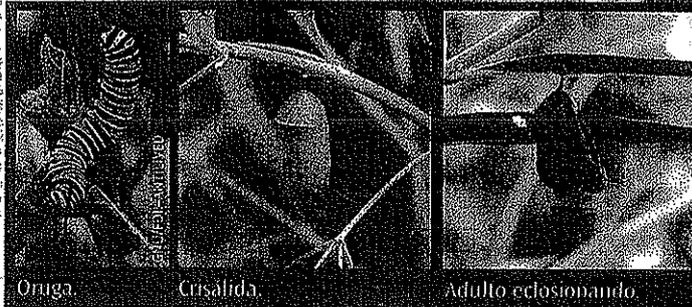


1

Los seres vivos y su relación con el medio



Oviga

Crisalida

Adulto eclosionando

LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

- Comprenderás por qué se considera a los seres vivos sistemas abiertos.
- Reconocerás diferentes tipos de respuestas de los seres vivos en su relación con el medio.
- Reflexionarás sobre la importancia de mantener el equilibrio interno y controlar todas las actividades del organismo.
- Distinguirás los mecanismos de control según su modo de actuar y el tipo de actividades que controlan.
- Aprenderás a representar y explicar una gran variedad de hechos por medio de un modelo.

Mariposa monarca adulta

La relación de los seres vivos con el ambiente

Como dijimos, los seres vivos intercambian materia y energía con el ambiente. Esto lo hacen por medio de diferentes estrategias. Entre ellas, cuentan con algunas que les permiten conocer las características del ambiente, es decir, obtener información de él. Pensemos en un ejemplo: los bichos bolita suelen encontrarse debajo de las macetas de los jardines. Son crustáceos y, por lo tanto, necesitan una elevada humedad, que se mantiene en lugares sombríos. ¿Qué sucede si levantamos la maceta y los exponemos al sol? Rápidamente se desplazan en búsqueda de la oscuridad. Esta conducta no es de extrañar, ya que la exposición al sol disminuirá la humedad en ese espacio. Por algún mecanismo, los bichos bolita captan el cambio en el ambiente y también, de alguna manera, reaccionan ante él.

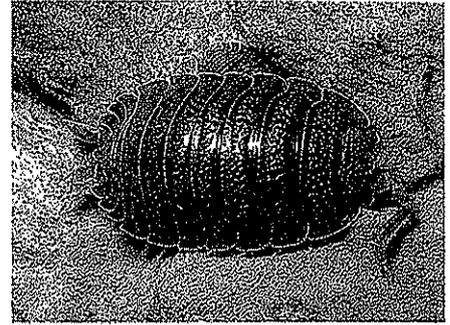
Veamos otro ejemplo, pero en relación con las plantas. En el mismo jardín, si se trata de un jardinero cuidadoso, cada planta estará ubicada en un lugar particular de acuerdo con su mayor o menor requerimiento de luz. Sin embargo, se podría hacer la prueba de ubicar una planta que necesita luz directa en un lugar donde no la reciba. Con el tiempo, se notará que la planta crece hacia la luz. Existen mecanismos por los cuales las plantas captan la orientación e intensidad de la luz y crecen de modo tal que se orientan hacia ella. Podemos decir que ante un cambio ambiental, como en la intensidad de luz, la planta también capta esa información y responde.

Además, se dan interacciones con el ambiente en otros seres vivos, como los microorganismos. Con respecto a la luz, algunos se alejan de ella y otros se acercan. De manera similar, pueden reaccionar acercándose o alejándose ante otras condiciones ambientales, como la temperatura o la concentración de oxígeno.

En conclusión: los seres vivos reciben información del medio donde se encuentran, lo que constituye un estímulo, y realizan acciones que son una respuesta a esa información. Los mecanismos con los que cuentan para hacerlo son tan variados como la diversidad de especies existentes en la Naturaleza, y en conjunto permiten que lleven a cabo la función de relación. La información puede ser captada gracias a que cuentan con estructuras especializadas denominadas receptores, y las respuestas son llevadas a cabo por los efectores.

ACTIVIDADES

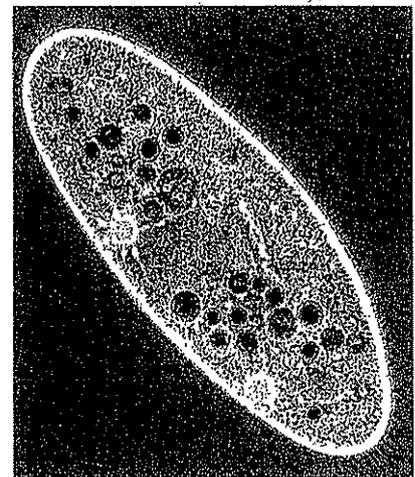
7. Teniendo en cuenta los ejemplos del bicho bolita, el paramecio y las plantas, identifica el estímulo y la respuesta en cada caso.
8. Si los bichos bolita no tuviesen la capacidad de recibir información, ¿te parece que sobrevivirían? ¿Por qué?



Los bichos bolita reaccionan negativamente a la luz, es decir que se alejan de ella.



Los vegetales son estimulados por la luz y, al crecer, se acercan a ella.



Los paramecios son microorganismos que responden positivamente a la luz, es decir que se acercan a ella.

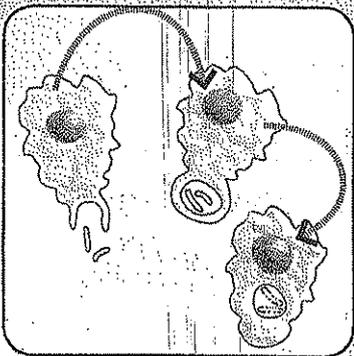


El zorrino posee glándulas, ubicadas a los costados del orificio anal, que producen una sustancia aceitosa y de olor desagradable. Cuando se siente amenazado responde eliminándola.

EL DETALLE

¿Células que "comen" a otras células?

En 1908, el microbiólogo ruso Ilya Mechnikov recibió el Premio Nobel de Medicina por descubrir los **macrófagos**. Luego de clavar una espina a larvas de estrella de mar y observarlas en el microscopio a las 24 horas, vio unas células que englobaban a la espina, como intentando "comérsela". Este mecanismo, al que se llamó **fagocitosis**, es una de las respuestas inmunológicas del cuerpo ante la entrada de un agente extraño. Así, los macrófagos destruyen a bacterias y virus, y también a las células muertas del propio cuerpo.



Macrófago fagocitando bacterias.

Las respuestas de los animales

En los ejemplos de la página anterior mencionamos algunas posibles respuestas de los seres vivos ante los estímulos ambientales. Casi todas involucran movimientos o desplazamientos. Pero esa no es la única manera como pueden responder, ya que cualquier acción de un ser vivo provocada por un estímulo constituye una respuesta. Tomemos el caso de los seres humanos, que no permanecemos ajenos a la relación con el ambiente, para identificar los distintos tipos de respuestas de los animales.

- ▶ **Respuestas motoras.** Son las que involucran movimientos. En este caso, los **músculos** son los encargados de ejecutar la respuesta. Si vas caminando por la vereda y te sorprende el ladrido de un perro, seguramente pegarás un salto y te alejarás instantáneamente.
- ▶ **Respuestas secretoras.** Son las que implican la acción de **glándulas**, órganos que tienen la capacidad de producir secreciones. En el caso de las **glándulas endocrinas**, esas secreciones son las **hormonas**, que se distribuyen con la sangre por el organismo y producen algún efecto, como disminuir la cantidad de glucosa en la sangre. En el caso de las **glándulas exocrinas**, sus productos se vierten hacia alguna cavidad del cuerpo o al exterior, como en el caso de las glándulas salivales, que generan la saliva.
- ▶ **Respuesta inmunológica.** El organismo también reacciona ante el ingreso de un agente extraño, como una bacteria o un virus. En esos casos, la entrada de dichos agentes constituye una información que desencadena una respuesta de **defensa**. Los que ejecutan esa acción son diferentes tipos de células que forman parte de la sangre, a las que en conjunto se denomina **glóbulos blancos**. Algunos de ellos producen **anticuerpos**, que son proteínas capaces de destruir a los agentes externos, y otros los destruyen directamente.

¿En qué se diferencian, entonces, las posibles respuestas? En los efectos que actúan. En unos casos serán músculos y en otros, glándulas o células sanguíneas.



Ante la presencia de un predador, la gacela ejecuta una respuesta motora. Al escuchar el rugido de un león, lo mira y luego emprende una carrera para huir.

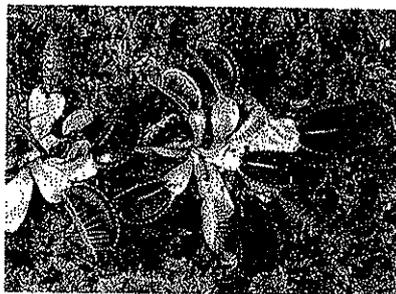
Las respuestas de las plantas

¿Viste alguna vez a una planta que se moviera? Es muy probable que sí, aunque no lo hayas notado. Por un lado, porque solemos asociar el movimiento solo con el desplazamiento o cambio de lugar, y por otro, porque los movimientos de las plantas son muy lentos, prácticamente imperceptibles. Si no, pensemos en cómo vemos los girasoles en el campo a diferentes horas del día. ¿Cómo se explica, si no es por el movimiento, que las flores estén orientadas hacia un lado o hacia otro? También las plantas presentan diferentes tipos de respuestas. Veámoslos.

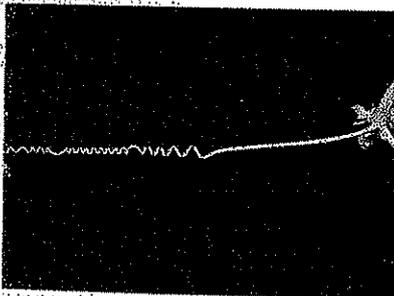
- ▶ **Respuestas que incluyen movimiento.** En algunos casos, constituyen cambios en la dirección del crecimiento de las plantas y son permanentes, como el crecimiento orientado hacia la luz que mencionamos en la página 11. En otros casos, son movimientos sin una orientación determinada y, además, temporarios, como el de las "flores" del girasol.
- ▶ **Respuestas secretoras.** Si bien en las plantas no existen órganos como las glándulas de los animales, sí presentan células que producen sustancias. Esta es otra posible respuesta de las plantas, como en el caso de la producción de néctar por parte de algunas flores.



La planta insectívora del género *Sarracenia* presenta hojas modificadas que producen un líquido pegajoso, en el que quedan atrapados los insectos.



Las hojas modificadas de *Dionaea muscipula* tienen espinas en el borde, que evitan que la mosca atrapada se escape.



Los zarcillos pueden ser tallos que, al captar el contacto con una superficie, responden enrollándose sobre ella.



Detalle de los pelos urticantes de la planta de ortiga, que contienen una sustancia irritante.

EL DETALLE

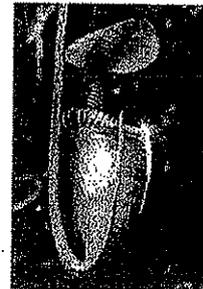
¿Qué "comen" las plantas carnívoras?

Si bien no son como las muestran en algunas películas, y afortunadamente no pueden devorarnos, existen plantas que consumen insectos. Es decir, plantas insectívoras. ¿Acaso no producen su alimento por medio de la fotosíntesis? Sí, pero los suelos en los que crecen son pobres en ciertos minerales, entonces los obtienen de los insectos.

Todas producen sustancias digestivas, e incluso conviven con bacterias que les facilitan el proceso de digestión. Lo que varía de una especie a otra son las estrategias para atrapar a los insectos. Por ejemplo, *Dionaea muscipula*, también conocida como Venus atrapamoscas, posee receptores en la superficie de las hojas que captan la presión que ejerce una mosca al posarse. Esa señal provoca el cierre de la hoja. Los movimientos de la mosca, al quedar atrapada, estimulan, a su vez, la liberación de sustancias digestivas.

ACTIVIDADES

9. Compará las posibles respuestas de los animales y las plantas. Mencioná similitudes y diferencias.
10. Las flores de la planta llamada "rayito de sol" se abren de día y se cierran de noche. ¿Qué tipo de respuesta constituye?

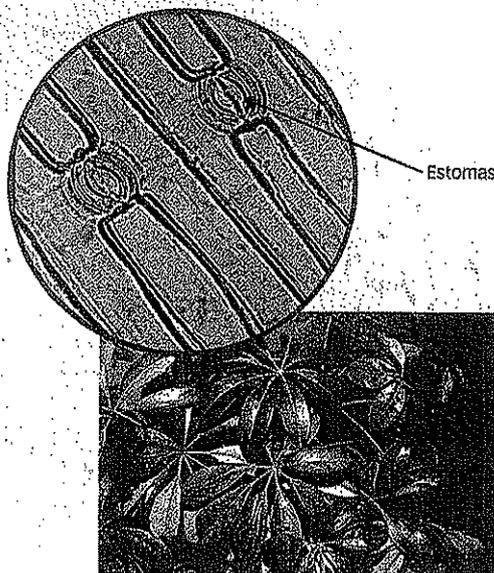


Las hojas *Nepenthes* se asemejan a una copa. Los insectos caen en su interior, en donde hay un líquido que los digiere.

La homeostasis



Cuando hace calor y aumenta la temperatura corporal, transpiramos y el sudor humedece la piel. El cuerpo consume calor al evaporar el sudor y así disminuye la temperatura corporal.



Estomas

En la foto se muestra un detalle con los estomas de la planta, indispensables en la regulación de la cantidad de agua.

EL DETALLE

¿Por qué tiritamos cuando hace frío?

En los días muy fríos es probable que nuestro cuerpo comience a temblar y no podamos controlarlo. Sucede que, al captar la diferencia entre la temperatura del ambiente y la temperatura corporal, el organismo responde generando esos movimientos. ¿Por qué? Porque la contracción de los músculos genera calor y así se eleva la temperatura del cuerpo.

¿Notaste que cuando bebés grandes cantidades de líquido, orinás más? Esto se debe a que la cantidad de orina que producimos está relacionada con la cantidad de líquido que consumimos.

En las páginas anteriores analizamos las relaciones de los seres vivos con el ambiente externo. Además, todos los organismos recibimos diversos estímulos del medio interno. En el interior del organismo se generan cambios, como la disminución en la cantidad de glucosa o el aumento en la cantidad de dióxido de carbono en la sangre. Estos cambios también constituyen información para los seres vivos y generan respuestas.

El óptimo funcionamiento del organismo requiere mantener dentro de cierto rango las condiciones internas que lo caracterizan. La **homeostasis** es el conjunto de procesos que mantienen ese **equilibrio interno**. Por supuesto, involucra, además, relaciones del organismo con el ambiente que lo rodea. En los casos que mencionamos, la disminución de glucosa provocará el consumo de hidratos de carbono, y el aumento de dióxido de carbono, su eliminación a través de los pulmones.

Analicemos algunos ejemplos de procesos homeostáticos. Uno de ellos es la **termorregulación**, que permite mantener la temperatura corporal constante independientemente de la temperatura que haya en el ambiente. Por ejemplo, cuando la temperatura del cuerpo aumenta por una intensa actividad física, se produce vasodilatación. Los vasos sanguíneos aumentan su diámetro y al circular la sangre por debajo de la piel se disipa calor al ambiente. Así disminuye la temperatura del cuerpo. Por eso mientras hacemos ejercicio podemos ponernos colorados.

Otro caso de homeostasis es el que está vinculado con la situación planteada al comienzo de esta página. Se trata de la **osmorregulación**, que permite mantener el contenido de agua corporal dentro de ciertos valores. Los riñones son los órganos encargados de regular la cantidad de agua en el organismo. Cuando el contenido de agua es bajo, la retienen y producen menor cantidad de orina y más concentrada.

También podemos encontrar ejemplos de homeostasis en las plantas. Estas poseen **estomas** en sus hojas, poros que permiten la entrada y la salida de agua. Cuando hay poca agua disponible en el ambiente, los estomas se cierran, y eso evita que las plantas eliminen el agua que contienen, preservándola en su interior. Por otro lado, las plantas captan el aumento de la temperatura ambiental por medio de ciertos receptores presentes en su superficie. Esto produce cambios que provocan la apertura de los estomas, la salida de agua y, como resultado, la disminución de la temperatura de las plantas.

ACTIVIDADES

11. ¿Qué tipo de respuesta te parece que es la acción de tiritar? ¿Por qué? Si no lo recordás, volvé a leer la página 12.
12. ¿Se trata de un proceso de termorregulación o de osmorregulación? ¿Por qué?

El control de las actividades

Imaginemos la siguiente situación. En la sabana africana, una gacela bebe agua de un charco. No lo hace tranquilamente, ya que debe estar atenta a la aparición del guepardo, un felino con el que comparte su ambiente y que también es uno de sus predadores. Por un lado, la gacela está respondiendo a la necesidad de incorporar agua. Por otro, sus sentidos están atentos a cualquier señal de su predador para huir y evitar ser devorada. Pero en ese momento también está incorporando oxígeno a través del sistema respiratorio; su corazón bombea la sangre y esta circula permanentemente, y algunos de sus músculos están contraídos y la mantienen en la postura apropiada para beber. Además, si se trata de una joven gacela, su cuerpo está en pleno crecimiento, y si tiene una cría nacida hace poco tiempo, sus glándulas mamarias estarán produciendo leche para alimentarla. Estas son solo algunas de las múltiples actividades que su organismo lleva a cabo, simultáneamente, a cada momento. Existen mecanismos que, por medio de la **función de control**, permiten que cada actividad ocurra en el momento indicado y de la manera apropiada. Enterate qué son los relojes biológicos y cómo controlan nuestros tiempos internos en "La Posta" al final del capítulo.

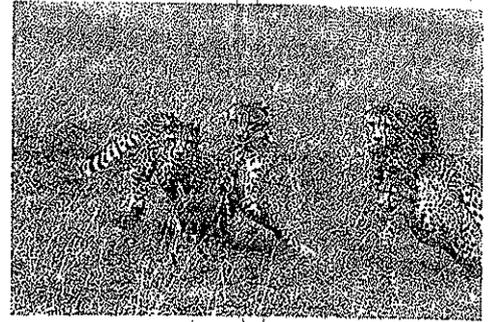
Los tipos de control en los animales

El período de crecimiento de algunos animales puede durar varios años, pero es lento y paulatino. En cambio, para que sean efectivas, otras actividades deben ocurrir rápidamente. De otro modo, por ejemplo, le sería imposible a la gacela escapar de su predador. Estos dos tipos de actividades están bajo el control del **sistema endocrino** y del **sistema nervioso**, respectivamente. Veamos las diferencias en la acción que ejercen:

- ▶ **Control endocrino.** Actúa sobre actividades que involucran respuestas lentas pero que se mantienen a lo largo del tiempo, como los cambios que determinan la madurez sexual. Los mensajes se comunican por medio de sustancias llamadas **hormonas**, que viajan a través de la sangre.
- ▶ **Control nervioso.** Se ejerce sobre actividades que requieren respuestas rápidas y que son de corta duración, como la contracción de los músculos que participan en la locomoción. Los mensajes se transmiten a través de los **nervios** en forma de **impulsos nerviosos**.

El control de las actividades en las plantas

Como sabemos, las plantas, en general, no hacen movimientos rápidos, sus respuestas a los estímulos ambientales son lentas. Estos seres vivos no poseen sistema nervioso, pero cuentan con mecanismos que controlan sus actividades. Estos mecanismos involucran **hormonas vegetales**. Un ejemplo es el de los zarcillos mencionados en la página 13. Al captar el contacto con un sólido firme, las hormonas llamadas **auxinas** inducen el enrollamiento de los zarcillos. De manera similar se explican la caída de las hojas y la formación de flores y frutos, que analizarás en los próximos capítulos.



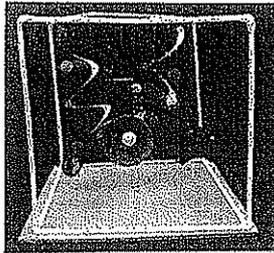
Tanto el guepardo para cazar a su presa como la gacela para escapar requieren del control nervioso para actuar rápidamente.



El crecimiento es un proceso lento pero sostenido en el tiempo y está bajo el control endocrino.

ACTIVIDADES

13. Confecciona un cuadro comparativo entre los controles que ejercen el sistema nervioso y el sistema hormonal. Inclúe en la comparación las siguientes características: transmisión del mensaje, vía de transmisión, velocidad de la respuesta, duración de la respuesta, actividades que controla.



Los modelos escolares son representaciones que facilitan el estudio. En este caso, el modelo representa los componentes de una célula.

El modelo de estímulo-procesamiento-respuesta

Uno de los objetivos de los científicos al hacer sus investigaciones es identificar las regularidades que existen en los fenómenos que estudian. Esto les permite encontrar las explicaciones a muchos fenómenos que, en apariencia, pueden parecer distintos. Por ejemplo, los mosquitos perciben a sus presas "observando el calor". ¿Cómo es eso? El calor que irradian los seres vivos, que para nosotros es invisible, es percibido por los mosquitos como un mapa de colores. Esto se llama **visión infrarroja** y, gracias a ella, los mosquitos nos encuentran en la oscuridad de la noche. ¿Tiene esto alguna similitud con cómo vemos nosotros? Por supuesto que sí, ya que, si bien el resultado para los mosquitos y para nosotros es un poco diferente, hay un mecanismo básico que permite explicar ambos fenómenos.

Volvamos al trabajo de los científicos, quienes, como dijimos, buscan regularidades: cuando las encuentran, elaboran un **modelo**. ¿Qué es un modelo? Es una representación de la realidad que permite explicarla. Por ejemplo, cuando no podemos realizar observaciones directas en la Naturaleza, ya sea porque el objeto de estudio es demasiado pequeño, está demasiado alejado o se trata de un mecanismo complejo, se simplifica la idea construyendo un modelo. No se trata de los objetos que estudiamos en realidad, sino de un esquema o figura que lo representa.

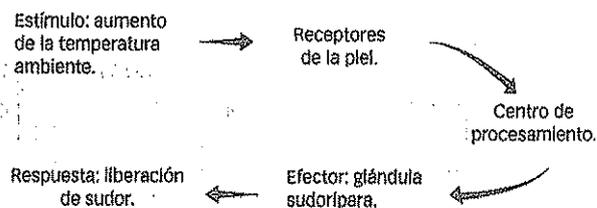
En el caso de las funciones de relación y control en los seres vivos, si bien existen diferentes maneras de captar estímulos y distintas respuestas posibles, podemos representar cualquier ejemplo con el denominado **modelo estímulo-procesamiento-respuesta**. Ya mencionamos a qué llamamos "estímulo" y a qué "respuesta". La mayor parte de los animales, incluso los seres humanos, poseemos además **centros de procesamiento** de la información: el cerebro o los ganglios nerviosos. Es allí donde la información procedente del ambiente externo o interno se interpreta, y donde se elabora otra información. Luego se produce una comunicación entre los centros de procesamiento y los efectores, que responden efectivamente al estímulo.

Las plantas, por su parte, no tienen sistema nervioso, y no realizan el mismo tipo de procesamiento de la información que los animales. Sin embargo, sí poseen receptores que captan estímulos y efectores que llevan a cabo las respuestas. Lo que sucede en el interior de estos organismos es que los estímulos del ambiente producen cambios fisiológicos que se traducen luego en señales para los órganos efectores. Por lo tanto, el modelo propuesto permite explicar cualquier ejemplo de relación entre los seres vivos y el ambiente.

ACTIVIDADES

14. Redactá un texto en el que expliques el ejemplo representado en el diagrama de esta página.
15. ¿Qué ventaja encontrás al trabajar con el modelo? ¿Y desventaja?

Aplicación del modelo estímulo-procesamiento-respuesta al funcionamiento del cuerpo de un animal ante un aumento de la temperatura ambiente, que permite mantener la temperatura corporal estable.



Ciencia en tus manos

La identificación de un problema científico

En el inicio del capítulo hablamos sobre las mariposas monarca y sus larguísimos viajes. Descubrir su destino en el invierno se convirtió en un desafío. Cuando los científicos se hacen preguntas sobre algo que no conocen, comienzan a plantear un **problema científico**.

No todos los problemas son científicos. Por ejemplo, preguntarse si les gustará a las mariposas ir a México no lo es, ya que no podemos responder a la pregunta sobre la base de ninguna investigación. Aunque en algunos casos una pregunta parece difícil de contestar, podemos hacer de ella un problema investigable.

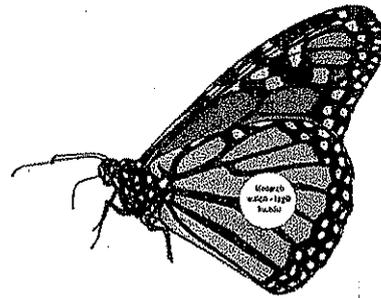
Pasos para la identificación del problema:

- Elección del tema que se investigará.
- Formulación clara del problema.
- Relación de las variables. Se trata de encontrar relaciones entre los factores involucrados en el problema planteado. En el caso de las mariposas, entre la temperatura ambiente y el lugar en el que permanecen.
- Posibilidad de realizar pruebas empíricas. Esto permitirá recolectar datos y verificar las relaciones planteadas entre las variables.
- Justificación del problema. Se exponen las razones por las cuales se planteó el problema.

ACTIVIDADES

16. En grupo, lean el siguiente texto, para identificar las características de un problema científico a partir del caso de las mariposas monarca.

¿Cómo sería posible saber adónde iban las mariposas en invierno? A los científicos involucrados se les ocurrió hacer algo parecido a lo que sucede con las cartas perdidas en el correo, es decir, que la persona que las encuentra pueda devolverlas al remitente. Si las mariposas tenían alguna señal del lugar de donde partieron, la gente podría reconocerlas. ¿Dónde podrían llevar esta "carta" las mariposas? Pensaron en ponerles una estampilla con la fecha y el lugar donde se las liberó y una dirección para dar aviso en caso de ser encontradas. La estampilla tenía que ser pequeña y liviana y estar numerada. Pasaron meses escribiendo en pequeñas estampillas. Luego mejoraron la técnica con impresoras especiales. ¿Pero cómo pegarlas a las mariposas sin dañarlas? Decidieron fijarlas en el borde anterior de un ala, cerca del cuerpo, para que no pesaran demasiado. Aunque parece una tarea sencilla, se dificultó porque las mariposas eran muy movedizas. Se diseñaron unas etiquetas autoadhesivas que resolvieron la cuestión. Aun fue necesario un detalle más. Para aumentar la probabilidad de encontrar una mariposa marcada, debían marcar muchísimas. Muchos alumnos de escuelas colaboraron como voluntarios y, como parte de un proyecto escolar, marcaron mariposas hasta llegar al número necesario. Luego de uno de sus viajes a México, Fred Urquhart relató: "Una rama, desgajada por el peso de un enjambre, cayó al suelo junto a mí, y cientos de mariposas se quedaron allí aleteando. Me agaché a observarlas, y los ojos se me quedaron clavados en una etiqueta blanca que una mariposa tenía pegada en un ala".



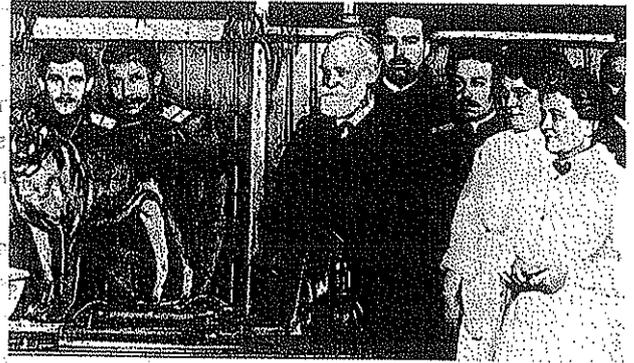
Mariposa monarca con etiqueta de identificación en el ala.

- ¿Cuál es el problema que se pretendía investigar? ¿Por qué se considera "científico"?
- ¿Qué inconvenientes surgieron al comenzar a diseñar la investigación? ¿Cómo se resolvieron?
- ¿Cómo te parece que terminó esta investigación?
- Esta situación ¿puede llevar a pensar nuevos problemas científicos? ¿Cuáles?
- Escribí cuatro oraciones que podrían ser utilizadas en la justificación del problema.

La intriga de los perros babosos

Ivan Petrovich Pavlov fue un médico ruso que vivió entre 1849 y 1936. Era un investigador curioso, y entre sus observaciones notó que los perros solían salivar apenas oían los pasos de su dueño. Ese estímulo era suficiente. Con solo oír los pasos de quien traía la comida, los perros comenzaban a salivar. ¿Cómo era eso posible, si para que las glándulas salivales produjeran saliva era necesario el contacto del alimento con la lengua? Esa debía ser la respuesta natural del animal. Entonces, el investigador se planteó si sería posible provocar la producción de la saliva en los perros con algún otro estímulo, que no fuera la llegada de sus amos ni el contacto de la comida con la lengua. Es decir, ¿podría el perro aprender y responder a un estímulo diferente? Con esa idea, diseñó un experimento que consistía en los siguientes pasos:

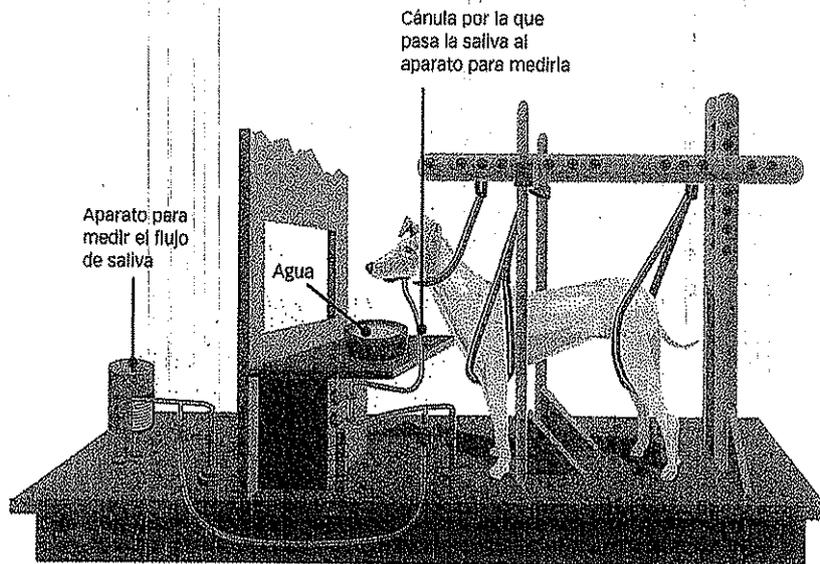
- 1.º **Acostumbrar al perro a la situación experimental.** Para lograrlo, se lo colocó durante varios días en una sala cerrada y atado con un arnés. También se le realizó una pequeña abertura en la quijada, cerca de las glándulas salivales, y se le colocó una cánula que conectaba esas glándulas a un recipiente.
- 2.º **Registrar la respuesta del perro ante la comida.** Midió la producción de saliva al darle de comer.
- 3.º **Exponer al perro a dos estímulos simultáneos durante varios días.** Pavlov pensó en tocar una campana (a este estímulo lo denominó "neutral") al mismo tiempo que le presentaba la comida al animal (a este estímulo lo denominó "incondicionado"). Luego de repetirlo durante varios días, midió la producción de saliva del perro en cada ocasión.



Pavlov obtuvo el Premio Nobel de Medicina en 1904 por sus investigaciones sobre el tubo digestivo y la acción de los jugos gástricos.

- 4.º **Exponer al perro únicamente al estímulo neutral.** Una vez transcurrido un tiempo de realizar el paso anterior, expuso al animal solo al sonido de la campana. Como resultado obtuvo producción de saliva, aun sin mostrarle la comida.

Por medio de esta experiencia, Pavlov demostró que una respuesta podía resultar de un estímulo diferente al natural. Como resultado, llamó "condicionadas" a las respuestas aprendidas, y las diferenció de las naturales, como producir saliva al comer, a las que llamó "incondicionadas". Concluyó entonces que en el animal podía producirse una asociación entre dos estímulos que antes no la tenían.



Representación del diseño experimental de Pavlov para comprobar la posibilidad de que se produjeran estímulos condicionados.

ACTIVIDADES

17. ¿Qué relación tiene este experimento con el modelo estímulo-procesamiento-respuesta? Identificá los órganos receptores y los efectores.
18. ¿Qué conocimiento aportó la investigación de Pavlov?
19. ¿Te parece que esta investigación pudo generar otros problemas científicos? ¿Cuáles?
20. Averiguá qué investigaciones en relación con el ser humano pudieron desprenderse a partir de esta.

¿Una reina que seduce a los vampiros?

Conocer una reina puede ser una experiencia interesante. En general, al hablar de ella la imaginamos imponente y seductora. ¿Capaz de seducir a cualquiera? ¿Capaz de seducir a un vampiro? Imaginala vestida de blanco, con una enorme corona que la rodea, demostrando su belleza en una noche de verano. Eso sí, esta no es una reina de la especie humana, sino de una especie vegetal. Se trata de la flor de *Hylocereus undatus*, también conocida como reina de la noche, *Dragon Fruit* o pitaya, una planta cactácea que habita en las zonas tropicales de América.

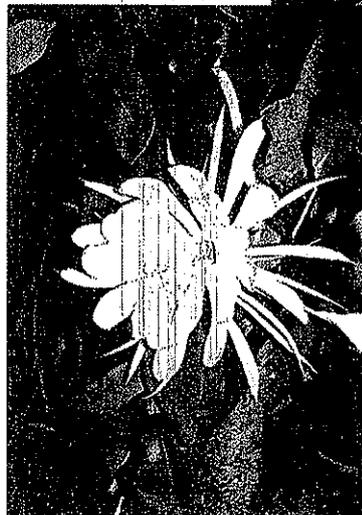
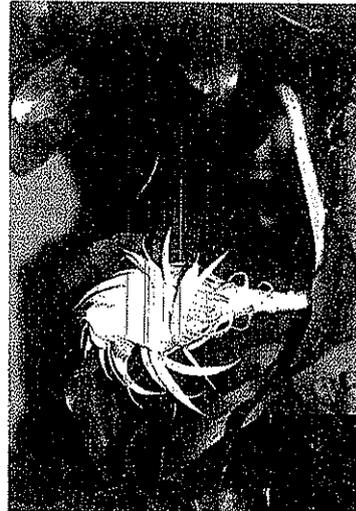
Cuando esta flor despliega sus blancos y enormes pétalos, llega a medir treinta centímetros. El perfume que libera es embriagador y nadie es capaz de pasar a su lado sin notar su presencia. Quizás sea por eso que la asocian con las damas de la realeza. Sin embargo, se la llama reina de la noche por una cuestión especial. A diferencia de muchas plantas que abren sus flores durante el día, esta flor solo aparece al caer la tarde y, aunque cueste creerlo, dura solo una noche.

En la temporada de lluvias, estas plantas generan botones de flor. Algunos de estos botones comienzan a realizar la apertura floral alrededor de las 6 de la tarde, y luego de tres horas están completamente abiertos. Cuando esto sucede, el perfume inunda el ambiente y se convierte en un estímulo atractivo para otra especie, los murciélagos.

¿Qué comen los murciélagos? Si bien se hicieron famosos los hematófagos, es decir, los que se alimentan de sangre, y han dado lugar a conocidas leyendas de terror, no todos tienen esta dieta. Algunos son frugívoros, es decir que se alimentan de frutas, y hasta hay nectarívoros, que se alimentan del néctar de ciertas flores. Cada hábito alimentario se relaciona con la forma de la boca de estos seres vivos. Así, mientras los murciélagos hematófagos tienen colmillos, los nectarívoros poseen rostros muy alargados y lenguas largas con gran cantidad de papilas gustativas, parecidas a pelos, en la punta. Justamente con esas estructuras captan el perfume, un estímulo irresistible que termina en el acercamiento de los murciélagos a la misteriosa flor. Una vez libado el néctar, el cuerpo de los murciélagos se carga de polen. Y como pasan la noche alimentándose de flor en flor, también transportan el polen de una a otra y propician su fecundación.

Una vez fecundada, la flor comienza su retroceso. Para la mañana siguiente ya ha desaparecido, y quedan solo algunos vestigios de su paso sobre el borde de la planta, y quizás un mágico y dulce recuerdo para los murciélagos.

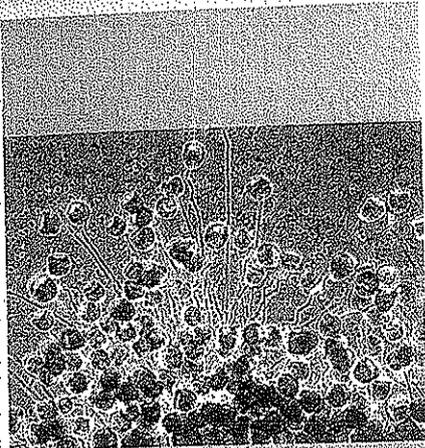
Si somos estrictos, entonces, no se trata de vampiros sino de murciélagos. Y si bien no se trata de una reina humana, es sin duda una seductora nocturna.



Fotos gentileza de Herminia Mérega

ACTIVIDADES

21. ¿Cómo se relaciona este texto con el resto del capítulo?
22. ¿Qué características de la planta y de los murciélagos hacen posible que se relacionen entre sí?
23. ¿A qué se refiere el título al decir que la reina seduce a los vampiros?



Los organismos unicelulares generan respuestas simples frente a diversos estímulos del medio.



La danza de las grullas suele iniciarse al llegar al lugar de cría, aunque también se ha observado en las áreas de invernada, como estímulo para la emigración.



Basta que el insecto roce dos de los pelos de las hojas de la *Dionaea*, o que toque dos veces un mismo pelo, para que estos se cierren.

LOS SERES VIVOS SE RELACIONAN

El medio no solo proporciona la materia y la energía que los seres necesitan para su nutrición; además, suministra información.

La **función de relación** permite a los seres vivos recibir información del medio. A partir de la información recibida, el organismo elabora la respuesta más adecuada para sobrevivir en ese medio y la ejecuta.

Un **estímulo** es un cambio físico o químico, en el medio interno de un organismo, o externo a él, capaz de provocar una **respuesta**.

ESTÍMULO Y RESPUESTA

Todos los organismos son capaces de recibir estímulos y elaborar las respuestas adecuadas. En unos casos, tanto el estímulo como la respuesta son muy sencillos; en otros, son extraordinariamente complejos.

Las plantas carnívoras del género *Dionaea*, por ejemplo, cierran bruscamente sus hojas cuando un insecto camina sobre ellas. El estímulo —el roce del insecto en los pelos de la hoja—, y la respuesta —el cierre de la hoja— son bastante simples.

Otras situaciones ponen de manifiesto mecanismos más complejos. Durante el período reproductivo, las grullas realizan un cortejo nupcial que involucra una sucesión de saludos, reverencias y exhibiciones, acompañadas de sonoras vocalizaciones. El macho, situado frente a la hembra, imita los movimientos de su pareja como si estuviera mirándose en el espejo. La respuesta en las grullas es tan compleja como la serie de señales que hacen de estímulo.

ESTÍMULOS EXTERNOS E INTERNOS

Los organismos reciben también información del interior de su propio cuerpo. Si hace mucho tiempo que un animal no ha comido ni bebido, siente sed o hambre y responde iniciando la búsqueda de agua o de comida.

La luz, la humedad, la disponibilidad de agua y la disponibilidad de nutrientes son algunos de los factores ambientales que actúan como **estímulos externos**. Otros, como la sensación de hambre, la sed o el sueño —que provienen del interior del organismo— son **estímulos internos**.

Las respuestas frente a estos estímulos pueden ser cambios en la forma y estructura (como el cierre de hojas de las plantas carnívoras), variaciones en el comportamiento (como en las grullas) y alteraciones en el metabolismo (involucrados en ambos casos).

La capacidad de responder a los diferentes estímulos es lo que permite a los organismos crecer, desarrollarse y reproducirse normalmente ante las condiciones cambiantes del medio en el que viven.

RECEPTORES, COORDINADORES Y EFECTORES

Cualquier respuesta de los organismos pluricelulares requiere de la intervención de tres factores:

■ Los **receptores** son células u órganos capaces de captar aquellos estímulos frente a los cuales los organismos son **sensibles**. Por ejemplo, mediante la vista muchos animales pueden captar la presencia de alimento, de un enemigo o de una posible pareja. Los ojos, al igual que otros órganos de los sentidos, son **receptores externos**.

Los **receptores internos** captan información sobre la situación de nuestro organismo. Por ejemplo, cuando nuestro organismo necesita alimento, sentimos la sensación de hambre. Esta sensación es provocada gracias a receptores internos que informan la falta de nutrientes.

■ **Coordinadores o reguladores** que, en función de la información captada, elaboran y envían mensajes a distintas partes del organismo para que se produzca la respuesta adecuada. Hay dos sistemas fundamentales de transmisión:

■ Las **hormonas** son sustancias presentes tanto en los animales como en los vegetales. Cuando un organismo produce una hormona, esta se desplaza en pequeñas cantidades hacia el lugar donde debe actuar. Su presencia provoca que se inicie o se detenga un proceso, según convenga.

■ La **transmisión nerviosa** es un mecanismo específico de los animales, que es posible gracias a unas células llamadas **neuronas**, que forman el **sistema nervioso**. La transmisión nerviosa es mucho más rápida que la hormonal, ya que es de naturaleza eléctrica.

■ **Efectores**, que ejecutan la respuesta. Los efectores pueden incluir diferentes estructuras de los organismos. Desde hojas y raíces en plantas hasta diferentes estructuras de locomoción en animales.

LA VELOCIDAD DE RESPUESTA

La velocidad de las respuestas varía entre los seres vivos. El circuito del que participan receptores, coordinadores y efectores puede cubrirse en fracciones de segundo o puede llevar días enteros. Consideren el siguiente ejemplo:

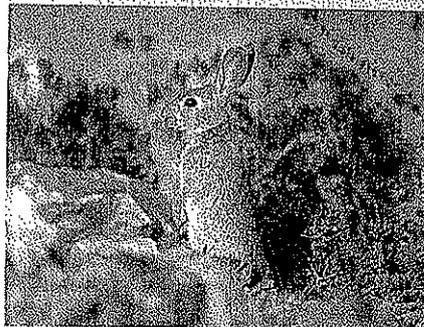
Una liebre está comiendo hierba y oye unos ladridos. Inmediatamente deja de comer y corre a esconderse. En este caso, el receptor ha sido su fino oído. Los sonidos captados han llegado hasta el encéfalo del conejo, que actúa como coordinador, interpretando los ladridos como una señal de peligro y activando los efectores, que provocan que la liebre salga corriendo a toda velocidad. Todo esto ocurre en pocos instantes, lo que aumenta las posibilidades de huir del conejo.

ACTIVIDADES

1. Den tres ejemplos de receptores externos de animales.
2. ¿Por qué la respuesta de los vegetales a los cambios suele ser más lenta que la de los animales?
3. ¿Qué diferencia existe entre los coordinadores hormonales y los nerviosos?



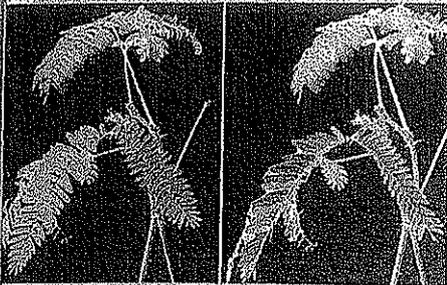
Los hongos producen sus órganos reproductores (esporangios) cuando sus estructuras subterráneas detectan condiciones favorables.



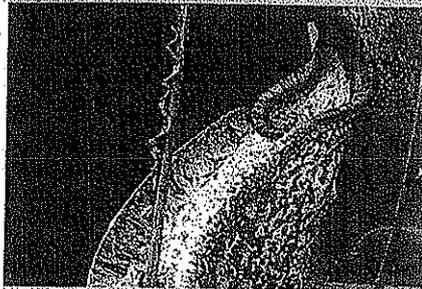
Las grandes orejas de la liebre y su movilidad le permiten captar fácilmente los sonidos.

CONOCER MÁS

Sensibilidad. Para poder responder ante los cambios ambientales, los organismos necesitan ser sensibles a diferentes estímulos. Estos pueden ser, básicamente, de cuatro tipos: **térmicos, químicos, mecánicos y lumínicos**, según sean sensibles a diferencias de temperatura, sustancias químicas, vibraciones y presión y a los cambios en la intensidad de luz, respectivamente.



Aspecto de una hoja de *Mimosa pudica* antes y después de ser estimulada con el tacto.



Las plantas del género *Nepenthes* poseen hojas transformadas en forma de "recipientes" para la captura de insectos.



La flor de los tulipanes se cierra por la noche con el descenso de la temperatura.

CONOCER MÁS

Secreción de sustancias. Muchas plantas con flor producen sustancias tóxicas o de mal sabor que actúan como defensas contra los herbívoros. La secreción de estas sustancias se produce en respuesta al daño causado por la mastecación de algún insecto o mamífero herbívoro. El mal sabor disuade a los predadores y protege a la planta de un daño más grave.

2 LAS PLANTAS Y EL MEDIO EXTERNO

Las plantas carecen de órganos de los sentidos. Tampoco pueden desplazarse y escapar del ambiente cuando es hostil. Sin embargo, las plantas pueden detectar cambios en el medio y responder a estos cambios.

La temperatura, la luz solar, la gravedad y el contacto físico con otros objetos, son algunos de los estímulos externos que con mayor frecuencia generan una respuesta. Las respuestas pueden manifestarse en forma de movimientos, **secreción de sustancias** químicas o mediante el crecimiento diferenciado de algunas estructuras.

NASTIAS

Los **movimientos násticos** o **nastias** son respuestas no direccionales de una planta frente a un estímulo externo. En este caso, la dirección de la respuesta es independiente de la dirección de donde proviene el estímulo.

En general, las nastias implican una respuesta pasajera, como el movimiento de diferentes órganos vegetales (como hojas o tallos, por ejemplo). En otros casos, el estímulo desencadena el desarrollo de tejidos.

Las nastias pueden clasificarse según el tipo de estímulo que desencadena la respuesta.

■ Las **fotonastias** son los movimientos que se producen en las plantas en respuesta a la luz. Las especies de plantas cuyas flores se cierran por la noche y se vuelven a abrir al amanecer, con el estímulo de la luz solar, realizan fotonastias.

■ Las **termonastias** se producen en respuesta a los cambios de temperatura. El cierre de flores en plantas del género *Valeriana*, cuando desciende la temperatura al anochecer, es un ejemplo de termonastia.

■ Las **sismonastias** o **tigmonastias** se producen en respuesta a estímulos mecánicos. La *Mimosa pudica*, por ejemplo, pliega sus pequeñas hojas ante el contacto de un estímulo externo.

Algunas plantas especializadas en atrapar insectos también realizan sismonastias frente a ciertos estímulos. Como vimos, las plantas carnívoras *Dionaea* tienen hojas modificadas en forma de cepo, con pelos sensitivos en su interior. Cuando un insecto u otro animal pequeño es atraído por el líquido dulce que libera la planta, se posa en el centro de la hoja y toca los pelos disparadores. Como respuesta, los lóbulos se cierran rápidamente en torno a la presa, y las espinas de los bordes impiden que escape. Una vez digeridos los tejidos blandos por las sustancias digestivas que libera la hoja, esta se abre y tiende de nuevo su trampa.

Las plantas del género *Drosera* presentan una variante de este mecanismo de captura. Poseen hojas que segregan un fluido viscoso, con un aroma similar al de la miel. Cuando un insecto se posa sobre la hoja, queda atrapado en los pelos pegajosos y es digerido por la planta.

TROPISMOS

Se llama **tropismo** al crecimiento originado como respuesta a un estímulo, que se produce en la misma dirección en la que actúa el estímulo que las provoca. A diferencia de los movimientos násticos, los tropismos son respuestas que dependen de la dirección del estímulo. Los tropismos son **positivos** cuando la planta crece en el mismo sentido del estímulo, y **negativos** si crece en sentido contrario.

Tal como las nastias, los tropismos pueden clasificarse según el estímulo que las origina:

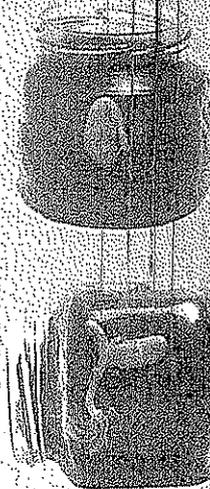
■ El **fototropismo** es el crecimiento de una planta en respuesta al estímulo de la luz. Esta respuesta es de gran importancia para el desarrollo de las plantas, pues les permite crecer hacia la luz y realizar fotosíntesis.

Un tipo particular de fototropismo implica un movimiento de las estructuras de ciertas plantas a lo largo del día, orientándose hacia el Sol. Este movimiento, característico de los girasoles, se llama "giro al sol" o **heliotropismo** y es causado por el *pulvínulo*, una estructura hallada en la base de hojas y flores que actúa de modo similar a las articulaciones de los animales. El pulvínulo se orienta hacia la luz solar, moviendo consigo las hojas y las flores.

■ El **geotropismo** es la respuesta que se produce en una planta frente al estímulo de la gravedad. En la germinación de las semillas, el geotropismo determina que el tallo crezca hacia arriba y las raíces hacia abajo, más allá de la forma en la que la semilla ha sido dispuesta en el suelo. El tallo encontrará la luz necesaria para la fotosíntesis, creciendo en sentido contrario al estímulo, y las raíces encontrarán los nutrientes y el agua disponibles en el suelo, desarrollándose en el mismo sentido del estímulo. En este caso, el crecimiento del tallo responde a un geotropismo negativo, y el de la raíz a un geotropismo positivo.

■ El **higrotropismo** es el movimiento que se produce en una planta en respuesta a la presencia de agua. Las raíces, por ejemplo, suelen orientarse hacia las zonas húmedas del sustrato, donde se encuentra el agua que necesitan. Esta respuesta es fácilmente observable en aquellas plantas de zonas áridas que poseen un gran desarrollo de sus raíces, las cuales crecen profusamente en busca de la humedad de las capas más profundas del suelo.

■ El **tigmotropismo** es una respuesta de crecimiento direccional de una estructura vegetal desencadenada por el contacto físico con un objeto. El desarrollo de *zarcillos*, estructuras de sostén de plantas trepadoras como la vid, responde a este fenómeno. Cuando el extremo de un zarcillo toma contacto con un objeto, sus tejidos crecen rodeándolo.



En respuesta a la gravedad, las raíces crecen en profundidad y el tallo lo hace en sentido contrario.

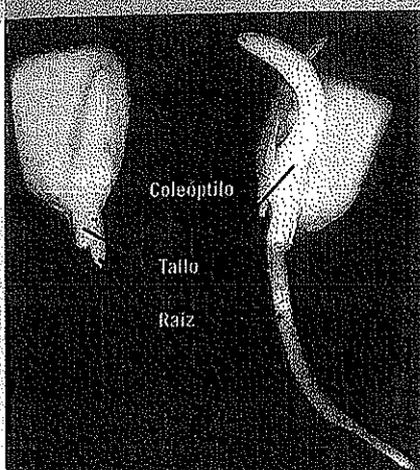


En respuesta de las plantas a la presencia de agua se llama higrotropismo.

ACTIVIDADES

4. ¿Qué diferencia existe entre los tropismos y las nastias?
5. ¿Por qué el geotropismo y el fototropismo son tan importantes durante la germinación de las plantas?

HORMONAS VEGETALES



Las auxinas intervienen en el crecimiento del coleóptilo.



El rociado de flores con citocininas retarda los efectos del envejecimiento.

CONOCER MÁS

Coleóptilo. En 1880, Charles Darwin y su hijo Francis realizaron importantes descubrimientos acerca del crecimiento diferencial del coleóptilo como respuesta direccional frente a la luz (fototropismo). Si el coleóptilo de una planta se deja en oscuridad o es iluminada de manera uniforme, crece hacia arriba, en línea recta. Si el coleóptilo se ilumina de un solo lado, crece hacia la luz. Esta respuesta es el resultado de un crecimiento diferencial entre las células de ambos lados del coleóptilo. Estudios posteriores permitieron concluir que las auxinas eran las responsables de los fenómenos observados por los Darwin.

Las hormonas (del griego *hormon*, "que impulsa") son compuestos que se producen en un sitio del cuerpo y luego se transportan a otras partes de este, donde se unen a un receptor específico y desencadenan respuestas en las células y los tejidos efectores.

Las hormonas actúan en cantidades muy pequeñas y se transportan fácilmente a través de los tejidos vegetales. Cada hormona tiene múltiples efectos, dependiendo de su sitio de acción, su concentración y el estado de desarrollo de la planta. Algunas de las más conocidas son:

■ **Auxinas.** El término *auxina* se utiliza para cualquier sustancia química que promueva el alargamiento del **coleóptilo**, vaina que rodea el extremo superior del brote de una planta. La auxina natural es el **ácido indolacético**, o **AIA**, pero muchos otros compuestos, incluso sintéticos, tienen actividad de auxinas. Estas hormonas promueven el crecimiento del tallo y son coordinadores de numerosos tropismos.

Las auxinas también inducen la formación de raíces. Por esta razón, se utilizan en la fabricación de productos de enraizamiento para la reproducción de plantas a partir de gajos.

■ **Citocininas.** Son reguladores de crecimiento, denominadas así porque estimulan la citocinesis o división celular. Las citocininas retrasan el envejecimiento de algunos órganos de las plantas. Si las hojas eliminadas de una planta se sumergen por un instante en una solución de citocininas, permanecen verdes más tiempo. A causa de este efecto antienviejimiento, los floristas utilizan aerosoles con citocininas para conservar frescas las flores cortadas.

■ **Giberelinas.** Son un grupo de hormonas que presentan variedad de efectos, como el alargamiento del tallo, el crecimiento del fruto y la germinación de la semilla.

En muchas plantas, tanto la auxina como las giberelinas deben estar presentes para la formación del fruto. Estas hormonas se utilizan, por ejemplo, para estimular el crecimiento de frutos como uvas, haciéndolas más atractivas para los consumidores.

■ **Ácido abscísico.** Es una sustancia que retrasa el crecimiento de estructuras vegetales. En condiciones naturales, la presencia de ácido abscísico en los órganos actúa contrarrestando los efectos de las hormonas que estimulan el crecimiento.

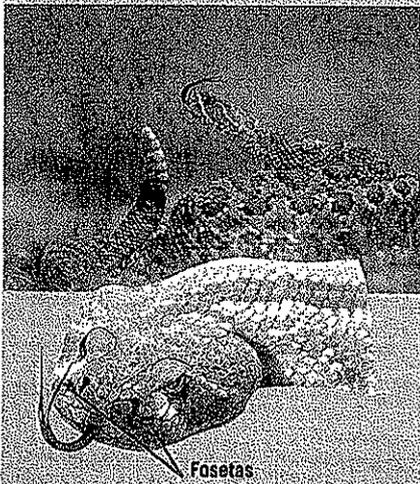
En condiciones de sequía, las concentraciones de ácido abscísico en una semilla pueden aumentar considerablemente. Esto produce un retraso en la germinación que impide que la planta se desarrolle en condiciones desfavorables. Cuando una hoja comienza a marchitarse por falta de agua, el ácido abscísico causa el cierre de *estomas* y evita la pérdida de humedad de la planta.

■ **Etileno.** Es un gas que interviene en el desarrollo del tallo, la pérdida de hojas en ciertas condiciones y la maduración del fruto. En la producción frutícola suele realizarse la cosecha cuando los frutos están inmaduros para realizar su transporte. Más tarde, antes de la comercialización, se rocían con etileno para inducir la maduración.

CONOZCER MÁS

En los **animales** la manifestación más visible de la función de relación es su **comportamiento**, es decir, la secuencia de acciones, provocada por un estímulo, que da lugar a una respuesta precisa.

La vida de un animal es una sucesión de comportamientos alimentarios, como la captura de presas; reproductivos, como el acercamiento del macho y la hembra en periodos de cría y de defensa; o de alarma, como correr para huir de un depredador o lanzarse sobre una presa.



Fosetas

5 LOS ANIMALES Y EL MEDIO EXTERNO

Los **animales** se relacionan con el ambiente por medio de acciones cotidianas como encontrar alimento, escapar de un predador, cazar una presa o refugiarse del frío. A diferencia de las plantas, poseen la ventaja de poder desplazarse de un ambiente a otro cuando las condiciones ambientales no son favorables.

Los animales pueden percibir estímulos, tanto procedentes del medio externo como del interior de su organismo, a través de diferentes **receptores**.

Los receptores de estímulos externos suelen agruparse en órganos especiales llamados *órganos de los sentidos*, como el ojo o el oído. Pero, a veces, se encuentran dispersos por todo el cuerpo.

Estos receptores están formados por células especializadas en captar diferentes estímulos; luz, temperatura, presión, vibraciones o sustancias químicas. Los receptores se clasifican en función del tipo de estímulo al que son sensibles: estímulos químicos, térmicos, mecánicos o luminosos.

RECEPTORES DE ESTÍMULOS TÉRMICOS

Los **receptores térmicos** detectan variaciones de temperatura en el medio y suelen estar repartidos por todo el cuerpo.

Un caso muy especial de receptor térmico es el **órgano en foseta** que poseen algunas serpientes, como la serpiente de cascabel. Se trata de dos pequeñas cavidades situadas al lado de cada ojo. Estos órganos pueden detectar, aun en la oscuridad, la presencia de mamíferos o aves por las radiaciones infrarrojas (calor) que emiten sus cuerpos.

RECEPTORES DE ESTÍMULOS QUÍMICOS

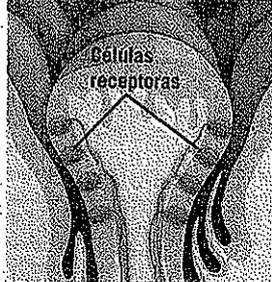
Los **receptores químicos** son sensibles a sustancias químicas y actúan:

- **Por contacto**, si la sustancia química se deposita directamente en contacto con los receptores. Así ocurre en el sentido del gusto.
- **A distancia**, si la sustancia es transportada por el viento hasta los receptores. Así funciona el sentido del olfato.

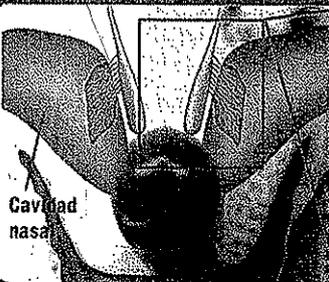
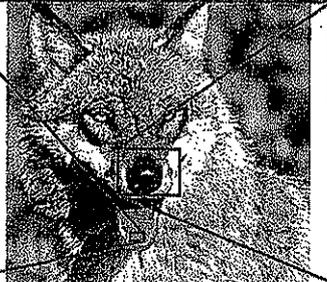
En los vertebrados, el gusto se localiza especialmente en la lengua, y el olfato, en la cavidad nasal.

En muchos invertebrados los receptores químicos están en la boca, pero también en las antenas, en las patas o repartidos por todo el cuerpo.

RECEPTORES QUÍMICOS



Receptores del gusto.



Receptores del olfato.



RECEPTORES DE ESTÍMULOS MECÁNICOS

Los **receptores mecánicos** son sensibles:

- **Al contacto y la presión.** Es el sentido del **tacto**, cuyos receptores se encuentran distribuidos por la superficie del cuerpo de muchos animales.
- **A las vibraciones transmitidas por el aire o por el agua.** Como:
 - El sentido del **oído** de los vertebrados, que detecta las ondas sonoras. También algunos invertebrados, como los grillos, tienen "oídos". Se trata de un par de pequeñas cavidades situadas en las patas anteriores y cerradas por una fina membrana que hace de tímpano.
 - La **línea lateral** de los peces, que detecta vibraciones y corrientes de agua. Consiste en unos canales que se ubican por debajo de la piel, a ambos lados del cuerpo, y en cuyo interior se encuentran los receptores.

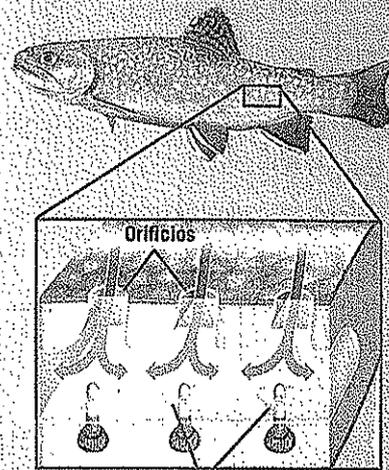
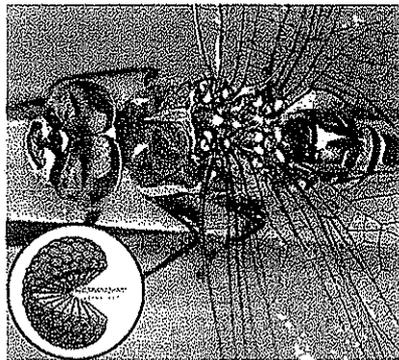
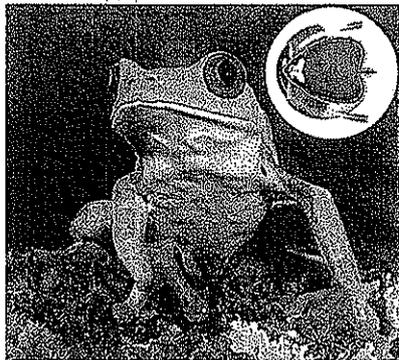
RECEPTORES DE ESTÍMULOS LUMINOSOS

Los **receptores luminosos** se denominan **fotorreceptores**, ya que son sensibles a la luz. Es el sentido de la **vista**.

Los fotorreceptores más sencillos se encuentran distribuidos por toda la superficie del cuerpo en algunos invertebrados. Así pueden detectar cambios en la intensidad de la luz.

Los fotorreceptores más desarrollados se localizan en órganos denominados **ojos**, que se encuentran en la cabeza y pueden ser de dos tipos:

- El **ojo en cámara** de los vertebrados y de algunos moluscos; semejante a una cámara fotográfica.
- El **ojo compuesto** de los insectos, que está formado por muchas facetas o pequeños "ojos" independientes, cada uno de los cuales solo ve una pequeña zona. La unión de todas las imágenes formadas origina una imagen, como un mosaico, un poco borrosa, pero capaz de detectar hasta el mínimo movimiento a su alrededor.



Receptores de las vibraciones del agua

CONOCER MÁS

Línea lateral. Algunos peces poseen electroreceptores en la línea lateral. Gracias a estos, son capaces de percibir tenues estímulos eléctricos que son generados por todos los animales y detectar presas o enemigos en aguas turbias donde hay escasa visibilidad.

ACTIVIDADES

7. ¿Una serpiente de cascabel puede detectar la presencia de un reptil con sus órganos en foseta? ¿Por qué?
8. El grillo macho canta frotando sus alas. ¿Cómo lo oye el grillo hembra?
9. ¿Qué utilidad tiene para un pez poseer línea lateral?



A través de la función de relación, los seres humanos percibimos estímulos internos y externos y elaboramos las respuestas adecuadas.

CONOCER MÁS

Sistemas. La utilización de sistemas como modelos para explicar la complejidad de los fenómenos biológicos es relativamente reciente. La primera aproximación la realizó el biólogo austriaco Karl Ludwig von Bertalanffy, quien a mediados del siglo XX acuñó la denominación de teoría general de los sistemas, proponía formular modelos generales que tuviesen aplicación en diferentes campos científicos. Si bien se utiliza "seres vivos" u "organismos" como una denominación general para referirse a las entidades biológicas, de acuerdo con el enfoque de Bertalanffy, ampliamente aceptado entre los biólogos, resulta preferible hablar de sistemas vivientes.



Ludwig von Bertalanffy (1901-1972)

I FUNCIÓN DE RELACIÓN: EL CUERPO HUMANO

Al igual que los demás organismos vivos, los seres humanos intercambiamos gran cantidad de información con el mundo exterior. Cada vez que el cuerpo incorpora nutrientes, desecha sustancias, intercambia energía o percibe estímulos por medio de los sentidos, está relacionándose con el medio externo.

Como vimos en el capítulo anterior, la **función de relación** es el conjunto de procesos por los cuales un organismo elabora respuestas adecuadas frente a los estímulos del medio.

LOS SISTEMAS DE RELACIÓN

El cuerpo humano es una estructura extremadamente compleja. Todos sus componentes: órganos, aparatos y sistemas actúan de forma sincronizada para cumplir tareas específicas y procesar estímulos de diverso tipo.

Un conjunto de células de características similares conforma **tejidos** que, a su vez, forman parte de **órganos**. Diferentes órganos que, en conjunto, realizan determinado tipo de funciones, componen **sistemas de órganos**. Un **organismo** está conformado por órganos y sistemas de órganos que funcionan de manera coordinada, asegurando el cumplimiento de funciones vitales (nutrición, reproducción y relación).

En el cuerpo humano, la función de relación es llevada a cabo por cuatro sistemas:

- El **sistema osteoartromuscular**. Incluye los huesos, las articulaciones y los músculos. Es el encargado de llevar a cabo las acciones desencadenadas en el sistema nervioso central que implican movimientos.
- El **sistema inmunológico**. Está formado por un conjunto de barreras y mecanismos de respuesta que defienden al cuerpo de los agentes externos que podrían causar enfermedades. El sistema inmunológico cuenta con una alta *especificidad* que le permite diferenciar lo que pertenece al cuerpo de lo que es extraño y perjudicial.
- El **sistema endocrino**. Actúa como una red de comunicación celular que responde a los estímulos liberando *hormonas*, y es el encargado de diversas funciones metabólicas del organismo. Es similar al sistema nervioso, pero su acción es mucho más lenta.
- El **sistema nervioso**. Lo forman el sistema nervioso central y el periférico. Detecta y analiza la información proveniente del medio externo e interno. Esta información es procesada y utilizada para elaborar las órdenes que gobiernan el funcionamiento del cuerpo.

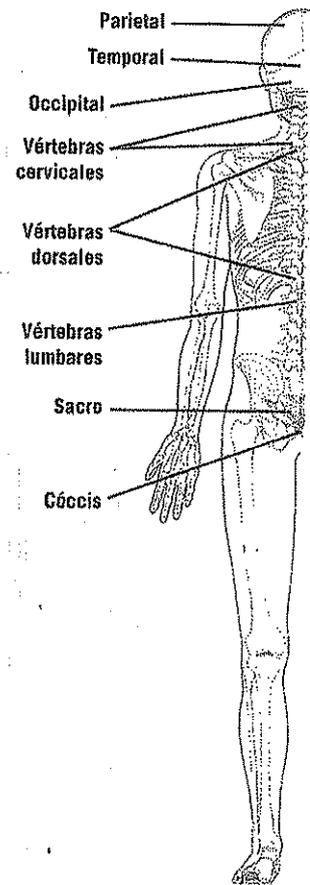
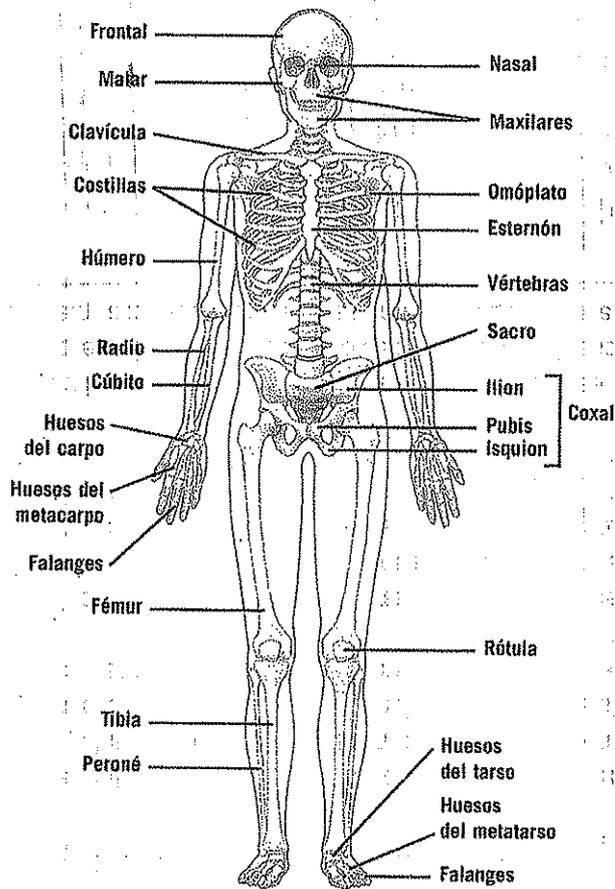
2 EL SISTEMA OSTEOARTROMUSCULAR

El sistema osteoartromuscular está integrado por los huesos y los músculos esqueléticos; es el encargado de ejecutar las respuestas motoras ordenadas por el sistema nervioso. La colaboración entre huesos y músculos nos permite mantener la postura, desplazarnos y realizar movimientos.

EL ESQUELETO

El esqueleto constituye un armazón interno que sostiene nuestro cuerpo, protege las partes más delicadas del organismo y en él se insertan los músculos que permiten el movimiento.

El esqueleto está formado por 208 huesos.



© ediciones sm S.A. Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

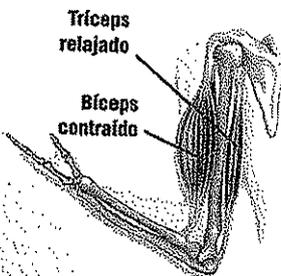
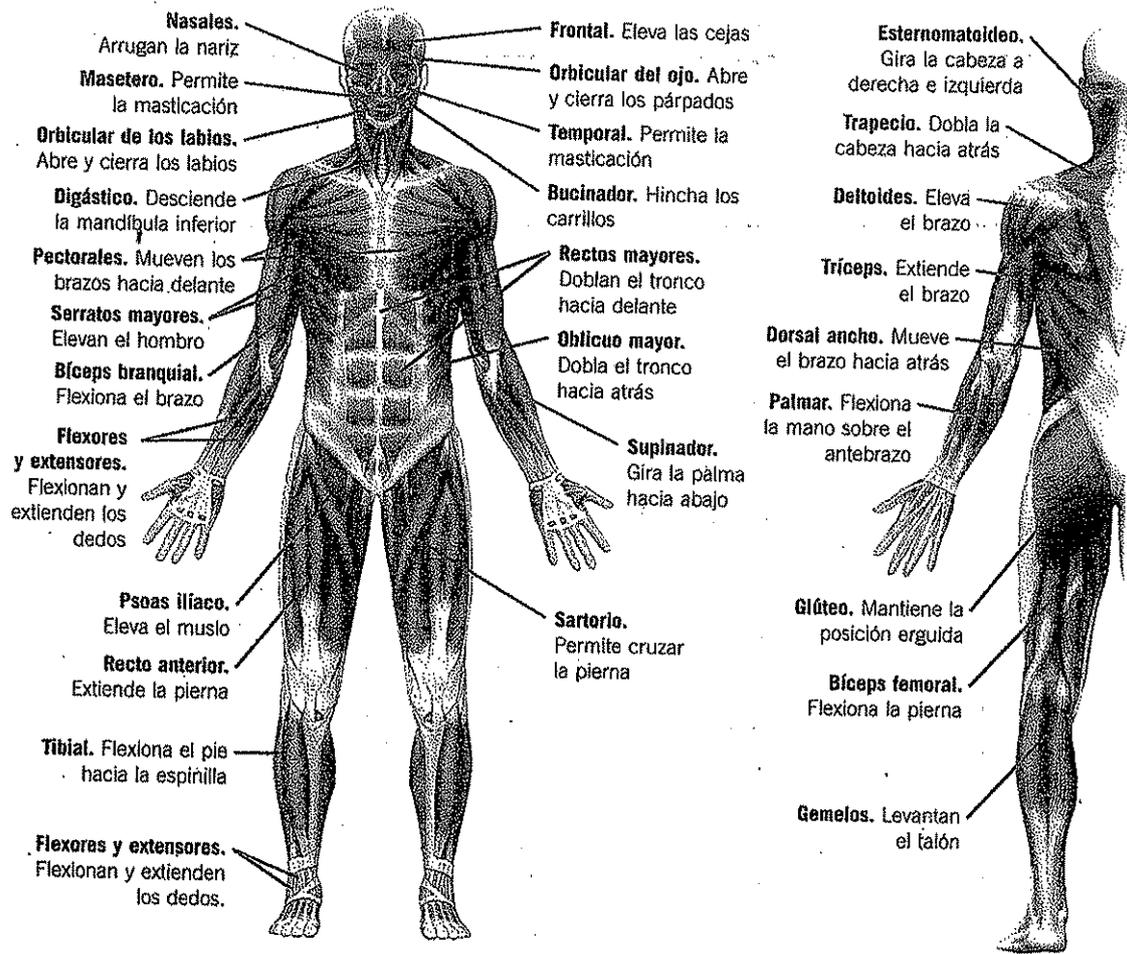
ACTIVIDADES

1. Recuerden lo aprendido en años anteriores y confeccionen un mapa conceptual con los diferentes sistemas de órganos del cuerpo. Para hacerlo, pueden consultar la sección "Elaboración y uso de mapas conceptuales" en el dossier.
2. ¿Cuál es la estructura ósea que sirve de eje al resto del organismo? ¿Qué huesos la constituyen?
3. Citen ejemplos de estructuras óseas que realicen funciones de protección de órganos.

LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

Los músculos esqueléticos actúan sobre el esqueleto y ejecutan movimientos voluntarios de respuesta ante estímulos, a diferencia de los músculos lisos y el músculo cardíaco, que realizan movimientos involuntarios. También sirven de protección para distintos órganos.

La musculatura esquelética está integrada por más de 650 músculos que constituyen entre el 35 y el 40% del peso corporal.



ACCIÓN DE LOS MÚSCULOS SOBRE EL ESQUELETO

Para cumplir con su función, los músculos esqueléticos se unen a los huesos y se contraen o relajan, produciendo el movimiento.

Cada músculo se une a dos huesos distintos mediante cordones muy resistentes de tejido, denominados *tendones*.

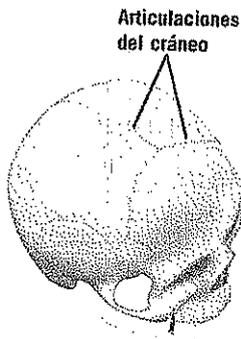
El músculo se contrae, es decir, se acorta, cuando recibe un impulso nervioso motor. Gracias a las articulaciones, los músculos mueven los huesos, haciendo que se acerquen, se separen, o giren uno respecto del otro.

Para realizar algunos movimientos, los músculos trabajan coordinadamente por parejas que funcionan de manera antagónica o contraria.

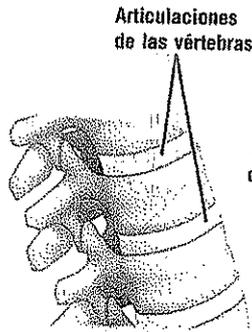
LAS ARTICULACIONES

Son estructuras que permiten el movimiento relativo de los huesos contiguos e impiden su separación. Son, a la vez, elementos de fijación y de movimiento.

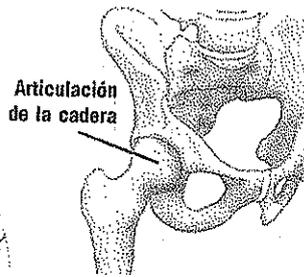
TIPOS DE ARTICULACIONES SEGUN SU MOVILIDAD



Articulaciones del cráneo



Articulaciones de las vértebras

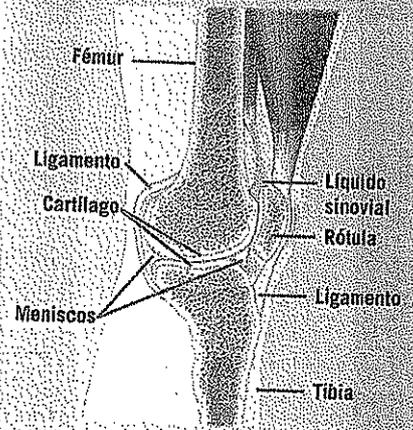


Articulación de la cadera

Inmóviles. No permiten los movimientos de los huesos que unen. Por ejemplo, las articulaciones que unen los huesos del cráneo.

Seminóviles. Solo permiten pequeños desplazamientos entre los huesos. Por ejemplo, las articulaciones de las vértebras.

Móviles. Permiten una gran movilidad entre los huesos. Por ejemplo, las articulaciones del codo, la cadera y la rodilla.



Articulación de la rodilla

Los huesos no se contactan directamente, sino que lo hacen por medio de las **superficies articulares**, recubiertas de tejido cartilaginoso, llamado **cartilago articular**.

UN EJEMPLO DE ARTICULACIÓN MÓVIL

La rodilla une tres huesos diferentes de la pierna: el fémur y la tibia, dos huesos largos, y la rótula, un hueso pequeño que impide que la articulación se doble hacia adelante.

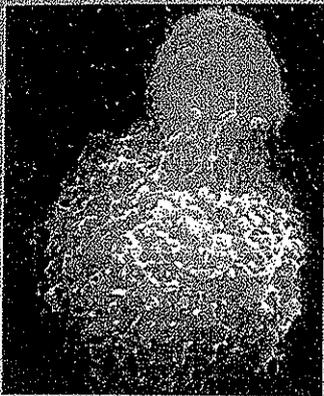
Esta articulación presenta los siguientes elementos:

- **Ligamentos.** Fibras muy fuertes que unen los huesos.
- **Cartílagos articulares.** Piezas de cartilago que recubren y protegen las superficies de los huesos en contacto.
- **Cápsula sinovial.** Bolsa situada entre los huesos, rellena de un líquido lubricante, la *sinovia* o *líquido sinovial*.

La articulación de la rodilla tiene, además, entre los huesos, unas estructuras fibrocartilaginosas, los **meniscos**, cuyo objeto es adaptar la superficie de contacto para repartir mejor la carga. Sin embargo, con frecuencia esta articulación debe soportar sobrecargas, especialmente en los deportistas, lo que puede causar lesiones que requieran delicadas intervenciones quirúrgicas.

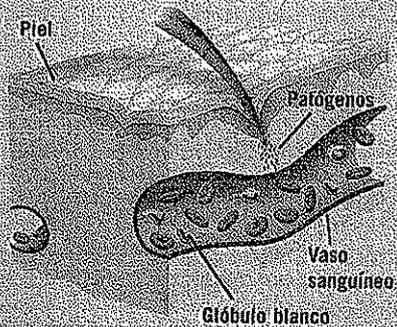
ACTIVIDADES

4. Indiquen qué músculos intervienen y cuál es el papel que desempeña cada uno para levantar una barra de pesas por encima de la cabeza (es decir, levantar el brazo y extenderlo).
5. ¿Qué sucedería si el esqueleto no estuviera articulado?
6. Mencionen un ejemplo de músculos antagonistas en las extremidades inferiores y expliquen su funcionamiento.

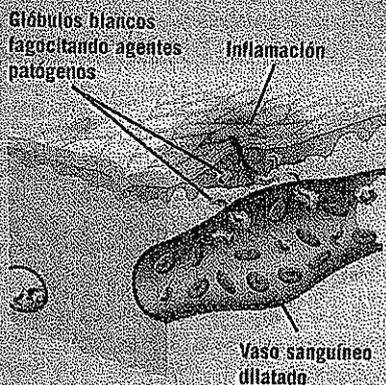


Los fagocitos pueden destruir, además de organismos patógenos, células cancerígenas.

LA RESPUESTA INFLAMATORIA



Al producirse una herida, entran agentes patógenos que se encuentran con glóbulos blancos de la sangre.



Los glóbulos blancos fagocitan y destruyen los agentes patógenos. La zona aparece inflamada y enrojecida.

3 LAS DEFENSAS DEL ORGANISMO

El organismo presenta un conjunto de mecanismos de defensa que actúa ante la presencia de diferentes *agentes patógenos*. Un **agente patógeno** es toda entidad biológica capaz de producir enfermedad o daño en un individuo. Muchos virus, bacterias, protozoos e invertebrados son ejemplos de organismos patógenos. El conjunto de defensas del cuerpo frente a los agentes patógenos constituye el **sistema inmunológico**.

DEFENSAS INESPECÍFICAS

El sistema inmunológico protege al organismo de infecciones mediante una estrategia constituida por capas o barreras de defensa sucesivas, cada una más específica que la anterior. La piel y las mucosas que recubren las vías internas constituyen la primera barrera frente a la entrada de un gran número de agentes patógenos. También desempeñan la misma función las secreciones, como las lágrimas y los ácidos del estómago. Debido a que actúan indiscriminadamente frente a cualquier patógeno, estas barreras se denominan *defensas inespecíficas*.

Las defensas inespecíficas no resultan infranqueables, ya que, en algunas ocasiones, las bacterias y los virus penetran en el organismo y se multiplican rápidamente en su interior.

Una simple herida en la piel puede ser la puerta de entrada para microorganismos que normalmente viven sobre nosotros.

Si un agente patógeno traspasa estas primeras barreras, el **sistema inmunológico innato** provee una respuesta inmediata, pero no específica. En esta segunda barrera de defensa se encuentran células como los *fagocitos* o *macrófagos* que actúan como "basureras" del cuerpo fagocitando a aquellos patógenos que se encuentran en el camino.

Los **fagocitos** son un tipo de glóbulos blancos, presentes en la sangre y en los tejidos bajo la piel, que engloban y destruyen cualquier tipo de agente patógeno que encuentran en su camino.

En ocasiones, la zona herida se inflama y enrojece y se percibe un aumento de la temperatura en el lugar de la lesión; es la **respuesta inflamatoria**. Esto es debido a que las células de la zona lesionada liberan sustancias que estimulan la actividad de otras células con las siguientes consecuencias:

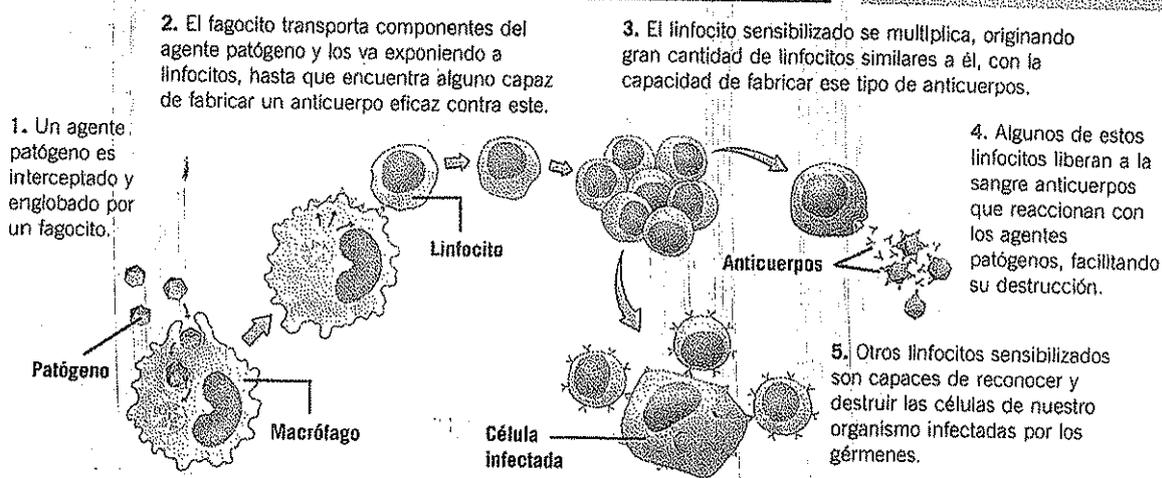
- se produce la **dilatación de los vasos sanguíneos** locales para aumentar el riego sanguíneo y favorecer el transporte de fagocitos. Este aumento de sangre causa la inflamación y el enrojecimiento de la zona;
- ocurre un **aumento local de la temperatura**, es decir, un calentamiento en la zona herida; esto favorece la movilidad de los fagocitos.

El **pus** que se forma en el lugar de la inflamación está constituido por los restos de glóbulos blancos cargados de gérmenes fagocitados.

LA RESPUESTA ESPECÍFICA

Si los agentes patógenos consiguen evadir la respuesta innata, los seres humanos —y el resto de los vertebrados— poseen una tercera capa de protección, que es el **sistema inmunológico adaptativo**. Aquí el sistema inmunológico adapta su respuesta durante la infección para mejorar el reconocimiento del agente patógeno. Este sistema está formado por los **macrófagos**, los **linfocitos T** y los **linfocitos B**, que son otro tipo de glóbulos blancos encargados de fabricar **anticuerpos**, proteínas que reconocen específicamente al agente patógeno, marcándolo para su destrucción.

INTERCAMBIOS DE UN ORGANISMO

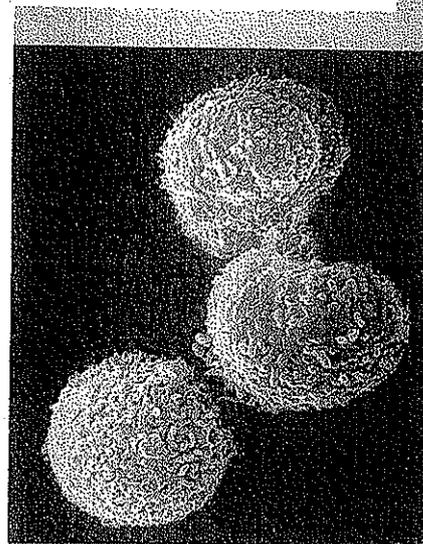


LA MEMORIA DEL SISTEMA INMUNOLÓGICO

Algunas enfermedades infecciosas, como el sarampión, solo se padecen una vez. Esto es así porque los linfocitos sensibilizados perduran toda la vida y guardan una **memoria inmunológica** del microorganismo o virus agresor. De este modo, ante un nuevo contacto con el mismo agente patógeno, la respuesta defensiva es muy rápida y la enfermedad no llega a manifestarse. Esta memoria proporciona a nuestro organismo una **inmunidad natural**.

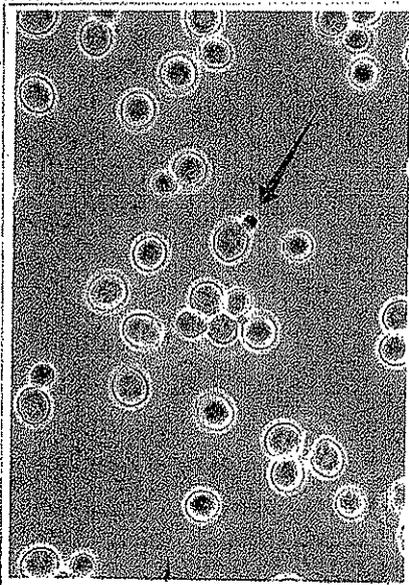
Desgraciadamente, en otras muchas enfermedades, el microbio o el virus causante de la enfermedad puede cambiar sus características externas al cabo del tiempo y entonces deja de ser reconocido por los linfocitos sensibilizados. Así sucede con el virus causante de la gripe y, por esta razón, podemos volver a contraerla varias veces a lo largo de nuestra vida.

El proceso de inmunidad adquirida es la base de la **vacunación**. Las vacunas son agentes patógenos o partes de ellos que generan una respuesta inmune moderada, de manera que no nos enfermamos, pero logramos generar la memoria inmunológica.

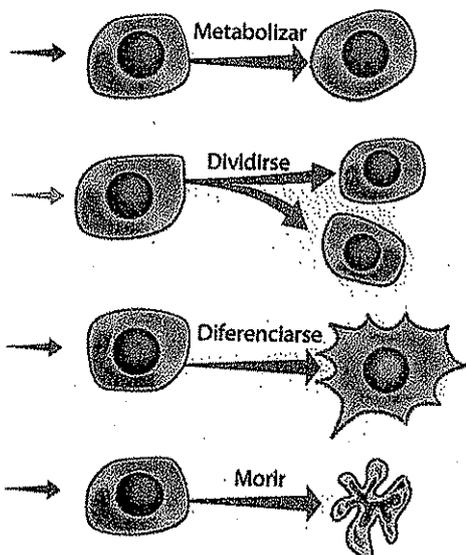


ACTIVIDADES

7. ¿Qué diferencias hay entre las tres barreras de defensa?
8. ¿Qué es la memoria inmunológica? ¿Cuál es su importancia en el proceso de vacunación?



La información puede presentarse en forma de estímulo químico, como la presencia de glucosa en el medio. Las levaduras (hongos unicelulares) aumentan su metabolismo y se reproducen (flecha roja) mediante la estimulación de un medio con alta concentración de determinados azúcares.



Esquema simplificado en el que se muestran algunos de los cambios producidos en las células de acuerdo con el estímulo recibido.

Los seres vivos, las células y los estímulos

Como vimos en los primeros capítulos, todos los seres vivos perciben los estímulos del ambiente y de su medio interno, los procesan y responden a ellos de manera coordinada. Las partes aéreas de las plantas, por ejemplo, crecen en una dirección en respuesta a un estímulo lumínico. Es decir, tienen fototropismo positivo. En los animales también hay numerosos ejemplos de recepción de estímulos provenientes del medioambiente. Entre ellos podemos mencionar a los peces que perciben los cambios de salinidad del agua de mar o las arañas que reconocen el lugar de la telaraña donde quedó atrapada su presa. Por otra parte, las respuestas a esta variedad de estímulos están reguladas por algún mecanismo de control. Por ejemplo, la auxina, una hormona vegetal que veremos en el capítulo 7, es la que genera la respuesta fototrópica.

Si bien los mecanismos de recepción de estímulos tienen formas diversas y cada grupo de seres vivos los procesa de manera diferente, ya viste en el capítulo 1 que podemos establecer un esquema general para describir estos fenómenos: recepción del estímulo, procesamiento y respuesta adecuada.

Ahora bien, ¿funciona este esquema para los organismos unicelulares?, ¿y para las células pertenecientes a un organismo pluricelular? En principio, podemos decir que tanto las células procariotas como las eucariotas son capaces de captar y procesar la información proveniente del ambiente (entendemos por "ambiente" tanto el medio exterior, en los organismos unicelulares, como el medio extracelular y las otras células, en los pluricelulares). ¿Ejemplos de información que pueden captar las células? Pueden ser la variación en la concentración de determinado ión (partícula cargada eléctricamente) disuelto en el medio y el estímulo transmitido de una célula muscular a otra del corazón para que miles de ellas respondan al unísono contrayéndose. Recordá que la información, a su vez, puede presentarse en forma de estímulo físico, como las variaciones de temperatura, presión o intensidad de luz; o de estímulo químico, como la presencia de glucosa en el medio que rodea a una levadura.

En los capítulos anteriores vimos muchos ejemplos de respuestas en organismos pluricelulares, pero ¿qué sucede en cada célula? Cuando una célula capta el estímulo (también llamado "señal"), lo procesa y produce una respuesta que se manifiesta, según las características del estímulo y la clase de célula, con alguno de los siguientes cambios:

- ▼ reproducción,
- ▼ diferenciación (adquirir características especiales y realizar una función determinada),
- ▼ incorporación o degradación de nutrientes,
- ▼ síntesis de materiales,
- ▼ secreción o almacenamiento de sustancias,
- ▼ contracción,
- ▼ propagación de señales o
- ▼ muerte celular.

La membrana plasmática

La membrana plasmática no es estática ni rígida. Por el contrario, se mueve en forma permanente. Por eso decimos que responde al **modelo de mosaico fluido** postulado por Seymour Jonathan Singer y Garth L. Nicolson en 1972.

Las moléculas básicas que forman la membrana plasmática son los lípidos. En su gran mayoría, fosfolípidos y, en menor medida, colesterol. Los fosfolípidos son moléculas pequeñas que tienen una parte hidrofílica ("amiga" del agua) y otra hidrofóbica (que repele el agua). Cuando estos lípidos se encuentran en un medio acuoso, se disponen en forma de doble capa, con las regiones hidrofílicas orientadas hacia el exterior y el interior de la célula y las hidrofóbicas enfrentadas entre sí.

En la doble capa lipídica "flotan", a manera de icebergs, grandes moléculas que veremos en profundidad en el capítulo 9, las proteínas. Algunas, las **proteínas integrales**, están fuertemente unidas a la bicapa o la atraviesan de lado a lado, una o varias veces. Otras, las **proteínas periféricas**, están unidas débilmente a la superficie interna o externa de la membrana.

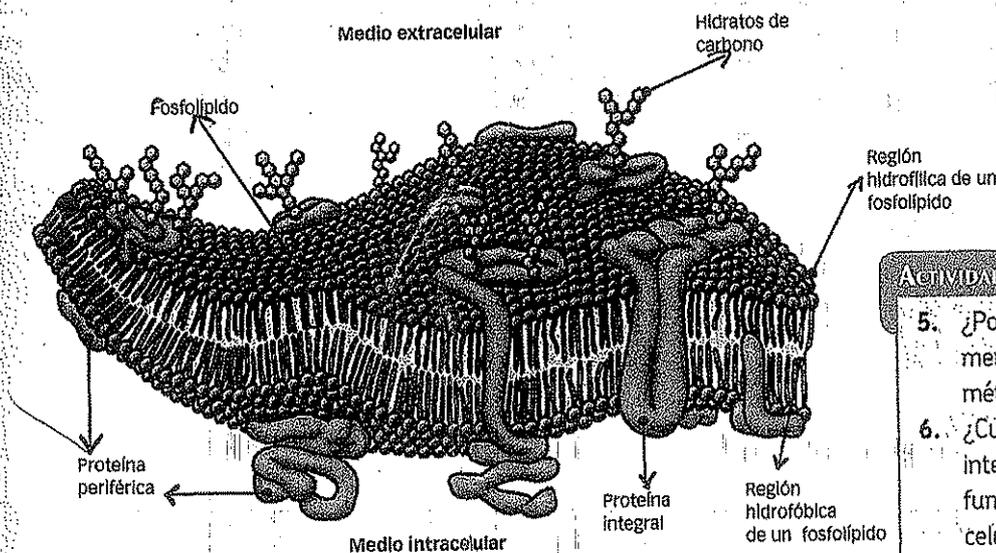
Una de las características de la membrana plasmática es su asimetría, pues presenta hidratos de carbono unidos a las proteínas o a los lípidos solo en su parte externa. La célula queda, entonces, envuelta en una especie de capa que, en general, es delgada y se denomina "glucocálix".

Las funciones de la membrana plasmática

Desde el punto de vista funcional, la membrana plasmática mantiene el medio intracelular diferenciado del entorno. Esto es posible gracias a que posee varias propiedades importantes, muchas de las cuales se deben a las proteínas que la constituyen:

- ▶ Tiene **permeabilidad selectiva**. La célula realiza numerosos intercambios con el medio a través de la membrana plasmática. Es decir, mientras ciertas moléculas o iones pueden atravesarla libremente, otras necesitan mecanismos especiales que veremos más adelante.
- ▶ Muchas de las proteínas que forman parte de la membrana funcionan como receptores encargados de identificar los estímulos provenientes del ambiente. ¿Más detalles de los receptores? Tenés que llegar a la página 76.
- ▶ El glucocálix interviene en las **uniones intercelulares** (entre las células) y las de las células con la matriz extracelular mediante proteínas integrales que atraviesan la membrana. También lo hace en el reconocimiento específico de células entre sí.

A partir de aquí desarrollaremos estas tres funciones de la membrana que tienen una relación directa con la captación de los estímulos y la respuesta celular.



Esquema simplificado de la membrana plasmática según el modelo de Singer y Nicolson.

ACTIVIDADES

5. ¿Por qué podemos decir que la membrana plasmática es asimétrica? Justificá tu respuesta.
6. ¿Cuáles son las moléculas que intervienen en las principales funciones de la membrana celular? ¿Cómo se distribuyen en ella?

La permeabilidad selectiva de la membrana plasmática

Dijimos que, como consecuencia de la permeabilidad selectiva de la membrana plasmática, la célula mantiene equilibrado su medio interno. ¿Cómo se logra esto? Mediante el transporte continuo de sustancias hacia un lado y el otro de la membrana. De acuerdo con el tamaño de esas sustancias y la dirección que lleven, podemos diferenciar dos tipos básicos de transporte: el **transporte pasivo** y el **transporte activo**.

El transporte pasivo

Las partículas de tamaño pequeño se mueven en forma espontánea desde zonas donde están más concentradas hasta zonas donde su concentración es menor. El transporte pasivo permite que las células incorporen (y también eliminen) varias sustancias *sin gasto de energía*, a favor de un *gradiente de concentración*.

Podemos diferenciar dos tipos de transporte pasivo:

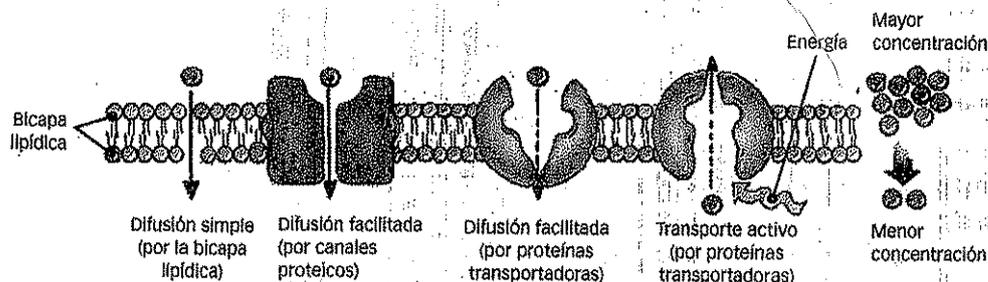
- ▶ **Difusión simple.** Los gases, como el oxígeno, o pequeñas moléculas solubles en los lípidos pasan libremente por la bicapa lipídica. Si la sustancia que atraviesa la membrana es el agua, el proceso se denomina **ósmosis**.
- ▶ **Difusión facilitada.** Los iones, como el calcio; algunos azúcares sencillos, como la glucosa, y los aminoácidos, como la glicina, ingresan "con la ayuda" de proteínas. Estas pueden formar **canales proteicos**, que son conductos que atraviesan la membrana, o bien tratarse de **proteínas transportadoras específicas**, que actúan como puertas de vaivén, es decir, que se abren para ambos lados de la membrana.

El transporte activo

Cuando la célula transporta sustancias desde donde están menos concentradas hasta donde su concentración es mayor, *gasta energía*. Decimos, entonces, que el transporte es activo, se hace *en contra de un gradiente de concentración* y está mediado por proteínas transportadoras.

El ejemplo más común lo constituyen las denominadas **bombas**. Se trata de proteínas integrales que transportan iones o moléculas de un lado al otro de la membrana plasmática. Gracias a este mecanismo, por ejemplo, las células mantienen bajas concentraciones de iones sodio y altas concentraciones de iones potasio en su interior por medio de la **bomba de sodio-potasio**. Esto es indispensable para muchos procesos biológicos relacionados con la irritabilidad celular, como la conducción del impulso nervioso (ver en el capítulo 6).

Otro tipo de transporte activo es el **transporte en masa** que se produce cuando la célula incorpora partículas de gran tamaño, ya sea para alimentarse, como una ameba, o para destruir elementos extraños al organismo, como es el caso de unas células del sistema inmunitario, los "macrófagos". Este proceso se denomina **endocitosis** y se realiza mediante un mecanismo basado en la formación de una vesícula. Si existe un reconocimiento entre los receptores —proteínas receptoras de la membrana— y las partículas que son transportadas, decimos que el transporte está "mediado por proteínas" y la endocitosis es **específica**. Si la sustancia que penetra lo hace en relación con su concentración en el medio intracelular, la endocitosis es **inespecífica**. A su vez, si las partículas ingeridas son sólidas, la endocitosis se denomina **fagocitosis**, y si se encuentran en un medio líquido, se llama **pinocitosis**.



Esquema simplificado de los distintos mecanismos de transporte a través de la membrana.

Los estímulos o señales

¿Sabías que algunas células regulan la división de otras? Normalmente, las células se reproducen cuando reciben el estímulo adecuado (muchas veces proviene de las células vecinas). Si esta comunicación no existe o es anormal, las células siguen sus instrucciones internas de reproducción. ¿Las consecuencias? Algunas no demasiado felices, como el desarrollo de tumores cancerígenos; vas a encontrar más información sobre este tema en la sección "La Posta" de este capítulo.

¿Cómo "advierde" una célula que debe reproducirse? ¿Cómo "sabe" una célula de un organismo pluricelular qué sustancias incorporar y cuáles eliminar al exterior? Como ya vimos, tiene que recibir un estímulo o señal desde el medio. Este estímulo es, por lo general, una sustancia, y proviene, en la mayoría de los casos, de otras células.

La acción de estimular a las células se llama **inducción** y la célula sensible al estímulo se denomina **célula diana** o **célula blanco**.

Dentro de un organismo pluricelular, las señales químicas pueden ser locales o distantes.

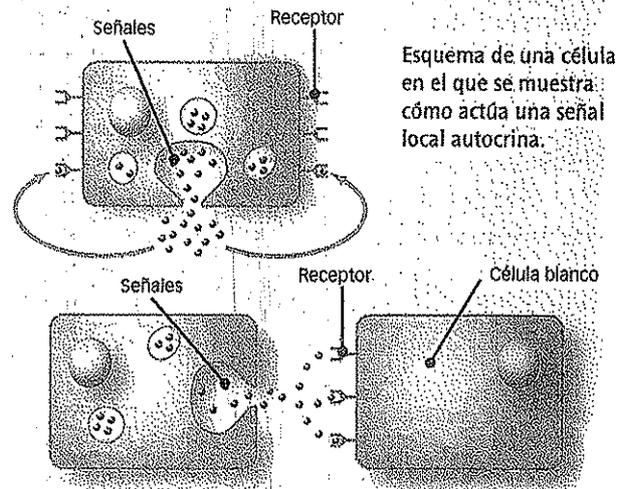
Las **señales locales** llegan hasta la célula blanco por difusión en el lugar. Existen tres tipos:

- ▶ Las **señales autocrinas** afectan a las propias células que las producen. Por ejemplo, las prostaglandinas.
- ▶ Las **señales paracrinas** repercuten sobre células vecinas que presentan los receptores adecuados. Los neurotransmisores, señales que transmiten el

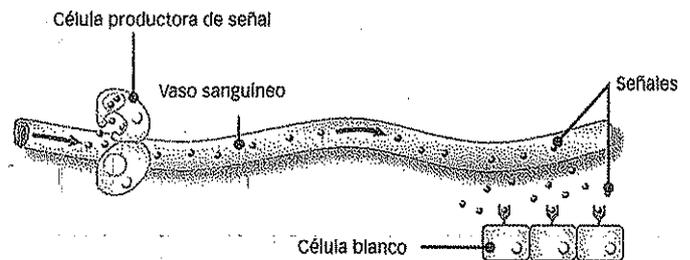
impulso nervioso de una célula a otra, como la serotonina, son un ejemplo.

- ▶ Las **señales yuxtacrinas** dependen del contacto entre dos células. Existen dos tipos de comunicación yuxtacrina: una se produce cuando la señal unida a la membrana de la célula inductora toma contacto con el receptor localizado en la membrana plasmática de la célula blanco. Esto ocurre, por ejemplo, en algunas respuestas inmunes. Otra se da en células conectadas a través de uniones entre las membranas plasmáticas (este tema lo veremos más adelante). Así, las células responden de manera coordinada ante una señal que se une a alguna de ellas. Por ejemplo, en la contracción de las células musculares cardíacas.

Las **señales distantes** llegan a la célula blanco mediante algún sistema circulatorio y son producidas por otra célula que se encuentra alejada del lugar de acción. Por ejemplo, las **señales endocrinas**, como las hormonas insulina o tirotrófina.



La señal local paracrina actúa sobre una célula distinta de la que la produce.



¿Puede un gas actuar como señal?

Una de las mayores sorpresas para los investigadores ha sido descubrir que determinados gases disueltos en el organismo pueden actuar como señales. El monóxido de nitrógeno (NO) es uno de ellos. Este gas actúa como señal paracrina y autocrina: El NO se sintetiza en las células endoteliales de las arterias y desde allí se difunde hacia las células musculares lisas que las circundan, produciendo su relajación y, por lo tanto, una vasodilatación. Esta es la razón por la cual la nitroglicerina se administra a pacientes con enfermedades cardíacas. En el organismo se convierte en NO, que dilata los vasos sanguíneos y así reduce la presión arterial. El NO también regula el flujo de sangre en los órganos sexuales.

La transducción de la señal y la respuesta

Así como un teléfono convierte una señal eléctrica en una señal sonora, la célula blanco convierte una señal extracelular en una señal intracelular. Este proceso, que se denomina **transducción de la señal**, es bastante complejo, pero podemos ver algunas características principales.

- ▶ La transducción tiene varios pasos. La formación del complejo señal-receptor activa una ruta intracelular de transmisión de señales que tendrá, como último paso, una respuesta específica.
- ▶ En cada paso, la señal se amplifica. Por ejemplo, como veremos enseguida, algunos **antígenos** (señales) pueden llegar a unos pocos receptores de la célula, pero esta termina respondiendo con la liberación de grandes cantidades de ciertas proteínas, los **anticuerpos**. Por cada señal que se une al receptor se obtienen muchas unidades de producto.
- ▶ En general, puede tener una **vía rápida** que se localiza en el citoplasma y una **vía lenta** en la cual la señal tiene que, de alguna manera, llegar al núcleo celular. Allí se "da la orden" para, por ejemplo, sintetizar anticuerpos.

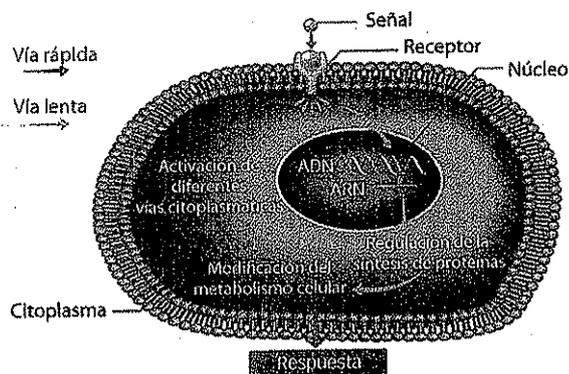
Tipos de respuesta

Los efectos que puede producir la recepción de una señal a nivel celular dependen, obviamente, del tipo de señal recibida, de su transducción y, sobre todo, del tipo de célula que recibe esa señal.

Podríamos preguntarnos ahora cómo ocurren estos efectos o respuestas. Hay varias posibilidades. Una de ellas es que se "abran" o se modifiquen las proteínas transportadoras de la membrana dejando pasar al interior de la célula, por ejemplo, el calcio, necesario para la contracción muscular. Otra es que se incremente la actividad enzimática para producir ciertas sustancias de secreción. También podría favorecerse el movimiento celular o su división, entre otras cosas.

Veamos solo un ejemplo. Analizaremos cómo se produce la respuesta inmunitaria en el ser humano mediada por anticuerpos. Cuando los agentes extraños (virus o bacterias) atraviesan las barreras primarias del cuerpo, como la piel o las mucosas, unas células especializadas, los **macrófagos**, los fagocitan. Además, los trocean en pequeños fragmentos y los exponen sobre la

propia membrana plasmática. De este modo son reconocidos por un tipo de glóbulos blancos, los **linfocitos T colaboradores**. Estos, a su vez, producen nuevas señales que estimulan la diferenciación de otro grupo de glóbulos blancos, los **linfocitos B**. Estos últimos, convertidos en **células plasmáticas**, sintetizan y liberan unas proteínas específicas contra los antígenos presentados por los macrófagos, los anticuerpos. Finalmente, los anticuerpos se adhieren a las bacterias o a las células infectadas por virus y así atraen con mayor avidez a los macrófagos para fagocitarlos.



Esquema simplificado del mecanismo general de transducción de una señal extracelular.

EL DETALLE

¿Cómo se produce la muerte de una célula dañada?

Muchas de las células del organismo tienen en su membrana el receptor CD95 o "receptor de muerte", que se activa cuando actúa el mecanismo de inmunidad en el que intervienen otras células de defensa. Si una célula es infectada por un virus, aparecen en su superficie pequeños fragmentos del virus o antígenos que son reconocidos como extraños por los receptores de los **linfocitos T asesinos**, los cuales, además, llevan en su membrana la señal CD95L o "señal de muerte". Cuando se acercan a la célula infectada, los receptores de los linfocitos se unen a los antígenos y la "señal de muerte", al receptor de membrana CD95. Se desencadena, entonces, una secuencia de reacciones, en la que se activan enzimas llamadas "caspasas". Estas enzimas actúan como los dientes de una sierra: rompen proteínas claves, activan otras que destruyen el ADN y producen la **muerte celular o apoptosis**.

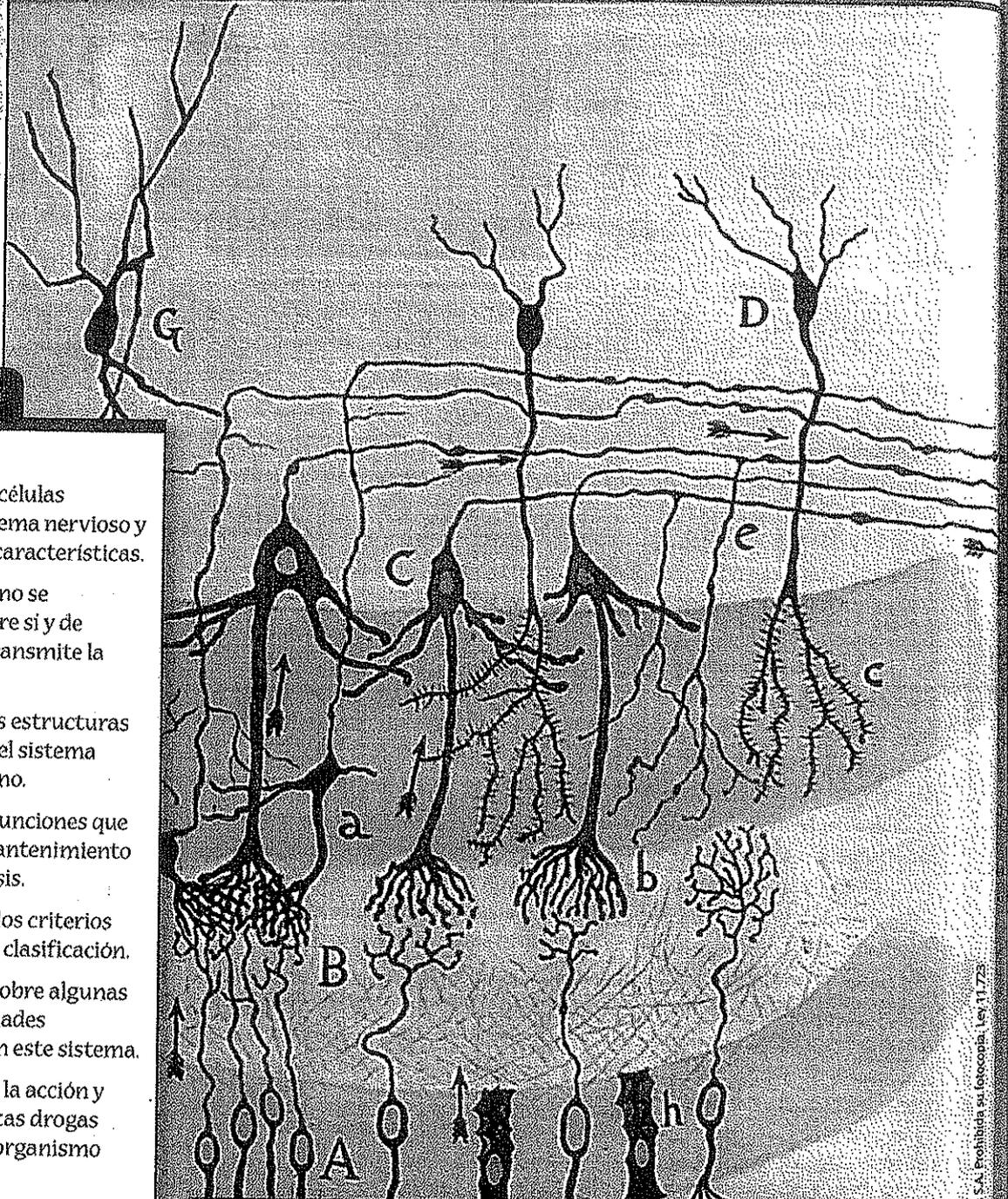
5

El control nervioso

LO QUE SE VIENE

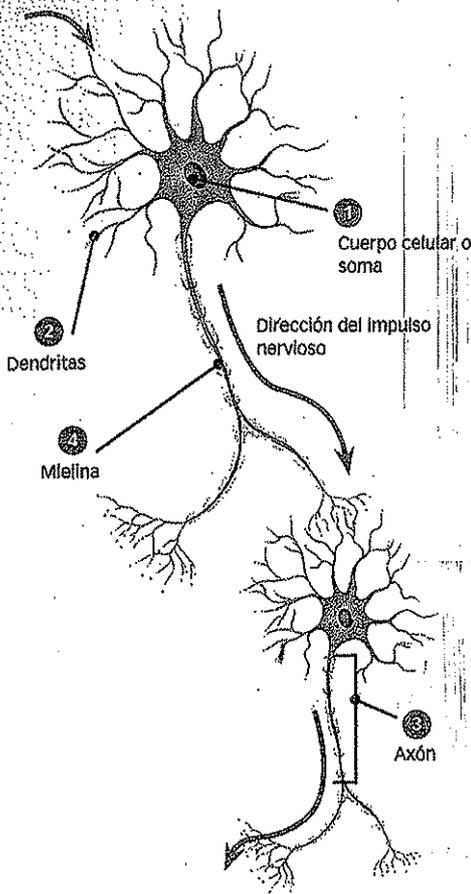
En este capítulo...

- Conocerás qué células integran el sistema nervioso y cuáles son sus características.
- Aprenderás cómo se comunican entre sí y de qué forma se transmite la información.
- Identificarás las estructuras que componen el sistema nervioso humano.
- Estudiarás las funciones que cumple en el mantenimiento de la homeostasis.
- Comprenderás los criterios utilizados en su clasificación.
- Te informarás sobre algunas de las enfermedades relacionadas con este sistema.
- Podrás analizar la acción y el efecto de ciertas drogas y venenos en el organismo humano.
- Aprenderás a analizar gráficos de barras.



Esquemas de las neuronas y sus conexiones, dibujados por el médico español Santiago Ramón y Cajal (1852-1934)

El sistema nervioso



1. **Cuerpo celular o soma:** como en toda célula, podemos reconocer el citoplasma (rodeado por la membrana plasmática), los orgánulos y el núcleo. Interviene en la producción de sustancias necesarias para la célula, así como en la coordinación de sus funciones vitales. Los somas agrupados forman los **ganglios nerviosos**.
2. **Dendritas:** prolongaciones ramificadas del cuerpo celular. A través de ellas, las neuronas reciben información de otras neuronas, aunque algunas señales también ingresan a través del soma.
3. **Axón:** ramificación extensa y larga (suele denominarse "fibra nerviosa"). Puede extenderse desde unos pocos milímetros hasta un metro de longitud, como en el caso de las fibras nerviosas que van desde la columna vertebral hasta los dedos de los pies. Presentan muchas ramificaciones en sus terminaciones, a través de las cuales pueden transmitirse señales de una neurona a la siguiente, o hacia los músculos o glándulas. Los conjuntos de axones forman los **nervios**.
4. **Mielina:** algunos axones están recubiertos por esta sustancia gracias a la cual la información se transmite más rápido, como veremos luego.

Muchas veces habrás escuchado frases como estas: "Los nervios me atacaron el estómago", "tiene una enfermedad del sistema nervioso", "se puso nervioso en el examen y se olvidó todo", pero... ¿a qué nos referimos cuando hablamos de "nervios"? ¿Y el sistema nervioso qué es? ¿Un "conjunto de nervios"? Vayamos por partes.

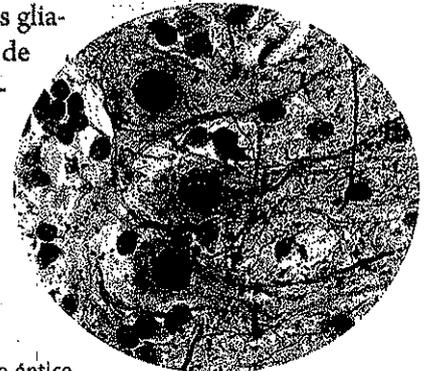
Como viste en capítulos anteriores, los seres vivos somos capaces de percibir estímulos del ambiente tanto externo como interno y responder de diferentes maneras. Pensá, por ejemplo, en el momento en que "ves venir" un pelotazo y lo esquivás. ¿Qué pasó desde el instante en que de algún modo percibiste la pelota hasta que moviste la cabeza? ¿Cómo llega la información desde las células u órganos receptores hasta los órganos o partes del cuerpo que efectúan la respuesta? Además de percibir la pelota, escuchás las risas de tus amigos, tocás el pasto bajo tus pies y sentís tu boca seca, mientras se digiere el almuerzo reciente y tal vez estás pensando en la película que te recomendaron tus amigos. Es decir, hay una multitud de estímulos y respuestas simultáneos. ¿Cómo se distribuyen, se procesan y se integran todos esos datos?

La información "viaja" a través de diferentes vías, que recorren nuestro organismo. Una de las vías de comunicación es el sistema circulatorio, que se ramifica por nuestro cuerpo de "punta a punta". Otra es el sistema nervioso, y lo seguiremos viendo en este capítulo. Si hablamos de sistemas, ya sabés que están formados por diversos órganos, tejidos y tipos de células. La célula más representativa del sistema nervioso es la **neurona**, que tiene características muy particulares.

Las células nerviosas

Si bien las neuronas pueden tener distintas formas y tamaños, una neurona "típica" tiene regiones estructurales bien definidas que desempeñan distintas funciones. Observalas en la ilustración de esta página.

Además, alrededor de las neuronas se encuentran las **células de la glía** o **células gliales**. Antiguamente se pensaba que solo cumplían funciones de sostén. Hoy se sabe que están estrechamente relacionadas con las neuronas de muchas maneras, ya que facilitan su nutrición y también retiran productos de desecho o restos de tejido. Hay distintos tipos de células gliales: algunas de ellas forman la vaina de mielina; otras, denominadas **astrocitos** por su forma estrellada, sirven de guía para el desarrollo neuronal y son esenciales en los procesos de regeneración tras una herida cerebral.



Tejido nervioso visto con un microscopio óptico.

La comunicación neuronal.

Cuando jugás y pateás una pelota, tal vez pasen unos pocos segundos desde que la divisás hasta que movés la pierna para patearla, pero ese tiempo es suficiente para que la información recibida por tus ojos se transmita hacia ciertas zonas del sistema nervioso y se elabore una respuesta; en este caso mover la pierna. Lo mismo ocurre con las reacciones involuntarias, como la aceleración del ritmo cardíaco e incluso con otras funciones más complejas, como elaborar una explicación o interpretar un texto como este.

Como vimos, en el cuerpo humano hay neuronas que miden más de un metro de largo, pero la mayoría tiene unos pocos milímetros, por lo tanto, la información debe transmitirse de una a otra hasta llegar a los órganos efectores.

Podemos identificar distintos tipos de neuronas:

- ▶ **Neuronas aferentes o sensoriales:** transmiten información recogida de estímulos externos (sonido, luz, presión) o internos del cuerpo (como el nivel de oxígeno en la sangre o la posición de la cabeza). Estas neuronas, conectadas a los receptores, pasan la información de neurona a neurona en forma de **impulsos nerviosos**, que es el "lenguaje" de comunicación entre ellas.
- ▶ **Neuronas eferentes o motoras:** transmiten los impulsos nerviosos hasta los órganos efectores, como los músculos o las glándulas.
- ▶ **Neuronas de asociación o interneuronas:** no son sensoriales ni motoras, sino que conectan a unas neuronas con otras formando una enorme red. La información se transfiere en lugares especializados llamados **sinapsis**.

Las neuronas aferentes y las eferentes, junto con las interneuronas que participan en el procesamiento de la información, forman un **circuito neuronal**.

Ahora bien, el impulso nervioso se genera gracias a un enorme flujo de iones a través de la membrana plasmática de la neurona que altera el llamado "potencial de reposo". Algo ya mencionamos en el capítulo 4. Veamos de qué se trata.

El potencial de reposo

Como viste en el capítulo anterior, las neuronas, como la mayoría de las células del organismo, están rodeadas de un medio líquido extracelular, constituido básicamente por agua, donde se encuentran disueltos diferentes iones. Los iones principales son los de sodio (Na^+) y en menor cantidad se encuentran iones potasio (K^+). Por el contrario, dentro de la célula hay mayor cantidad de iones K^+ que de Na^+ .

Esta distribución desigual de cargas eléctricas positivas entre ambos lados de la membrana celular genera una diferencia de voltaje o **diferencia de potencial**, y se dice que la membrana está **polarizada**, lo que se manifiesta con una ligera carga negativa dentro de la célula. Este **potencial de membrana** o **potencial de reposo** se puede medir y para las neuronas es de aproximadamente 70 milivoltios ($1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V}$). Una neurona que no está transmitiendo un impulso nervioso se encuentra en este estado.

Como se estudia la actividad neuronal.

Gran parte del conocimiento sobre la actividad neuronal proviene de experimentos realizados con calamares, moluscos que poseen un cuerpo muscular con axones muy largos (entre cien y mil veces más que un axón de mamífero) y de gran diámetro (en algunas especies llegan a tener cerca de 1 mm, dimensiones enormes cuando se los compara con los 10 o 20 micrones de otros axones).

En 1938, Alan L. Hodgkin y Andrew Huxley estudiaron la transmisión del impulso nervioso en el Laboratorio de Biología Marina de Plymouth, Inglaterra. Resultó clave la utilización de una "rareza anatómica": el axón gigante de calamar. El extraordinario tamaño de sus neuronas permitió insertar a lo largo del axón microelectrodos metálicos para medir el voltaje (en milivoltios) en relación con el tiempo (en milisegundos). Su trabajo y el de otros científicos establecieron que la actividad neuronal depende del flujo de ciertos iones a través de la membrana celular.



Los calamares que se comercializan, como el *Loligo vulgaris* o "nuestro" *Illex argentinus*, no tienen un axón de diámetro comparable al del *Loligo pealeii* o *Loligo forbesi*, empleados en investigación.

La bomba de sodio-potasio

Como ya sabes, los iones pueden atravesar la membrana celular y lo hacen según un gradiente electroquímico, esto es, van desde donde la concentración es mayor hasta donde es menor. Entonces, dado que hay más cantidad de K^+ adentro que afuera, el K^+ tiende a salir de la célula. Con el sodio sucede al revés: hay más afuera que dentro de la célula y entonces los iones de sodio tienden a entrar, de modo que se equilibren las cargas. ¿Cómo es, entonces, que la célula está polarizada? Una proteína de membrana que ya conocés, la **bomba de sodio-potasio**, que se activa cuando cambian las concentraciones de estos iones, "trabaja" en contra del gradiente, sacando tres iones sodio e ingresando dos iones potasio. En consecuencia, la acción combinada de todas las proteínas de membrana mantiene el potencial de reposo en el valor de -70 mV. ¿Por qué el signo negativo? Porque, por convención, se mide la diferencia de potencial entre el interior y el exterior.

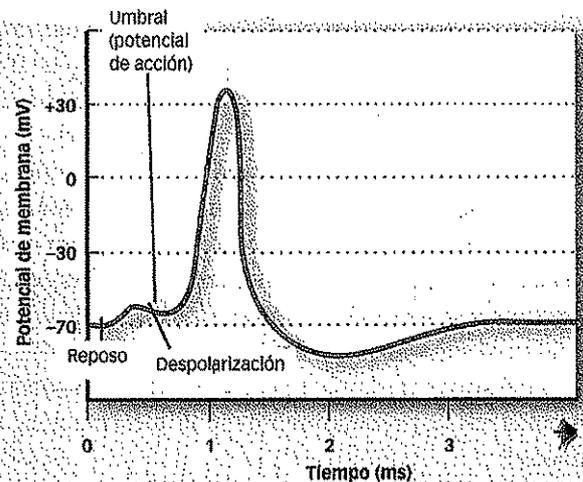
Generación del impulso nervioso

Si bien todas las células del organismo están polarizadas, solo en las neuronas y en las células musculares ese potencial de membrana puede modificarse, por eso se las llama "excitables". El **impulso nervioso** se genera cuando se modifica la permeabilidad de la neurona a los iones sodio. ¿De qué manera?

1. Al recibir un estímulo a través de las dendritas, en la membrana de la neurona se abren algunos canales de sodio en ese sitio de estimulación. Entonces, los iones Na^+ entran rápidamente en la célula, "tratando" de equilibrar su concentración (recordemos que el líquido intracelular es más pobre en sodio que el extracelular).
2. La diferencia de potencial dentro y fuera de la célula disminuye, ya que aumenta la cantidad de iones positivos adentro. Se dice que la membrana se **despolariza**.
3. Este cambio de voltaje afecta a ciertos canales de sodio cuya apertura depende del voltaje, y como consecuencia entra más sodio, lo cual, a su vez, despolariza más la célula y, por lo tanto, se abren más canales.

4. En suma, el efecto se va potenciando y al llegar a un determinado valor de voltaje, o **umbral**, el potencial de membrana cambia bruscamente y se invierte, pasando a un valor positivo de $+40$ mV. Este cambio brusco se denomina **potencial de acción**, el cual genera el impulso nervioso.

Una vez que se llega al umbral, se produce el "disparo" y se alcanza el máximo de despolarización, por eso se dice que es una respuesta "todo o nada". ¿Pensás que se dispara el mismo potencial de acción si te acarician un dedo que si te lo quemás con la hornalla? Sí, pero lo que cambia es la frecuencia: un estímulo más intenso genera más cantidad de potenciales de acción por segundo que uno más débil.



La llegada de un estímulo modifica la permeabilidad de la membrana a los iones sodio. Si el estímulo es subumbral, va decayendo en tiempo y espacio. Si, en cambio, alcanza el umbral, se genera un potencial de acción que no decae y mantiene su amplitud.

ACTIVIDADES

5. ¿Cuál sería la diferencia de respuestas entre una neurona del ojo que detecta una explosión respecto de una neurona que percibe la luz de una vela? ¿Cómo podrías esquematizar los potenciales de acción en cada caso?
6. ¿Qué ocurriría si, en vez de llegar un estímulo despolarizante, el estímulo llevara el potencial de membrana a un valor de -100 mV, es decir, que fuera hiperpolarizante?

Las sinapsis

Ya vimos cómo se conduce el impulso nervioso a lo largo del axón, pero... ¿qué pasa cuando "se termina" el axón? ¿Cómo y hacia dónde se transmite la información?

Según cuáles sean las estructuras que se pongan en contacto, podemos hablar de sinapsis entre:

- ▶ Axones y dendritas (**sinapsis axo-dendríticas**), axones y cuerpo celular de otra neurona (**axo-somáticas**) y entre axones (**axo-axónicas**). Aunque son menos frecuentes, también pueden establecerse sinapsis entre dendritas, entre somas, o entre dendritas y soma.
- ▶ Axones y células de los órganos efectores, como las musculares y las células secretoras de las glándulas.

La neurona que transmite la información se denomina neurona **presináptica**, y la que la recibe es la neurona **postsináptica**.

En algunos casos, las membranas celulares de ambas neuronas están estrechamente unidas y los iones pasan de una a otra a través de poros específicos: son las **sinapsis eléctricas**. En este caso, el impulso nervioso se propaga fácil y rápidamente. Este tipo de sinapsis está presente en invertebrados y en vertebrados inferiores, aunque también se las ha identificado en ciertas zonas del cerebro de mamíferos. En el cuerpo humano, estas sinapsis se dan en la retina, y también en el corazón y en el tracto digestivo, donde las señales nerviosas mantienen contracciones musculares firmes y rítmicas.

Otro tipo de sinapsis son las **sinapsis químicas**, en las que las membranas celulares están separadas por

una **hendidura o espacio sináptico**. ¿Cómo se comunican, entonces? A través de la acción de sustancias químicas que ya te presentamos en el capítulo 4, los **neurotransmisores**, y que veremos enseguida.

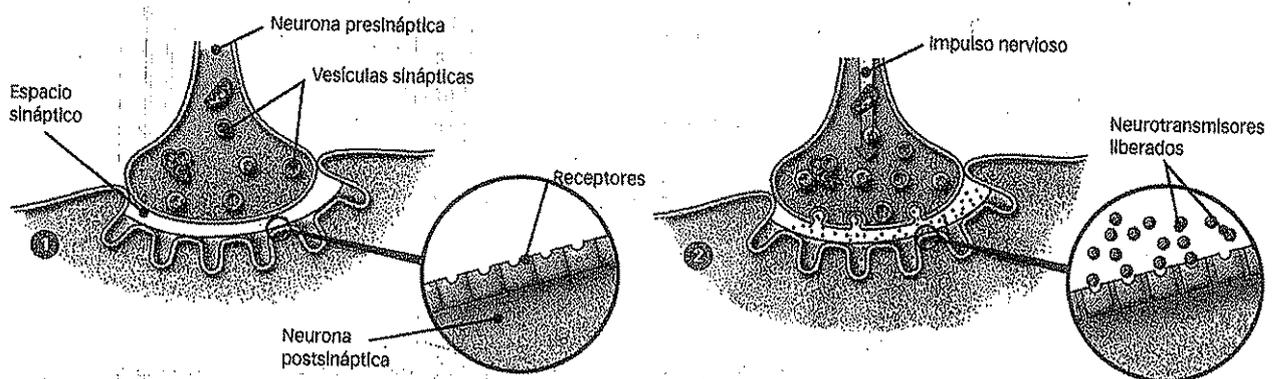
Sinapsis químicas

En la neurona se fabrican muchas sustancias. Algunas, como los neurotransmisores, son "empaquetadas" en **vesículas sinápticas**, orgánulos esféricos que se acumulan en la parte terminal de los axones.

Cuando el potencial de acción llega a la sinapsis, se activan ciertos canales de calcio que son dependientes del voltaje. Esto produce la entrada del ión calcio (Ca^{2+}) en la célula, y hace que las vesículas se fusionen con la membrana celular y liberen su contenido en el espacio sináptico.

Ahora bien, como viste en el capítulo anterior, cada tipo de neurotransmisor liberado se une a su receptor específico ubicado en la membrana postsináptica. A diferencia de la generación del potencial de acción, que es "todo o nada", las señales químicas pueden tener efecto variable. La unión neurotransmisor-receptor puede desencadenar distintos acontecimientos en la neurona postsináptica según cuál sea el neurotransmisor involucrado.

¿Cuándo termina el efecto de los neurotransmisores? Cuando su concentración disminuye. Esto ocurre cuando son degradados por enzimas específicas o son recapturados en el terminal presináptico, e incluidos en nuevas vesículas.



La entrada masiva de calcio provocada por la llegada del impulso nervioso permite que los neurotransmisores se liberen en el espacio sináptico y se acoplen a receptores postsinápticos específicos.

Los neurotransmisores

¿Qué efecto pueden tener los neurotransmisores en la membrana postsináptica? Si la consecuencia es que el interior de la célula se vuelva menos negativo (despolarización), decimos que es **excitatorio**, porque acerca el potencial de membrana al valor umbral. Pero si el efecto es que se mantenga el valor del potencial de reposo, o el interior de la célula se haga más negativo, el efecto es **inhibitorio**.

Cuando un neurotransmisor se une a su receptor postsináptico, se abren canales específicos y se produce la entrada de iones de acuerdo con su gradiente de concentración. Este flujo de iones genera un cambio eléctrico. Entonces, según el tipo de canal que se abra y los iones que ingresen, los potenciales postsinápticos pueden ser excitatorios, si tornan el interior menos negativo, o pueden ser inhibitorios si hiperpolarizan la membrana y la hacen menos propensa a disparar un nuevo impulso nervioso.

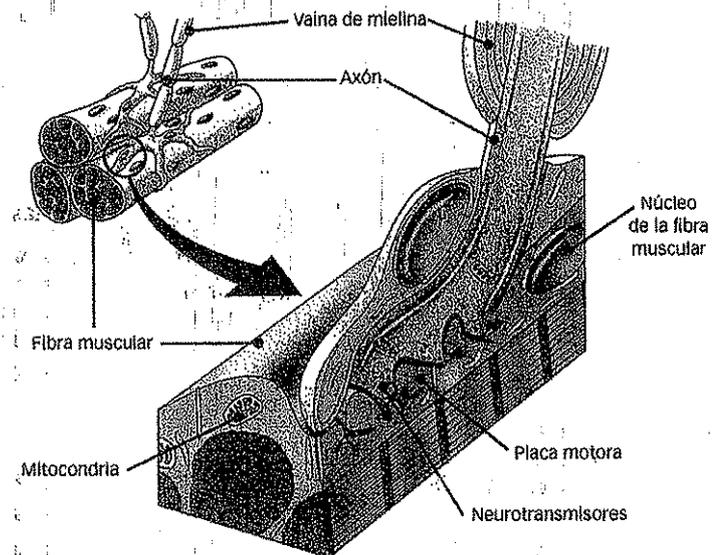
En el sistema nervioso se conocen más de cien neurotransmisores. Por ejemplo, la **acetilcolina** tiene generalmente un efecto excitatorio y provoca una despolarización en la célula postsináptica. Otro, el **GABA** (ácido gamma-aminobutírico), es generalmente inhibitorio. Tené en cuenta que una neurona puede liberar dos o más neurotransmisores diferentes. Además, según cuáles sean la neurona y el órgano involucrado, un mismo neurotransmisor puede ser excitatorio o inhibitorio.

La placa neuromuscular

Volvamos al caso de patear la pelota. La contracción muscular y la posterior relajación permiten que muevas la pierna para alcanzarla. El lugar donde una neurona motora hace sinapsis con un músculo esquelético se denomina **unión neuromuscular** o **placa motora**. La llegada del impulso nervioso produce la liberación del neurotransmisor acetilcolina, que despolariza la célula muscular (postsináptica) y provoca la contracción. La acetilcolina no es recaptada por la membrana postsináptica, sino que es destruida a gran velocidad por la acción de una enzima, la **acetilcolinesterasa**. Esta está anclada en la hendidura sináptica y actúa degradando unas 5.000 moléculas del neurotransmisor ¡por segundo!

La integración neuronal de señales

Hasta acá estuvimos hablando de una neurona en relación con otra, pero... pensá que una misma neurona puede hacer sinapsis con cientos o miles de neuronas. ¿Cuál es la respuesta? Suponé que una neurona está inervada por dos sinapsis excitatorias (donde cada una produce un potencial postsináptico excitatorio que no llega al umbral) y también por una sinapsis inhibitoria que produce un potencial postsináptico inhibitorio. Si bien cada sinapsis excitatoria aislada no alcanza para provocar un potencial de acción, los efectos sumados pueden superar el umbral y disparar una respuesta. Así, la suma de los potenciales que una neurona recibe permite que la célula integre la información eléctrica proporcionada por todas las sinapsis que actúan sobre ella.



Esquema de la placa motora.

ACTIVIDADES

8. Algunos insecticidas actúan inhibiendo la acción de la acetilcolinesterasa en forma irreversible. ¿Cuál creés que será el efecto sobre los músculos esqueléticos de los insectos?

¿Líquido extra en el cerebro?

El término "hidrocefalia" deriva de las palabras griegas hydro, que significa "agua", y kephale, que significa "cabeza". Consiste en una acumulación excesiva de líquido en el cerebro. Hoy se sabe que no se trata de agua, sino de líquido cefalorraquídeo (LCR). En condiciones normales, este líquido fluye por las cavidades del sistema nervioso central, llamadas "ventrículos", sale del cerebro y baja por la médula espinal.

El LCR es absorbido por la corriente sanguínea. Este equilibrio entre la producción y la absorción es de vital importancia. El aumento en la cantidad de líquido causa la dilatación de los ventrículos. La dilatación ocasiona una compresión potencialmente perjudicial en los tejidos circundantes.

La organización del sistema nervioso humano

Como vimos, las neuronas utilizan un "lenguaje" de potenciales de acción. Esto permite desarrollar diversos comportamientos de distintas complejidades, desde mover el dedo del pie si pisaste una colilla encendida de cigarrillo hasta elaborar una respuesta compleja en un examen. Si el lenguaje es el mismo, ¿de qué depende la respuesta? ¿Cómo y dónde se procesa y se integra la información que permite esta variedad de acciones? Veamos un poco la estructura del sistema nervioso.

Para facilitar su estudio, el sistema nervioso puede organizarse según diversos criterios. Considerando su estructura, hablamos de **sistema nervioso central (SNC)** y de **sistema nervioso periférico (SNP)**.

El sistema nervioso central

El SNC es un conjunto de órganos blandos protegido por tres membranas, las **meninges**, y por envolturas óseas: el cráneo y la columna vertebral. Presenta cavidades llenas de un líquido incoloro y transparente, el **líquido cefalorraquídeo**, de funciones muy variadas; por ejemplo, actúa como amortiguador de golpes, y a través de él se intercambian sustancias y se eliminan productos de desecho.

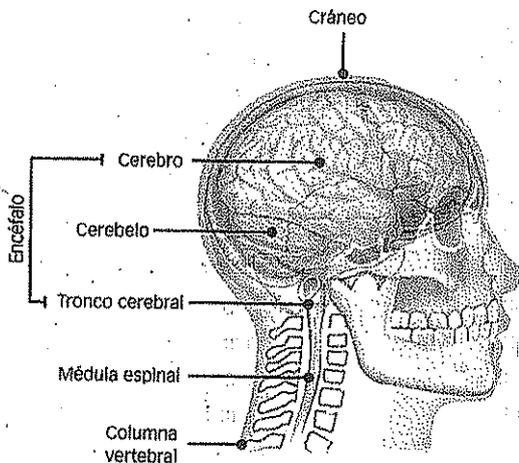
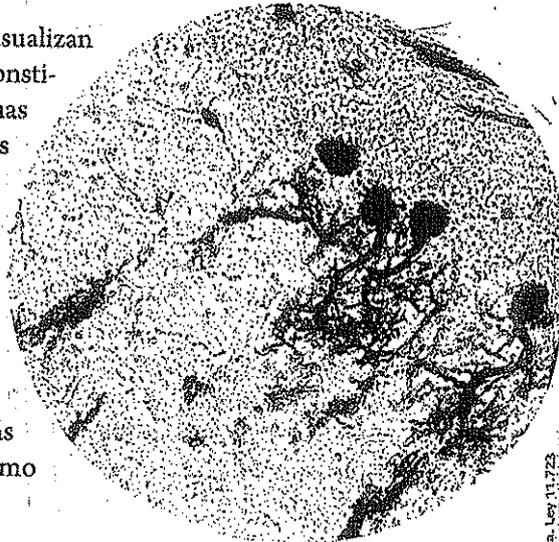
El SNC está constituido por el **encéfalo** y la **médula espinal**. El encéfalo, a su vez, está integrado por el **cerebro**, el **tronco cerebral** y el **cerebelo**.

La médula espinal es un "cable" neuronal del grosor del dedo meñique ubicada dentro de la columna vertebral. Se comunica con el encéfalo a través del tronco cerebral.

En todo este sistema se visualizan dos zonas: la **materia gris**, constituida por interneuronas, somas de neuronas motoras y células gliales, y la **materia blanca**, formada por los axones de los nervios que conducen señales entre distintas regiones del SNC. La materia blanca debe su color a la vaina de mielina.

Más adelante veremos más detalles tanto del encéfalo como de la médula espinal.

El SNC está formado principalmente por interneuronas (entre 10.000 y 100.000 millones). Es la porción del sistema nervioso que integra y controla todas las actividades fisiológicas (como la digestión y el latido cardíaco). También recibe y procesa la información sensorial y ordena las respuestas. Controla y regula la conciencia, la memoria, las emociones y la capacidad de generar pensamientos.



El encéfalo se encuentra protegido por los huesos del cráneo, que forman una bóveda de paredes muy resistentes y proporcionan una protección efectiva a los delicados órganos. La médula espinal se ubica dentro de la columna vertebral.

El sistema nervioso periférico

¿Cómo llega la información desde el SNC hasta el dedo del pie? A través del sistema nervioso periférico. Está formado por **nervios** que se extienden hasta todos los tejidos y órganos del cuerpo.

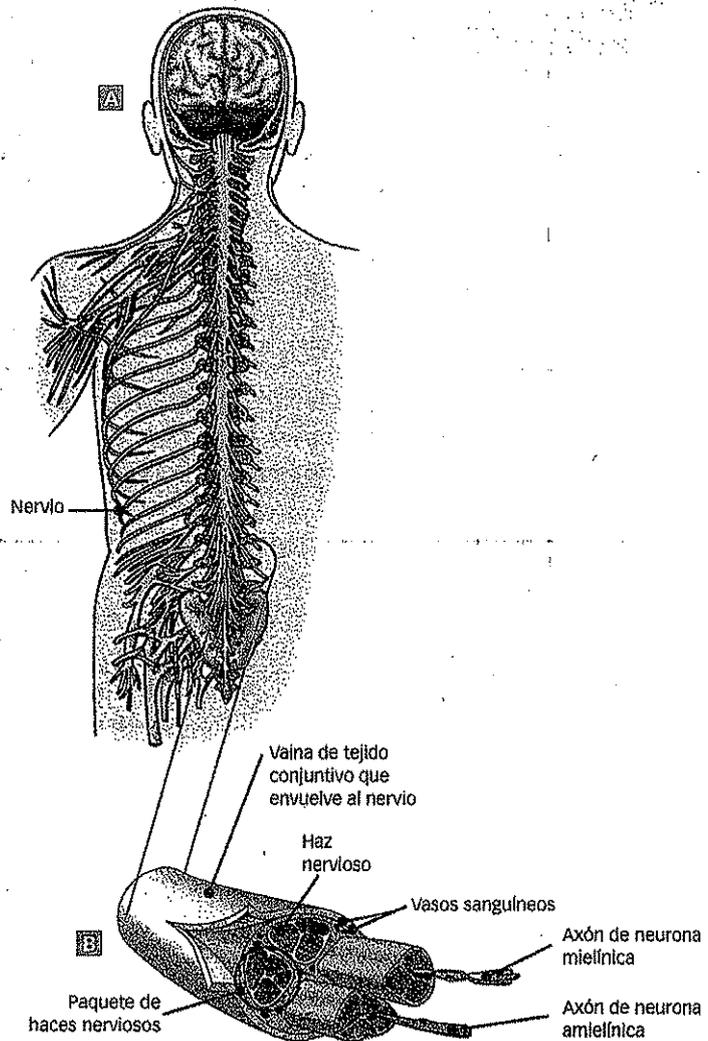
¿Recordás cuando mencionamos las neuronas aferentes? Son las que llevan información sensorial desde la periferia hacia el SNC. Los nervios periféricos también contienen axones de neuronas motoras o eferentes, que llevan señales desde el SNC hacia los órganos y músculos.

Las fibras del sistema nervioso periférico forman nervios que pueden conectarse directamente con el cerebro, como el caso del nervio óptico o el auditivo, y otras que se conectan con la médula espinal. ¿Cómo? Entran y salen a través de espacios entre las vértebras.

Las respuestas motoras del SNP se clasifican, según su función, como integrantes de dos subsistemas: el **sistema nervioso somático (SNS)** y el **sistema nervioso autónomo (SNA)**.

▶ El SNS controla la **contracción de los músculos voluntarios**, como cuando saludás con la mano o flexionás las piernas para agacharte. También controla los **movimientos involuntarios o reflejos**, como veremos luego. Todos estos movimientos involucran la actividad de varias zonas o **centros cerebrales**. Es importante destacar que la estimulación nerviosa produce la contracción del músculo, es decir, su acortamiento. Los músculos "funcionan" en pares antagónicos, es decir que mientras uno de ellos se contrae, el otro permanece relajado.

▶ El SNA regula la actividad de los **músculos lisos**, del **corazón** y de algunas **glándulas**. Pero, ¿cómo es que se regula, por ejemplo, la frecuencia cardíaca? Si estamos caminando, el corazón late a un cierto ritmo, pero si corremos para alcanzar el colectivo, se acelera. Este control se ejerce a través de dos subsistemas: el **sistema nervioso simpático** y el **sistema nervioso parasimpático**. Es importante destacar que esta clasificación es funcional y también anatómica, ya que los axones de cada uno surgen de distintos centros del sistema nervioso central.



Los nervios forman el sistema nervioso periférico. Se originan en el encéfalo y en la médula espinal. A. Esquema que muestra los nervios de una zona del cuerpo humano. B. Detalle de un nervio.

Actividades

9. El estudio de la organización del sistema nervioso es muy complejo. ¿Te pusiste a pensar en algún modo de organizar toda esta información? Una buena manera es armar algún esquema con las distintas clasificaciones. Hacerlo en tu carpeta y compartirlo con un compañero o una compañera. ¿Son parecidos? ¿Por qué? ¿Les parece que puede resultarles útil para comprender el tema?

Funcionamiento del sistema nervioso autónomo

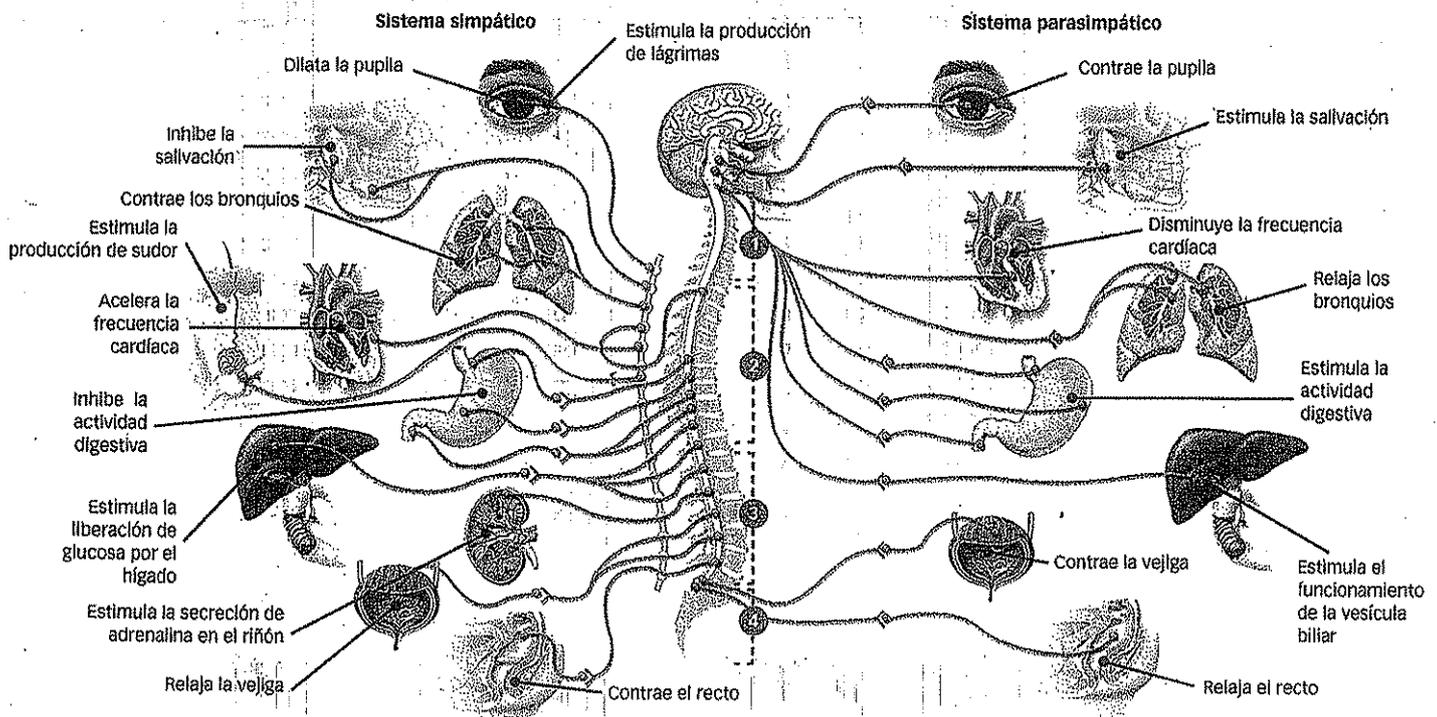
Veamos de qué "se ocupa" cada subsistema simpático y parasimpático. Pensemos en el comportamiento ante una situación de estrés o peligro. Para un animal podría ser la persecución por parte de un predador, para los seres humanos hay muchas situaciones que pueden originar la sensación de miedo. ¿Qué nos ocurre? Aumentan las frecuencias cardíaca y respiratoria (estamos agitados). Esto se debe a un incremento en las descargas de las neuronas del sistema nervioso simpático. Estas neuronas inervan los vasos sanguíneos de la piel y hacen que se contraigan, ¡y nos ponemos pálidos! La contracción de estos y otros vasos incrementa el retorno de la sangre al corazón, lo que eleva la presión sanguínea y permite enviar más sangre a los músculos. Las pupilas se dilatan, el movimiento rítmico del intestino se ralentiza o se detiene y los esfínteres de la vejiga se relajan, lo cual puede conducir a orinar en forma involuntaria. La estimulación simpática produce, además, la liberación de grandes cantidades de glucosa del hígado, que se vuelca a la sangre y aporta energía extra a los músculos. En suma, todo el cuerpo está en alerta, preparado para

luchar o para salir corriendo. Una vez pasado el peligro, entra en acción el parasimpático, se contraen las pupilas, disminuye la frecuencia cardíaca y se estimula la secreción de las glándulas digestivas y salivales.

Como te habrás dado cuenta, estos sistemas actúan en forma **antagónica**. Las descargas del sistema simpático provocan respuestas fisiológicas que preparan al organismo para reaccionar frente a una emergencia y para la actividad muscular intensa que puede suscitarse. En cambio, las acciones del parasimpático se relacionan con la regulación de las funciones restaurando los valores fisiológicos normales. El balance entre ambos determina el estado del individuo.

ACTIVIDADES

- Analiza el esquema de esta página. ¿De qué lugar del SNC salen los axones del simpático? ¿Y los del parasimpático?
- Ante un susto, podés sentir la boca seca, el clásico "nudo en el estómago" o incluso ponerte a llorar. ¿Qué parte del sistema nervioso autónomo está actuando en cada caso?



La mayoría de los órganos internos reciben inervación simpática y parasimpática, y su funcionamiento depende de la acción de ambos sistemas, que habitualmente actúan en forma antagónica. En general, el simpático tiene una acción excitatoria de funciones relacionadas con situaciones de alerta o huida, en tanto que el parasimpático tiene función restauradora, estimulando funciones más "calmas", como la digestión. 1. Región cervical. 2. Región torácica. 3. Región lumbar. 4. Región sacra.

El encéfalo

Como vimos, el encéfalo forma parte del SNC. Dentro del encéfalo se identifican distintas regiones.

- ▶ El **cerebelo**, ubicado en la parte posterior de la base del cráneo, interviene en la coordinación de los movimientos del cuerpo, recibe información de ciertas zonas cerebrales y de sensores de posición ubicados en músculos y articulaciones y controla la postura corporal, los movimientos continuos y precisos y el equilibrio.
- ▶ En el **tallo cerebral** se ubican diversas estructuras, como el **bulbo raquídeo**, que controla la respiración, el ritmo cardíaco y la presión arterial, razón por la cual resulta muy peligroso recibir un golpe en la base del cráneo.
- ▶ El cerebro está formado por dos mitades simétricas, los **hemisferios cerebrales**, comunicados entre sí por una banda de axones: el **cuerpo calloso**. En el cerebro, la materia blanca es interna y está rodeada por una capa externa de materia gris, que constituye la parte más desarrollada del cerebro humano: la **corteza cerebral**. Por debajo de la corteza, el resto de los tejidos forma la **región subcortical**. Las funciones del cerebro incluyen: el inicio y la coordinación de los movimientos, el control de la temperatura, el tacto, la vista, el oído, la resolución de problemas, las emociones, la memoria y el aprendizaje. En "La Posta" de este capítulo vas a encontrar una entrevista emocionante sobre un caso muy particular.

La corteza cerebral

La corteza cerebral está formada por miles de millones de neuronas. Está plegada y forma hendiduras profundas, o **cisuras**, y repliegues, o **circunvoluciones**, que aumentan enormemente su superficie. Allí se encuentran los somas neuronales que reciben información sensorial, la procesan, almacenan una parte en la memoria, dirigen movimientos voluntarios y son capaces de elaborar razonamientos complejos.

A través del estudio de pacientes con lesiones en determinadas zonas, se han podido comprender algunas de sus funciones. Veamos.

- ▶ Algunas áreas contienen neuronas que son sensoriales: reciben información sensorial, la procesan y la transmiten. Aquí se incluyen la **corteza visual**, la **auditiva** y la **somatosensorial**, que recibe información de neuronas sensibles a estímulos, como el tacto, la temperatura y el dolor.
- ▶ Otras regiones constituyen la **corteza motora**. Allí se generan las órdenes que mueven los músculos. Muchas de sus neuronas controlan los movimientos finos y precisos de los dedos de las manos, y en menor cantidad están asociadas con movimientos menos ajustados, como los dedos de los pies.
- ▶ Otras regiones corticales, conocidas como **corteza de asociación**, son responsables de funciones complejas como la memoria, la toma de decisiones y la comunicación.

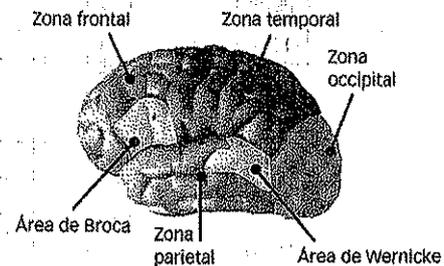
DETALLE

¿Cómo se procesa el lenguaje?

En la década de 1860, el cirujano francés Paul Broca estudió los cerebros de pacientes incapaces de hablar y planteó que esto ocurría debido a una lesión en el lado izquierdo del cerebro. Posteriormente se estudiaron otros pacientes con trastornos de lenguaje que habían sufrido lesiones en otra zona del hemisferio izquierdo. El fisiólogo Carl Wernicke propuso esta zona como responsable de la comprensión del lenguaje hablado.

El área de Broca (en la corteza motora) controla los movimientos de los músculos de los labios, la lengua y las cuerdas vocales. La lesión en esta área afecta la producción del habla, y se caracteriza por la incapacidad de crear oraciones gramaticalmente complejas, pero no hay problemas de comprensión.

La lesión en el área de Wernicke (en la corteza sensorial) no afecta el habla, que es fluida, pero sin sentido. Está alterada la percepción del habla, ya que se observa una disminución de la comprensión de las palabras habladas y escritas. Aproximadamente el 90% de las personas diestras y el 65% de las personas zurdas tienen estas áreas del habla en la corteza cerebral izquierda.



Ubicación de las zonas de la corteza y las áreas del lenguaje.

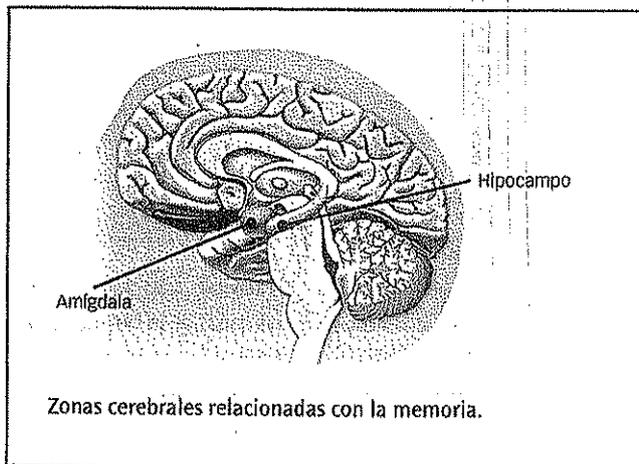
Aprendizaje y memoria

Si tuvieras que pensar en algo que ya aprendiste, ¿qué dirías? ¿Cuándo hablamos de aprendizaje? Seguramente hay muchas definiciones. Como viste en el capítulo 3, para los científicos que estudian el aprendizaje en animales, es el cambio de comportamiento como resultado de una experiencia. El almacenamiento de esta información para ser utilizada en el futuro es lo que llamamos **memoria**.

Actualmente se piensa que tanto el aprendizaje como la producción de comportamientos complejos dependen de la enorme cantidad de circuitos neuronales situados entre las vías aferentes y las eferentes. Por lo tanto, una manera de estudiar el aprendizaje es tratar de comprender cómo funcionan las conexiones en los circuitos neuronales de animales muy sencillos (en "La Posta" del capítulo 6 vas a encontrar una entrevista muy interesante relacionada con el tema).

Los científicos han clasificado la memoria, según su duración, en **memoria de corto plazo** y **memoria de largo plazo**. De acuerdo con el momento de ocurrencia de los hechos, en cambio, hablamos de **memoria retrógrada**, si los recuerdos corresponden a hechos ya ocurridos, y **memoria anterógrada**, si se trata de almacenar nueva información. Pero ¿dónde se "guarda" la memoria?

Ciertos experimentos en animales y el estudio de personas que han perdido la memoria debido a enfermedades y lesiones cerebrales indican que hay algunas zonas cerebrales subcorticales relacionadas con la memoria, como la **amígdala** o el **hipocampo**. Este último muestra una intensa actividad eléctrica durante el aprendizaje.



La enfermedad de Alzheimer

La enfermedad de Alzheimer afecta a entre el 5 y el 7% de las personas de más de 65 años y cuenta ya con más de cien años de historia. En noviembre de 1901, un paciente de 51 años ingresó en un hospital de enfermedades mentales de Frankfurt con pérdida de memoria progresiva, alucinaciones, desorientación y trastornos de la conducta y del lenguaje. Luego de su muerte, su cerebro fue estudiado por el Dr. Alois Alzheimer, quien describió **placas neuríticas** (grupos de terminales axónicos anormales asociados con una proteína).

Esta enfermedad produce la lesión y posterior destrucción de las neuronas, lo que reduce el aporte de acetilcolina a regiones como la amígdala y el hipocampo, neurotransmisor esencial para los procesos de memoria y aprendizaje.

El motivo de consulta suele ser la pérdida de memoria. El paciente no recuerda dónde ha dejado las cosas (incluso objetos de valor), olvida citas, mensajes, deja canillas abiertas y fuegos encendidos, no recuerda a las personas que acaba de conocer ni es capaz de aprender a manejar los nuevos electrodomésticos.

EL DETALLE

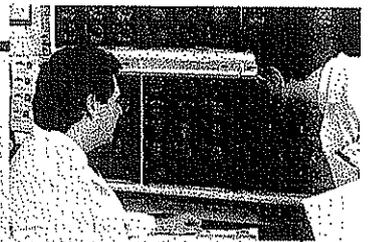
¿La cafeína podría combatir el Alzheimer?

Diversas investigaciones han indicado que un consumo moderado de cafeína podría proteger al cerebro de la pérdida de memoria durante un proceso normal de envejecimiento. Recientemente, un grupo de científicos de los Estados Uni-

dos realizó un estudio con cincuenta ratones alterados genéticamente para desarrollar en la vejez problemas de memoria como los causados por el Alzheimer. A la mitad de los animales se le suministró durante dos meses 1,5 miligramos de cafeína diarios, dosis que para un humano equivaldría a cinco tazas de café. Los cerebros de los ratones que tomaron cafeína experimentaron una reducción de cerca del 50% en los niveles de beta-amiloide, la sustancia que forma las placas pegajosas características de la enfermedad.

Según uno de sus autores, el neurocientífico Gary Arendash, "el hallazgo es una evidencia de que la cafeína puede ser un tratamiento viable para la enfermedad además de una estrategia protectora".

La resonancia magnética es uno de los estudios que se realizan para apoyar el diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer.



Las drogas en el sistema nervioso

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define una **droga** como toda sustancia que, introducida en el organismo vivo, puede modificar una o más funciones de este, pudiendo producir un estado de dependencia física, psíquica o de ambos tipos.

Muchas drogas, tanto medicamentosas como las llamadas "ilegales" (cocaína y heroína, entre otras) y aun las socialmente aceptadas, como el tabaco o el alcohol, ejercen su efecto sobre los neurotransmisores, en distintas zonas del sistema nervioso.

En el cerebro, neurotransmisores como la **dopamina**, la **serotonina** o la **norepinefrina** tienen un efecto excitatorio y son reabsorbidos rápidamente por la neurona presináptica. Pero la **cocaína**, por ejemplo, bloquea esta reabsorción y los neurotransmisores permanecen más tiempo en la hendidura sináptica ejerciendo mayor efecto, razón por la cual esta droga produce euforia y sensación de alegría.

El **alcohol**, por su parte, estimula los receptores del neurotransmisor GABA, lo cual intensifica las señales inhibitorias. ¿El resultado? Un efecto sedante de muchas funciones controladas por el cerebro, como el juicio, el movimiento o la respiración.

Por su parte, muchas sustancias de origen natural pueden resultar tóxicas dado que actúan a nivel de los canales iónicos, en las membranas presinápticas y postsinápticas, bloqueando receptores o inhibiendo la recaptación de los neurotransmisores. En el caso del **botulismo**, por ejemplo, la ingestión de la toxina producida por la bacteria *Clostridium botulinum* bloquea la liberación del neurotransmisor acetilcolina en la placa neuromuscular, los músculos no pueden contraerse y se paralizan, lo que puede llegar a producir asfixia.

Un efecto similar produce el veneno de ciertas arañas y serpientes (ver "La Posta" del capítulo 3) al unirse en forma irreversible a los receptores de ese neurotransmisor, impidiendo que se abran los canales postsinápticos. La parálisis que se produce en los músculos esqueléticos deja a la presa imposibilitada de escapar. La **toxina tetánica**, responsable de la enfermedad del tétanos, por su parte, produce espasmos musculares intensos e intermitentes y rigidez generalizada.

Como te habrás dado cuenta a partir de los ejemplos, las drogas son sustancias que pueden afectar distintos niveles del sistema nervioso, tanto central como periférico. Además, según dónde actúen, tienen diferentes consecuencias.

Salud Activa

No importa el lugar,
ni la situación.
Si tu amigo,
tu hermano,
o alguien que está con vos,
tomó de más.

Podés ayudarlo.

0800 222 5462
orientación en adicciones las 24 hs.

0800 222 9911
servicio de toxicología las 24 hs.

Subsecretaría de Atención a las Adicciones

Salud Buenos Aires

Se habla de **adicción a las drogas** cuando una persona consume alguna sustancia en forma repetitiva, periódica y dependiente. El afiche corresponde a una campaña realizada en la provincia de Buenos Aires en 2008.

ACTIVIDADES

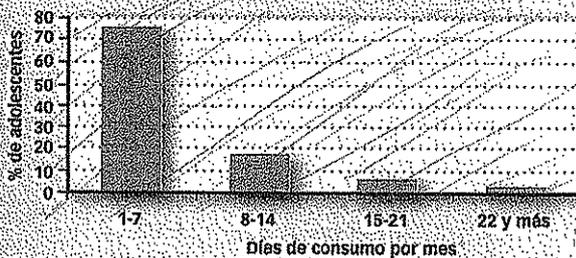
14. El neurotransmisor acetilcolina se encuentra en los terminales nerviosos que inervan las glándulas sudoríparas y salivales, provocando la secreción de sudor y saliva, respectivamente. Existe una enfermedad llamada "hiperhidrosis" en la que hay un aumento de la secreción en las axilas y plantas de las manos y pies, muchas veces asociada a olor fétido por la presencia de microorganismos que se desarrollan mejor en zonas húmedas. Provoca incapacidad personal (predisposición a infecciones y hongos), social y laboral (dificultades para escribir porque mojan el papel, o al tocar a otra persona). En estos casos se realiza un tratamiento local con toxina botulínica, conocida en la jerga de la medicina estética como bótox.
- ¿Por qué el bótox puede resultar beneficioso para estos pacientes?
 - ¿Y en el caso de las arrugas faciales?

Ciencia en tus manos

Análisis de gráficos de barras

En su trabajo cotidiano, los científicos llevan a cabo diversas tareas: realizan investigaciones bibliográficas, plantean experimentos, analizan situaciones, obtienen datos, sacan conclusiones, etc. Los datos pueden expresarse de diferentes maneras, ya sea en un texto, en una tabla o en gráficos. La información es la misma, pero cambia la forma de presentarla. En muchos casos, los datos resultan más fáciles de analizar, comparar o establecer otras relaciones. Hay distintos tipos de gráficos: de torta, de líneas o de barras. Analicemos un ejemplo.

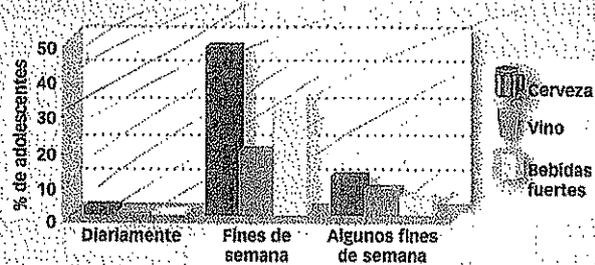
Una investigación sobre el consumo de alcohol en estudiantes secundarios de la provincia de La Pampa, realizada por el Ministerio de Bienestar Social de la provincia en 2007, reportó los siguientes datos, tal como se muestra en el gráfico de barras: el 72,7% de los adolescentes bebe alcohol entre 1 y 7 veces por mes, casi el 18% lo hace entre 8 y 14 veces y solo el 2,7% consume bebidas alcohólicas más de 22 veces al mes.



Distribución porcentual de los estudiantes según cantidad de días de consumo de bebidas alcohólicas en los últimos treinta días.

Posteriormente se investigó la frecuencia de consumo de distintas bebidas. El siguiente gráfico de barras muestra que el mayor consumo de alcohol es durante el fin de semana, cuando el 43% bebe cerveza, el 15% prefiere el vino y los consumidores de bebidas fuertes alcanzan el 30%. Este tipo de gráficos de barras nos permite comparar datos y visualizar rápidamente otras relaciones. Por ejemplo, dentro de los que consumen alcohol algunos fines de semana, el

mayor porcentaje elige la cerveza, y el vino ocupa el segundo lugar de preferencia, relación que se da también en aquellos que consumen alcohol diariamente. Las barras referidas a cerveza son las más altas, con lo cual se corrobora que es la bebida más consumida por los adolescentes.



Frecuencia de consumo de cerveza, vino y bebidas fuertes en los últimos treinta días.

Nota: podés ver el informe completo en www.adicciones.lapampa.gov.ar

ACTIVIDADES

15. Analicen el siguiente gráfico y respondan.

- ¿Cuál es la bebida preferida por los adolescentes que toman un solo trago por ocasión? ¿En qué porcentaje?
- Cuando aumenta el número de tragos por ocasión, ¿prevalece la misma bebida que en el punto a)?
- ¿Qué relación encontrás entre la cantidad de tragos y el tipo de bebida?



A: 1 trago
B: 2-3 tragos de cerveza / 3 tragos de vino y bebidas fuertes
C: 3 tragos o más de cerveza / 4-5 o más tragos de vino / 6 tragos o más de bebidas fuertes

Cantidad de consumo de cerveza, vino y bebidas fuertes en cada ocasión en los últimos treinta días.

7

El control endocrino

Billy Crystal



LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

- Conocerás los antecedentes históricos de la construcción del concepto de "hormona".
- Comprenderás los mecanismos de regulación de la glucemia.
- Identificarás las acciones de diversas hormonas en el organismo.
- Comprenderás la regulación hormonal del ciclo menstrual.
- Diferenciarás los mecanismos de retroalimentación positiva y negativa.
- Entenderás la participación de las hormonas en el estrés.
- Comprenderás el concepto de regulación neuroendocrina de la homeostasis.
- Analizarás el uso de modelos en el aprendizaje de conceptos científicos.



La famosa "edad del pavo"

Entre la niñez y la vida adulta, los seres humanos transitamos una etapa llamada "adolescencia". Los psicólogos y sociólogos dicen que en otras épocas duraba unos pocos años, pero se ha extendido y ahora puede pasar la segunda década de vida. En el lenguaje cotidiano se conoce al inicio de esa etapa como la "edad del pavo". Es una época de muchos cambios y de todo tipo, que tal vez estén ocurriéndote ahora. Los rasgos infantiles desaparecen y el cuerpo cambia muy rápidamente, tanto que no sabes qué hacer con los brazos o dónde meter tus largas piernas. Te mirás en las vidrieras de la calle y no te reconocés. ¡Parece que estuvieras en el cuerpo de otro! A los varones les salen pelos por todas partes, sus órganos genitales se agrandan y la voz se les hace más grave y rancia. En las mujeres el cuerpo de nena se transforma: las caderas se ensanchan y los pechos crecen, un día aparece la menstruación y dicen por ahí que ¡ya es una mujer!

Los adolescentes pasan de la alegría a la tristeza muy fácilmente. Pueden reírse a carcajadas y minutos después llorar desconsoladamente. El humor les cambia, se vuelven más hoscos, reservados, rebeldes y cuestionadores. En suma, además de los cambios físicos, la "edad del pavo" suele venir acompañada de un cambio de carácter, a veces profundo.

LO QUE SABES

1. ¿Por qué al inicio de la adolescencia se lo llama la "edad del pavo"? ¿Qué tiene que ver con este capítulo?
2. ¿Qué relación tiene la foto de la película *My Giant* (Mi gigante) con el tema del capítulo?
3. ¿A qué tipo de control hace referencia el título?
4. ¿Existe alguna relación entre el sistema nervioso y el endocrino? ¿Cuál?
5. En estas páginas podríamos incluir fotos de mujeres barbudas, de gigantes o de personas enanas. ¿Qué tendrían que ver con este capítulo?

CONCEPTOS BÁSICOS

glándula. Estructura formada por células epiteliales modificadas, que producen y segregan una o más sustancias útiles para el organismo.

La coordinación e integración de las actividades que se cumplen en nuestro organismo requieren de un sistema muy eficiente que, en interacción con el sistema nervioso, permita mantener condiciones internas relativamente estables y regular el funcionamiento continuo de todos los órganos. Ese control "a distancia" es realizado por las diferentes hormonas que produce el sistema endocrino. En este capítulo, estudiaremos la organización y el funcionamiento de este sistema.

EL SISTEMA ENDOCRINO EN EL HOMBRE

Todos somos conscientes de que una vez que nacemos, en nuestro cuerpo, se producen una gran cantidad de cambios. No sólo aumenta de tamaño a medida que crecemos o experimenta modificaciones en la adolescencia; sino que, a la vez que estos cambios ocurren, se dan una serie de mecanismos que permiten regular las condiciones de nuestro medio interno. Éstos son: la temperatura corporal, la presión arterial, la cantidad de glucosa y otros nutrientes que circulan en la sangre y que las células necesitan para cumplir adecuadamente las distintas funciones metabólicas.

¿Quién es responsable de regular todos estos mecanismos que ocurren

Glándulas que constituyen el sistema endocrino

Hipotálamo: es la parte del cerebro que se relaciona con la hipófisis. Produce neurohormonas que relacionan al sistema endocrino con el nervioso.

Hipófisis: produce diferentes hormonas que controlan el crecimiento, el parto, la lactancia, el equilibrio hídrico y el funcionamiento de otras glándulas endocrinas.

Paratiroides: regula, junto con la glándula tiroides, la concentración de calcio en la sangre.

Tiroides: las hormonas que produce regulan las reacciones metabólicas que ocurren en las células y la concentración de calcio en la sangre.

Timo: produce hormonas que activan la respuesta inmune.

Glándulas suprarrenales: producen diferentes hormonas. Algunas intervienen en el metabolismo de los azúcares, proteínas y lípidos, aumentando los niveles de glucosa en sangre. Otras regulan la concentración de sales en el organismo o determinan respuestas del organismo frente a las situaciones de estrés.

Ovarios: producen óvulos y hormonas que determinan las características del sexo femenino, regulan el ciclo menstrual y preparan al útero para la gestación.

Páncreas: produce hormonas que regulan la concentración de glucosa en la sangre.

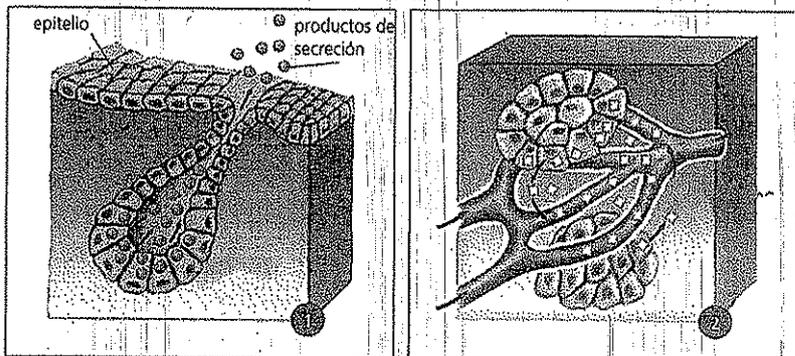
Testículos: producen espermatozoides y hormonas que determinan las características sexuales masculinas.

muy lentamente, pero tienen efectos tan duraderos? En el hombre, al igual que en los demás mamíferos, el control de estas funciones está a cargo del sistema endocrino. Este sistema se encarga de producir las distintas hormonas que regularán los procesos como el crecimiento, la maduración sexual y las funciones que permiten que nuestro organismo mantenga las condiciones internas constantes.

El sistema endocrino está formado por glándulas. En el ser humano, las glándulas se ubican en diferentes partes del cuerpo y producen alrededor de 30 hormonas distintas. Las hormonas se liberan a la sangre y, a través de ella, son transportadas a lo que llamamos órgano o tejido blanco que es desde donde ejercen una acción específica.

Glándulas y hormonas

Las glándulas que forman parte del sistema endocrino se pueden diferenciar en tres grupos. Las glándulas de secreción interna o endocrinas, como la hipófisis y la tiroides, que producen hormonas que pasan directamente hacia el torrente sanguíneo, y desde allí son transportadas hasta las células blanco. Las glándulas de secreción externa o exocrinas, como las glándulas sudoríparas y salivales, que presentan conductos a través de los cuales liberan sus secreciones a la superficie corporal o a cavidades que se comunican con el exterior del cuerpo. Y las glándulas mixtas, que elaboran los dos tipos de secreciones, un ejemplo es el páncreas, que, además de producir el jugo pancreático que interviene en la digestión de los alimentos, produce insulina y glucagón, dos hormonas que regulan la concentración de glucosa en la sangre. También los testículos y los ovarios pertenecen a este grupo de glándulas **A**.



A 1. Glándula exocrina 2. Glándula endocrina 3. Glándula mixta.

Las hormonas animales tienen ciertas características en común:

- Son sustancias orgánicas que circulan permanentemente por la sangre. De esta forma, actúan como mensajeros químicos, ejerciendo su acción lejos del lugar donde fueron producidas **B**.

- Actúan específicamente sobre los distintos órganos y tejidos llamados blanco, aun en pequeñísimas cantidades, estimulando o inhibiendo ciertos procesos que se realizan en las células de estos tejidos u órganos.

- Una vez que han cumplido su función, son eliminadas del organismo o se degradan rápidamente; por ello deben ser segregadas de manera continua.

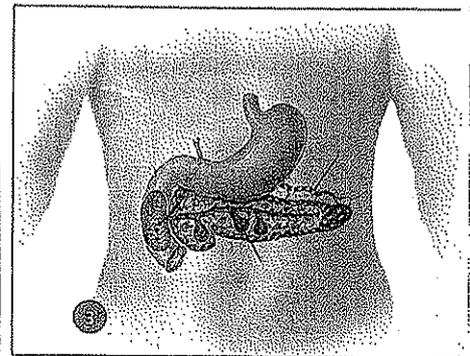
- El defecto (hipofunción) o el exceso (hipersecreción) de una hormona pueden provocar alteraciones en el organismo que suelen tener graves consecuencias.

Las glándulas endocrinas no actúan en forma aislada, sino que, en general, influyen estimulando o inhibiendo la acción de otras, y así le aseguran al organismo el máximo de posibilidades de actuar con éxito, tanto en condiciones normales como en situaciones de emergencia.

Actitud

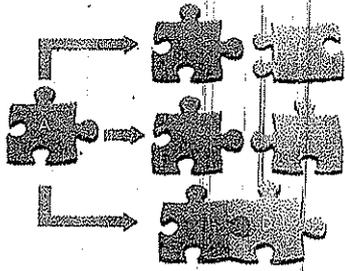
1. ¿Por qué los ovarios y los testículos son considerados glándulas mixtas?
2. ¿Qué glándula regula el funcionamiento de otras glándulas endocrinas?

Lo G^o Pura



HORMONAS QUE ACTÚAN LOCALMENTE

Algunas hormonas son liberadas en cantidades tan pequeñas o son inactivadas tan rápido que la sangre no tiene oportunidad de distribuir las a las células blanco distantes. Por eso, estas hormonas actúan sobre células cercanas. Un ejemplo es la histamina, que libera las células dañadas al cortamos la piel y que interviene en la respuesta inflamatoria de la herida. También, ciertas células especializadas del estómago y del duodeno producen varias hormonas que estimulan la secreción de los jugos digestivos.



A Formación del complejo hormona-receptor. Como si fuera una llave con su cerradura, la hormona sólo puede unirse a un único receptor. La hormona A sólo puede unirse al receptor D.

CONCEPTOS BÁSICOS

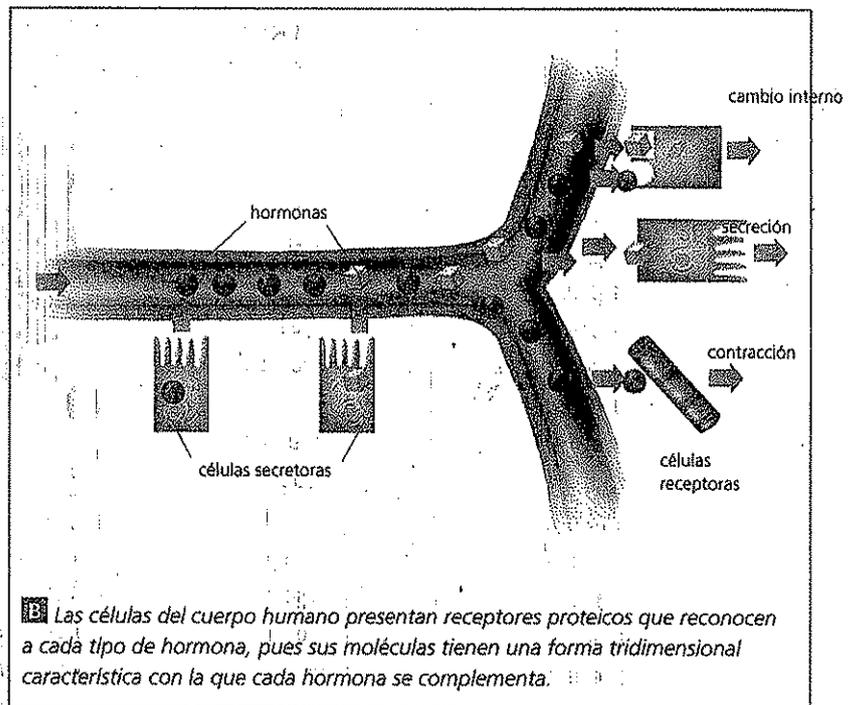
hormonas esteroideas. Grupo de hormonas formadas por moléculas relativamente pequeñas, solubles en lípidos.

Las células blanco

Desde que nacemos, circulan permanentemente por la sangre diferentes hormonas que llevan un mensaje específico hacia las distintas partes de nuestro organismo.

Entonces, ¿cómo identifica cada hormona las células blanco sobre las que deben actuar?, ¿de qué forma logran ejercer su acción sobre esas células?

Para responder estas preguntas, se debe tener en cuenta que, según su composición química, algunas hormonas son proteínas —como la insulina—, mientras que otras son esteroideas —como las hormonas sexuales—. Como consecuencia, las moléculas de cada tipo de hormona tienen una forma tridimensional característica, que les permite unirse específicamente a ciertos receptores proteicos presentes en las células blanco. La relación hormona-receptor puede ser comparada con la complementariedad que existe entre una llave y una cerradura **A**. Y así como existe una llave para cada cerradura, hay una hormona cuyas moléculas se complementan con los receptores de su célula blanco. Este mecanismo de reconocimiento permite que las hormonas actúen en forma selectiva sobre determinadas células y controlen sus actividades **B**.



B Las células del cuerpo humano presentan receptores proteicos que reconocen a cada tipo de hormona, pues sus moléculas tienen una forma tridimensional característica con la que cada hormona se complementa.

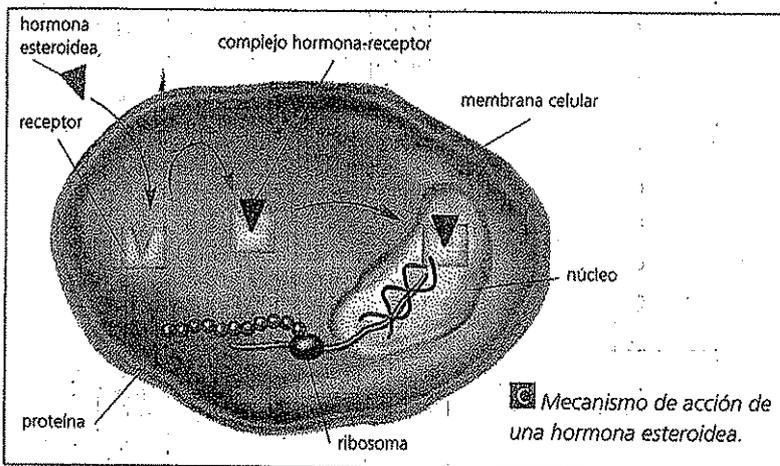
Los efectos de las hormonas sobre las células blanco pueden ser muy variados, pero, en general, desencadenan tres posibles respuestas:

- estimulan la contracción de los músculos esqueléticos;
- provocan ciertos cambios internos en las células;
- estimulan o impiden la producción de hormonas en otras glándulas.

Mecanismos de acción hormonal

Cuando la hormona que es transportada por la sangre llega a la célula blanco, su receptor es estimulado a realizar una acción específica según el tipo de hormona de que se trate:

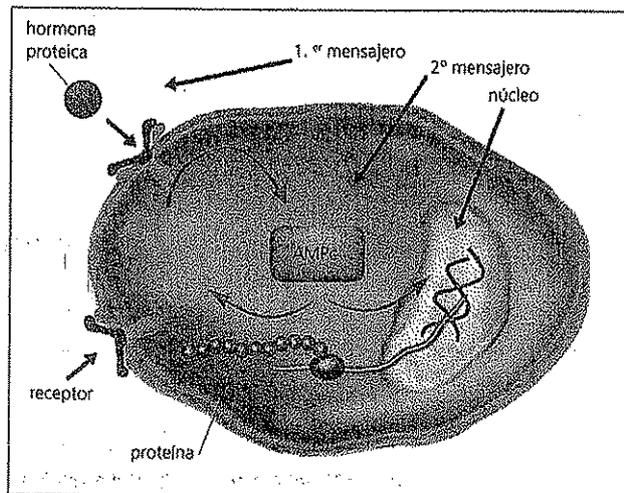
- Las hormonas esteroideas son relativamente pequeñas y solubles en lípidos. Por eso, pasan fácilmente a través de la membrana plasmática y se unen a un receptor proteico ubicado en el citoplasma de sus células blanco. Se forma así el complejo hormona-receptor. Luego pasa al núcleo donde regula la formación de ciertas proteínas. Además de las hormonas sexuales, pertenecen a este grupo la hormona tiroidea y los corticoides.



- Las hormonas proteicas son moléculas de gran tamaño que no pueden entrar al citoplasma de la célula blanco. Se las considera el primer mensajero, ya que se unen a un receptor proteico específico que hay en la superficie de su membrana plasmática, provocando la formación de un segundo mensajero, una sustancia llamada AMP cíclico. Esta sustancia desencadena una serie de reacciones químicas dentro de la célula, que activa un conjunto de enzimas que, a su vez, modifican el funcionamiento de la célula blanco y producen un cambio metabólico determinado. De esta forma, actúan la insulina, el glucagón, la adrenalina y la hormona del crecimiento.

En ambos casos, la formación del complejo hormona-receptor actúa como una "señal" para las células blanco, que inician o interrumpen ciertos procesos que ocurren en su interior y que, como resultado, producen diferentes respuestas.

Mecanismo de acción de las hormonas proteicas.



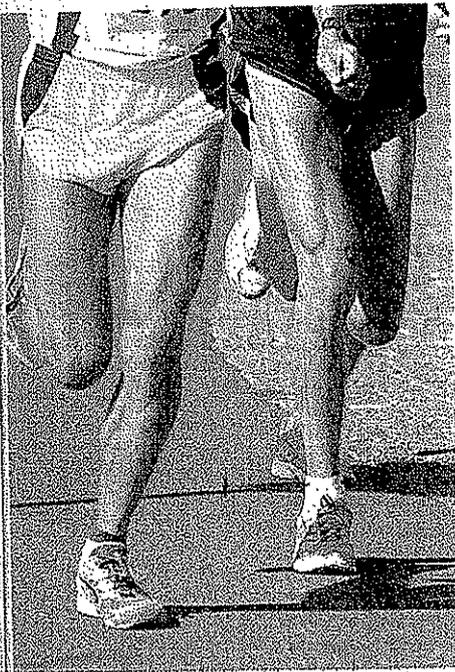
CONCEPTOS BÁSICOS

Lípido. Sustancia orgánica generalmente denominada grasa. Componente estructural importante de la membrana celular.

1. ¿Por qué podemos afirmar que las hormonas son muy específicas?

2. ¿Qué posibles acciones puede desencadenar una hormona sobre la célula blanco?

¡Lo Go!
¡¡¡¡



A Cualquier actividad física requiere el mantenimiento de la homeostasis a través del control ejercido por el sistema endocrino.

LA RETROALIMENTACIÓN NEGATIVA

Podemos comparar los procesos de realimentación negativa que ocurren en nuestro organismo con el funcionamiento de los aparatos que mantienen la temperatura del agua de una pecera. Estos aparatos tienen un termostato, que detecta los cambios en la temperatura del agua que, previamente, se estableció como normal. Si el termostato detecta que la temperatura es inferior o superior a ese valor, activa o apaga el calefactor. De ese modo, se logra que la temperatura del agua, aumente o disminuya hasta alcanzar el valor deseado. En este caso, la variación de la temperatura es la señal que estimula el encendido o el apagado del calentador.

B La retroalimentación negativa.

Homeostasis y control

Frente a los cambios que ocurren en forma permanente en el medio que nos rodea, nuestro organismo, al igual que el de los demás seres vivos, es capaz de controlar su medio interno y mantenerlo estable, en niveles de funcionamiento relativamente constantes: a esta característica la llamamos homeostasis. La homeostasis es fundamental para que las células puedan funcionar adecuadamente, y las hormonas son la pieza "clave" para lograr este objetivo, ya que controlan la mayoría de los procesos metabólicos que ocurren en el nivel celular.

¿Qué sucede, por ejemplo, un día muy caluroso si realizamos una intensa actividad física?: la piel se cubre de sudor, y los músculos "agotados" van a demandar glucosa para usarla como fuente de energía **A**.

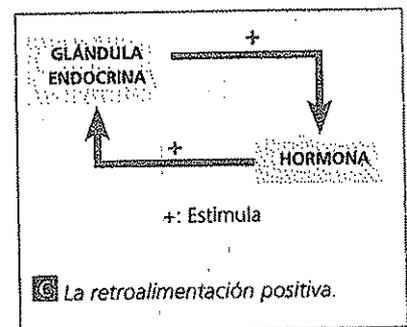
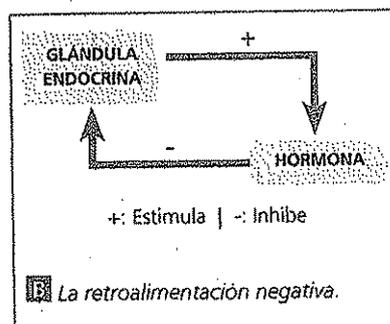
¿Pensaron por qué no nos deshidratamos o por qué las células no se "mueren de hambre" en este tipo de situaciones? La respuesta es sencilla, el sistema endocrino detecta ciertas señales internas a través de receptores y se encarga de segregar las hormonas específicas que permiten mantener la concentración de agua y glucosa en la sangre en niveles normales.

Pero ¿cómo es posible que el sistema endocrino segregue de forma precisa, en el momento adecuado y en la cantidad necesaria, cada una de las hormonas que permiten regular los distintos procesos? ¿Cómo se "apaga" la señal una vez que el mensaje fue recibido e interpretado por las células blanco?

Una de las características de las hormonas es que su secreción está cuidadosamente regulada por mecanismos de retroalimentación, que tienden a mantener la homeostasis. Estos mecanismos de control pueden ser de dos tipos:

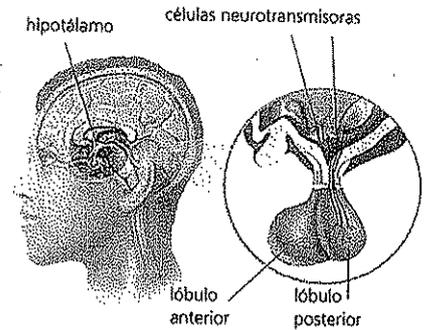
- En la retroalimentación negativa **B**, cuando la concentración de una hormona aumenta por encima del nivel normal, la glándula deja de producir, inhibe su funcionamiento y deja de secretar. De la misma manera, cuando los niveles de la hormona son muy bajos, la glándula es estimulada para que aumente su secreción. Así, los niveles hormonales se mantienen prácticamente constantes **C**.

- En la retroalimentación positiva **C**, un cambio en el medio interno desencadena una respuesta que aumenta aún más el efecto inicial, es decir, que un incremento en los valores de la hormona provoca un aumento en su secreción. Este tipo de regulación tiene lugar, en situaciones especiales como en la ovulación, que estudiaremos más adelante.



REGULACIÓN DE LAS SECRECIONES HORMONALES

El sistema endocrino presenta distintos mecanismos de retroalimentación negativa que regulan la producción y la liberación de hormonas según las necesidades del organismo. En algunos casos, las hormonas se segregan cuando se detecta algún cambio en el medio interno; por ejemplo, las variaciones en la concentración de ciertas sustancias en la sangre, como la glucosa o el calcio, o los cambios en la presión arterial o en el volumen de agua. En otros casos, la regulación es mucho más compleja ya que está determinada por la acción de otras hormonas e involucra la interacción del hipotálamo y la hipófisis anterior **D**.



D Relación entre el hipotálamo y la glándula hipófisis.

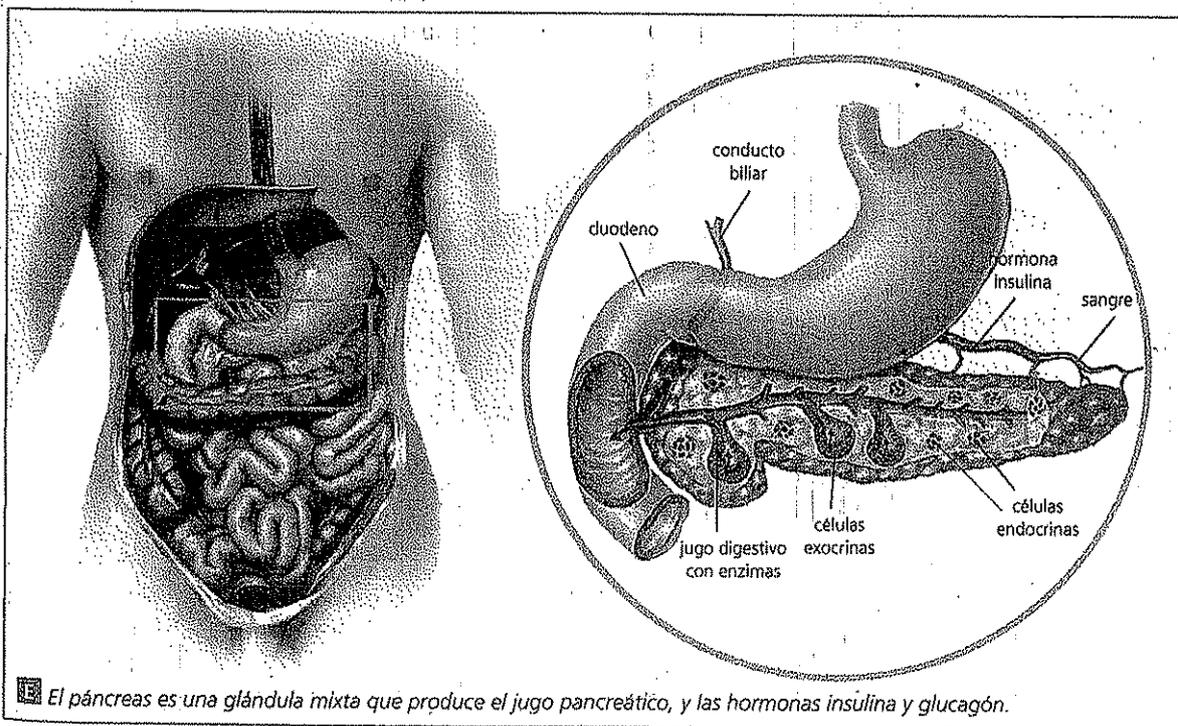
El páncreas y la glucemia

El páncreas **E** es una glándula mixta ubicada en el abdomen, por debajo y por detrás del estómago, que posee dos porciones secretoras claramente diferenciadas. Una de ellas está formada por células exocrinas que segregan el jugo pancreático; las enzimas de este jugo participan en la digestión de los alimentos en el duodeno. La otra porción secretora está formada por células endocrinas, agrupadas en los llamados islotes de Langerhans, y se encarga de producir dos hormonas peptídicas que regulan la glucemia; es decir, la concentración de la glucosa en la sangre. Dos tipos de células forman parte de los islotes: las llamadas beta, células muy pequeñas que producen la hormona insulina; y las llamadas alfa, células más grandes y periféricas que se encargan de producir el glucagón.

CONCEPTOS BÁSICOS

enzima. Es una sustancia de naturaleza proteínica que potencia y acelera ciertas reacciones en el metabolismo del organismo.

hormonas peptídicas. Sustancias producidas por algunas glándulas endocrinas que están constituidas por pequeñas moléculas llamadas aminoácidos.

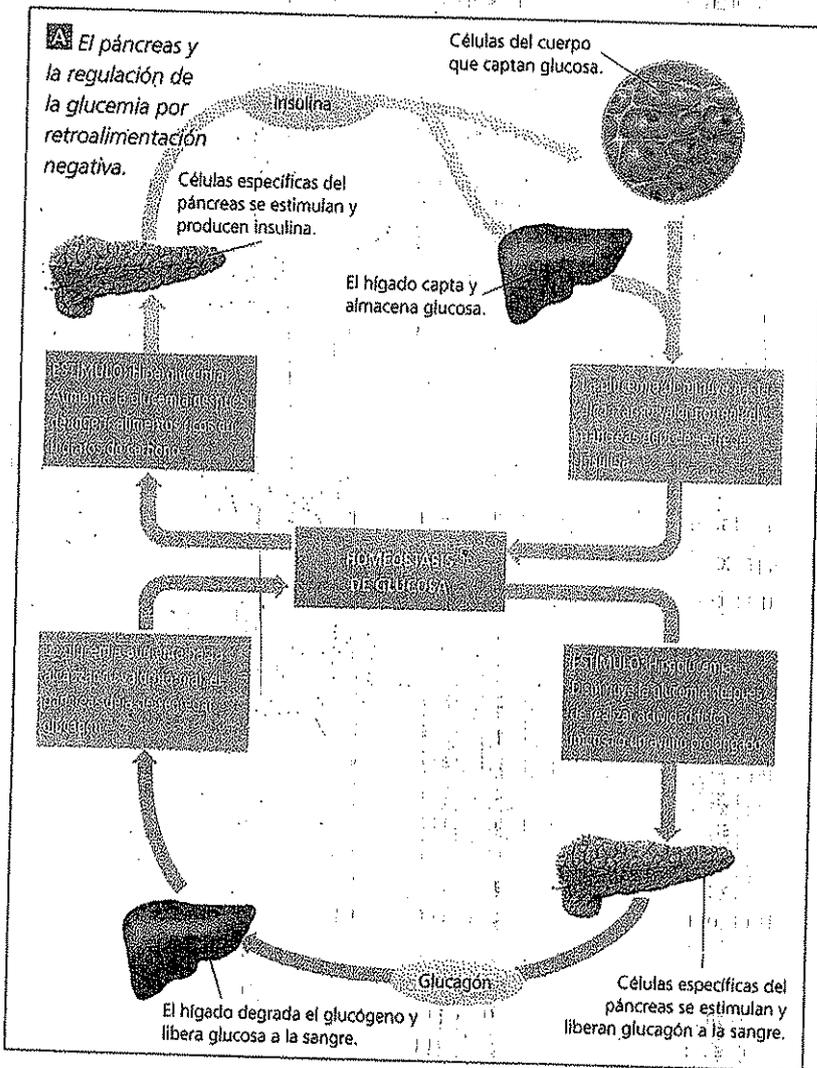


E El páncreas es una glándula mixta que produce el jugo pancreático, y las hormonas insulina y glucagón.

El control de la glucemia

¿Cómo actúa el páncreas para mantener constantes los niveles de glucosa en la sangre?

La glucosa es un nutriente que permite que todas las células del cuerpo obtengan, de forma muy rápida, la energía que necesitan para abastecer sus funciones metabólicas. Luego de digerir alimentos ricos en hidratos de carbono (azúcares) y mientras se realiza la absorción en el intestino delgado, se produce hiperglucemia, es decir, los niveles de glucosa en la sangre aumentan. Esa "señal" es detectada por los receptores específicos del páncreas y, en respuesta al aumento de azúcares, segrega insulina que es liberada en la sangre. La insulina estimula el ingreso de la glucosa a las células por difusión facilitada para que sea utilizada como fuente de energía, o bien, que se transforme en sustancias de reserva energética, como el glucógeno, que se almacena en el hígado y en los músculos. Estos procesos disminuyen la glucemia a su valor normal.



Luego de realizar actividad física intensa o después de un ayuno prolongado, la glucemia disminuye, se produce hipoglucemia, debido a que las células tienen una gran demanda de energía. Esta nueva "señal" es detectada por los receptores del páncreas, y éste segrega glucagón, que se libera a la sangre. El glucagón estimula la descomposición del glucógeno almacenado en el hígado y en los músculos. De ese modo, favorece la liberación de glucosa a la sangre, y la glucemia aumenta compensando el descenso que se había producido.

La concentración de glucosa en la sangre es el factor que estimula al páncreas a segregar la insulina o el glucagón que, al actuar de forma opuesta, regulan la glucemia por medio de un mecanismo de retroalimentación negativo.

Éste es el motivo por el cual las células tienen disponible la glucosa y no pasan "hambre" cuando practicamos actividad física muy intensa.

La hipofunción del páncreas, y la diabetes

La diabetes *mellitus* es una enfermedad crónica que se caracteriza por provocar niveles de azúcar en sangre superiores a los normales y se produce porque se segrega insuficiente insulina en el organismo para regular el azúcar en la sangre.

Hay tres tipos de diabetes:

Diabetes tipo 1. Principalmente afecta a los niños y a los jóvenes, sin embargo, puede ser diagnosticada a cualquier edad. En este tipo de diabetes, como la producción de insulina es escasa o nula, las personas afectadas necesitan inyectarse, a diario, esta hormona para suplir la que no segrega el propio organismo. Los síntomas característicos son la presencia de glucosa en la orina, el aumento de la micción (la persona orina mucho), el aumento de la sed y del apetito.

Diabetes tipo 2. Por lo general, se da en adultos, sin embargo, en la actualidad, se diagnostica cada vez con más frecuencia en personas jóvenes. Sus síntomas son más leves que los de la diabetes de tipo 1; de todos modos, se la considera una enfermedad grave. Muchas personas la padecen y lo ignoran, por esto, se dice que es una enfermedad "silenciosa". Este tipo de diabetes, se ha vuelto muy común como consecuencia de la mala alimentación, la obesidad, la falta de ejercicio y la predisposición hereditaria. Esta enfermedad se trata con una dieta reducida en hidratos de carbono, medicación adecuada y cambios en el estilo de vida; no es necesaria la aplicación de insulina.

Diabetes gestacional. Algunas mujeres, durante el embarazo, tienen altos niveles de glucemia en sangre sin que hayan sido diabéticas antes de estar embarazadas. Este tipo de diabetes predispone a padecer diabetes de tipo 2 y enfermedades cardiovasculares en el futuro. También afecta al bebé, ya que le provoca sobrepeso al nacer —a veces superior a los 6 kg— y alta predisposición a padecer diabetes. El diagnóstico de cualquier tipo de diabetes se realiza mediante un análisis de sangre en ayunas, que detecta los niveles elevados de glucosa. Cuando el nivel de glucosa es superior a 140 mg/100ml, en al menos tres oportunidades, se considera que la persona es diabética.

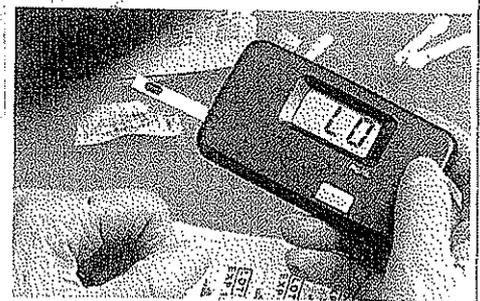
¿Cómo controla su glucemia una persona diabética? Una persona que padece diabetes se debe controlar la concentración de azúcar en sangre varias veces al día para poder tratarse adecuadamente y llevar un control de los resultados del tratamiento.

BOMBAS DE INSULINA

Es un pequeño aparato del tamaño de un biberón que va conectado a un catéter-aguja insertado debajo de la piel, a través del cual deposita constantemente pequeñas cantidades de insulina, imitando la función normal del páncreas. Trabaja con baterías y tiene una pequeña computadora que se programa con las dosis de insulina que requiere el paciente para que el aparato se encargue, automáticamente, de las aplicaciones.

Actitud

1. ¿Cuáles son los órganos blanco de la insulina y del glucagón?
2. ¿Cuál es la hormona que segrega el páncreas y tiene función hipoglucemiante (disminuye la glucemia) y cuál hiperglucemiante (aumenta la glucemia)?



En la actualidad, existen sistemas muy cómodos y modernos para que el diabético pueda medir el nivel de glucemia en su hogar y, a partir de esos registros, sea capaz de tomar las medidas adecuadas que previamente le recomendaron sus médicos según el resultado de cada medición.



DIABETES MELLITUS

El nombre médico de la diabetes deriva de palabras que tienen raíces en el griego y el latín. *Diabetes*, tiene su origen en una palabra griega que significa 'salir con fuerza'. El signo más obvio de la diabetes es orinar en forma excesiva. *Mellitus*, deriva de una palabra latina que significa 'dulce como la miel', ya que la orina de una persona con diabetes contiene demasiada glucosa.

Historia de la diabetes

La diabetes es una enfermedad muy antigua. La primera descripción que tiene registro la humanidad aparece en el papiro de Ebers, 1500 a.C. Allí, se hace referencia a "enfermos que adelgazan, tienen hambre continuamente, orinan en abundancia y se sienten atormentados por una enorme sed". Otros relatos históricos también describen "la orina pegajosa, con sabor a miel, que atrae a moscas y hormigas" al referirse a uno de los síntomas que presentaban los enfermos. No en vano le dieron a esta enfermedad el nombre de *diabetes mellitus*.

Sin embargo, recién en el siglo XVII, se descubrió que el sabor dulce de la orina se debía a la presencia de azúcar, luego, se relacionó este síntoma con la diabetes, como su característica principal.

En 1889, Oskar Minkowski y Josef von Mering lograron demostrar que el páncreas regulaba la glucemia en el organismo. Llegaron a esta conclusión por medio de experimentos en los cuales extirpaban el páncreas de un animal y verificaron que, en muy poco tiempo, el animal mostraba síntomas de grave diabetes.

A partir de este hallazgo, los investigadores intentaron aislar del páncreas la sustancia capaz de regular la glucemia, con el objetivo de utilizarla en el tratamiento de la enfermedad.

Esa sustancia, llamada insulina, fue aislada en 1921 por Frederick Grant Banting y su ayudante Charles Best. Hasta ese momento, la obtención de insulina no resultaba una tarea fácil, porque las enzimas digestivas que produce el páncreas quedaban activas durante algún tiempo, incluso después de su extracción del animal. Mientras los científicos intentaban estudiarlas, las enzimas digerían rápidamente las células que las formaban. Fue entonces cuando Banting y Best tuvieron la idea de trabajar con páncreas de terneras recién nacidas que aún no producen jugos digestivos y, con ellos, prepararon extractos que fueron inyectados en los animales que padecían diabetes. Cuando se aplicó el extracto a los animales enfermos, disminuyó la concentración de glucosa en la sangre.

También trabajaron en otra técnica más eficiente: en perros, ligaron el conducto por el cual el páncreas libera sus jugos hacia el duodeno. De esa forma, lograron que las células productoras de jugos digestivos permanecieran inactivas, pero que se siguiera produciendo insulina. Fue así como obtuvieron un extracto puro de la hormona. En 1923, por estas investigaciones, Banting recibió el Premio Nobel de Medicina.

El control de los niveles de calcio en la sangre

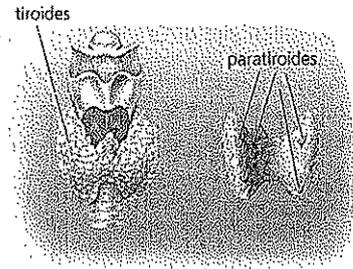
La regulación de la calcemia, es decir, de los niveles de calcio en la sangre, es de fundamental importancia, porque el calcio es esencial para el funcionamiento normal de nuestras células. No sólo para el crecimiento de los huesos, sino que también participa en la coagulación de la sangre, la transmisión de los impulsos nerviosos y las contracciones musculares.

Por eso, ni el crecimiento de nuestro cuerpo ni las actividades físicas pueden realizarse correctamente si no se mantiene la calcemia dentro de ciertos niveles considerados normales.

El control de la calcemia es realizada por dos hormonas que, de forma semejante a la insulina y el glucagón, tienen funciones antagónicas. Una de ellas es la parathormona, segregada por cuatro pequeñas glándulas ubicadas por detrás de las glándulas tiroides, llamadas por esa razón, paratiroides. Su función es estimular la liberación de calcio desde los huesos hacia la sangre y aumentar así el nivel de calcemia. También, estimula la reabsorción del calcio en los riñones y la relación con síntesis de la vitamina D. Esta vitamina actúa en el intestino delgado estimulando la absorción del calcio que proviene de los alimentos.

La calcitonina es una hormona segregada por la glándula tiroides, que disminuye la calcemia porque tiene efectos opuestos a los de la parathormona.

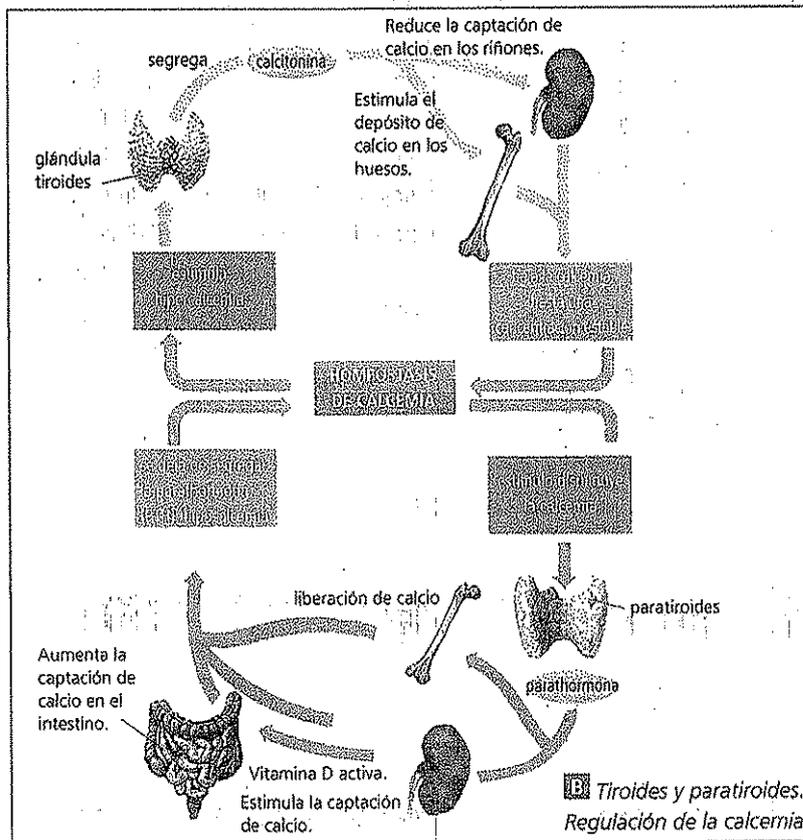
El nivel de calcio en la sangre es la "señal" que detectan los receptores de las glándulas tiroides y paratiroides para segregar la calcitonina o la parathormona.



La calcemia se regula por medio de un sistema de retroalimentación negativa controlado por dos hormonas de funciones antagónicas: la calcitonina y la parathormona.

Actitud

1. A una persona le informaron a partir de un análisis de sangre, que sus niveles de calcio eran superiores a los normales. ¿Qué problema hormonal creen que puede tener?
2. ¿Cuál es la hormona que tiene función hipocalcémica (disminuye la calcemia) y cuál, hipercalcémica (aumenta la calcemia)? Justifiquen sus respuestas.



El calcio en la dieta

El calcio es un mineral sumamente importante para mantener el equilibrio funcional del organismo. Para asegurar un buen aporte de calcio en la dieta, es necesario ingerir junto con él otros minerales, como el fósforo y el magnesio, que favorecen su absorción. Los productos lácteos contienen una buena proporción de calcio, sin embargo, su consumo no asegura la absorción si no están acompañados en la dieta con frutas y verduras frescas.

CONCEPTOS BÁSICOS

tallo hipofisario. Grupo de fibras nerviosas que comunican al hipotálamo con la hipófisis.

neurohormona. Señal química producida por neuronas del hipotálamo.

INFONAUTAS / CISA

En 1947, el doctor Bernardo Houssay, destacado médico argentino, recibió el Premio Nobel de Fisiología y Medicina por sus investigaciones sobre la hipófisis anterior y el papel que desempeña en la regulación de la glucosa en la sangre, de acción opuesta al de la insulina.

LA REGULACIÓN NEUROENDOCRINA

¿Quién no escuchó alguna vez hablar de la glándula hipófisis? Si se busca un "culpable" de algún problema hormonal, en general, esta glándula es la elegida porque, a pesar de ser tan pequeña —casi del tamaño de una arveja— es una de las glándulas endocrinas más importantes de nuestro organismo.

Pero la hipófisis no es la única responsable de la correcta regulación de la secreción de las hormonas. En todos los casos, participa el **hipotálamo**, que se une a la hipófisis a través de un pequeño nexo llamado **tallo hipofisario**.

El hipotálamo es una parte del cerebro que se especializa en producir diferentes neurohormonas que controlan la actividad de la glándula hipófisis, y así se regula la mayor parte de las funciones del sistema endocrino.

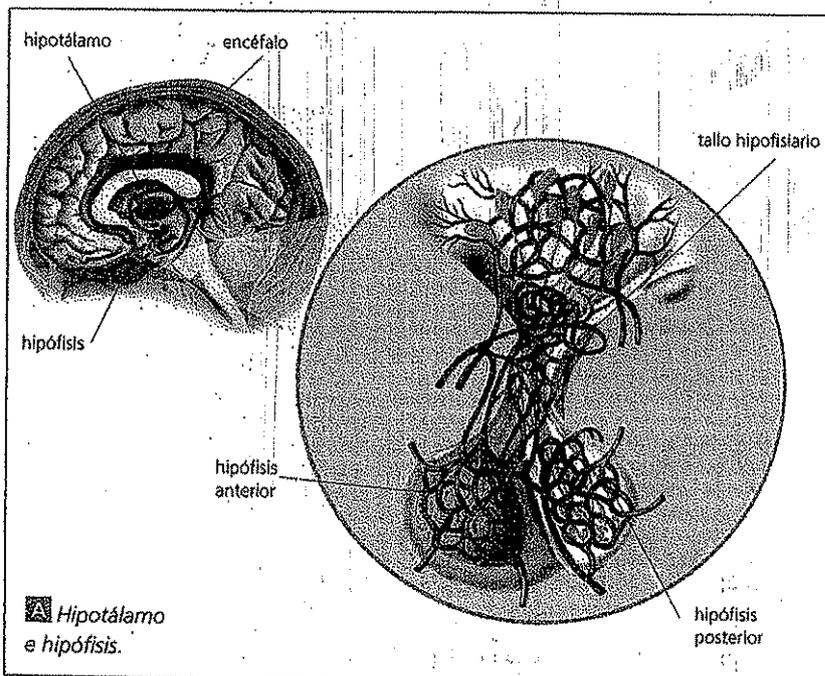
La estrecha relación funcional que existe entre el hipotálamo y la hipófisis nos permite considerar que el control de las actividades del organismo es **neuroendocrino**, es decir, que resulta de la actividad conjunta de ambos sistemas: el nervioso y el endocrino.

El hipotálamo recibe información permanentemente. Algunas de sus neuronas especializadas, llamadas **células neurosecretoras**, producen distintas neurohormonas que son enviadas hacia la hipófisis.

La hipófisis se divide en dos sectores diferenciados: la hipófisis anterior y la posterior. La hipófisis anterior recibe desde el hipotálamo hormonas que estimulan o inhiben la producción de otras por parte de la hipófisis. Algunas hormonas segregadas por la hipófisis anterior, llamadas **tróficas**, estimulan la producción de hormonas en otras glándulas endocrinas, como las **gonadotropinas**, que actúan sobre la actividad de las glándulas sexuales. Otras, en cambio, actúan directamente sobre el órgano blanco, como lo hace la hormona

del crecimiento y la prolactina, que estimula la producción de leche de las glándulas mamarias en la mujer luego del parto.

La hipófisis posterior no produce hormonas. Almacena dos hormonas producidas por el hipotálamo: la **oxitocina**, que estimula las contracciones que permiten el parto y la secreción de leche, y la **antidiurética (ADH)**, que regula el equilibrio hídrico.



El equilibrio hídrico de nuestro cuerpo

¿Por qué al transpirar en situaciones de exigencia física extrema no nos deshidratamos? Sobrevivimos varias semanas sin ingerir alimentos, pero no podemos prescindir de líquido por mucho tiempo.

Aproximadamente, el 65% de nuestro cuerpo está constituido por agua. El agua se encuentra dentro de las células, en el espacio intercelular, en la sangre y otros líquidos corporales. Es fundamental para el funcionamiento del organismo, ya que es el medio en el que se disuelven y transportan todas las sustancias.

La regulación hídrica está a cargo de la hormona antidiurética producida por el hipotálamo y almacenada en el lóbulo posterior de la glándula hipófisis.

Cuando perdemos una gran cantidad de agua, la sangre se torna más concentrada produciendo una disminución de la presión arterial ^A. Ciertas células sensoriales, ubicadas en las paredes del corazón, de la aorta y en las arterias carótidas, captan la variación y estimulan la liberación de la hormona antidiurética. Esta hormona aumenta la reabsorción de agua en los riñones, que producen una menor cantidad de orina mucho más concentrada. Si, en cambio, tomamos grandes cantidades de agua, se produce un aumento del volumen de agua en sangre, de la presión arterial; esta información llega al hipotálamo, y todo vuelve al estado anterior, a la secreción de la hormona. Una vez más, la retroalimentación negativa fue efectiva y se reestableció el equilibrio hídrico ^B.

^A Mecanismo de regulación del equilibrio hídrico del organismo. Cuando la transpiración es excesiva, aumenta la sensación de sed y la secreción de la hormona antidiurética, con el fin de recuperar el agua perdida.

EL EQUILIBRIO HÍDRICO

Distintos factores externos pueden actuar sobre el equilibrio hídrico. Entre ellos, pueden mencionarse el frío y la ingestión de bebidas alcohólicas, en especial la cerveza, que inhibe la secreción de la hormona antidiurética y, como consecuencia, aumenta la excreción de orina.



Actitud

Lee
y
responde

1. ¿Cuál es el concepto de hormona trófica? Mencionen y expliquen tres ejemplos.
2. ¿Cómo se ajusta la secreción de la hormona tiroxina de acuerdo con las necesidades del organismo? ¿Que tipo de mecanismo regula su secreción? Justifiquen su respuesta.

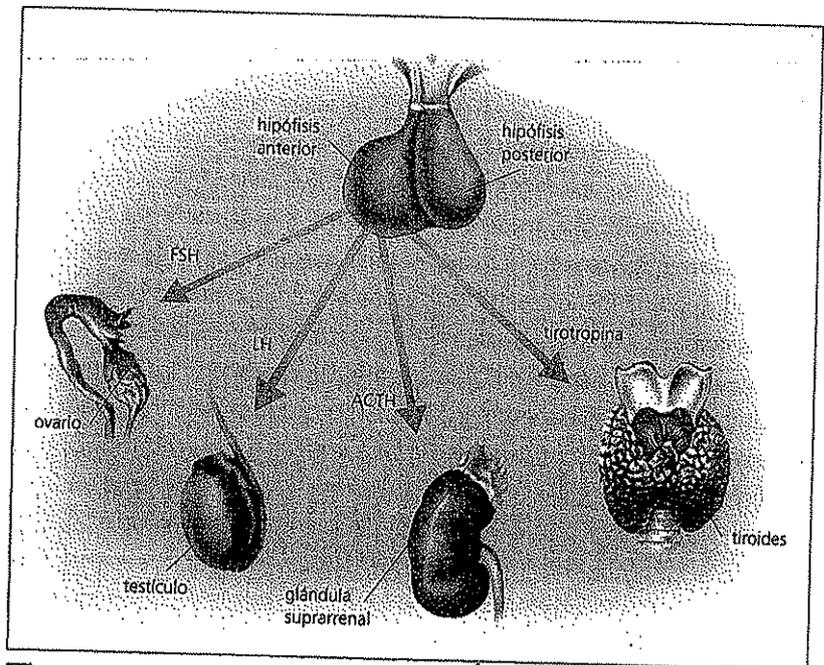
CUANDO LAS TIROIDES PARAN

Un exceso (hipertiroidismo) o una falta (hipotiroidismo) de tiroxina puede provocar enfermedades metabólicas muy graves. El hipertiroidismo produce nerviosismo, insomnio, excitabilidad, intolerancia al calor, sudoración excesiva, pérdida de peso, aumento de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial. El hipotiroidismo afecta el desarrollo infantil, en particular el de las células nerviosas; además puede llevar a la deficiencia mental permanente y a algún tipo de enanismo. En los adultos, causa sequedad de la piel, intolerancia al frío y falta de vitalidad.

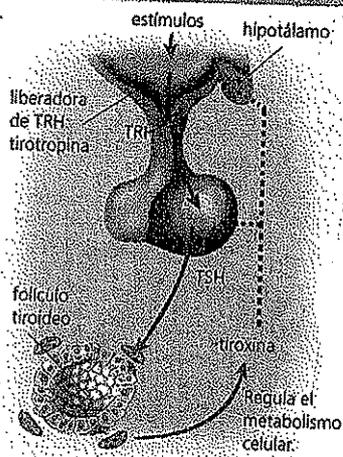
Las hormonas tróficas

La hipófisis anterior produce hormonas tróficas, es decir, que actúan sobre otras glándulas de nuestro organismo —los ovarios, los testículos y las glándulas suprarrenales— y, a su vez, las estimulan a producir otras hormonas. También produce una hormona que actúa sobre la glándula tiroides.

En todos los casos, se estimulan las glándulas mencionadas para producir otras hormonas que regulan distintas funciones en nuestro cuerpo. De esa forma, por ejemplo, las glándulas sexuales producen óvulos y espermatozoides, y las hormonas que determinan las características sexuales femeninas y masculinas.



Hormonas tróficas segregadas por la hipófisis anterior.



Regulación neuroendocrina de la secreción de la tiroxina.

Las hormonas tróficas están sujetas a un mecanismo de regulación neuroendocrino que se produce por retroalimentación negativa. Explicaremos, con un ejemplo, la regulación que se produce en estos casos. Analicemos la secreción de la hormona tiroxina, producida por la glándula tiroides. Los niveles bajos de tiroxina, el frío o la baja actividad metabólica estimulan la secreción de la hormona liberadora de la tiroxina (TRH). Cuando esta hormona llega a la hipófisis anterior, se estimula la secreción de tiroxina (TSH). La tiroxina liberada en la sangre estimula a la glándula tiroides para que segregue tiroxina y, así, la tiroxina segregada es distribuida por el torrente sanguíneo a todo el organismo. El aumento de la concentración de tiroxina en la sangre inhibe, por retroalimentación negativa, al hipotálamo y a la hipófisis anterior, y éstos dejan de segregar sus respectivas hormonas equilibrándose el circuito de necesidad del organismo.

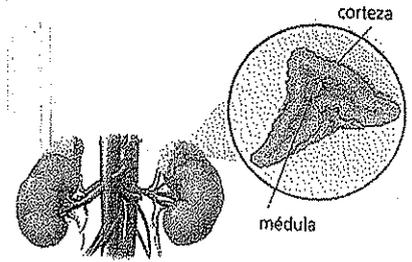
Las respuestas frente al estrés

Cada día, nuestro organismo debe enfrentar distintas situaciones. Muchas de ellas son placenteras y alegres, mientras que otras, en cambio, nos provocan nerviosismo o miedo, como cuando vamos a rendir un examen o debemos afrontar una competencia deportiva. Estas situaciones de "emergencia" o de peligro, a las que normalmente llamamos de estrés, son reguladas por el sistema nervioso simpático, que se encarga de que el organismo responda lo más rápido posible ante este tipo de eventualidades. En esos momentos de estrés, es importante que todas las partes del cuerpo involucradas en elaborar las respuestas actúen de forma coordinada.

Las glándulas suprarrenales del sistema endocrino segregan dos hormonas que son fundamentales para responder a una situación de estrés: la adrenalina y el cortisol, y así se refuerza la acción del sistema nervioso.

La adrenalina es responsable del aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, eleva la presión sanguínea y los niveles de glucosa en la sangre; es segregada a la sangre debido a la recepción de estímulos nerviosos específicos para su producción.

El cortisol refuerza la acción de la adrenalina y estimula la formación de glucosa a partir de las proteínas y grasas cuando la glucemia es muy baja. Su secreción es regulada por la adrenocorticotrofina (ACTH) que segrega la hipófisis anterior.



Glándulas suprarrenales.

INTEGRACIÓN NEUROENDOCRINA

La adrenalina, además de ser una hormona segregada frente a un estímulo del ambiente, es un neurotransmisor producido por ciertas neuronas especializadas del sistema nervioso. Por lo tanto, los mecanismos de producción y acción de la adrenalina son un excelente ejemplo de relación entre los sistemas nervioso y endocrino.

La piel del cuerpo se cubre de sudor porque el trabajo muscular genera calor y el cuerpo debe eliminarlo.

Se dilatan algunos vasos sanguíneos, en particular los que llevan sangre a los músculos esqueléticos y al encéfalo.

Con más glucosa y oxígeno, los músculos trabajan más activamente y liberan más energía. El encéfalo también recibe esos nutrientes, y así se podrán coordinar mejor las respuestas.

Los latidos del corazón se aceleran, aumenta la presión sanguínea y la sangre es enviada hacia los músculos. Aumenta la frecuencia respiratoria y los bronquios se dilatan para permitir un mayor ingreso de oxígeno al organismo.

Una mayor cantidad de glucosa es liberada a la sangre por el hígado y, rápidamente es transportada hacia todos los músculos.

El estrés es necesario para que el organismo, sin perder su equilibrio, pueda enfrentarse a ciertas situaciones que le impone el medio. El efecto negativo sobre el organismo, que se le atribuye al estrés, se relaciona con el enfrentamiento de situaciones extremas y prolongadas en el tiempo. En esas condiciones, el estrés puede resultar perjudicial para el buen funcionamiento del organismo y afectar gravemente la salud.

Lo C
Pasa

Imaginen la siguiente situación y respondan.

Es un día muy caluroso de verano y una persona se encuentra tomando sol en la playa:

¿Qué información está llegando al hipotálamo?

¿Qué sucede con sus glándulas sudoríparas?

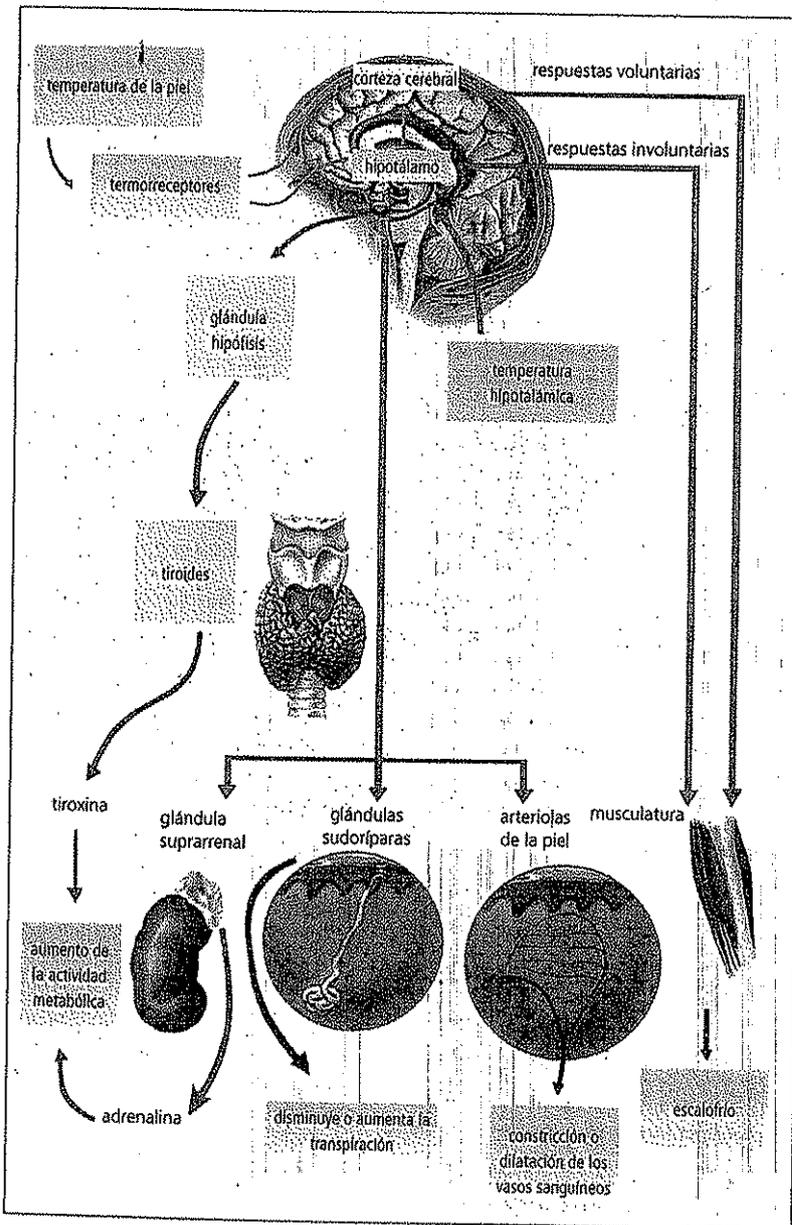
La secreción de tiroxina, ¿aumenta o disminuye?

Termorregulación

Si hace mucho frío, se nos pone la "piel de gallina" y, si trotamos al sol, nos ponemos "colorados" como un tomate. Sin embargo, en ambos casos, nuestra temperatura corporal se mantiene constante. Regular la temperatura corporal requiere de la interacción de los sistemas nervioso, endocrino y muscular; todos, en conjunto conforman un mecanismo termorregulador.

El centro regulador es el hipotálamo, que posee un grupo de neuronas que funciona como un termostato. Cuando los termorreceptores que se ubican en la piel, en el hipotálamo y en distintas partes del organismo, detectan una disminución de la temperatura corporal por debajo de los 37 °C, envían impulsos nerviosos al hipotálamo. Ese centro nervioso analiza e integra

la información recibida y activa respuestas termorreguladoras específicas. De esta manera, el termostato inhibe los mecanismos de pérdida de calor y activa los que ahorran calor: los vasos sanguíneos de la superficie corporal se contraen, se produce la erección del pelo y disminuye la transpiración. Además, estimula los mecanismos generadores de calor: aumenta la actividad muscular involuntaria y voluntaria, y como consecuencia tiritamos, saltamos, o nos frotamos las manos. También, se segregan hormonas específicas, como la tiroxina, que aumenta la actividad metabólica de las células, y la adrenalina y el cortisol, que aumentan la glucemia. Estos procesos llevan a la obtención de energía y, por lo tanto, elevan la temperatura corporal. En respuesta a la elevación de la temperatura corporal, el termostato "apaga" los mecanismos de retención de calor y promueve el enfriamiento corporal.



La termorregulación en el organismo humano.

El desarrollo sexual y las hormonas

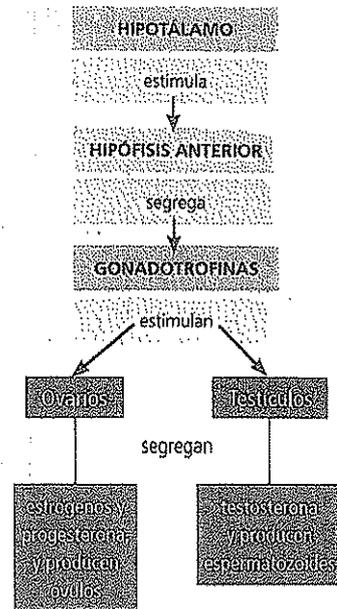
Las glándulas sexuales tienen una función endocrina fundamental para el organismo, ya que intervienen en los procesos de reproducción y desarrollo a través de la secreción de sus diversas hormonas **B**.



1 Al nacer, todos los bebés se parecen; prácticamente no hay diferencia entre ambos sexos, excepto por sus órganos reproductores. Los órganos reproductores constituyen los caracteres sexuales primarios.



2 Durante la infancia y la niñez, la producción de hormonas sexuales es muy baja. Por lo tanto, los órganos reproductores se desarrollan de modo semejante a lo que sucede con los restantes órganos de su cuerpo.



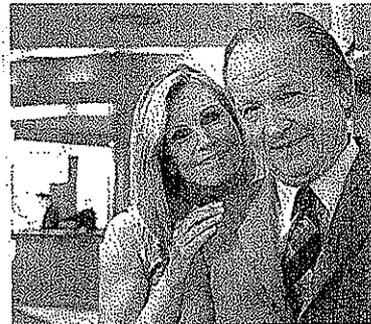
B Regulación neuroendocrina de la función de los ovarios y de los testículos



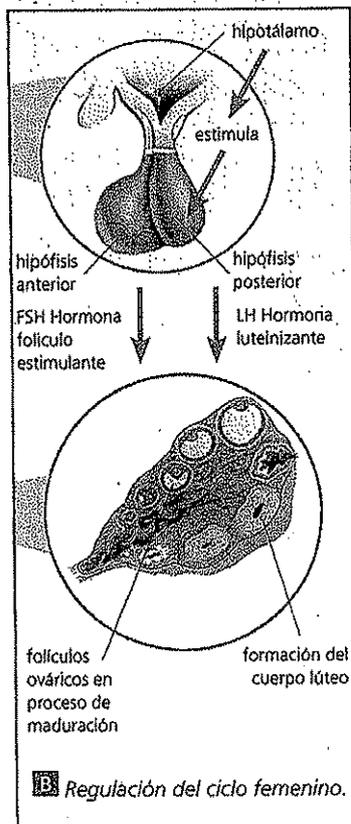
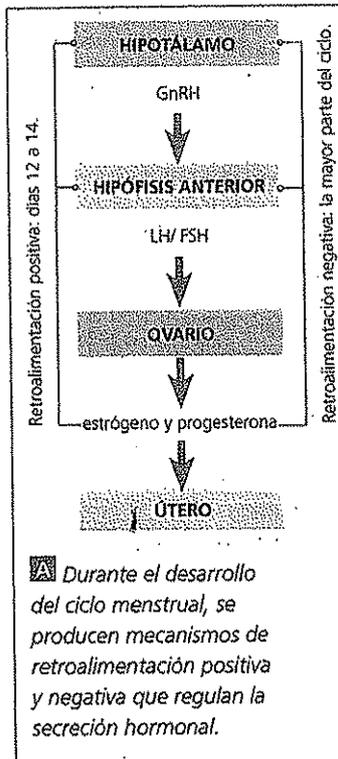
3 En la pubertad, entre los 10 y los 14 años, se exteriorizan importantes cambios físicos, tanto en el varón como en la mujer. Esto indica que el hipotálamo comienza a estimular a la hipófisis anterior para que se produzcan las hormonas llamadas gonadotropinas, que actúan sobre las glándulas sexuales. En el varón, los testículos comienzan a producir espermatozoides y a segregar testosterona. En las mujeres, los ovarios inician la formación de óvulos y segregan estrógenos y progesterona. Estas hormonas son las que estimulan la aparición de los caracteres sexuales secundarios.



4 Durante la adolescencia, se manifiestan totalmente los caracteres sexuales secundarios. En el varón, aumentan la altura y el peso, aparece vello en todo el cuerpo, la voz se hace grave, se ensancha el tórax y se desarrollan los músculos, y los testículos producen espermatozoides. En la mujer, crece el vello púbico y de las axilas, se desarrollan las glándulas mamarias y el busto crece, se ensanchan las caderas, y se inician los ciclos menstruales. De esa forma, varón y mujer llegan a la madurez sexual completa, que marca el inicio de la etapa reproductora.



5 En la mujer, el período fértil termina con la menopausia, alrededor de los 50 años. Es entonces cuando los ovarios comienzan a disminuir su secreción hormonal, dejan de producir óvulos y se interrumpen los ciclos menstruales. En el hombre, la andropausia suele aparecer entre los 60 y 70 años y no presenta síntomas tan específicos como en la mujer, pero se observa una notable declinación de la actividad sexual.



La regulación del ciclo menstrual

A partir de la pubertad, el cuerpo de la mujer se prepara para una posible fecundación y para el desarrollo del embrión. Por eso, en los ovarios se inicia un complejo proceso llamado ciclo menstrual, que es regulado por el hipotálamo, la hipófisis anterior y las hormonas ováricas. Éste permite la producción de óvulos y la preparación del útero para la implantación del embrión **A**.

El primer día del ciclo, que generalmente dura 28 días, coincide con el primer día de la menstruación. A partir de entonces, por acción de las hormonas folículo-estimulantes (FSH) y la luteinizante (LH) segregadas por la hipófisis anterior, un folículo ovárico empieza a madurar. Mientras el folículo madura y aumenta su tamaño, segrega cada vez más estrógenos. Los estrógenos estimulan un tejido que tapiza el interior del útero llamado endometrio, y lo hacen crecer. De esta forma, el endometrio, comienza a prepararse para la implantación del óvulo fecundado. Los estrógenos, también, estimulan el hipotálamo y la hipófisis anterior.

El día 14 del ciclo, el nivel de la hormona luteinizante llega al máximo; esto estimula al folículo a romperse y se produce la ovulación. Ése es el día de mayor fertilidad en la mujer. Ese folículo se convierte en cuerpo lúteo o amarillo, comienza a segregar progesterona y continúa segregando estrógenos. Estas hormonas continúan preparando el endometrio e inhiben la secreción de LH y FSH por parte de la hipófisis para que no se produzca una nueva ovulación.

Si no se produce fecundación, el cuerpo lúteo se reduce y desaparece, deja de segregar estrógenos y progesterona. De esa forma, el endometrio, que se estaba preparando para la implantación del embrión, no puede mantenerse y se desprende en forma de un flujo sanguíneo. Se produce entonces la menstruación.

Como en ese momento los niveles de hormonas ováricas son muy bajos, por procesos de retroalimentación, aumentan los niveles de LH y FSH y, así, comienza un nuevo ciclo ya que el hipotálamo segrega la hormona liberadora de gonadotropinas **B**.

Estudiar a esos incansables "mensajeros químicos" que son las hormonas, nos ayuda a comprender de qué forma el sistema endocrino logra comunicar, regular y coordinar el funcionamiento del organismo. Por medio de diferentes mecanismos de retroalimentación e interacción permanente con el sistema nervioso, "ajusta" la producción y liberación de las diferentes hormonas según las necesidades del organismo y, de esa forma, logra mantener el equilibrio.

Endorfinas: LAS HORMONAS DEL BIENESTAR

Valeria Burrieza
Redacción de *Revista La Nación*

Uno de los descubrimientos científicos más importantes de las últimas décadas demostró que la felicidad está vinculada con un estado bioquímico que todos podemos alcanzar. Las caricias, el deporte, o una buena comida aumentan los niveles de estas sustancias estimulantes naturales de las sensaciones placenteras.

1. ¿Qué son las endorfinas, qué efectos tienen y dónde produce estas neurohormonas?
2. ¿En qué situaciones aumenta la secreción de endorfinas y en cuáles disminuye?
3. a. Investiguen en qué consisten los tratamientos de acupuntura y digitopuntura.
b. Establezcan la relación que existe entre esos tratamientos y las endorfinas.
4. ¿Qué diferencias hay entre el estrés positivo y el estrés? Planteen un ejemplo en el que se ponga de manifiesto cada uno de esos tipos de estrés.
5. Ciertos dichos populares afirman que "la risa es saludable", que "el amor es adictivo" o bien que "el ejercicio puede ser una droga". ¿Qué relación tienen esas frases con el tema tratado en este artículo?

[...] Después de un ejercicio físico, durante una sesión de masajes o cuando escuchamos la música que nos gusta, el cerebro produce endorfinas, sustancias naturales con poder analgésico, responsables de las sensaciones de alivio, calma y bienestar. El nivel de endorfinas disminuye en momentos desagradables: durante una discusión, una caída o un accidente.

[...]

Las endorfinas están estrechamente ligadas a los mecanismos de defensa del organismo y alivian el dolor con efectos similares a los de drogas de la familia de la morfina, dice Jack Lawson en su libro *Endorfinas*. Según el autor, los masajes, las caricias, la risa y cualquier otra sensación placentera, como los recuerdos de buenos momentos, contribuyen a aliviar o curar enfermedades porque colaboran en la segregación de endorfinas.

También está comprobado científicamente que la acupuntura y la digitopuntura estimulan las neuronas que contienen betaendorfinas y, de esa manera, pueden disminuir o anular una sensación de dolor. Los científicos norteamericanos que realizaron tomografías cerebrales a pacientes a los que se les estaba practicando acupuntura pudieron observar que las agujas estimulan las zonas del cerebro involucradas en la percepción del dolor. Gracias a los últimos descubrimientos sobre los centros de percepción del dolor y la función de las endorfinas, se está comenzando a reemplazar las drogas anestésicas por acupuntura en algunas cirugías.

[...]

A partir de las investigaciones sobre las endorfinas, muchos científicos argumentan que la felicidad es un estado bioquímico que todos podemos alcanzar. El buen humor, los pensamientos positivos, el amor, los estímulos sensoriales y el ejercicio físico aumentan el nivel de endorfinas y nos ayudan a superar los pequeños bajones cotidianos.

El deporte es uno de los recursos más comunes para lograr bienestar. En los laboratorios donde se estudió en qué condiciones los ratones liberan endorfinas, se llegó a la conclusión de que las producen en situaciones de estrés fisiológico. Es decir, cuando tienen que escapar, saltar o correr, o cuando están frente a una situación de riesgo.

[...]

Las investigaciones determinaron que la actividad física estimula la secreción de endorfinas y estas hormonas producen sentimientos positivos que pueden durar desde unos pocos minutos hasta 24 horas o más.

[...]

Cuando el organismo es capaz de enfrentar y adaptarse a una situación estresante, en el nivel bioquímico se produce un aumento de la liberación de endorfinas que se percibe emocionalmente como una sensación de bienestar. Es el estrés positivo.

Cuando el organismo no consigue responder ni adaptarse a una situación estresante, en el nivel bioquímico se produce una disminución de la liberación de endorfinas que se percibe emocionalmente como una sensación de malestar. Es el estrés negativo, también llamado *distrés*.

Los científicos comprobaron que la cantidad de endorfinas que se sintetizan en el sistema nervioso central determina el estado de ánimo: en los trastornos depresivos, por ejemplo, disminuye la liberación de esas sustancias.

Artículo periodístico publicado en edición impresa
Domingo 21 de septiembre de 2003.

9

El rol de las proteínas



LO QUE SE VIENE

En este capítulo..

- Analizarás el papel de las proteínas en los seres vivos.
- Clasificarás las proteínas según sus funciones.
- Distinguirás las diferentes estructuras de las proteínas.
- Clasificarás las proteínas de acuerdo con sus diferentes estructuras.
- Relacionarás las estructuras de las proteínas con las funciones que cumplen.
- Reconocerás las propiedades de las proteínas.
- Interpretarás a las enzimas como catalizadores biológicos específicos.
- Distinguirás las diferencias entre la investigación científica y la escolar.



Las proteínas en los seres vivos

En la apertura de este capítulo comentamos un descubrimiento que tuvo gran trascendencia para la ciencia: la estructura de la insulina. Como estudiaste en el capítulo 7, esta hormona tiene una función muy importante, ya que participa activamente en el control de la glucemia. Y, como también sabés, la falta de insulina ocasiona un grave trastorno, la diabetes. Lo que nos interesa analizar ahora de la insulina es su naturaleza química, que ya adelantamos: se trata de una **proteína**.

¿Recordás qué son las proteínas? Son macromoléculas de gran importancia biológica que cumplen una amplia variedad de funciones. Están formadas por cadenas de **aminoácidos**, compuestos orgánicos constituidos por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y, en algunos casos, azufre y fósforo.

¿Por qué decimos que las proteínas tienen una gran importancia biológica? Pensá que, prácticamente, no existe proceso biológico en el que no esté presente al menos una proteína.

Repasemos algunos ejemplos de la diversidad de proteínas que trabajamos en este libro y la cantidad de procesos en los que intervienen. ¿Los recordás? Por ejemplo, ante la presencia de un predador, los seres vivos pueden realizar una respuesta motora y huir rápidamente. La miosina y la actina son proteínas que permiten los movimientos celulares, y esto hace posible la contracción de los músculos. Se encuentran, también, en células flageladas, como los espermatozoides. En la membrana plasmática de las células hay distintos tipos de proteínas: están las que fijan el citoesqueleto, las que facilitan el pasaje de sustancias a través de la membrana,



La fibroína de las sedas y las telarañas es una proteína estructural.

las que reciben las señales de otras moléculas y también las que traducen las señales que reciben las receptoras. En el capítulo 4 analizamos por qué es tan importante que una célula responda a los estímulos del ambiente. ¿Algún ejemplo más? Determinadas respuestas de los seres vivos están a cargo de hormonas, la mayoría de las cuales son proteínas. Esto lo estudiaste en profundidad en el capítulo anterior.

De este modo podríamos continuar mencionando muchas proteínas que ya trabajamos, pero el objetivo de este capítulo es conocerlas un poco más, analizar otros de sus aspectos. Sigamos.

La clasificación funcional de las proteínas

Cada célula contiene miles de proteínas diferentes que realizan funciones diversas. Te imaginarás que, ante tanta diversidad, es necesario clasificarlas. Una forma es agruparlas según sus funciones principales.

➤ **Estructural:** es la función que cumplen las proteínas de estructura más resistente. Forman los tejidos de protección y de sostén, parte del tejido conectivo, la piel, el cabello, etc., dándoles fuerza y elasticidad. Ejemplos: el **colágeno** de los cartílagos y tendones, la **elastina** de los ligamentos y la **queratina** del pelo y de las uñas.



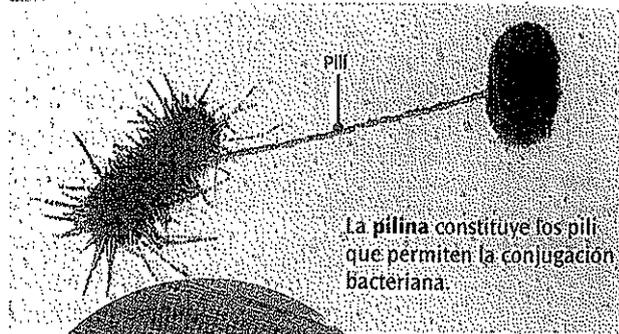
Microfotografía de un pelo

La queratina constituye la proteína que otorga resistencia y protección a pelos, uñas, piel, escamas, plumas, etcétera.

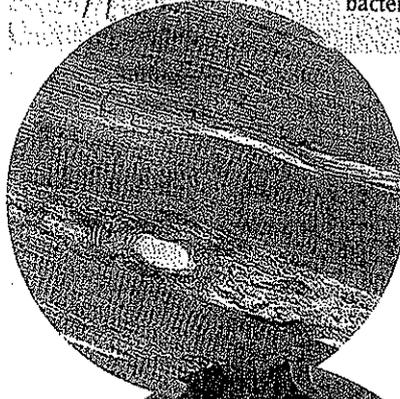
ACTIVIDADES

6. Explicá con tus palabras por qué te parece que son importantes las proteínas para las células.
7. Subrayá en esta página los conceptos que creas que tenés que tener en cuenta para entender el tema principal del capítulo.

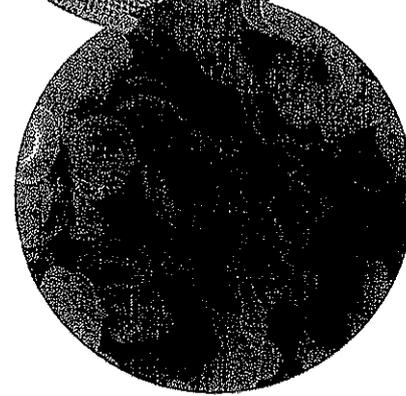
- ▶ **Contráctil:** las proteínas contráctiles intervienen en el movimiento. Por ejemplo, la **miosina** y la **actina** son proteínas contráctiles que permiten la contracción de las fibras musculares. Otras, como la **flagelina** (del flagelo bacteriano), permiten la movilidad celular.
- ▶ **Transporte:** ciertas proteínas transportan sustancias de un lugar a otro, como la **hemoglobina**, que lleva el oxígeno y el dióxido de carbono en la sangre; la **mioglobina**, que cumple una función similar en los músculos, y las **lipoproteínas**, que transportan lípidos por la sangre. También se incluyen las proteínas que regulan el paso de moléculas a través de la membrana celular.
- ▶ **Enzimática:** algunas proteínas actúan como enzimas. Catalizan, es decir, controlan o regulan, la velocidad de las reacciones químicas en las células. Las **lipasas**, por ejemplo, secretadas por el páncreas, actúan sobre los lípidos (grasas) durante el metabolismo, degradándolos para luego poder ser absorbidos por el epitelio intestinal. Más adelante en este capítulo veremos en detalle cómo actúan las enzimas.
- ▶ **Hormonal:** las hormonas regulan la actividad fisiológica y metabólica de las células. Por ejemplo, la **insulina** y el **glucagón**, que regulan el metabolismo de la glucosa.
- ▶ **Inmunológica:** las principales proteínas que ejercen una función de defensa del organismo son las **inmunoglobulinas**, que constituyen los anticuerpos. Eliminan o neutralizan los agentes nocivos (antígenos) que ingresan en el organismo. En esta función debemos incluir la **trombina**, la **fibrina** y el **fibrinógeno**, que participan en la coagulación de la sangre.
- ▶ **Reserva:** algunas proteínas que cumplen con esta función son la **ovoalbúmina** de la clara de huevo y la **lactoalbúmina** de la leche, ya que constituyen una reserva de aminoácidos que nutren al embrión.



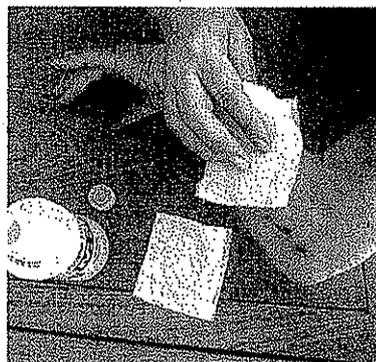
La **pilina** constituye los pili que permiten la conjugación bacteriana.



La actina y la miosina permiten la contracción de las fibras musculares. En la imagen, tejido muscular estriado.



La hemoglobina, componente de los glóbulos rojos, transporta el oxígeno y el dióxido de carbono hacia y desde todos los tejidos del organismo.



La fibrina es una proteína que interviene en la formación del coágulo sanguíneo que evita las hemorragias.

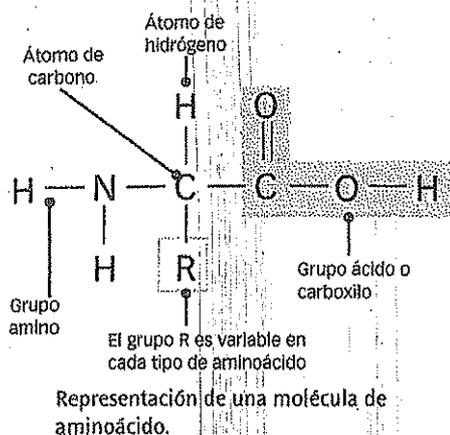


El endosperma de la semilla contiene proteínas que nutren al embrión en desarrollo.

ACTIVIDADES

8. ¿En qué casos nuestro organismo utiliza las proteínas que actúan en el sistema inmunitario?
9. ¿Qué es la mioglobina, en qué lugar del cuerpo se encuentra en grandes concentraciones y con qué proteína la relacionarías?

Los aminoácidos y las proteínas



¿Conocés el término "polímero"? Te vamos adelantando que las proteínas son **polímeros**, que están formados por combinaciones de **monómeros**. Ahora... ¿por qué se las llama "polímeros"? En realidad, todo compuesto que se forma repitiendo una misma unidad –monómero– se llama "polímero". Por ejemplo, un tren sería un "polímero de vagones", cada uno de los cuales funcionaría como un monómero. En el caso de las proteínas, los monómeros son los aminoácidos, que se unen (se polimerizan), formando cadenas largas de secuencias diferentes.

De todos los aminoácidos que se conocen, alrededor de 150, solo unos veinte forman parte de las proteínas de cualquier ser vivo. Observá en esta página la fórmula química general de los aminoácidos. Son moléculas orgánicas que presentan un átomo de C, unido a cuatro grupos de átomos. ¿Te diste cuenta de que los aminoácidos se diferencian unos de otros por los grupos R, ya que, según de qué aminoácido se trate, el grupo R varía?

Cuando una célula sintetiza proteínas, el grupo amino (NH_2) de un aminoácido se une con el grupo ácido (COOH) de otro mediante un enlace denominado **peptídico**, y constituye un dipéptido. Los que contienen más de diez aminoácidos se denominan "polipéptidos". Se consideran proteínas los polipéptidos que tienen más de cincuenta aminoácidos.

La estructura de las proteínas

Ya sabés que los aminoácidos unidos forman una proteína. Pero ¿permanecen alineados en el espacio? Quizá ya te diste cuenta de que no. Las cadenas polipeptídicas (hileras de aminoácidos) adoptan en el espacio diferentes ubicaciones. Esta forma o **configuración** depende de los aminoácidos que las integran. Entonces, una vez formado un polipéptido, se pliega y adquiere su estructura en el espacio, tridimensional, que le permitirá interactuar con otras moléculas y cumplir con su función específica. Solo cuando un polipéptido adquiere su estructura espacial definitiva, se habla de proteína.

Ahora bien, los aminoácidos se unen formando cadenas largas de secuencias diferentes, es decir que pueden estar unidos en diferente orden. Y es ese orden o **secuencia** el que va a determinar la forma en que la proteína se plegará y, de acuerdo con esto, la función que va a cumplir. Si cambia la secuencia, es otra proteína y también se modifica la función.

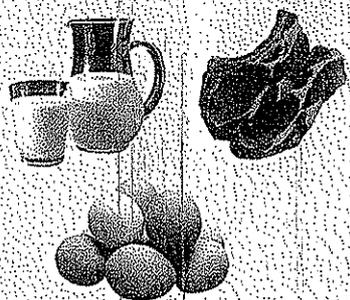
Entonces, las largas cadenas polipeptídicas se combinan y se pliegan. Podemos analizar la estructura de una proteína teniendo en cuenta cuatro niveles de organización sucesivos: estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. Conocé las características de cada una en la página siguiente.

EL DETALLE

¿Qué significa que un aminoácido sea esencial?

La mayoría de los aminoácidos pueden sintetizarse unos a partir de otros en el organismo, pero existen algunos que no. A esos se los llama **aminoácidos esenciales**. Entonces, ¿cómo se obtienen? Deben incorporarse con la dieta habitual.

Diferentes especies requieren distintos aminoácidos esenciales. El organismo humano, por ejemplo, solo puede sintetizar doce; los otros ocho debe obtenerlos de las proteínas de los alimentos que componen la dieta. Es decir que la única fuente de aminoácidos esenciales es la ingestión a través de los alimentos.



Los aminoácidos esenciales los encontramos en la leche, el huevo y la carne.

ACTIVIDADES

10. ¿Por qué decimos que una proteína es un polipéptido "funcional"?

► **Estructura primaria.** La estructura primaria es la secuencia lineal de los aminoácidos que forman la proteína. Está determinada genéticamente (en la página 180 y en el capítulo siguiente analizaremos cómo se relacionan los genes con las proteínas). Indica qué aminoácidos son y en qué orden se encuentran en la cadena proteica. Las propiedades de la proteína van a estar dadas por el número y el orden o secuencia en que se enlazan los aminoácidos presentes. Es importante el orden en el que se alinean los aminoácidos, ya que si hay un cambio en la estructura primaria de una proteína, esta será diferente y no cumplirá su función biológica.

► **Estructura secundaria.** Cuando la cadena se va formando, comienzan las interacciones entre los aminoácidos que la constituyen: estos se unen por medio de enlaces químicos y forman cadenas polipeptídicas que se pliegan y logran una disposición espacial estable. De esta manera, pueden constituir dos posibles conformaciones o estructuras: la α -hélice y la β -hoja plegada.

- La α -hélice se forma a partir de la cadena primaria que se enrolla sobre sí misma, en forma helicoidal, como un tirabuzón.

- La β -hoja plegada presenta una conformación en zigzag, donde las cadenas de polipéptidos son paralelas o se cruzan uniéndose mediante enlaces que les dan estabilidad, a la manera de un acordeón.

Los aminoácidos que se encuentran en estructuras secundarias diferentes pueden interactuar aunque estén alejados entre sí.

► **Estructura terciaria.** La estructura terciaria se forma por plegamientos de cadenas de estructura secundaria en las que interactúan los grupos R de los aminoácidos. Es el modo en que las cadenas secundarias se pliegan tridimensionalmente en el espacio formando una estructura más compleja que la secundaria. En muchas proteínas, esta estructura les otorga una forma **globular**, en cambio otras son **fibrosas**, como veremos en la próxima página. Las proteínas en estructura terciaria son las que realizan la mayoría de las funciones biológicas.

► **Estructura cuaternaria.** Muchas proteínas presentan una estructura cuaternaria en la que se combinan y se interconectan varias cadenas polipeptídicas de estructura terciaria, que forman un **complejo proteico**. Estas proteínas se llaman "multiméricas" y, según el número de cadenas polipeptídicas que las forman, tienen otra denominación. Por ejemplo, la hemoglobina es tetrámero, porque es una proteína formada por cuatro subunidades (cadenas) proteicas que tienen cada una su propia estructura terciaria.

En resumen, podemos decir que la cadena primaria no tiene funcionalidad; de la primaria a la terciaria, la molécula es cada vez más compleja y está más plegada; la cuaternaria se forma con asociaciones de cadenas terciarias.



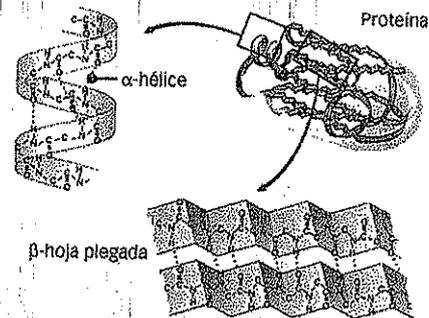
1. La estructura primaria es la secuencia específica de aminoácidos que forman las cadenas polipeptídicas de la proteína.

2. La estructura secundaria se forma por plegamiento de los polipéptidos en la forma α -hélice (como en este ejemplo) o β -hoja plegada.

3. La estructura terciaria es la forma tridimensional de un polipéptido. Se producen enrollamientos que originan conformaciones globulares (como en este caso) o fibrosas.

4. La estructura cuaternaria se forma por la interacción de varias cadenas polipeptídicas cuyos enlaces constituyen una conformación más compleja.

Grupo hemo



β -hoja plegada

Estructuras secundarias.

ACTIVIDADES

11. ¿Cuál es la relación que existe entre las estructuras y las funciones de las proteínas?
12. En grupo, lean nuevamente los tipos de estructuras proteicas y, luego, expliquen con sus palabras cómo se van formando las diferentes configuraciones.

La clasificación estructural de las proteínas

Las proteínas pueden clasificarse según diferentes criterios. Ya vimos la clasificación funcional, ¿te acordás? También vimos diferentes tipos de estructuras y mencionamos dos clases de proteínas: fibrosas y globulares.

Entonces, podemos hacer otra clasificación teniendo en cuenta la conformación de las proteínas, de la que también dependen las funciones que cumplen.

- ▶ Las **proteínas fibrosas** cumplen una función estructural y proporcionan elasticidad y resistencia mecánica a las células. Las principales proteínas fibrosas son: colágeno, queratina, elastina, fibrinógeno, miosina y actina, y fibroína. Sus cadenas se ordenan en filamentos largos que forman parte de tejidos, estructuras de sostén o protección. Son insolubles en agua.
- ▶ Las **proteínas globulares** son transportadoras de otras moléculas y regulan funciones celulares. Son solubles en agua. La mayoría de las enzimas, hormonas, anticuerpos, entre otras, son proteínas globulares.

Ahora, si tenemos en cuenta su composición química, encontramos proteínas simples y conjugadas.

▶ Las **proteínas simples** están compuestas solo por aminoácidos y cumplen funciones por sí solas (son autosuficientes); es el caso del colágeno.

▶ Las **proteínas conjugadas** son las que, además de aminoácidos, contienen **grupos prostéticos**, moléculas no proteicas imprescindibles para poder funcionar. Por ejemplo, la hemoglobina que esquematizamos en la página anterior es una proteína conjugada, de estructura cuaternaria, formada por una proteína llamada "globina" y un grupo prostético "hemo", que contiene hierro (Fe). ¿Recordás qué función tiene la hemoglobina? Además de darles color a los glóbulos rojos, la hemoglobina, gracias al grupo hemo, puede captar gases, como el oxígeno, el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, y transportarlos a través de la sangre.

En estos momentos estarás pensando "¡cuántas clasificaciones para las proteínas!", ¿no? Tené en cuenta que reconocerlas y agruparlas nos ayuda a identificarlas, a comprender y relacionar las funciones que desempeñan en los diferentes tipos de célula.

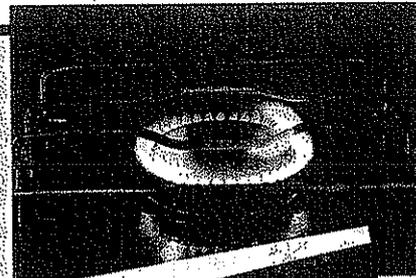
EL DETALLE

¿Por qué mata el monóxido de carbono?

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro e invisible, y es uno de los enemigos más terribles de nuestro sistema respiratorio. Cuando un combustible, como el gas de la cocina o de una estufa, no se degrada completamente hasta CO₂ y vapor de agua, se origina CO.

En la sangre, tanto el oxígeno como el dióxido de carbono son transportados por la hemoglobina. Esta proteína tiene la particularidad de "cargar" los gases respiratorios y "liberar" el oxígeno en las células y el dióxido de carbono en los alveolos pulmonares. Y aquí está la cuestión: resulta que la hemoglobina tiene más afinidad con el monóxido de carbono que con el oxígeno. Por ello, si en el ambiente hay CO, este se fija en el mismo lugar en que se ubicaría el oxígeno, y allí permanece. La hemoglobina queda así inutilizada para el transporte de oxígeno. En ese caso, las personas pueden sentir somnolencia, pesadez y mareos. Es el envenenamiento por monóxido de carbono, que puede matarnos por asfixia.

¿Te das cuenta ahora por qué se recomienda ventilar los ambientes cuando hay estufas o cocinas encendidas?



Cuando la llama es azulada, no hay problema; si es anaranjada o amarillenta, la combustión es incompleta y en el ambiente hay CO.

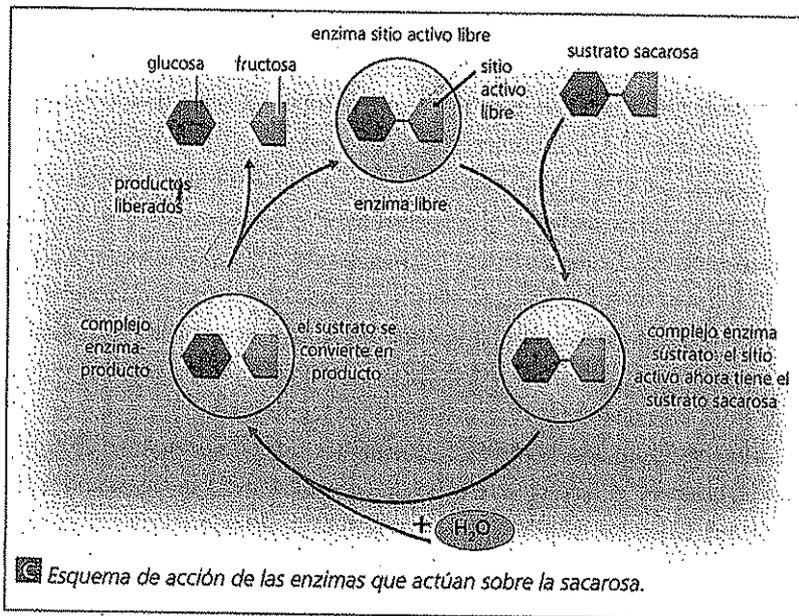


Los datos son sorprendentes: solo el 1% de CO en el aire es suficiente para matar a una persona si lo respira durante cinco minutos.

Especificidad de las enzimas

Las enzimas poseen un lugar específico llamado sitio activo. Es en este lugar donde se unen la enzima y el sustrato específico como las piezas de un rompecabezas o una llave con su cerradura para poder interactuar.

Una vez unidos la enzima y el sustrato, la enzima provoca un cambio químico en el sustrato y se obtiene un producto de esa reacción. Enzima y sustrato-producto se separan, y la enzima queda libre para reaccionar con un nuevo sustrato.



El sustrato sobre el que actúa la enzima es la sacarosa, un hidrato de carbono de sabor dulce y que se encuentra en el azúcar común. La acción de la enzima es degradar la sacarosa en los monosacáridos que la forman: la glucosa y la fructosa.

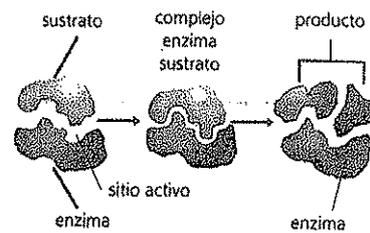
El Modelo de llave-cerradura nos ayuda a entender cómo la enzima reconoce y actúa sobre un único tipo de sustrato, como una llave que sólo puede abrir una cerradura en particular. Sin embargo, esto nos hace pensar en una estructura rígida que no es del todo real. Actualmente, se sabe que las enzimas son moléculas flexibles, por lo tanto, el modelo más aceptado es el llamado Modelo de ajuste o encaje inducido, en donde el sitio activo se modifica para poder interactuar con el sustrato.

Una analogía sencilla para explicar este modelo sería relacionarlo con la forma en que un guante se ajusta a una mano, es decir, el guante tiene una forma particular que, al momento de "interactuar" con la mano, se modifica, adaptando su forma a la de ella.

La enzima reconoce al sustrato y se ajusta a él. Así, se forma un complejo que recibe el nombre de enzima-sustrato. Una vez que se han formado los productos, obtenemos un segundo complejo que recibe el nombre de enzima-producto. Finalmente, los productos se liberan.

CONCEPTOS BÁSICOS

degradar. Transformar moléculas muy complejas en otras más simples.



Modelo de ajuste.

Actitud

1. ¿Qué nombre recibe la enzima que actúa sobre la sacarosa?
2. ¿Por qué se usa la analogía de un guante para explicar la unión entre el sustrato y la enzima?

* MÚLTIPLES FUNCIONES

El hígado cumple muchas funciones en el organismo entre ellas podemos mencionar:

- Depósito de glucógeno.
- Producción de bills.
- Detoxificación de sustancias.
- Destrucción de los glóbulos rojos para su renovación.

La acción de enzimas en situación de emergencia

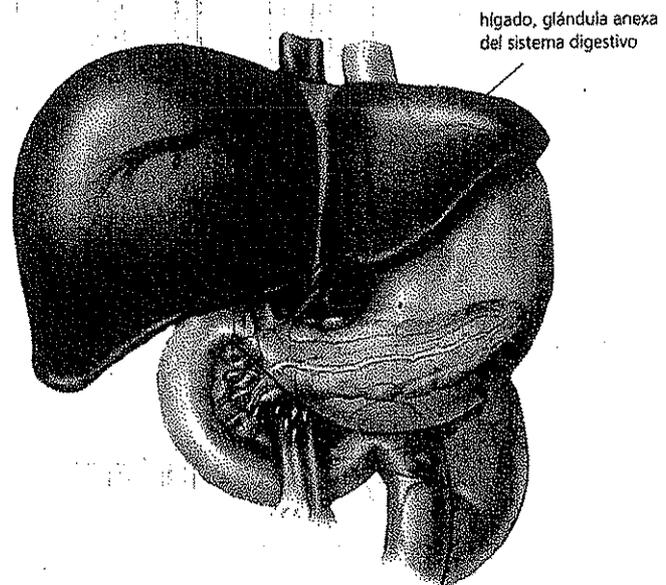
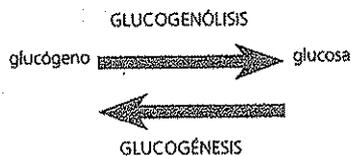
Las situaciones de peligro o susto nos ponen en condiciones de estrés. Las respuestas a estas situaciones son reguladas por el sistema nervioso simpático y el sistema endocrino, que refuerza la acción del sistema nervioso segregando hormonas que son fundamentales para responder a la situación de estrés. Además, para que se den todas las condiciones necesarias para reaccionar de manera rápida, es necesario disponer de energía.

¿Cuál es el origen de tanta energía que nos permite reaccionar y defendernos?

En este capítulo, mencionamos muchas biomoléculas, como el glucógeno, un polisacárido de reserva energética formado por cadenas de glucosa que abunda en el hígado y en los músculos. El glucógeno puede descomponerse en el hígado y liberar glucosa hacia la sangre, principal fuente de energía de la célula. Este proceso se llama glucogenólisis. El glucógeno, contenido en los músculos, sirve para abastecer de energía el proceso de contracción muscular.

Como vieron en el capítulo 6, ciertas hormonas participan en la regulación del metabolismo. En este caso, las hormonas como la adrenalina y el glucagón favorecen la descomposición del glucógeno, mientras que la insulina estimula su síntesis. Este último proceso se llama glucogénesis .

Entonces, cuando el organismo requiere de un aporte energético de emergencia, como en el caso de tensión o alerta, el glucógeno se descompone en glucosa. Esto ocurre, gracias a la acción enzimática, en el interior de las células del hígado .



 El hígado es el órgano más grande del cuerpo humano. En sus células, se producen importantes reacciones químicas, como la glucogenólisis.

LA BIOTECNOLOGÍA Y LAS ENZIMAS

Quesos, yogures, vino, vinagre... En la fabricación de muchos de los productos que consumimos participan los microorganismos. Actualmente, no sólo lo hacen en la industria alimentaria, sino también en la textil, la papelera y la química, entre otras.

El uso de microorganismos para la obtención de alimentos es una de las aplicaciones más antiguas de la biotecnología. En la actualidad, se han ido seleccionando los mejores microorganismos y se han desarrollado grandes industrias y economías basadas en ellos.

Un microorganismo, ya sea una bacteria o una levadura **B**, debe cumplir con ciertos requisitos para su uso en la industria. Algunos de ellos son:

- El tamaño de la célula, debe ser pequeño para facilitar el intercambio de sustancias con el entorno.
- La capacidad de producir la sustancia que le interesa al hombre.
- El crecimiento rápido, para obtener lo que se busca en un tiempo más breve.
- No puede ser patógeno para el hombre, los animales o las plantas.

La mayoría de los procesos biotecnológicos tradicionales donde se utilizan microorganismos, como el de la fabricación de yogur, cerveza o vino, son realizados por las enzimas que cada uno posee en su metabolismo **B**. Los biotecnólogos saben cómo cultivar estos microorganismos, las condiciones óptimas para su crecimiento y los productos que de ellos pueden obtenerse.

La bacteria *Acetibacter sp.*, a través de un proceso en el que intervienen enzimas, produce vinagre de alcohol.

Si los microorganismos requieren tantas condiciones, entonces, ¿será posible realizar los mismos procesos biotecnológicos con enzimas, pero sin microorganismos?

La tecnología enzimática apunta a la aplicación de las enzimas en procesos industriales, como la obtención de aditivos alimenticios, productos químicos y farmacéuticos. De esta forma, las industrias no sólo mejoran la calidad de sus productos, sino que, además, logran producir menos desperdicios y mayores beneficios para el ambiente.



Actitud

1. ¿Qué relación existe entre las enzimas y la biotecnología?
2. ¿Cuáles son las industrias en las que son necesarias las enzimas para la obtención del producto final?



PASTEUR Y LA FERMENTACIÓN



La fermentación era utilizada por el hombre aún cuando desconocía de qué se trataba. El hombre elaboraba bebidas alcohólicas desde antes de Cristo.

Fue Luis Pasteur, en el siglo XIX, quien demostró que eran las levaduras las responsables de transformar el azúcar de la uva en alcohol y dióxido de carbono. Ese proceso que se da en ausencia de oxígeno es llamado fermentación.

B Son muchos los productos que la biotecnología elabora para la industria alimentaria a través de microorganismos cuyas enzimas aceleran el proceso para la manufactura del alimento.

¡ INFONAUTAS / CISA

La biotecnología con la ayuda de los microorganismos disminuye la contaminación ambiental. Los procesos biotecnológicos contaminan menos que los procesos industriales tradicionales. Un ejemplo de esto lo constituye la industria papelera.

* UNA ENZIMA PARA CADA MANCHA

Muchos jabones y detergentes contienen enzimas que facilitan el lavado de las prendas al eliminar determinado tipo de manchas. Por ejemplo, si el jabón contiene proteasas, éstas actuarán sobre las manchas de origen proteico como son las de huevo, lápiz labial y sangre.

Industria y enzimas

Las enzimas han ganado un puesto importante en la industria ya que son múltiples sus aplicaciones, algunas de las cuales explicaremos a continuación.

En la industria alimentaria se utiliza la fructosa para endulzar bebidas gaseosas, frutas enlatadas y confituras. Este azúcar presente en las frutas y la miel se puede conseguir a partir del almidón utilizando dos tipos diferentes de enzimas. La obtención de fructosa a partir de las enzimas presenta ventajas sobre el azúcar que utilizamos en nuestra vida cotidiana, la sacarosa, ya que su producción es más económica y se requiere menos cantidad para endulzar.

En la industria láctea, la utilización de enzimas es de importancia para la fabricación de quesos debido a que éstas permiten la coagulación de la caseína, proteína presente en la leche. La enzima lactasa es útil para la elaboración de helados ya que impide la cristalización de la lactosa, que le da al producto un aspecto granulado.

En la elaboración de bebidas alcohólicas, como cerveza y vino, han ganado su lugar debido a que evitan el enturbiamiento y favorecen la liberación de aromas que enaltecen la calidad del producto.

También se agregan enzimas en las harinas permitiendo su blanqueamiento y contribuyen a mejorar el amasado, convirtiendo a la masa más blanda, por eso también la industria panadera hace uso de ellas.

Los jeans con aspecto gastado han sido tratados con enzimas como las proteasas que atacan las fibras textiles que componen las telas y les dan ese color característico. Estas mismas se encuentran presentes en jabones enzimáticos que actúan sobre las manchas de alimentos.

En cuanto a la industria maderera, tienen una aplicación a futuro. La madera no sólo contiene celulosa; sino que también, tiene otro hidrato de carbono, la lignina, que debe eliminarse para la obtención del papel. Esta eliminación se realiza con compuestos químicos que contaminan el ambiente. Por esta razón, los biotecnólogos están buscando enzimas que descompongan la lignina para evitar la contaminación y obtener de la pasta para la elaboración del papel.

En este capítulo, vimos por qué las proteínas son fundamentales para los seres vivos. Estudiamos que su variedad depende de las diferentes combinaciones de los aminoácidos, sus monómeros. Son polifuncionales. Las hay estructurales, transportadoras, enzimáticas y hormonales. Son buenas aliadas de la industria y de la biotecnología. Pero sin duda su importancia más notoria es su característica principal: la especificidad.

NOBEL DE QUÍMICA AL HALLAZGO DE UNA PROTEÍNA LUMINOSA

Por Nora Bär
De la Redacción de LA NACIÓN

Revolucionó la investigación, permite visualizar la intimidad de las células.

Cuando en 1955 un oscuro e inexperto asistente del laboratorio de la Universidad de Nagoya comenzó a estudiar qué hacía brillar los restos de un molusco si se los humedecía, nadie imaginó que las investigaciones de Osamu Shimomura, ese muchacho cuya educación se había interrumpido por la tragedia de la bomba atómica, conducirían a una verdadera revolución científica.

Shimomura, que siete años más tarde, estudiando la medusa *Aequorea victoria*, descubrió una proteína que brilla espontáneamente con un color verde fluorescente, Martin Chalfie, que descubrió cómo utilizarla para visualizar engranajes de la vida, y Roger Tsien, que diseñó nuevas variantes de la GFP que brillan en distintos colores, comparten este año el Premio Nobel de Química por desarrollar una herramienta que permite observar los miles de procesos químicos que mueven la maquinaria celular. (...)

"Cuando los científicos obtienen métodos que los ayudan a ver cosas que eran invisibles —afirma la Academia de Ciencias Sueca en su anuncio—, la investigación da un gran paso. [...]

"La cantidad de descubrimientos que se hicieron a partir de esta proteína es incalculable —explica Mario Ermácora, investigador principal del Conicet y profesor titular de Bioquímica de la Universidad Nacional de Quilmes—. Forma parte del arsenal de reactivos de biología molecular y celular de todos los laboratorios del mundo, se usa en anticuerpos, en células aisladas, en organismos completos, para estudiar el movimiento de organelas en las células o cómo se secretan proteínas. Las aplicaciones son absolutamente innumerables. Pero, además, tiene una propiedad increíblemente bella, que es la de emitir luz. Es una reacción bioquímica muy hermosa, muy característica y muy rara".

La estrella de la bioquímica

Un año después de que le encomendaran la tarea de descubrir por qué brillaban los restos húmedos de la *Cypridina*, Shimomura tuvo en sus manos una proteína que brillaba 37.000 veces más que los restos pulverizados del molusco.

Ese trabajo realizado en Japón le valió un inesperado título de doctor y un contrato de la Universidad de Princeton, donde —junto con Frank Johnson— seis años más tarde aisló la *Aequoria victoria* (una medusa que flota en las aguas oceánicas que bañan las costas occidentales de América del Norte) una proteína que a la luz del sol es verdosa, bajo la luz de una lamparita eléctrica es amarillenta, y bajo la luz ultravioleta, verde fluorescente. Hoy se la conoce como *green fluorescent protein* o GFP. (...)

"Uniendo el gen de la GFP al que dirige la síntesis de otra proteína, uno puede «etiquetar» cualquier proteína que quiera estudiar —dice Ermácora—. Como Kary Mullis con la PCR (un proceso que permite hacer copias del ADN), [Shimomura, Chalfie y Tsien] nos dieron una herramienta de aplicación universal."

8

EL ADN: VENTURA DE INSTRUCCIONES

¿Somos solo el resultado de lo que está escrito en nuestros genes?

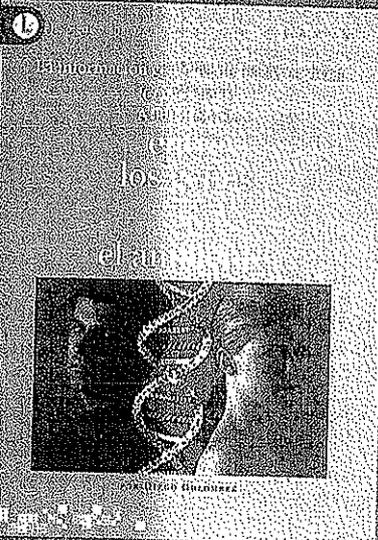
En este capítulo, se analizará cómo la célula recibe las instrucciones que le permiten fabricar las proteínas precisas que requiere.

Esta información está escrita en una molécula muy especial, la molécula de ADN, que es capaz de almacenarla, transmitirla y duplicarla. Comprender la estructura del ADN les permitirá entender su funcionamiento en el interior de la célula.

Además, podrán conocer el lugar de importancia que ocupa en la investigación científica, desde hace ya muchos años.

Vacas donadas, vacunas producidas por biotecnología, plantas modificadas genéticamente son temas de gran actualidad donde el ADN ocupa un papel protagónico.

¿Alguna vez pensaron de qué están hechos los genes?

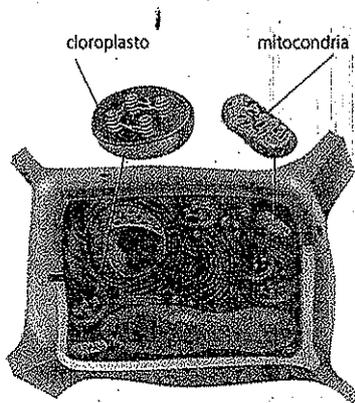


LOCONAUTAS EN DEBATE
POR DIEGO GOLOMBEK

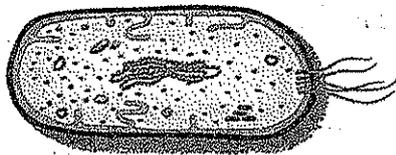
Actitud

Lo que
Pasa

1. ¿En qué lugar de la célula procariota y eucariota se encuentra el ADN?
2. ¿En qué otra estructura podemos encontrarlo?
3. ¿A qué llamamos adenovirus?



A ADN presente en organelas celulares.



B Las células procariotas no tienen núcleo organizado, y su ADN está libre, disperso en el citoplasma.

CONCEPTOS BÁSICOS

citocinesis. Es la división del citoplasma en dos células hija durante la reproducción celular.

Es famosa. La vemos tanto en la televisión como en textos científicos, y su modelo de "doble hélice" ilustra aquellos capítulos que la nombran. Sí, es la molécula de ADN, y todos hablan de ella. En pruebas de laboratorio, el estudio del ADN permite encontrar las relaciones de parentesco, mejorar el aroma y el sabor de los alimentos y, también, crear vacunas importantes para nuestra salud. En el campo, las plantas transgénicas, cuyo ADN fue modificado, revolucionaron la producción con nuevos cultivos. Tan importante es que hasta ayuda a los detectives a resolver delitos y a encontrar criminales mediante las pruebas que permite realizar. El ADN o ácido desoxirribonucleico, dentro de nuestras células, almacena la información que determina, junto con componentes ambientales, las características que tendrá el organismo en su totalidad.

EL ADN, ALMACÉN DE INFORMACIÓN

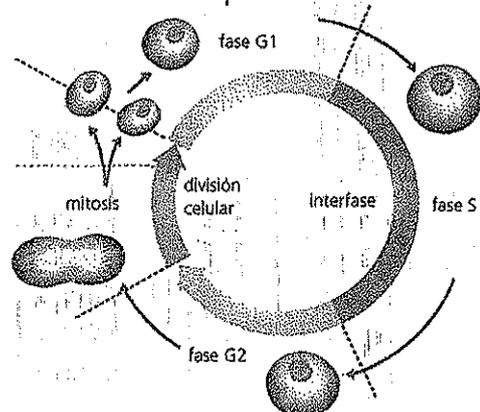
Al igual que un libro, la biomolécula de ADN "almacena información". Además, el ADN tiene la capacidad de transmitir esa información a las células hija, en cualquier tipo de reproducción celular.

No sólo podemos encontrar ADN en el núcleo de las células eucariotas, también, está en organelas como los cloroplastos y las mitocondrias **A** de estas células, en organismos unicelulares procariotas **B**, y en algunos virus, llamados por este motivo, adenovirus.

Ciclo de vida celular

Tanto un ser humano como una semilla empiezan su vida en un momento dado. Transcurridas una serie de etapas, cada uno de ellos se habrá convertido en un ser humano adulto o en una planta. Esto es un ciclo que se repite, al que llamamos ciclo de vida, y que volverá a empezar luego de la reproducción para dar origen a un nuevo ser.

Dentro de nuestro cuerpo, cada célula cumple un ciclo de vida, llamado ciclo celular **C**. Este ciclo se divide en dos etapas principales: la interfase y la división celular.



C Ciclo celular.

Para completar un ciclo celular, las células pueden necesitar desde pocas horas hasta varios días. Esto depende del tipo de célula y de ciertos factores externos, como la temperatura y los nutrientes presentes en el medio donde crecen.

Las células de nuestro cuerpo se dividen a velocidades muy diferentes. Pueden tardar años, días o escasos minutos; de hecho, algunas no se dividen.

Existen células que se dividen periódicamente para reponer la mortalidad que, naturalmente, sufren. En esta categoría, se encuentran las células de la sangre, como los glóbulos rojos, que viven alrededor de ciento veinte días; las células intestinales, con un promedio de vida de diez días; y las células de la piel, que se renuevan en forma permanente con gran rapidez. Distinto es el caso de las células hepáticas, que sólo se dividen si necesitan regenerar el tejido ante una cirugía que implique la pérdida de parte del órgano. Hasta que esto ocurra, su capacidad de división permanecerá en estado latente. En cambio, otras células, como las neuronas, no se dividen y nos acompañan toda la vida.

Etapas del ciclo celular

Dentro del ciclo celular, podemos reconocer dos etapas bien diferenciadas: la interfase, que a su vez se divide en tres fases G1, S y G2, y la división celular, por el mecanismo de mitosis.

Una célula da origen a dos células hija idénticas, es decir, se reparte en ambas células hija la misma información genética. Esto es posible debido a que, antes de que una célula se divida, duplica su información genética.

FASE	ETAPA	DESCRIPCIÓN
Interfase	Fase G1	Se duplica el tamaño de la célula, y aumenta la cantidad de sustancias y organelas.
	Fase S	Se duplica el material genético y las proteínas presentes.
	Fase G2	Etapas de transición entre la duplicación del material genético y la mitosis.
División celular por mitosis		A partir de una célula, se originan dos células idénticas a la que les da origen.

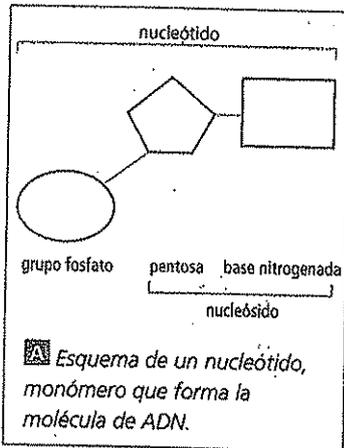
INFONAUTAS / CISA



Quizás piensen que, en la adolescencia, la multiplicación celular es más rápida. Pero, en realidad, nunca crecimos tan velozmente como cuando fuimos embriones. Sin duda, el título "campeonas en velocidad" le corresponde a las células embrionarias que, prácticamente, saltan la fase G1 y pasan directamente a la etapa de mitosis.

CONCEPTOS BÁSICOS

mitosis. Es un proceso de división celular en el que una célula madre da lugar a dos células hija idénticas a ella y entre sí.



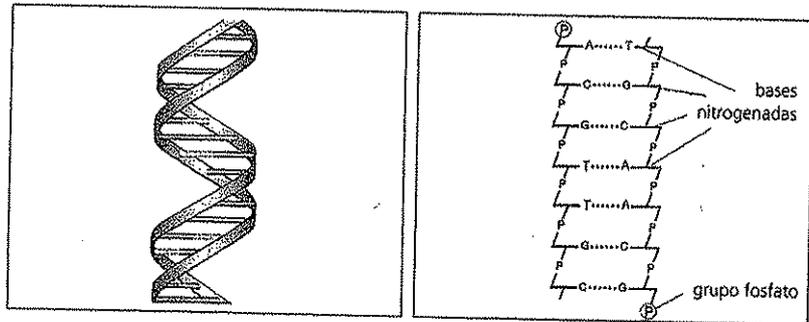
ADN, UN POLÍMERO

El ADN es un polímero, y los monómeros que lo componen se llaman nucleótidos. Éstos se unen para formar los ácidos nucleicos. Cada nucleótido, a su vez, está compuesto por un azúcar, un grupo fosfato y una base nitrogenada unidos entre sí **A**.

Las bases nitrogenadas son cuatro y se identifican con letras: Adenina (A), Timina (T), Citosina (C) y Guanina (G).

Siempre, una base nitrogenada Adenina (A) se une a otra llamada Timina (T), y una Citosina (C) se une a otra llamada Guanina (G). Ambas cadenas enfrentadas del ADN quedan unidas por sus bases nitrogenadas.

Como la unión se da siempre de esta forma, es decir, A-T y C-G, decimos que la Adenina es complementaria de la Timina, y la Citosina, de la Guanina; esto constituye una verdadera regla o norma llamada regla de apareamiento **B**.

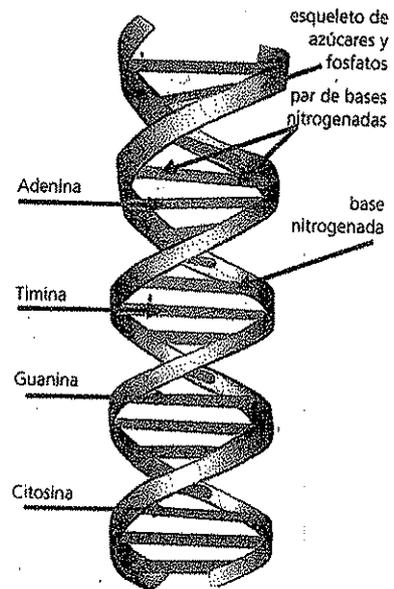


B Modelo de doble hélice de ADN y representación abreviada de un segmento de ADN con sus bases nitrogenadas (A, T, C, G) azúcares y grupo fosfato.

Como una escalera de caracol

El modelo propuesto por los científicos Watson y Crick, que les mereció ganar el Premio Nobel en 1953, describe a la molécula del ADN como una doble hélice, enrollada sobre un eje, como si fuera una escalera de caracol.

Como toda escalera, tiene dos "barrandas" paralelas, que representan en nuestro modelo las cadenas formadas por azúcares unidas al grupo fosfato, y "escalones" que, en el modelo, representan las bases nitrogenadas enfrentadas de ambas cadenas y unidas entre sí de manera complementaria **C**.



C Modelo de doble hélice propuesto por Watson y Crick.

Actividad

Lo Go
Pura

En las ciencias, suelen usarse reglas nemotécnicas para memorizar determinadas palabras que serían difíciles de recordar de otra manera. Por ejemplo, los biólogos solían asociar dos grandes artistas del tango para recordar la complementariedad de las bases nitrogenadas: Anibal Troilo-Carlos Gardel (Adenina-Timina-Citosina-Guanina).
Elaboren una regla similar con artistas que ustedes conozcan.

B

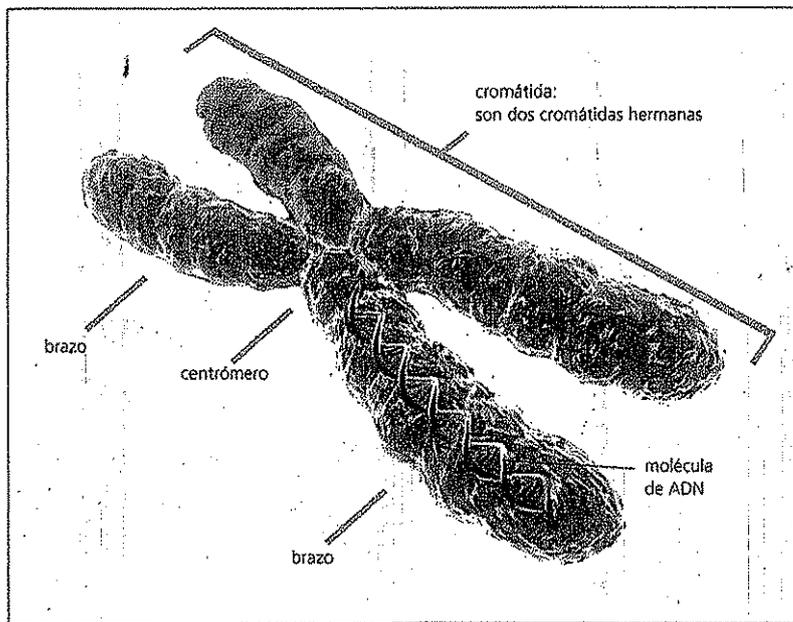
"

tra
mc
plik
vie
fac
visi
dar

ESTADOS DEL ADN: CROMATINA Y CROMOSOMA

Podemos encontrar el ADN en dos estados o con dos aspectos diferentes: cromatina y cromosoma. Cuando la célula está próxima a dividirse, el ADN se duplica y luego, comienza a enrollarse en torno a las proteínas; en este momento, toma un aspecto de ovillo de hilos desenmarañado y es llamado cromatina. Este proceso de reovillado continúa hasta que el ADN toma un aspecto compacto en forma de bastoncillo al que llamamos cromosoma.

Cada cromosoma duplicado tiene dos cromátidas hermanas que poseen una zona llamada centrómero **D**, por la que ambas cromátidas se unen. Cada cromátida representa una molécula de ADN "empaquetado" o condensado con las proteínas sobre las cuales se enrolló (histonas).



D Esquema de un cromosoma duplicado.

"Espiondo" cromosomas

Para ver un cromosoma, necesitamos un microscopio óptico y una muestra de células adecuada. Esto implica que la muestra se debe tomar en un momento particular del ciclo celular. Precisamos células que se estén multiplicando.

Los cromosomas pueden teñirse con facilidad, de allí su nombre que proviene del griego: *chroma*: color y *soma*: cuerpo o elemento. Esta característica facilita nuestra tarea, ya que podremos teñirlos con un colorante para hacerlos visibles. La condensación en esta fase es tal que el cromosoma resulta aproximadamente 10 000 veces más corto que la molécula de ADN que contiene **E**.

CONCEPTOS BÁSICOS

centrómero. Zona de la cromátida por la que se unen las dos cromátidas hermanas y forman el cromosoma duplicado.

histonas. Son las proteínas que acompañan al ADN en el núcleo de la célula. En el proceso de condensación o empaquetamiento, son enrolladas por la cromatina y, entonces, adquiere la forma de cromosoma.

Actividad

1. Expliquen, en un breve texto qué relación encuentran entre la molécula de ADN, un cromosoma, la cromatina y el ciclo celular.



E Microfotografía de cromatina visto al microscopio.

ian nu-
stido, a
nitroge-

ina (A),

Timina
adenas

nos que
ia; esto
D

bases
genadas

io fosfato

ito de

queleto de
azúcares y
fosfatos
ar de bases
trogenadas

base
nitrogenada

k.



CROMOSOMAS Y CARIOTIPO

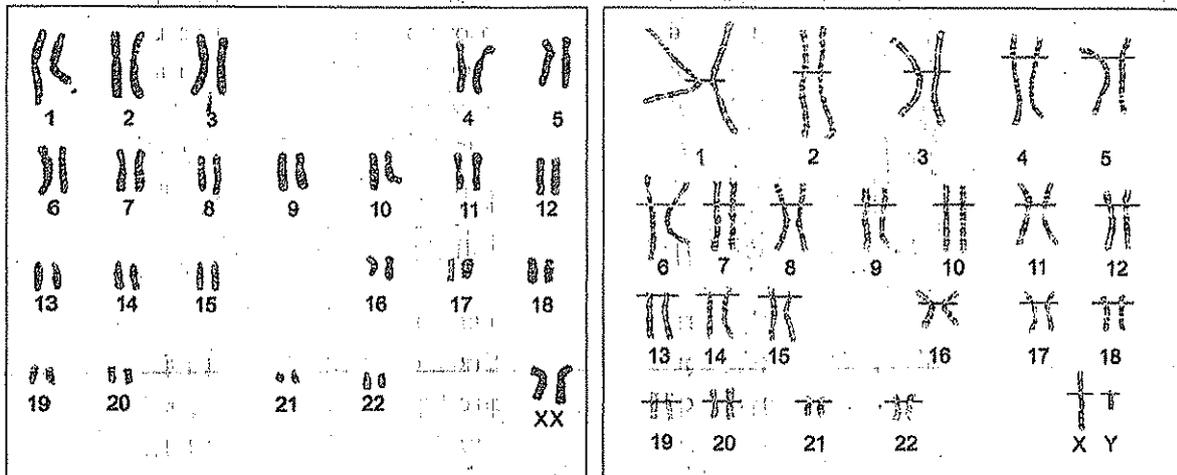
Un cariotipo humano es la representación gráfica y ordenada de los 23 pares de cromosomas homólogos. Hasta el par número 22, se trata de cromosomas somáticos que contienen información equivalente; estos cromosomas son llamados autosomas. El par número 23 corresponde a los cromosomas sexuales. Los cariotipos femeninos y masculinos son diferentes **B**. A través del análisis de esta representación, podemos determinar si estamos viendo un cariotipo de un hombre o de una mujer.

La Genética humana es la disciplina que se ocupa de estudiar cómo se transmiten los caracteres de padres a hijos a lo largo de las generaciones, así como las enfermedades de origen hereditario **C**.

Actitud

Respondan cuáles son las diferencias entre los siguientes conceptos.

- Genotipo-fenotipo
- Haploide-diploide
- Célula somática-células sexuales



B Cariotipo femenino y masculino. Tanto el hombre como la mujer tienen 22 pares de autosomas, y podemos diferenciar el sexo en el par 23: xx para la mujer y xy para el varón. Los autosomas se ordenan en grupos por tamaño y posición del centrómero.

El fenotipo es el conjunto de características, determinadas por la herencia, observables de un individuo. Nos referimos a los rasgos más comunes como el color de ojos, el tipo y color de cabello y la estatura, entre otros.

El genotipo es el conjunto de genes que tiene un individuo. Podemos decir que todo fenotipo es el resultado de un genotipo y su interacción con un determinado ambiente.

EL CARIOTIPO Y LAS ENFERMEDADES

El análisis del cariotipo es una de las técnicas que permite investigar la infinidad de enfermedades genéticas que se pueden encontrar en los seres humanos. Entre este tipo de enfermedades, se encuentra el síndrome de Down, causado por la presencia de un cromosoma más en el par número 21, que se acompaña de retraso mental. John Langdon Down fue el primero en describirla, en 1866. Más tarde, un joven investigador, Jerome Lejeune, en 1958 descubrió que la alteración en el número de los cromosomas era la causa de esta enfermedad. Otro síndrome, menos frecuente, es el de Turner, que se caracteriza por la ausencia de todo un cromosoma X o parte de él. Las mujeres que padecen el síndrome de Turner tienen un aspecto infantil e infertilidad de por vida.

* MENDEL Y SUS INVESTIGACIONES

Mendel decidió trabajar con diferentes especies de plantas de arvejas porque ofrecían las ventajas que él consideraba fundamentales para el éxito de una investigación: "el valor y la utilidad de cualquier experimento dependen de la elección del material adecuado al propósito para el cual se lo usa". La estructura de las flores de las plantas de arveja elegidas favorecía la autopolinización ya que los órganos reproductivos masculinos y femeninos se encontraban encerrados entre los pétalos. Esto aseguraba pureza en los descendientes resultantes.

GENOMA Y GENES

El genoma es el conjunto de genes de una especie. Pero ¿qué es un gen? Es una unidad capaz de transmitir una característica, como puede ser en el hombre, el color de los ojos, el cabello ondulado o lacio; y en los vegetales, la longitud del tallo o la textura del tegumento de una semilla.

En el siglo XIX, Gregor Mendel , considerado como el padre de la genética, ya hablaba de factores que se transmitían de una generación a la otra determinando características en los descendientes.

Luego, los científicos avanzaron en sus investigaciones, y se supo la naturaleza química de estos factores, que no son otra cosa que pequeñas porciones de ADN que se encuentran dentro de los cromosomas, los genes.

Más tarde, los genetistas demostraron que los genes son los responsables de la estructura de las proteínas, contienen la información necesaria para la síntesis de una proteína en particular.

INFONAUTAS / CISA

A pesar de ser los "malqueridos" por todos nosotros ya que los asociamos con distintas enfermedades, las bacterias y los microorganismos, son fundamentales para nuestra vida y la de todos los seres vivos; el planeta los necesita, incluso, para el mantenimiento del suelo y la composición atmosférica. Fueron y siguen siendo la forma de vida más antigua y predominante. Se reproducen rápidamente y tienen muchísima resistencia a condiciones que serían desfavorables para cualquier otro ser vivo, por ejemplo, pueden vivir en condiciones de temperatura extremas, como a 250 °C en el interior de un volcán o estar presentes de forma "invisible", por ejemplo, en la piel humana (son más de 100 000 los microbios que la habitan).

Así, surge la necesidad de investigar aún más, y aprovechar estas ventajas para mejorar las condiciones de vida actuales y los usos potenciales de tan aguerridos seres. De esto se ocupa la metagenómica, ciencia que estudia el ADN y los genomas de comunidades enteras de microbios, sin aislarlos previamente. Así, consigue datos útiles sobre la evolución de las poblaciones, la respuesta del ecosistema a los cambios, la diversidad y, en definitiva, la influencia que ejercen estos microorganismos sobre el resto de los seres vivos y el ambiente. Luego, esta información se utiliza en distintas aplicaciones para mejorar la calidad de vida en nuestro planeta.



El ADN se autoduplica

En el ciclo celular, podemos ver que las células crecen durante la larga interfase; duplican su tamaño aumentando la cantidad de sustancias y organelas; luego, en la fase S, se duplica toda la información genética y, también, las proteínas.

¿Cómo logra la molécula de ADN producir copias de sí misma?

Cuando la célula se divide, cada nueva célula que se forma debe llevar toda la información genética que determine sus características y funciones.

Para eso, antes de que la célula se divida, el ADN debe duplicarse, es decir, generar una copia de sí mismo.

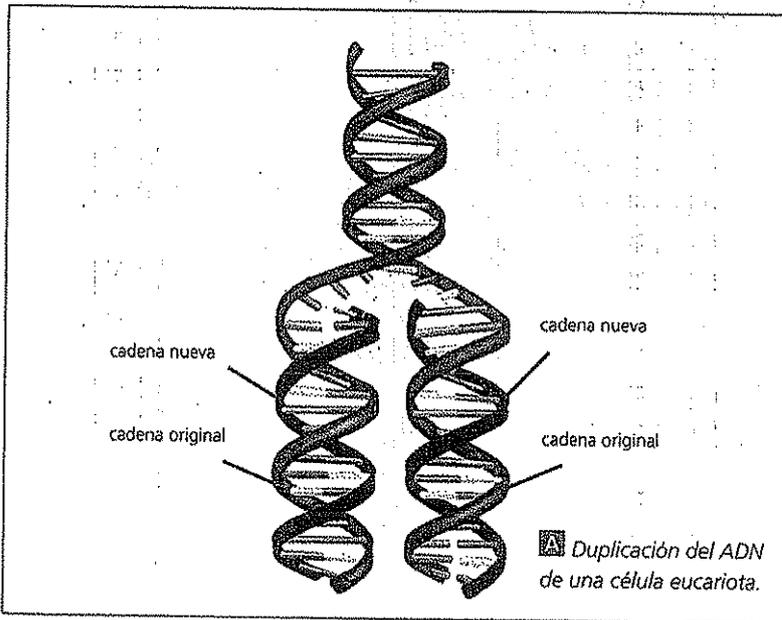
El proceso de duplicación del ADN  tiene las siguientes características:

- Durante la duplicación, la molécula de ADN se desenrolla, es decir, separa sus cadenas.
- Cada una de estas cadenas servirán como "molde" para la síntesis de nuevas cadenas de ADN.
- En este proceso, participa una enzima llamada ADN-polimerasa, que une los monómeros de ADN o nucleótidos.
- A partir de una molécula de ADN, se originan dos nuevas moléculas con la misma información que la molécula original.

CONCEPTOS BÁSICOS

ADN polimerasa. Es una enzima que interviene en la duplicación del ADN para dar a cada célula hija una copia del ADN original en el proceso de la mitosis.

Ver Anexo
Ciencia y arte
páginas 204 y
205.



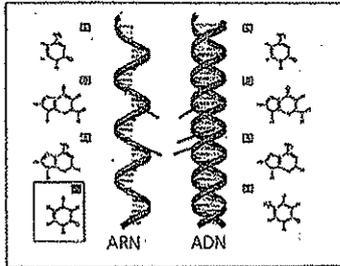
Actitud

1. ¿Por qué es necesario duplicar la molécula de ADN antes de que la célula se divida?
2. ¿Por qué se llama semiconservativa a este tipo de duplicación?

La duplicación es semiconservativa

Si analizamos la ilustración de la duplicación del ADN, podremos ver que las cadenas "viejas" que sirvieron de molde están en azul y las cadenas "nuevas" que se sintetizaron, en negro.

Esto permite comprender por qué los biólogos explican que la duplicación es "semiconservativa" ya que, al finalizar la duplicación, cada nueva molécula de ADN conserva una hebra "vieja", cadena original, y agrega una "nueva".



Molécula de ARN comparada con la de ADN.

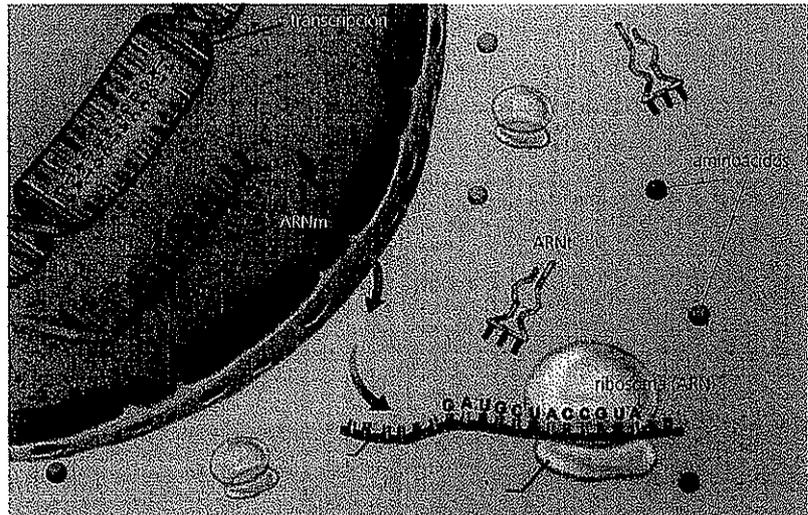
EL ARN, TAMBIÉN, ES UN ÁCIDO NUCLEICO

El ARN o ácido ribonucleico es similar al ADN, ya que ambos son polímeros de nucleótidos. Se diferencian entre sí, porque el ARN posee una sola cadena y, entre sus bases nitrogenadas, no tiene Timina (T); en su lugar, posee Uracilo (U). Si bien existen otras diferencias en su composición, principalmente, se destacarán las relativas a sus funciones.

El ADN permanece en el núcleo de la célula y, desde allí, cumple sus funciones. El ARN, en cambio, ocupa diferentes lugares dentro de la célula. No sólo se origina y tiene actividades en el núcleo, sino que además desempeña un importante papel dentro del citoplasma, en la síntesis proteica.

Tipos de ARN

Se pueden distinguir tres tipos de ARN:



Actitud

Le Go
Acta

Armen un cuadro comparativo entre ADN y ARN. Tengan en cuenta las diferencias en su composición, la ubicación en la célula y las funciones que cumple cada uno.

CONCEPTOS BÁSICOS

organoides. Estructura celular que, a diferencia de las organelas, no está formada por membranas.

1 ARN mensajero o ARNm: El ADN posee instrucciones para la síntesis de proteínas en sus genes. Como no puede salir del núcleo celular, necesita de un mensajero que lleve esta información al lugar donde se realizará la síntesis, organoides llamados ribosomas. El ARN mensajero es aquel que se origina en el núcleo celular y copia las instrucciones que posee el ADN. Una vez formado, abandona el núcleo celular y se ubica en el citoplasma, donde se encuentran los ribosomas.

2 ARN ribosomal o ARNr: Es el principal constituyente de los ribosomas, pequeños componentes celulares donde se sintetizan las proteínas.

3 ARN de transferencia o ARNt: Son cadenas cortas de ARN que se encuentran libres en el citoplasma y tienen una forma similar a la hoja de un trébol. Cada uno de ellos, posee dos extremos funcionales: un extremo que une a determinados aminoácidos y el otro que posee tres bases que se corresponden con el ARNm en forma complementaria. Existen 20 tipos de ARNt diferentes, uno para cada clase de aminoácido presente en el citoplasma.

SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

Las proteínas, como ya hemos visto, son polímeros de aminoácidos. El orden de secuencia de estos aminoácidos determina qué proteína va a sintetizarse. Es decir, el orden y el número de aminoácidos es propio de cada proteína. Cualquier modificación en la secuencia de aminoácidos afectará la función de la proteína.

Además de la materia prima que son los aminoácidos, la célula debe contar con ciertas herramientas, las enzimas, y con "obreros" especializados, es decir, los tres tipos de ARN.

También, necesita un "instructivo" que le permita sintetizar proteínas sin cometer errores. Pero ¿cómo hace la célula para fabricar un tipo de proteínas, por ejemplo, insulina, y que todas estas moléculas sean iguales? ¿Dónde está esa información?

Transcripción y traducción

El ADN es un verdadero "manual de instrucciones". Cada gen lleva la información sobre cada uno de los aminoácidos que conforman una proteína y la secuencia en que deben éstos ubicarse. La síntesis de proteínas ocurre en dos etapas, llamadas transcripción y traducción.

Cuando el ARNm copia las "instrucciones" del ADN, se llama transcripción, en esta etapa se sintetiza una molécula de ARNm en forma complementaria al fragmento de ADN, ¿recuerdan la regla de correspondencia? Así, este "mensajero" lleva la "información" al citoplasma.

El proceso es similar a la autoduplicación del ADN, pero la molécula nueva de ARN que se forma es de cadena simple. La enzima que participa en esta función es la ARN polimerasa. El mensaje está escrito en forma de tripletes, y cada triplete equivale a tres bases nitrogenadas.

La segunda etapa es la traducción y ocurre en los ribosomas. Cada triplete del ARNm es "leído" por otro ARN, llamado ARN de transferencia (ARNt). Éste actúa como un "adaptador" entre la información que lleva el ARNm y los aminoácidos que deben ir colocándose para formar la proteína correspondiente a medida que se unen como si fuera un collar de perlas, donde las perlas son los aminoácidos.

Cada triplete determina qué aminoácido se colocará en la proteína que se está fabricando. No será cualquiera, sino el que haya reconocido el ARNt. Existen tantos ARNt como aminoácidos.

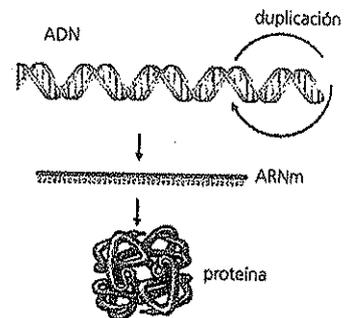
Ahora, necesitamos que el ARNt que está unido por un extremo a un aminoácido específico y, por el otro, posee un triplete de bases nitrogenadas, vincule éstas, por la regla de la correspondencia, con un triplete del ARNm que se encuentran en el ribosoma.

CONCEPTOS BÁSICOS

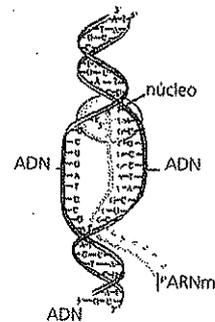
ARN polimerasa. Es un tipo de enzima capaz de sintetizar ARN a partir de una secuencia de ADN.

Actitud

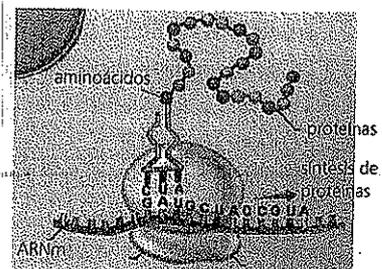
1. Armen un cuadro sinóptico donde se expliquen las principales características de las siguientes moléculas: ADN, ARNm, ARNr, ARNt, aminoácidos.



A Del ADN a las proteínas.



B Transcripción del ARNm. El ARN no posee Timina, su lugar lo ocupa la base nitrogenada Uracilo.



C Etapa de traducción.



MENSAJES CON ERRORES

A veces, la enzima que se encarga de duplicar el ADN, es decir, la enzima ADN polimerasa, se equivoca. Coloca un nucleótido en lugar de otro. ¿Qué sucede con la información genética que transmite un ADN con errores?

Veamos este tema con un ejemplo sencillo: si la enzima ADN polimerasa coloca una T (Timina) en lugar de una A (Adenina), podría ocurrir que, al traducirse, se coloque en la proteína un aminoácido diferente del que corresponde. Por lo tanto, la proteína generada sería diferente en un aminoácido. Este cambio en el ADN, llamado **mutación**, podría alterar o anular la función de la proteína sintetizada.

Este ejemplo demuestra la causa de los cambios o **mutaciones puntuales**. Así se denomina a las mutaciones producidas por un único cambio en la secuencia de aminoácidos.

Consecuencias de una mutación puntual

En algunos casos, las mutaciones pasan inadvertidas, sin producir daños ni alteraciones.

En otros, pueden provocar la falta de actividad de una proteína esencial y causar una enfermedad o puede ocurrir que se altere la función de la proteína y provocan un cambio que no resulte perjudicial. Este es el caso del carácter color de ojos, donde el color claro se produce por la falta de ciertas enzimas que fabrican los pigmentos del iris **B**.

De todas formas, la mayoría de las mutaciones no se manifiestan. Una razón puede ser porque se producen en regiones del ADN donde no hay genes, o porque ese cambio no altera la función de la proteína.

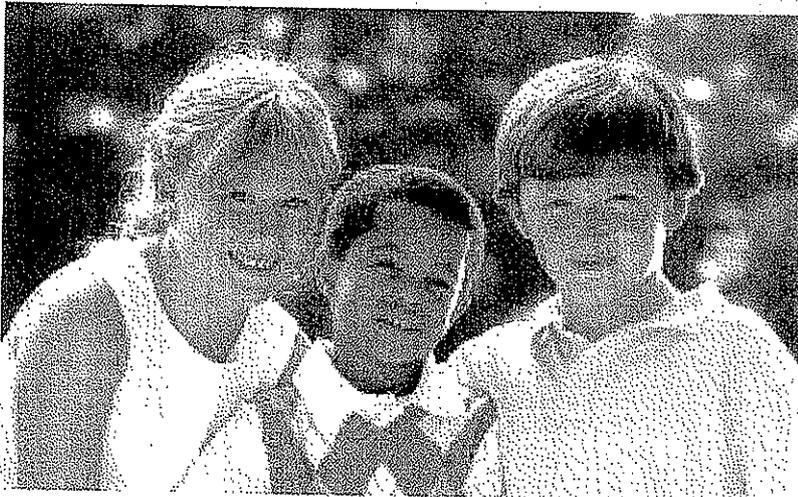
En realidad, las mutaciones son la base de la **biodiversidad** **C**. Es decir, que las pequeñas diferencias en el ADN es lo que determina que los seres vivos sean diferentes entre sí.

CONCEPTOS BÁSICOS

biodiversidad. Es la variedad de vida en todas sus formas, niveles y combinaciones.



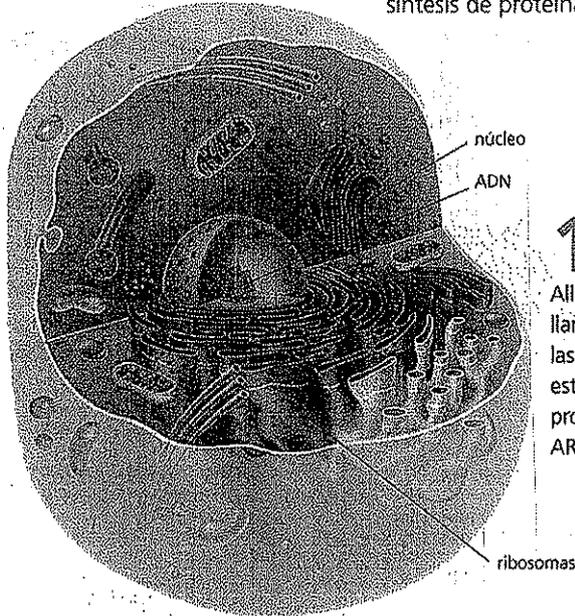
B Los ojos claros son consecuencia de una mutación puntual.



C Biodiversidad.

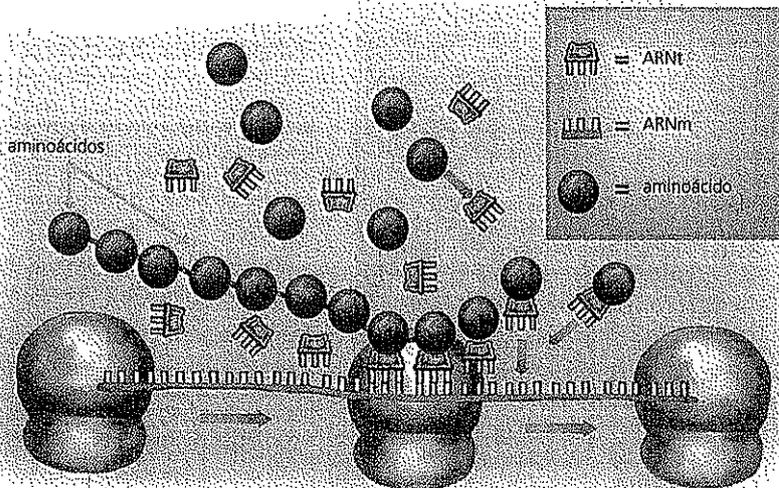
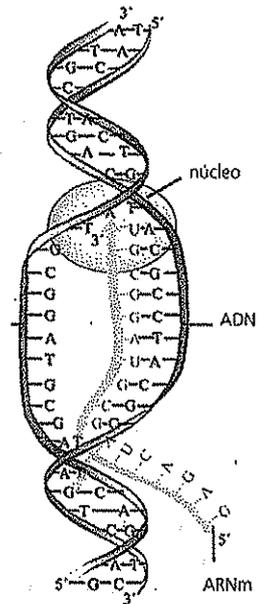
SÍNTESIS DE PROTEÍNAS EN IMÁGENES

Aquí podrán comprender mejor e integrar la secuencia del proceso de síntesis de proteínas.



1 El núcleo es la estructura más destacada de la célula eucariote, tanto por su morfología como por sus funciones. Allí se almacena la información genética en porciones de ADN llamados genes. El ADN se duplica y se enrolla alrededor de las histonas para formar los cromosomas. También junto a este proceso se fabrican los ARN que requiere la síntesis de las proteínas. Los tipos de ARN que se forman son el ARNm y el ARNt.

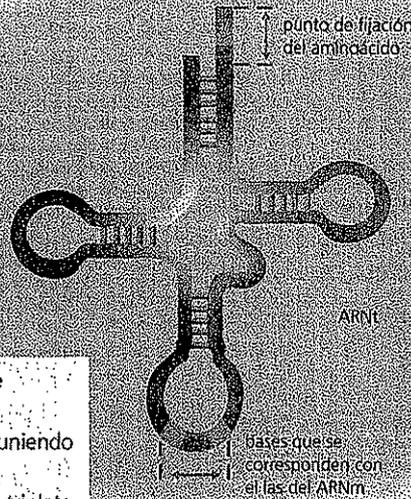
2 El ARNm se sintetiza mediante el proceso de transcripción, esta etapa ocurre dentro del núcleo celular. Para ello una cadena de ADN sirve como molde: Una vez sintetizado el ARNm sale del núcleo por los poros de la membrana nuclear hacia los ribosomas. Este ARN lleva las instrucciones de los genes.



3 El ARNt identifica los aminoácidos que encuentra en el citoplasma de acuerdo con su secuencia de tripletes. Una vez que cada aminoácido se une con su triplete correspondiente el ARNt se dirige hacia el ribosoma. Estos se encuentran en el citoplasma y están formados por ARN ribosomal.



ARNm

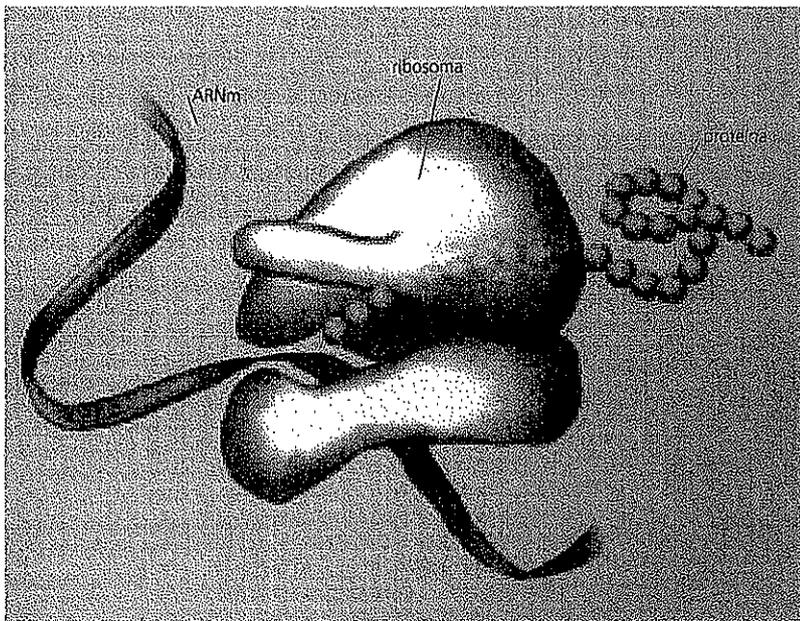


punto de fijación del aminoácido

ARNt

bases que se corresponden con el código del ARNm

4 En el ribosoma ya está dispuesto el ARNm con sus tripletes entonces se producirá un acoplamiento entre estos tripletes y los aminoácidos que transporta el ARNt. Esta etapa se llama traducción. Los aminoácidos se van uniendo por uniones peptídicas a medida que el ARNm se va desplazando y sale del ribosoma. La formación de la cadena de proteínas se interrumpe cuando un triplete de bases indica que es el final del proceso del ensamble.



ARNm

ribosoma

proteína

En resumen: La información guardada en el ADN está en un determinado "idioma", el de las bases nitrogenadas (ATCG). Estas letras forman palabras que representan genes, a partir de cada gen se sintetizará una proteína. Para que esto suceda el mensaje deberá estar en el "idioma" del ARNm (AUCG), a esto lo llamamos proceso de transcripción. A su vez intervendrá el ARNt que realizará el proceso de traducción y, como resultado, se obtendrá la secuencia de aminoácidos necesaria para la síntesis de una proteína en particular.