaron a animales que padecían diabetes artificialmente provocada. Los científicos observaron que una vez aplicado el extracto pancreático, inmediatamente disminuía la concentración de glucosa en la sangre de los animales enfermos. Entonces, atribuyeron a los islotes de



Langerhans la propiedad de la elaboración y liberación de insulina en la sangre de los organismos. Banting y Best también idearon otra técnica para aislar la insulina. Cuando se bloquea el conducto por el cual el páncreas libera sus jugos hacia el intestino delgado, se interrumpe su actividad y sus células se atrofian. Sin embargo, los islotes de Langerhans continúan con la producción de insulina. Entonces, es posible obtener purificada la hormona. Los científicos trabajaron en el laboratorio del profesor de fisiología James MacLeod (1876-1935) quien, si bien no estuvo presente en el momento del descubrimiento, agregó su nombre a la primera comunicación sobre los resultados de la investigación, que se hizo a la Asociación Americana de Fisiología. Para poder inscribir la comunicación en esta Asociación, por lo menos uno de los autores de la investigación debía ser miembro de ella. Como ni Banting ni Best lo eran, en 1922, año en que se publicó el trabajo, MacLeod figuró entre ellos. Al año siguiente, reconocieron con el Premio

Nobel en Medicina a Banting y MacLeod por el descubrimiento de la insulina. Best no fue nombrado porque nadie lo postuló. Sin embargo, este científico compartió el premio en partes iguales con Banting. Tanto por el método de extracción en animales recién nacidos, como por el del bloqueo del conducto pancreático, la cantidad de insulina obtenida es muy reducida. Pero en 1926, Johan Jacob Abel (1857-1938), profesor en farmacología en Baltimore, sintetizó por primera vez insulina en forma artificial y, a partir de entonces, fue posible disponer de esta hormona en cantidades mayores. En la actualidad, la insulina se obtiene a partir de procedimientos de ingeniería genética. Los estudios acerca de las hormonas, las glándulas que las secretan y su funcionamiento, han sido merecedores de muchos premios Nobel. Quizás haya sido por su importancia para la salud humana, ya que estos descubrimientos han sido responsables de mejorar la calidad de vida de muchas personas con desequilibrios endocrinos.

Bernardo Houssay (1887-1971) fue un destacado investigador argentino en el campo de la endocrinología. Recibió el Premio Nobel de Medicina en 1947. Con sus experimentos observó que si se extirpa a perros diabéticos el lóbulo anterior de su hipófisis, mejoran los síntomas de su enfermedad. Observó también que la inyección de extracto de hipófisis a un animal sano, provoca la aparición de diabetes. Con estas investigaciones concluyó que las hormonas que libera la hipófisis regulan la glucemia, es decir, la concentración de glucosa en la sangre. Edward Kendall (1886-1972), bioquímico estadounidense, ganó el Nobel en 1950 por la obtención de la hormona cortisona a partir de la corteza de las glándulas suprarrenales.



- 1.** ¿Cual fue el principal problema que debieron resolver Banting y Best en su investigación?
- 2.** Describan las dos metodologías que permitieron resolver el problema.
- 3.** ¿Con qué metodología se obtiene actualmente la insulina?
- 4.** Busquen información y escriban una breve biografía de Bernardo Houssay.

### Agentes extraños y patógenos

Los **virus**, las **bacterias** y los **hongos** son algunos de los agentes extraños que pueden ingresar en el organismo y enfermarlo. Esos agentes patógenos están conformados por una variedad de sustancias que el cuerpo no reconoce como propias y, entonces, reacciona contra ellas.



Cuando las bacterias logran vencer el sistema inmunológico, los médicos recetan antibióticos.



Los hongos se establecen en zonas húmedas del cuerpo y se reproducen rápidamente.

## Estructura y dinámica del sistema inmunológico

En las páginas anteriores se explicaron algunos de los procesos mediante los cuales el organismo mantiene constante su medio interno y el sistema que los regula, el sistema endocrino.

Aún queda por explicar una serie de complejos procesos homeostáticos que participan en la defensa del organismo frente al ingreso de agentes extraños y el sistema que los controla, el **sistema inmunológico**.

Convivimos con una gran variedad de microorganismos. Los hay en el aire, en el agua y en todo alimento. Ingresan por la boca, por la nariz, por las heridas. Si el organismo no contara con un sistema inmunológico, el cuerpo se convertiría en una fuente de nutrientes para muchos microorganismos. A veces también las células del cuerpo actúan como agentes extraños, como las que se convierten en cancerígenas.

En esas situaciones entra en acción el **sistema de defensa**, es decir, el conjunto de procesos homeostáticos que previenen, limitan o eliminan los efectos causados por un agente extraño y potencialmente perjudicial para el equilibrio del organismo.

En el sistema inmunológico intervienen dos subsistemas:

- el tegumentario, que regula la defensa del organismo a través de la piel y las mucosas (procesos de defensa inespecíficos); y
- el circulatorio, que controla la defensa del cuerpo por medio de la sangre (procesos de defensa específicos).

### Inmunidad inespecífica

En el organismo hay un conjunto de estructuras y secreciones que constituyen una **barrera primaria de defensa** que limita el ingreso de muchos microorganismos y materiales extraños sin distinción. El conjunto de procesos en los que interviene esta primera barrera se denominan **procesos de defensa inespecíficos** o **inmunidad inespecífica**.

La piel y las mucosas, límites entre el medio interno y externo del cuerpo, son las más evidentes de esas barreras primarias. Estas estructuras intervienen en los procesos de defensa inespecíficos porque:

- la constante descamación de las células superficiales dificulta la adhesión y permanencia de materiales;
- los pelos de la nariz actúan como un filtro atrapando partículas aéreas;
- las secreciones de las glándulas, también resultan un medio hostil para el desarrollo de microorganismos;
- las membranas mucosas de los tractos respiratorio y digestivo, impiden también el ingreso de agentes patógenos. Las secreciones viscosas que producen ciertas células de las vías respiratorias (mucus) y sus cilias, los atrapan y desplazan hasta ser eliminados;
- el jugo gástrico producido en el estómago, que contiene ácido clorhídrico y enzimas que degradan las proteínas, destruye la mayoría de los microorganismos que llegan a él;
- las secreciones ácidas que se producen en la vagina impiden la proliferación de ciertos hongos y bacterias; y
- las lágrimas que mantienen húmedos los ojos, ayudan a eliminar cualquier partícula que se introduzca en ellos.

Cuando son superadas las barreras primarias de defensa, como por ejemplo ante un corte en la piel, interviene la **barrera secundaria de defensa** del organismo. Ciertos componentes sanguíneos forman parte de la barrera secundaria de defensa.

Al producirse una herida, los tejidos dañados producen y liberan **histamina**. Esta hormona aumenta la permeabilidad de los capilares y provoca el aumento de la irriga-



**1.** Elaboren un cuadro para comparar los procesos de defensa inespecíficos y específicos.

**2.** Piensen y escriban una analogía entre la inmunidad específica y una situación de la vida cotidiana o de ciencia ficción.



ción sanguínea en la zona afectada. Por eso la herida se inflama, se enrojece y aumenta la temperatura de las regiones cercanas a la misma; todo este conjunto de sucesos se denomina **respuesta inflamatoria**. Simultáneamente a esta respuesta, en la sangre se desencadena la coagulación y el cierre de la herida.

Durante la respuesta inflamatoria, comienzan a actuar en la herida los macrófagos, glóbulos blancos especializados en fagocitar a los microbios que puedan haber ingresado. Una vez que esas células fagocitan y eliminan los cuerpos extraños, mueren. Por eso frecuentemente en las heridas aparece **pus**, fluido con una gran proporción de glóbulos blancos muertos.

Por la sangre también circula un grupo de 20 proteínas denominadas **sistema del complemento**. Estas proteínas se combinan de diversas formas y pueden activar la respuesta inflamatoria atrayendo a los glóbulos blancos al lugar afectado y adhiriéndose a los microbios invasores para facilitar la acción de los fagocitos.

Muchas células, cuando son infectadas por un virus, liberan ciertas proteínas especiales, los **interferones**, que modifican receptores de membranas de otras células y evitan que puedan ser infectadas por ese u otros virus.

Todos los procesos explicados intervienen de la misma forma frente a cualquier tipo de agente extraño, por eso, como los anteriores, también se consideran **procesos de defensa inespecífica**.

## Inmunidad específica

Cuando un agente extraño no es retenido ni eliminado por las barreras primaria y secundaria, se desencadenan otros **procesos de defensa específicos (inmunidad específica)** que actúan de acuerdo con las características del agente invasor. En este tipo de inmunidad intervienen componentes del sistema circulatorio y del linfático.

Los **linfocitos**, uno de los tipos de glóbulos blancos, circulan por la sangre pero se concentran en mayor número en el timo, los ganglios linfáticos y el bazo. Poco tiempo después de originados, los linfocitos adquieren ciertas características que permiten distinguirlos en dos grupos:

- uno que madura y se diferencia en la médula de los huesos (*bone*, en inglés), los **linfocitos B**; y

- otro que madura y se diferencia en el timo, los **linfocitos T**.

Los linfocitos B tienen en su membrana plasmática un determinado tipo de **anticuerpo**, proteína producida por estas células en respuesta a la presencia de un antígeno. Los anticuerpos también se denominan **inmunoglobulinas**.

Un **antígeno** es una molécula que el organismo reconoce como extraña y que es capaz de provocar que los linfocitos B produzcan anticuerpos.

Cuando los linfocitos B detectan su antígeno correspondiente, aumentan su actividad metabólica, se multiplican y diferencian en otros dos tipos de linfocitos:

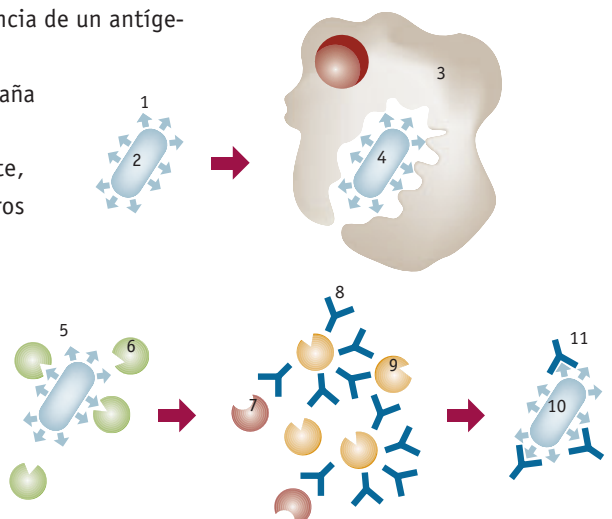
- las **células plasmáticas**, que producen más anticuerpos para contrarrestar la presencia del antígeno; y

- las **células de memoria**, que continúan produciendo anticuerpos aun después de la eliminación del agente que causa enfermedad. Entonces, si volviera a ingresar en el organismo el mismo agente extraño, la respuesta es inmediata y no se produce enfermedad.



Entre los tipos de glóbulos blancos que compone la sangre, los *natural killers* se consideran células asesinas. Distinguen células infectadas por virus y algunas células tumorales y las destruyen.

1. Antígenos
2. Bacteria
3. Macrófago
4. Bacteria ingerida
5. Antígenos
6. Linfocito B adecuado al antígeno
7. Linfocito B no adecuado al antígeno
8. Anticuerpos
9. Linfocito cooperador
10. Bacteria desactivada
11. Anticuerpos





En el organismo hay cuatro variedades de linfocitos T:

- los **citotóxicos (Tc)**, que destruyen células tumorales y células infectadas por virus;
- los **helpers (Th)** (*helper*, ayudante en inglés), que se reproducen rápidamente ante la presencia de antígenos y forman grandes grupos de células idénticas o clones;
- los **supresores (Ts)** que finalizan la respuesta inmune una vez que los agentes extraños han sido eliminados; y
- los **de memoria (Tm)**, de vida prolongada.

Cuando los virus atacan las células y se reproducen dentro de ellas, éstos no pueden ser detectados ni neutralizados por los anticuerpos que circulan por la sangre y la linfa. Pero una célula infectada por virus presenta en su membrana nuevos antígenos que pueden ser detectados por los linfocitos T citotóxicos. Al reconocerla, la destruirán y dejarán expuestos a los virus, que así podrán ser reconocidos por los anticuerpos y desarrollar la respuesta inmune. Este mismo proceso también ocurre con algunas células cancerosas.

En síntesis, la respuesta inmune específica se caracteriza por:

■ su **especificidad**: cada anticuerpo es capaz de reconocer o neutralizar a un tipo de antígeno.

■ Su **memoria**: los linfocitos, una vez que han reconocido a un antígeno, quedan preparados y responden rápidamente ante una nueva invasión.



Donar sangre, abrazar o besar a otro, son conductas que no transmiten HIV.



El 1 de diciembre fue propuesto por la ONU como el día mundial de la lucha contra el sida. El lazo rojo es símbolo de esta lucha y de solidaridad con las víctimas.

## SIDA

El sida es una etapa avanzada de una infección cuya sigla significa síndrome de inmunodeficiencia adquirida. Un síndrome es un conjunto de síntomas y signos que aparecen combinados por la manifestación de una enfermedad o alteración hereditaria.

En el sida, los síntomas revelan una disminución del sistema inmunitario del organismo. No es hereditaria, sino que es producida por un tipo de virus al que se denomina virus de inmunodeficiencia humana (VIH o HIV en inglés).

Los primeros casos de sida aparecieron en 1981, en los Estados Unidos. Los médicos observaron que algunos adultos jóvenes padecían una disminución del sistema inmune y muchas veces, morían a causa de enfermedades que en otras condiciones no hubiesen ocasionado la muerte.

La infección VIH/sida es uno de los problemas de salud más importantes de los últimos veinticinco años. El impacto en muchos países, en particular en África fue devastador. La pobreza es un factor importante para la propagación del virus, y a su vez, el VIH/sida aumenta la pobreza.

El VIH se transmite a través del contacto directo de los fluidos vaginales y/o el semen de personas portadoras. Este contacto se produce durante las relaciones sexuales sin preservativo, a través de heridas microscópicas originadas en las mucosas de los genitales, del ano o de la cavidad oral. También se contagia por medio de sangre infectada, cuando ingresa a la circulación sanguínea de una persona. Esto puede suceder en transfusiones de sangre no controlada, en el intercambio de jeringas en prácticas de uso de drogas inyectables, al compartir máquinas de afeitar, o al utilizar cualquier instrumento punzo-cortante sin esterilizar. Otra forma de transmisión puede ser de madre a hijo, durante el embarazo, el parto o por la leche materna.

En síntesis, los únicos fluidos corporales capaces de transmitir el virus son la sangre, el semen, las secreciones vaginales y la leche materna. Estos líquidos poseen gran concentración de virus que al ingresar a la circulación sanguínea de una persona producen

la infección. El virus no se transmite por medio de otros fluidos como la saliva y las lágrimas. Por lo tanto besar, abrazar a una persona, compartir baños, la pileta o elementos de la vajilla, no contagian. Tampoco se produce la infección por picaduras de insectos.

Principalmente, los linfocitos Th son las células blanco del virus. Estas células son esenciales en la respuesta inmune ya que promueven la acción de los linfocitos B y los linfocitos Tc. Es decir, la respuesta inmunitaria depende fundamentalmente de estas células.

Para ingresar a los linfocitos Th, el VIH se une a los receptores CD4 presentes en su superficie. Una vez dentro de la célula, el virus inserta una copia de su información en el ADN celular, donde puede permanecer inactivo. Así, la persona infectada por el VIH atraviesa un período asintomático, que puede durar meses, varios años o toda la vida.

Sin embargo, el virus puede activarse por diversos factores y formar nuevos virus que terminan por destruir este tipo de linfocitos. La pérdida clave de estas células, debilita y destruye al sistema inmunológico.

De esta forma, la persona infectada con el virus, puede contraer enfermedades llamadas oportunistas o marcadoras, como la neumonía o ciertos tipos de cáncer. Estas enfermedades difícilmente aparecen en personas que poseen su sistema inmunológico sano.

Actualmente, no existe una cura o vacuna contra el sida. La dificultad para fabricarlas radica en la alta velocidad de mutación del material genético del virus. En efecto, se han encontrado en una misma persona cepas del VIH distintas entre sí.

Existen estudios que permiten detectar la infección VIH/sida. El llamado “test de sida” es una prueba que detecta la presencia de anticuerpos específicos frente al virus, ya que éstos solo se forman cuando el VIH ha ingresado al organismo.

El diagnóstico positivo de la infección permite iniciar oportunamente tratamientos mediante varias drogas combinadas que impiden el avance y la reproducción del virus en el organismo. De esta forma, se prolonga el período asintomático y mejora la calidad de vida de los enfermos. En nuestro país, estos tratamientos son gratuitos. Sin embargo, en la mayoría de los países pobres, las medicaciones basadas en cócteles de drogas son muy caras para la población infectada y de escasos recursos económicos.

Por otra parte, en un primer momento y en función de los propios condicionamientos que marca la sociedad, el problema del VIH/sida se redujo a algunos países o algunos grupos sociales, como los varones homosexuales o los adictos a drogas inyectables. Este tipo de pensamiento contribuyó a instalar la ilusión de que, si no se pertenece a estos países o a esos “grupos” no se está en riesgo. Estas primeras ideas sobre la infección VIH/sida no son correctas. Por lo tanto, es importante tener conocimiento que cualquier persona que no tome medidas preventivas puede infectarse de VIH/sida. Así, la herramienta más eficaz para evitar la transmisión del VIH es la educación de la población y la real puesta en práctica de las medidas preventivas.

En la actualidad, el único medio para prevenir la transmisión del VIH por vía sexual es el uso correcto del preservativo durante todo el acto sexual.

El contagio por vía sanguínea puede prevenirse a través del uso de materiales estériles y descartables. Estas condiciones se deben exigir al personal de salud que utilice elementos punzantes o cortantes, o en prácticas de tatuajes o perforaciones (piercing). Desde 1990, la Ley Nacional de SIDA (Ley 23.798) establece entre numerosas normativas de bioseguridad, el control estricto de trasplantes, la sangre o sus derivados a transfundir, para evitar múltiples contagios.



En 2004 se presentó un kit de test rápido para HIV. Solo sería seguro para detectar algunos tipos de anticuerpos.



1. Confeccionen un listado de conductas de riesgo de contagio de HIV y otro de conductas que no impliquen ninguna posibilidad de transmisión.
2. Realicen una encuesta en la escuela que les permita conocer qué piensan sus compañeros y amigos sobre el HIV/sida.
3. Analicen los resultados obtenidos y confeccionen un folleto que invite a la reflexión sobre este tema.

# Historia del concepto de inmunidad

*DURANTE MUCHO TIEMPO, LA HUMANIDAD TUVO QUE ENFRENTAR UN ENEMIGO MUY PELIGROSO: LA VIRUELA. ESTA ENFERMEDAD ANIQUILÓ POBLACIONES ENTERAS O DEJÓ CICATRICES Y DEFORMACIONES EN LOS SOBREVIVIENTES. SE CALCULA QUE DURANTE EL SIGLO XVIII PRODUJO EN EL MUNDO 60 MILLONES DE VÍCTIMAS MORTALES.*

*EL 8 DE MAYO DE 1980 LA ASAMBLEA MUNDIAL DE LA SALUD DECLARÓ A LA VIRUELA TOTALMENTE ELIMINADA DEL MUNDO. SIN EMBARGO, HOY VUELVE A CONSTITUIR UNA GRAVE AMENAZA PARA LA HUMANIDAD. CONSERVADOS EN ALGUNOS LABORATORIOS, ESTOS VIRUS PODRÍAN DIEZMARLA NUEVAMENTE PERO, ESTA VEZ, FORMANDO PARTE DE ARMAS BIOLÓGICAS.*

Si bien se atribuye al médico inglés Edward Jenner (1749-1823) la propuesta de un método preventivo para la viruela humana, mucho tiempo antes médicos chinos e indios habían observado que padecer esta enfermedad confería inmunidad para toda la vida. Hacia el año 1100 a.C., los médicos chinos pensaron que si se provocaba un episodio leve de viruela, se podría impedir que aumentara la gravedad de la enfermedad. Entonces, inventaron una técnica que consistía en triturar una costra de viruela de un enfermo e introducir el polvillo en uno de los orificios de la nariz de otra persona. Si el individuo

era hombre, se lo introducían por el orificio nasal izquierdo; si era mujer, por el derecho. Habitualmente, pero no siempre, estas personas padecían una viruela leve, aunque el polvo se hubiera preparado mucho tiempo antes.

Para ese entonces, los médicos árabes habían inventado una técnica diferente a la anterior: frotaban el material extraído de una pústula de viruela sobre una herida que practicaban en el brazo de una persona sana.

En 1717 el médico griego Emmanuele Timoni asistió el parto de la esposa del embajador de Inglaterra en Turquía, Lady Montagu. Dada su experiencia, Timoni advirtió rápidamente que la mujer había sufrido un ataque de viruela y la persuadió para que le permitiera vacunar a su primer hijo.

Lady Montagu, como muchas en su época, fue una mujer muy curiosa e interesada por el conocimiento, el que obtuvo como autodidacta porque la educación no estaba contemplada para el género femenino.

Consciente de las limitaciones

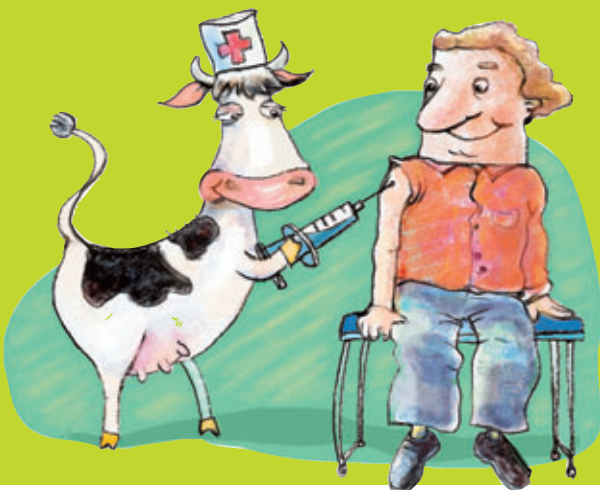
que su sexo le imponía en aquella época, escribió a los 20 años:

*Por lo general, a mi sexo se le prohíben los estudios y se considera locura en nuestra propia esfera, pronto se nos perdona cualquier exceso antes que el que pretendamos leer o tener buen sentido. No se nos permiten libros excepto los que tienden a debilitar y afeminar la mente. Difícilmente hay un carácter más despreciable, o más susceptible de ridículo universal, que el de una mujer erudita: esas palabras implican una criatura charlatana, impertinente, vana y engreída.*

Antes de sus 30 años, Lady Montagu hablaba latín, francés, árabe, se vistió de varón para poder visitar la mezquita de Santa Sofía y visitó varias veces el harén del Sultán.

Esta mujer divulgó la inoculación (como se llamó a la técnica) en la sociedad aristocrática de Inglaterra y en la comunidad médica de la época.

De su viaje a Turquía, Lady



Montagu contó a una amiga el procedimiento que allí empleaban para evitar caer enfermos de viruela. En su carta fechada el 1 de abril de 1717 decía:

*A propósito de enfermedades os voy a contar algo que estoy segura os daría ganas de estar aquí. La viruela, tan fatal y general entre nosotros, aquí es completamente inofensiva gracias a la invención de la inoculación, que es el término que usan. Hay una serie de mujeres ancianas que se dedican a efectuar la operación. Cada otoño, en el mes de septiembre que es cuando disminuye el calor, las personas se preguntan unas a otras si piensan que alguno de su familia va a tener viruela. Con este propósito forman grupos y cuando se reúnen (15 o 16 juntos) una anciana llega con una cáscara de nuez llena de materia del mejor tipo de viruela y pregunta qué venas te gustaría te abriera. Inmediatamente rasga y abre la que le has ofrecido con una aguja larga (que no produce más dolor que un rasguño) y pone en la vena tanto veneno como cabe en la punta de una aguja; después venda la pequeña herida con un trozo hueco de la cáscara y así hace con 4 o 5 venas. Los griegos tienen la superstición común de hacer una apertura en medio de la frente, otra en cada uno de los brazos y otra más en el pecho, para marcar la forma de la cruz, pero eso tiene un mal efecto porque todas estas heridas*

*dejan pequeñas marcas. Quienes no son supersticiosos no las hacen ahí, sino que eligen las piernas o la parte de los brazos que permanece oculta. Los pacientes jóvenes o niños juegan juntos durante el resto del día y tienen perfecta salud hasta el octavo día. Entonces comienza a subirles la fiebre y están en cama durante 2 días, y a veces 3. A los 8 días están como antes de su enfermedad. Cada año miles de personas se someten a esta operación y el embajador francés dice que ellos toman la viruela como en otros países las aguas. No hay ejemplo de nadie que haya muerto en la operación y créeme estoy tan satisfecha con la seguridad del experimento que pretendo intentarlo en mi propio hijo.*

De regreso a Inglaterra, consiguió que la princesa de Gales inoculara también a sus propios hijos. Así, la práctica se extendió rápidamente por el país. Sin embargo, fue muy cuestionada por médicos de la época y, como Lady Montagu lo anticipara, muchas voces sonaron en su contra. Además de acusarla de ignorante en la ciencia de la medicina, su género fue determinante en la evaluación negativa de la práctica de la inoculación. Su perseverancia y audacia la hizo publicar en 1722 un texto anónimo en el que explicó las ventajas de la inoculación.

### **Un pionero de la inmunidad en la Argentina: el Dr. Muñiz**

Francisco Muñiz (1795-1871), médico y militar argentino, se dedicó en sus primeros trabajos científicos al tema de la vacuna antivariólica.

Desde 1828 se desempeñó como Administrador de Vacunas en el centro de la provincia de Buenos Aires. Desde su cargo, procuró que se aplicase la vacuna preventiva a un gran número de pobladores de esa región que le había tocado administrar. Esta actividad le valió el reconocimiento de la Real Sociedad Jenneriana de Londres.

En 1844, la ciudad de Buenos Aires se había quedado sin vacuna antivariólica. Muñiz se trasladó hasta la ciudad con una de sus hijas, una beba recién vacunada, con cuya linfa pudieron inocular a más de 20 personas. A partir de este hecho pudo restablecerse la vacunación de la población de toda la ciudad.

Paradójicamente, el Dr. Muñiz murió en 1871 víctima de la fiebre amarilla, una enfermedad infectocontagiosa.

**1.** Expliquen el éxito de la práctica de la inoculación con la información de las páginas 169 y 170.

**2.** Busquen información sobre otras mujeres en quienes su género fue un obstáculo para su vocación científica.

**3.** ¿Quién fue George Sand? Relacionen su original personalidad con la de Lady Montagu.



### La revolución de la vacuna

Desde las investigaciones de Jenner hasta la actualidad, es mucho lo que los científicos han trabajado para mejorar la calidad y la forma de administrar las vacunas. En la década del 60, Albert Sabin revolucionó el concepto de vacunación al idear la administración oral de la vacuna antipoliomielítica, hecho que permitió que gran parte de la población mundial accediera a ella. A comienzos del siglo XXI, los científicos buscan la manera de crear un tipo de vacuna que sea más eficaz y que tenga mayor facilidad de aplicación. Utilizando técnicas de manipulación genética, buscan modificar ciertos alimentos como la papa, la banana o la leche para lograr formas de inmunización masiva a través de su ingesta.



Sabín pidió que su vacuna fuera gratuita y universal y nunca aceptó dinero por su idea. Su preocupación especial fue que su descubrimiento estuviera al alcance de todos.

### Inmunidad activa natural y artificial

Según una de las acepciones del Diccionario de la Real Academia Española, inmunidad es el privilegio local concedido a los templos e iglesias, en virtud del cual los delincuentes que a ellas se acogían no eran castigados con pena corporal en ciertos casos.

Esta acepción alude a cierto tipo de protección y fue redefinido en el campo de la biología y de la medicina para denominar la resistencia natural que un organismo opone a ser atacado por agentes patógenos.

Cuando el organismo produce naturalmente sus propios anticuerpos ante el ingreso de agentes extraños, el tipo de defensa desencadenada se denomina **inmunidad activa natural**.

El cuerpo también puede producir anticuerpos como respuesta a la aplicación de **vacunas**. Este tipo de defensa se llama **inmunidad activa artificial**.

Las vacunas son fabricadas a partir de:

- los mismos agentes patógenos, pero con su virulencia atenuada;
- los agentes patógenos muertos; y
- las sustancias tóxicas que los agentes patógenos producen y liberan.

Al recibir una vacuna, durante algunos días el organismo produce los anticuerpos específicos y la información queda en las células de la memoria. Cuando una persona enferma gravemente, el tiempo que demoran estos procesos puede ser mortal. En esta situación, al enfermo se le aplican anticuerpos elaborados por otros organismos que desencadenan inmediatamente los mismos procesos de defensa.

Los **sueros** son elaborados con anticuerpos que fueron sintetizados por humanos o animales de otra especie. Este tipo de defensa se denomina inmunidad pasiva artificial, pero no es tan duradera como las activas natural y artificial. Con el tiempo, el organismo detecta como ajenos los anticuerpos inoculados, son degradados por los glóbulos blancos y, por consiguiente, desaparece la inmunidad.

### LOS TRASPLANTES

Las membranas plasmáticas de las células de un organismo tienen sustancias que son diferentes a las que tienen otras personas. El sistema inmunológico reconoce lo propio y lo extraño a través de la identificación de estas sustancias. Los linfocitos T intervienen en el proceso de reconocimiento de estas sustancias.

Cuando los linfocitos T detectan agentes o sustancias ajenas, el sistema inmunológico desarrolla una serie de procesos que terminan con su inhibición y destrucción.

Por un lado, esos procesos son importantes para conservar la salud del organismo pero, por el otro, dificultan los trasplantes de órganos.

El órgano de un donante es **compatible** con el cuerpo del receptor cuando son similares las sustancias que poseen las membranas plasmáticas de las células de ambos. Cuanto mayor es la similitud entre esas sustancias, mayor es la probabilidad de que el trasplante sea exitoso.

El rechazo del órgano trasplantado ocurre cuando el sistema inmunológico lo reconoce como extraño porque las sustancias de las membranas celulares son muy diferentes a las del receptor. En esta situación, el sistema inmunológico desarrolla los procesos de defensa que inhiben el funcionamiento del órgano trasplantado.



**1.** Investiguen cuál es el calendario de vacunación obligatoria en nuestro país. Pueden encontrar información en envases de leche, salas sanitarias,

hospitales, libros, Internet.  
**2.** ¿Cuáles son las ventajas de que la vacunación sea obligatoria?

**3.** ¿Por qué es necesario deprimir el sistema inmunitario de los trasplantados?



MODIFICARON LAS NORMAS SOBRE ABLACIÓN E IMPLANTE DE ÓRGANOS QUE REGÍA DESDE 1993

# Por ley, los mayores de 18 años ahora son donantes de órganos

Salvo si hay una expresa negativa. Aun así, se sigue depositando en la familia la decisión si el muerto no hubiera dejado constancia de su voluntad. En el caso de menores, los padres deben dar su conformidad.

Georgina Elustondo

La donación de órganos tiene un nuevo marco regulatorio en la Argentina: el Senado convirtió en ley el proyecto que incorpora la figura del “donante presunto”, un concepto que supone la autorización tácita: todos los ciudadanos serán potenciales donantes de órganos y tejidos salvo que expresen su negativa por escrito.

Con su aprobación, la Cámara Alta modificó la Ley 24 193 sobre Ablación e Implante de Órganos, que rige en el país desde 1993. El proyecto había logrado media sanción en Diputados el 18 de mayo, donde había llegado impulsado por el Poder Ejecutivo, que consideró “imperativo” resolver el drama de miles de personas que, a diario, ven apagar sus vidas en interminables listas de espera para un trasplante.

La nueva ley determina que las personas “podrán manifestar en forma expresa su voluntad negativa o afirmativa a la ablación de órganos de su propio cuerpo”, así como “restringir de un modo específico su voluntad afirmativa a determinados órganos y tejidos” y/o a determinados “fines” (para ser implantados en seres humanos o con fines de investigación). También establece que pueden “condicionar la donación al previo

consentimiento de determinada persona, sea o no familiar”.

Según reza la nueva norma, “la ablación podrá efectuarse en toda persona capaz, mayor de 18 años, que no haya dejado constancia expresa de su oposición” a la donación (si el fallecido es menor, los padres deben autorizarla). Aun así, si bien supone un camino inverso al que rige ahora (el del consentimiento explícito), la flamante ley sigue depositando en la familia la decisión final si el fallecido no hubiera dejado constancia de su voluntad.

Los defensores del consentimiento presunto aseguran que la nueva ley “no obliga” a donar sino que expone a los argentinos a la necesidad de informarse, reflexionar y decidir.

Varios fantasmas se agitan en torno a la donación. El tráfico de órganos preocupa a muchos, pero también angustia el tema del momento exacto en el cual se establece la muerte de una persona. “El diagnóstico de muerte está perfectamente reglado. Lo hacen profesionales y tiene absoluta certeza y seguridad”, comentó el director del CUCAIBA, Ricardo Ibar.

Fuentes parlamentarias estimaron que la ley empezará a regir en un mes. De ahí en más, los funcio-

## Órganos que salvan vidas

PERSONAS EN LISTA DE ESPERA DE ÓRGANOS **5.647**

PERSONAS QUE MUEREN EN LISTA DE ESPERA **1 POR DÍA**

### PARA TRASPLANTE INMEDIATO

Órgano	Horas útiles
CORAZÓN	6 - 8
PULMONES	4 - 6
HÍGADO	12 - 20
PÁNCREAS	sin estadísticas
RIÑONES	48

Durante la espera se disminuye artificialmente el metabolismo de los órganos para que no pierdan sus funciones.

### PARA BANCO DE ÓRGANOS

Algunos órganos y tejidos pueden ser procesados y criopreservados (a muy bajas temperaturas).

HUESCILLOS DEL OÍDO  
Permiten recuperar parcialmente la audición.

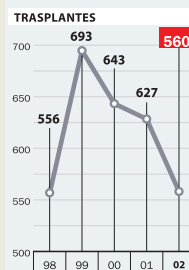
CÓRNEAS  
Es el único componente del ojo que se utiliza para trasplantes.

Retina  
Cristalino  
Córnea  
Iris

Radio  
Cúbito  
Fémur  
Tibia

ARTERIAS Y VÁLVULAS CARDÍACAS  
PIEL  
Se extrae de glúteos, muslos, torso y espalda y se utiliza para el tratamiento de quemaduras, protegiendo al paciente de infecciones y deshidratación hasta que regenere su propia piel.

HUESOS LARGOS  
Fémur, tibia, cúbito y radio.  
Se pueden conseguir hasta 8 huesos de cada donante. Con cada uno de ellos se realizan 2 o 3 trasplantes.



narios del Registro Civil “estarán obligados” a pedir a quienes “se acerquen a hacer cualquier trámite que manifiesten su voluntad negativa o positiva”. La misma quedará explícita en el DNI y será comunicada de inmediato al INCUCAI.

Con el trasplante de los órganos de un solo donante se pueden salvar la vida de siete personas.

1. Lean el artículo y respondan:

■ ¿Qué significa ser “donante presunto”?

■ ¿Qué diferencias pueden establecer entre la reglamentación anterior y la nueva?

■ ¿Qué argumentos apoyan la reformulación de la ley?

■ ¿Cuáles podrían ser los argumentos de la oposición?





## La homeostasis de la temperatura corporal en la historia

Alrededor de 200 años atrás, sucedió un hecho que ilustró la capacidad del organismo humano para regular su temperatura interna. El doctor Charles Blagden, secretario de la Sociedad Real de Londres, permaneció 45 minutos junto con dos amigos, un perro en una canasta y un trozo de carne en una habitación que había sido calentada a 126 °C.

El doctor, sus amigos y el perro no resultaron afectados. El material del canasto impidió que el perro se quemara las patas. No obstante, el trozo de carne se cocinó. Cuando la temperatura ambiental es muy elevada, la termorregulación del organismo implica gran pérdida de agua corporal a través de la transpiración. Por lo tanto, finalizado el experimento es probable que el doctor Blagden y sus amigos se encontraran sedientos y no hayan eliminado orina.

En condiciones normales, la temperatura corporal se mantiene en un equilibrio dinámico alrededor de los 37 °C, con pequeñas fluctuaciones.

## Regulación de la temperatura

Cuando nos abrigamos con ropa o nos cubrimos con mantas en la cama, éstas no proporcionan calor al cuerpo, solo retardan la transferencia de calor desde el cuerpo hacia el ambiente. La principal fuente de calor del organismo son sus células, que lo liberan durante la degradación de los nutrientes (catabolismo celular).

Desde el organismo, el calor puede ser transferido hacia el medio externo por vías diferentes entre sí:

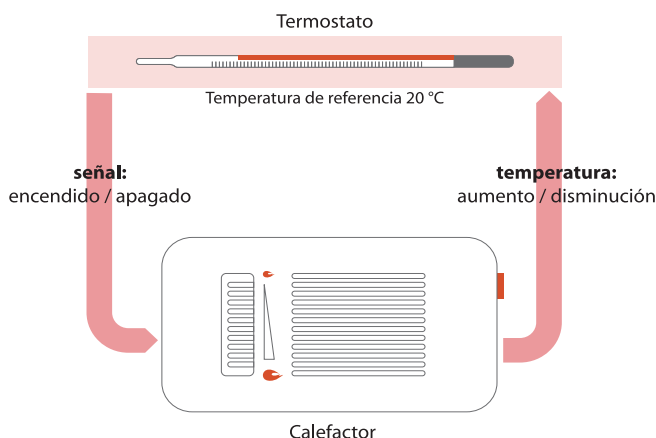
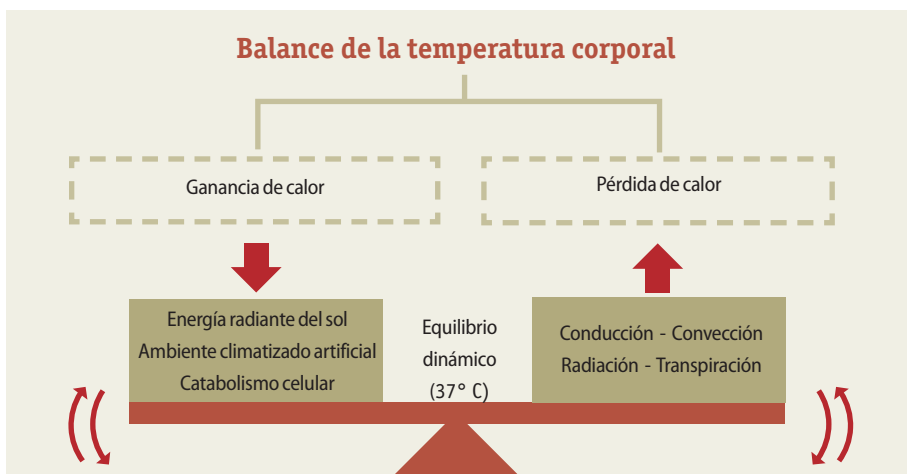
■ por **conducción**: el cuerpo transfiere calor por contacto directo con un objeto o material de menor temperatura. Por ejemplo, al pisar con los pies descalzos un piso de cerámica, se produce una transferencia de calor más rápida que al pisar un piso alfombrado;

■ por **convección**: el cuerpo transfiere calor al aire que lo rodea. Este volumen de aire se dilata, disminuye su densidad, asciende y es reemplazado por otro “más frío”, es decir, a menor temperatura;

■ por **radiación**: el cuerpo también transfiere calor sin estar en contacto directo con objetos o materiales, como energía radiante que se presenta en forma de ondas; y

■ la **evaporación** del sudor sobre la superficie del cuerpo también es una vía importante de transferencia de calor. Por cada gramo de agua que pasa de estado líquido a gaseoso, se liberan 500 calorías.

Para comprender la regulación de la temperatura corporal, se puede establecer una analogía con el sistema de calefacción automático de una casa a través de un termostato.

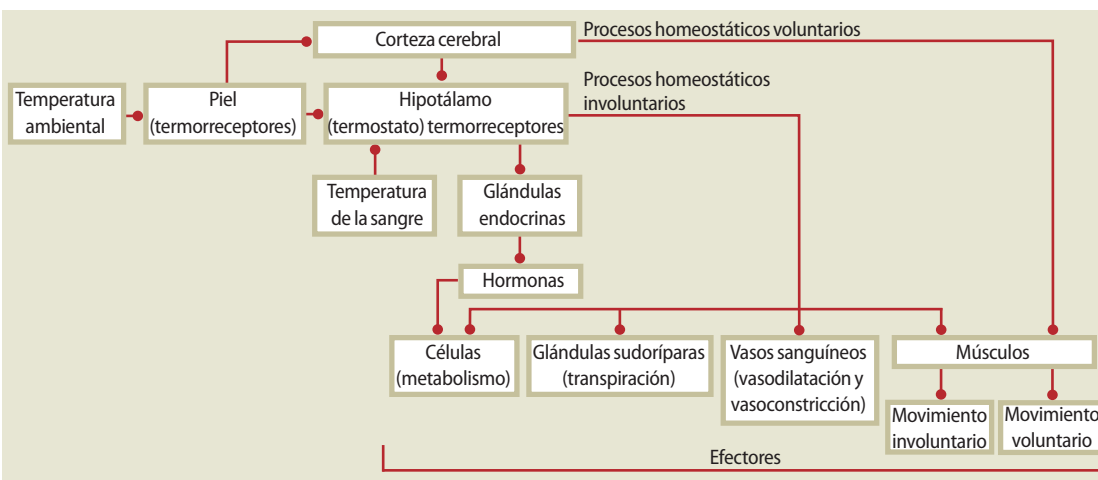


El termostato está compuesto por un sensor térmico (termómetro) y un calefactor. El mantenimiento de la temperatura del hogar está dado por un proceso de retroalimentación negativa.

Cuando el sensor detecta una temperatura inferior a la de referencia (por ejemplo 20 °C), se enciende el calefactor y transfiere calor al medio. Cuando el sensor detecta que el aire ha llegado a la temperatura de referencia, el calefactor se apaga. En el estudio de los organismos, este fenómeno se denomina retroalimentación negativa porque el resultado de un proceso inhibe a ese mismo proceso.

La temperatura corporal del organismo está regulada por un complejo sistema homeostático en el que intervienen el sistema nervioso y el endocrino. El centro principal de la regulación es el hipotálamo que funciona como un termostato.

Por ejemplo, cuando los receptores de temperatura de la piel y los del hipotálamo, que registran la temperatura de la sangre, detectan una disminución de la temperatura por debajo de los 37 °C, se activan diversos procesos efectores. Los vasos sanguíneos de la superficie corporal se contraen y disminuye la circulación sanguínea de la piel; se reduce la transferencia de calor por conducción al ambiente; aumenta la actividad muscular voluntaria (mover los miembros en forma rápida y alternada) e involuntaria (temblores); y disminuye la transpiración.



El comportamiento complejo de los seres humanos permite intervenir de manera artificial en la regulación de la temperatura corporal. Por ejemplo, al modificar la velocidad de transferencia de calor a través del tipo y la cantidad de ropa usada.

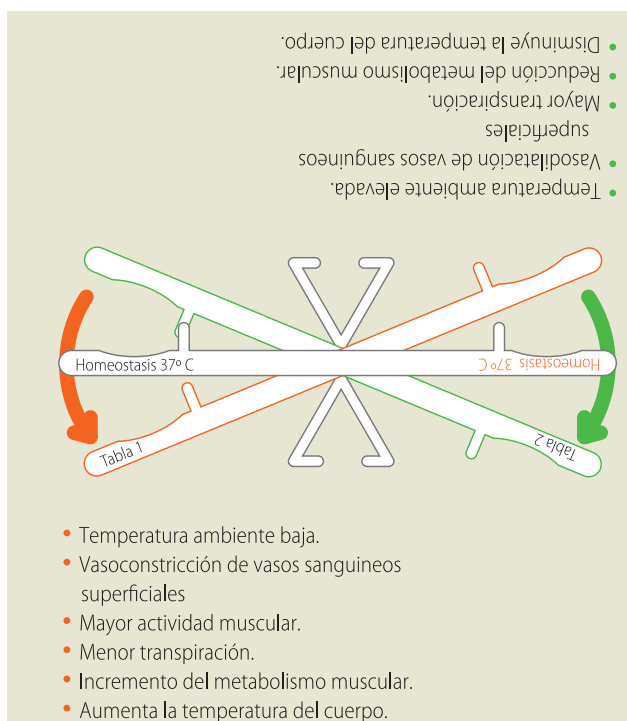
El metabolismo celular aumenta por la estimulación provocada por el sistema nervioso y ciertas hormonas del sistema endocrino.

Cuando la temperatura corporal asciende, los procesos se invierten. Los vasos sanguíneos superficiales se dilatan y aumenta la circulación sanguínea en la piel. Así, se transfiere gran cantidad de calor al aire circundante. Además, se incrementa la transpiración por toda la superficie del cuerpo y disminuye el metabolismo celular.

La fiebre, se debe a un reajuste en el termostato del hipotálamo. Es decir, se eleva el punto de referencia (temperatura promedio).

Cuando comienza la fiebre, la persona siente frío y temblores, aunque la temperatura corporal aumente. Esto se debe a que aún la temperatura es inferior al nuevo valor fijado en el termostato del hipotálamo.

Los nuevos reajustes que causan la fiebre son provocados por sustancias liberadas por agentes patógenos y proteínas producidas por los glóbulos blancos. No se conoce en forma certera la función de la fiebre pero se piensa que los incrementos moderados de temperatura estimulan la acción del sistema inmune y contribuyen a combatir infecciones. De este modo, la fiebre constituye un proceso de retroalimentación positiva que ocurre en ciertas ocasiones controladas con un fin específico.



# HABLAR Y ESCRIBIR EN CIENCIAS

*Nada más complejo para la ciencia que definir qué es la ciencia.*

*Además de un conjunto organizado y validado de conocimientos, es un tipo de actividad que, por ser humana, resulta tan difícil su descripción como su explicación. Además, tiene una forma de hablar y de escribir, el discurso científico, que no es más complejo que cualquier otro lenguaje.*

## La ciencia y el discurso científico

La **ciencia** es un conjunto de ideas, actividades y valores desarrollados por un grupo de personas que pretenden interpretar el mundo y darle un significado para poder intervenir en él. Esas personas tienen una forma especial de percibir el mundo, tan subjetiva como la de cualquier otra. También, como el resto de la gente, sus observaciones están influidas por sus propias creencias, experiencias y factores sociales, políticos, económicos y culturales. Sin embargo, el conocimiento científico actual está conformado por las mejores explicaciones acerca del funcionamiento del mundo. Son y serán las mejores explicaciones mientras resulten útiles. En cuanto no sirvan para resolver nuevos problemas, se las modificará tantas veces como sea necesario.

En ciencias, en el proceso de producción y selección de las mejores explicaciones interviene la experimentación, la aplicación de los resultados y su comunicación. Los nuevos problemas que pretende resolver la ciencia están estrechamente vinculados con las necesidades y problemáticas sociales de cada momento histórico y siempre se construye a partir de conocimientos preexistentes. Por eso, la ciencia no está conformada por verdades inmutables y definitivas: es un conocimiento provisorio, cambiante, flexible, en perpetuo estado de evolución y desarrollo.

En cuanto a la **experimentación**, en la ciencia no hay métodos únicos que aseguren el descubrimiento ni la elaboración de teorías verdaderas. Cada disciplina y cada equipo de científicos tiene su propio estilo de investigación. Sin embargo, en ciencias hay ciertos procedimientos que permiten distinguir el quehacer de los científicos de los que se realizan en otro tipo de actividades.

En general, una investigación científica comienza con el planteo de un **problema** o una **pregunta** que no pueden resolverse con el conocimiento que se posee hasta ese momento. A partir de esos planteos, los científicos proponen **hipótesis**, es decir, conjeturas provisionarias sobre posibles vías de solución del problema, que podrán ser confirmadas o refutadas a través de la actividad experimental.

La experimentación requiere de cierto tiempo para evaluar los objetivos, los recursos necesarios, los disponibles y la manera en que se obtendrán los datos, entre otros aspectos de su diseño. La elaboración de las **conclusiones** derivará de la interpretación que los científicos realicen de los resultados obtenidos. Por todos los pasos que requiere una investigación, la imaginación, la curiosidad, la intuición, la creatividad, la casualidad y la originalidad han sido, son y serán ingredientes fundamentales en la actividad de los científicos.

Finalmente, la comunicación, difusión y debate de las nuevas ideas científicas se realiza a través de un lenguaje propio o **discurso científico**, en el que se usan descripciones y explicaciones, pero las **justificaciones** tienen un papel protagónico.

Por lo tanto, en ciencias el conocimiento, la experimentación, los valores y el discurso interactúan en el logro de una meta específica: la comprensión del mundo para intervenir sobre él.



**1.** Busquen 3 textos justificativos en este libro e identifiquen sus características, como se procedió en esta página.

**2.** Busquen otros textos justificativos que no respondan al campo de la Biología.

## La justificación

Justificar es producir razones y establecer relaciones entre ellas con el objetivo de hacer comprensible un fenómeno, proceso, resultado, comportamiento, etcétera. Hasta aquí, justificar no sería muy diferente a explicar. Sin embargo, a diferencia de la explicación, en la justificación se recurre a un cuerpo de conocimientos consensuado por una comunidad científica (leyes, teorías, modelos), que le garantiza validez y le permite resistir a posibles objeciones o contraargumentos.

JUSTIFICACIÓN			
PROPÓSITO	ORIGEN	RESPONDE A	CARACTERÍSTICAS
Dar razones sobre hechos y fenómenos y establecer relaciones causales entre ellas, vinculándolas con el cuerpo de conocimientos vigente.	Producir razones y relaciones aceptadas o avaladas por leyes, teorías o modelos científicos.	¿Por qué el por qué?	Verbos en presente del modo indicativo y en tercera persona del singular o plural; conceptos teóricos; conectores contrastivos, temporales, espaciales, de base causal; puede contener descripciones, definiciones, datos numéricos, clasificaciones, ejemplificaciones, reformulaciones, analogías y citas.

## ¿Cómo reconocer un texto justificativo?

En general, los textos justificativos son impersonales, no contienen errores conceptuales y están escritos en un vocabulario preciso y adecuado para el campo de conocimiento en el que se encuadra y para sus destinatarios. Tiene títulos y subtítulos que orientan la lectura y permiten deducir las ideas globales del texto.

Habitualmente comienza con la exposición de una tesis que se pretende defender, después se organizan las razones y se establecen relaciones causales entre ellas para, finalmente llegar a una o varias conclusiones.

El siguiente es un texto extraído de una revista de divulgación científica que justifica por qué “Un poquito de veneno estimula y sienta bien”:

Algunos **toxicólogos** **están** considerando seriamente estos conocimientos. La causa que los impulsa es un fenómeno llamado **hormesis** (del griego *hormaein*, que significa estimular), término que **designa** la forma bifásica en que ciertos agentes químicos y físicos **afectan** a los seres vivos: dosis bajas **provocan** efectos favorables, dosis altas **provocan** efectos adversos.

**Paracelso** fue uno de los primeros en comprender que la toxicidad de cualquier sustancia depende de la dosis. Así lo escribió en el siglo XVI: *Todas las sustancias son venenos; no hay ninguna que no lo sea. La dosis es lo que determina que una sustancia sea o no un veneno.* Esta frase **es** uno de los fundamentos de la **toxicología moderna**, que **es** la ciencia que estudia los efectos adversos de los agentes tóxicos en los seres vivos.

Cada **agente tóxico** **produce** un efecto específico en los organismos. Los **insecticidas fosforados** **alteran** el funcionamiento del sistema nervioso. El **cianuro** **interrumpe** la **respiración celular**. La **radiación** **produce** cambios en el **ADN**. Cuanto mayor **es** la dosis, mayor **es** el efecto. Esta afirmación **vale** para sustancias de origen natural (**arsénico**, **plomo**, **mercurio**), sintético (**plaguicidas**, **conservantes** de alimentos) y agentes físicos (**rayos X**, **radiactividad**). Hasta las **sustancias** indispensables para la vida (**vitaminas**, **azúcares**, **oxígeno**) **son** tóxicas a partir de ciertas dosis.

## ¿Dónde hay justificaciones?

En revistas y libros de divulgación científica, ensayos, tratados y conferencias, abundan las justificaciones.

En las clases de Biología, y también de las demás ciencias experimentales, las justificaciones son muy frecuentes: los docentes las solicitan y los estudiantes las desarrollan en las evaluaciones.

Como las justificaciones tienen características comunes con las explicaciones, si quieren recordarlas lean las páginas 94 y 95.



■ verbos en presente del modo indicativo y en tercera persona del plural o singular

■ conceptos teóricos

■ definiciones

■ ejemplificaciones

■ citas

■ etimologías