

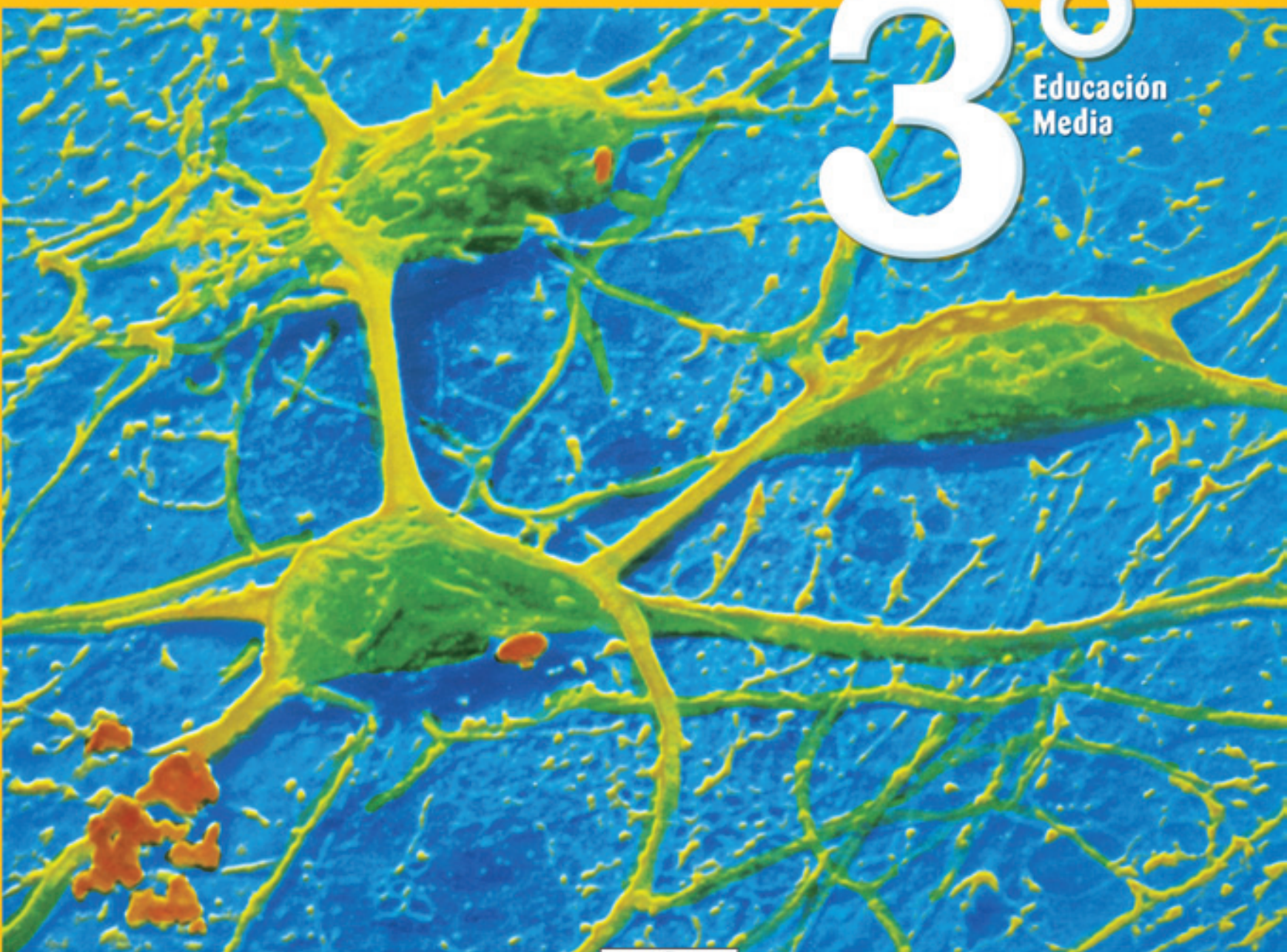
TEXTO PARA EL ESTUDIANTE

# BIOLOGÍA

Luis Flores Prado • Germán Manríquez Soto

# 3<sup>o</sup>

Educación  
Media

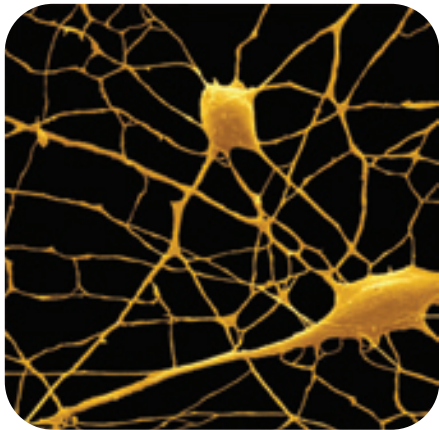


AÑO 2011

EDICIÓN ESPECIAL PARA  
EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN  
PROHIBIDA SU COMERCIALIZACIÓN



Santillana



**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Curso:** \_\_\_\_\_

**Escuela o Liceo:** \_\_\_\_\_

El material didáctico **Biología 3º**,  
para **Tercer Año de Educación Media**,  
es una obra colectiva, creada y diseñada por  
el Departamento de Investigaciones Educativas  
de Editorial Santillana, bajo la dirección general de:  
**MANUEL JOSÉ ROJAS LEIVA**

COORDINACIÓN DEL PROYECTO:  
EUGENIA ÁGUILA GARAY

COORDINACIÓN ÁREA CIENCIAS:  
MARISOL FLORES PRADO

EDICIÓN:  
JEANETTE TELLO RIQUELME

AUTORES:  
LUIS FLORES PRADO  
GERMÁN MANRÍQUEZ SOTO

REVISIÓN DE ESPECIALISTAS:  
EUGENIO ASPILLAGA FONTAINE  
SERGIO FLORES CARRASCO

CORRECCIÓN DE ESTILO:  
ASTRID FERNÁNDEZ BRAVO  
ISABEL SPOERER VARELA

DOCUMENTACIÓN:  
PAULINA NOVOA VENTURINO  
JUAN CARLOS REYES LLANOS

La realización gráfica ha sido efectuada bajo la dirección de:  
**VERÓNICA ROJAS LUNA**

COORDINACIÓN GRÁFICA:  
CARLOTA GODOY BUSTOS

COORDINACIÓN LICITACIÓN:  
XENIA VENEGAS ZEVALLOS

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:  
ALFONSO DIAZ DE LA FUENTE  
MONICA HIZMERI MARTINI  
MARIELA PINEDA GÁLVEZ

ILUSTRACIONES DIGITALES:  
ALFREDO GALDAMES CID  
MARIELA PINEDA GÁLVEZ  
OSVALDO TORRES RUÍZ  
RAÚL URBANO CORNEJO  
CARLOS URQUIZA MORENO

CUBIERTA:  
XENIA VENEGAS ZEVALLOS

PRODUCCIÓN:  
GERMÁN URRUTIA GARÍN

FOTO PORTADA:  
MICROFOTOGRAFÍA DE NEURONAS

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución en ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

© 2009, by Santillana del Pacífico S.A. de Ediciones  
Dr. Aníbal Ariztía 1444, Providencia, Santiago (Chile)  
PRINTED IN CHILE

Impreso en Chile por WorldColor Chile S.A.  
ISBN: 978 - 956 - 15 - 1497 - 3  
Inscripción N° 176.861  
[www.santillana.cl](http://www.santillana.cl)

TEXTO PARA EL ESTUDIANTE

# BIOLOGÍA

**3°**  
Educación  
Media

**LUIS FLORES PRADO**

PROFESOR DE BIOLOGÍA Y CIENCIAS NATURALES,  
UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
DOCTOR EN CIENCIAS, MENCIÓN ECOLOGÍA Y BIOLOGÍA EVOLUTIVA,  
UNIVERSIDAD DE CHILE

**GERMÁN MANRÍQUEZ SOTO**

BIÓLOGO, LICENCIADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS,  
UNIVERSIDAD DE JARKOV, UCRANIA  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOMÉDICAS,  
UNIVERSIDAD DE CHILE



El texto **Biología 3°** se organiza en tres unidades. A continuación se describen los tipos de páginas y las secciones que encontrarás en cada unidad.

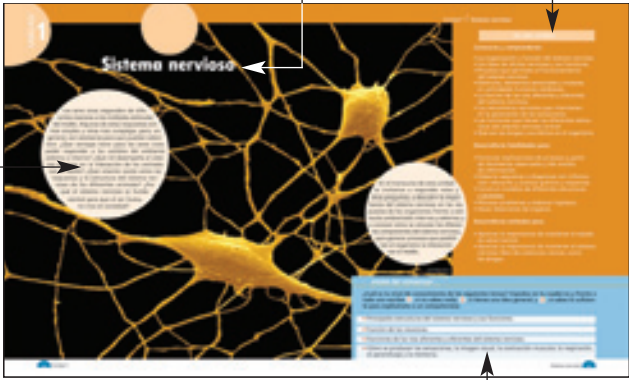
## 1. Páginas de inicio de la unidad

**Título de la unidad**

Texto de introducción al tema de la unidad.

**En esta unidad...**  
Sección en que te damos a conocer los objetivos de la unidad.

**Antes de comenzar...** Actividad diagnóstica, que te permitirá darte cuenta de cuánto sabes sobre los temas que se tratarán en la unidad.



## 2. Exploración inicial

Actividad exploratoria que te permite empezar a trabajar con los contenidos de la unidad.



## 3. Páginas de desarrollo de contenidos

**Voy aprendiendo.**  
En esta sección podrás ir evaluando tu aprendizaje a lo largo de la unidad.

**Conociendo más.**  
Ampliación de los contenidos.


**Reflexiona.** En esta sección se plantean hechos relacionados con el tema que te permitirán discutir, analizar y reflexionar al respecto.

**Biodatos.** Información complementaria a los contenidos.

**Biologi@net.** Sección en la que se sugieren direcciones de Internet, que contienen información complementaria. Para acceder a ellas, debes ingresar al portal [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) y digitar el código que se indica.

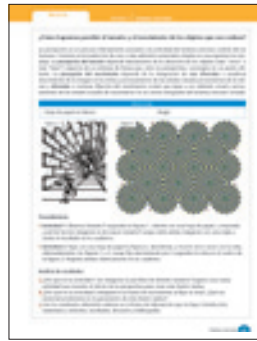
**Actividades.** Llevan el nombre de la habilidad principal que se está trabajando.

**Biolab**  
Actividad experimental.



#### 4. Proyecto

Actividad en la que se plantea un problema científico que deberás resolver.



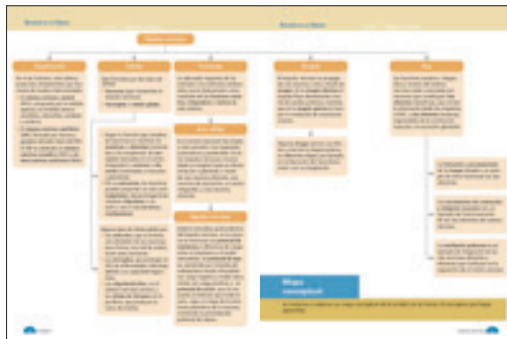
#### 5. Trabajo con las actitudes

Son cuatro páginas en las que se expone un tema, a partir del cual se proponen diversas actividades que te permitirán trabajar y desarrollar actitudes y hábitos.



#### 6. Resumen

Son dos páginas que presentan la síntesis de la unidad. Se incluye la sección Mapa conceptual que te ayudará a relacionar los principales conceptos revisados en la unidad.



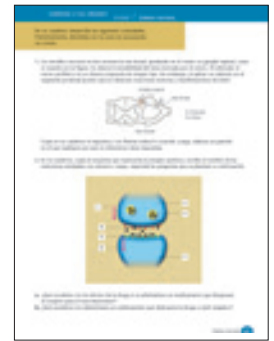
#### 7. Lectura científica

Se entrega un tema científico de actualidad. Incluye preguntas de profundización y reflexión sobre el tema leído.



#### 8. Comprueba lo que aprendiste

En cuatro páginas se presentan actividades para que apliques los contenidos tratados en la unidad.



#### 9. Glosario

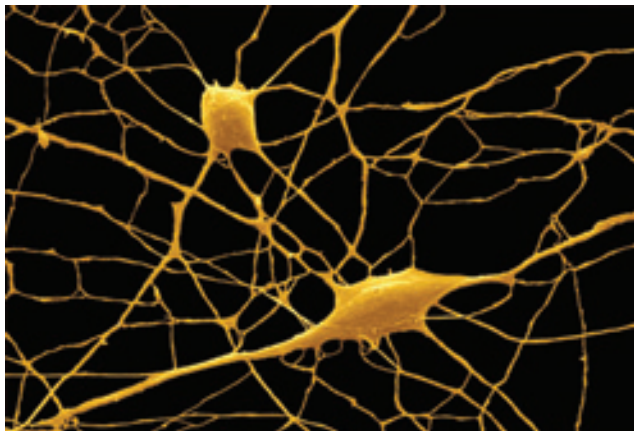
Página que incluye una breve definición de algunos conceptos tratados en la unidad.



#### 10. Páginas de Anexos

Incluyen información que te servirá para apoyar tu trabajo a lo largo de las unidades.





Unidad

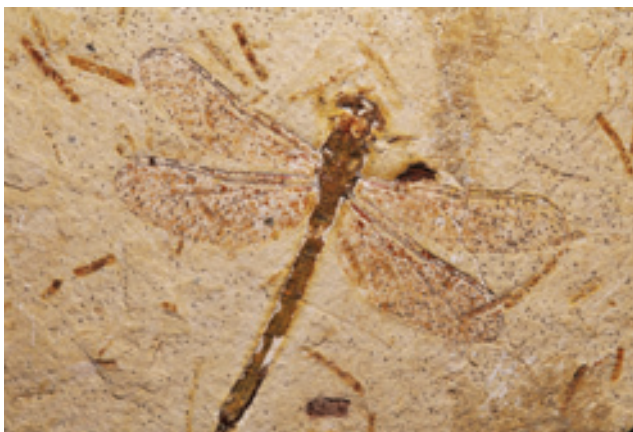
**1** Sistema nervioso **8**

<b>Exploración inicial</b>	10
1. Función del sistema nervioso y su relación con el sistema endocrino	11
2. Organización del sistema nervioso en los animales	12
3. Organización general del sistema nervioso humano	15
4. Sistema Nervioso Central (SNC)	16
5. Tejido nervioso	20
6. Arco reflejo	23
7. Potencial de membrana	24
8. El impulso nervioso	27
9. Sinapsis	29
10. Vías aferentes y eferentes	33
11. La imagen visual y las vías aferentes	37
12. La contracción muscular y las vías eferentes	41
13. Ventilación pulmonar	44
14. Drogas y sistema nervioso	46
<b>Proyecto:</b> ¿Cómo logramos percibir el tamaño y el movimiento de los objetos que nos rodean?	59
<b>Trabajo con las actitudes:</b> Salud mental y déficit atencional en la edad escolar	60
<b>Resumen de la unidad</b>	64
<b>Lectura científica:</b> Efectos neurológicos de la acupuntura	66
<b>Comprueba lo que aprendiste</b>	67
<b>Glosario</b>	71

Unidad

**2** Regulación de las funciones corporales y homeostasis **72**

<b>Exploración inicial</b>	74
1. Equilibrio de agua y sales	75
2. Sistema renal y homeostasis	77
3. Regulación de la concentración y del volumen de orina	85
4. Regulación neuroendocrina de la homeostasis	89
5. Homeostasis y estrés	91
<b>Proyecto:</b> Percepción del nivel de estrés en estudiantes de Educación Media	95
<b>Trabajo con las actitudes:</b> El estrés en la vida estudiantil y laboral	96
<b>Resumen de la unidad</b>	100
<b>Lectura científica:</b> ¿Control homeostático de la masa corporal?	102
<b>Comprueba lo que aprendiste</b>	103
<b>Glosario</b>	107

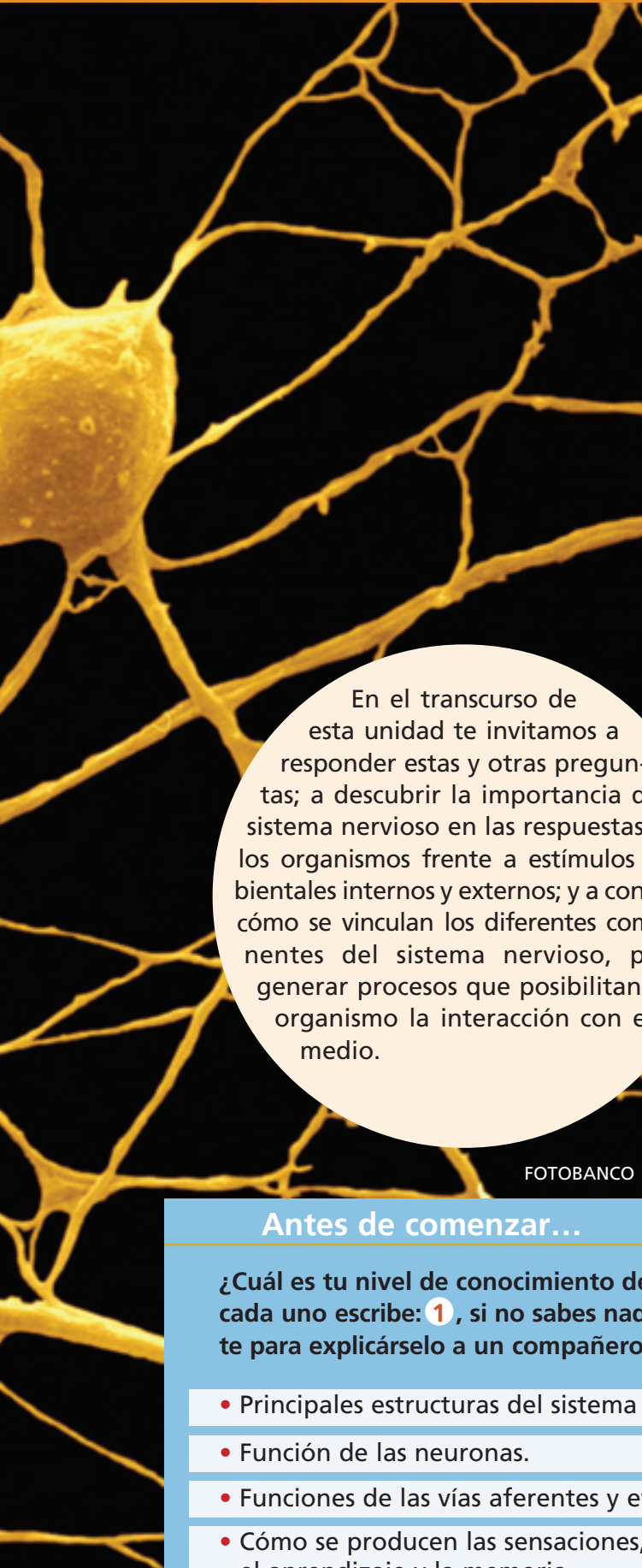


Unidad **3** Variabilidad, evolución y adaptación de los seres vivos **108**

<b>Exploración inicial</b>	110	<b>Anexo 1:</b>	166
1. Principales respuestas para el origen de la biodiversidad	111	Medidas de seguridad en el trabajo de laboratorio	
2. El cambio de los seres vivos a través de las generaciones	112	<b>Anexo 2:</b>	169
3. ¿Qué es evolución?	116	Dissección de ojo	
4. Más evidencias a favor de la evolución	117	<b>Anexo 3:</b>	172
5. Una explicación para la evolución de las especies	120	Intercambio entre las células y su medio	
6. Teoría de la evolución propuesta por Darwin	122	<b>Anexo 4</b>	174
7. Hacia una teoría integrada de la evolución	125	Dissección de riñón	
8. Factores que intervienen en la evolución	127	<b>Anexo 5</b>	177
9. Tipos de selección natural	128	Interpretación de huellas fósiles	
10. Selección sexual	129	<b>Anexo 6:</b>	178
11. Especie y especiación	131	Evidencias de evolución en las islas Galápagos	
12. Diversidad e historia evolutiva	134	<b>Anexo 7</b>	180
13. Eras geológicas y eventos evolutivos	135	Ejemplos hipotéticos de los mecanismos evolutivos propuestos por Lamarck y Darwin.	
14. Ambiente y adaptación de los seres vivos	138	<b>Anexo 8</b>	182
15. Tipos de adaptaciones	142	Especiación y deriva continental	
16. Restricciones al proceso de adaptación	146	<b>Anexo 9</b>	184
17. Adaptación e historia evolutiva	147	Comparación de conceptos	
<b>Proyecto:</b> Selección natural y evolución	153		
<b>Trabajo con las actitudes:</b> Medicina evolutiva, SIDA y evolución del VIH	154		
<b>Resumen de la unidad</b>	158	<b>¿Cómo lo aprendí?</b>	186
<b>Lectura científica:</b> ¿Estamos aún evolucionando?	160	<b>Índice de materias</b>	187
<b>Comprueba lo que aprendiste</b>	161	<b>Bibliografía</b>	189
<b>Glosario</b>	165	<b>Agradecimientos</b>	191

# Sistema nervioso

Los seres vivos responden de diferentes maneras a los múltiples estímulos del medio. Algunas de estas respuestas son más simples y otras más complejas, pero, en general, son necesarias para que puedan sobrevivir. ¿Qué ventajas tiene para los seres vivos poder responder a los cambios del ambiente externo e interno? ¿Qué rol desempeña el sistema nervioso en la interacción de los animales con el medio? ¿Qué relación existe entre las respuestas y la estructura del sistema nervioso de los diferentes animales? ¿Por qué el sistema nervioso es fundamental para que el ser humano viva en sociedad?



En el transcurso de esta unidad te invitamos a responder estas y otras preguntas; a descubrir la importancia del sistema nervioso en las respuestas de los organismos frente a estímulos ambientales internos y externos; y a conocer cómo se vinculan los diferentes componentes del sistema nervioso, para generar procesos que posibilitan al organismo la interacción con el medio.

FOTOBANCO

### En esta unidad...

#### Conocerás y comprenderás:

- La organización y función del sistema nervioso.
- Los tipos de células nerviosas y sus funciones.
- Procesos que permiten el funcionamiento del sistema nervioso.
- Estímulos, elementos sensoriales y motores en actividades humanas cotidianas.
- La función de las vías aferentes y eferentes del sistema nervioso.
- Los mecanismos nerviosos que intervienen en la generación de las sensaciones.
- Las funciones que tienen las diferentes estructuras del sistema nervioso central.
- Qué son las drogas y sus efectos en el organismo.

#### Desarrollarás habilidades para:

- Formular explicaciones de procesos a partir de fenómenos observados y del análisis de información.
- Elaborar esquemas o diagramas con información relevante y analizar gráficos y esquemas.
- Construir modelos de diferentes estructuras y procesos.
- Plantear problemas y elaborar hipótesis.
- Hacer disecciones de órganos.

#### Desarrollarás actitudes para:

- Apreiciar la importancia de mantener el estado de salud mental.
- Apreiciar la importancia de mantener el sistema nervioso libre de sustancias nocivas, como las drogas.

### Antes de comenzar...

¿Cuál es tu nivel de conocimiento de los siguientes temas? Cópialos en tu cuaderno y frente a cada uno escribe: **1**, si no sabes nada; **2**, si tienes una idea general; y **3**, si sabes lo suficiente para explicárselo a un compañero o compañera.

• Principales estructuras del sistema nervioso y sus funciones.

• Función de las neuronas.

• Funciones de las vías aferentes y eferentes del sistema nervioso.

• Cómo se producen las sensaciones, la imagen visual, la contracción muscular, la respiración, el aprendizaje y la memoria.

## Exploración inicial

### ¿Cómo responden las chinitas a diferentes estímulos?

#### Antes de empezar

Formen un grupo de trabajo y discutan en torno a las siguientes preguntas:

- ¿A qué grupo de animales pertenecen las chinitas?
- ¿Qué es un estímulo?
- ¿Qué sistemas de órganos les permiten a las chinitas responder a estímulos?

#### Antecedentes

Todos los organismos están constantemente sometidos a cambios que se producen en su medio, tanto externo (ambiente) como interno. Estos cambios representan **estímulos** y la capacidad de los organismos para responder a ellos es fundamental pues se relaciona directa o indirectamente con su supervivencia. En los animales, la respuesta a estímulos está mediada por dos sistemas: el sistema endocrino y el sistema nervioso, que se diferencian básicamente en el tipo de respuesta producida. El sistema nervioso genera respuestas inmediatas, mientras que el sistema endocrino genera respuestas lentas (generalmente no observables en tiempos cortos).



#### Entendiendo el fenómeno

Piensen y diseñen un procedimiento que les permita, sin dañar al insecto, responder la pregunta inicial. Para esto deben definir previamente:

- ¿Qué estímulos del medio externo podemos seleccionar para comprobar cuál es la respuesta de los organismos en estudio? Piensen en aquellos que puedan ser relevantes en el medio en que habitan estos insectos y que requieran respuesta rápidas, por ejemplo: cambio brusco en la luminosidad, presencia de otros organismos, cambio de color del sustrato.
- ¿Cómo se puede establecer si las chinitas responden frente a un estímulo?
- Al aplicar cada estímulo, ¿de qué forma mantendremos constantes las demás variables?

#### Resultados

Resuman los resultados de la exploración en una tabla como la siguiente. Cópienla en su cuaderno y complétenla.

Estímulo	Respuesta
	Copia en tu cuaderno

#### Análisis

Discutan y respondan grupalmente las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo pueden inferir que las respuestas observadas están mediadas por el sistema nervioso?
2. ¿Qué importancia puede tener para estos insectos el responder rápido a ciertos estímulos?
3. ¿Es posible predecir la respuesta de estos (y otros organismos) frente a los mismos estímulos? Expliquen.
4. Diseñen un experimento para establecer si diferentes tipos de insectos responden de la misma forma frente a los estímulos utilizados.
5. Den ejemplos de respuestas a estímulos mediadas por el sistema nervioso en el ser humano.

## 1 Función del sistema nervioso y su relación con el sistema endocrino

Para sobrevivir, los animales requieren mantener dentro de determinados rangos las condiciones de su medio interno, como la temperatura y la presión de la sangre. También necesitan desarrollar comportamientos que les permitan obtener su alimento, defenderse de posibles depredadores y protegerse de ciertas condiciones desfavorables del ambiente (precipitaciones, calor, etc.). Estas y otras actividades importantes para su vida, dependen en gran medida de la eficacia con que los animales reaccionen a los estímulos internos y externos. Para que esta respuesta sea adecuada, el sistema nervioso cumple tres funciones básicas: **sensitiva, integradora y motora**.



Los animales responden a diversos estímulos de su medio. En el ejemplo de esta imagen, ¿el estímulo se refiere a la acción de la leona o a algún ruido ambiental?

- La **función sensitiva** se refiere a que el sistema nervioso “siente” o “detecta” estímulos provenientes tanto del interior del organismo como del medio externo.
- La **función integradora** consiste en el “análisis” de la información captada, proveniente de los estímulos, “almacenar” algunos aspectos de ella y “tomar” decisiones respecto de la acción a seguir.
- Finalmente el sistema nervioso “responde” a los estímulos iniciando contracciones musculares o secreciones glandulares, lo cual constituye la **función motora**.

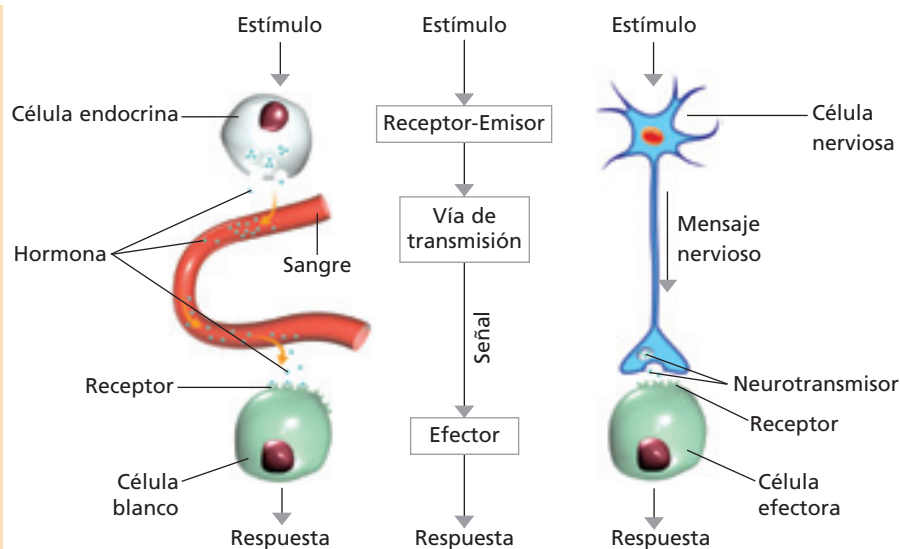
En los animales más complejos, en cuanto a su fisiología y organización estructural, existen **hormonas** que participan en la regulación de procesos internos, como el control de la concentración de azúcar en la sangre, el desarrollo de caracteres sexuales secundarios, etc. Estas hormonas corresponden a sustancias químicas producidas por glándulas endocrinas (que forman parte del sistema endocrino), que son transportadas por la sangre a diferentes órganos y tejidos del organismo. En estos animales, tanto el sistema nervioso como el sistema endocrino coordinan las respuestas del organismo.

### ACTIVIDAD 1

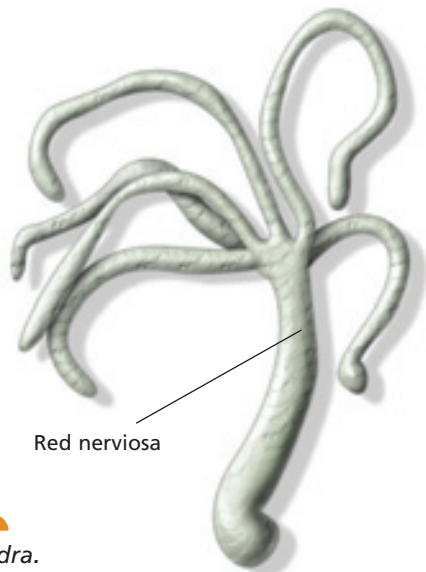
### COMPARAR

Analiza el siguiente esquema y responde.

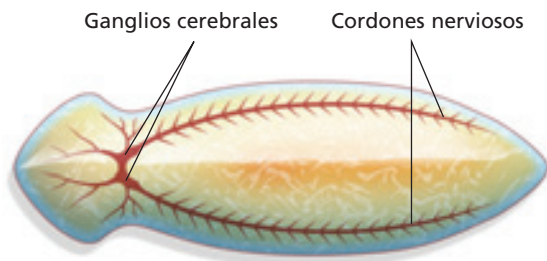
- ¿Qué semejanzas puedes establecer entre el control nervioso y el endocrino?
- ¿Qué diferencias puedes establecer entre el control nervioso y el endocrino?



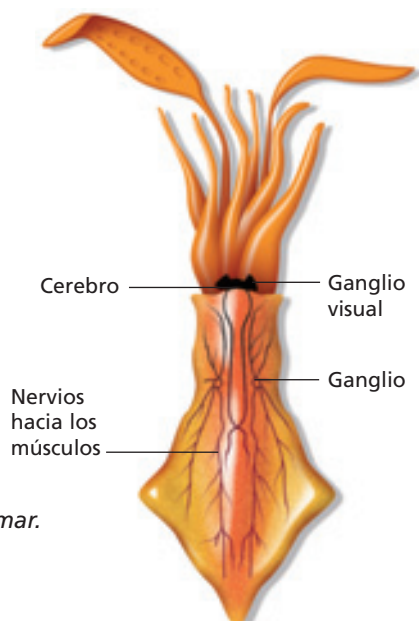
## 2 Organización del sistema nervioso en los animales



Hidra.



Planaria.



Calamar.

¿Qué tipo de animales son más sencillos de acuerdo con la organización y estructura de su sistema nervioso? A continuación se presenta la organización del sistema nervioso de distintos grupos de animales, tanto invertebrados como vertebrados.

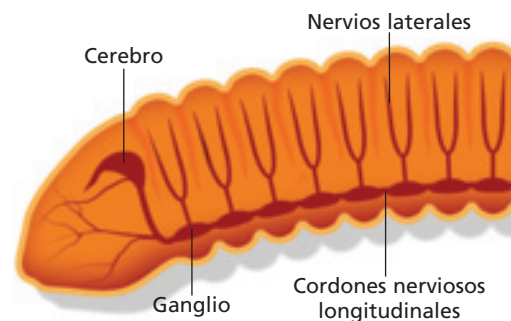
### 2.1 El sistema nervioso en invertebrados

La organización más simple del sistema nervioso la presenta un tipo de animales pertenecientes al grupo de los **cnidarios** (como la hidra y las medusas) y corresponde a una **red nerviosa** donde las neuronas (células del sistema nervioso) están dispersas por todo el organismo. No existe un órgano central que realice la función integradora o de control. Gracias a esta red nerviosa, la hidra mueve sus tentáculos para capturar su alimento.

Los gusanos planos pertenecientes al grupo de los **platelmintos**, como las planarias, presentan una región cefálica (cabeza) que posee concentraciones de células nerviosas llamadas **ganglios cerebrales**. Estos ganglios están unidos y cumplen una función de control e integración. Desde los ganglios se prolongan longitudinalmente dos **cordones nerviosos** hasta el extremo posterior del cuerpo. Un cordón nervioso corresponde a una estructura alargada y compacta formada por neuronas.

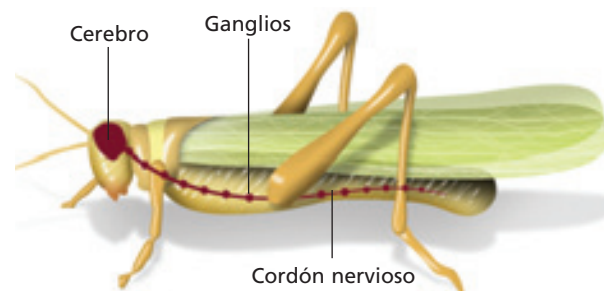
En los animales pertenecientes al grupo de los **moluscos**, como los bivalvos (almejas, machas, etc.), gasterópodos (caracoles) y cefalópodos (pulpos y calamares), el sistema nervioso presenta algunas variaciones dependiendo del grupo más específico al que pertenezcan. En general, está compuesto por pares de ganglios conectados por nervios, formando un **anillo nervioso** en los gasterópodos y cefalópodos. Estos últimos poseen un **cerebro** de mayor desarrollo en comparación con el resto de los invertebrados. En general, los moluscos poseen órganos sensoriales sencillos (fotorreceptores, quimiorreceptores y órganos táctiles), sin embargo, la mayoría de los cefalópodos poseen ojos muy desarrollados.

En las lombrices de tierra y sanguijuelas, pertenecientes al grupo de los **anélidos**, el sistema nervioso se compone de **ganglios** ubicados en la región anterior, los cuales forman un "**cerebro**". A partir de ellos se prolongan hacia la región posterior dos **cordones nerviosos** longitudinales muy cercanos. En cada segmento del cuerpo de estos invertebrados se encuentra un par de ganglios estrechamente asociados, desde los cuales se prolongan **nervios laterales**. En la superficie del cuerpo de estos animales existen células que tienen una función sensitiva para estímulos táctiles y lumínicos.



Lombriz.

En los **artrópodos** en general, como los arácnidos, crustáceos e insectos, existen **ganglios** en la región cefálica que constituyen un **cerebro** que posee regiones funcionales específicas. A partir de ganglios ubicados bajo el esófago se prolonga longitudinalmente hacia el extremo posterior, un **cordón nervioso** doble y ventral. En algunos grupos ambos cordones están muy próximos formando un solo cordón longitudinal. El cuerpo de estos animales es segmentado y existe un par de ganglios en ciertos segmentos, aunque en ocasiones están tan estrechamente unidos que parece un solo ganglio por segmento. Desde el cerebro se prolongan **nervios** a diferentes órganos sensitivos, como ojos y antenas, y desde los ganglios presentes en los segmentos, surgen **nervios laterales** conectados con diversos órganos y estructuras motoras como los músculos de las patas.



Saltamontes.

### Conociendo más

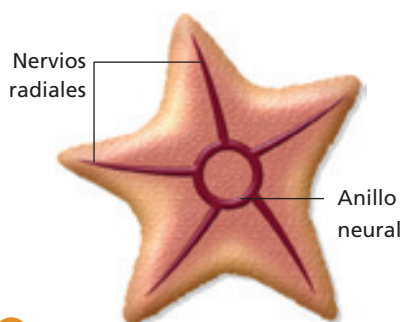
En los animales, en general, la región anterior es aquella en que se encuentra la cavidad bucal, y en la región posterior se ubica la apertura anal. En los animales terrestres que habitualmente tienen una posición horizontal, la región ventral del cuerpo es la mitad longitudinal que se encuentra más cerca del suelo, en cambio, la otra mitad (opuesta a la región ventral), se denomina región dorsal.

#### ACTIVIDAD 2

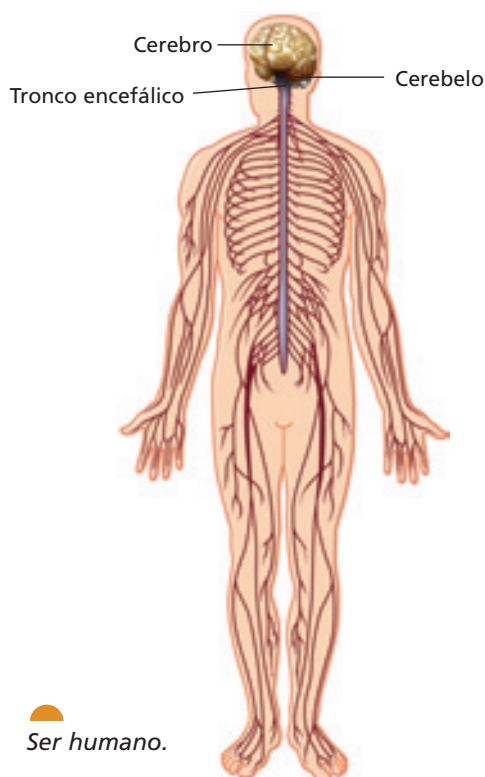
#### INVESTIGAR

Reúnete junto a un grupo de compañeros y compañeras. Efectúen las siguientes actividades.

- Recolecten lombrices de tierra y limpien cuidadosamente su cuerpo con un pincel. Formulen una hipótesis y diseñen un experimento para responder la siguiente pregunta: ¿Qué partes de la lombriz son más sensibles al tacto?
- Averiguen en qué estructura del cuerpo de un insecto existe una mayor cantidad de receptores del olfato. Planifiquen una actividad que demuestre que dichas estructuras son más sensibles a los olores.



Estrellas de mar.



Ser humano.

En los animales del grupo de los **equinodermos**, como las estrellas de mar y los erizos, el sistema nervioso, en general, presenta un **anillo nervioso** (neural) central conectado con un **nervio radial** principal en cada brazo. Estos animales poseen pocos órganos de los sentidos especializados (quimiorreceptores y fotorreceptores).

## 2.2 El sistema nervioso en cordados

En los animales pertenecientes al grupo de los **cordados** existe un **cordón nervioso dorsal**, cuyo extremo anterior se ensancha y forma una vesícula cerebral en los cordados no vertebrados (como el piure). En todos los vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos) esta vesícula se engruesa y forma el **encéfalo** constituido por el cerebro, cerebelo, tronco encefálico y otros órganos nerviosos. Dependiendo del grupo específico, algunos órganos de los sentidos están más desarrollados que otros. Existe gran diversidad de nervios que conectan el cordón nervioso con diferentes órganos y tejidos.

### Conociendo más

En los seres humanos, la posición corporal habitual es vertical (excepto cuando duerme o reposa horizontalmente), debido a su tipo de desplazamiento (bípedo). Podemos dividir el cuerpo en dos mitades: una ventral y la otra dorsal. La región ventral corresponde a la mitad en que se ubican los labios, el ombligo y las rodillas. En la región dorsal se encuentra la espalda, los glúteos y las pantorrillas. Internamente, los órganos también pueden estar en la mitad ventral o dorsal del cuerpo.

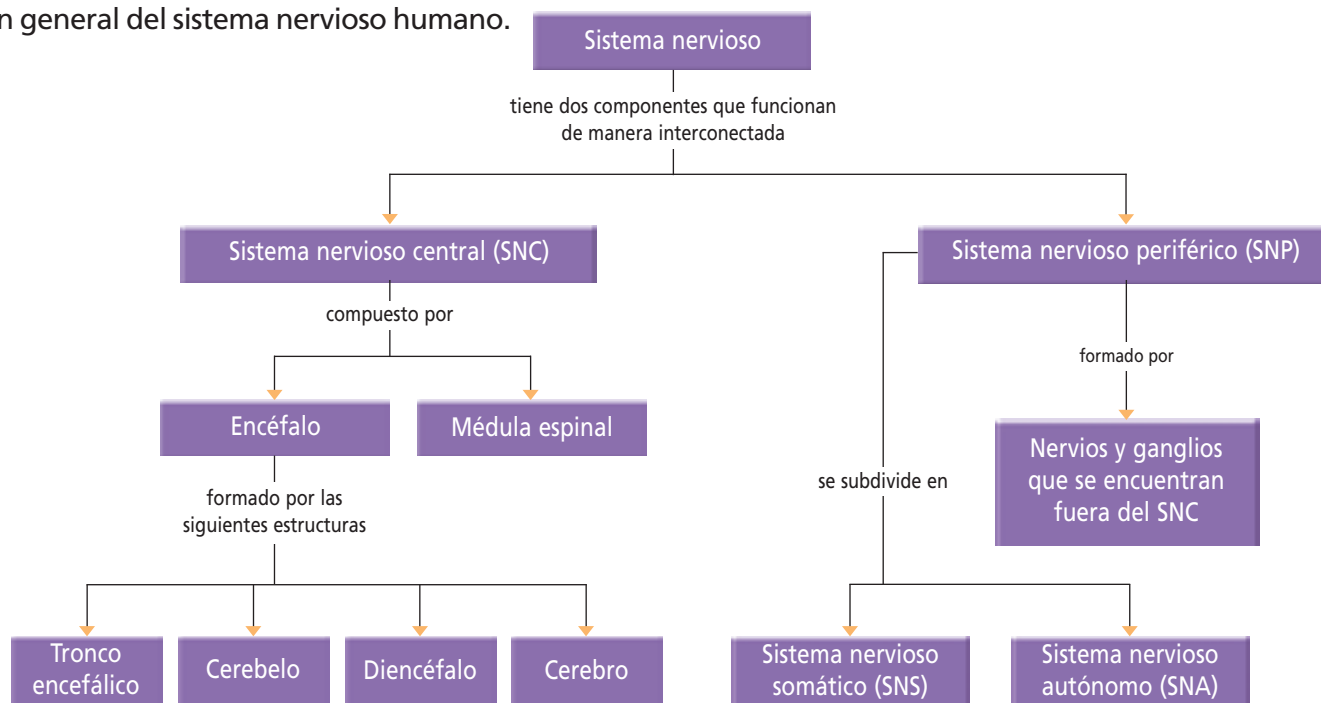
### VOY APRENDIENDO

Responde las siguientes preguntas.

- Desde el punto de vista de su organización y de sus estructuras, ¿qué animales poseen un sistema nervioso con menos órganos y con una menor complejidad de funciones nerviosas?
- Señala cuál de los siguientes animales debería tener un sistema nervioso estructuralmente más complejo: lapa, lombriz solitaria, lombriz de tierra, sol de mar y chanchito de tierra.
- ¿Crees que existe relación entre la cantidad de órganos del sistema nervioso, su complejidad y el modo de vida de los animales? Fundamenta.
- ¿En cuál de los siguientes grupos de animales: aves, anfibios, mamíferos terrestres, los tejidos nerviosos relacionados directamente con la coordinación de movimientos debieran estar muy desarrollados?
- ¿En cuál de los siguientes grupos de animales: aves, anfibios, mamíferos terrestres, los tejidos nerviosos relacionados directamente con el aprendizaje debieran estar muy desarrollados?
- Fundamenta la elección que efectuaste en las preguntas d y e.

### 3 Organización general del sistema nervioso humano

El siguiente diagrama representa la organización general del sistema nervioso humano.



Los componentes del sistema nervioso funcionan interconectadamente en la ejecución de muchos comportamientos del individuo y están involucrados en las respuestas del organismo frente al ambiente, ya sea interno o externo.

El SNS está formado por neuronas que llevan información desde las unidades sensitivas hasta el SNC, y por neuronas que conducen información desde el SNC hasta el sistema muscular esquelético. Como el accionar de los músculos esqueléticos puede ser controlado conscientemente, se considera al SNS como **voluntario**.

El SNA está formado por neuronas que llevan información desde los componentes sensitivos (receptores), ubicados fundamentalmente en las vísceras, hasta el SNC, y por neuronas que conducen información desde el SNC hasta los músculos lisos, como los del sistema digestivo, el músculo cardíaco y las glándulas. Como la contracción de estos músculos y

glándulas no es consciente, se considera al SNA como **involuntario**.

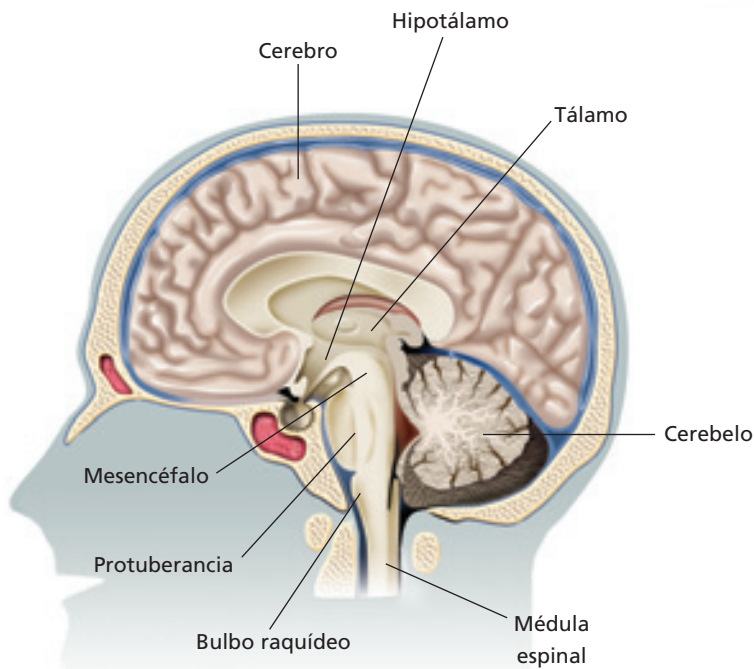
El componente motor del SNA, es decir, aquellas neuronas involucradas en la contracción de la musculatura lisa y cardíaca y de la secreción glandular, tiene dos divisiones: la **división simpática** y la **división parasimpática**. Tienen acciones opuestas: la primera participa en reacciones del organismo frente a situaciones de tensión, y la segunda, restablece el equilibrio propio del organismo en reposo. Por ejemplo, las neuronas simpáticas aceleran los latidos del corazón, mientras que las parasimpáticas los desaceleran.

#### Conociendo más

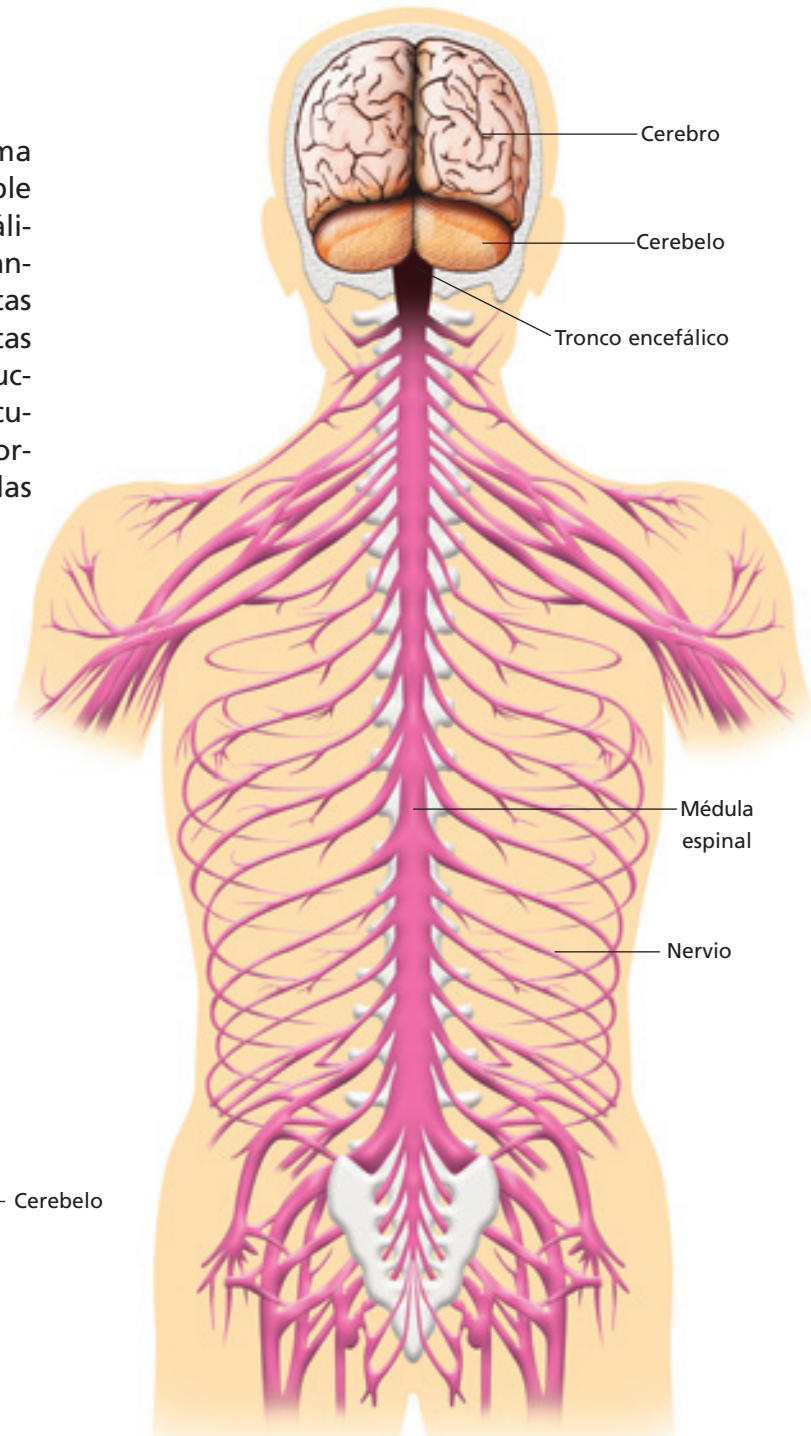
- Un ganglio corresponde a una agrupación de cuerpos de las neuronas (somatos) del sistema nervioso periférico.
- Un nervio está formado por un conjunto de fibras nerviosas que siguen un mismo camino en el sistema nervioso periférico.

## 4 Sistema Nervioso Central (SNC)

¿Cuáles son las funciones del sistema nervioso central? Las funciones que cumple este sistema están relacionadas con el análisis de la información sensitiva, almacenando aspectos de ella y ordenando ciertas acciones a seguir. Para llevar a cabo estas funciones generales, las diferentes estructuras del SNC cumplen otras más particulares, las cuales serán descritas posteriormente. A continuación se presentan las principales estructuras del SNC.



Corte lateral



Corte dorsal

### ACTIVIDAD 3

### AVERIGUAR

- Construye un modelo que incluya las diferentes estructuras del sistema nervioso señaladas en esta página. Averigua tres situaciones cotidianas en las que estén involucradas las diferentes estructuras del modelo que decidiste efectuar.

## 4.1 Estructuras del sistema nervioso central y sus funciones

Las principales estructuras del SNC son:

a) **Médula espinal.** Contiene circuitos neuronales (formados por neuronas) que intervienen en algunas de las respuestas más rápidas y automáticas del organismo ante ciertos estímulos. Es el centro en el que se procesan los reflejos medulares. Además, a través de ella se conducen los impulsos nerviosos sensitivos que se dirigen hasta el encéfalo y los impulsos nerviosos motores que se propagan desde el encéfalo hasta los efectores.

### b) Encéfalo

- **Tronco encefálico.** Compuesta por:
  - **Bulbo raquídeo.** Se encuentran el centro cardiovascular –que controla la frecuencia y la fuerza del latido cardíaco, además del diámetro de los vasos sanguíneos– y el centro respiratorio.
  - **Protuberancia.** Se encuentran las áreas neumotóxica y apnéusica. La primera limita la duración de la inspiración y facilita la espiración, y la segunda prolonga la inspiración, inhibiendo la espiración.
  - **Mesencéfalo.** Posee centros reflejos para los movimientos de los ojos, cabeza y cuello, en respuesta a estímulos visuales, y para los movimientos de la cabeza, en respuesta a estímulos auditivos.
- **Diencéfalo.** Contiene el tálamo y el hipo-

tálamo, es un centro coordinador principal del cerebro.

- **Tálamo.** A él llega información sensorial, que permite apreciar sensaciones como el dolor, la temperatura y la presión. Recepciona la información antes de pasar a la corteza cerebral.
- **Hipotálamo.** Es un órgano regulador de la **homeostasis**. Contribuye a la regulación de la contracción del músculo liso (como el del tubo digestivo) y cardíaco; y de la secreción de muchas glándulas. Regula la temperatura corporal. En él se encuentra el centro del apetito, responsable de la sensación de hambre y el centro de la sed. Contribuye a mantener los estados de vigilia y los patrones de sueño.
- **Cerebelo.** Controla las contracciones musculares esqueléticas que son necesarias para la coordinación, la postura, el equilibrio y la ejecución de movimientos precisos.
- **Cerebro.** Posee áreas que interpretan los impulsos sensitivos. Las áreas motoras controlan los movimientos musculares voluntarios y las áreas de asociación intervienen en procesos más complejos como la memoria, las emociones, el razonamiento y las capacidades intelectuales.

### Conociendo más

La homeostasis es una condición en que el medio interno del organismo permanece relativamente constante, dentro de ciertos rangos de funcionamiento.

### VOY APRENDIENDO

- Completa el siguiente cuadro considerando la información presentada en esta página. Señala el principal órgano del sistema nervioso que está involucrado en cada situación.

Situación	Órgano
- Enhebrar una aguja.	
- Resolver, mentalmente, un ejercicio de matemática.	
- Aumento de la temperatura corporal.	
- Taquicardia.	
- Retirar la mano rápidamente, después de tocar una superficie que está a 80° C.	
- Aguantar la inspiración bajo el agua.	

Copia en tu cuaderno

## 4.2 Las funciones del cerebro

El cerebro es el órgano con mayor masa del encéfalo. Su superficie está formada por una capa de **sustancia gris**, de dos a cuatro mm de grosor denominada **corteza cerebral**. Debajo de esta capa se encuentra la **sustancia blanca**. Durante el desarrollo del cerebro, en el período embrionario, la corteza se enrolla y se pliega sobre sí misma originando las circunvoluciones. Debido a su aspecto, habitualmente se dice que la corteza de los mamíferos es "rugosa".

Las funciones del cerebro son múltiples y muy complejas. En determinadas áreas de la corteza cerebral se llevan a cabo procesos muy importantes, por ejemplo, las **áreas sensitivas primarias** reciben la información proveniente de los receptores sensoriales y conducen impulsos a las **áreas de asociación** donde se interpreta esta información. Las áreas de asociación también se conectan con las áreas motoras, que controlan la contracción muscular voluntaria, sobre todo en aquellos músculos que realizan movimientos complejos y delicados.

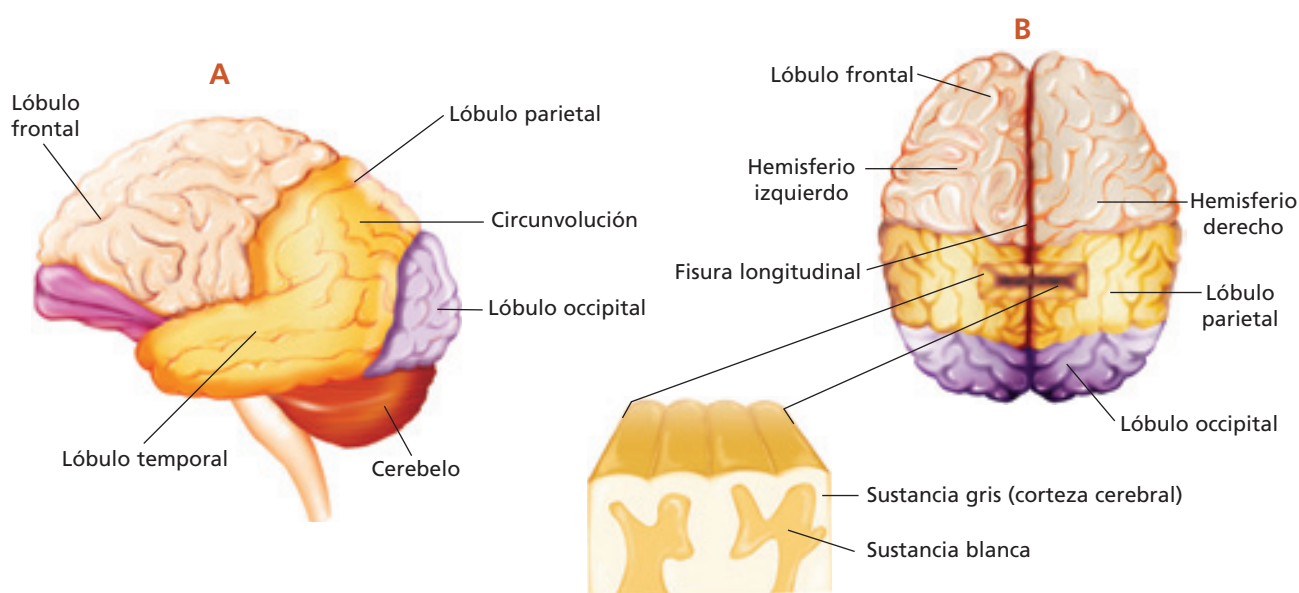
### Biologi@net

Conéctate a la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B3018. Allí encontrarás un atlas de anatomía virtual que te permitirá conocer más en detalle las estructuras y funciones del cerebro. Recuerda que las direcciones de internet o su contenido pueden cambiar, por lo que, además, te recomendamos realizar tu propia búsqueda en la web, en sitios pertenecientes a instituciones médicas y/o universidades, nacionales o extranjeras.

### ACTIVIDAD 4

### DESCRIBIR

- Observa las siguientes imágenes, busca información en distintas fuentes y haz una descripción general de la anatomía del cerebro, considerando las partes señaladas. Comparte tu respuesta en una puesta en común.



Vistas lateral (A) y superior (B) del cerebro.

### 4.3 Memoria, aprendizaje y lenguaje

La **memoria** y el **aprendizaje** son dos procesos que se desarrollan gracias al cerebro (corteza cerebral). El aprendizaje es un proceso dinámico a través del cual se adquieren conocimientos que, mediante una modificación del comportamiento, permite la adaptación a un contexto real. La memoria es la retención de dicho conocimiento y su "recuperación" para utilizarlo en algún contexto determinado. Muchas especies de animales tienen ambas capacidades, sin embargo, estas alcanzan su máximo desarrollo en la especie humana.

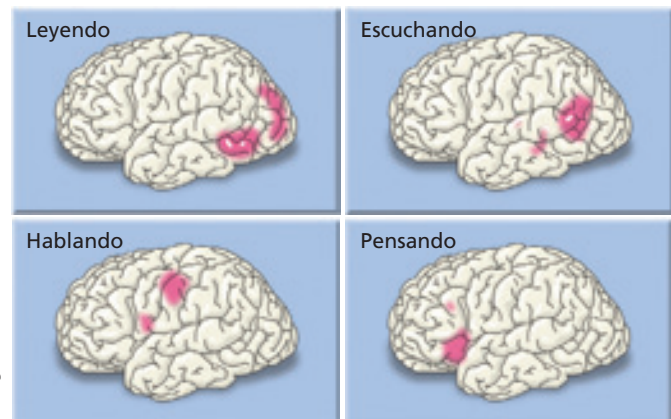
Los estudios realizados hasta el momento, indican que el **lenguaje** es una característica humana que posiblemente apareció en las últimas etapas de la evolución de nuestro género (*Homo*). En el proceso de traducir palabras (que son escuchadas o leídas) en pensamientos existen, en nuestro cerebro, áreas sensoriales y áreas de asociación relacionadas con el lenguaje. Para expresar los pensamientos a través del habla se requiere, además, la intervención de un área motora.

Áreas cerebrales que se activan durante diferentes aspectos del lenguaje.

#### Conociendo más

¿Qué diferencia hay entre comunicación y lenguaje?

La comunicación es la capacidad de transmitir señales que contienen información, en forma verbal, gestual, escrita, o mediante un sistema de signos. También puede ser a través de señales químicas o sonoras. Las señales son producidas por un emisor, se trasladan a través de un medio, y son captadas por un receptor, el cual es capaz de decodificarlas de modo de comprender el mensaje que encierran o responder frente a este. El lenguaje es la capacidad de expresar ideas hablando, escribiendo, y de comprender palabras habladas y escritas.



#### ACTIVIDAD 5

#### ANALIZAR

- Observa el esquema que presenta las áreas del cerebro que se activan en diferentes situaciones relacionadas con el lenguaje.
- Elabora dibujos del cerebro, indicando las áreas que se activan, de dos personas en la siguiente situación: una persona lee una noticia a la otra, la cual reflexiona en torno a lo escuchado.

#### VOY APRENDIENDO

Elabora una hipótesis para el siguiente problema:

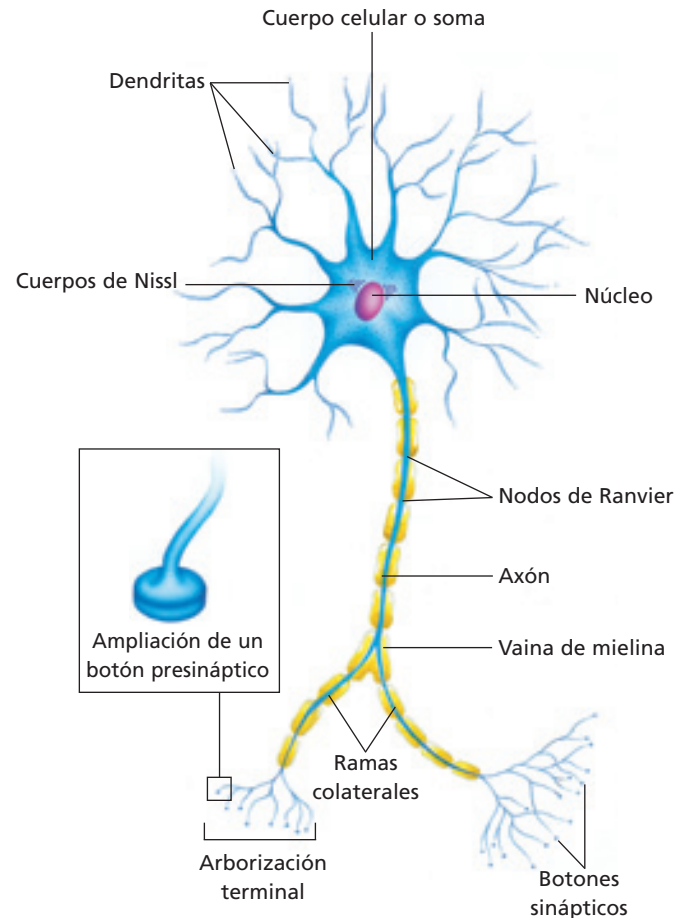
*¿Qué diferencia es esperable que exista entre dos animales cuyo volumen cerebral es similar pero que presentan diferente grado de rugosidad en la corteza?*

- ¿Qué fundamento teórico sustenta la hipótesis propuesta?
- ¿Qué estructura del encéfalo esperarías que estuviera muy desarrollada en las aves? Fundamenta.
- ¿Qué parte del cerebro esperarías que estuviera muy desarrollada en los primates, especialmente en la especie humana? Fundamenta.

## 5 Tejido nervioso

A pesar de la complejidad del sistema nervioso, este solo está formado por dos tipos de células: las **neuronas** y las células **gliales** o **neuroglias**. Las neuronas del sistema nervioso central son de variadas formas y tamaños; no obstante, la mayor parte de ellas presentan las siguientes regiones o partes: cuerpo celular o soma, dendritas, axón y terminales sinápticos.

- **Cuerpo celular o soma.** Contiene citoplasma con un núcleo y organelos como lisosomas, mitocondrias y aparato de Golgi, además de los **cuerpos de Nissl**, que son una disposición ordenada del retículo endoplasmático rugoso. También se encuentran las neurofibrillas o filamentos que forman el citoesqueleto.
- **Dendritas.** Cortas prolongaciones que se extienden a partir del soma y que se ramifican.
- **Axón.** Es una larga prolongación cilíndrica que se proyecta desde el soma y que contiene un citoplasma (axoplasma) con mitocondrias y neurofibrillas, pero que carecen de retículo endoplasmático rugoso. La membrana que lo rodea se conoce como axolema. Los axones de las neuronas que se encuentran fuera del sistema nervioso central están recubiertos por una **vaina de mielina** que está formada por capas de lípidos y proteínas producidas por las **células de Schwann**. La vaina de mielina envuelve al axón excepto en los **nodos de Ranvier**, que son espacios situados entre las vainas de mielina. Los axones de las neuronas del sistema nervioso central también tienen mielina, pero es producida por células llamadas oligodendrocitos (células gliales).
- **Terminales presinápticos o botones sinápticos.** El axón se divide en ramas terminales, cada una de las cuales finaliza en varias estructuras llamadas botones sinápticos o terminales presinápticos.



### Biodatos

Durante muchos años se pensó que la teoría celular no se aplicaba al cerebro. Camilo Golgi desarrolló una técnica que le permitió teñir toda la neurona. Esta técnica fue usada por Santiago Ramón y Cajal para examinar la estructura nerviosa de diversos organismos. Sus observaciones mostraron que las neuronas son las unidades básicas de señalización en el cerebro.



Esquema histológico de Santiago Ramón y Cajal, publicado en el año 1890.

### 5.1 Función de las neuronas

Las neuronas tienen la capacidad de comunicarse con precisión, rapidez y a larga distancia con otras células, ya sean nerviosas, musculares o glandulares. A través de las neuronas se transmiten señales electroquímicas denominadas **impulsos nerviosos**. Esta transmisión es mucho más rápida que los procesos de difusión que habitualmente ocurren en las células. El impulso nervioso, en las neuronas de un organismo vivo, viaja desde las dendritas (lugar donde se recibe el estímulo), hacia el terminal presináptico.

Las neuronas conforman e interconectan los tres componentes del sistema nervioso: sensitivo, integrador y motor.

### 5.2 Clasificación de las neuronas

De acuerdo con su función, las neuronas pueden clasificarse en tres tipos:

- **Neuronas sensitivas o aferentes** que con-

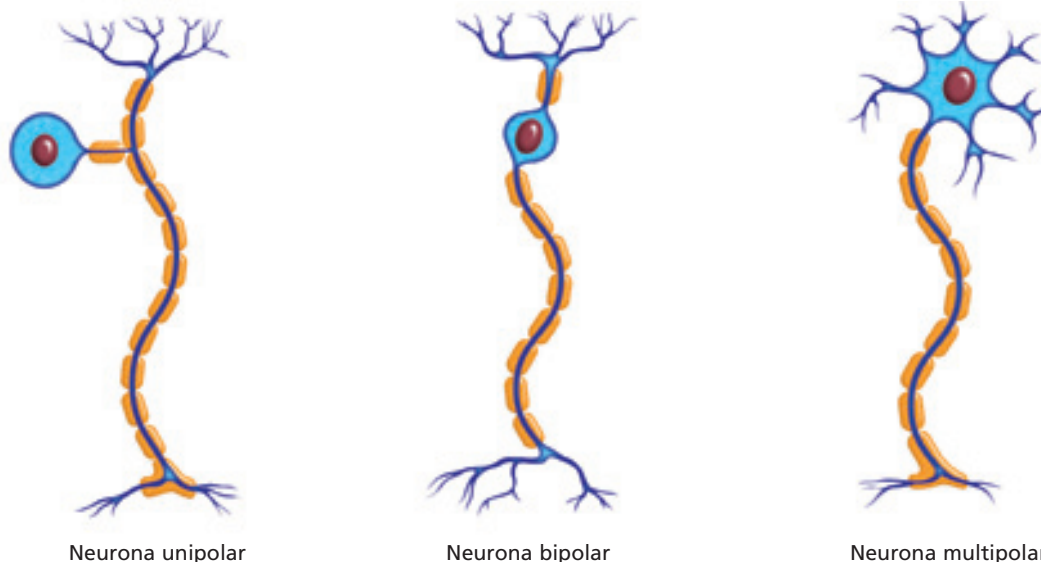
ducen el impulso nervioso hasta el centro integrador (médula espinal o tronco encefálico).

- **Neuronas de asociación** que se encuentran en los centros integradores y conectan las neuronas sensitivas y motoras.
- **Neuronas motoras o eferentes** que conducen el impulso nervioso hasta un efector (músculo o glándula).

Según su estructura pueden ser:

- **Neuronas unipolares.** Presentan solo una prolongación celular (axón), por lo general con muchas ramificaciones. Son el tipo de neuronas más sencillo y predominan en el sistema nervioso de los invertebrados.
- **Neuronas bipolares.** Poseen dos prolongaciones separadas, que emergen de los polos opuestos de la neurona.
- **Neuronas multipolares.** Tienen un solo axón y una o más dendritas, que emergen de diferentes partes del soma. Este tipo de neuronas predomina en el sistema nervioso de los vertebrados.

#### Clasificación de neuronas según su estructura



Neurona unipolar

Neurona bipolar

Neurona multipolar

#### ACTIVIDAD 6

#### REPRESENTAR

- Realiza un esquema que represente los tres tipos funcionales de neuronas. Señala en tu esquema el tipo de neurona involucrada y con flechas indica el sentido del impulso nervioso conducido por las neuronas.

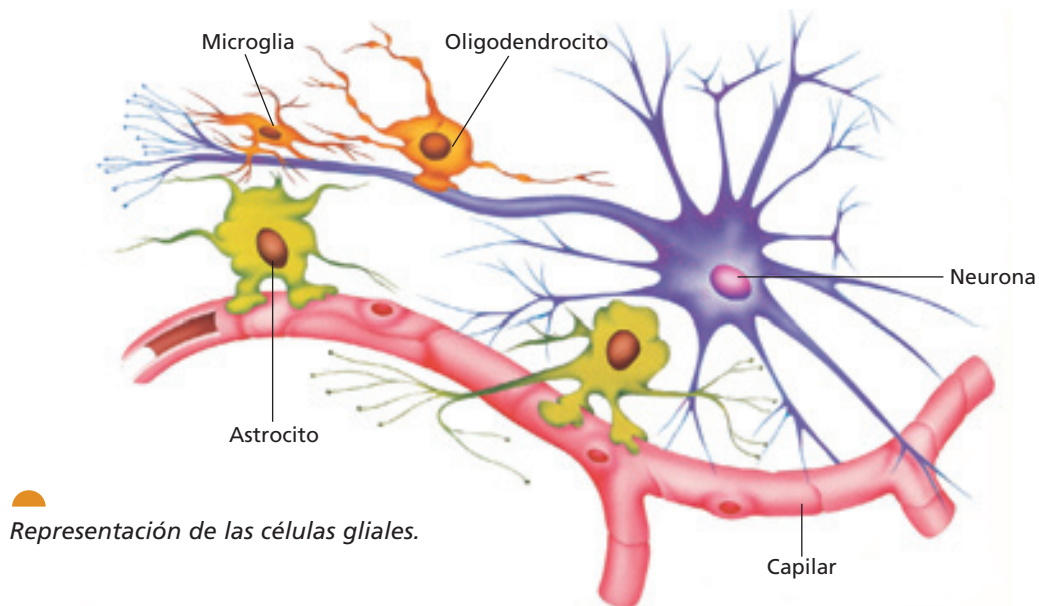
### 5.3 Células gliales

Aunque no conducen impulsos nerviosos, las células gliales o neuroglías cumplen funciones muy importantes en el sistema nervioso. Su importancia queda demostrada por la gran diversidad y abundancia de neuroglías, superior a las neuronas. Las células gliales pueden dividirse dentro del sistema nervioso maduro, a diferencia de las neuronas, de manera que cuando ocurre una lesión traumática, por ejemplo, las células gliales se multipli-

can para llenar los espacios que ocupaban las neuronas. Existen diferentes tipos de células gliales, algunas de ellas son: los **astrocitos**, que se entrelazan alrededor de las neuronas para formar una red de sostén, entre otras funciones; las **microglías**, que protegen al sistema nervioso central de enfermedades infecciosas debido a su capacidad fagocitaria; y los **oligodendrocitos** que, junto con las **células de Schwann**, producen la vaina de mielina.

#### Biología@net

En la dirección [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) ingresa el código 10B3022. Allí encontrarás microfotografías e información sobre los distintos tipos de células nerviosas presentes en el ser humano. Recuerda que las direcciones de internet o su contenido pueden cambiar, por lo que, además, te recomendamos realizar tu propia búsqueda en la web, en sitios pertenecientes a instituciones médicas y/o universidades, nacionales o extranjeras.



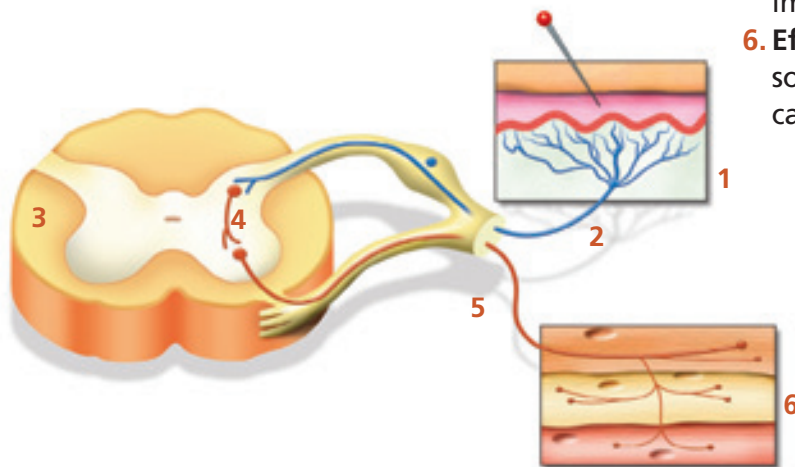
Representación de las células gliales.

#### VOY APRENDIENDO

- Escribe en tu cuaderno la opción que corresponde al tipo de neurona.
1. Conduce el impulso nervioso hasta un músculo.  
a. aferente   b. de asociación   c. unipolar   d. eferente   e. multipolar
  2. Tienen un solo un axón, muchas ramificaciones, y son características de invertebrados.  
a. aferente   b. de asociación   c. unipolar   d. eferente   e. multipolar
  3. Conduce el impulso nervioso hacia el centro integrador.  
a. aferente   b. de asociación   c. unipolar   d. eferente   e. multipolar
  4. Presenta un solo axón con muchas dendritas, y son características de los vertebrados.  
a. aferente   b. de asociación   c. unipolar   d. eferente   e. multipolar

## 6 Arco reflejo

Los **reflejos** son respuestas automáticas, rápidas y predecibles frente a cambios en el ambiente y que ayudan a mantener las condiciones del medio interno de nuestro organismo dentro de rangos normales. La ruta seguida por los impulsos nerviosos, desde su origen en una neurona hasta su llegada a otra parte del cuerpo, constituye un circuito neuronal específico. El circuito más simple se denomina **arco reflejo** y constituye la unidad básica de la actividad nerviosa integrada, debido a que en él se pueden encontrar las funciones básicas del sistema nervioso.



Los componentes del arco reflejo son:

- 1. Receptor:** corresponde a las dendritas de una neurona sensitiva o una estructura asociada, que detecta un estímulo específico desencadenando uno o más impulsos nerviosos.
- 2. Neurona sensitiva o aferente:** conduce el impulso nervioso hasta el centro integrador.
- 3. Centro integrador:** región del sistema nervioso que posee neuronas de asociación y que analiza la información que trae la neurona sensitiva, para elaborar una respuesta.
- 4. Neurona de asociación:** conecta las neuronas sensitiva y motora.
- 5. Neurona motora o eferente:** conduce el impulso nervioso hasta un efector.
- 6. Efector:** estructura que responde al impulso nervioso (un músculo esquelético, liso, cardíaco o una glándula).

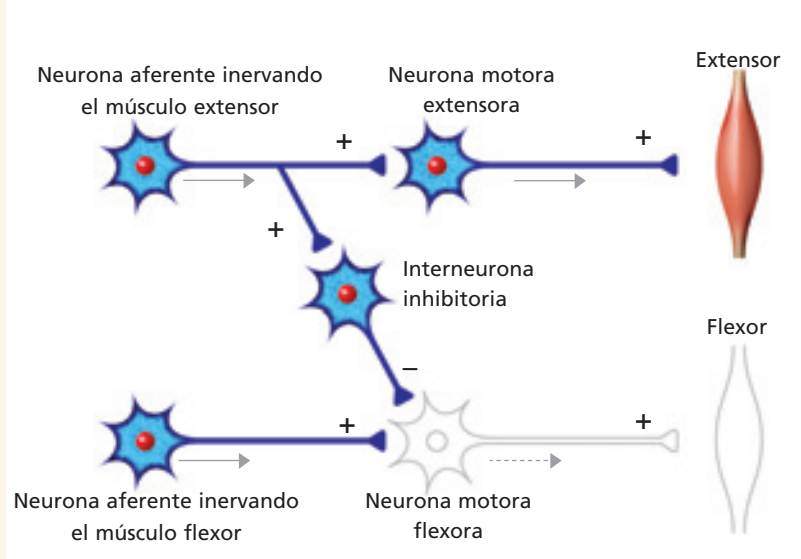
Representación del arco reflejo.

### ACTIVIDAD 7

### ANALIZAR

El siguiente esquema representa, en forma general, la acción de las neuronas que intervienen en la contracción del músculo extensor de una extremidad (por ejemplo la pierna), mientras el músculo flexor (que tiene un efecto antagonista) permanece en reposo. Analízalo y responde.

- ¿Qué función cumple la interneurona inhibitoria?
- ¿Qué ocurriría, hipotéticamente, si la neurona motora extensora conectara con la neurona motora flexora?



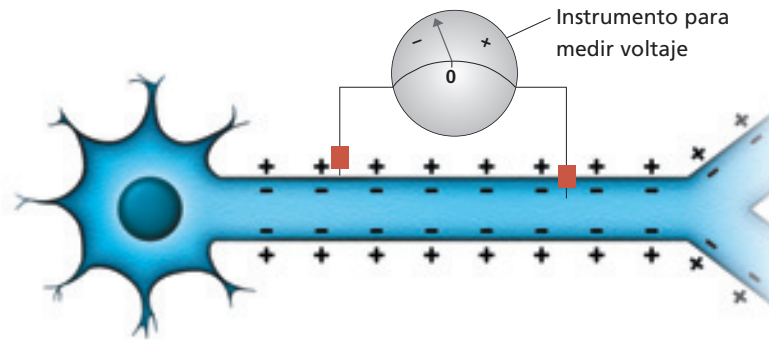
## 7 Potencial de membrana

Luigi Galvani, hace 200 años, en un experimento con una rana, observó que el paso de corriente eléctrica por la pata del animal hacía que el músculo se contrajera. Desde entonces los científicos saben que los animales son conductores de electricidad y que la conducción nerviosa está asociada a fenómenos electroquímicos.

La diferencia en la cantidad de carga eléctrica entre una región de carga positiva y una región de carga negativa se llama **potencial eléctrico**. Las membranas plasmáticas, en general poseen diferencias de

carga eléctrica entre el interior y el exterior de la membrana; el medio extracelular posee carga positiva y el medio intracelular, carga negativa. Este potencial se denomina **potencial de membrana**.

El potencial eléctrico de la membrana plasmática se registra con microelectrodos, que son dispositivos conectados a un instrumento llamado osciloscopio, que mide la actividad eléctrica en las neuronas mediante la emisión de electrones. Este instrumento muestra una gráfica que permite interpretar los fenómenos electroquímicos involucrados en los potenciales de membrana.



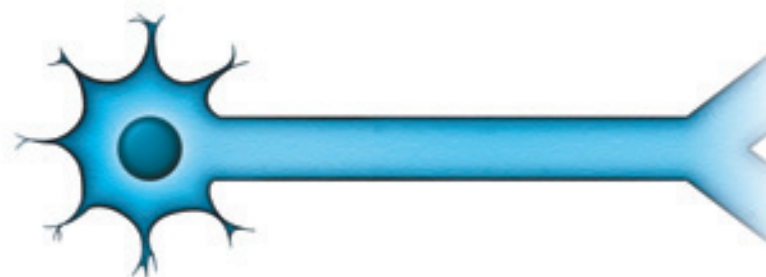
Este esquema representa el potencial de la membrana de una neurona en reposo, en este caso, positivo por fuera y negativo por dentro.

### ACTIVIDAD 8

### EXPLORAR

Responde las siguientes preguntas.

- ¿Qué sucederá con las cargas eléctricas si se aplica un estímulo en una neurona en reposo?
- Copia en tu cuaderno la siguiente neurona y completa el esquema según la respuesta que diste en la pregunta anterior.

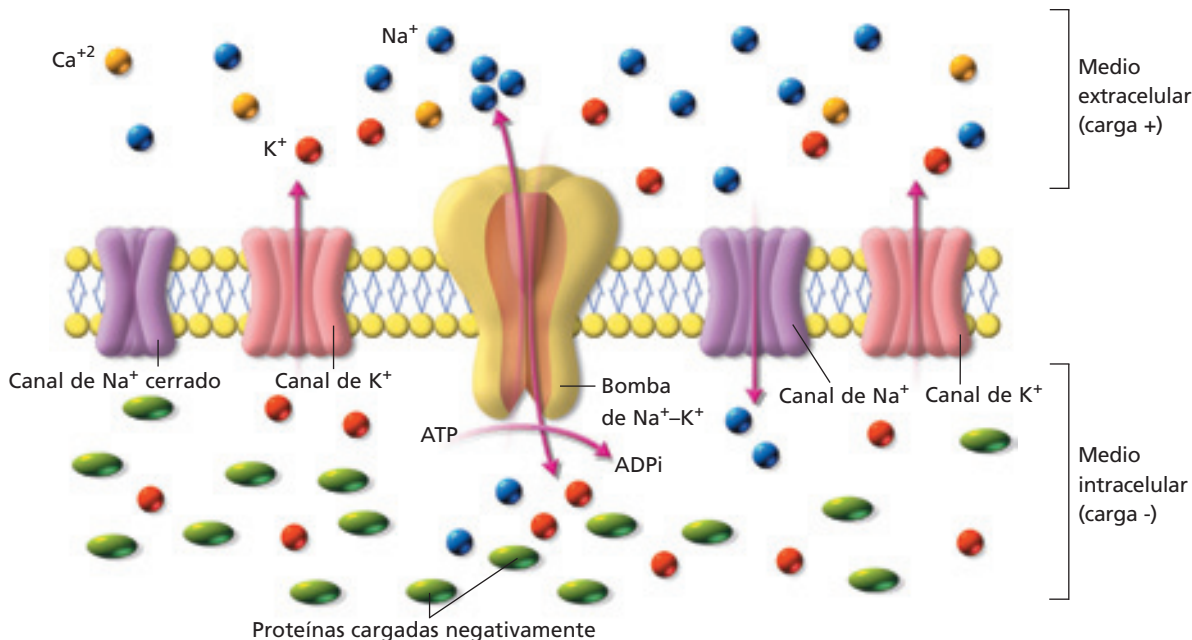


## 7.1 Potencial de reposo

La distribución diferencial de las cargas a los lados de la membrana determina que la neurona esté polarizada eléctricamente, esto se conoce como **potencial de reposo**. Es decir, cuando el medio extracelular posee carga positiva, en comparación con el medio intracelular, que posee carga negativa y no hay conducción nerviosa.

¿Cómo se explica que cuando la neurona está en reposo presenta una diferencia de carga eléctrica entre el interior y el exterior de la célula? A continuación se presenta un esquema de la membrana celular de una neurona con su potencial de reposo.

Durante el potencial de reposo de la membrana, existe mayor concentración de iones  $K^+$  y proteínas cargadas negativamente en el lado interno de la membrana y mayor concentración de iones  $Na^+$  y  $Ca^{2+}$  en el lado externo. La membrana es permeable al potasio ( $K^+$ ) porque posee canales de potasio siempre abiertos, por lo tanto, estos iones tienden a salir. En el interior se acumulan proteínas cargadas negativamente. El sodio ( $Na^+$ ) tiende a entrar; sin embargo, los canales abiertos durante el potencial de reposo son muy pocos. El potencial de reposo se mantiene por una proteína de membrana llamada **bomba de sodio/potasio** que transporta iones  $Na^+$  hacia el exterior y  $K^+$  hacia el interior celular.



### ACTIVIDAD 9

### ANALIZAR

Responde las siguientes preguntas.

- De acuerdo a lo que aprendiste en años anteriores: ¿a qué tipo de transporte corresponde la bomba sodio/potasio?, ¿qué caracteriza a este transporte?
- ¿Qué pasaría si la bomba de sodio/potasio fuera inhibida?
- Explica por qué el medio extracelular de la neurona posee carga positiva, en comparación con el medio intracelular, que posee carga negativa.

**Biología@net**

Visita la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B3025. Observa la animación que ahí se muestra y realiza las actividades que se proponen.

### 7.2 Potencial de acción

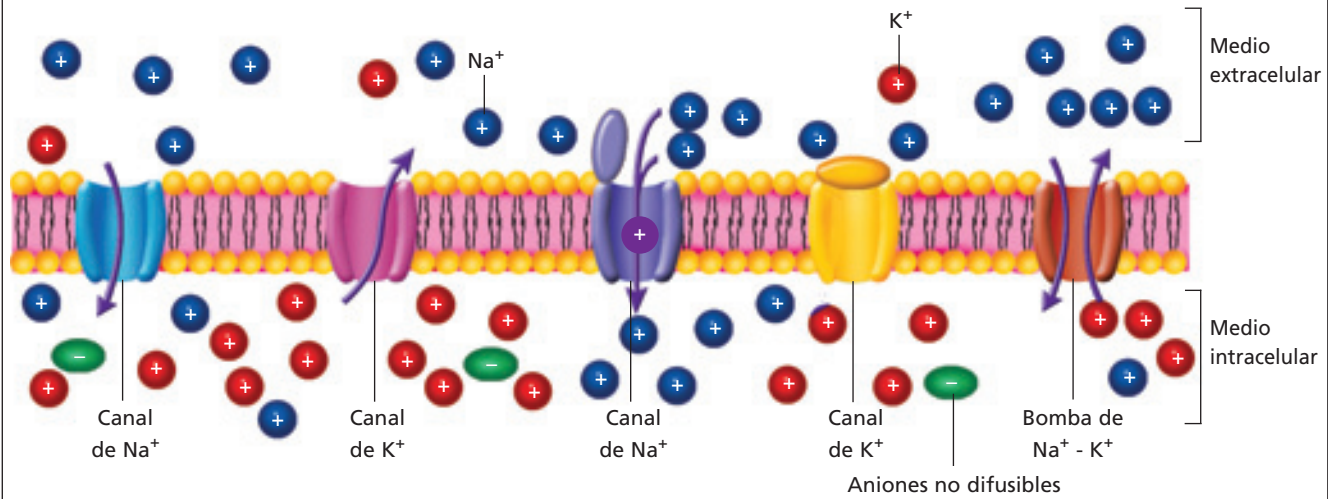
Al estimular el axón de una neurona, se observa un cambio en la polaridad de la membrana, que se denomina **potencial de**

**acción**. El interior de la membrana queda con carga positiva y el exterior con carga negativa, producto de un cambio en las concentraciones de iones entre el medio extra e intracelular.

**ACTIVIDAD 10**

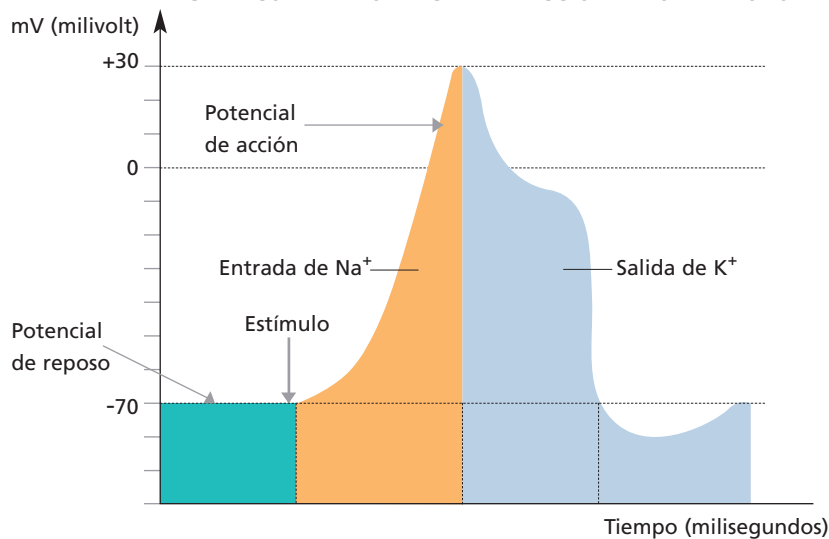
**ANALIZAR**

Analiza la siguiente ilustración que representa una neurona estimulada y responde.



- ¿Qué iones intervienen en el cambio de polaridad de la membrana?
  - ¿Qué ocurre con los canales de sodio al estimular la neurona?
  - ¿Con qué carga quedan el interior y el exterior de la neurona?
  - ¿Cómo se restablece el estado de reposo?
- Observa el gráfico y escribe en tu cuaderno la información que te entrega. Compártela con tu curso en una puesta en común.

**GRÁFICO N° 1: POTENCIAL DE ACCIÓN EN UNA NEURONA**



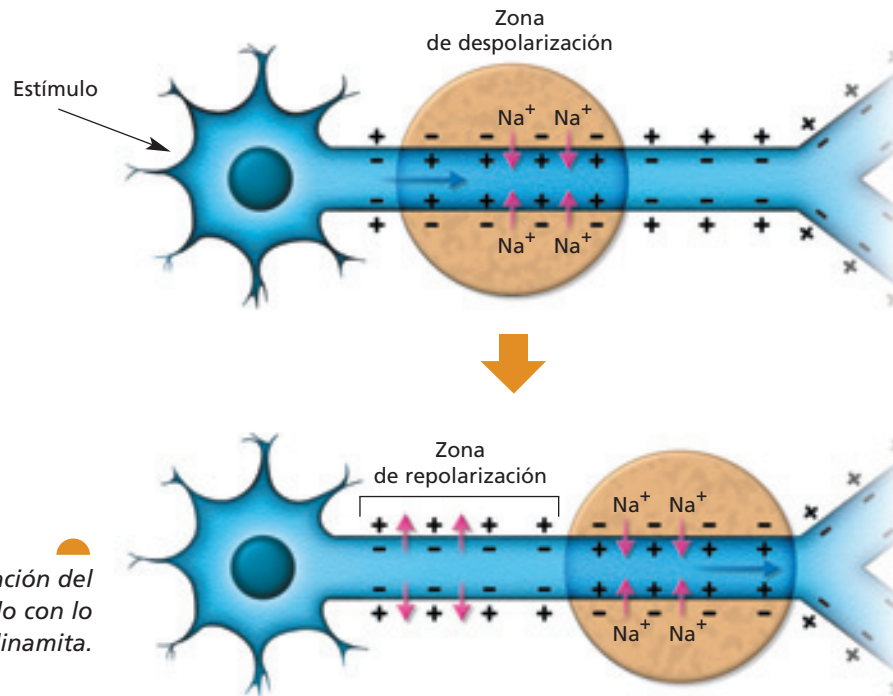
Fuente: Tortora, G., Grabowski, S. Principios de anatomía y fisiología. Harcourt Brace. 1996.

## 8 El impulso nervioso

El potencial de acción que viaja a lo largo de la membrana plasmática de la neurona constituye el **impulso nervioso**. ¿Qué cambios ocurren cuando se produce un impulso nervioso que viaja por la neurona?

El potencial de reposo puede ser modificado debido a los estímulos captados por los receptores sensitivos, lo que produce una **despolarización**, que consiste en el aumento de la permeabilidad para el  $\text{Na}^+$ , el cual ingresa a la célula, cambiando la polaridad de la membrana: interior positivo y exterior negativo. Este cambio de potencial se produce en el sitio receptivo de la neurona y se denomina

**potencial de receptor**. Si el estímulo es “débil” no se genera el impulso nervioso aunque haya potencial de receptor. Para que se produzca un potencial de acción que se propague, se necesita una **intensidad umbral** en el estímulo. Si la intensidad de un estímulo alcanza o sobrepasa el umbral de excitación de una neurona, se desencadena un impulso nervioso siempre de la misma magnitud, es decir, no es directamente proporcional a la intensidad del estímulo. Esto se conoce como **ley del todo o nada**. Luego se restablece la polaridad habitual de la membrana o **repolarización**, por inactivación de los canales de sodio que se abrieron y la salida de iones potasio ( $\text{K}^+$ ) al medio extracelular.



Averigua sobre la autopropagación del potencial de acción y compáralo con lo que ocurre con una mecha de dinamita.

**Biología@net**

Visita la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B3027. Observa la actividad, analízala detalladamente y realiza las actividades que ahí se proponen.

### Biodatos

El potencial de reposo corresponde a una diferencia de potencial o voltaje y, como tal, su unidad de medida es el volt. En las neuronas oscila entre los  $-40$  y  $-90$  mV (milivolt), siendo el valor más típico  $-70$  mV. Cuando la membrana se despolariza, el potencial de membrana cambia de  $-70$  mV hasta  $0$  y luego a  $+30$  mV.

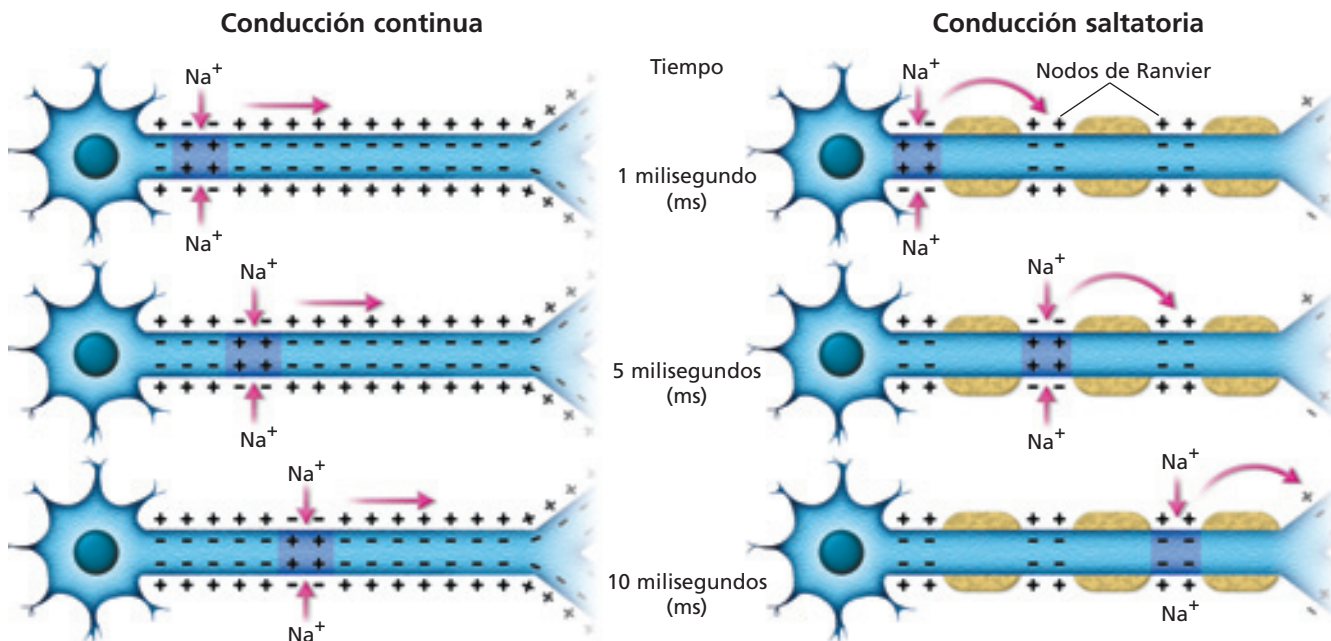
## 8.1 Intensidad, velocidad y conducción del impulso nervioso

¿Se siente lo mismo al pincharse con un alfiler que al rozarse con una pluma? La diferencia en la intensidad de la sensación se debe a la **frecuencia** con que los impulsos se generan. De esta manera, una presión en la piel ocasiona impulsos nerviosos que se propagan a través del axón con una alta frecuencia; un roce suave, en la misma área, genera impulsos nerviosos ampliamente espaciados en el tiempo, es decir, con menor frecuencia. Sin embargo, se sigue cumpliendo la ley del todo o nada para cada impulso, es decir, el impulso nervioso una vez que se inicia siempre alcanza la misma **magnitud**, o sea, no es más intenso en la medida en que el estímulo lo sea.

¿De qué depende la velocidad del impulso nervioso? La **velocidad en la propagación** de los potenciales de acción no depende de la fuerza del estímulo, sino que del **diámetro**

del axón (a mayor diámetro, mayor velocidad) y de la presencia o ausencia de **vainas de mielina** (con nodos de Ranvier). La **temperatura** juega también un rol importante, ya que las células nerviosas conducen los impulsos a velocidades menores cuando están a temperaturas más bajas.

¿La conducción del impulso nervioso es siempre igual? No, existen dos tipos de propagación de los potenciales de acción: la **conducción continua** y la **conducción saltatoria**. En el primer tipo se produce una despolarización progresiva de cada zona adyacente de la membrana del axón, es decir, una onda de despolarización. Esto ocurre en las neuronas que no tienen vainas de mielina. En la conducción saltatoria, el potencial de acción "salta" de un nodo de Ranvier a otro, por lo cual el proceso es más rápido. Esto se debe a que la vaina de mielina actúa como un aislante, haciendo que el impulso nervioso "salte" de un nodo a otro y avance más rápido.



### VOY APRENDIENDO

- Reunidos en grupos, elijan uno de los siguientes procesos y diseñen un modelo tridimensional que lo explique: arco reflejo, mecanismo de la bomba sodio/potasio, despolarización, repolarización, conducción continua o conducción saltatoria. Posteriormente expongan su trabajo frente a sus demás compañeros y compañeras.

## 9 Sinapsis

Las neuronas se comunican a través de una señal eléctrica que fluye desde los receptores neuronales, habitualmente las dendritas y el soma, hasta el terminal presináptico, el cual establece un punto de comunicación con la neurona siguiente. El impulso nervioso se propaga de una neurona a otra a través de un proceso llamado **sinapsis**. La neurona que conduce el impulso nervioso se denomina **neurona presináptica** y la que se encuentra a continuación de la sinapsis se llama **neurona postsináptica**. De acuerdo al mecanismo de propagación del impulso nervioso, existen dos tipos de sinapsis; la **sinapsis eléctrica** y la **sinapsis química**.

### 9.1 Sinapsis eléctrica

En la sinapsis eléctrica el impulso nervioso fluye directamente desde la neurona presináptica hasta la postsináptica, a través de **conexones** o canales proteicos de unión íntima. La despolarización de la neurona presináptica provoca la apertura de los canales iónicos de la membrana de la neurona postsináptica, generando un potencial de acción. La transmisión rápida del impulso nervioso permite **respuestas inmediatas**, prácticamente instantáneas, como, por ejemplo, el movimiento de la cola del cangrejo de mar para escapar de situaciones peligrosas. Las sinapsis eléctricas son **bidireccionales**, ya que pueden transmitir una despolarización tanto desde la neurona presináptica a la postsináptica, como en sentido contrario.

#### ACTIVIDAD 11

#### INTERPRETAR

- Analiza los gráficos y responde las siguientes preguntas:

GRÁFICO N° 2:  
POTENCIAL PRESINÁPTICO  
EN UNA TRANSMISIÓN  
SINÁPTICA QUÍMICA

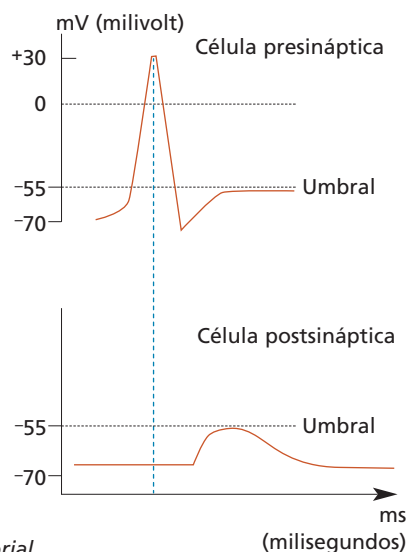
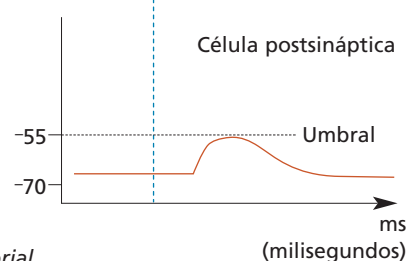


GRÁFICO N° 3:  
POTENCIAL POSTSINÁPTICO  
EN UNA TRANSMISIÓN  
SINÁPTICA QUÍMICA



Fuente: Archivo editorial

GRÁFICO N° 4:  
TRANSMISIÓN  
EN LA SINAPSIS  
ELÉCTRICA

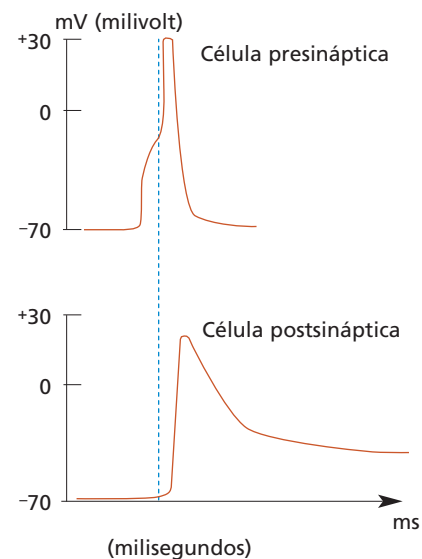
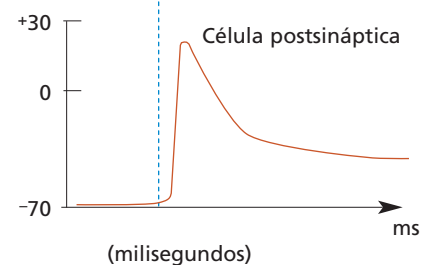


GRÁFICO N° 5:  
TRANSMISIÓN  
EN LA SINAPSIS  
ELÉCTRICA



- ¿Cuál de los gráficos representa la respuesta más rápida en la neurona postsináptica?
- ¿Cómo explicarías el potencial subumbral representado en el gráfico N° 3?
- ¿Cuál de los gráficos representa una despolarización de la membrana postsináptica?, ¿por qué?

#### Biodatos

La sinapsis química más rápida es más lenta que cualquier transmisión sináptica eléctrica; sin embargo, de acuerdo con las investigaciones, la mayor parte de la transmisión sináptica en los mamíferos es de carácter químico. ¿Por qué ocurre esto? Porque la transmisión química es más "modificable" y "regulable" que la eléctrica, lo cual constituye un mecanismo fundamental para procesos tan complejos como, por ejemplo, el aprendizaje.

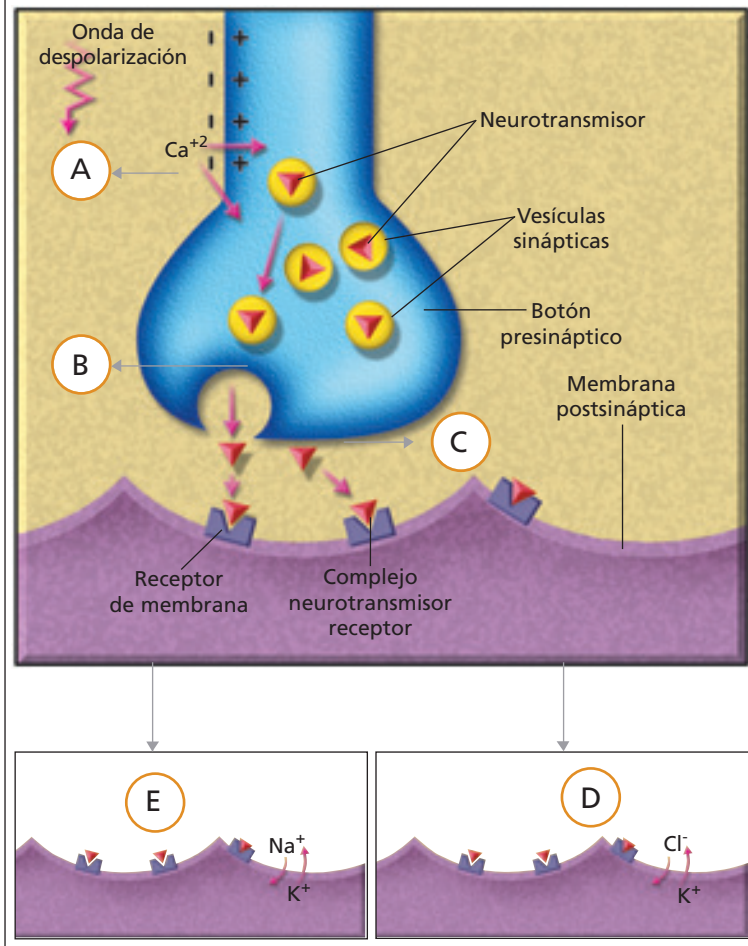
## 9.2 Sinapsis química

A diferencia de la sinapsis eléctrica, en la sinapsis química no existe una unión íntima entre las neuronas, hay un espacio que separa la neurona presináptica de la neurona postsináptica. A continuación se describen los principales acontecimientos involucrados en la sinapsis química.

1. El impulso nervioso de la neurona alcanza el terminal presináptico (o botón sináptico) y la onda de despolarización provoca una apertura de canales de  $\text{Ca}^{+2}$ .
2. Los iones  $\text{Ca}^{+2}$  pasan al interior de la zona terminal, desencadenando una exocitosis de las vesículas sinápticas que contienen sustancias químicas denominadas **neurotransmisores**.
3. Los neurotransmisores son liberados al espacio sináptico. En la membrana postsináptica existen moléculas proteicas que actúan como **receptores** específicos para determinados neurotransmisores. La unión neurotransmisor-receptor produce la apertura de canales iónicos en la membrana postsináptica, lo cual genera potenciales postsinápticos que pueden tener un efecto excitador o inhibitorio.
4. Si la unión neurotransmisor-receptor desencadena la apertura de ciertos canales iónicos, principalmente de aquellos que determinan la entrada de  $\text{Na}^{+}$  y la salida de  $\text{K}^{+}$ , se produce un **potencial postsináptico excitador**.
5. Si la unión neurotransmisor-receptor desencadena la apertura de ciertos canales iónicos, principalmente de aquellos que posibilitan la entrada de  $\text{Cl}^{-}$  o la salida de  $\text{K}^{+}$ , se produce un **potencial postsináptico inhibitorio**.

### VOY APRENDIENDO

- Lee la información de esta página respecto de los acontecimientos implicados en la sinapsis química y, en tu cuaderno, escribe el número de la etapa con la letra que la representa en el esquema. Compara tus resultados con los de tu compañero o compañera de banco. Si existe alguna diferencia, discutan sobre la base de fundamentos biológicos hasta llegar a un acuerdo.



### Biodatos

Si se interrumpe la comunicación entre neuronas debido a la pérdida de células nerviosas o a la formación de placas en los botones sinápticos, se pueden producir desde alteraciones leves hasta enfermedades de mayor gravedad como el mal de Alzheimer. Esta enfermedad degenerativa, que se caracteriza por provocar demencia temprana en las personas que la padecen, está relacionada con una serie de alteraciones microscópicas que llevan a la pérdida progresiva de las capacidades mentales de una persona, llegando incluso a una desconexión total con el mundo.

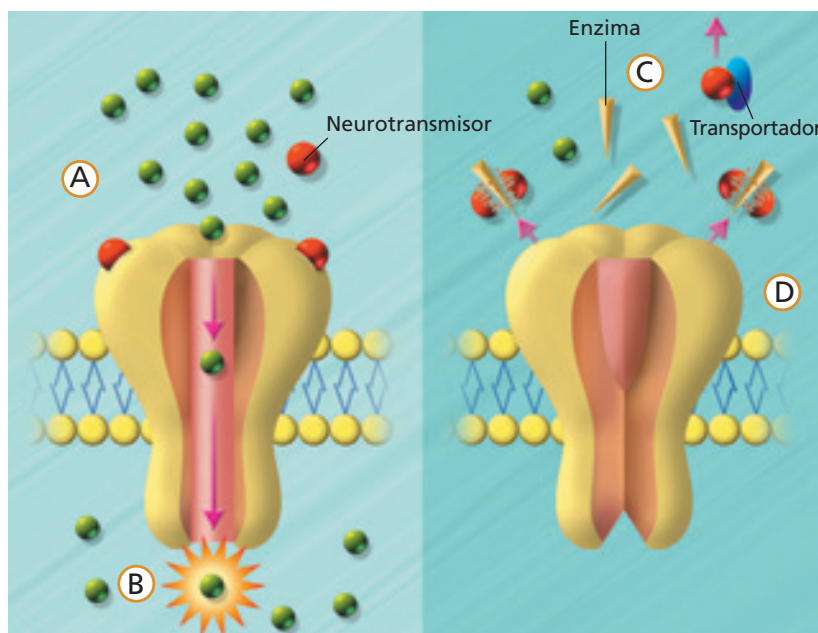
### 9.3 Potencial postsináptico

Al unirse un neurotransmisor a un receptor postsináptico se genera un nuevo potencial de acción en la membrana de la neurona postsináptica. Estos potenciales, dependiendo de su naturaleza, se denominan potenciales inhibidores o excitadores.

- El **potencial postsináptico con efecto inhibidor** es generado por una **hiperpolarización** en la membrana postsináptica, es decir, se hace más negativo el interior de la neurona que cuando está en reposo, por lo cual resulta más difícil de lo habitual generar un impulso nervioso. Esto se debe principalmente a la apertura de canales iónicos para el  $\text{Cl}^-$  (ion cloro), el cual tiende a entrar hacia la neurona postsináptica haciendo más negativo su interior. También se puede acentuar la polarización en la membrana postsináptica debido a la apertura de canales para el  $\text{K}^+$ , ion que comienza a salir de la neurona. De todas maneras, este cambio de permeabilidad es de corta duración y las condiciones de reposo se restauran nuevamente.

- El **potencial postsináptico excitador** se produce por una **despolarización parcial transitoria** en un área muy pequeña de la membrana postsináptica. Un solo potencial excitador generalmente no inicia un impulso nervioso. Sin embargo, las despolarizaciones producidas por cada botón sináptico tienen un **efecto sumatorio**, con lo cual se puede despolarizar el total de la membrana postsináptica, generando así un impulso nervioso. La unión neurotransmisor-receptor en la membrana postsináptica (1) desencadena la apertura de ciertos canales iónicos principalmente de aquellos que determinan la entrada de  $\text{Na}^+$  (2), lo que produce la despolarización de la membrana postsináptica. Una vez que los neurotransmisores han cumplido su función, se desprenden de los receptores hacia el espacio sináptico, desde donde deben ser eliminados para el normal funcionamiento de la sinapsis. Esto se realiza mediante la degradación por parte de enzimas específicas (3) o a través de la recaptación (4), por parte de la neurona presináptica que los liberó, a través de sustancias transportadoras llamadas transportadores de neurotransmisores.

#### VOY APRENDIENDO



- Lee la información de esta página referida al potencial postsináptico excitador y relaciona el número de cada etapa con la letra que la representa en el esquema. Compara tus resultados con los de tu compañero o compañera de banco. Si existe alguna diferencia, discutan sobre la base de fundamentos biológicos hasta llegar a un acuerdo.

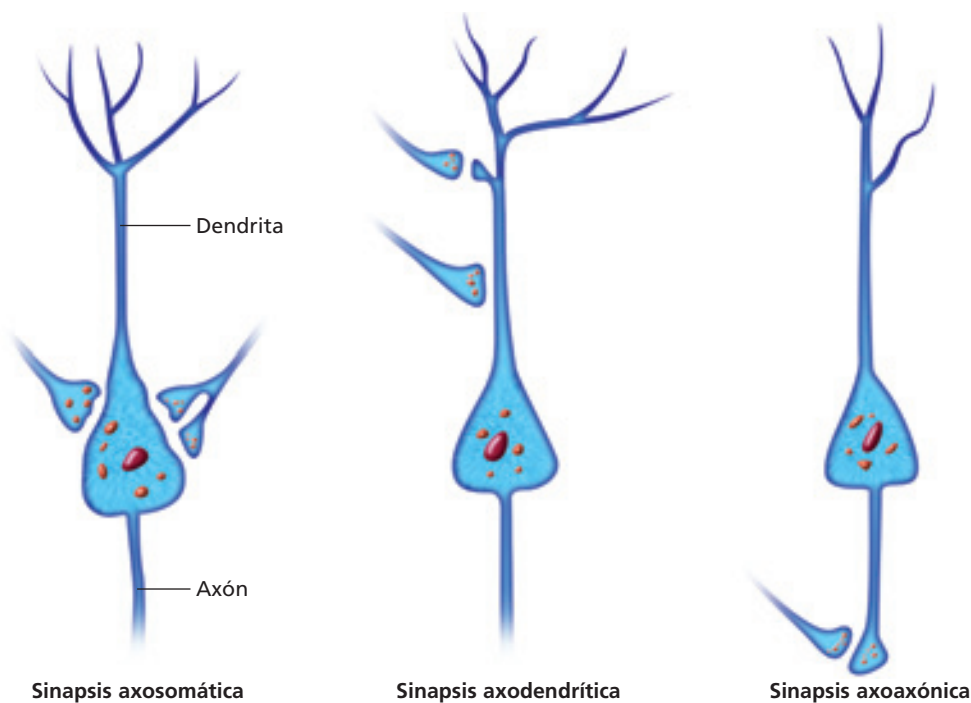
### 9.4 Respuestas excitatoria e inhibitoria en la neurona postsináptica

Como ya hemos visto, las neuronas están formadas por soma, axón, dendritas y botón sináptico, y la propagación del impulso nervioso se produce por los procesos de despolarización y repolarización. En el caso de la sinapsis química, las neuronas se comunican entre sí a través de neurotransmisores liberados por la neurona presináptica que son captados por receptores de membrana ubicados en la neurona postsináptica. Si las estructuras que participan en las sinapsis, así como los procesos, son similares, ¿de qué depende la respuesta excitatoria o inhibitoria en la neurona postsináptica? El efecto excitador o inhibitorio de la neurona postsináptica depende de las propiedades químicas del

receptor. Por ejemplo, la **acetilcolina** es un neurotransmisor que puede excitar algunas neuronas postsinápticas e inhibir otras, dependiendo del receptor al que se una.

### 9.4 Clasificación de las sinapsis según el contacto sináptico

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con el mecanismo de propagación del impulso nervioso entre las neuronas, se puede distinguir la sinapsis eléctrica y la sinapsis química. Según la región de las neuronas en que se establece el contacto sináptico, se reconocen tres tipos de sinapsis: **axosomática**, **axodendrítica** y **axoaxónica**. En la denominación de los tipos de sinapsis, hay un acuerdo en que la región presináptica se escribe primero y luego la región postsináptica.



#### ACTIVIDAD 12

#### ELABORAR

- Observa y analiza los dibujos que representan los tres tipos de sinapsis y define cada una.
- Elabora un mapa conceptual que incluya los siguientes conceptos: sinapsis eléctrica, sinapsis química, potencial postsináptico excitador, potencial postsináptico inhibitorio, sinapsis axosomática, sinapsis axodendrítica y sinapsis axoaxónica.
- Busca, en enciclopedias o internet, información sobre la acción de los siguientes neurotransmisores: acetilcolina, norepinefrina, dopamina, serotonina, ácido gama aminobutírico (GABA) y endorfinas. Elabora un cuadro resumen.

## 10 Vías aferentes y eferentes

Como se ha mencionado, el sistema nervioso cumple tres funciones básicas: sensitiva, integradora y motora. Estas tres funciones están conectadas a través de las neuronas que constituyen **vías aferentes** o sensitivas y **vías eferentes** o motoras.

Muchos impulsos nerviosos que provienen de receptores sensitivos y que llegan al sistema nervioso central (SNC), a través de las vías aferentes, son procesados en determinadas regiones del SNC, originándose las **sensaciones**. Cuando los impulsos nerviosos se conducen por las vías motoras (eferentes) se produce la respuesta que puede ser contracción muscular o secreción glandular. La integración de ambas vías (aferente y eferente) permite que se realicen procesos tan importantes como la ventilación pulmonar.

### 10.1 Tipos de sensaciones

Cada tipo específico de sensación se denomina **modalidad sensitiva o sensorial**, como el olfato y el tacto. Tradicionalmente se han reconocido cinco modalidades sensoriales conscientes: vista, oído, tacto (y presión), gusto y olfato. También existen otras, como el calor, el frío y el dolor. Sin embargo, ciertas sensaciones no son apreciadas en forma consciente como la longitud y tensión muscular, la presión arterial, y la temperatura de la sangre.

Los **estímulos** que producen sensaciones son variaciones de diferentes formas de energía. Dichas variaciones de energía pueden ser captadas por receptores sensoriales específicos, neuronas u otras células especializadas que pueden generar impulsos nerviosos en las vías aferentes. La intensidad del estímulo más baja que una persona puede detectar se denomina **umbral sensorial**.

MODALIDADES SENSITIVAS CON SUS RECEPTORES ESPECÍFICOS Y LOS ESTÍMULOS CORRESPONDIENTES		
Modalidad sensitiva	Tipo de receptor	Estímulo
Visión	Fotorreceptor	Luz
Audición	Mecanorreceptor	Ondas de presión de aire
Equilibrio	Mecanorreceptor	Cambio de posición corporal
Tacto	Mecanorreceptor	Mecánico (presión)
	Termorreceptor	Térmico
	Nociceptor/Quimiorreceptor	Térmico
Gusto	Quimiorreceptor	Químico
Olfato	Quimiorreceptor	Químico

### Conociendo más

Las vías sensitivas o aferentes conectan los receptores con el centro integrador, localizado en el sistema nervioso central y conducen la información proveniente del ambiente (estímulo) hasta el centro elaborador, donde es analizada. Las vías motoras, o eferentes, unen el centro elaborador con las estructuras y órganos motores (efectores).

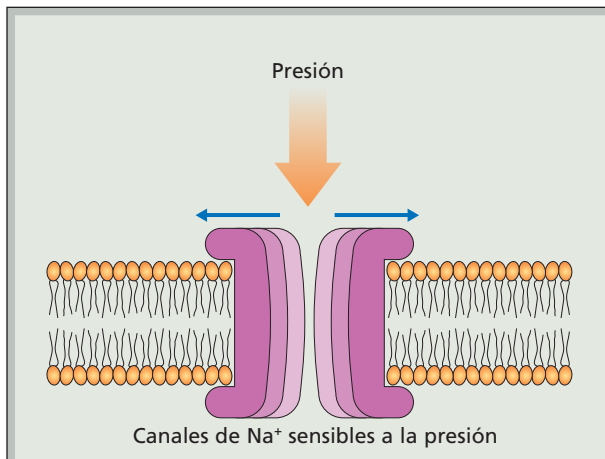
## 10.2 ¿Cómo se producen las sensaciones?

Para que se genere una sensación deben ocurrir determinados procesos en el receptor sensorial, en las neuronas aferentes o sensitivas y en el centro elaborador (SNC). Estos se describen a continuación.

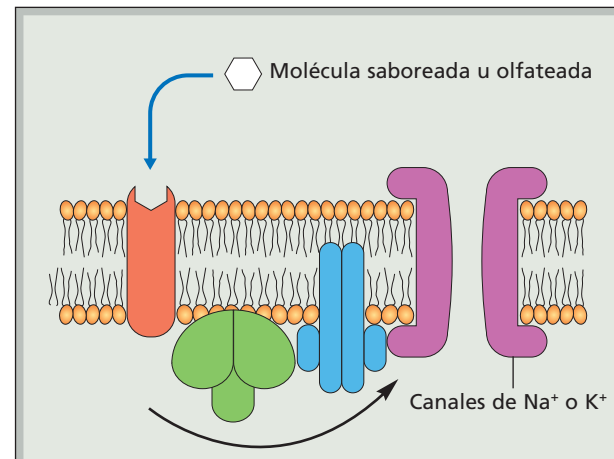
- **Estimulación.** Un estímulo es detectado por un tipo de receptor específico.
- **Transducción.** El receptor sensitivo convierte la energía del estímulo en señales electroquímicas. El estímulo produce un

cambio local en el potencial de membrana (despolarización), por **activación o apertura de canales iónicos**.

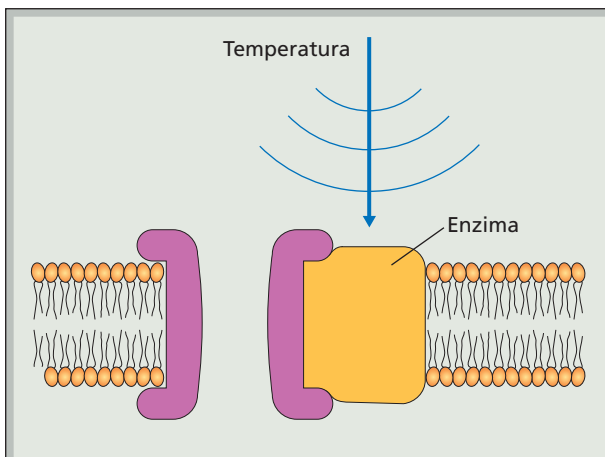
- **Conducción.** Si el potencial de la membrana alcanza o supera el nivel umbral, se generan potenciales de acción (impulsos nerviosos) que son conducidos hasta el SNC.
- **Traducción.** Una región determinada del SNC transforma los impulsos nerviosos en sensación. Los siguientes esquemas muestran algunos estímulos y los efectos que producen en los receptores.



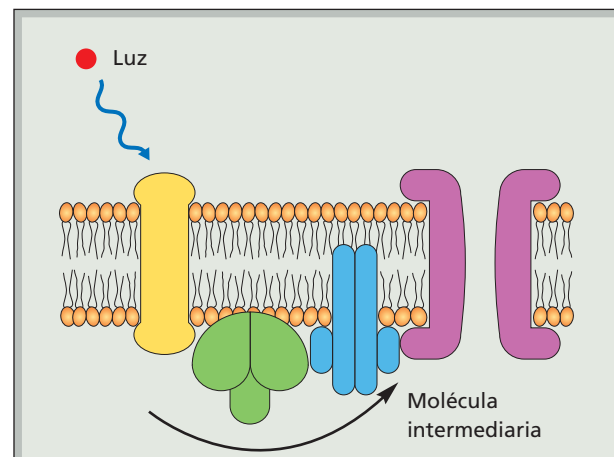
**Mecanorreceptor.** La presión abre los canales iónicos.



**Quimiorreceptor.** Una molécula saboreada u olfateada se acopla a un receptor iniciando un estímulo que controla el canal iónico a través de mensajeros intracelulares.



**Termorreceptor.** La temperatura incide en una enzima de la membrana que controla un canal iónico.

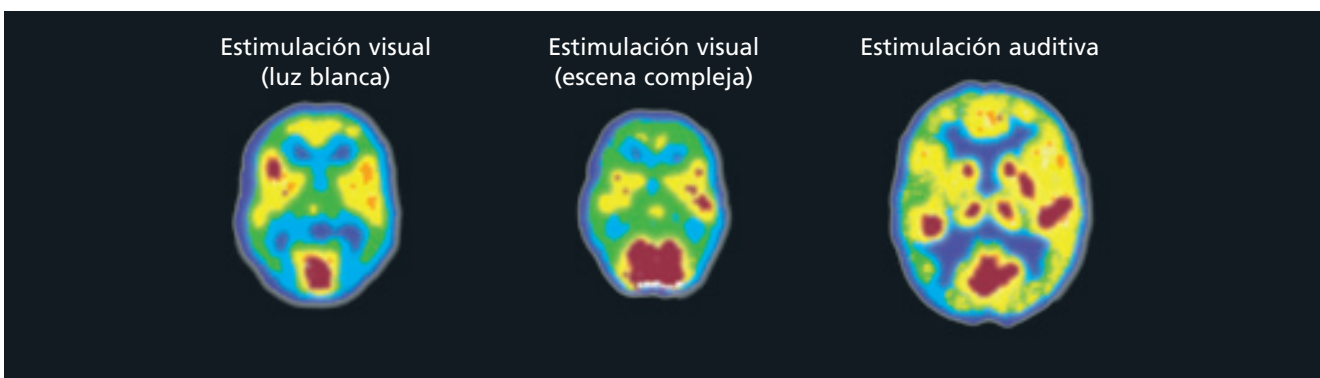


**Fotorreceptor.** La luz altera la proteína de la membrana, produciendo una señal intracelular que controla un canal iónico.

### 10.3 Diferencias entre sensaciones

Los potenciales de acción (impulsos nerviosos) son similares en la mayoría de las neuronas, sean estas aferentes o eferentes. Si estímulos diferentes generan señales eléctricas similares en las neuronas, ¿por qué podemos distinguir entre dos o más modalidades sensoriales diferentes? Esto se explica porque los receptores sensoriales generan impulsos nerviosos conducidos a

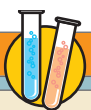
través de vías aferentes específicas. Por ejemplo, las vías neuronales que se activan por la luz son diferentes a las vías activadas por el tacto. De esta manera, las vías sensoriales transportan sus señales hacia regiones específicas del SNC donde son generadas las sensaciones. La mayoría de las sensaciones conscientes son elaboradas en el cerebro y las sensaciones inconscientes son producidas en otras regiones del SNC, como el tronco encefálico.



Vista superior del cerebro que muestra las regiones que son activadas frente a diferentes estímulos (color rojo). Imágenes obtenidas mediante una tomografía de emisión de positrones (TEP).

#### Biodatos

La tomografía por emisión de positrones (TEP) es una técnica, no invasiva, de medicina nuclear que mide la actividad metabólica de las células, utilizando la fluorodeoxiglucosa marcada con flúor-18 (FDG) para evaluar el metabolismo celular. Esta técnica se practica en pacientes que padecen enfermedades coronarias, cerebrales o cáncer.



#### BIOLAB



Antes de realizar la actividad, revisa las **Medidas de seguridad en el trabajo de laboratorio** que aparecen en el **Anexo 1 (páginas 166 a 168)**.

**Reúnete con dos o tres compañeros o compañeras, lean y analicen los siguientes problemas:**

1. En la lengua, ¿existen diferentes regiones donde se encuentran los receptores para los distintos sabores: dulce, amargo, salado y ácido?
2. La intensidad del sabor, ¿es directamente proporcional a la intensidad del estímulo?
  - a. Elijan uno de los problemas y elaboren una hipótesis de trabajo.
  - b. Luego, elaboren un diseño experimental que les permita comprobar la hipótesis planteada, considerando: objetivos, materiales y procedimiento. Preséntelo a su profesor(a).
  - c. Lleven a cabo su diseño experimental y elaboren un informe que incluya: introducción, materiales y procedimiento, discusión de resultados, conclusiones y bibliografía.

### 10.4 Diferencias en una misma sensación

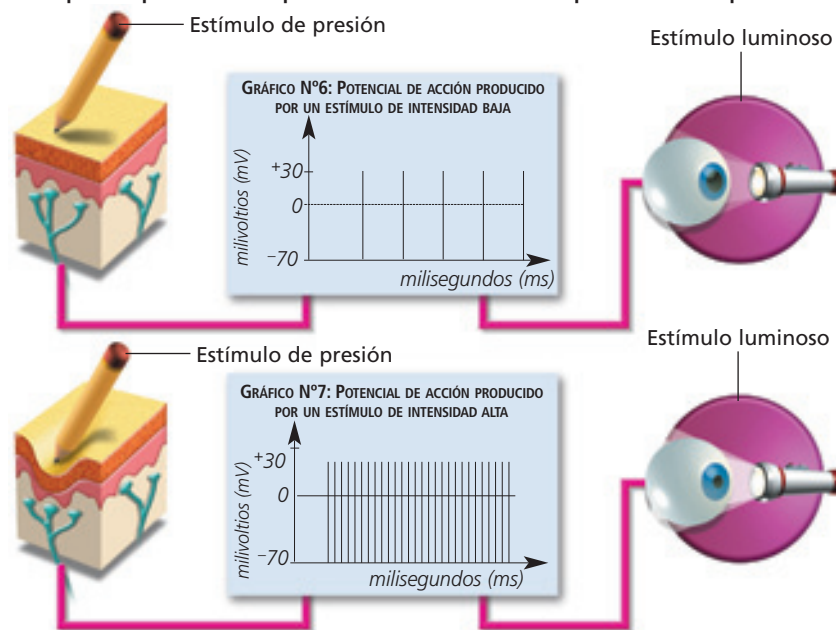
Imagina que estás tocando una superficie fría. Si aumenta progresivamente la temperatura, la sensación de calor se vuelve más intensa. ¿Por qué podemos percibir una sensación de manera más o menos intensa, si los impulsos nerviosos que generan dicha sensación tienen igual magnitud? Mientras mayor es la fuerza del estímulo, mayor es la intensidad de la sensación, debido a que aumenta la **frecuencia de los impulsos nerviosos** que se propagan a través del axón. Sin embargo,

existe un nivel de **saturación** en la frecuencia de impulsos nerviosos conducidos por las neuronas aferentes. Esto se produce porque en la neurona existe un límite en la cantidad de potenciales de acción que se pueden generar por unidad de tiempo. También puede ocurrir que la frecuencia de los potenciales de acción en la neurona aferente disminuya a lo largo del tiempo, aunque el estímulo se mantenga constante. Este fenómeno se denomina **adaptación** de los receptores y tiene por efecto la disminución en la intensidad de la sensación.

#### ACTIVIDAD 13

#### ANALIZAR

Analiza los gráficos que representan potenciales de acción producidos por estímulos y responde.



Fuente: MINEDUC. Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio. 2000. Página 39.

- ¿Qué sucede con la intensidad (magnitud) de los potenciales de acción cuando aumenta la intensidad del estímulo? Fundamenta.
- ¿Qué sucede con la frecuencia de los potenciales de acción cuando aumenta la intensidad del estímulo? Fundamenta.

#### VOY APRENDIENDO

Sobre la base de la información presentada responde las siguientes preguntas:

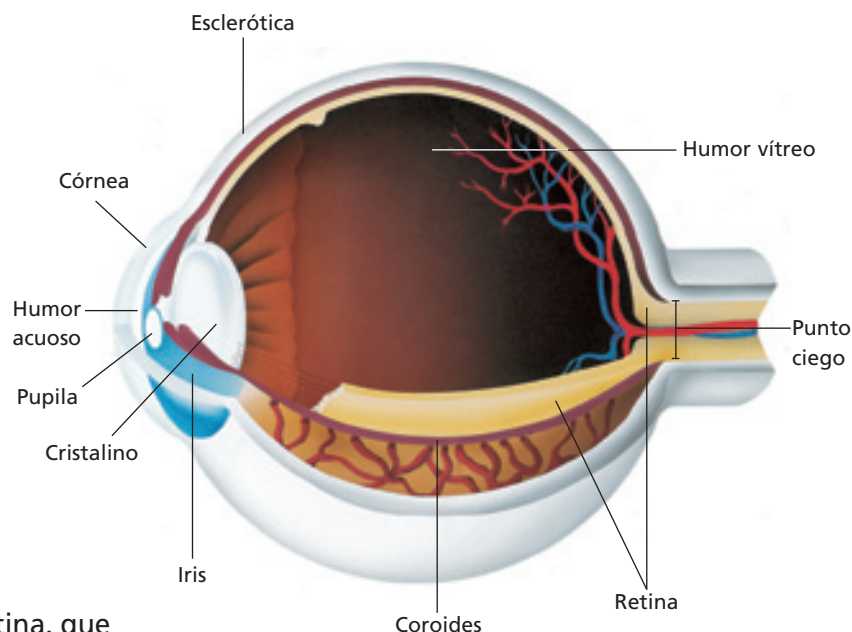
- ¿Por qué son importantes las sensaciones no conscientes?
- ¿Qué importancia tiene que el dolor sea consciente?
- ¿Qué sucedería con la frecuencia de los potenciales de acción si ocurriera adaptación visual o táctil?
- Existen receptores de adaptación muy lenta, como los que detectan variaciones en la composición química de la sangre. ¿Qué importancia tiene esto?

## 11 La imagen visual y las vías aferentes

La visión es una modalidad sensorial muy importante. Son muchas las interpretaciones o percepciones visuales que se generan en nuestro cerebro, al mirar algún elemento o proceso que ocurre en el ambiente. El movimiento, los colores, el volumen y la forma son algunas de las más evidentes.

Para comprender la construcción de la imagen visual, es necesario conocer la anatomía del **globo ocular**. Al interior de este órgano, llamado comúnmente ojo, está la retina, que es la estructura donde se encuentran los fotorreceptores a los cuales se conectan las neuronas aferentes que forman el nervio óptico. Las fibras de este nervio se prolongan, a través de la vía óptica, hasta determinadas áreas de la corteza cerebral, donde se elabora la modalidad sensorial de la visión.

- **Humor vítreo.** Sustancia clara y gelatinosa ubicada en un espacio, entre el cristalino y la retina.
- **Esclerótica.** Capa de tejido que cubre el globo ocular y lo protege.
- **Córnea.** Capa transparente que protege la parte anterior del ojo.
- **Humor acuoso.** Líquido claro y transparente que llena la cámara anterior del ojo, es decir, entre el cristalino y la córnea.
- **Pupila.** Orificio central por donde ingresa la luz.
- **Cristalino.** Constituye un lente de fibras proteicas que permite enfocar los objetos.
- **Iris.** Formado por músculos circulares y radiales, cuya contracción y dilatación regulan el tamaño de la pupila.



- **Coroides.** Capa que tiene vasos sanguíneos, que nutren los tejidos, y pigmentos que absorben el exceso de luz.
- **Retina.** Está formada por múltiples capas de células que incluyen fotorreceptores y neuronas de diverso tipo. Se reconocen dos regiones: la retina medial (más cercana a la nariz) y la retina lateral (hacia el otro extremo).
- **Punto ciego.** Corresponde al lugar donde convergen las neuronas que forman parte del nervio óptico.



### BIOLAB

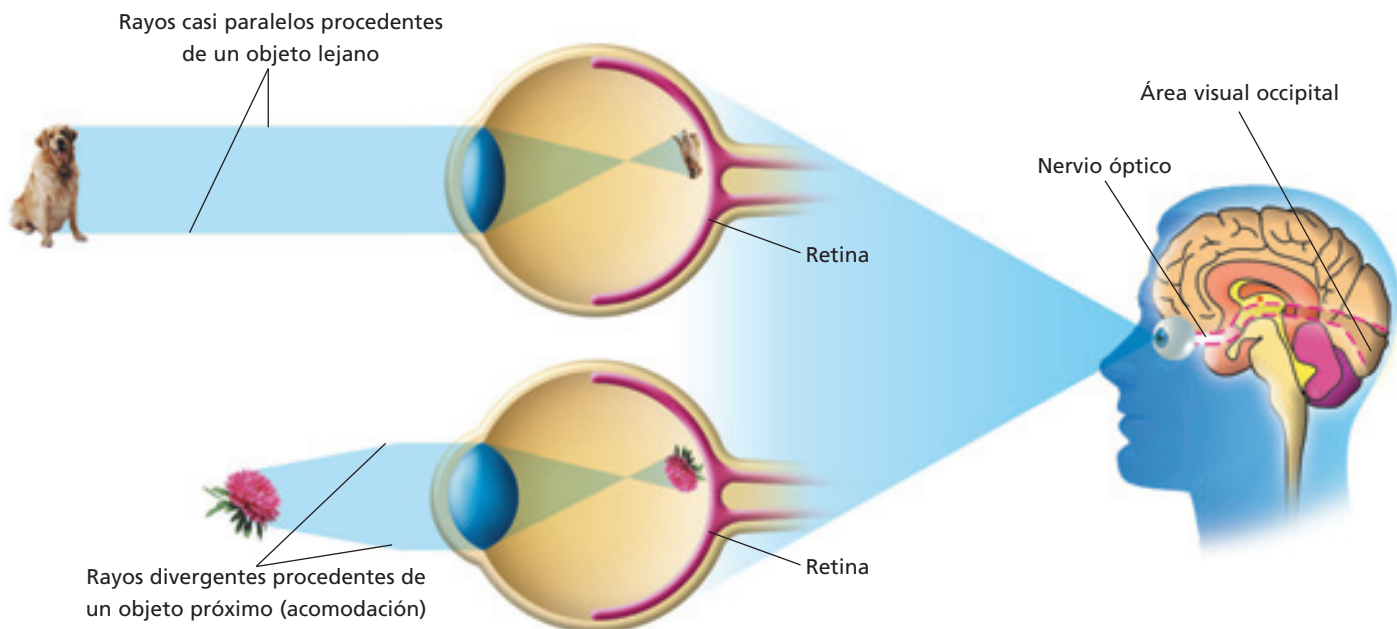
Organizados en grupos, revisen el **Anexo 2** de las **páginas 169 a 171** y realicen la disección de ojo que ahí se describe. Luego desarrollen las actividades planteadas y elaboren un informe, respondiendo todas las preguntas formuladas en ese Anexo.

## 11.1 Procesamiento visual

La elaboración de las imágenes visuales comienza con el ingreso de luz al globo ocular. Los rayos luminosos provenientes del objeto observado, son concentrados por la **córnea**, atraviesan el **humor acuoso** y convergen en el **crystalino**, desde donde se proyectan a través del **humor vítreo** hasta la retina, estructura donde se enfoca la imagen observada. En cada una de estas partes, exceptuando la retina, se produce la **refracción** de la luz. La contracción y dilatación de los músculos circulares y radiales

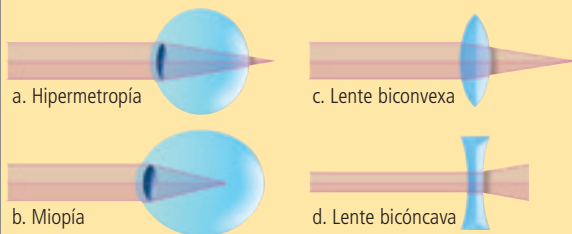
del iris permiten la regulación del diámetro de la pupila, cuyo ajuste ayuda a mantener una exposición adecuada de la retina a la luz. El cristalino puede acomodar su curvatura, al enfocar objetos que se encuentran a diferentes distancias, permitiendo que los rayos luminosos se proyecten sobre la **retina**. La imagen enfocada en la retina es invertida.

Los mensajes nerviosos que salen de la retina por el **nervio óptico** llegan finalmente hasta la zona occipital de la corteza cerebral donde son procesados y analizados. En esta región la información es procesada y la imagen es percibida derecha.



### Biodatos

La refracción de la luz consiste en la desviación del rayo o haz luminoso al pasar de un medio a otro de diferente densidad. Este fenómeno físico es considerado en la fabricación de lentes que corrigen alteraciones de la visión.



Los dibujos representan alteraciones frecuentes de la visión (a y b) y dos tipos de lentes que las corrigen (c y d).

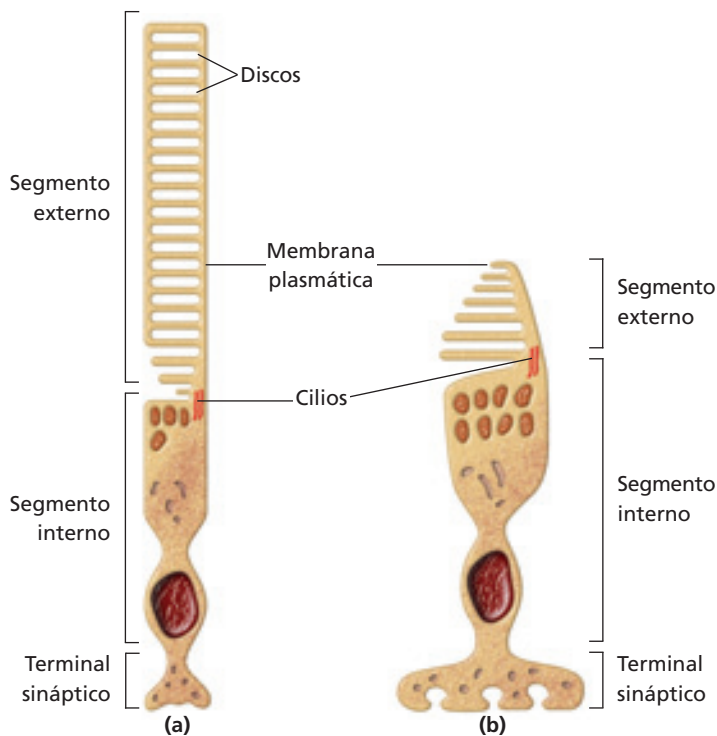
*Acomodación del cristalino durante la visión de un objeto lejano y otro cercano.*

### ACTIVIDAD 14 AVERIGUAR Y COMPRENDER

- Averigua en qué consisten la miopía y la hipermetropía.
- Analiza los esquemas (Biodatos) y explica lo que sucede con los lentes biconvexos y bicóncavos, con respecto a la refracción de la luz.
- Señala el tipo de lentes que se utiliza para corregir la hipermetropía y la miopía, respectivamente.

## 11.2 Imagen visual y transmisión de los impulsos nerviosos

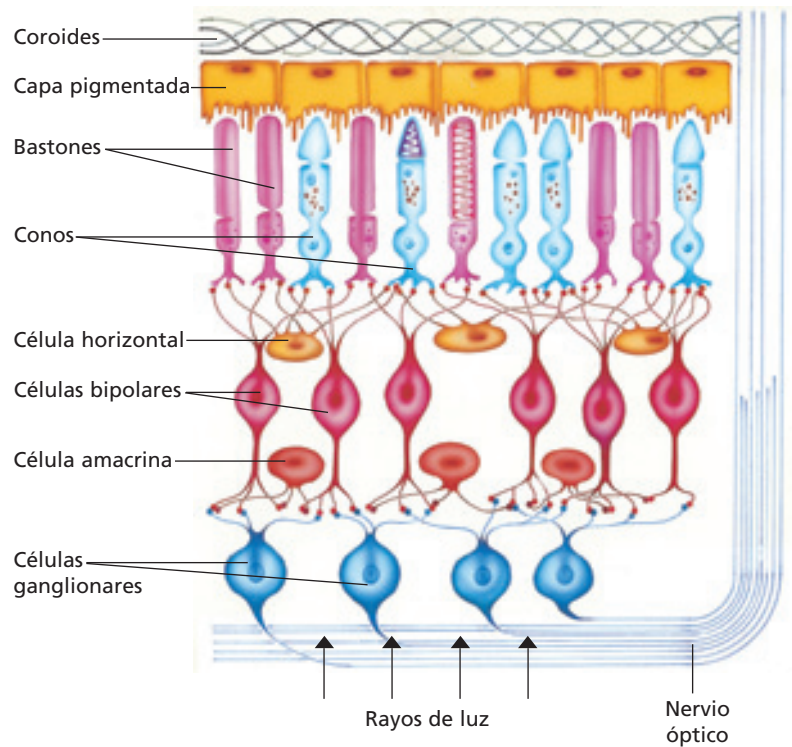
El estímulo luminoso antes de llegar hasta los fotorreceptores (conos y bastones), atraviesa varias capas de células. Cuando los fotorreceptores son estimulados por la luz (fotones) se produce la transducción en señales eléctricas, que se conducen como impulsos nerviosos pasan hacia las neuronas bipolares y luego hacia las ganglionares. Entre estos tipos de neuronas se produce transmisión sináptica. Los axones de las neuronas ganglionares convergen formando el nervio óptico.



Estructuras de los fotorreceptores: bastones (a) y conos (b).

### Biodatos

La visión es uno de los procesos más complejos, lo que se ve reflejado en el gran número de fibras nerviosas (axones) que intervienen en esta modalidad sensitiva. A modo de comparación, el nervio auditivo posee cerca de 30.000 fibras nerviosas, en cambio el nervio óptico está compuesto por alrededor de un millón.



Estructura de la retina.

## 11.3 Estructura de los fotorreceptores

Los fotorreceptores contienen un pigmento visual, consistente en una molécula de vitamina A unida a una proteína, que se localiza en una estructura (discos) cuyo diseño permite captar luz con máxima eficiencia. Los bastones poseen mayor cantidad de este pigmento, por lo cual captan más luz que los conos. ¿Qué otras diferencias existen entre los fotorreceptores?

## 11.4 Diferencias entre los fotorreceptores

Los bastones son más sensibles a la luz y son más numerosos que los conos, lo que posibilita la visión con escasa iluminación. Un simple fotón puede producir una señal eléctrica detectable en los bastones. Los conos, en cambio, son responsables de la visión en color con "buena" iluminación. Se requieren cientos de fotones para producir una señal eléctrica similar a la que un fotón genera en un bastón.

### 11.5 El campo visual

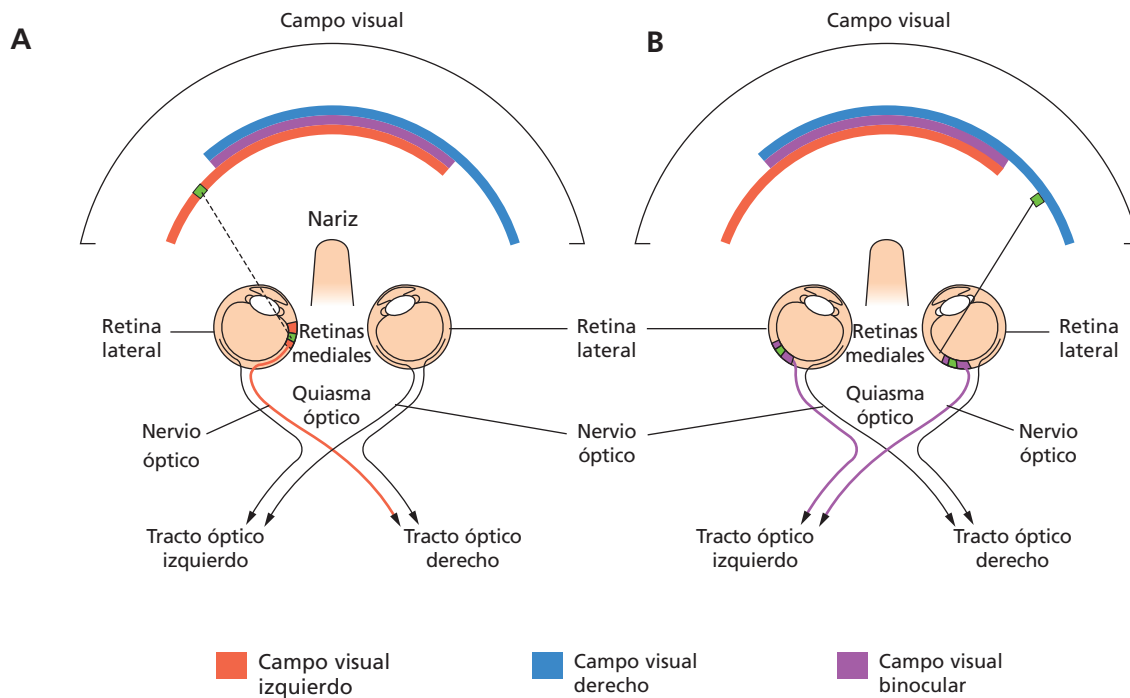
Los nervios ópticos de ambos ojos coinciden en el **quiasma óptico**, región donde los axones de la retina medial se cruzan al lado opuesto del encéfalo. Los axones de las retinas laterales, de ambos ojos, no se cruzan. La separación resultante forma los **tractos ópticos** (derecho e izquierdo).

El tracto óptico izquierdo contiene axones de la retina lateral del ojo izquierdo y de la retina medial del ojo derecho. El tracto óptico derecho contiene axones de la retina lateral del ojo derecho y de la retina medial del ojo izquierdo.

El **campo visual** es la vista captada por los dos ojos sin mover la cabeza. Se puede delimitar la mitad derecha y la mitad izquierda

del campo visual. La mitad derecha proyecta la luz sobre la retina medial del ojo derecho y sobre la retina lateral del ojo izquierdo. La mitad izquierda proyecta la luz sobre la retina nasal del ojo izquierdo y sobre la retina lateral del ojo derecho. La luz de la región central del campo visual penetra en ambos ojos; esta área se denomina **zona binocular**. Sin embargo, en cada mitad del campo visual existe una **zona monocular** (además de la zona binocular). En esta zona la luz se proyecta solo sobre la retina medial del ojo del mismo lado, ya que la nariz bloquea la luz del lado opuesto (ver esquemas A y B).

El tracto óptico izquierdo transporta una representación completa del campo visual derecho y el tracto óptico derecho transporta una representación completa del campo visual izquierdo.



#### VOY APRENDIENDO

- Explica qué sucedería con la imagen visual elaborada en el cerebro si se lesionaran las siguientes estructuras: nervio óptico derecho, tracto óptico izquierdo, quiasma óptico, axones de la retina temporal del ojo derecho.

## 12 La contracción muscular y las vías eferentes

Como lo señalamos anteriormente, las neuronas eferentes o motoras actúan sobre los órganos efectores (músculos o glándulas) los que ejecutan una acción (por ejemplo, contracción de los músculos y secreción en las glándulas).

Analizaremos la contracción de los músculos debido a la importancia que tiene en muchos procesos biológicos de nuestro organismo.

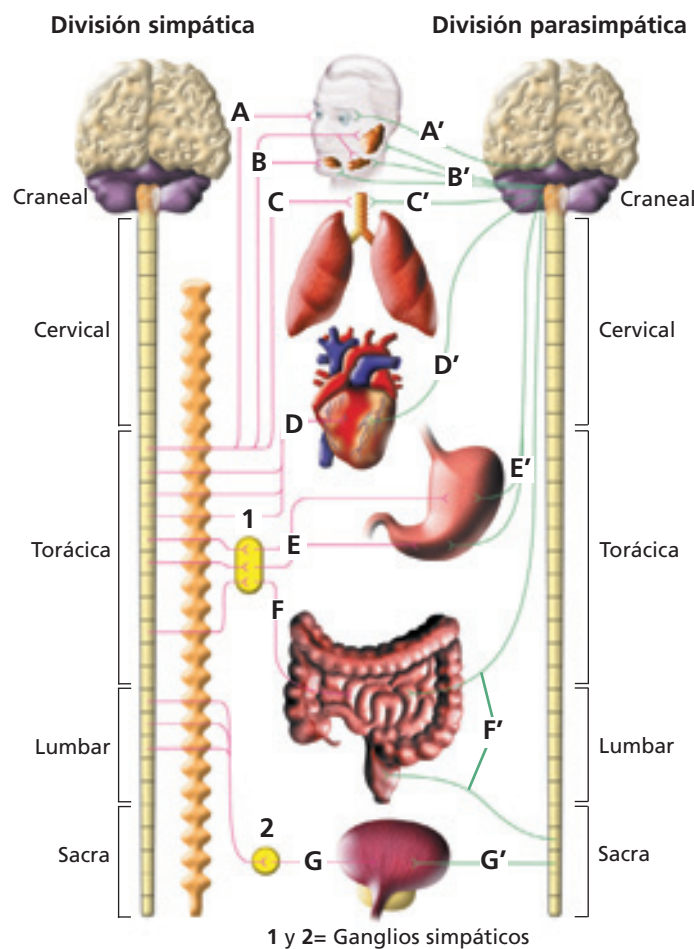
### 12.1 Regulación nerviosa de la contracción muscular

La contracción de los diferentes tipos de músculos está determinada por las vías eferentes del **sistema nervioso periférico** (SNP), ya sea somático o autónomo.

En la contracción o relajación de los músculos esqueléticos las fibras nerviosas eferentes que forman parte del **sistema nervioso somático** (SNS), conducen impulsos nerviosos desde áreas específicas de la corteza cerebral, que es la principal región que controla el inicio de los movimientos voluntarios.

La actividad de los músculos lisos (involuntarios), del músculo cardíaco y de las glándulas del organismo está regulada por las fibras nerviosas eferentes del **sistema nervioso**

**autónomo** (SNA). Estas fibras se agrupan en los diversos nervios raquídeos que son los que se conectan con la médula espinal. En coordinación con el sistema nervioso central (encéfalo y médula espinal), el sistema nervioso autónomo controla las principales funciones vitales de nuestro organismo.



#### VOY APRENDIENDO

A continuación se señala el efecto que tiene el sistema nervioso autónomo (simpático y parasimpático) sobre algunos órganos. Copia los listados en tu cuaderno y completa.

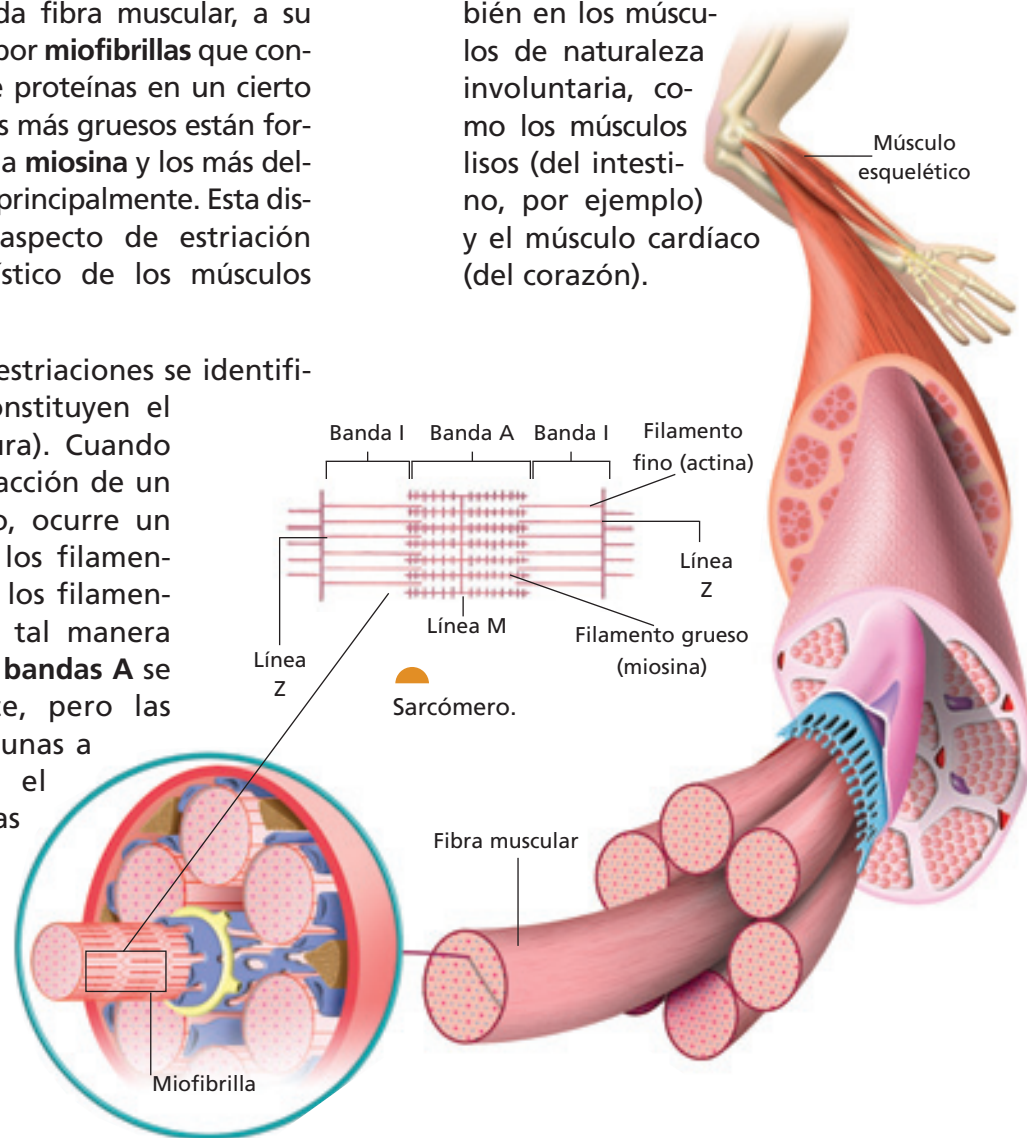
Simpático	Parasimpático
A Dilatación pupilar.	A' <input type="text"/>
B <input type="text"/>	B' Estimulación de la salivación.
C <input type="text"/>	C' Contracción de los bronquios.
D Aceleración de la frecuencia cardíaca.	D' <input type="text"/>
E Inhibición de la digestión.	E' <input type="text"/>
F <input type="text"/>	F' Estimulación de la motilidad y secreciones intestinales.
G Relajación de la vejiga urinaria.	G' <input type="text"/>

## 12.2 Organización del tejido muscular

Para entender cómo se produce la contracción muscular, es necesario conocer la organización de las células que forman parte del tejido muscular. El **músculo esquelético** está formado por **fibras musculares** que corresponden a células largas, cilíndricas y con muchos núcleos. Cada fibra muscular, a su vez, está compuesta por **miofibrillas** que contienen filamentos de proteínas en un cierto orden. Los filamentos más gruesos están formados por la proteína **miosina** y los más delgados son de **actina**, principalmente. Esta disposición causa el aspecto de estriación transversal característico de los músculos esqueléticos.

Las partes de estas estriaciones se identifican por letras y constituyen el **sarcómero** (ver figura). Cuando se produce la contracción de un músculo esquelético, ocurre un desplazamiento de los filamentos de actina sobre los filamentos de miosina, de tal manera que el ancho de las **bandas A** se mantiene constante, pero las **líneas Z** se acercan unas a las otras. Cuando el músculo se relaja, las

líneas Z se separan. ¿Todos los movimientos musculares (contracción y relajación) son controlados voluntariamente? Aunque no lo percibimos conscientemente, los fenómenos de contracción y relajación muscular no solamente ocurren en los músculos de control voluntario (músculos esqueléticos), sino que también en los músculos de naturaleza involuntaria, como los músculos lisos (del intestino, por ejemplo) y el músculo cardíaco (del corazón).



### Biodatos

Las estriaciones longitudinales del músculo cardíaco son similares a las del músculo esquelético, sin embargo, el músculo liso no tiene estrías transversales visibles, ya que la actina y miosina no están dispuestas regularmente (en orden).

### Biologi@net

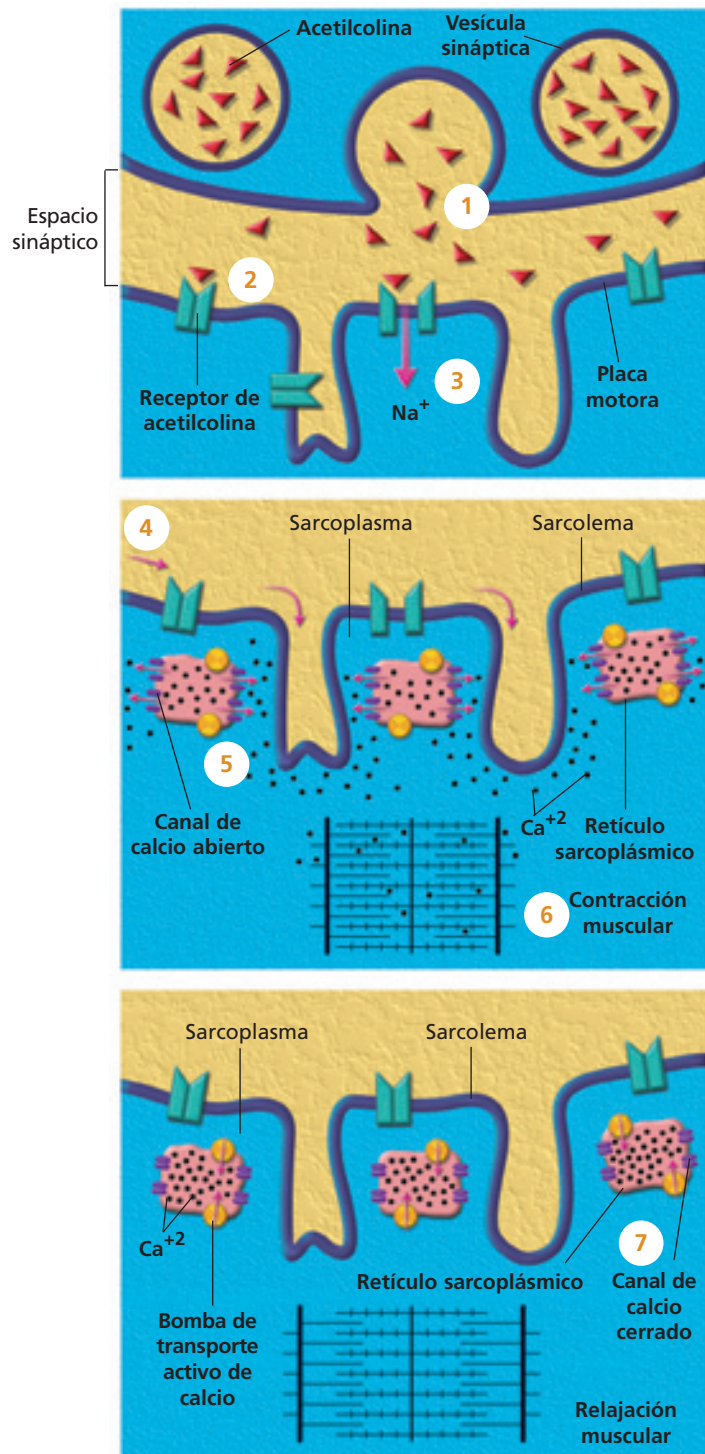
Visita la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B3042. Observa la animación de la contracción muscular y realiza las actividades que ahí se proponen.

### 12.3 ¿Cómo se produce la contracción muscular?

La contracción de los músculos es posible gracias a la **unión neuromuscular**, que corresponde a una sinapsis química entre una neurona y una fibra muscular. Los terminales axonales de la neurona presináptica contienen vesículas en cuyo interior se encuentra un tipo especial de neurotransmisor; la **acetilcolina**. La membrana de la fibra muscular donde existe la unión neuromuscular, se denomina **placa motora terminal** y contiene receptores para la acetilcolina.

Cuando un impulso nervioso llega hasta los terminales axonales, se produce la liberación de la acetilcolina al espacio sináptico (1). Este neurotransmisor se une a los receptores de la placa motora terminal (2), lo que genera la apertura de canales para las moléculas de  $\text{Na}^+$  principalmente (3), con lo cual se desencadena un potencial de acción muscular (4) que se conduce a lo largo de la membrana de la fibra muscular o sarcolema. La enzima **acetilcolinesterasa** se encarga de degradar la acetilcolina.

El potencial de acción muscular provoca la liberación del ion calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) (5) que se encuentra almacenado en el **retículo sarcoplásmico**. Cuando el  $\text{Ca}^{+2}$  está en el citoplasma de la fibra muscular (sarcoplasma), produce el desplazamiento de los filamentos delgados (6) y la consecuente contracción muscular. Existen bombas de transporte activo de  $\text{Ca}^{+2}$  que devuelven este ion desde el sarcoplasma (7) al retículo sarcoplásmico lo que conduce a la relajación muscular.



#### VOY APRENDIENDO

Responde las siguientes preguntas, sobre la base de lo analizado en esta página:

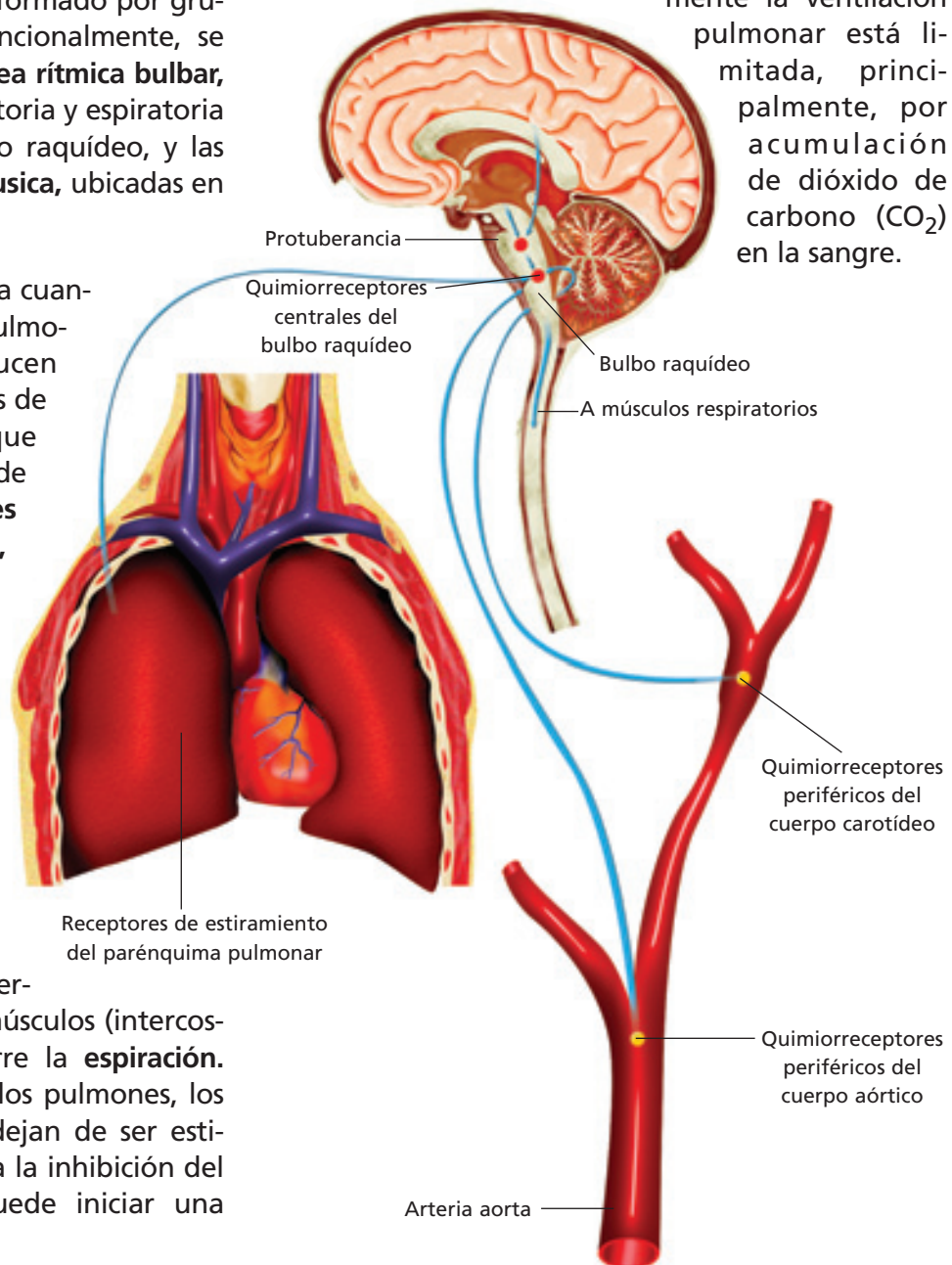
1. ¿Cuál es el papel del  $\text{Ca}^{+2}$  en los procesos de contracción y relajación muscular?
2. ¿Qué ocurriría si se bloquean los receptores de acetilcolina en la placa motora?
3. ¿Qué sucedería si se inhibe la acción de la acetilcolinesterasa?
4. Explica dos mecanismos mediante los cuales se produce el desplazamiento de los filamentos delgados en la relajación muscular.

### 13 Ventilación pulmonar

¿Qué tipo de neuronas, aferentes o eferentes, son necesarias para que ocurra la ventilación pulmonar? La ventilación pulmonar es un claro ejemplo de cómo las vías nerviosas aferentes (sensitivas) y eferentes (motoras) intervienen para regular un mismo proceso. El control nervioso de la ventilación pulmonar está regulado por el **centro respiratorio**. El centro respiratorio está formado por grupos de neuronas que, funcionalmente, se dividen en tres áreas: el **área rítmica bulbar**, que posee las áreas inspiratoria y espiratoria y está ubicada en el bulbo raquídeo, y las **áreas neumotóxica y apnéusica**, ubicadas en la protuberancia.

El área inspiratoria se activa cuando el aire abandona los pulmones. Entonces se conducen impulsos nerviosos, a través de determinados nervios, que provocan la contracción de los **músculos intercostales externos** y del **diafragma**, con lo cual se produce la **inspiración**. ¿Cómo se produce la espiración? En las paredes de los bronquios y bronquiolos existen receptores sensibles a la distensión, los que envían impulsos nerviosos, a través de nervios, hasta el área inspiratoria, provocando su inhibición. Esto determina la relajación de los músculos (intercostales y diafragma) y ocurre la **espiración**. Cuando el aire abandona los pulmones, los receptores de distensión dejan de ser estimulados, por lo tanto, cesa la inhibición del área inspiratoria y se puede iniciar una nueva inspiración.

El **área rítmica bulbar** regula el ciclo de la ventilación, es decir, la relación entre los tiempos de inspiración y espiración, y también controla la amplitud del ciclo. El centro respiratorio también está bajo la influencia de la corteza cerebral, lo cual permite, dentro de ciertos límites, el control voluntario de los movimientos respiratorios, tanto de la inspiración como de la espiración. La capacidad para detener voluntariamente la ventilación pulmonar está limitada, principalmente, por acumulación de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la sangre.



### 13.1 Frecuencia y profundidad de la ventilación pulmonar

El centro respiratorio del tronco encefálico ajusta la respiración según los niveles de actividad física: reduce la frecuencia durante el sueño y la aumenta durante el ejercicio físico. En esta última situación, además, aumenta la profundidad de la ventilación pulmonar.

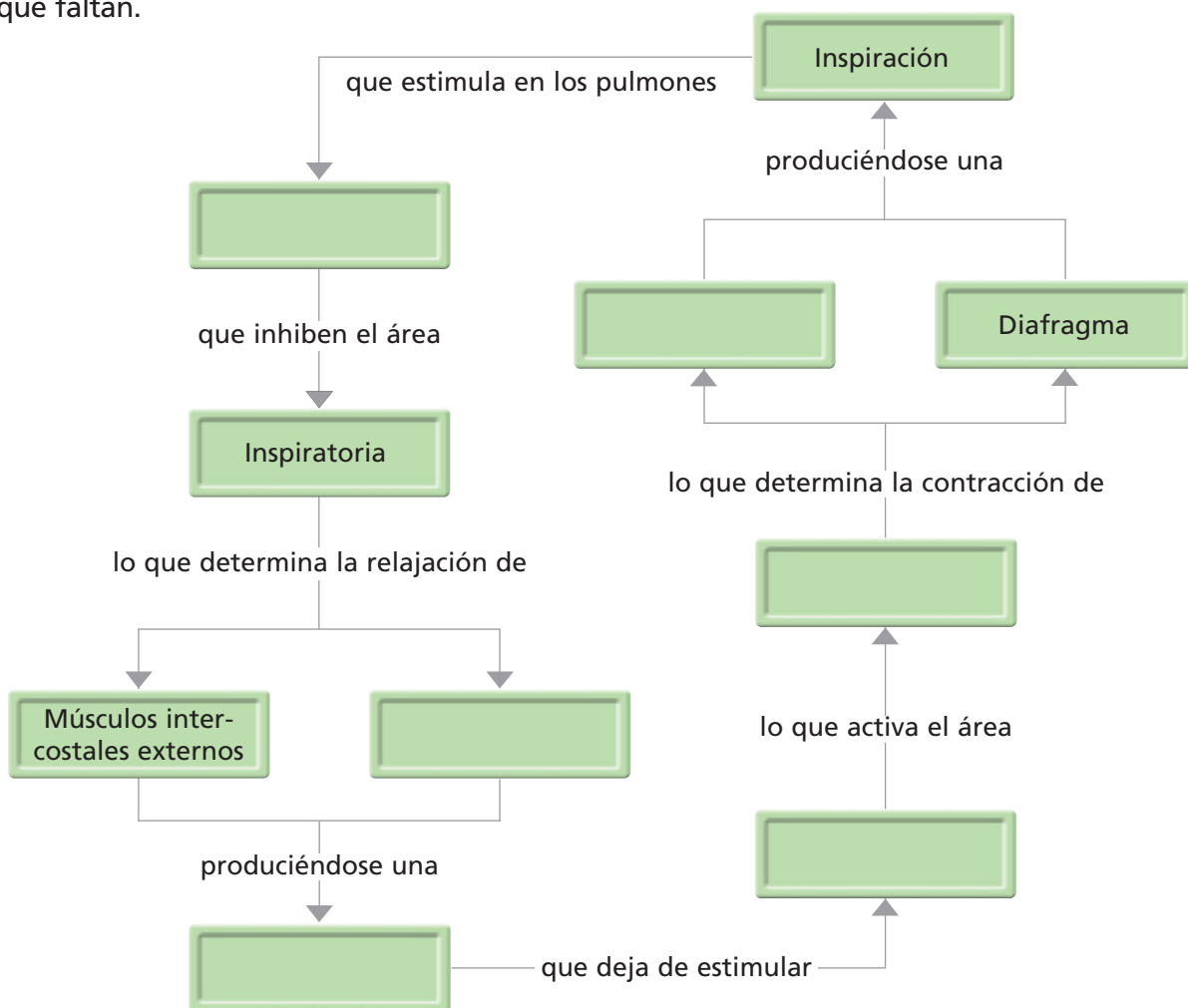
¿De qué dependen la frecuencia y profundidad de la ventilación pulmonar? Para responder esta pregunta se debe tener en cuenta que las células más activas liberan más dióxido de carbono porque tienen frecuencias más altas de respiración celular.

El centro respiratorio está conectado con vías aferentes provenientes de un tipo de receptores (**quimiorreceptores**), llamados **cuerpos carotídeos** y **aórticos**, que están en contacto con la sangre que pasa por estas arterias. Estos receptores envían información sobre la composición química de la sangre. Cuando aumenta la presión de dióxido de carbono ( $PCO_2$ ) o cuando disminuye la presión de oxígeno ( $PO_2$ ), se estimula la actividad del centro respiratorio, lo que determina el incremento de la frecuencia y de la profundidad de la ventilación pulmonar. El centro respiratorio también está modulado por quimiorreceptores localizados en el bulbo raquídeo.

#### ACTIVIDAD 15

#### RELACIONAR

- Copia en tu cuaderno el siguiente diagrama de flujo y complétalo escribiendo los conceptos que faltan.



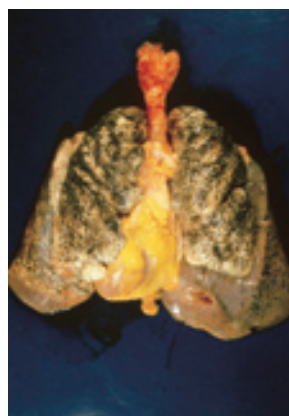
## 14 Drogas y sistema nervioso

Cuando escuchas en las noticias hablar de las drogas, ¿sientes que es un problema cercano o lejano a ti? ¿Con qué lugares las asocias? Es posible que pienses en ciertas regiones de América Central, donde se produce gran cantidad de droga; o en Estados Unidos y países de Europa, lugares donde el consumo es alto. Sin embargo, la droga está en todas partes, por ejemplo en nuestro país existe consumo en sectores de diferente nivel socioeconómico, y afecta a personas de distinta edad, incluso dentro de la población escolar.

¿Qué tipos de drogas existen? ¿Qué efectos produce su consumo? La droga no solo está representada por la cocaína, la pasta base, la marihuana y las anfetaminas. Existe otro grupo de sustancias que, aunque son “permitidas”, también son drogas y como tales, tienen efectos nocivos no solo para la salud de quien las consume, sino también para los demás integrantes de la sociedad. La **nicotina** del cigarrillo y el **alcohol** son ejemplos de ellas.



El alcohol presente en distintas bebidas alcohólicas, puede encontrarse en concentraciones que van desde un 5% (en una cerveza) hasta por sobre el 40% (en el pisco). Esta droga es la más consumida en el mundo y es la causante de muchos problemas sociales, alteraciones y enfermedades que involucran distintos órganos.



El cigarrillo también es consumido con alta frecuencia en el mundo y algunos de sus componentes tienen efectos a nivel de la transmisión del impulso nervioso, y otros son causantes de enfermedades al aparato respiratorio o de cáncer al pulmón. En la fotografía se observan los pulmones de un fumador pasivo.

### REFLEXIONA



Para determinar qué drogas deben estar bajo control se recurre a la legislación de cada país y a los acuerdos internacionales. En Chile, la Ley N° 20.000 de drogas, promulgada el 2 de febrero de 2005 y que sustituye la antigua Ley N° 19.366, sanciona el tráfico ilícito de estupefacientes y sustancias sicotrópicas, estipula aquellas sustancias sujetas a control, además de aquellas sustancias que aparecen en las listas elaboradas por las convenciones de las Naciones Unidas. ¿Crees que es necesario que todos los países estén de acuerdo en las drogas que se deben controlar?

### VOY APRENDIENDO

¿Cuánto sabes acerca de las drogas? Te invitamos a responder las siguientes preguntas para que lo averigües. Luego, en una puesta en común, comenta tus respuestas con tus compañeros y compañeras.

- ¿Qué son las drogas lícitas?
- ¿Qué efectos tiene la marihuana sobre el cerebro?
- ¿Cuál es el porcentaje de consumo de drogas en los estudiantes de nuestro país?
- ¿Existe tratamiento para la enfermedad de la drogadicción?
- ¿Cuál es la mejor manera de combatir la droga?
- ¿Cómo afectan las drogas al sistema nervioso?

### 14.1 ¿Qué es la droga?

Seguramente has escuchado que la marihuana y la cocaína son drogas muy peligrosas, pero ¿qué entendemos por droga?, ¿por qué son peligrosas? Los especialistas definen una **droga**, como cualquier sustancia que una vez introducida en el organismo (inhalada, inyectada, fumada o tragada), tiene la capacidad de provocar cambios en el funcionamiento físico, psicológico y social de quien las consume.

¿Qué tipos de drogas existen? Los criterios de clasificación para los diferentes tipos de drogas son muchos. Por ejemplo, un criterio tiene que ver con que si su consumo está o

no permitido por la ley, reconociéndose así **drogas legales** o **lícitas**, como el alcohol, el tabaco, la cafeína y los fármacos de prescripción médica; y las **drogas ilegales** o **ilícitas**, como la cocaína, la heroína y la marihuana, por mencionar algunas.

Todas las drogas, cualquiera sea la forma en que se consuman, pasan a la sangre y, a través de ella, llegan al cerebro y al resto del organismo provocando diferentes efectos. Algunas drogas producen excitación o estimulación (estimulantes), otras relajación (tranquilizantes), y otras distorsionan la realidad (alucinógenas). Además de los efectos en el sistema nervioso, las drogas tienen efectos a inmediato y a más largo plazo, sobre diferentes tejidos y órganos del organismo.

**TABLA N° 1: EFECTOS NOCIVOS QUE PROVOCA EL CONSUMO DE ALGUNAS DROGAS**

Droga	Efectos inmediatos	Efectos a largo plazo
Cocaína	Dosis moderadas aceleran el ritmo cardíaco y aumenta la presión arterial, aumenta la temperatura corporal y la sudoración. Reacción general de euforia e intenso bienestar. En dosis altas causa ansiedad, agresividad, ilusiones y alucinaciones, temblores y movimientos convulsivos.	Complicaciones psiquiátricas, como disminución de la memoria, irritabilidad y crisis de ansiedad, "sicosis cocaínica" (brote de ideas paranoides que conducen a un estado de confusión), apatía sexual, trastornos nutricionales, alteraciones neurológicas (accidentes vasculares), cardiopatías (arritmias, infartos), problemas respiratorios.
Heroína	Euforia, sonrojo de la piel, boca seca, extremidades pesadas y turbación de las facultades mentales debido a la depresión del sistema nervioso central.	Colapso en las venas, complicaciones pulmonares, varios tipos de pulmonía. Una sobredosis puede producir coma o la muerte.
Marihuana	Varían según la dosis y el tipo de <i>Cannabis</i> y el estado anímico y físico del individuo que la consuma. Dosis bajas pueden producir sensación de bienestar y euforia, disminución de los reflejos, enrojecimiento de los ojos, aceleración del ritmo cardíaco, sequedad de la boca y garganta y dificultad para realizar procesos mentales complejos. Dosis elevadas, pueden provocar confusión y una percepción alterada de la realidad.	Provoca el "síndrome amotivacional" (disminución de la iniciativa personal), causa alteraciones en el sistema reproductor y en el sistema inmune. Tiene efectos sobre el ritmo cardíaco y la presión sanguínea, y puede producir temblores e inestabilidad. El humo contiene más agentes carcinógenos que el tabaco.

Fuente: [www.conace.cl](http://www.conace.cl)

#### ACTIVIDAD 16

#### AVERIGUAR

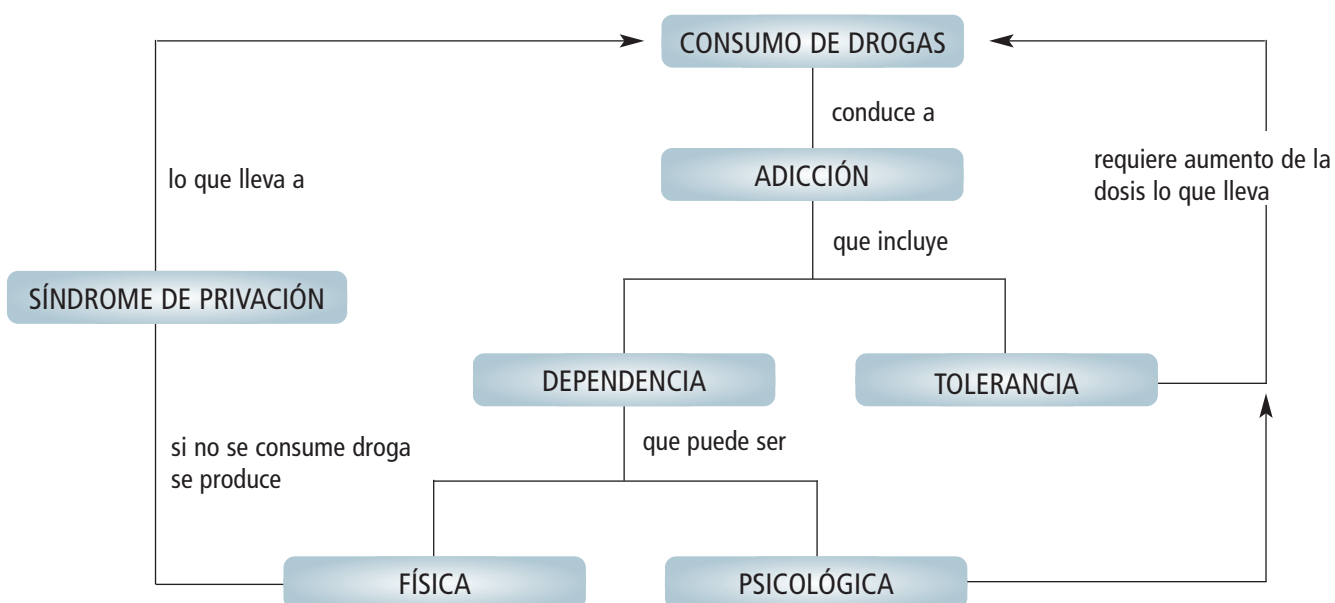
Busca información en enciclopedias o internet y responde las siguientes preguntas.

- ¿Qué diferencias existen entre los efectos de las drogas lícitas e ilícitas?
- ¿Cuáles son más perjudiciales para la salud? Fundamenta.
- Entre las drogas ilícitas, ¿cuáles generan mayor tolerancia?
- ¿A qué crees que se deba que, siendo ambas dañinas, se distinga entre lícitas e ilícitas? Debate con tus compañeros y compañeras al respecto.

## 14.2 Adicción, dependencia y tolerancia a las drogas

Las drogas son peligrosas porque tienen efectos perjudiciales para nuestra salud, pero, además, porque producen **adicción, dependencia y tolerancia**. ¿Conoces estos conceptos?, ¿qué significan?

- La **adicción** es el deseo irrefrenable de continuar consumiendo droga, que manifiesta una persona que se ha habituado a ella y a sus efectos, como resultado de un consumo repetido. La adicción se acompaña de la dependencia y de la tolerancia.
- La **dependencia** es el estado en el cual el adicto debe continuar consumiendo la droga para evitar los síntomas que resultan de la abstinencia. Los expertos reconocen dos tipos de dependencia: la física y la psicológica.
- La **dependencia física** se caracteriza por una serie de trastornos fisiológicos adversos, que surgen de la falta de consumo (síndrome de privación). La **dependencia psicológica** se acompaña de un sentimiento de satisfacción y del deseo de repetir la experiencia con la droga; o de evitar el malestar que produce el no tomarla.
- La **tolerancia** es un proceso de adaptación celular a una sustancia específica. Se caracteriza porque el enfermo debe consumir dosis cada vez mayores para obtener los efectos fisiológicos o psicológicos producidos antes con dosis menores.



### VOY APRENDIENDO

Reúnete con tu compañero o compañera de banco y respondan las preguntas que se plantean a continuación, para lo cual deben analizar el diagrama y la información de esta página.

- ¿Cómo creen que se relacionan la adicción, la dependencia y la tolerancia?
- Averigüen, en libros o internet, ¿qué sucede si un enfermo adicto suspende repentinamente el consumo de la droga? ¿Qué diferencia existe entre las drogas que producen dependencia física y las que producen dependencia psicológica?

### 14.3 La droga y sus efectos en el sistema nervioso

Las personas que caen en la drogadicción deben enfrentar, como vimos anteriormente, difíciles problemas, como son la adicción y la dependencia, entre otros. Pero estos no son exclusivos de los consumidores de cocaína y sus derivados.

¿Has oído decir a un fumador que, a pesar de intentarlo, no puede dejar el cigarrillo? ¿Conoces casos parecidos de personas que consumen alcohol? Probablemente no lo sepas, pero la nicotina presente en el cigarrillo y el alcohol son drogas y, por lo tanto, su consumo desmedido puede producir efectos similares a los de las llamadas “drogas duras”.

Las autoridades y entidades relacionadas con el tema de las drogas, están preocupadas, principalmente, por combatir el consumo de las drogas ilícitas, debido al gran aumento que ha experimentado su consumo en los últimos años. ¿Cuál es tu opinión al respecto?

De acuerdo a los efectos que las drogas tienen sobre el sistema nervioso central se pueden clasificar en:

- a. **Depresores del SNC.** Estas son sustancias que retardan el funcionamiento del cerebro en un proceso de adormecimiento cerebral, provocando diversas reacciones que van desde la inhibición hasta el coma. En este grupo se encuentran drogas como el alcohol, tranquilizantes, tranquilizantes menores (hipnóticos y ansiolíticos como el Diazepam), tranquilizantes mayores (neurolépticos y antisecóticos), opiáceos e hipnóticos.
- b. **Estimulantes del SNC.** Son sustancias que aceleran el funcionamiento del cerebro. A su vez se les puede clasificar en: **estimulantes mayores**, entre ellos se encuentran las anfetaminas, la cocaína y la pasta base; y **estimulantes menores**, tales como la nicotina y la cafeína.

- c. **Perturbadores del SNC.** Estas sustancias, también conocidas como alucinógenos, alteran el funcionamiento del cerebro originando distorsiones perceptivas y alucinaciones. Entre ellas está la marihuana, alucinógenos como el LSD, solventes y drogas de síntesis como el éxtasis.

#### REFLEXIONA



El metilfenidato, más conocido como Ritalín, es un medicamento que desde hace muchos años se ha recetado, principalmente, a niños que padecen el síndrome de déficit atencional e hiperactividad (SDAH). El metilfenidato es un estimulante del sistema nervioso central, cuyos efectos son similares, pero mucho más potentes, que la cafeína y menos potentes que las anfetaminas. Su efecto particular es disminuir el comportamiento impulsivo y mejorar la concentración de los niños que padecen el SDAH. Los científicos postulan que el Ritalín amplifica la liberación del neurotransmisor dopamina mejorando así la concentración y atención de los niños que padecen el síndrome. De acuerdo a las investigaciones, este medicamento no produce adicción cuando las personas lo ingieren en la forma y dosis prescritas por el médico. Por este motivo, ¿qué importancia crees tú que tiene seguir las indicaciones del médico en el uso de este y otros medicamentos? ¿Por qué crees que la venta y la ingesta de medicamentos debe hacerse bajo prescripción médica? ¿Cuál es tu opinión respecto de que niños pequeños utilicen este tipo de medicamentos? Discútelos con tu curso.



#### 14.4 ¿Cómo actúan las drogas en el organismo?

En general, todas las drogas, lícitas o ilícitas, actúan **sobre las células nerviosas alterando su funcionamiento** y, con ello, el del organismo. A continuación se describe la acción de diferentes tipos de drogas en el sistema nervioso.

**Alcohol.** Actúa en diferentes regiones del SNC. A nivel de las sinapsis, afecta diferentes receptores de neurotransmisores, como los del GABA, neurotransmisor relacionado con los impulsos nerviosos inhibitorios; lo que explicaría sus efectos sedantes.

**Marihuana.** Actúa como desorganizador del SNC, produce confusión, letargo; alteración de la memoria, de la percepción, del juicio; incoordinación motora, alucinaciones. Distorsiona la capacidad para percibir con claridad los peligros potenciales.

**Morfina.** Se une a receptores nerviosos ubicados en el cerebro y en la médula espinal, que participan en las vías del dolor. Esto explica su uso para reducir el dolor y producir sedación.

**Cafeína.** Se une a receptores del SNC provocando trastornos del sueño y del ritmo cardíaco.

**Nicotina.** Afecta la actividad de los ganglios autónomos y de la unión neuromuscular. Su inhalación puede provocar temblores, vómitos y estimulación del centro respiratorio.

**Cocaína.** Afecta la recaptación de la dopamina, neurotransmisor que participa en la percepción del placer. Es una droga estimulante del SNC. A nivel psicológico provoca, entre otros trastornos, ansiedad intensa, agresividad, desinterés general y depresión.

**Anfetaminas.** Aumentan la liberación de dopamina y, con ello, la sensación de vigilia y alerta. Deprimen la actividad del centro del apetito. Puede ocasionar depresiones severas.

**LSD.** Produce alteraciones de la percepción del mundo y de la personalidad. Participa en las vías nerviosas relacionadas con la excitación del SNC.

#### ACTIVIDAD 17

#### AVERIGUAR Y ORGANIZAR

- Averigua sobre los efectos nocivos que provocan las siguientes drogas: el neoprén, la pasta base, el éxtasis y el crack. Confecciona en tu cuaderno, una tabla con la información obtenida.

#### VOY APRENDIENDO

- Copia en tu cuaderno el siguiente cuadro y complétalo.

Droga	Efectos: tranquilizante, estimulante o alucinógeno.	Situación legal en Chile: lícita o ilícita.
Marihuana		
Alcohol		
Nicotina		
Cocaína		
Cafeína		
Pasta base		

### 14.5 Efectos de las drogas en la sinapsis química

Como vimos anteriormente, algunas drogas ejercen sus efectos a nivel de la sinapsis química. Estos pueden producirse en diferentes etapas de la sinapsis, por ejemplo, en la **liberación del neurotransmisor** o en su **recaptación**.

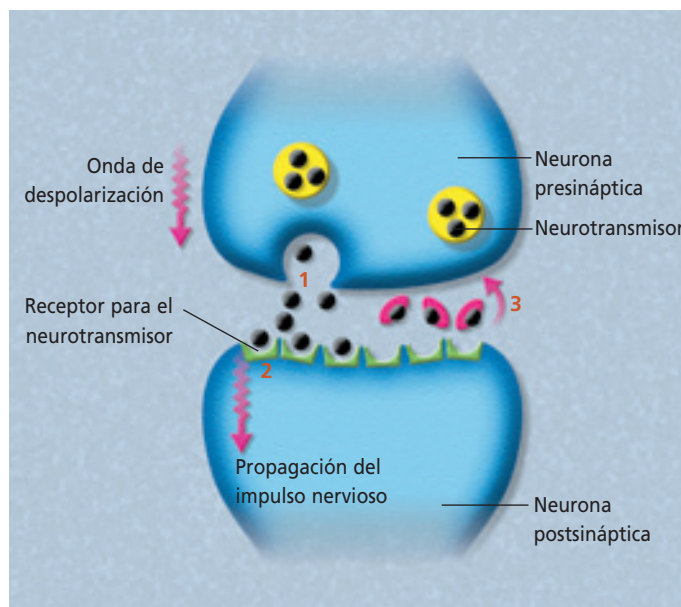
En la sinapsis química, en condiciones normales, ocurren los siguientes eventos representados en la ilustración:

1. Liberación del neurotransmisor.
2. Unión neurotransmisor-receptor.
3. Recaptación de neurotransmisores por transportadores.

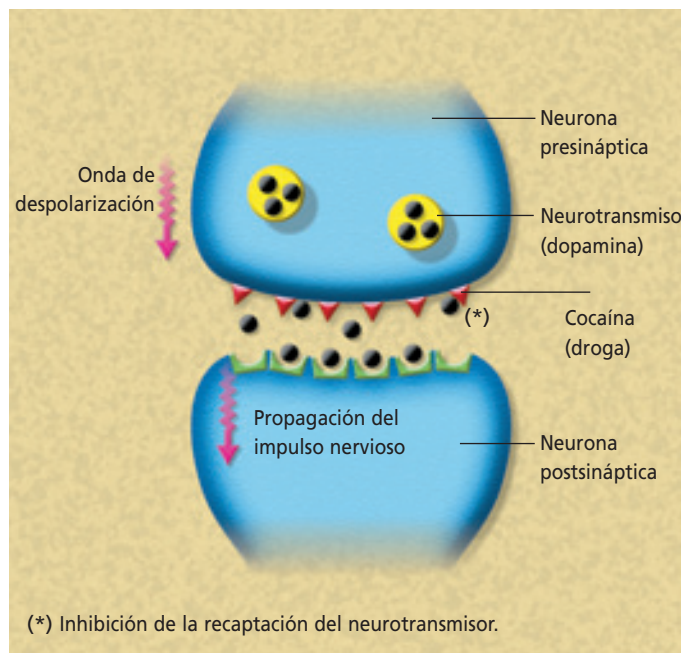


Tanto la cocaína como la pasta base son drogas que provienen del procesamiento de la hoja de coca. La cocaína es un producto de mayor "pureza" que la pasta base, pues esta última se mezcla con ácido sulfúrico, parafina, bencina, alcohol, amoníaco e incluso yeso. Ambas drogas son muy adictivas y sus efectos, nefastos, no solo provocan alteraciones al sistema nervioso, sino que además, afectan la conducta social de los individuos adictos.

### Sinapsis química en condiciones normales



El efecto de la cocaína en la sinapsis química se ilustra a continuación:



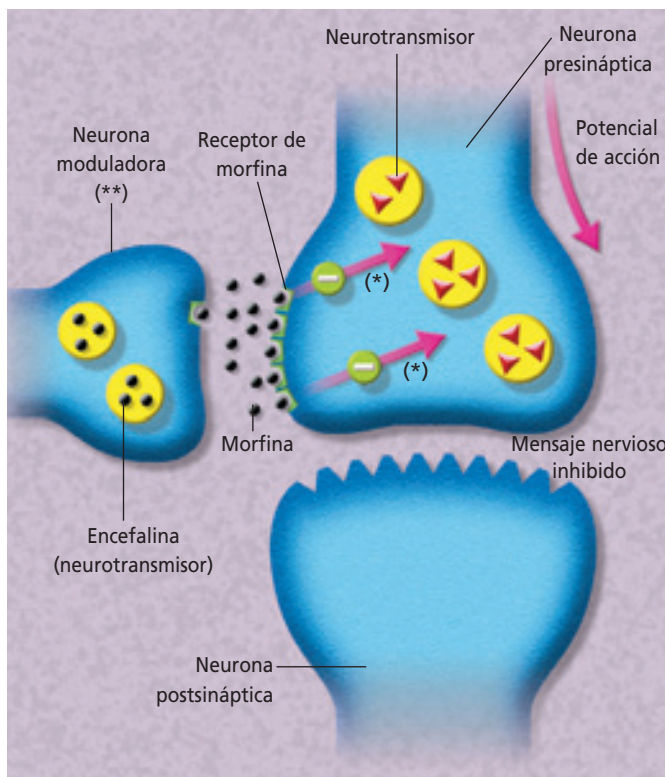
#### VOY APRENDIENDO

Reunidos en pareja, y a partir de los esquemas de esta página, describan la transmisión sináptica en condiciones normales y compárenla con lo que sucede en presencia de cocaína.

- a. ¿Qué cambios observan?
- b. ¿Qué efectos ejerce la cocaína a nivel de la sinapsis?
- c. ¿Qué efectos produce en el individuo?

- La **morfina** es un alcaloide que se obtiene del opio, sustancia que se forma de manera natural en la cápsula de la amapola. La morfina fue aislada por primera vez en el año 1806 y desde 1850 se usa como analgésico y calmante. Hoy en día la morfina se produce tanto en forma lícita como ilícita, pese a lo anterior, su uso terapéutico debe ser estrictamente controlado y regulado por prescripción médica. La siguiente ilustración muestra cómo la morfina afecta la sinapsis química.

**Efecto de la morfina**



(\*) Inhibición de la liberación del neurotransmisor.  
 (\*\*) La neurona moduladora participa en la regulación de la actividad de los neurotransmisores liberados en la sinapsis.

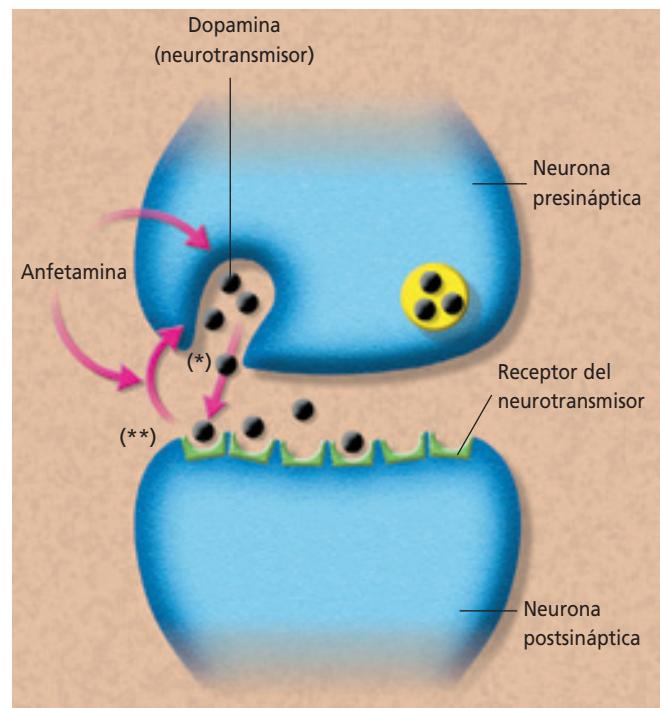
(\*) Aumento de la liberación del neurotransmisor.  
 (\*\*) Inhibe recaptación.



La morfina es un alcaloide que se obtiene de la amapola (*Papaver somniferum*) que hasta nuestros días se utiliza como analgésico, aunque su uso excesivo puede provocar una fuerte adicción.

- Las **anfetaminas** son un tipo de drogas de producción artificial, que aparecieron en Alemania a fines del siglo XIX. Las anfetaminas son sustancias derivadas del compuesto químico betafenilisopropil amina. Las más utilizadas son: benzedrina, dexedrina y metilanfetamina. La ilustración muestra los efectos de las anfetaminas en la sinapsis química.

**Efecto de las anfetaminas**



**ACTIVIDAD 18**

**COMPARAR**

- En parejas, observen los esquemas que muestran los efectos de la morfina y de las anfetaminas a nivel sináptico y descríbanlos. Confeccionen una tabla para comparar los efectos de estas drogas en la sinapsis.

### 14.6 El consumo de drogas en Chile

Aunque parezca exagerado, todos debemos preocuparnos por el consumo de drogas en nuestro país. Estudios desarrollados por el **CONACE** (Consejo Nacional para el Control de Estupefacientes) muestran datos preocupantes. Por ejemplo, se sabe que un 17% de las personas, entre 12 y 64 años de edad, ha consumido, alguna vez en su vida,

marihuana. La cocaína y la pasta base alcanzan valores de un 4 y un 2,3%, respectivamente, para este mismo rango de edad. Pero lo más preocupante, es el aumento que sigue experimentando el consumo de drogas y, en especial, el hecho de que el inicio de este se da, en promedio, a los 15 años de edad. ¿Qué opinión te merecen estos datos estadísticos?

	Tabaco	Alcohol	Marihuana	Pasta base	Cocaína
Edad de inicio	15	17	17	20	21
Sexo					
Hombre	15	16	17	20	21
Mujer	16	18	18	17	21

Fuente: CONACE. *Quinto Estudio Nacional de Drogas en la Población General de Chile. 2002.*

#### Biodatos

De acuerdo al quinto estudio nacional de drogas en la población escolar de nuestro país (2003), realizado por el Consejo Nacional para el Control de Estupefacientes (CONACE), cuatro de cada diez escolares, entre 8° año básico y 4° año medio, declaran consumo actual de alcohol y tabaco.

#### VOY APRENDIENDO

Junto a tu compañero o compañera de banco, analicen la información que se expone en la tabla y elaboren un gráfico de edad de inicio en el uso de drogas y otro donde se muestren las diferencias por sexo. Luego, respondan las preguntas que se plantean a continuación.

- ¿Cuál es la droga que se comienza a consumir más tempranamente?, ¿a qué edad corresponde?
- ¿Cuál es la droga que se comienza a consumir más tardíamente?, ¿a qué edad?
- ¿Qué diferencias existen entre la edad de inicio en el uso de drogas entre hombres y mujeres?, ¿qué se puede concluir de estos resultados?

#### ACTIVIDAD 19

#### ANALIZAR

De acuerdo con lo analizado en esta página, respondan las siguientes preguntas:

- Tanto hombres como mujeres inician a temprana edad el consumo de tabaco. ¿Crees que esta droga puede llevar al consumo de otras?, ¿por qué?
- Si un compañero o compañera bebe mucho alcohol y fuma demasiado, ¿le advertirías que corre peligro de probar "drogas duras" o ilegales?, ¿qué razones señalarías?

## ACTIVIDAD 20

## INTERPRETAR

- Junto a tu compañero o compañera de banco, analiza la tabla y desarrolla las actividades que se proponen a continuación.

**TABLA N° 3: PREVALENCIA\* DEL CONSUMO EN EL ÚLTIMO MES DE LA POBLACIÓN ESCOLAR POR TIPOS DE DROGAS, SEGÚN CURSOS (PORCENTAJE DE ALUMNOS)**

Drogas	Curso entrevistado				
	8° Básico (%)	1° Medio (%)	2° Medio (%)	3° Medio (%)	4° Medio (%)
Alcohol	21,31	32,05	43,37	51,79	58,60
Cigarrillos	24,00	33,08	41,45	47,92	51,77
Tranquilizantes con receta	1,63	1,88	2,62	3,01	3,29
Tranquilizantes sin receta	0,84	1,19	1,69	2,15	2,15
Marihuana	2,69	4,87	7,26	9,98	11,28
Pasta base	0,84	0,87	1,19	1,30	1,88
Cocaína	0,89	0,93	1,37	1,76	2,74
Cualquier droga	3,14	5,27	7,81	10,40	12,06
Estimulantes sin receta	0,75	0,84	1,04	1,01	1,42
Inhalables	1,50	1,30	1,32	1,24	1,36
Éxtasis	0,58	0,55	0,61	0,54	0,90

Fuente: CONACE. Quinto Estudio Nacional de Drogas en Población Escolar de Chile, 8° Básico a 4° Medio. 2003.

\*Prevalencia es la proporción de personas que han consumido drogas con respecto al total de la población en estudio.

- Elabora un gráfico que muestre la información contenida en la tabla.
- De acuerdo al gráfico, ¿cuál es la droga más consumida?, ¿en qué curso hay mayor consumo?
- Elabora un gráfico en el que se muestre el consumo de tranquilizantes con receta y sin receta médica a través de los cursos. Respecto de este gráfico, ¿en qué situación se observa mayor consumo de tranquilizantes, con o sin receta médica?, ¿en qué cursos se observa su mayor consumo?
- Respecto de la venta de tranquilizantes sin receta médica, ¿de qué manera se podría evitar su venta?
- Entre las drogas ilícitas, ¿cuál presenta el mayor consumo?, ¿cuál el menor?
- ¿Qué ocurre, en general, con el consumo de drogas a medida que aumenta el curso?
- De acuerdo a estos datos, ¿en qué curso(s) debe acentuarse la labor preventiva?, ¿por qué?

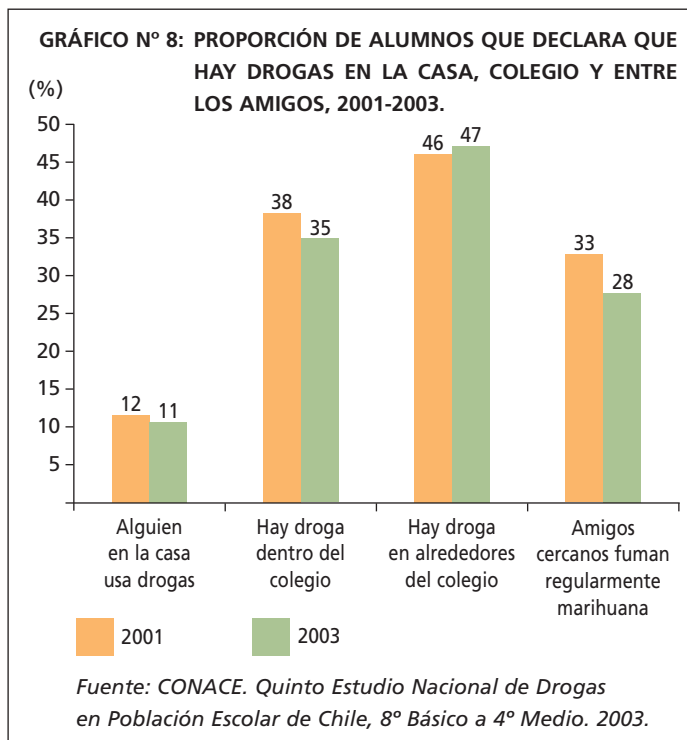
### 14.7 Las causas del consumo

Una manera de prevenir el consumo de drogas, es identificar las causas de este comportamiento. ¿Conoces algunos factores que lleven a personas de tu edad a consumir drogas?

Estudios realizados en estudiantes chilenos que cursan entre octavo básico y cuarto año medio, mostraron que los que presentan mayores factores de riesgo son aquellos que manifiestan conductas agresivas y los que poseen amigos y amigas que son consumidores de drogas; además de dificultades en el colegio y problemas familiares. Por otra parte, entre los factores de riesgo los que tuvieron mayor incidencia fueron el mal uso del tiempo libre, el bajo nivel de autoestima y la falta de información. Estos elementos personales, familiares y sociales, que están asociados con el consumo de drogas, no necesariamente son causantes por sí solos de la adicción. Es altamente probable que actúen en conjunto y algunos tengan mayor efecto que otros.

¿Existen condiciones genéticas asociadas con el consumo de drogas? Investigaciones realizadas por científicos chilenos, en que se han criado variedades de ratas sometidas al consumo de alcohol, por más de 30 generaciones, han demostrado que los descendientes de animales alcohólicos tienen una mayor "predisposición" al consumo de esta droga, en comparación con los animales nacidos de padres no bebedores.

Otras experiencias demuestran que en seres humanos puede haber resultados similares. Se sabe que mellizos, hijos de padres bebedores, que se crían por separado en familias no bebedoras, tienen una tendencia al alcoholismo. Es decir, no solo existe una base sociocultural en el alcoholismo, sino que también existe un fundamento biológico (genético). ¿Qué opinión te merece esta información?



Uno de los factores de riesgo más poderosos es la presencia de drogas en el entorno cercano de los estudiantes, es decir, en la casa, al interior de su colegio, en sus alrededores, y en los amigos cercanos.

#### VOY APRENDIENDO

A partir de la información que entrega el gráfico, responde las preguntas que se plantean a continuación.

- ¿Cuál(es) es(son) el(los) principal(es) factor(es) que propician el consumo de drogas?
- ¿Qué medidas se pueden tomar, a nivel educacional, para disminuir su incidencia en el consumo de drogas? Discútelo con tu curso.

#### ACTIVIDAD 21

#### RELACIONAR

Si se considera el alcoholismo como una expresión fenotípica en la población humana, redacta un párrafo que incluya las ideas de genotipo, ambiente y variabilidad fenotípica para referirte al alcoholismo. Puedes revisar los textos de Biología de segundo año medio para recordar tales conceptos.

## ACTIVIDAD 22

## ELABORAR

Organícense en grupos de tres integrantes y apliquen una encuesta a un grupo de 100 estudiantes, aproximadamente, que se encuentren en un rango de edad parecido (entre 12 y 13, entre 14 y 15, etc.) o que estén en el mismo curso.

- a. Deben preguntar a la persona encuestada el curso, la edad y el sexo. Pueden incluir las siguientes preguntas. Los encuestados responden Sí o No.
  1. Cuando algo te molesta, ¿respondes de manera agresiva?
  2. ¿Tienes amigos que consumen droga?
  3. ¿Fumas?
  4. ¿Consumes bebidas alcohólicas?
  5. ¿En tu hogar hay problemas de comunicación?
  6. ¿Tienes problemas en tu colegio?
  7. ¿Has consumido drogas ilícitas como la marihuana, la pasta base o la cocaína?
- b. Para las encuestas de personas que han consumido drogas ilícitas, es decir, aquellas que respondieron afirmativamente la pregunta 7, tabulen los datos de la encuesta en una tabla como la siguiente:

Pregunta	Hombre		Mujer	
	Contestó Sí	Contestó No	Contestó Sí	Contestó No
1				
2				
3				
4				
5				
6				

- c. Calculen el porcentaje de respuestas afirmativas y negativas, para las 6 primeras preguntas (consideren toda la muestra de encuestados que han consumido drogas, y separados por sexo). Calculen también el promedio de edad de los encuestados consumidores.
- d. Construyan gráficos que muestren los resultados obtenidos.
- e. De acuerdo a los gráficos obtenidos, ¿existe relación entre el consumo de drogas ilícitas y los factores de riesgo presentes en la encuesta? ¿Existen diferencias entre hombres y mujeres, en relación al consumo de drogas?
- f. Elaboren conclusiones a partir de los resultados obtenidos.

### 14.8 ¿Cómo prevenir el consumo de drogas?

Actualmente, existen diferentes instituciones preocupadas de prevenir y combatir el abuso del consumo de drogas, además de centros encargados de la rehabilitación de los enfermos drogadictos. ¿Cómo prevenir la drogadicción?

La **prevención comienza en la familia**. Por eso, es muy importante el diálogo y la buena comunicación que exista entre sus integrantes, además de las muestras de afecto y confianza que deben manifestarse.

También es de gran ayuda conocer los efectos devastadores que tiene la droga para el enfermo, su familia y la sociedad en la que está inmerso, por ejemplo, a través del testimonio de personas que han logrado vencer esta adicción.

No obstante lo anterior, la prevención es tarea y responsabilidad de toda la comunidad. Todos podemos colaborar poniendo en práctica las siguientes actitudes:

- Promover ambientes más saludables y solidarios.
- Fortalecer en nosotros y en las personas con las que nos relacionamos valores, actitudes, habilidades y conocimientos que nos alejen del interés por consumir drogas.
- Promover el autocuidado y la autoestima positiva.
- Fortalecer la comunicación y la capacidad de relacionarnos con otras personas.
- Usar positivamente el tiempo libre.
- Reforzar la identidad local a través de actividades recreativas y culturales propias.

**TABLA N° 4: PERCEPCIÓN DE RIESGO EN EL CONSUMO DE DROGAS EN JÓVENES**

Consumo		No corre ningún riesgo	Corre un riesgo leve	Corre un riesgo moderado	Corre un riesgo grande
Marihuana	No	2,07 %	11,38 %	25,68 %	60,45 %
	Sí	20,75 %	32,54 %	23,20 %	23,50 %
Cocaína/ Pasta base	No	1,41 %	6,57 %	16,73 %	74,81 %
	Sí	5,69 %	27,90 %	18,65 %	43,20 %

Fuente: CONACE. *Sexto Estudio Nacional de Drogas en Población General de Chile*. 2004.

*El riesgo percibido en el consumo de drogas en jóvenes que no consumen drogas es mayor respecto de los jóvenes que sí consumen.*

#### ACTIVIDAD 23

#### ANALIZAR

Analiza la tabla y con tu compañero o compañera de banco discutan las siguientes preguntas.

- Respecto a los datos presentados en la tabla, ¿cuánto es la diferencia en el porcentaje de jóvenes que no consumen drogas (marihuana, cocaína o pasta base) y que perciben un gran riesgo en el consumo de drogas, respecto de aquellos que sí consumen?
- ¿Por qué creen que se dan estas diferencias?
- ¿Creen que el conocer el efecto que tienen las drogas ayuda a prevenir su consumo?, ¿por qué?

¿Cuál es el objetivo de los centros de rehabilitación?, ¿cómo lo logran? Los **centros de rehabilitación** tienen por objeto lograr la reinserción del enfermo en la sociedad, evitando que recaiga en su adicción. Se sabe que aquellos centros en los cuales el paciente recibe una terapia farmacológica y psicológica tienen buenos resultados, más aún, si cuentan con el apoyo de la familia del enfermo. Las clínicas en las que se combate el consumo solo con medicamentos tienen resultados menos sostenidos en el tiempo, y muchas veces el enfermo recae.

Otra manera de enfrentar las drogas es el **control del narcotráfico**. Las entidades estatales, **Carabineros** y la **Policía de Investigaciones**, luchan constantemente por reducir el tráfico y con ello evitar que la droga llegue hasta nuestras familias.

### Biologi@net

En Chile existe una serie de centros para combatir la droga. Puedes obtener información de ellos y buscar mayor información respecto a las drogas y sus efectos consultando la siguiente dirección <http://www.conace.cl>

### Biodatos

Carabineros de Chile cuenta con un **fonodrogas: 135**. En este número telefónico se atienden denuncias y se recibe información sobre focos de tráfico y consumo de drogas, se entrega orientación a los padres de hijos consumidores, se informa a consumidores sobre los centros de rehabilitación y se educa a la ciudadanía sobre el problema y los factores de riesgo.



Gentileza de Carabineros de Chile.

### ACTIVIDAD 24

### DISEÑAR

- Reúnete con dos o tres compañeros o compañeras, consigan información sobre campañas antitráfico, o cualquier otra relacionada con la droga, que desarrolle la Policía de Investigaciones y/o Carabineros de Chile.
- Organicen charlas y seminarios sobre estos temas para informar a la familia y al resto de la comunidad estudiantil.
- Reunidos en grupos, diseñen una campaña de prevención de la drogadicción. Presenten un informe escrito a su profesor(a), indicando: objetivos, materiales, y el o los recursos audiovisuales que utilizarán para su campaña (trípticos, pósteres, videos, etc.). Una vez revisado, llévenla a cabo.

## ¿Cómo logramos percibir el tamaño y el movimiento de los objetos que nos rodean?

La percepción es un proceso íntimamente asociado a la actividad del sistema nervioso central del ser humano. Consiste en la traducción de uno o más estímulos sensoriales simples en una experiencia compleja. La **percepción del tamaño** depende básicamente de la ubicación de los objetos (más "cerca" o más "lejos") respecto de un sistema de líneas que, visto en perspectiva, convergen en un punto distante. La **percepción del movimiento** depende de la integración de **vías aferentes** o sensitivas (movimiento de la imagen en la retina y procesamiento de las señales visuales provenientes de la retina) y **eferentes** o motoras (fijación del movimiento ocular que sigue a un estímulo visual y procesamiento de las señales visuales de movimiento en un centro integrador del sistema nervioso central).

### Materiales

- Hoja de papel en blanco

- Regla

Figura 1

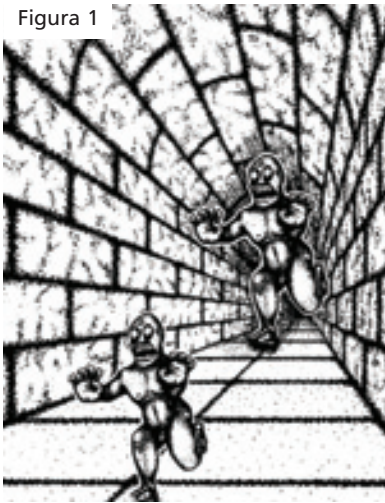
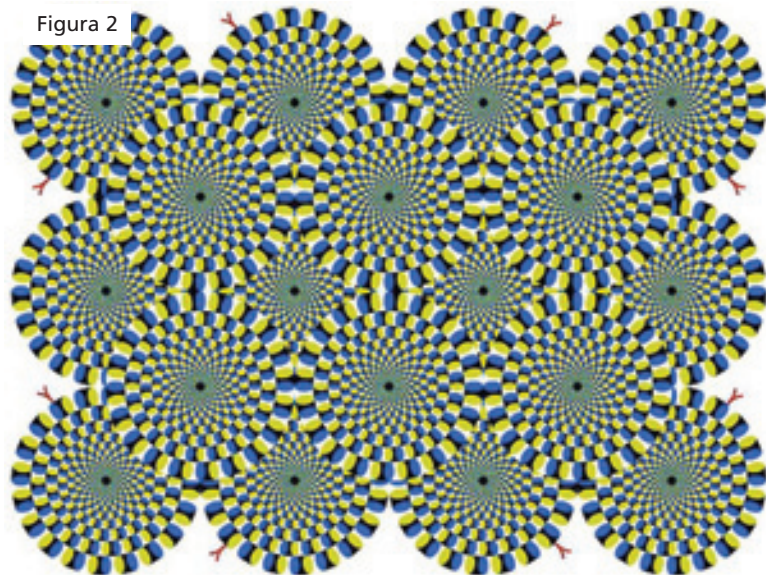


Figura 2



### Procedimiento

- **Actividad 1:** Observa durante 5 segundos la figura 1, cúbrela con una hoja de papel, y responde: ¿cuál de las dos imágenes es de mayor tamaño? Luego mide ambas imágenes con una regla y anota el resultado en tu cuaderno.
- **Actividad 2:** Tapa con una hoja de papel la figura 2, descúbrela, y recorre cinco veces con la vista, alternadamente, las figuras 1 y 2. Luego fija atentamente por 2 segundos la vista en el centro de la figura 2. Registra ambas observaciones en tu cuaderno.

### Análisis de resultados

- ¿Por qué en la actividad 1 las imágenes se perciben de distinto tamaño? Sugiere una nueva actividad que muestre el efecto de la perspectiva para crear esta ilusión óptica.
- ¿Por qué en la actividad 2 desaparece la ilusión de movimiento al fijar la vista? ¿Qué vía neuronal predomina en la generación de esta ilusión óptica?
- Con los resultados obtenidos elabora un informe de laboratorio que incluya: introducción, materiales y métodos, resultados, discusión y bibliografía.

# Salud mental y déficit atencional en la edad escolar

## 1. Explorar el problema

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define **salud mental** como el estado de bienestar del individuo que reconoce y maneja sus tendencias conductuales innatas y es capaz de establecer relaciones armoniosas con los demás miembros de la sociedad. No obstante la importancia dada en esta definición a las relaciones interpersonales, durante mucho tiempo se asoció, de manera casi exclusiva, la salud mental con la ausencia de enfermedades psiquiátricas en el adulto, sin prestar la debida atención al hecho de que este estado se alcanza a través de un proceso dinámico, explicado por la interacción de numerosos factores, tanto biológicos como sociales, los cuales actúan desde los primeros días de vida.

En la población escolar infantil, las principales consecuencias de las disfunciones en la salud mental están directamente asociadas con dificultades en la capacidad de concentración y comprensión de los estímulos que el niño recibe en el aula, siendo el **síndrome de déficit atencional e hiperactividad (SDAH)** el problema de salud mental de mayor prevalencia en la población infantil en edad escolar.

### a. Factores sociales que influyen en la salud mental

Entre los principales factores que influyen en la salud mental de los escolares se encuentran la familia, el propio niño, el colegio y la comunidad. En la edad preescolar la influencia de mayor peso la ejerce la familia, incrementándose durante el crecimiento el rol del

colegio, la comunidad y la cultura en la que los niños y niñas están insertos.

La **familia** puede jugar un rol protector de la salud mental del niño mediante la calidez y cohesión de sus miembros, la adecuada supervisión de los padres, la buena relación con, al menos, uno de los padres, la armonía y el apoyo entre los padres, la cercanía con un hermano o abuelos, la participación en las actividades familiares, la oportunidad de expresar sentimientos y angustias.

Sin embargo, el entorno familiar resulta adverso para la salud mental infantil cuando ocurren cuadros de depresión de los padres, divorcios traumáticos, cambios de colegio o de casa, abandono emocional por parte de los padres, y uso frecuente del castigo y la violencia intrafamiliar.

En el **colegio**, las experiencias positivas relacionadas con el proceso de aprendizaje son protectoras de la salud mental infantil y juvenil, especialmente cuando el niño proviene de familias de extrema pobreza o ha sido criado en instituciones dedicadas al cuidado y mantención de la infancia desprotegida. En este caso, resultan especialmente favorables los cursos poco numerosos en los que se presta especial atención a los niños que provienen de familias de bajo nivel socioeconómico. Por otra parte, el fracaso escolar, el alto nivel de ausentismo, así como el uso de medidas disciplinarias severas y la repitencia, son condiciones adversas para que el escolar alcance un buen estado de salud mental.

La **comunidad** participa positivamente en disminuir la aparición de disfunciones psiquiátricas durante la edad escolar, al promover el

cuidado colectivo de los niños en riesgo, la formación de redes de apoyo para los padres de las familias de esos niños, incluyendo la educación de los padres respecto de las normas de crianza y los derechos de los niños. Influencias negativas de la comunidad sobre el estado de salud mental a nivel infantil y, especialmente, juvenil, son la promoción de la violencia, el consumo de drogas y alcohol, y de conductas que favorecen la pérdida de autonomía en la toma de decisiones respecto del bienestar personal.

### b. Factores de riesgo en escolares chilenos

En un extenso estudio sobre salud mental en escolares chilenos llevado a cabo entre

1992-1993 y 1997-1998 por la Dra. Flora de la Barra y un grupo de académicos de la Universidad de Chile, se estudiaron 1.279 niños que ingresaron al 1° año de Educación Básica en 7 escuelas de comunas del área occidente de Santiago (Pudahuel, Cerro Navia y Lo Prado) y 1.062 niños que cursaban 6° año de Educación Básica en las mismas escuelas. Junto con estudiar la prevalencia y los predictores del estado de salud mental, este grupo analizó las condiciones psicosociales que eventualmente podían influir en el estado de salud mental de estos niños. Para ello se tomó una muestra representativa de los niños de 6° año de Educación Básica, obteniéndose los resultados que se resumen en la siguiente tabla.

Categoría diagnóstica	Diagnósticos psicosociales	
	Número de niños	Porcentaje
Relaciones intrafamiliares anormales.	21	10
Desorden o discapacidad mental en el grupo de apoyo (familiar o comunitario).	7	3.3
Comunicación intrafamiliar inadecuada o distorsionada.	25	11.9
Condiciones anormales de la crianza.	20	9.5
Ambiente cercano anormal.	25	11.9
Sucesos vitales agudos, como la muerte de algún familiar.	11	5.2
Estresores sociales.	1	0.5
Estrés interpersonal crónico en el colegio.	7	3.3
Eventos/situaciones estresantes debidas a discapacidad del niño.	1	0.5
Total niños con situaciones psicosociales anormales.	118	100%

Fuente: De la Barra, F., V. Toledo y J. Rodríguez. 2004. *Estudio de salud mental en dos grupos de niños escolares de Santiago occidente. IV: desórdenes psiquiátricos, diagnóstico psicosocial y discapacidad*. Revista Chilena de Neuropsiquiatría 42: 259-272.

*Comunicación intrafamiliar inadecuada o distorsionada y un ambiente cercano anormal son las categorías que presentan el mayor número de casos, seguida por relaciones intrafamiliares anormales.*

### c. Factores biológicos que influyen en el déficit atencional

El síndrome de déficit atencional e hiperactividad (SDAH) es el problema de salud mental más frecuente en niños en edad escolar. Debido a sus consecuencias directas en el desarrollo de las habilidades lingüísticas y de aprendizaje, el estudio de las bases biológicas del SDAH cobra cada vez mayor importancia para comprender las causas endógenas que podrían condicionar alteraciones del estado de salud mental en el ser humano durante los estados tempranos del desarrollo. Al respecto, el análisis neurobiológico sugiere que el SDAH estaría asociado con deficiencias en el funcionamiento de los circuitos neuronales en los que interviene la dopamina.

Este neurotransmisor facilita la iniciación del movimiento corporal, y en otras regiones del cerebro participa en la toma de decisiones, la inhibición de estímulos, la memoria de trabajo y la planificación de estrategias. Al respecto, el análisis genético ha mostrado una asociación entre SDAH y la presencia de mutaciones en una proteína encargada de transportar la dopamina a través del SNC. Sin embargo, se ha establecido que esta no sería la única causa genética de los problemas de atención, impulsividad e hiperkinesia que caracterizan a los niños con SDAH, ya que se conocen otros siete genes cuyos alelos están asociados con la expresión de este fenotipo.

Por otra parte, resultados obtenidos por el Dr. Francisco Aboitiz, de la Pontificia Universidad Católica de Chile, al medir la capacidad de atención a estímulos periféricos mientras se realiza una tarea central, muestran que los niños con SDAH no presentan diferencias significativas con los niños normales al momento de fijar la atención en el estímulo central. Sin embargo, son deficientes en la capacidad de inhibir en un corto plazo la respuesta a los estímulos periféricos, per-

mitiendo que dichos estímulos ocupen la atención que los niños normales aún mantienen en la tarea central. Estos resultados corroboran el hecho de que los niños con SDAH se desempeñan en forma normal, e incluso mejor, en tareas de atención dividida y de orientación espacial. Según el Dr. Aboitiz, esta estrategia atencional corresponde a un sistema de atención evolutivamente más antiguo y ancestral, en tanto que los mecanismos de atención sostenida habrían sido seleccionados en etapas más recientes de la evolución humana, en relación a la fabricación de utensilios, el desarrollo del lenguaje y la escritura, entre otras actividades.

Sobre la base de estos antecedentes, el SDAH consistiría, más que en un déficit atencional general, en una distribución alternativa de la atención, donde el niño con SDAH favorece en mayor medida los aspectos espaciales contenidos en los estímulos, pero por períodos de tiempo menores en comparación con los niños no afectados por este síndrome. Al respecto, como lo muestra una experiencia piloto llevada a cabo por la profesora Pamela Labrín en un curso del 1<sup>er</sup> año de Educación Básica del Liceo Experimental Manuel de Salas, perteneciente a la Universidad de Chile, es interesante constatar que la enseñanza y práctica del **ajedrez** a temprana edad no solo favoreció el aprendizaje y aumentó la autonomía del total del curso, sino que aumentó notoriamente la capacidad de concentración y estimuló la integración social de un niño afectado por el SDAH.



## 2. Analizar el problema

Desarrolla las siguientes actividades, considerando la información entregada en la sección **Explorar el problema**, más antecedentes que puedas encontrar en enciclopedias, diccionarios e internet.

- a. Elabora tu propia definición de “salud mental”, toma en cuenta la información de las páginas anteriores.
- b. Busca una definición de “cultura” en el sentido “más amplio”, y entrega dos ejemplos de culturas que provengan de distintos continentes, caracterizándolas según criterios generales (por ejemplo sistema educacional, de salud, económico, político, religioso). Luego, construye una tabla y anota las características de cada cultura que, en tu opinión, favorecen o ponen en riesgo la salud mental de los niños en edad escolar.
- c. Grafica la información contenida en la tabla N° 5 de la página 61. Ubica las categorías de diagnóstico en el eje x, y los valores porcentuales de los diagnósticos en el eje y.
- d. En relación al gráfico anterior, responde las siguientes preguntas:
  - ¿Cuáles son los factores psicosociales de mayor y menor riesgo para el estado de salud mental de los escolares de 6° año de Educación Básica? Plantea una hipótesis que explique esta situación.
  - Propón una explicación razonable al hecho de que el “desorden o discapacidad mental en el grupo de apoyo” sea un factor psicosocial de baja prevalencia en la comunidad de escolares de las comunas de Santiago occidente.
- e. El SDAH, ¿se explica por causas genéticas o ambientales? Fundamenta tu respuesta y discútela con tus compañeros y compañeras.

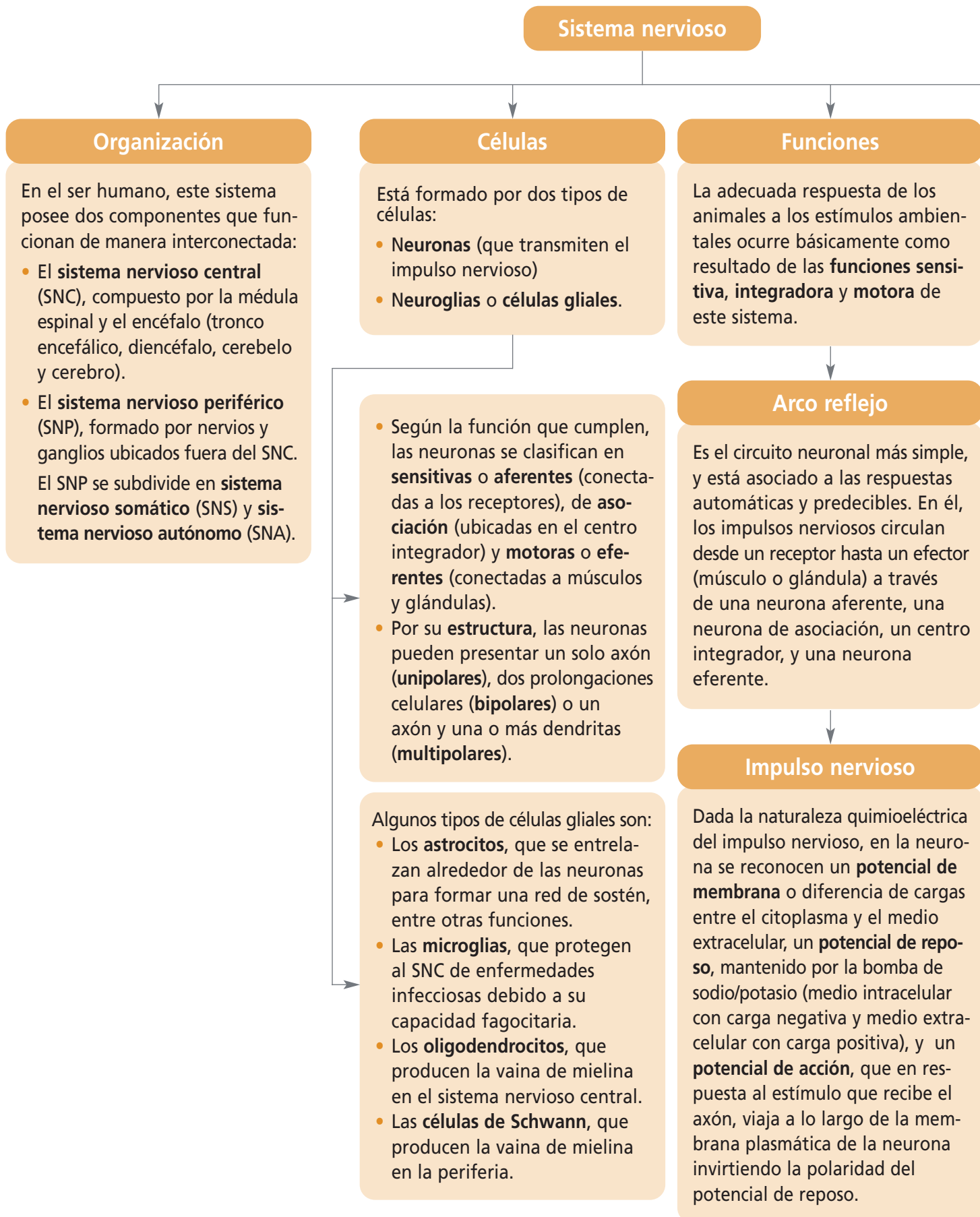
- f. ¿Cuál es el principal aporte de los resultados obtenidos al estudiar la respuesta a tareas centrales y estímulos periféricos en niños con y sin SDAH?

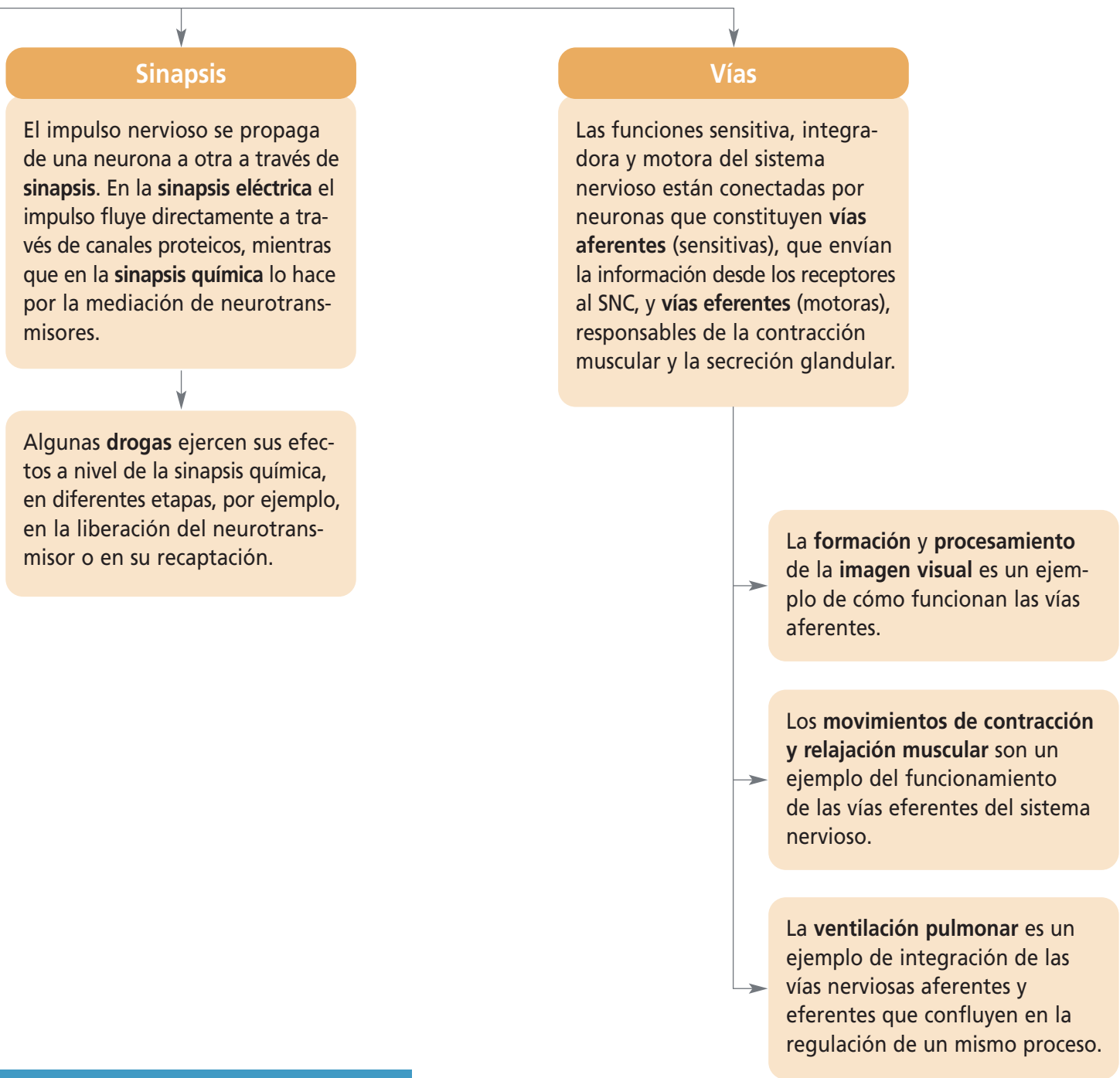
## 3. Tomar una decisión

- a. ¿Qué medidas puedes tomar para mejorar las relaciones personales al interior de tu curso?
- b. ¿Qué factores escolares podrían incidir mayormente en el estado de salud mental de los alumnos(as) de cursos inferiores al tuyo? ¿Qué medidas sugieres tomar para mejorar las condiciones que te parecen adversas?

## 4. Mi compromiso

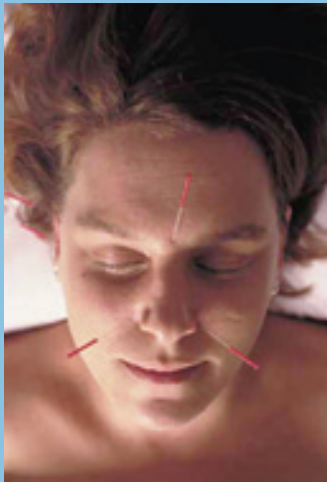
- Junto a tus compañeros(as) de curso y con el apoyo de tu profesor(a) organiza una discusión que tenga como tema central un diagnóstico del estado de salud mental en tu colegio. Incluye las tablas, gráficos y fotografías que consideres necesarias.





## Mapa conceptual

Te invitamos a elaborar un mapa conceptual de la unidad con al menos 10 conceptos que hayas aprendido.



Persona sometida a tratamiento de acupuntura.

## Efectividad de la acupuntura en el alivio del dolor

La acupuntura es una técnica terapéutica neuroestimulativa de la Medicina Tradicional China (MTC) que consiste en la estimulación de puntos acupunturales en la piel, ya sea por la inserción de finas agujas, con o sin estímulo eléctrico. Entre 2002 y 2007 se realizó un estudio en la Unidad de Acupuntura del Hospital Universitario Reina Sofía, en Córdoba (España), con el objetivo de valorar la efectividad de este procedimiento como tratamiento complementario en la reducción del dolor crónico. Los resultados revelaron que tras la aplicación de acupuntura, el dolor disminuyó.

### Material y método

En el estudio participaron pacientes ambulatorios con dolor refractario, es decir, que no han conseguido controlar el dolor tras seis meses de tratamiento convencional, instaurado por el médico especialista en cada patología. El objetivo era averiguar si complementando el tratamiento con acupuntura se puede mejorar el nivel analgésico alcanzado por los fármacos.

El plan de trabajo fue el siguiente: cuando un paciente era derivado a la Unidad, se evaluaba si cumplía con los criterios de inclusión y se realizaba la historia clínica de MTC para comprobar que presentaba un síndrome susceptible de ser tratado con acupuntura. Comprobado el punto anterior, se aplicaba al paciente la escala de valoración del dolor y se iniciaba el tratamiento con acupuntura. Al finalizar el ciclo, se repetía la escala de valoración del dolor y se hacía una evaluación de efectividad.

### Resultados

De los 225 pacientes, un 73% eran mujeres y la media de edad fue de 53 años (rango, 19-92 años). No se observaron efectos adversos de la acupuntura.

Los resultados fueron significativos para

el valor total de la escala de dolor y para cada una de sus variables antes y después del tratamiento con acupuntura. Respecto al estadístico media, el total de la escala de dolor disminuyó en un 60,6%; la intensidad en un 55,5%; la frecuencia en un 51,2%; el consumo de analgésicos en un 68,2%; la discapacidad en un 59,9% y el sueño mejoró en un 74,1%.

### Discusión

Estudios previos han comprobado que la aplicación correcta de la acupuntura adecuadamente indicada, mejora significativamente la calidad de vida de los pacientes.

En este estudio, la aplicación de la acupuntura como técnica complementaria ha conseguido disminuir el consumo de analgésicos en un 68%, lo que implica también la disminución en el consumo de protectores gástricos y, presumiblemente, en otros efectos secundarios de los analgésicos de todo tipo. En el caso del tratamiento con corticoides, aunque se sabe que su uso disminuye los efectos terapéuticos de la acupuntura, no siempre es factible su retirada. No obstante, la acupuntura constituye una posibilidad importante de tratamiento para los pacientes con intolerancia a fármacos.

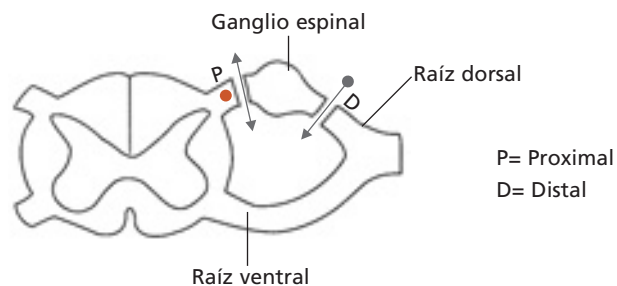
Fuente: Collazo Chao, E. (2009). Efectividad de la acupuntura en el alivio del dolor refractario al tratamiento farmacológico convencional. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 16(2): 79-86. (Adaptación)

### A PARTIR DE LA LECTURA ANTERIOR Y DE LO QUE APRENDISTE EN ESTA UNIDAD, RESPONDE:

- ¿Por qué los pacientes seleccionados para el estudio debían presentar dolor refractario?
- Si la acupuntura se considera una técnica neuroestimulativa, ¿cómo se puede explicar en términos sinápticos el alivio del dolor que presentan los pacientes?
- ¿Por qué el uso de corticoides altera los resultados efectivos del uso de la acupuntura? Averigua la acción de este tipo de fármacos en el tratamiento del dolor.
- ¿Qué temas de investigación podrías proyectar desde este estudio?

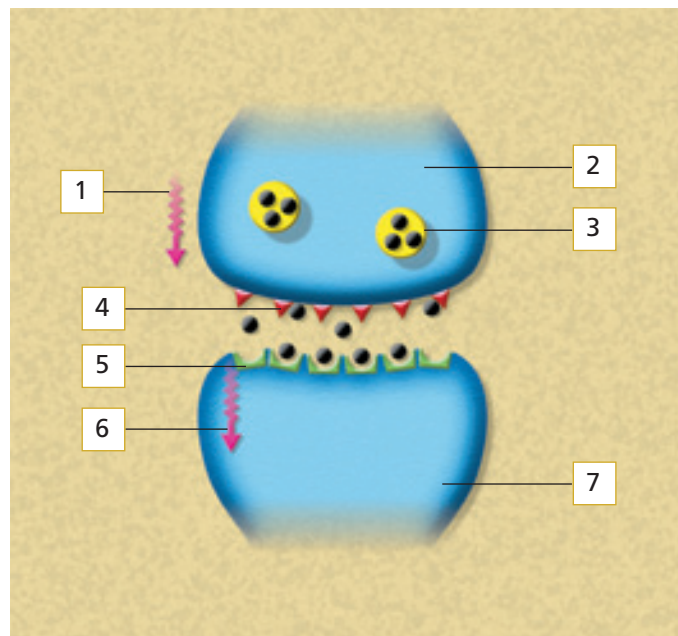
En tu cuaderno desarrolla las siguientes actividades. Posteriormente, discútelas con tu curso en una puesta en común.

1. Un científico seccionó en dos sectores la raíz dorsal, quedando en el centro un ganglio espinal, como se muestra en la figura. Se observó insensibilidad del área inervada por el nervio. Al estimular el nervio periférico no se observa respuesta de ningún tipo. Sin embargo, al aplicar un estímulo en el segmento proximal (punto rojo) se observan reacciones motoras y manifestaciones de dolor.



Copia en tu cuaderno el esquema y con flechas indica lo ocurrido. Luego, elabora un párrafo en el que expliques por qué se obtuvieron estas respuestas.

2. En tu cuaderno, copia el esquema que representa la sinapsis química y escribe el nombre de las estructuras señaladas con números. Luego, responde las preguntas que se plantean a continuación.



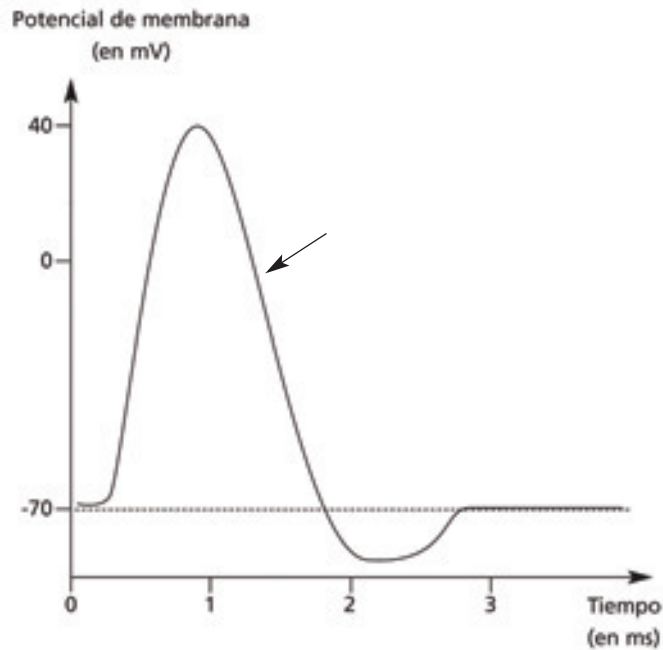
- a. ¿Qué sucedería con los efectos de la droga si se administrara un medicamento que bloqueara el receptor para el neurotransmisor?
- b. ¿Qué sucedería si se administrara un medicamento que destruyera la droga a nivel sináptico?

En tu cuaderno responde las siguientes preguntas. Lee atentamente el enunciado y las alternativas, recuerda que solo una de ellas es la correcta. Al finalizar, desarrolla la sección **¿Cómo lo aprendí?** de la **página 186**.

3. El potencial de reposo de las neuronas es el resultado de la asimetría en la concentración de ciertos iones entre el espacio extracelular y el intracelular. Esta asimetría es el resultado, entre otros, de los siguientes factores:
- I. la acción de canales  $\text{Na}^+$ .
  - II. la acción de la bomba  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ .
  - III. la permeabilidad selectiva de la membrana plasmática.
  - IV. aniones orgánicos presentes en el citoplasma.
- A. I y II
  - B. II y III
  - C. I, II y III
  - D. I, III y IV
  - E. II, III y IV
4. La sinapsis puede ocurrir entre las siguientes partes de las neuronas:
- I. un axón y un soma.
  - II. un axón y una dendrita.
  - III. dos axones.
- A. Solo I
  - B. Solo II
  - C. Solo III
  - D. I y II
  - E. I, II y III
5. ¿Cuál de las siguientes asociaciones entre estructura y función es **falsa**?
- A. Médula espinal – apreciación de sensaciones.
  - B. Hipotálamo – regulación de la temperatura corporal.
  - C. Cerebelo – coordinación motora.
  - D. Cerebro – función intelectual.
  - E. Bulbo raquídeo – control de la frecuencia del latido cardíaco.
6. Respecto del arco reflejo, **no** es correcto señalar lo siguiente:
- A. existen neuronas sensitivas en diferentes órganos receptores.
  - B. la neurona sensitiva realiza sinapsis directamente con la neurona motora.
  - C. las neuronas sensitivas realizan sinapsis con el sistema nervioso central.
  - D. la respuesta puede ocurrir en diferentes músculos y glándulas.
  - E. puede participar un mínimo de tres neuronas.

7. El siguiente gráfico representa los cambios en el potencial de membrana, en una neurona:

#### VARIACIÓN DEL POTENCIAL DE MEMBRANA DE UNA NEURONA



Al respecto, ¿qué proceso ocurre en la región de la curva marcada con una flecha?

- A. Depolarización
- B. Repolarización
- C. Hiperpolarización
- D. Polarización
- E. Potencial de acción

8. Observa el esquema que representa las vías ópticas en el ser humano.

Al respecto, ¿qué efecto se produce al seccionar la vía marcada con línea punteada?

- A. Se pierde la visión de la mitad derecha del ojo derecho e izquierda del ojo izquierdo.
- B. Se pierde la visión de la mitad derecha en ambos ojos.
- C. Se pierde la visión completa del ojo derecho.
- D. Se pierde la visión de la mitad izquierda del ojo derecho.
- E. Se pierde la visión de la mitad izquierda de ambos ojos.



9. ¿Cuál de los siguientes procesos es el resultado de la acción del sistema nervioso parasimpático?
- A. Dilatación de la pupila.
  - B. Inhibición de la digestión.
  - C. Aceleración de la frecuencia cardíaca.
  - D. Contracción de los bronquios.
  - E. Relajación de la vejiga urinaria.
10. Las señales endocrinas y las señales nerviosas viajan, respectivamente, a través de:
- A. las células endocrinas y los somas neuronales.
  - B. las células endocrinas y los axones.
  - C. la sangre y las células efectoras.
  - D. la sangre y las neuronas.
  - E. las células blanco y los axones.
11. La falta de vitamina A, en la dieta, puede provocar una enfermedad denominada “ceguera nocturna”. Esta patología se produce debido a que la vitamina A:
- A. forma parte del pigmento de los conos.
  - B. estimula la repolarización de los conos.
  - C. forma parte del pigmento de los bastones.
  - D. activa la bomba transportadora de calcio.
  - E. forma parte del iris.
12. Cierta droga provoca una rápida activación del sistema nervioso simpático. ¿Cuáles de las siguientes respuestas esperaría encontrar en una persona que la consume?
- A. Contracción de la pupila.
  - B. Disminución de la velocidad de contracción cardíaca.
  - C. Aumento de la actividad gástrica.
  - D. Reducción de la secreción de adrenalina.
  - E. Aumento de la tasa de respiración.

**Adicción:** deseo irrefrenable de consumir droga que manifiesta una persona que se ha habituado a sus efectos.

**Arco reflejo:** circuito neuronal formado por un receptor, una neurona sensitiva, una neurona de asociación, un centro integrador, una neurona motora y un efector. Participa en la respuesta automática, rápida y predecible que efectúa el sistema nervioso.

**Droga:** sustancia que, introducida en el organismo, provoca cambios en funcionamiento físico y psicológico del consumidor.

**Encéfalo:** componente del SNC formado por el tronco encefálico, el diencefalo, el cerebelo y el cerebro, encargado de la integración y control de la respuesta consciente del organismo a los estímulos ambientales.

**Ganglio:** unidad estructural del sistema nervioso formada por conjuntos de somas neuronales.

**Neuroglías o células gliales:** células del sistema nervioso que cumplen funciones de sostén metabólico (astrocitos), actividad fagocitaria frente a patógenos (microglías) o producir la vaina de mielina (oligodendrocitos y células de Schwann).

**Neurona:** célula que representa la unidad estructural y funcional del sistema nervioso. Está formada por un cuerpo o soma, dendritas, y un axón que se divide en ramas terminales o botones sinápticos. Se encarga de transmitir el impulso nervioso.

**Potencial de acción:** potencial de membrana que resulta de la estimulación del axón, y se caracteriza por presentar un medio extracelular cargado negativamente y un medio intracelular cargado positivamente.

**Potencial de membrana:** diferencia de carga eléctrica entre las caras interna y externa de la membrana plasmática neuronal.

**Potencial de reposo:** potencial de membrana caracterizado por un medio extracelular cargado positivamente y un medio intracelular cargado negativamente, dependiente de la acción de la bomba de sodio/potasio.

**Sinapsis:** zona especializada para la transmisión de información de una neurona a otra, que implica una diferenciación pre y postsináptica, y un espacio del medio extracelular en las sinapsis químicas.

**Sistema nervioso:** conjunto de órganos encargados de la recepción e integración de las respuestas del organismo a los estímulos ambientales, mediante la transmisión de impulsos electroquímicos y mediadores químicos a través de efectores musculares y glandulares.

# Regulación de las funciones corporales y homeostasis

En todos los seres vivos existen variables, relacionadas con procesos fisiológicos, que se deben mantener dentro de ciertos rangos, generando un equilibrio que es fundamental para la vida. Por ejemplo, en los seres humanos es totalmente necesario mantener un balance entre la cantidad de agua y sales minerales que se ingiere y la que se elimina; conservar bajos los niveles de sustancias de desecho que resultan del metabolismo y mantener la temperatura corporal. ¿Qué ocurriría si se alteran los rangos de alguna de las características señaladas? ¿Qué sistemas son fundamentales en la mantención del equilibrio del medio interno en el organismo humano? ¿Qué órganos participan?



En esta unidad aprenderás cómo se mantiene en nuestro organismo el equilibrio entre determinadas variables fisiológicas, como la cantidad de agua y sales minerales, y la temperatura corporal. Conocerás también qué sistemas orgánicos son los responsables de estas funciones y cuáles los que regulan todo el proceso de equilibrio de nuestro cuerpo.

FOTOBANCO

## En esta unidad...

### Conocerás y comprenderás:

- La importancia de la homeostasis para el buen funcionamiento de nuestro organismo.
- La anatomía de las partes que componen el sistema renal y sus funciones.
- La función del riñón en el balance de agua y sales minerales.
- El proceso de formación de la orina.
- La acción conjunta de los sistemas nervioso y endocrino en la mantención del equilibrio interno de nuestro cuerpo.
- Los mecanismos de respuesta frente al estrés que presenta el organismo.
- Los tipos de estrés y sus efectos en el organismo.

### Desarrollarás habilidades para:

- Interpretar información presentada en gráficos.
- Analizar información resumida en tablas y esquemas.
- Elaborar predicciones y relaciones, sobre la base de información presentada en esquemas.

### Desarrollarás actitudes para:

- Promover medidas para prevenir el estrés.
- Valorar la importancia de mantener un estado de equilibrio en nuestro organismo.

## Antes de comenzar...

¿Cuál es tu nivel de conocimiento de los siguientes temas? Escribe **1**, si no sabes nada; **2**, si tienes una idea general; y **3**, si sabes lo suficiente como para explicárselo a un compañero o compañera.

- El concepto de medio interno en el organismo.
- La importancia de la homeostasis.
- La regulación del equilibrio hidrosalino.
- Estructura y función renal.
- Los procesos que permiten formar la orina.
- Regulación neuroendocrina de la homeostasis.

## Exploración inicial

### ¿El alimento una vez ingerido forma inmediatamente parte del medio interno?

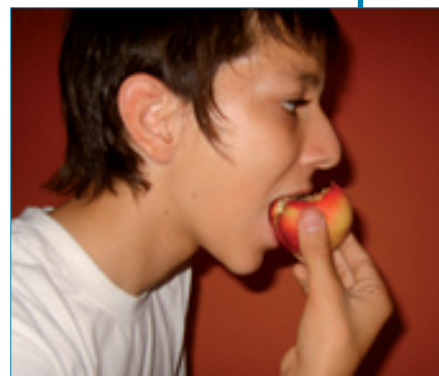
#### Antes de empezar

Formen un grupo de trabajo y discutan en torno a las siguientes preguntas:

- ¿Qué es el medio interno?
- ¿Es fácil identificar los factores que forman parte del medio interno?

#### Antecedentes

Hace más de cien años, el científico francés Claude Bernard (1813-1878) utilizó el término **medio interno** para referirse a los líquidos que están rodeando –y en contacto con– las células de nuestro organismo (líquido intersticial, sangre y linfa); y que contienen el oxígeno, los nutrientes, las sales minerales y demás sustancias que necesitan todas las células del cuerpo para desarrollar las funciones vitales. El agua representa el solvente en el que los diferentes solutos se encuentran, todos los que forman parte del medio interno. ¿Cuánta agua contiene nuestro cuerpo? El volumen de agua del medio interno constituye un 37% en un adulto sano, el cual está constituido por el líquido intersticial (que se encuentra entre las células), el plasma (que forma parte de la sangre), la linfa (similar al plasma, formado a partir del líquido intersticial, que circula por los vasos linfáticos) y el líquido transcelular (que incluye el líquido cefalorraquídeo y el líquido de las articulaciones o sinovial, entre otros). Sin embargo, la mayor parte del agua que nos forma se encuentra dentro de nuestras células y corresponde al líquido intracelular (63%).



#### Entendiendo el fenómeno

Con objeto de concluir si el alimento una vez ingerido forma parte, o no, inmediatamente del medio interno, lean la información de la sección **Antecedentes** y respondan las siguientes preguntas.

- ¿Cuál es el recorrido de los alimentos al ingresar al sistema digestivo?
- ¿En qué momento las sustancias nutritivas tienen contacto con el líquido intersticial y con el plasma sanguíneo?
- ¿Hay sustancias nutritivas que tengan contacto con la linfa?, ¿cuáles?, ¿en qué momento?

#### Resultados

- Respondan en sus cuadernos la pregunta inicial, ¿el alimento una vez ingerido forma inmediatamente parte del medio interno?

#### Análisis

Considerando lo que han aprendido, respondan.

1. ¿Cuál o cuáles de los siguientes componentes forma parte del medio interno: el alimento en el estómago, los nutrientes en la sangre o los desechos en las células?

TABLA N° 6: PORCENTAJE (EN RELACIÓN AL PESO CORPORAL) DE LÍQUIDO EN EL ORGANISMO, SEGÚN LAS ETAPAS DEL DESARROLLO Y EL SEXO.

Líquido	Niños y niñas (%)	Hombres adultos (%)	Mujeres adultas (%)
Plasma	4	4	4
Líquido intersticial	26	15	10
Líquido intracelular	45	38	33
<b>TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>57</b>	<b>47</b>

Fuente: Archivo editorial.

Analicen la información de la tabla y respondan las siguientes preguntas.

1. ¿En qué tipo de líquido del organismo se encuentra la mayor proporción de agua?
2. ¿Cómo varía la distribución de agua extracelular e intracelular, a lo largo de la vida?, ¿existen diferencias entre hombres y mujeres respecto a esta variación?

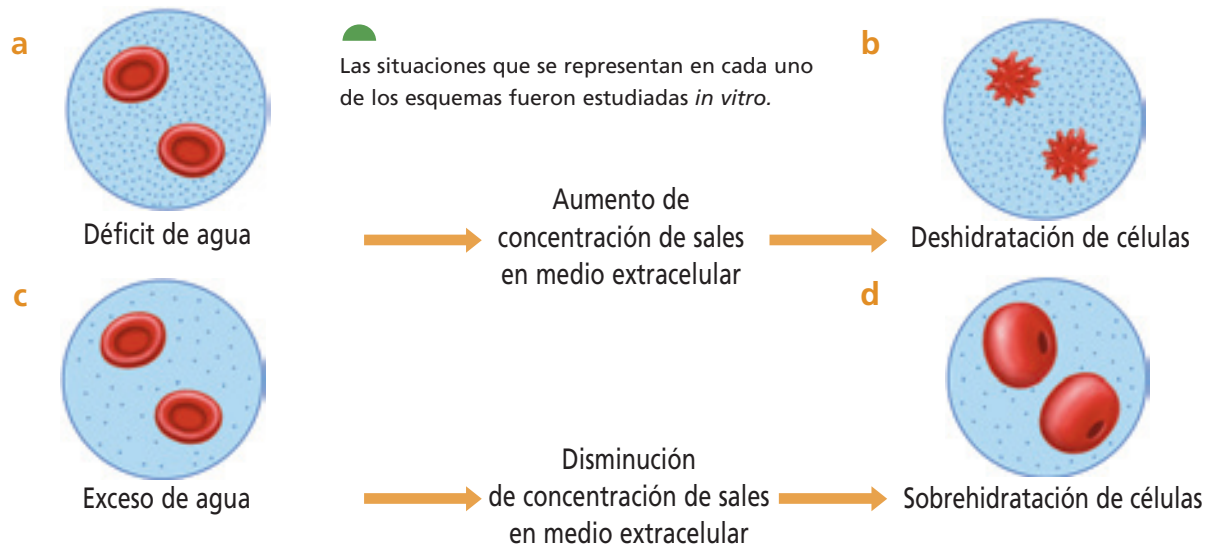
## 1 Equilibrio de agua y sales

Cuando ingieres alimentos muy salados en una comida, ¿aumenta en ti la sensación de sed?

La alteración de los valores normales en la distribución del agua corporal puede producir serias afecciones, e incluso la muerte, en lapsos muy breves. Las sustancias disueltas en el agua corporal también son importantes, por lo que la regulación de sus niveles resulta vital.

Para poder lograr un adecuado ajuste entre la cantidad de agua y sales ingerida y la eliminada, nuestro organismo debe balancear la variedad de los alimentos consumidos.

¿Qué efectos tiene el exceso o el déficit de agua y de sales consumidos en la dieta? Si se consume una elevada cantidad de sales en la dieta, se produce un descenso en la eliminación de agua en la orina y mediante la transpiración. Si no se ingiere agua, como está representado en el esquema, el exceso de sales en el medio extracelular (a) podría conducir a la deshidratación de las células (b), lo que en casos extremos puede producir su muerte. Si la ingesta de agua es elevada, como se representa en el esquema, los niveles de sales en el líquido intersticial son bajos (c), lo cual podría producir la sobrehidratación (d) de las células y, en algunos casos, pueden literalmente reventar.



### Conociendo más

*In vitro* significa que ocurre en un ambiente artificial creado fuera de un organismo vivo, como resultado de la manipulación de factores del medio interno, como, por ejemplo, experimentos con células o tejidos dentro de un tubo de ensayo. Es lo opuesto a *in vivo*.



### BIOLAB

Trabaja en el **Anexo 3** de las **páginas 172 y 173** y realiza las actividades que se proponen.

### VOY APRENDIENDO

Analiza los esquemas que aparecen en esta página y responde las preguntas.

- ¿Cuál de los medios extracelulares es hipotónico?, ¿cuál es hipertónico?
- ¿Por qué ocurre osmosis en los esquemas?, ¿cuál es la dirección del movimiento del agua a través de las membranas celulares?
- ¿Qué ocurre con las células del esquema cuando los medios se vuelven isotónicos?

### 1.1 Homeostasis hidrosalina

Las consecuencias del aumento o disminución excesiva de la concentración de sales en el medio extracelular demuestran la importancia de la existencia de un estado de equilibrio para los niveles de agua y sales entre el exterior y el interior de las células. Pero, ¿este estado de equilibrio es necesario solo para los niveles de agua y sales?

Los científicos reconocen que la mantención del estado de equilibrio, considerando la cantidad de agua y sales de nuestro cuerpo, el pH de la sangre, la temperatura corporal y los niveles de azúcar en la sangre, entre otros índices, es fundamental para mantenernos vivos. La condición de equilibrio de estas variables (del medio interno) y los mecanismos responsables de su mantenimiento en los rangos apropiados, es lo que se conoce como **homeostasis**.

Para mantener el equilibrio del medio interno es fundamental la **homeostasis hidrosalina**, debido, entre otros procesos, a la necesidad de mantener las condiciones isotónicas de la sangre o del líquido intersticial. Para que ocurra homeostasis hidrosalina el organismo requiere balancear la cantidad y calidad de la actividad física desarrollada, además de la variedad de los alimentos y agua consumidos. Se debe considerar que las variables abióticas del ambiente, como la temperatura, también afectan la pérdida de agua y, por consiguiente, influyen sobre la homeostasis hidrosalina.

**TABLA N° 7: INCORPORACIÓN DIARIA DE AGUA AL ORGANISMO A TRAVÉS DE DIFERENTES VÍAS.**

Vía de incorporación de agua	Cantidad (mL)
Alimentos	700
Líquidos ingeridos	1.500
Catabolismo	200
TOTAL	2.400

Fuente: Tortota, G., Grabowski, S. *Principios de Anatomía y Fisiología*. Harcourt Brace. 1998.

**TABLA N° 8: PÉRDIDA DIARIA DE AGUA (ML) EN DIFERENTES SITUACIONES.**

Vía de salida de agua	Temperatura normal	Clima caluroso	Ejercicio intenso y prolongado
Piel	350	350	350
Respiración	350	250	650
Orina	1.400	1.200	500
Transpiración	100	1.400	5.000
Heces	100	100	100
TOTAL	2.300	3.300	6.600

Fuente: MINEDUC. *Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio*. 2000. Página 74.

#### ACTIVIDAD 1

#### IDENTIFICAR

En parejas, respondan las preguntas, según la información de las tablas 7 y 8.

- ¿Qué proceso fisiológico, en condiciones normales, elimina la mayor cantidad de agua?, ¿cuál es el órgano involucrado?
- ¿Qué proceso fisiológico, en condiciones normales, elimina la menor cantidad de agua?, ¿cuál es el órgano involucrado?
- Si se comparan las condiciones normales con las de un clima caluroso y el estar bajo ejercicio prolongado, ¿mediante qué mecanismos ocurre la mayor pérdida de agua?, ¿y la menor?

#### VOY APRENDIENDO

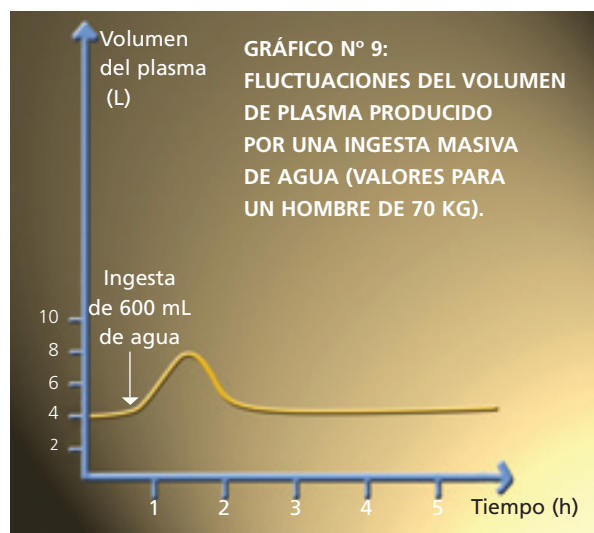
Responde las siguientes preguntas.

- ¿Qué conclusión podrías señalar, al comparar el total de agua ingerida y el total de agua eliminada, a temperatura normal?
- ¿Cuáles son los principales factores que regulan el balance de agua corporal?

## 2 Sistema renal y homeostasis

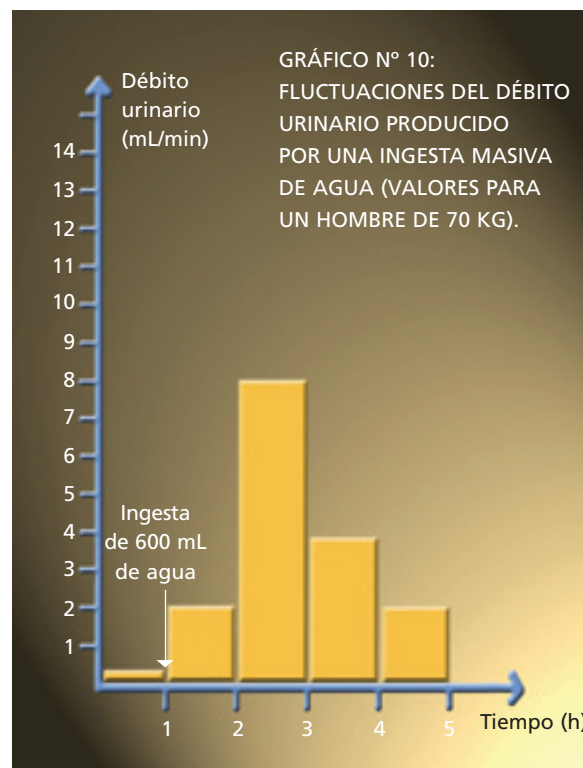
Los riñones de un adulto sano filtran aproximadamente entre 100 y 125 mL de plasma sanguíneo cada minuto, lo cual permite la **eliminación de desechos metabólicos** (productos tóxicos del metabolismo celular), a través de la orina. Pero, la importancia de estos órganos radica, además, en su **función homeostática**, ya que regulan variables fisiológicas esenciales para la sobrevivencia, como el pH de la sangre, la presión sanguínea, la concentración de las sales y la cantidad de agua corporal.

Los riñones participan en la regulación del pH, al excretar el exceso de iones hidrógeno ( $H^+$ ) y reabsorber bicarbonatos. Sintetizan una proteína denominada renina, que interviene en la regulación de la presión sanguínea. Con respecto a la concentración de sales y a la cantidad de agua corporal, los riñones son fundamentales en la mantención del **equilibrio hidrosalino**.



### 2.1 Sistema renal y balance de agua en el medio interno

Hasta el momento se ha considerado que el principal mecanismo de regulación de la pérdida de agua es a través del control del volumen de orina producido en el riñón. Pero, ¿qué ocurre cuando se produce la ingesta de un volumen relativamente grande de agua? La ingesta de agua determina un aumento del volumen plasmático lo que, a su vez, ocasiona un incremento de la orina producida por unidad de tiempo (**débito urinario**), para mantener constante el volumen del plasma y, consecuentemente, el equilibrio hidrosalino.



Fuente: MINEDUC. Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio. 2000. Página 76.

#### ACTIVIDAD 2

#### INTERPRETAR

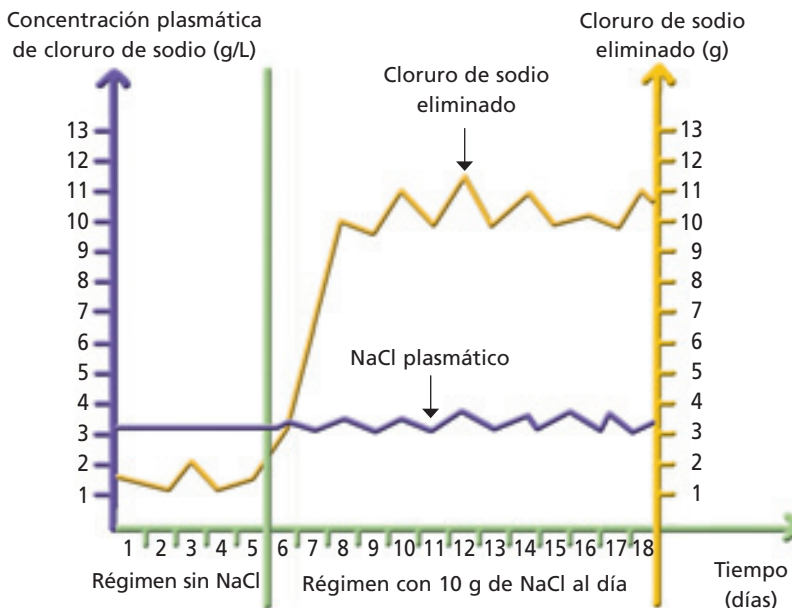
Reunidos en pareja interpreten la información aportada por cada gráfico y respondan.

- ¿En qué condición se produce una mayor variación del débito urinario?, ¿sucede lo mismo con el volumen de plasma?
- ¿Las fluctuaciones del débito urinario son dependientes o independientes de las variaciones del volumen del plasma? Fundamenten.

### 2.2 Sistema renal y balance de sales en el medio interno

El principal componente del plasma involucrado en los procesos de osmosis, o flujo de agua entre el medio intracelular y extracelular, es el **sodio**. La concentración de cloruro de sodio (NaCl) en la sangre permanece relativamente constante, aunque una persona haya consumido una dieta rica en sales. ¿Cómo se explica esta situación? Como se observa en el gráfico 11, los niveles de NaCl plasmáticos permanecen dentro de un rango constante, durante un régimen alimenticio carente de esta sal. Cuando se inicia un régimen alimenticio con ingesta de NaCl, la cantidad de esta sal eliminada aumenta sostenidamente y se mantiene relativamente constante mientras dura la ingesta.

**GRÁFICO N° 11: FLUCTUACIONES DE LA CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO EN EL PLASMA Y EN LA ORINA, EN RELACIÓN A LA INGESTA DE SAL.**



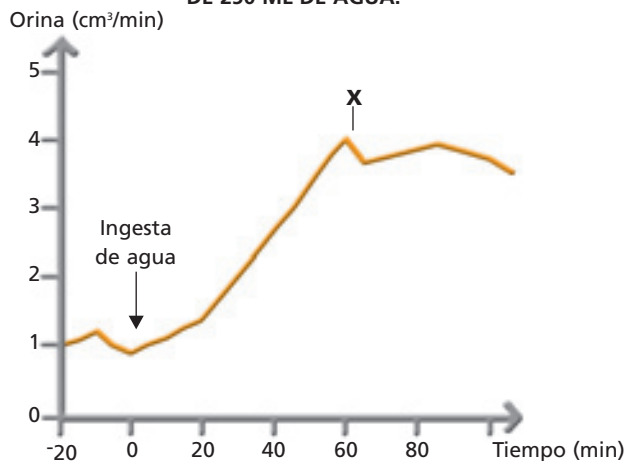
Fuente: MINEDUC. Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio. 2000. Página 77.

#### ACTIVIDAD 3

#### INTERPRETAR

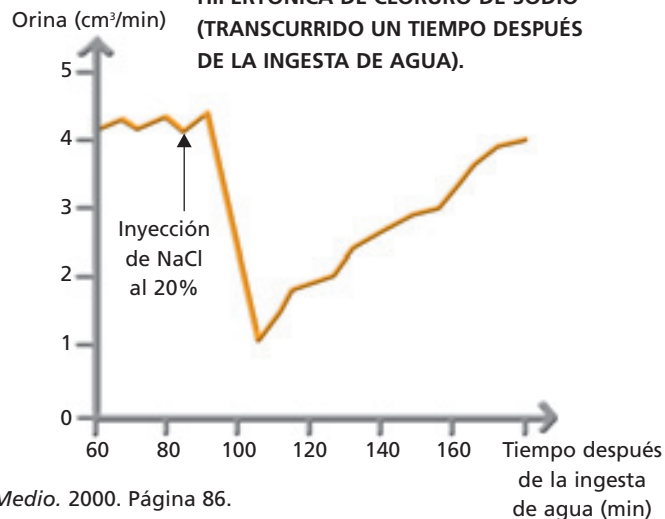
Reunidos en grupo, analicen los siguientes gráficos y expliquen los resultados obtenidos en cada caso. Respondan las preguntas formuladas a continuación.

**GRÁFICO N° 12: VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ORINA DESPUÉS DE LA INGESTA DE 250 ML DE AGUA.**



Fuente: MINEDUC. Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio. 2000. Página 86.

**GRÁFICO N° 13: VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ORINA DESPUÉS DE LA INYECCIÓN DE UNA SOLUCIÓN HIPERTÓNICA DE CLORURO DE SODIO (TRANSCURRIDO UN TIEMPO DESPUÉS DE LA INGESTA DE AGUA).**



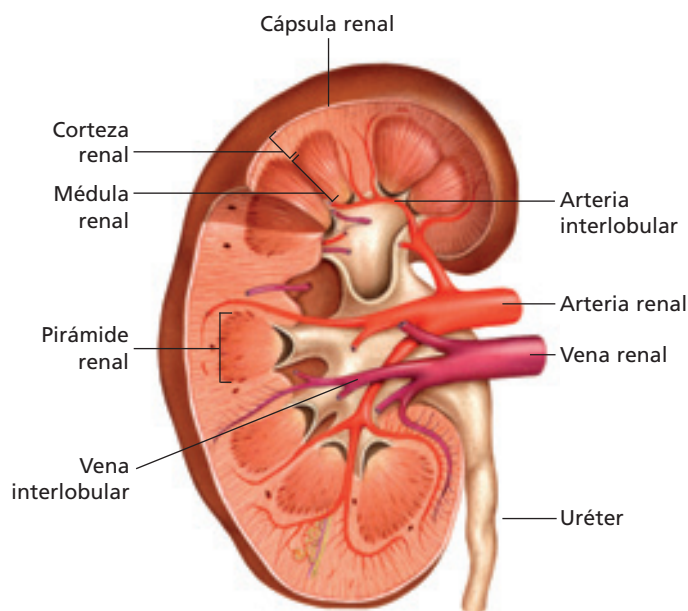
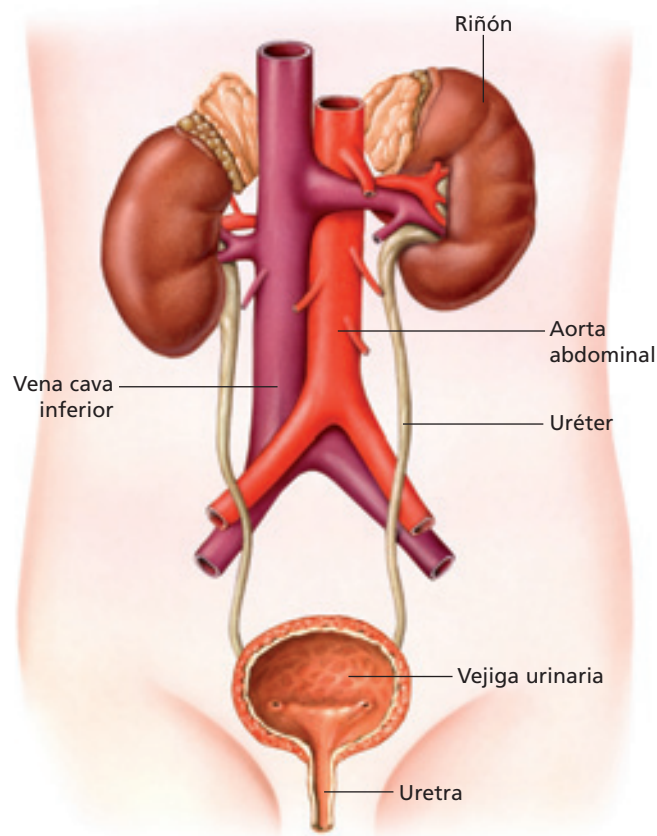
Los gráficos 12 y 13 representan la variación de la orina formada en un mamífero, en dos situaciones experimentales distintas.

- ¿Cómo explicarías la curva descrita en el gráfico 13?
- ¿Cómo es la concentración de la orina en el punto X: hipertónica, hipotónica o isotónica? Explica.

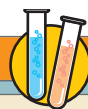
## 2.3 Estructura del sistema renal

A continuación se mencionan algunos órganos y estructuras del sistema renal y su función principal.

- **Riñón:** participa en la eliminación de desechos del metabolismo y en la regulación de la concentración de sales, cantidad de agua y pH de la sangre, principalmente. Los riñones están estructurados por unidades formadoras de orina, cada una de las cuales se denomina **nefrón**. En cada riñón existen cerca de 2.400.000 nefrones, los cuales se conectan a conductos a través de los cuales circula la orina, la que posteriormente es conducida hacia el exterior del organismo.
- **Uréter:** conduce la orina desde el riñón hacia la vejiga urinaria.
- **Vejiga urinaria:** almacena la orina hasta que ocurre la micción.
- **Uretra:** permite la micción, o evacuación de la orina, desde la vejiga urinaria hacia el exterior.



- **Corteza renal:** región más externa del riñón y se extiende desde la cápsula renal hasta la base de las pirámides renales.
- **Médula renal:** región interna donde existen entre 8 a 18 pirámides renales.
- **Pirámide renal:** estructura cónica cuya base está orientada hacia la corteza y su vértice hacia el centro del riñón. Contiene parte del sistema tubular del nefrón.



### BIOLAB

Junto con otros compañeros o compañeras, forma un grupo para realizar la disección de un riñón cuyas instrucciones se presentan en el **Anexo 4** de las **páginas 174 a 176**.

#### ACTIVIDAD 4

#### CONOCER

- Junto con un compañero o compañera, averigüen cuáles son las principales sustancias de desecho que circulan en el plasma y que son eliminadas a través de la orina.
- ¿Qué moléculas circulan en el plasma pero no están presentes en la orina de las personas sanas?

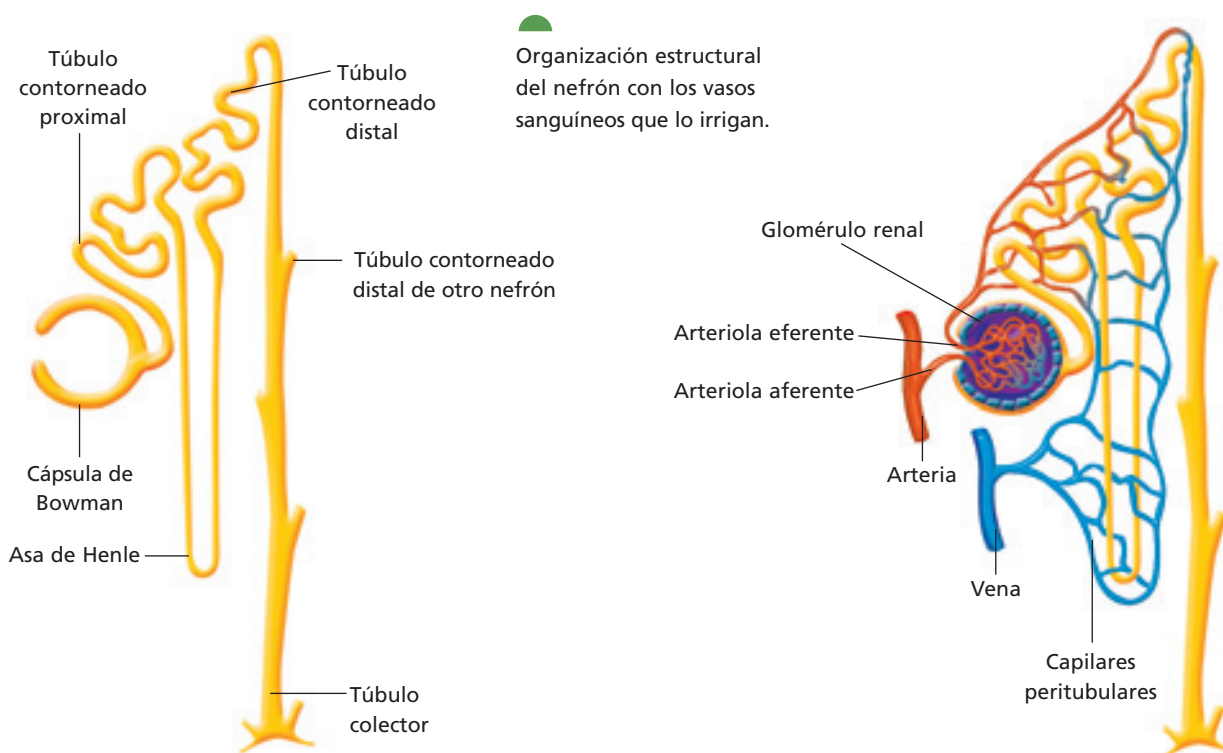
## 2.4 Estructura de los nefrones

A partir de la sangre que llega hasta los nefrones se produce en ellos el proceso de formación de la orina. Este consta de tres etapas, las que ocurren en diferentes “segmentos” del nefrón, por lo cual es necesario conocer su organización estructural para comprender su función.

Al observar mediante un microscopio el detalle anatómico de los nefrones, se aprecian unas estructuras como ovillos y muchos tubos delgados. Las primeras corresponden a capilares sanguíneos muy enrollados. Cada ovillo, llamado **glomérulo**, se encuentra contenido en una estructura con forma de copa, llamada **cápsula de Bowman**.

Esta se continúa posteriormente en una serie de conductos, los **túbulos renales**, identificándose el **túbulo contorneado proximal**, el **asa de Henle**, el **túbulo contorneado distal** y el **túbulo colector**. Al analizar con más detalle los capilares sanguíneos que forman el glomérulo, se observan en sus paredes muchos y pequeños poros. Los capilares actúan como un verdadero colador, que deja pasar el componente líquido del plasma y los pequeños solutos disueltos en él, hacia el espacio de la cápsula.

Cada una de las estructuras del nefrón participa en la formación de la orina, en las etapas de **filtración glomerular**, **reabsorción tubular** y **secreción tubular**.



### ACTIVIDAD 5

### ANALIZAR

Observa los esquemas del nefrón que aparecen en esta página y responde las siguientes preguntas:

- ¿Qué rol cumplen las arteriolas aferente y eferente?
- ¿Qué función tienen el glomérulo y la cápsula de Bowman?
- ¿Por qué el riñón es un órgano ricamente irrigado?

## 2.5 Formación de la orina

Cuando la sangre ingresa al glomérulo a través de la arteriola aferente, lo hace a una presión muy alta, lo que determina que los solutos pequeños disueltos en el plasma puedan atravesar los capilares (que son muy permeables) e ingresar a la cápsula de Bowman. Parte del componente líquido del plasma también pasa a la cápsula de Bowman. Este proceso se denomina **filtración glomerular**. El glomérulo, por lo tanto, actúa filtrando los residuos metabólicos (principalmente urea) y nutrientes

de pequeño tamaño, como la glucosa y los aminoácidos.

En consecuencia, el líquido que se incorpora al interior de la cápsula de Bowman, contiene sustancias de desecho y moléculas útiles para el organismo. A este líquido se le denomina **filtrado glomerular** y avanza por los túbulos renales, lugar donde las moléculas que son útiles (glucosa y aminoácidos) se reabsorben y reincorporan a la sangre, proceso conocido como **reabsorción tubular**. El líquido que se encuentra dentro de los túbulos renales se modificará en cuanto a su composición, formando posteriormente la orina.

### ACTIVIDAD 6

### ANALIZAR

Analiza la tabla y responde las preguntas.

**TABLA N° 9: COMPOSICIÓN DEL PLASMA, FILTRADO GLOMERULAR Y DE LA ORINA.**

Constituyentes (g/l)	Plasma	Filtrado glomerular	Orina
K <sup>+</sup>	0,2	0,2	2 - 3
Proteínas	60 - 80	0	0
Glucosa	1	1	0
Urea	0,3	0,3	20
Agua	—	170 (litros/24 h)	1,5 (litros/24 h)

Fuente: MINEDUC. *Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio*. 2000. Página 85.

- ¿Qué moléculas se filtran y cuáles no se filtran en el glomérulo?
- ¿Qué moléculas se reabsorben en el túbulo renal?

### VOY APRENDIENDO

- Sobre la base de la información presentada en esta página, explica por qué el K<sup>+</sup> y la urea están en mayor cantidad en la orina que en el filtrado glomerular.

### Biodatos

Los anfibios ilustran, dentro de los vertebrados, de lo que es la transición del medio acuático al medio terrestre, entre otras características, por el modo en que eliminan sus desechos metabólicos.

Las larvas y los adultos acuáticos excretan generalmente amoníaco. La mayoría de los adultos terrestres excretan los desechos nitrogenados en forma de urea. La metamorfosis en la rana se acompaña de cambios en la fisiología del riñón y de pasar la excreción de forma de amoníaco a urea.

La piel permeable permite una entrada masiva de agua en las especies dulceacuícolas. Por el contrario, estas especies expulsan orina muy diluida y absorben sales a nivel de túbulos renales. Además existe transporte activo de iones a nivel de la piel.

## 2.6 ¿Todas las sustancias filtradas son reabsorbidas?

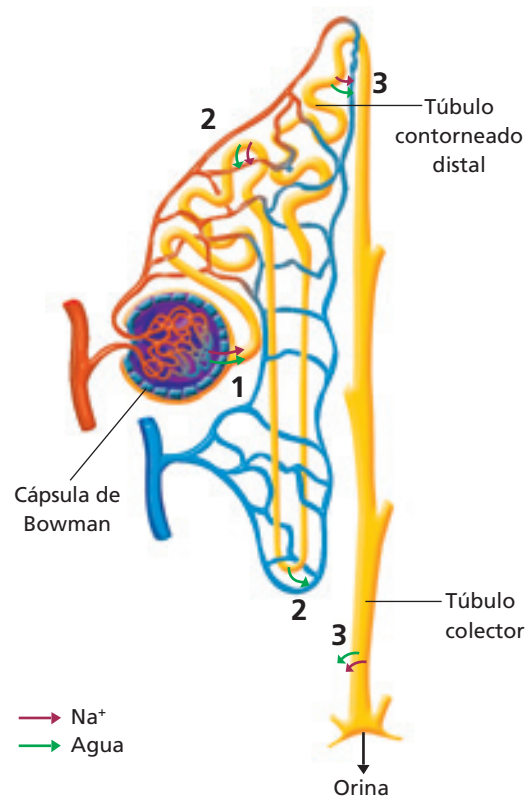
No todas las sustancias filtradas son reabsorbidas hacia la sangre. Las moléculas útiles para el organismo, como la **glucosa** y los **aminoácidos**, son reabsorbidas. Las sustancias de desecho como la **urea** no se reabsorben, por lo tanto, son eliminadas en la orina. La reabsorción tubular se produce diferencialmente a lo largo de todo el túbulo renal.

Cada minuto filtran unos 100 a 125 mL de plasma (y los solutos disueltos en él) hacia el espacio urinífero. Esto significa que diariamente se producen 180 litros de filtrado, aproximadamente. ¿Tiene relación este valor con el volumen de líquido que orinas al día? Ciertamente no, porque de los 125 mL que filtran cada minuto, se reabsorben 124 mL, de manera que solo 1 mL forma parte de la orina. Estos antecedentes permiten señalar que las moléculas de agua también forman parte de aquellas sustancias que son reabsorbidas en el túbulo renal.

¿Mediante qué mecanismos son reabsorbidos el agua, la glucosa y otros nutrientes? Mediante un proceso de **captación selectiva**. Las células de los túbulos renales captan, por mecanismos de **transporte activo** o **pasivo**, las sustancias útiles que pasaron al espacio urinífero, durante la filtración, y las retornan a la sangre.

Los solutos como la glucosa, aminoácidos y ciertas sales son captados por transportadores de membrana específicos, ubicados en las células de los túbulos, principalmente

en el túbulo contorneado proximal (TCP). Un 80% de la reabsorción de agua ocurre en la primera porción de los túbulos renales –TCP– mediante osmosis (**reabsorción obligatoria**); y el 20% restante se reabsorbe en las regiones más lejanas de los túbulos –túbulo contorneado distal o TCD y túbulo colector o TC– (**reabsorción facultativa**) y depende de los requerimientos del organismo. La reabsorción facultativa está regulada por la acción de la hormona antidiurética y su mecanismo de acción específica será analizado más adelante (página 85).



Filtración y reabsorción en el proceso de formación de la orina en el nefrón.

### ACTIVIDAD 7

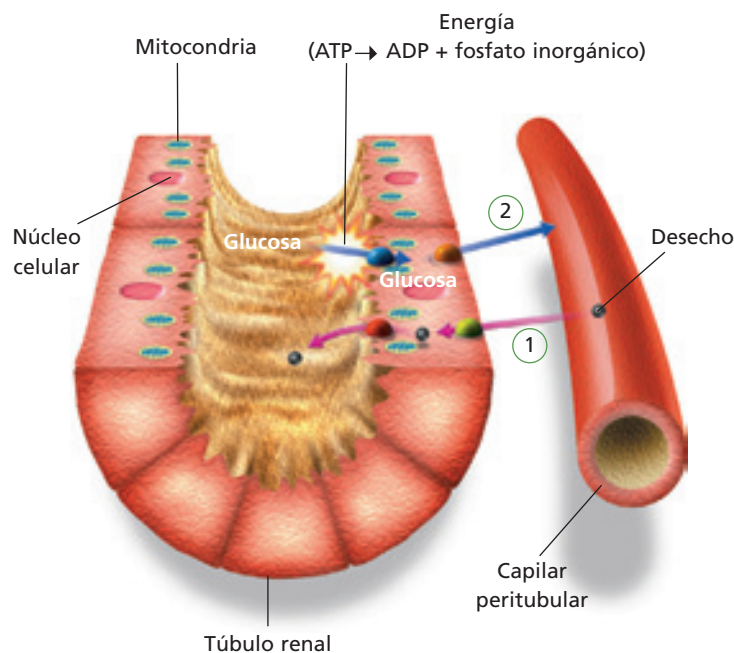
### ANALIZAR

- Reunidos en pareja, analicen el esquema de esta página y escriban en sus cuadernos el nombre de los procesos indicados por los números 1, 2 y 3.
- Expliquen qué significa la dirección de las flechas, en cada uno de los números señalados.

## 2.7 ¿Todos los desechos que forman parte de la orina se eliminan a través de la filtración glomerular?

De acuerdo con lo analizado previamente, gran parte de las sustancias de desecho son eliminadas durante la filtración, desde el plasma sanguíneo hacia el interior de los túbulos renales. Además, a lo largo del túbulo renal se produce el transporte de sustancias de desecho que no fueron filtradas inicialmente. Este proceso se denomina **secreción tubular**.

La secreción tubular es, en esencia, similar a la reabsorción, solo que ocurre en sentido inverso, es decir, desde la sangre hacia la orina que se está formando en el interior del túbulo renal. Al igual que la reabsorción, la secreción puede llevarse a cabo a través de **transporte activo** o **pasivo**. En este proceso se adicionan a la orina en formación sustancias tóxicas que aún no han sido eliminadas y que pueden resultar perjudiciales para el organismo. La mayoría de las sustancias que se eliminan en la orina provienen del fluido filtrado en el glomérulo renal –que no fueron reabsorbidas– y una pequeña parte de sustancias que fueron secretadas por las células de los túbulos renales.



El esquema representa la secreción tubular (1) y reabsorción (2).

### Biodatos

La penicilina y otros antibióticos son eliminados por la orina a través de la secreción tubular. Los iones hidrógeno ( $H^+$ ) también son eliminados a través de este proceso, lo cual contribuye a la regulación del pH sanguíneo.

### ACTIVIDAD 8

### PREDECIR

Según lo aprendido sobre reabsorción y secreción tubular:

- ¿Cuáles serían las consecuencias para el organismo si no existiera secreción tubular?
- ¿Qué importancia tiene la disponibilidad de energía para la reabsorción de glucosa y aminoácidos?

### VOY APRENDIENDO

- Copia la siguiente tabla en tu cuaderno. Analiza la información de esta página y de la anterior, y completa la tabla. Luego, compárala con la de un compañero o compañera, y si hay diferencias, revisen nuevamente.

	Filtración	Reabsorción	Secreción
Sentido del transporte (desde o hacia el túbulo renal)			
Tipo de transporte (pasivo o activo)	_____		
Contribución con sustancias a la orina (mayor o menor)		_____	
Sustancias que se transportan (útiles o desechos)			

## 2.8 Variación de la concentración y del volumen de la orina

¿Qué sucede con la cantidad de orina que eliminas cuando consumes poca agua?, ¿cómo varía la intensidad de su color cuando aumentas la ingesta de agua?, ¿por qué ocurre esto? Seguramente te habrás dado cuenta, a partir de tu experiencia, que la concentración y el volumen de orina son características que no permanecen constantes a lo largo de grandes períodos de tiempo, pues dependen de diversas variables, entre ellas la **actividad física** que realices, la **temperatura ambiental** y la **ingesta de agua**.

- **Variación de la concentración de la orina.** Si una persona presenta un estado de deshidratación, su organismo requiere conservar agua, por lo cual la orina que se produce es **más concentrada**: los túbulos renales reabsorben más agua en comparación con la reabsorción ocurrida en condiciones normales. Por el contrario, la orina producida luego de una gran ingesta de agua es **más diluida**: se reabsorbe menos agua que la filtrada en el glomérulo.

- **Variación del volumen de la orina.** En condiciones normales, la cantidad de orina que una persona sana elimina es más o menos constante, es decir, se mantiene dentro de un rango. Sin embargo, existen factores que pueden alterar este valor, frente a lo cual el organismo responde restableciendo la homeostasis hidrosalina para mantener este volumen.

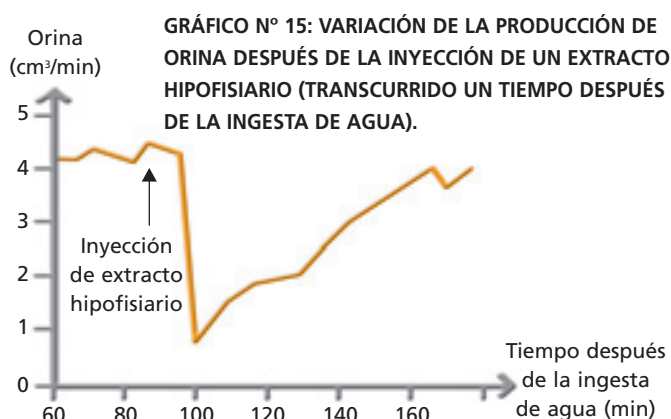
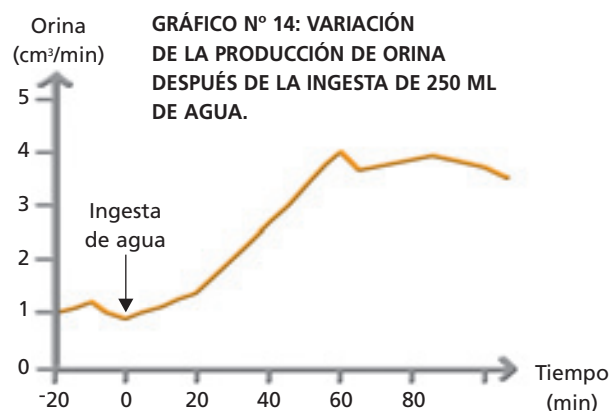
Según los requerimientos del organismo, se produce un mayor o menor volumen de orina, la que varía también en cuanto a su concentración. En esto intervienen mecanismos específicos que se encargan de aumentar la reabsorción de agua cuando, por ejemplo, la ingesta es baja o cuando la pérdida por transpiración es elevada.

¿Cómo distingue el organismo una condición de baja disponibilidad hídrica de una de alta disponibilidad?, ¿qué mecanismo participa en ello? Los sistemas nervioso y endocrino participan en la formación de una orina concentrada o diluida, de menor o mayor volumen, según las necesidades del organismo para conservar la homeostasis.

### ACTIVIDAD 9

### INTERPRETAR E INFERIR

Reunidos en grupo, analicen los siguientes gráficos y respondan las preguntas formuladas a continuación.



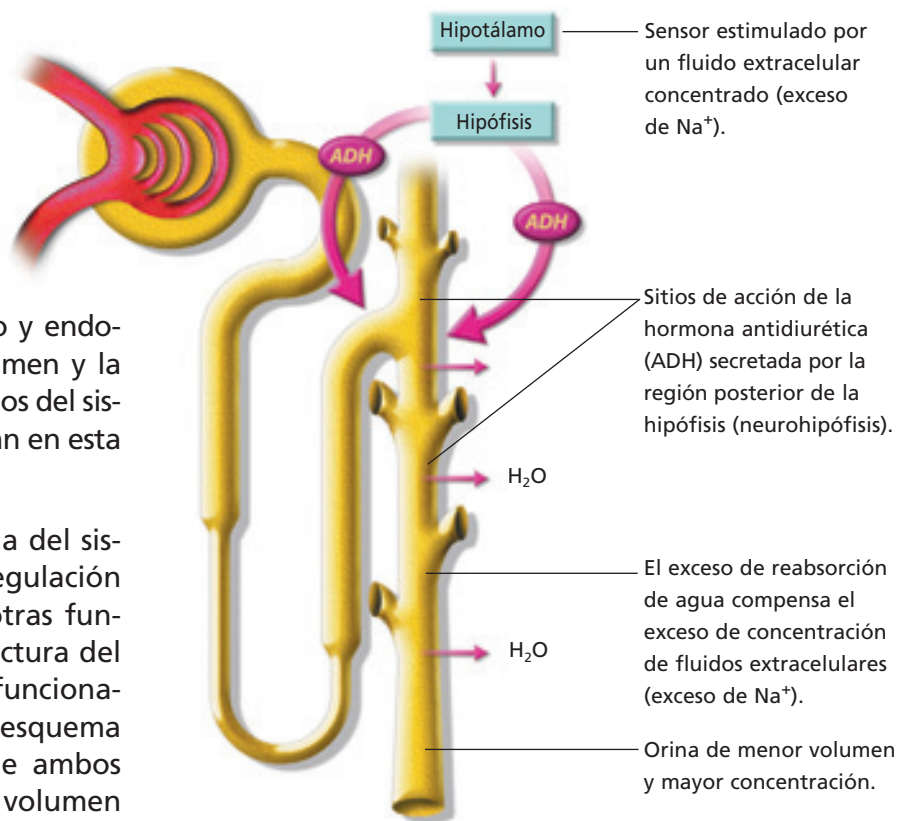
Fuente: MINEDUC. Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio. 2000. Página 86.

- ¿Qué ocurre a nivel del nefrón que permite explicar la curva observada en el gráfico N° 14?
- ¿A qué se debe el descenso de la curva observado después de los 80 minutos en el gráfico N° 15?
- ¿Qué tipo de efecto tiene el extracto hipofisiario a nivel del nefrón?

### 3 Regulación de la concentración y del volumen de orina

En condiciones normales, la cantidad de orina que una persona sana excreta se mantiene más o menos constante dentro de un rango. Sin embargo, existen factores que pueden alterar este valor, frente a lo cual ciertas estructuras de los sistemas nervioso y endocrino responden regulando el volumen y la concentración de orina. ¿Qué órganos del sistema nervioso y endocrino participan en esta regulación?

La **hipófisis** es la principal glándula del sistema endocrino y participa en la regulación del equilibrio hidrosalino, entre otras funciones. El **hipotálamo** es una estructura del sistema nervioso que controla el funcionamiento de la hipófisis. El siguiente esquema resume las principales acciones de ambos órganos, que permiten regular el volumen y la concentración de orina.



Regulación del volumen y de la concentración de orina.

#### ACTIVIDAD 10

#### ANALIZA

Observa el esquema que aparece en la página y contesta las siguientes preguntas.

- ¿Qué sucede con la reabsorción obligatoria de agua en las condiciones de baja y alta ingesta de este líquido?
- ¿Qué ocurre con la reabsorción facultativa, considerando las mismas situaciones de la pregunta anterior?
- ¿Cuál es el rol de la hormona antidiurética? ¿Qué sucedería si por alguna enfermedad los niveles de esta hormona aumentaran?, ¿y si bajaran mucho?

#### VOY APRENDIENDO

- Dibuja el esquema del nefrón en tu cuaderno e identifica en él las siguientes estructuras: glomérulo, cápsula de Bowman, túbulo contorneado proximal, túbulo contorneado distal, túbulo colector, arteriola eferente y arteriola aferente. Señala los procesos que ocurren en cada segmento.

### 3.1 Formación de orina

El filtrado glomerular cambia en cuanto a su composición a medida que avanza a través de los diferentes conductos que forman el túbulo renal. En ellos se eliminan de la sangre las sustancias nocivas, pero se reabsorben,

hacia los capilares peritubulares, cantidades variables de agua y de solutos, lo cual contribuye a la formación de orina más diluida (hipotónica) o más concentrada (hipertónica).

#### Biodatos

Diversos estudios han demostrado que animales que viven en ambientes con escasa disponibilidad de agua tienen nefrones con asas de Henle más largas, a diferencia de organismos que habitan ambientes con mayor abundancia de agua, cuyos nefrones tienen túbulos renales más cortos. Este hecho se relaciona directamente con la reabsorción de agua: mientras más largo es el túbulo renal, mayor es la cantidad de agua que se puede reabsorber, lo cual contribuye a formar una orina más concentrada.

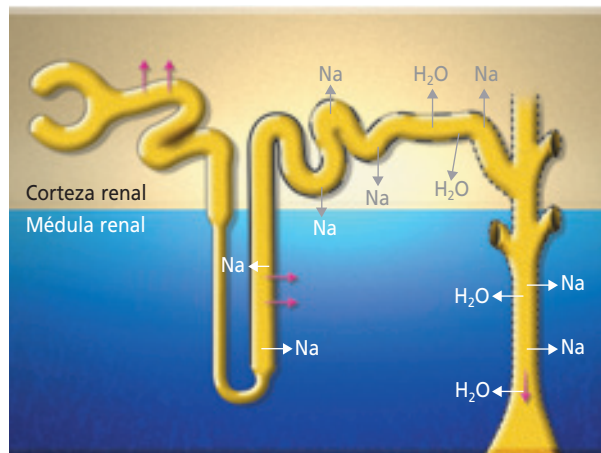
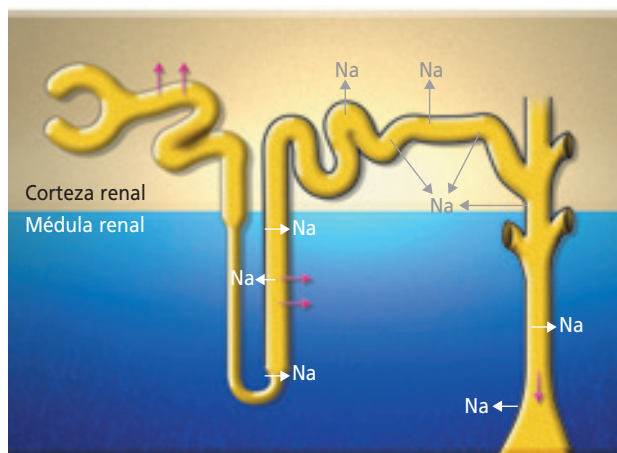


¿Cuál de estos animales es más probable que tenga nefrones con túbulos renales más largos?

#### ACTIVIDAD 11

#### ANALIZAR

Los esquemas representan la elaboración de orina hipotónica e hipertónica, y se muestran solo dos moléculas involucradas. Junto a un compañero o compañera analicen los esquemas y respondan las preguntas.



- ¿Cuál de los esquemas representa la elaboración de orina hipotónica?, ¿cuál, hipertónica?
- ¿Qué elementos les permitieron identificar los tipos de orina formada?
- Analicen la información entregada en la sección **Biodatos** de esta página. ¿Qué relación tiene el largo de los túbulos renales con la disponibilidad que tienen los animales de vivir en ambientes con mayor o menor disponibilidad de agua? Expliquen.

### 3.2 Formación de orina hipotónica

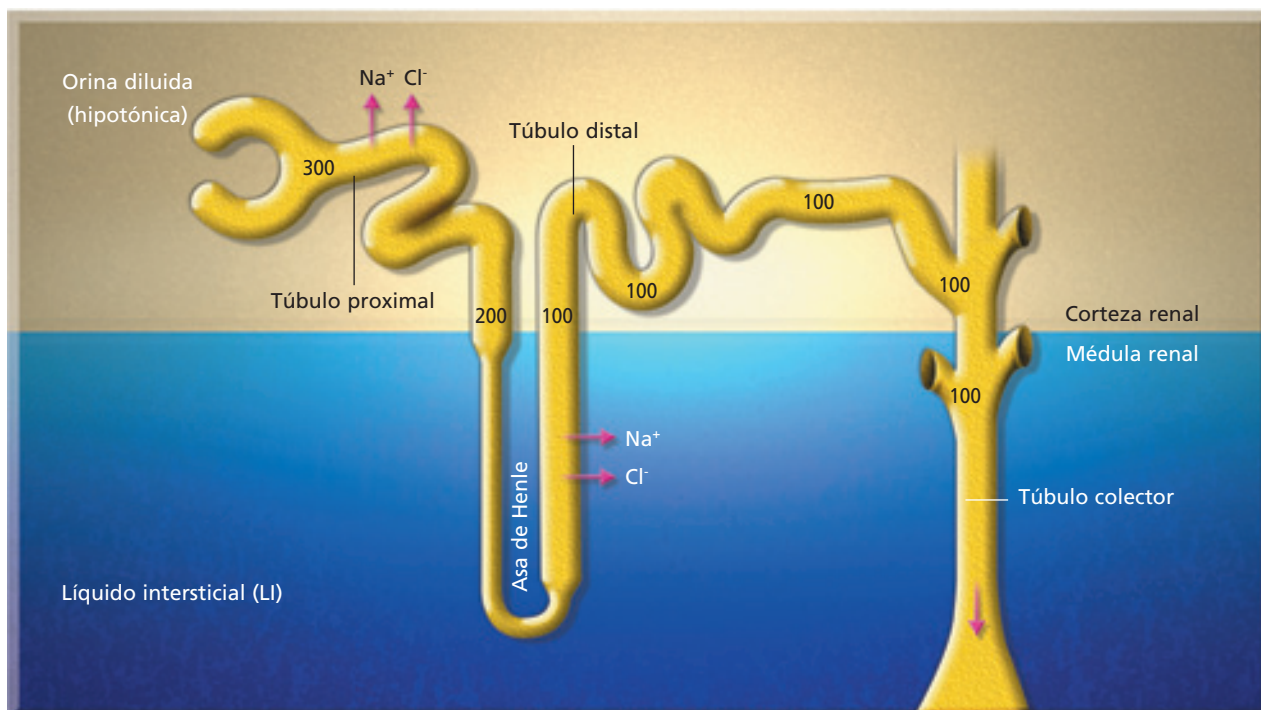
La formación de orina diluida o hipotónica se produce por una mayor reabsorción de solutos. Además, disminuye la secreción de hormona antidiurética o ADH, lo que determina que las células de la pared del tubo colector (TC) impidan que el agua abandone el filtrado por osmosis. Es decir, se produce una inhibición de la reabsorción facultativa de agua, producto de la disminución de ADH secretada.

#### Biodatos

La diabetes insípida es una enfermedad que se produce por una baja secreción de hormona antidiurética. Los síntomas son parecidos a la diabetes mellitus, como por ejemplo, eliminación de grandes volúmenes de agua en la orina (poliuria) y la ingesta elevada de agua para recuperar el líquido perdido (polidipsia). Una diferencia con la diabetes mellitus, es que la orina producida por las personas con diabetes insípida no contiene glucosa, razón por la cual recibe su nombre.

#### VOY APRENDIENDO

Observa el esquema que muestra la formación de la orina hipotónica y responde las preguntas.



Formación de orina hipotónica. Los valores dentro de los túbulos indican concentración de soluto (en miliosmoles).

- ¿Por qué varía la concentración de solutos a lo largo de los túbulos? Explica.
- ¿Qué efectos tienen y cómo actúan los medicamentos antidiuréticos? Explica.

**Biología@net**

Visita la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B3087. Observa con atención la animación y realiza las actividades que ahí se proponen.

### 3.3 Formación de orina hipertónica

En el **hipotálamo** se encuentran grupos de células nerviosas que actúan como sensores especializados que detectan la concentración de los líquidos corporales. Cuando la sangre está muy concentrada (contiene muchos solutos), estos sensores envían impulsos nerviosos hacia otras regiones del hipotálamo, donde se generan respuestas homeostáticas, como la **activación del centro de la sed** (esto es lo que produce la sensación de sed) y la **secreción de la hormona antidiurética** o ADH, almacenada en la hipófisis. Esta hormona viaja por la

sangre y al llegar a las células de los túbulos colectores promueve la **reabsorción facultativa** de agua y, con ello, la formación de una orina concentrada. ¿Qué sucede con estos mecanismos cuando la ingesta de agua es elevada?

#### Biodatos

La nicotina estimula la secreción de la hormona antidiurética, por lo que la orina puede ser más concentrada. En cambio el alcohol, inhibe la secreción de esta hormona, determinando el aumento del volumen de orina excretada, que es más diluida.

#### ACTIVIDAD 12

#### ANALIZAR

Analiza la información que entrega la siguiente tabla y luego responde las preguntas.

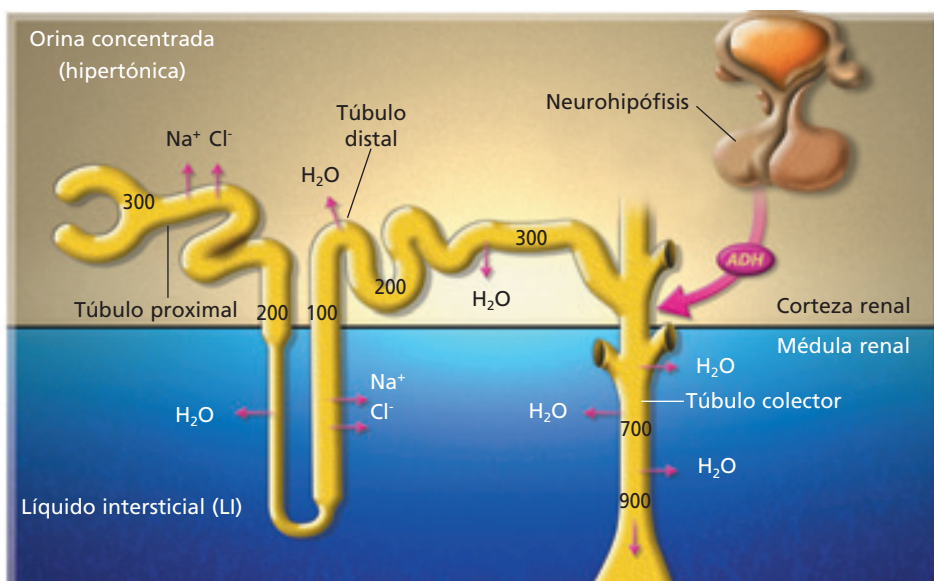
- ¿Qué representa la cantidad de cruces en cada situación?
- ¿Qué factores determinan la concentración de la orina?
- ¿Cómo será la concentración de la orina excretada por una persona después de practicar un deporte intenso? Explica.

TABLA N° 10: INTENSIDAD DEL COLOR DE LA ORINA DE ACUERDO A DIFERENTES SITUACIONES.

Situación	Intensidad del color de la orina
Dieta rica en sales	++++
Elevada ingesta de agua	+
Consumo equilibrado de agua y sales	++

#### VOY APRENDIENDO

Observa el esquema que muestra la formación de la orina hipertónica y responde las preguntas.



Formación de la orina hipertónica. Los valores dentro de los túbulos indican concentración de soluto (en miliosmoles).

- ¿Por qué varía la concentración de solutos a lo largo de los túbulos? Explica.
- ¿Qué efectos tienen y cómo actúan los medicamentos diuréticos? Explica.

## 4 Regulación neuroendocrina de la homeostasis

¿Además de la regulación del equilibrio hidrosalino, la regulación de qué otros parámetros fisiológicos es vital para el normal funcionamiento de nuestro organismo?

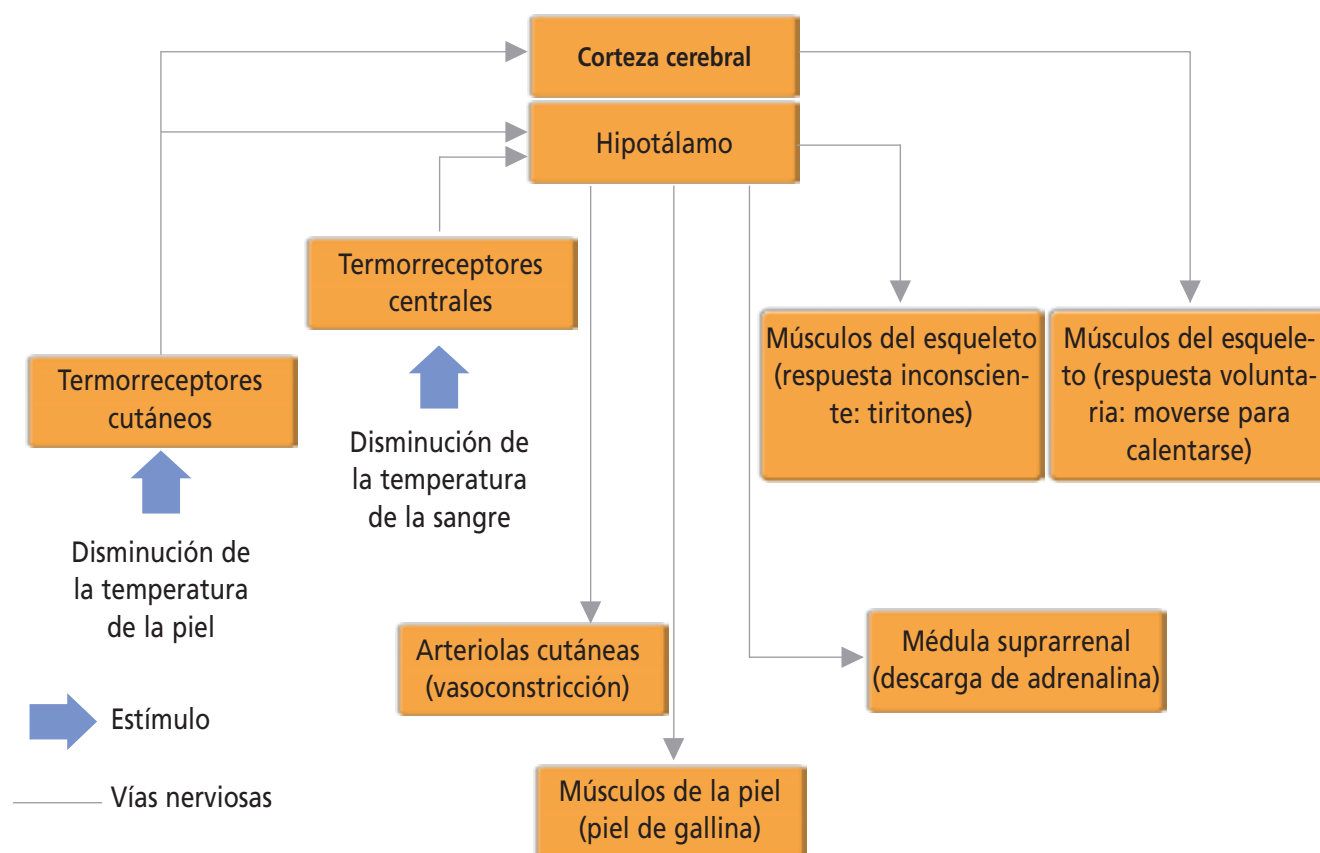
¿Cómo mantiene nuestro cuerpo la presión sanguínea, la temperatura corporal y la glicemia dentro de rangos normales? Con sistemas de control por medio de circuitos de **retroalimentación**, semejantes al explicado para el equilibrio hidrosalino. Los circuitos de retroalimentación son sistemas que registran información del medio externo o interno de un organismo, con lo cual regulan el fun-

cionamiento de órganos y sistemas. Se clasifican en **positivos** y **negativos**. Los negativos reducen o revierten la diferencia detectada por el sistema. Los positivos amplifican las diferencias detectadas. En los organismos, los más comunes son los negativos.

Cuando ocurre una perturbación en el medio interno, la homeostasis opera por **retroalimentación negativa**, es decir, el incremento en alguna sustancia inhibe el proceso que lleva a cabo su aumento.

### 4.1 Regulación de la temperatura corporal

El siguiente esquema representa los mecanismos involucrados en la regulación térmica del cuerpo cuando un individuo se expone al frío.



#### ACTIVIDAD 13

#### RELACIONAR

- Reunidos en parejas, averigüen sobre el mecanismo de control de la glicemia y de la presión arterial.
- Establezcan relaciones entre la información averiguada y el esquema de regulación de la temperatura que aparece en esta página.

### 4.2 Regulación de la glicemia

Varias hormonas intervienen en la regulación de la concentración de glucosa en la sangre (glicemia). Dos de estas, la **insulina** y el **glucagón** son producidas por células específicas del **páncreas**. La insulina es secretada en respuesta a un incremento en la concentración de azúcar en la sangre. Su efecto es la disminución de la concentración de azúcar en la sangre, debido a que facilita el ingreso de glucosa en las células y estimula su utilización. Además, estimula el almacenamiento de glucosa como glucógeno, tanto en las células musculares como en el hígado. Cuando la

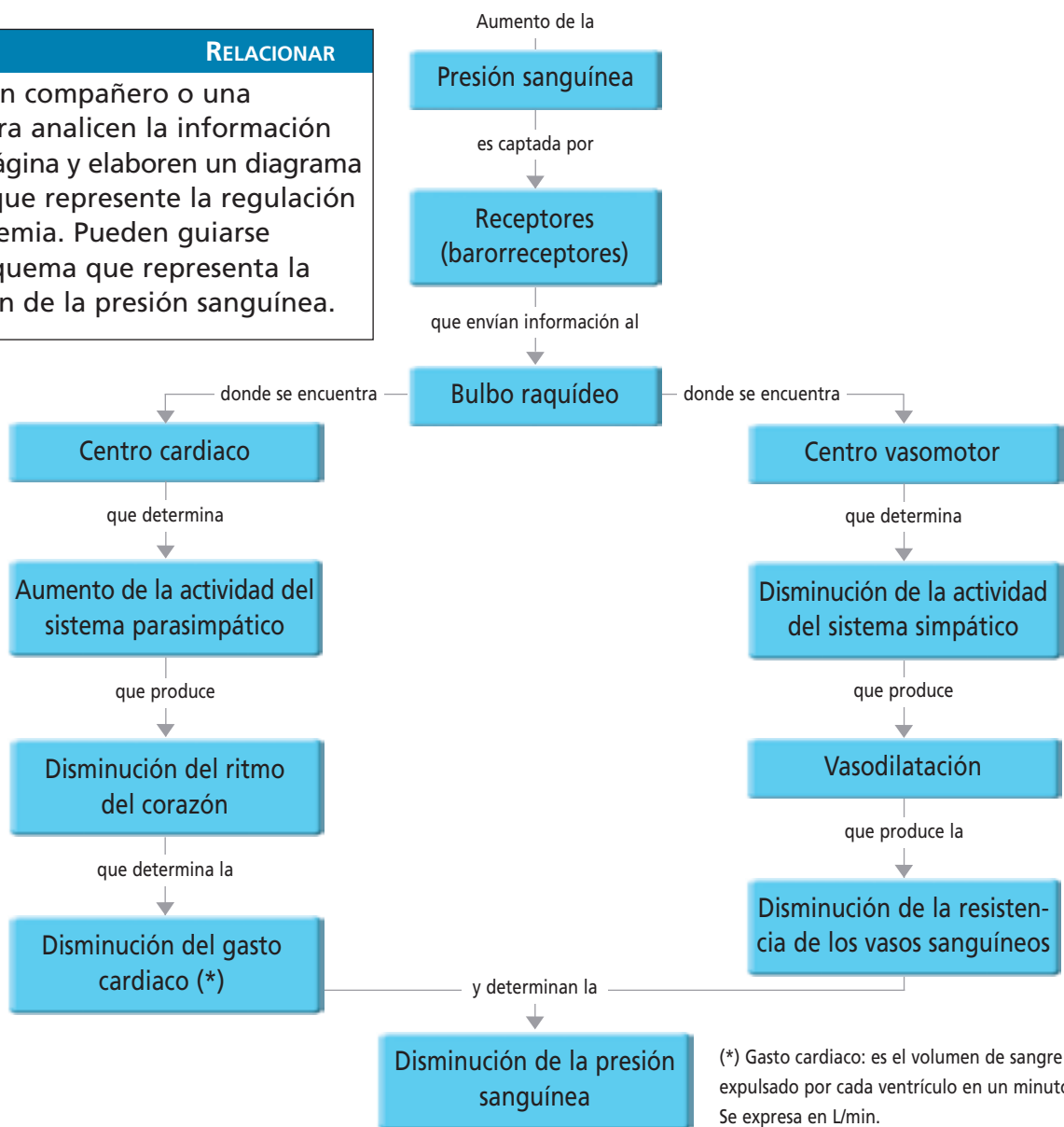
concentración de glucosa en la sangre es baja, el páncreas libera glucagón. Esta hormona estimula la degradación de glucosa a partir del glucógeno almacenado en los músculos y en el hígado. Los efectos de esta hormona son opuestos a los ejercidos por la insulina.

### 4.3 Regulación de la presión sanguínea

La glicemia y la presión sanguínea se regulan por diferentes mecanismos, algunos muy complejos. El esquema presentado a continuación muestra algunos procesos y estructuras involucradas en la regulación de la presión sanguínea, cuando esta aumenta.

**ACTIVIDAD 14** **RELACIONAR**

- Junto a un compañero o una compañera analicen la información de esta página y elaboren un diagrama de flujo que represente la regulación de la glicemia. Pueden guiarse por el esquema que representa la regulación de la presión sanguínea.



## 5 Homeostasis y estrés

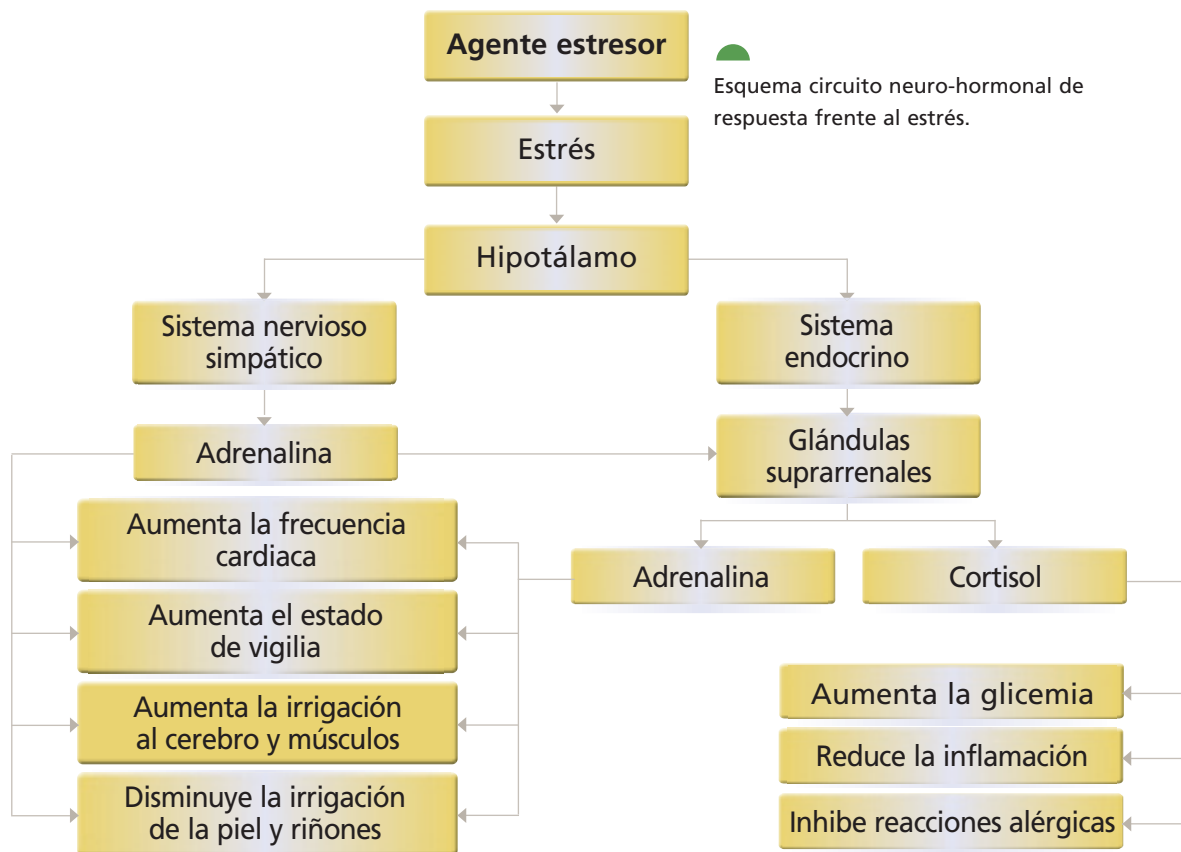
Antes de rendir una prueba importante, o frente a una situación de peligro, ¿has manifestado algún síntoma físico que te haya llamado la atención? ¿Piensas que puede haber sido producto del estrés?

Los especialistas que estudian el estrés lo definen como un comportamiento innato ante la amenaza. Consiste en una respuesta defensiva que tiene por finalidad controlar la conducta de la persona frente a un estímulo que produce estrés (agente estresor).

**¿Cómo reacciona nuestro organismo frente a situaciones de estrés?** Cuando te asustas,

aumenta la fuerza con que tu corazón se contrae y la cantidad de veces que lo hace por cada minuto. Esta respuesta es rápida, como consecuencia de la acción del sistema nervioso simpático que libera el neurotransmisor **adrenalina**. Esta misma molécula es liberada por las glándulas suprarrenales hacia la sangre, lo que permite complementar la acción del sistema nervioso y mantener al organismo en alerta, si es que la situación de estrés se mantiene por más tiempo.

Los sistemas nervioso y endocrino participan en la homeostasis de variables orgánicas, como la presión sanguínea, el pH y el equilibrio hidrosalino, en respuesta a algún **agente estresor** que pueda afectar la homeostasis.



Esquema circuito neuro-hormonal de respuesta frente al estrés.

### ACTIVIDAD 15

### ANALIZAR

**a.** ¿Qué respuesta homeostática es más rápida, la del sistema nervioso o la del endocrino? Fundamenta.

Analiza el esquema y responde las siguientes preguntas:

**b.** ¿Qué rol cumple el hipotálamo en el circuito neuro-hormonal frente al estrés?

**c.** ¿Por qué aumenta la glicemia en estrés?, ¿cómo se relaciona esto con el aumento del estado de vigilia?

## 5.1 Agentes estresores

El agente que produce el estrés, llamado agente estresor, proviene generalmente del ambiente natural y de las personas que nos rodean, por ejemplo: contaminantes múltiples, tabaco, droga, violencia, tráfico, robo, etcétera. En estos casos el agente es **exógeno**.

El estresor puede también ser **endógeno**, es decir, "nace" en el interior de cada persona. Es el caso del miedo, que resulta de la acción del estresor más frecuente y universal: la amenaza, por su potencialidad de poner en riesgo la integridad física y mental de las personas.

Para enfrentar al estresor, el organismo requiere aumentar la cantidad de sangre que llega al cerebro y músculos. También debe aumentar el aporte de oxígeno y glucosa transportados por la sangre a estos órganos. La **adrenalina** (que puede actuar como neurotransmisor y hormona) y el **cortisol** son ejemplos de sustancias químicas que permiten estas funciones.



### REFLEXIONA

En la vida moderna, las obligaciones y muchas exigencias pueden generar tensiones difíciles de sobrellevar. La presión en el trabajo, el tráfico en las calles y las grandes acumulaciones de gente son situaciones que generan estrés. En consecuencia, en el diario vivir se pueden reconocer algunos agentes estresores que pueden afectar a las personas. ¿Cuál de ellos podrías inferir a partir de estas imágenes? ¿Qué medidas podrías proponer para prevenir el estrés crónico?

El estrés genera respuestas que determinan que el organismo reciba un mayor aporte de oxígeno y glucosa. Esto explica por qué aumenta la frecuencia cardíaca y la respiratoria. ¿Qué importancia tiene esto para el organismo?

## 5.2 Tipos de estrés

De acuerdo con la duración existen dos tipos de estrés:

- **Estrés agudo.** Se presenta cuando una situación peligrosa puede poner en riesgo nuestra vida. Entonces, la respuesta innata frente al agente estresor es una conducta que asegura la supervivencia.
- **Estrés crónico.** Se presenta cuando la situación de estrés se sostiene en el tiempo. Es el caso de condiciones agobiantes como sentirse presionado constantemente por razones laborales o de mala convivencia con personas cercanas.

El estilo de vida actual presenta algunos agentes estresores que pueden afectar a las personas. ¿Cuáles de ellos están representados por estas imágenes?

### 5.3 Efectos del estrés en el organismo

El estrés agudo está representado por **situaciones puntuales** de estrés y que no se sostienen por largos períodos de tiempo. Por ejemplo, cuando atraviesas la calle y repentinamente te asustas porque un automóvil viene hacia ti, tu organismo responde rápidamente para protegerte. Es probable que des un salto de mayor intensidad y rapidez que si lo hicieras en ausencia del agente estresor. Esta respuesta resulta de la acción de la adrenalina, el cortisol y otras hormonas que permiten combatir situaciones de estrés y determinan, en muchos casos, la supervivencia de quien las enfrenta.

La condición de estrés agudo no debe confundirse con la experiencia provocada por una emoción sin estrés. Por ejemplo, es normal en muchas personas que el pulso y la respiración se aceleren cuando reciben

una buena noticia frente a la cual han estado expectantes. Sin embargo, en estas condiciones, se percibe una sensación de bienestar. Bajo un episodio de estrés, en cambio, además del **aumento del pulso y de la frecuencia respiratoria**, la persona se siente confundida, estado que, en ocasiones, se extiende por un largo período de tiempo.

En cuanto al estrés crónico, la sensación de agobio que experimenta una persona estresada es tan fuerte que incluso puede ocurrir una alteración más duradera de la fisiología del individuo. Existen investigaciones que demuestran que personas que sufren estrés crónico, manifiestan una **disminución de la actividad del sistema inmunológico** (“bajas sus defensas”), es decir, la persona afectada por la condición de estrés es más susceptible a las enfermedades infecciosas, como los cuadros gripales o el surgimiento de herpes.

#### ACTIVIDAD 16

APLICAR

- Reunidos en pareja describan ejemplos de situaciones de estrés agudo que hayan vivido, señalando como respondió su organismo. Con esta información, completen en su cuaderno una tabla como la siguiente.

Situación	Agente estresor	Respuesta
Copia en tu cuaderno	Copia en tu cuaderno	Copia en tu cuaderno

#### VOY APRENDIENDO

- Completa en tu cuaderno una tabla como la siguiente, en la que compares el estrés agudo y el crónico.

Tipo de estrés	Características	Efectos en el organismo
Agudo	Copia en tu cuaderno	Copia en tu cuaderno
Crónico		

### 5.4 Respuesta neuroendocrina frente el estrés

Tanto el **sistema nervioso** como el **sistema endocrino** liberan sustancias químicas específicas para combatir el estrés. El primero a nivel de las sinapsis y el segundo mediante la liberación de hormonas hacia la sangre. ¿Cuál ejerce sus efectos más rápidamente?, ¿cuál genera una respuesta más sostenida en el tiempo? Frente a una situación de estrés, el sistema nervioso activa los **centros simpáticos**, que envían información hacia diferentes partes del organismo. Por ejemplo, hacia la médula suprarrenal para que sintetice adrenalina y noradrenalina, hormonas que producen un aumento de la frecuencia cardíaca; constricción de los vasos sanguíneos de las vísceras; síntesis de glucosa; disminución de las actividades digestivas y dilatación de las vías aéreas.

#### ACTIVIDAD 17

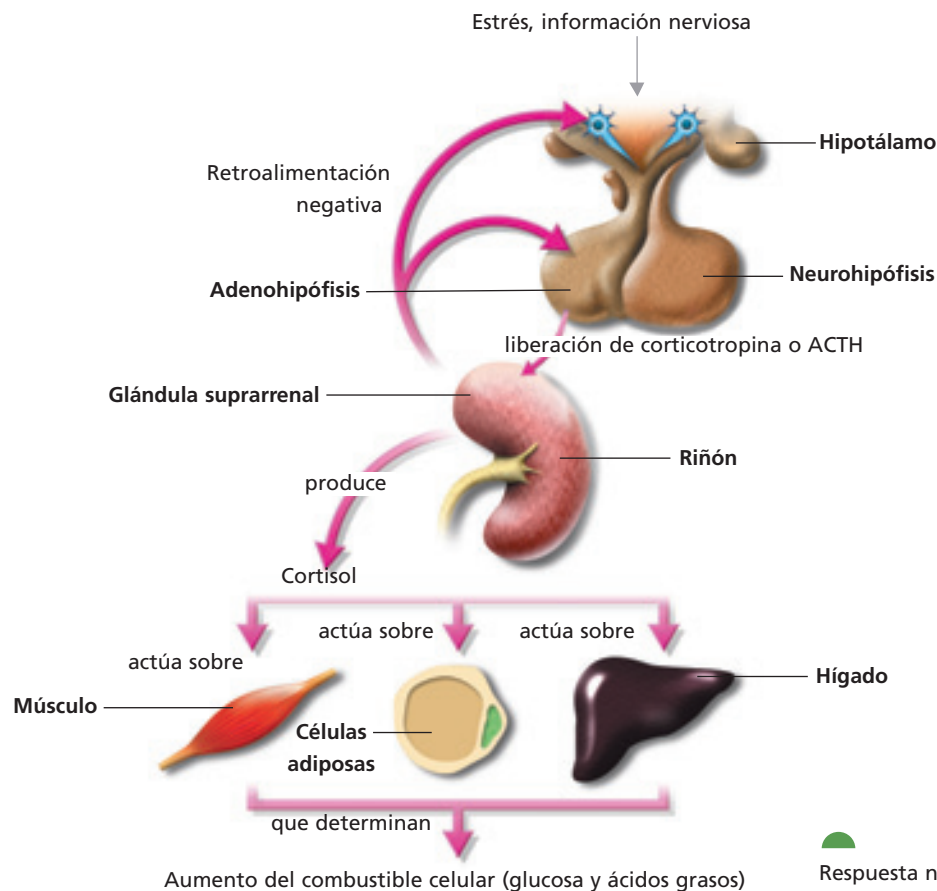
#### ANALIZAR

Analiza el esquema que representa la participación del sistema neuroendocrino en la respuesta al estrés y responde:

- a. ¿A qué nivel del organismo es percibido el agente estresor para producir la respuesta al estrés?
- b. ¿Qué sucede después de la percepción?

#### VOY APRENDIENDO

- De acuerdo con la información entregada en esta página, explica la importancia de la adrenalina y la noradrenalina liberadas frente a situaciones de estrés.



Resposta neuroendocrina frente el estrés.

### Percepción del nivel de estrés en estudiantes de Educación Media

Materiales	
- Encuesta	- Calculadora

#### Procedimiento

1. Elabora una encuesta con la información que aparece en la tabla y aplícala entre los alumnos y alumnas de los cursos de Educación Media de tu colegio, entrevistando a un máximo de 20 hombres y 20 mujeres por nivel, seleccionados al azar. A los entrevistados léeles la definición de "estrés", luego pídeles que respondan la encuesta y garantízales el anonimato de sus respuestas.

Según Mc Grath *"estrés es un desequilibrio sustancial percibido entre las exigencias impuestas a un individuo y su capacidad de respuesta bajo condiciones en la que el fracaso ante esta demanda o exigencia posee importantes consecuencias percibidas conscientemente por el individuo afectado"*.

Buendía, J. (1993). *Estrés y psicopatología*. Pirámide. Madrid

TABLA PARA TABULAR LOS DATOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA									
Causa de estrés	1° EM		2° EM		3° EM		4° EM		TOTAL
	M	F	M	F	M	F	M	F	
Ninguna									
Carga horaria									
Exigencias académicas									
Factores afectivos									
TOTAL									

M: sexo masculino, F: sexo femenino

2. Tabula en una sola tabla los resultados obtenidos del total de la muestra.
3. Grafica estos resultados según el sexo y el nivel de Educación Media. Si tu colegio no es mixto, solo llena la columna que corresponda y grafica los resultados según el nivel de Educación Media de los o las estudiantes.

#### Análisis de resultados

- a. ¿Cómo varía la percepción del estrés en los distintos niveles de Educación Media? ¿Hay diferencias según el sexo?
- b. Entre quienes manifiestan percibir un estado de estrés, ¿hay diferencias en relación a la causa del estrés? ¿Dependen estas diferencias del año de Educación Media que cursa el entrevistado?
- c. ¿Qué factores explican los resultados obtenidos en este proyecto? Haz un listado de las medidas que se pueden tomar en tu colegio para disminuir el efecto de los agentes estresores más comúnmente mencionados por los entrevistados.
- d. Con los resultados, elabora un informe que incluya: introducción, materiales y métodos, resultados, discusión y bibliografía. Así como también, las respuestas a las preguntas anteriores.

# El estrés en la vida estudiantil y laboral

## 1. Explorar el problema

El término **estrés** fue acuñado en 1935 por el científico de origen húngaro Hans Selye (1907–1982) cuando estudiaba la fisiología de la placenta en animales de laboratorio. En sus trabajos clásicos, Selye demostró que el fenómeno de detención del ciclo reproductivo en la rata (cese de la ovulación) era independiente del agente que producía esta respuesta. En otras palabras, el efecto registrado en estos experimentos se obtenía, indistintamente, si a la rata se le administraban extractos de hipófisis, exceso de hormonas tiroideas o se la alimentaba con una dieta pobre en vitaminas. Posteriormente, Selye demostró que en la respuesta inicial al estrés estaban involucradas dos hormonas producidas a nivel del Sistema Nervioso Central (la adenocorticotropina y la somatotropina), las cuales eran responsables de la activación del estado de alarma del organismo. De acuerdo con Selye, el estrés es la reacción del organismo para recuperar el equilibrio de su medio interno u **homeostasis**, cuando este ha sido alterado por algún estímulo de alarma o **agente estresor**. Además, Selye distinguió tres etapas en la reacción del organismo frente al agente estresor, que constituyen el **síndrome general de adaptación**, ellas son: estados de alarma, adaptación y agotamiento.

Según este conocimiento, el estrés es una reacción constitutiva del organismo para adaptarse al esfuerzo. Esta condición puede resultar peligrosa para la salud cuando la acción del agente estresor se prolonga en el tiempo y/o el individuo presenta disfunciones fisiológicas o psicológicas que le impiden enfrentar la presión generada por dichos

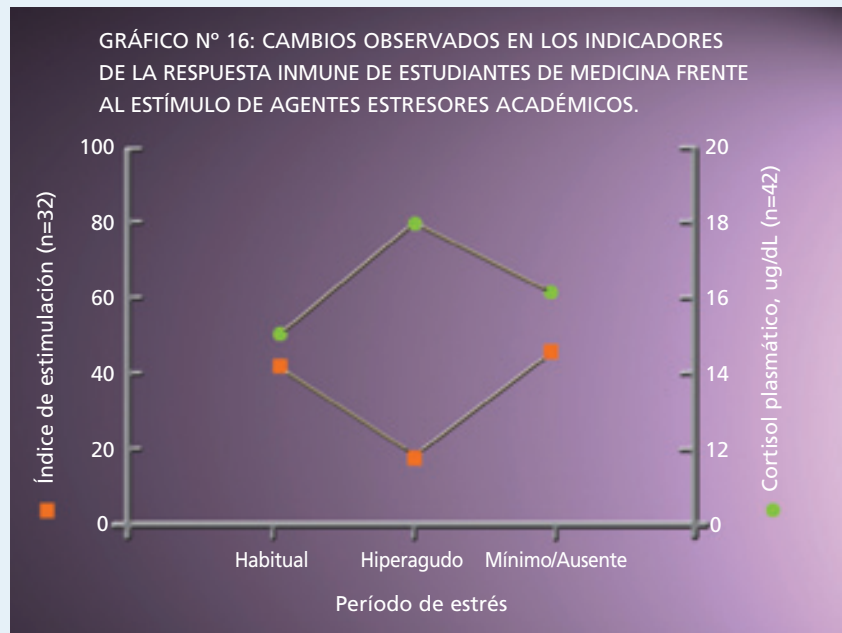
agentes. El manejo adecuado de la respuesta frente a los agentes estresores no impide que la persona afectada responda con un estado de alarma al estímulo, pero puede evitar que el proceso de adaptación finalice en un estado de agotamiento que podría tener graves consecuencias para su salud.

### a. Estrés y respuesta inmune en estudiantes universitarios.

La respuesta del organismo a la acción de los agentes estresores puede llegar a tener entre sus principales efectos una **baja de las defensas** o **disminución de la respuesta inmune**. La inmunodepresión por estrés es un fenómeno que tiene como antecedente la estrecha relación anatómica y fisiológica que existe entre los sistemas nervioso e inmune, tanto a nivel tisular como celular. La inervación del tejido linfático por el sistema nervioso autónomo, la presencia en linfocitos de receptores para hormonas y neurotransmisores, el hecho de que cuando hay lesiones en el hipotálamo la normal actividad del sistema inmune resulta alterada, son algunos ejemplos de lo anterior.

Uno de los principales **agentes estresores** en la vida estudiantil son las situaciones en las que se somete a evaluación los conocimientos adquiridos por los alumnos y alumnas durante el período de aprendizaje. Las exigencias académicas, como las **pruebas y exámenes**, generan estados de ansiedad y nerviosismo naturales. Sin embargo, si estas situaciones no son manejadas de manera apropiada por los estudiantes, pueden resultar en estados de agotamiento que impiden lograr un buen rendimiento académico.

En un estudio dirigido en 1997 por el Dr. Sergio Gloger, de la Universidad Católica de Chile, en 49 estudiantes de la carrera de Medicina, se midió la concentración de cortisol (hormona) presente en el plasma y la actividad proliferativa de los linfocitos T, mediante un índice de estimulación, durante tres situaciones de estrés académico: a lo menos un mes antes de cualquier evaluación importante (**estrés habitual**), inmediatamente antes de un examen final (**estrés hiperagudo**), y luego del período de vacaciones de verano (**estrés académico mínimo o ausente**). El índice de estimulación indica la proliferación de linfocitos después de la estimulación por ciertos agentes, como los relacionados con el estrés. Los resultados obtenidos al aplicar este diseño experimental, están resumidos en el gráfico.



Fuente: Gloger, S. J.; Puente, P.; Arias, P.; Fischman, I.; Caldumbide, R.; González, J.; Quiroz, O.; Echavarrí & C. Ramírez. *Respuesta inmune disminuida por estrés académico intenso: cambios de la proliferación linfocitaria en estudiantes de Medicina*. Rev. Méd. Chile 125: 665-670. 1997.

Estos resultados mostraron que los estudiantes sometidos al agente estresor hiperagudo presentaban una disminución significativa en la proliferación de linfocitos T y un aumento en los niveles de cortisol, al compararse con períodos de estrés habitual o estrés mínimo. Luego del estrés académico hiperagudo, al volver de vacaciones los estudiantes habían recuperado la capacidad proliferativa de linfocitos T en niveles similares a los que existen en el período de estrés académico habitual. Una situación similar se observó en la concentración de cortisol, la cual disminuyó a sus niveles normales luego del estrés hiperagudo. Los autores de este trabajo concluyeron que los cambios producidos por los agentes estresores asociados a la vida académica son de carácter transitorio y reversible, y que la exposición a un agente estresor crónico, como la tensión generada antes de rendir un examen, no produce cambios a largo plazo en la capacidad de res-

puesta inmune. Por último, resultó interesante constatar la ausencia de diferencias significativas en el efecto que sobre la respuesta inmune tuvieron las situaciones académicas de estrés normal comparado con las situaciones de estrés académico mínimo o ausente (regreso de vacaciones).

#### b. Estrés en la vida laboral

El **estrés de origen ocupacional** es producto de la interacción entre múltiples factores de riesgo, incluyendo aquellos que provienen del ambiente físico, trastornos de las funciones biológicas, el contenido y organización del trabajo, y diversos componentes sicosociales, tanto laborales como extra laborales. Uno de los grupos más afectados por efecto de los agentes estresores del medio ambiente laboral son los trabajadores del área de la salud. En una investigación llevada a cabo por el Dr. Marcelo Trucco, del Hospital del Trabajador de Santiago en el

año 1999, se estudió la sintomatología y las principales fuentes de estrés percibidas por una muestra de 205 trabajadores del área de la salud, tanto profesionales (médicos, enfermeras y paramédicos) como no profesionales (personal administrativo, auxiliares de enfermería y secretarías). Entre los síntomas informados por más del 25% de la muestra predominaron los de ansiedad y los depresivos. Las mayores causas de insatisfacción, que resultaron afectar a más de la mitad

de los sujetos, fueron: sentir su trabajo poco reconocido y valorado y la escasa posibilidad de controlarlo (baja autonomía). Entre los factores de tensión, destacó el sentimiento de tener que responder a muchas personas, el apremio de tiempo y las condiciones de trabajo físico ambientales inadecuadas. Además, se encontraron diferencias significativas en la frecuencia de síntomas psicossomáticos (CSPS) entre ambos grupos ocupacionales. Ver tabla N° 11.

**TABLA N° 11: DIFERENCIAS EN LA FRECUENCIA DE SÍNTOMAS SEGÚN EL GRUPO OCUPACIONAL.**

Síntomas psicossomáticos de estrés (CSPS)	Profesionales (%)	No profesionales (%)
Dificultad para permanecer dormido	18,1	36,5
Aumento del apetito	12,5	27,0
Cansancio	22,2	41,3
Molestias estomacales o digestivas	7,6	41,3
Dolor de cuello, hombro, brazos	19,4	38,1
Dolor de espalda o cintura	16,7	39,7
Palpitaciones o taquicardia	9,0	27,0
Temblores de manos o párpados	5,6	19,0
Mentalmente agotado	7,6	19,0
Dolor u opresión en el pecho	0,7	9,5
Desea que se le deje solo	17,4	34,9

Fuente: Trucco, M., P. Valenzuela & D. Trucco. *Estrés ocupacional en personal de salud*. Rev. Méd. Chile 127, N° 12: 1453 - 1461. 1999.

Si bien las asociaciones encontradas son concordantes con los estudios internacionales sobre el tema, los autores de este trabajo mencionan las siguientes como algunas de sus limitaciones: la muestra no es necesariamente representativa del personal de salud de Santiago o del país; los resultados expuestos no incluyen otras variables que influyen en el grado de estrés que las personas experimentan en su vida cotidiana,

tales como la interacción entre el trabajo y las obligaciones del hogar y aquellas dificultades asociadas a ingresos económicos insuficientes, todas las cuales forman parte de la realidad del grupo no profesional más que del grupo profesional. Finalmente, la metodología empleada para detectar casos sintomáticos puede incluir algunos casos de trastornos mentales que no son necesariamente atribuibles a variables laborales.

## 2. Analizar el problema

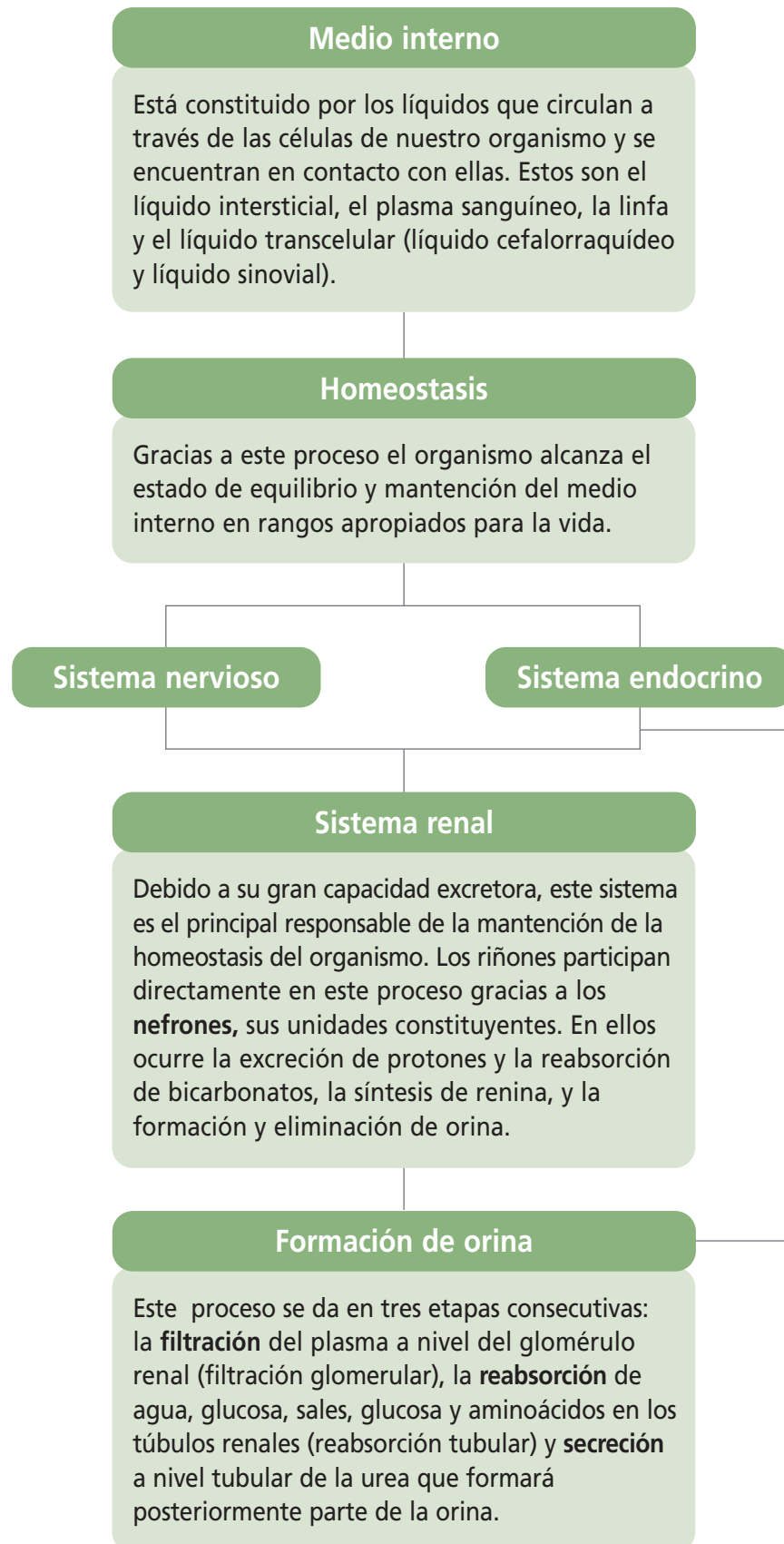
- Tomando en cuenta los antecedentes entregados en las páginas anteriores y buscando información adicional en enciclopedias e internet, desarrolla las siguientes actividades.
- a. Elabora una definición del concepto de estrés que considere los agentes estresores que le toca enfrentar a un estudiante de Educación Media.
- b. Analiza el gráfico N° 16 de la **página 97**, y propón una hipótesis que explique por qué **no** hay diferencias en el nivel de proliferación de linfocitos T en condiciones de estrés normal y en ausencia de estrés.
- c. ¿Qué agentes estresores **no** se controlaron en la toma de las muestras cuando los estudiantes volvieron de vacaciones? ¿Considerarías incorporar en el grupo de agentes estresores los estímulos positivos?, ¿por qué?
- d. Grafica los datos contenidos en la tabla N° 11 de la **página 98**, colocando en el eje x las fuentes de insatisfacción laboral, y utilizando barras de distinto color para cada categoría profesional.
- e. En relación al gráfico anterior, responde a las preguntas que se plantean a continuación:
  - ¿Cuál es el síntoma psicossomático de estrés **más** frecuente en cada grupo laboral?
  - ¿Cuál es el síntoma psicossomático de estrés **menos** frecuente en cada grupo laboral?

## 3. Tomar una decisión

- a. ¿Qué medidas puedes tomar para disminuir el efecto de los agentes estresores que afectan de manera general el desempeño escolar de tu curso?
- b. ¿Qué factores escolares inciden mayormente en el estado de estrés que eventualmente genera tener que rendir una prueba o un examen?
- c. ¿Sería distinta tu respuesta al agente estresor si te sintieras más preparado para rendir una prueba o examen altamente exigente? ¿Por qué?
- d. ¿Qué agentes estresores dentro de la sala influyen en el estado de estrés que puede llegar a tener tu profesor o profesora? ¿Qué medidas sugieres tomar para que este tipo de situación **no** ocurra con una alta frecuencia?

## 4. Mi compromiso

- Junto a tus compañeros y compañeras de curso y con el apoyo de tu profesor o profesora construye una tabla que enumere las fuentes de insatisfacción que tendrían mayor influencia en tu estado de estrés ante un examen. Agrega luego los agentes estresores que tienen su origen en la conducta del curso, y en tu propia conducta. Sugiere un conjunto de medidas que permitan manejar, entre todo el curso, ese tipo de situaciones.



### Control homeostático de la glicemia

Este proceso ocurre gracias a la acción contrapuesta de la insulina y el glucagón. La primera promueve el ingreso de glucosa a las células y disminuye su concentración en la sangre, mientras que el segundo facilita el aumento de glucosa en la sangre a partir de la degradación del glucógeno almacenado en los músculos y en el hígado.

### Estrés

El estrés induce respuestas que facilitan que el organismo reciba un mayor aporte de oxígeno y de glucosa gracias a la acción de las sustancias químicas secretadas en situaciones de alerta, como la adrenalina y el cortisol, que promueven un aumento de las frecuencias cardíaca y respiratoria, gracias a la activación de los centros simpáticos por parte del Sistema Nervioso Central.

La **variación en la concentración de orina** depende del volumen de agua disponible en el organismo. En condiciones de deshidratación, los túbulos renales reabsorben más agua y la orina resulta más concentrada. La orina producida luego de una gran ingesta de agua es más diluida, porque se reabsorbe menos agua que la filtrada en el glomérulo.

La **variación del volumen de orina** es regulada mediante el intercambio de sales entre los túbulos renales y los capilares que los rodean (homeostasis hidrosalina). Sustancias como ADH, alcohol y nicotina modifican el volumen de eliminación de orina.

## Mapa conceptual

Te invitamos a construir un mapa conceptual, con algunos de los conceptos que aparecen a continuación. Puedes incluir otros si lo estimas necesario.

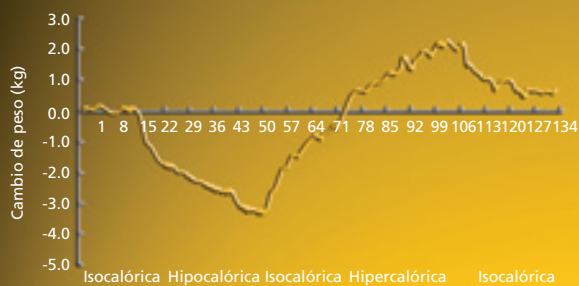
Homeostasis - Sistema renal - Riñón - Nefrón - Uréteres - Vejiga urinaria - Uretra - Filtración - Reabsorción - Secreción - Túbulo contorneado proximal - Túbulo contorneado distal - Túbulo colector - Glomérulo renal - Orina hipertónica - Orina hipotónica.

## ¿Control homeostático de la masa corporal?

La literatura científica sobre homeostasis abunda en evidencias que muestran una estrecha relación entre este proceso y la regulación de la concentración de solutos y solventes corporales por el sistema renal. Sin embargo, poco o nada se sabe respecto de una eventual regulación homeostática de la masa corporal. Recientes investigaciones llevadas a cabo por investigadores de la Universidad de Guanajuato, México, sugieren la existencia de un sistema de control homeostático de la masa corporal, o “ponderostato”.

Si bien se ha demostrado la existencia de un centro regulador de la masa en ratas, varios autores consideran su existencia improbable en el ser humano. Para revelar si existe este control interno de la masa, el Dr. Alejandro Macías, de la Escuela de Medicina de la Universidad de Guanajuato, México, llevó a cabo un estudio de seguimiento del gasto energético en sí mismo y en un voluntario, alimentándose durante cuatro meses con dietas estandarizadas de tres diferentes niveles, controladas de acuerdo con su contenido energético: **isocalórica** (2.406 kcal/día), **hipocalórica** (1.494 kcal/día) e **hipercalórica** (3.294 kcal/día). La masa se determinó todos los días a las siete de la mañana. Como nuevo índice del gasto energético, se determinó la caída de la masa corporal nocturna en 8 horas luego de descontar el peso urinario (CPC8). La reacción de la masa corporal a la dieta isoenergética varió de acuerdo con las circunstancias, y sus principales resultados se muestran en los gráficos. (a, Dr. Macías, b, voluntario).

**A** GRÁFICO N° 17: REACCIÓN DE LA MASA CORPORAL A LA DIETA ISOENERGÉTICA DEL DR. MACÍAS.



**B** GRÁFICO N° 18: REACCIÓN DE LA MASA CORPORAL A LA DIETA ISOENERGÉTICA DEL VOLUNTARIO.



Fuente: Macías, A. E., “Experimental demonstration of human weight homeostasis: implications for understanding obesity”. *British Journal of Nutrition*, 91: 479-484, 2004.

Según el Dr. Macías, estos resultados sugieren que la falla en el funcionamiento del sistema de control homeostático de la masa corporal, o ponderostato, sería uno de los factores que explican los problemas de obesidad y sobrepeso.

**A PARTIR DE LA LECTURA ANTERIOR Y DE LO QUE APRENDISTE EN ESTA UNIDAD, RESPONDE:**

- ¿Cómo interpretas el hecho de que las curvas de ambos individuos no presenten diferencias entre sí?
- ¿Qué información contenida en estos gráficos permite sugerir la existencia de un sistema de control homeostático de la masa corporal?
- ¿Qué variables no controladas en este diseño experimental podrían invalidar los resultados obtenidos?

En tu cuaderno desarrolla las siguientes actividades. Posteriormente, discútelas con tu curso en una puesta en común.

- En tu cuaderno escribe el nombre de las estructuras que se señalan con los números.
- En tu cuaderno, y utilizando el esquema, explica qué sucede con los procesos de filtración y reabsorción en las siguientes situaciones.
  - Si aumenta la presión sanguínea a nivel de la arteriola aferente.
  - Si disminuye la presión sanguínea en la arteriola eferente.
  - Si existe constricción de la arteriola eferente.
  - Si existe constricción de la arteriola aferente.
- Analiza el gráfico de la variación de la frecuencia cardiaca antes, durante y después de subirse a la montaña rusa y responde las preguntas que se plantean a continuación.

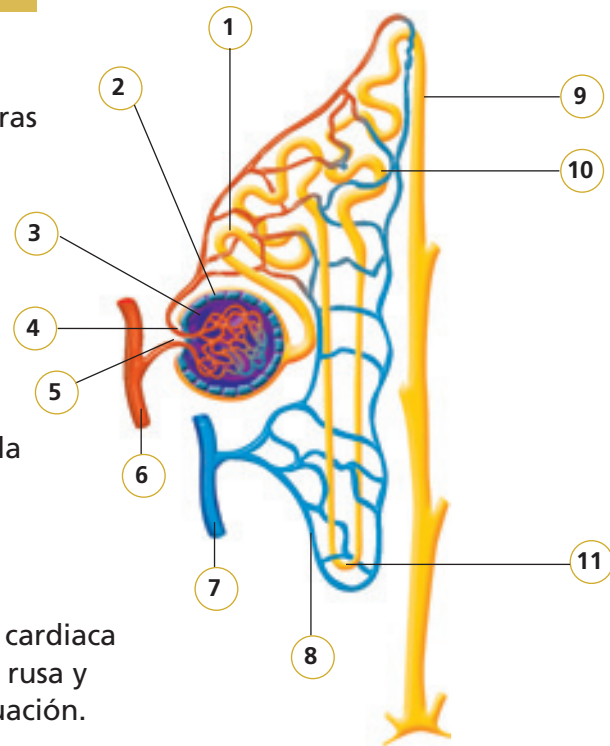
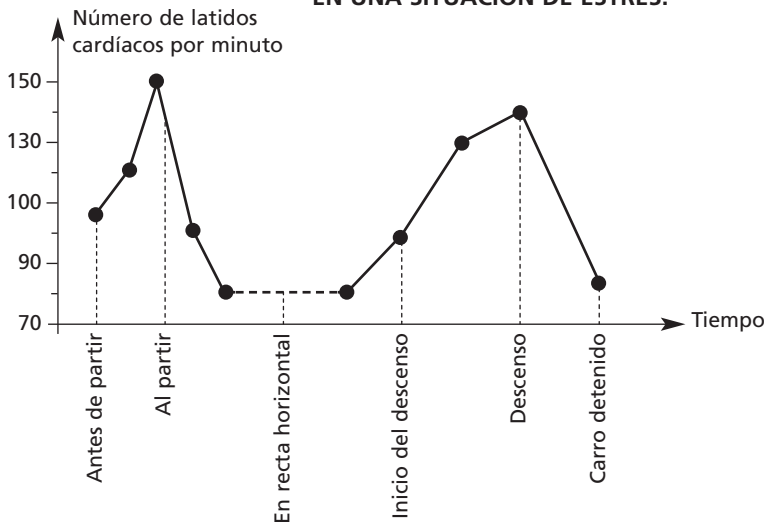


GRÁFICO N° 19: VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN UNA SITUACIÓN DE ESTRÉS.



Fuente: MINEDUC. Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio. 2000. Página 92.

- ¿Por qué varía la frecuencia cardiaca?
- ¿Cuál(es) es(son) el(los) agente(s) responsable(s) de producir el estrés?
- Si compararan la frecuencia cardiaca presentada en el gráfico y la de un compañero o compañera que realiza un presentación en el curso, ¿presentarían la misma curva? ¿Por qué? Explica.

En tu cuaderno responde las siguientes preguntas. Lee atentamente el enunciado y las alternativas, recuerda que solo una de ellas es la correcta. Al finalizar, desarrolla la sección **¿Cómo lo aprendí?** de la **página 186**.

4. Luego de la ingesta de una gran cantidad de agua, el volumen del plasma sanguíneo aumenta, pero solo por un corto período de tiempo, volviendo pronto a su volumen normal. Lo anterior es posible debido a:

- I. la absorción de agua en los nefrones.
- II. el aumento de débito urinario.
- III. la disminución de la concentración de solutos en el plasma.

- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo III
- D. I y II
- E. I, II y III

5. El siguiente gráfico representa un cambio en ciertas variables de la homeostasis, luego de inyectar una solución de NaCl 25% a animales de experimentación.

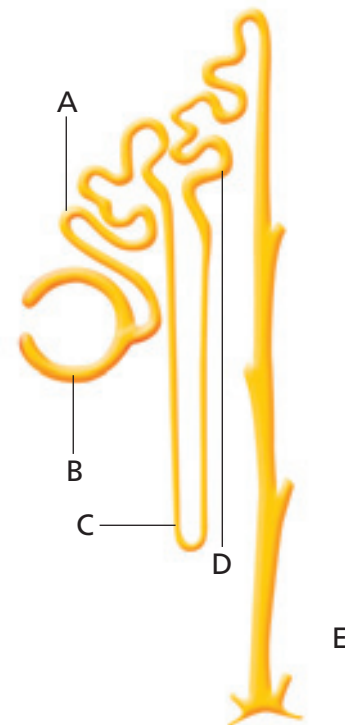


Al respecto, los ejes X e Y podrían corresponder a:

- I. X = concentración de sales; Y = tiempo.
- II. X = tiempo; Y = cantidad de orina.
- III. X = tiempo; Y = volumen plasmático.

- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo III
- D. I y II
- E. I, II y III

6. Un investigador está interesado en estudiar los mecanismos de acción de los transportadores activos de glucosa. ¿Cuál de las siguientes estructuras le recomendarías para la purificación de esas estructuras proteicas?



7. ¿Qué sucede si se consume una elevada cantidad de sales en la dieta?
- A. Se produce un aumento de la sed.
  - B. Se produce un descenso en la eliminación de agua en la orina.
  - C. El exceso de sales en el medio extracelular determina la deshidratación de las células.
  - D. En casos extremos se puede producir la muerte celular.
  - E. Todas las anteriores.
8. ¿Cómo recupera el organismo aquellas sustancias que son necesarias para su buen funcionamiento, como la glucosa y los aminoácidos, y que han pasado desde los capilares al espacio urinario?
- A. Mediante un proceso llamado reabsorción tubular, las células de los túbulos renales captan, por mecanismos de transporte activo o pasivo, las sustancias útiles que pasaron al espacio urinario y las retornan a la sangre.
  - B. Mediante un proceso llamado secreción tubular, las células de los capilares sanguíneos captan, por mecanismos de transporte activo o pasivo, las sustancias útiles que pasaron al espacio urinario y las retornan a la sangre.
  - C. Mediante un proceso llamado filtración tubular, las células de los túbulos renales captan, por mecanismos de transporte activo o pasivo, las sustancias útiles que pasaron al espacio urinario y las retornan a la sangre.
  - D. Mediante un proceso llamado reabsorción tubular, las células de los capilares sanguíneos captan, por mecanismos de transporte activo o pasivo, las sustancias útiles que pasaron al espacio urinario y las retornan a la sangre.
  - E. Ninguna de las anteriores.
9. ¿Qué sucede cuando una persona bebe mucha agua?
- A. Aumenta el volumen sanguíneo.
  - B. Disminuye la concentración de sales.
  - C. Disminuye la liberación de ADH (hormona antidiurética).
  - D. Se reduce la reabsorción de agua en los túbulos colectores.
  - E. Todas las anteriores.



10. ¿En qué se diferencian la reabsorción y la secreción tubular?

- I. La secreción tubular es, en esencia, similar a la reabsorción, solo que ocurre en sentido inverso, es decir, desde la sangre hacia la orina.
- II. En la secreción se adicionan a la orina sustancias tóxicas que aún no han sido eliminadas y que pueden resultar perjudiciales para el organismo.
- III. La secreción se lleva a cabo a lo largo de los túbulos renales.

- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo III
- D. I y II
- E. I, II y III

11. ¿Qué sucede cuando la sangre está muy concentrada (contiene muchos solutos)?

- I. Se produce la activación del centro de la sed en el hipotálamo.
- II. Se secreta la hormona antidiurética o ADH, almacenada en la hipófisis.
- III. La ADH, que viaja por la sangre y llega a las células de los túbulos colectores, promueve la reabsorción de agua y con ello, la formación de una orina concentrada.
- IV. La ADH, que viaja por la sangre y llega a las células de los túbulos colectores, promueve la reabsorción de agua y con ello, la formación de una orina diluida.

- A. I, II y IV
- B. I, II y III
- C. Solo I
- D. II y III
- E. II y IV

12. ¿Cuáles son los principales factores que regulan el equilibrio hídrico?

- I. El volumen de la orina que se produzca.
- II. La ingesta de agua.
- III. La formación de heces fecales.

- A. I y III
- B. II y III
- C. I y II
- D. Solo III
- E. Ninguna de las anteriores.

- ADH:** hormona antidiurética, secretada desde la hipófisis por acción del hipotálamo al activarse el centro de la sed. A nivel del nefrón promueve la reabsorción facultativa del agua y, consecuentemente, la formación de orina hipertónica.
- Estrés:** respuesta del organismo que conduce a recuperar el equilibrio del medio interno (homeostasis) cuando este ha sido alterado por la acción de un estímulo adverso externo o interno (agente estresor). La reacción orgánica frente a la acción del agente estresor ocurre en tres etapas: fase de alarma, acompañada del aumento de la frecuencia cardíaca, la síntesis de glucosa y la capacidad de coagulación de la sangre; fase de resistencia o adaptación y fase de agotamiento o estrés crónico.
- Filtración glomerular:** Paso de sustancias desde el plasma sanguíneo hacia la cápsula de Bowman.
- Homeostasis:** conjunto de procesos que permiten por autorregulación la mantención de un estado constante y equilibrado del medio interno frente a la acción de los factores externos e internos que alteran dicho estado.
- Medio interno:** líquidos orgánicos circulantes que rodean y bañan los elementos anatómicos de los tejidos, constituidos por el líquido intersticial, el plasma sanguíneo, la linfa y el líquido transcelular (líquido cefalorraquídeo y líquido sinovial).
- Nefrón:** unidad estructural y funcional de los riñones, que participa en la mantención de la homeostasis hidrosalina del organismo.
- Reabsorción facultativa:** reingreso de agua por el túbulo contorneado distal por acción de la ADH. Depende de los requerimientos específicos del organismo.
- Reabsorción obligatoria:** reingreso por osmosis del agua que circula alrededor del túbulo contorneado proximal del nefrón.
- Retroalimentación:** sistema de control homeostático que regula el flujo de metabolitos mediante la disminución o aumento temporal de la actividad de enzimas y de hormonas cruciales para la mantención de las funciones vitales del organismo. La regulación neuroendocrina de la temperatura corporal, de la presión sanguínea y de la glicemia son ejemplos de control homeostático por retroalimentación.
- Secreción tubular:** transporte de sustancias tóxicas para el organismo, por transporte pasivo o activo, desde los capilares tubulares hacia el lumen de los túbulos del nefrón.

# Variabilidad, evolución y adaptación de los seres vivos

La vida en nuestro planeta comenzó con unos pocos organismos procariontes muy simples. A partir de estos surgieron todas las demás especies conocidas. ¿Cuál es el origen de la diversidad? ¿Cómo ha llegado a ser tan amplia? La teoría de la evolución trata de explicar estas y otras preguntas procurando descifrar los mecanismos que han llevado a esta enorme biodiversidad. La diversificación se refleja, además, en las múltiples formas de vida que presentan las especies, cuyas características les permiten vivir en una amplia variedad de lugares. Las especies poseen adaptaciones que les permiten vivir y reproducirse en un rango particular de condiciones ambientales. ¿Podría un organismo sobrevivir si es trasladado a un lugar completamente diferente? ¿Cómo han logrado los organismos adaptarse a las variadas condiciones del ambiente?

En esta unidad te invitamos a resolver muchas de las preguntas relacionadas con la evolución y la adaptación de los seres vivos.

## En esta unidad...

### Conocerás y comprenderás:

- El desarrollo histórico de las ideas en torno a la evolución orgánica.
- El aporte de distintas disciplinas en la formulación de las teorías evolutivas.
- Los procesos de selección natural y especiación.
- Las bases de la teoría sintética de la evolución.
- El concepto de adaptación y su implicancia en la sobrevivencia y reproducción de los organismos.
- Las diferentes formas de adaptación con su función y/o con el ambiente que habitan las especies que las presentan.
- La adaptación como parte de la historia evolutiva de los seres vivos, en general, y de algunos grupos de especies, en particular.

### Desarrollarás habilidades para:

- Interpretar información organizada en tablas, gráficos y esquemas.
- Formular hipótesis de acuerdo con la información disponible.
- Analizar e interpretar resultados.
- Adquirir habilidades para la búsqueda y recopilación de información bibliográfica.

### Desarrollarás actitudes para:

- Reconocer la importancia de los avances científicos en la lucha contra el VIH/SIDA.

FOTOBANCO

## Antes de comenzar...

¿Cuál es tu nivel de conocimiento acerca de los siguientes temas? Cópialos en tu cuaderno y frente a cada uno escribe: **1**, si no sabes nada; **2**, si tienes una idea general; y **3**, si sabes lo suficiente como para explicárselo a un compañero o compañera.

- Evidencias a favor de los cambios de los seres vivos a través de las generaciones.
- Principales teorías que explican la evolución de los seres vivos.
- Procesos de selección natural y especiación.
- Concepto de adaptación.
- Concepto de adecuación biológica.

## Exploración inicial

### Las especies que están emparentadas, ¿poseen un ancestro común?

#### Antes de empezar

Formen un grupo de trabajo y discutan en torno a las siguientes preguntas:

- Piensen en un perro, en un zorro y en un lobo, ¿qué semejanzas presentan?, ¿qué los diferencia?
- ¿Podrían decir que estas especies (perro, zorro y lobo) están emparentadas?, ¿por qué?

#### Antecedentes

El origen de la **biodiversidad**, o diversidad de especies, es una interrogante muy antigua y ha tenido diferentes aproximaciones teóricas a lo largo del tiempo. Actualmente, las respuestas al origen de las especies están enmarcadas en la “teoría de la evolución”. Se estima que hace más de 3.500 millones de años surgieron los primeros seres vivos, los cuales eran organismos muy simples (**procariontes**), capaces de crecer y multiplicarse. A partir de ellos se han originado las diferentes **especies** de organismos, muchas de las cuales se han extinguido. Por lo tanto, es posible afirmar que las especies de seres vivos están “emparentadas” en mayor o menor grado. El aumento del **número de especies** conocidas ha llevado a los investigadores, desde hace mucho tiempo, a considerar que las diferentes especies se originan mediante cambios a partir de otras **especies ancestrales**.



*El registro fósil entrega evidencias de las características de especies que vivieron en distintas épocas geológicas.*

#### Entendiendo el fenómeno

Una vez que hayan leído la información de la sección **Antecedentes**, respondan las siguientes preguntas.

- ¿Cuál es el proceso general que ha originado la diversidad de especies?
- ¿Cómo podrían definir “especie ancestral”?

#### Resultados

- Respondan en sus cuadernos la pregunta inicial y fundamenten su respuesta.

#### Análisis

- Expliquen el siguiente párrafo y busquen imágenes que lo ejemplifiquen. Escriban la explicación y peguen las imágenes en sus cuadernos.

*La biodiversidad actual de una región determinada está representada en gran parte por un conjunto de seres vivos que ha evolucionado en dicha región, es decir, que ha cambiado genotípica y fenotípicamente a través de las generaciones.*

## 1 Principales respuestas para el origen de la biodiversidad

Las creencias religiosas influyeron fuertemente en el pensamiento científico del pasado, en cuanto al origen de la gran diversidad de especies que los estudiosos de la naturaleza (naturalistas) observaban y describían en diferentes ambientes.

Aristóteles (384-322 a.C.), por ejemplo, consideraba que los organismos forman parte de una “**escalera de la naturaleza**” creada por la divinidad, donde cada especie es parte de una progresión, desde lo imperfecto a lo más perfecto. Consideraba además, que cada especie había sido creada previendo su utilización futura.

Algunos científicos consideraban que todas las formas vivas existentes habían sido creadas por Dios en un momento particular y, desde ese tiempo, habrían permanecido como hasta hoy, fijas, sin alteración. A esta línea de pensamiento se le conoció como **fijismo**, y prevaleció hasta mediados del

siglo XIX. Entre estos naturalistas, Linneo (Carl von Linné, 1707-1778) destaca por sus aportes a la Biología.

Linneo propuso un método de clasificación de los seres vivos, vigente hasta nuestros días: consideraba de extrema importancia describir los diferentes tipos de organismos lo más detalladamente posible. Luego, de acuerdo al grado de semejanza, agruparlos en diferentes categorías. De este modo, Linneo desarrolló un sistema jerárquico de organización que hoy conocemos como **sistema de clasificación natural**.

La idea de que toda la diversidad de seres vivos habría aparecido en el mismo momento no era consistente con las observaciones realizadas a través de la clasificación natural. El descubrimiento de una gran variedad de especies dentro de los diferentes grupos taxonómicos permitía inferir que los organismos cambian y que, probablemente, estos cambios, a lo largo de muchas generaciones, explicarían la generación de la diversidad de especies existentes.

### ACTIVIDAD 1

### ORDENAR

Copia el siguiente esquema en tu cuaderno, analízalo y realiza las actividades propuestas a continuación.

- Determina en qué posición deben ir las siguientes categorías taxonómicas: *phylum*, género y especie. Escríbelas e incluye flechas o llaves que permitan comprender el esquema.
- Investiga y escribe el nombre del *phylum*, de la subfamilia (si corresponde), del género y de la especie correspondiente a los organismos escritos entre paréntesis.

		Familia Canidae (perro)
	Orden Carnívoros	Familia Felidae (tigre)
Clase Mamíferos		Familia Hominidae (chimpancé)
	Orden Primates	Familia Hominidae (ser humano)



Organización jerárquica de diferentes categorías taxonómicas (clase, orden, familia).

## 2 El cambio de los seres vivos a través de las generaciones

¿Has observado dibujos o representaciones de los primeros seres humanos pertenecientes a nuestra especie? ¿Son iguales a los seres humanos que conoces actualmente? Los organismos de diversas especies cambian a través de las generaciones. Este cambio, generalmente, se puede constatar después de muchas generaciones y puede ser de diferente magnitud; desde cambios mínimos no observables externamente, hasta grandes cambios que involucran estructuras internas y externas.

Es necesario considerar que la **magnitud** de estas transformaciones, y el **tiempo** en que ocurren, dependen de diferentes factores. Probablemente, si se observa un **fenotipo** en una población, y se compara con la siguiente generación, no se detecten diferencias.

Tal vez, después de muchas generaciones (y mucho tiempo) tampoco se observen diferencias en el rasgo, pero sí en otra población. De lo anterior se puede deducir que en las especies (o poblaciones) los cambios no ocurren con la misma rapidez, ni afectan a todos los rasgos por igual o a todas las poblaciones de una misma especie.

### 2.1 Evidencias del cambio

Tradicionalmente, las evidencias de cambio de los seres vivos a través de las generaciones, las han aportado diferentes disciplinas científicas, como la **paleontología** (estudio de los fósiles), la **anatomía comparada** (estudio de las semejanzas y diferencias de las estructuras anatómicas entre los organismos de diferente especie) y la **biología del desarrollo** (estudio del desarrollo embrionario de los organismos de diferentes especies).

#### ACTIVIDAD 2

#### COMPARAR

Reunidos en pareja, busquen en textos, CD o en internet imágenes de fósiles de organismos “emparentados” y hagan un listado con las semejanzas y diferencias que ellos exhiben.

- ¿Qué importancia tiene que los fósiles estén bien conservados y lo más completos posible?
- ¿Por qué los fósiles son evidencia contraria a la teoría fijista?

#### VOY APRENDIENDO



*Homo erectus*. Con arco superciliar y volumen de cerebro entre 800 cm<sup>3</sup> y 1.000 cm<sup>3</sup>. Aparecieron hace más de 1 millón de años y habitaron hasta hace 100.000 años aproximadamente.



*Homo sapiens*. Sin arco superciliar y volumen de cerebro entre 1.100 cm<sup>3</sup> y 1.400 cm<sup>3</sup>. Habitan desde hace 100.000 años aproximadamente.

Considerando las ilustraciones y los datos entregados, responde las siguientes preguntas:

- ¿De qué manera se complementa la paleontología y la anatomía comparada?
- ¿Qué rasgo puede ser interpretado como una “novedad evolutiva” en *Homo sapiens*?, ¿cuál no?
- ¿Qué fundamentos sustentan tus respuestas anteriores?

## 2.2 Paleontología: los fósiles como evidencia de cambio

La corteza terrestre está estructurada en **estratos** o capas horizontales que se producen por acumulación de sedimentos a lo largo del tiempo, de modo que los estratos más profundos son más antiguos que los más superficiales. Muchas rocas con formas semejantes a restos de seres vivos, encontradas a fines del siglo XIX, fueron consideradas por algunas personas como “caprichosos juegos de la naturaleza”; resultado de la acción del viento, del agua o de alguna “fuerza misteriosa” que actúa sobre las rocas. Sin embargo estos hallazgos, conocidos como **fósiles**, posteriormente fueron interpretados como evidencia del cambio de los seres vivos a través del tiempo.

Diversas observaciones, en relación con el hallazgo de fósiles, han aportado valiosa información. Por ejemplo, se han descubierto fósiles del mismo grupo taxonómico en distintos lugares, pero en los mismos estratos; restos de fósiles, semejantes a las especies actuales, se han encontrado en capas más superficiales, pero ausentes en estratos más profundos; y en estos últimos, se han descubierto formas fósiles muy distintas a las especies que habitan el mismo lugar en el presente.



El hallazgo de numerosos fósiles de diferentes formas y tamaños (huellas dejadas por animales, huesos de vertebrados, conchas de moluscos, polen de flores, hojas y troncos de árboles, etc.) ha constituido un amplio **registro fósil** cuyo estudio ha contribuido a valorarlos como “testigos de plantas y animales del pasado”.

### ACTIVIDAD 3

### ELABORAR Y ANALIZAR

Reúnanse en grupo y consigan un frasco de vidrio o una botella de plástico transparente (sin la parte superior), distintos sedimentos (maicillo, arena, tiza molida), conchitas de moluscos marinos y de caracoles de tierra, restos de insectos, huesos secos de aves y mamíferos pequeños. Rellenen el envase con los distintos tipos de sedimentos y depositen entre ellos los restos de seres vivos, que representan los fósiles, de acuerdo a la siguiente distribución: en el estrato más profundo agreguen pequeñas conchas de moluscos marinos, luego las de caracoles de tierra y posteriormente los restos de insectos; hacia los estratos superiores ubiquen, juntos, los huesos de aves y mamíferos.

Luego de realizar la actividad descrita anteriormente, respondan.

- ¿Qué indica el orden en que ubicaron los distintos “fósiles”?
- ¿Qué sugiere el hecho de que los huesos de aves y mamíferos estén en el mismo estrato?
- Si tuviesen huesos de peces, ¿dónde los ubicarían?, ¿por qué?

### 2.3 ¿Qué sugieren las observaciones de fósiles en distintos lugares y estratos?

Los estratos horizontales, en que se estructura la superficie terrestre, serían el resultado de la acumulación de sedimentos a lo largo del tiempo, como ocurre hoy en los fondos marinos. Los hallazgos de fósiles en estratos de diferente profundidad serían evidencias de que **en el pasado pudieron existir especies que no están presentes hoy**. En algunos casos, el estudio comparativo de diferentes fósiles pertenecientes a algunos grupos taxonómicos indicaría una **tendencia a la complejidad**, es decir, que fósiles más antiguos corresponden a seres vivos con características morfológicas más “simples”, mientras que los más recientes exhiben estructuras más complejas. Asimismo, los restos de organismos marinos, descubiertos a alturas lejanas del mar, evidencian que esos lugares habrían estado, antiguamente, cubiertos por el océano.

En el curso de la historia, muchos científicos, influenciados por pensamientos de su época, intentaron interpretar estos hechos de manera concordante con la idea de inmutabilidad de los seres vivos. Así, por ejemplo, para explicar la ausencia de restos fósiles de especies actuales en estratos más profundos, planteaban que la Tierra habría sufrido varios eventos de creación. Sin embargo, la idea de que las especies cambian a lo largo del tiempo, originando las diferentes formas de vida, cobraba cada vez mayor fuerza.

El hallazgo de restos fósiles de seres vivos que habitaron el planeta en la antigüedad, reveló mucha evidencia a favor del cambio de los seres vivos. Para ello, se compararon con seres vivientes en la actualidad, pertenecientes a la misma especie o a especies emparentadas. Estos cambios manifestados por los seres vivos constituyen una evidencia de la **evolución**.



Milodón

Los restos fósiles, además de constituir evidencias de evolución, representan evidencias de que en el pasado, y en diferentes periodos, existieron especies que no están presentes hoy, las cuales se denominan **especies extintas**. El milodón de esta ilustración es un ejemplo de ellas.

#### ACTIVIDAD 4

#### ANALIZAR

- Junto a un compañero o compañera analicen el esquema del **Anexo 5 (página 177)** que representa un registro fósil (huellas) y luego respondan las preguntas planteadas.

#### VOY APRENDIENDO

Sobre la base de la información entregada en esta y en la página anterior, responde las siguientes preguntas.

- Además del análisis de los fósiles para comprender parte de la historia evolutiva de las especies, ¿qué información se puede obtener de las impresiones fósiles como las huellas?
- ¿Los fósiles siempre pertenecen a especies diferentes a las actuales? Fundamenta tu respuesta.
- Elabora una definición de fósil.

## 2.4 Fósiles e historia evolutiva

En ocasiones, cuando el registro fósil de un grupo de organismos de especies cercanas (emparentadas) es bastante completo, los fósiles pueden ser utilizados para deducir la historia evolutiva de las **especies actuales** o "modernas", utilizando especies extintas de diferentes edades geológicas. De esta manera, a veces los fósiles aportan pruebas sobre el origen de una especie, a partir de otra preexistente.

Cuando se habla de especies modernas, los científicos se refieren a aquellas especies presentes en la actualidad que descienden de otras, estas últimas conocidas como **especies ancestrales**. Más adelante se analizará el proceso mediante el cual se originan las especies a partir de otras. En general, a partir de una especie ancestral (extinta) pudo haberse originado otra, nueva o moderna en comparación con la especie a partir de la cual se originó.

### Biodatos

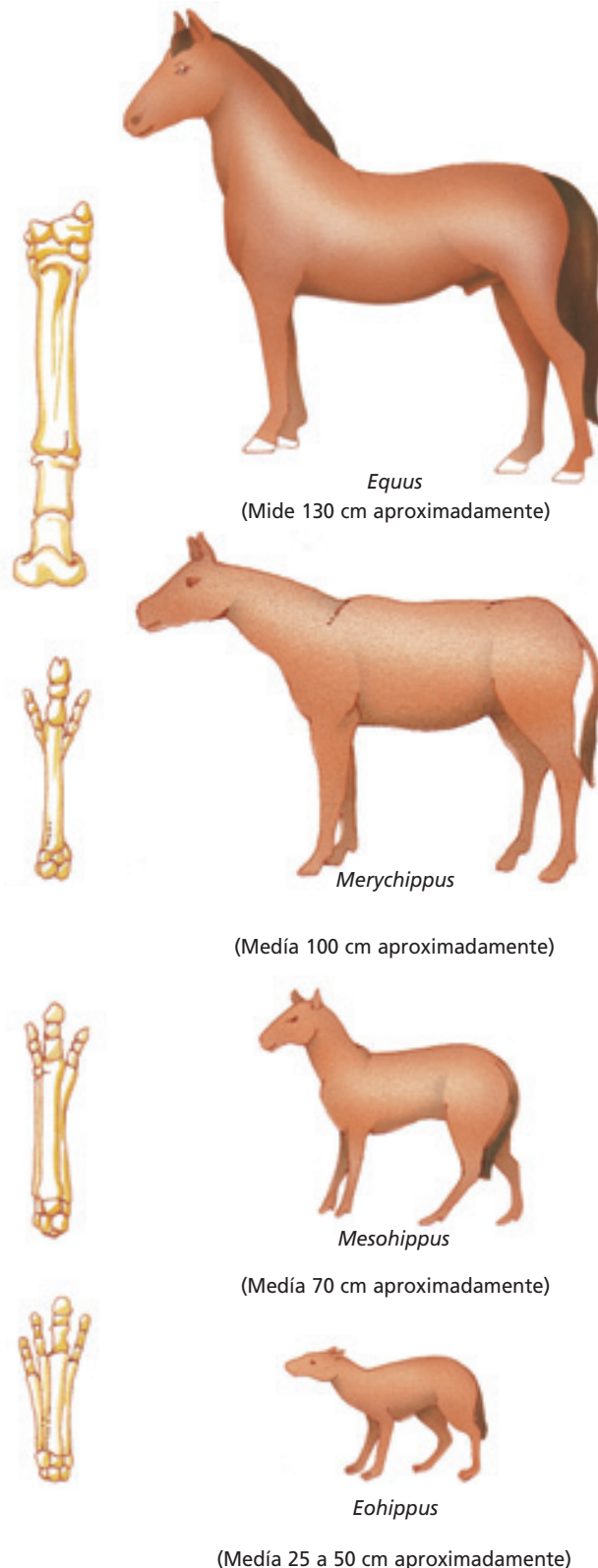
Habitualmente los biólogos evolutivos denominan linaje a un grupo de especies emparentadas, incluyendo las especies actuales consideradas las más modernas del linaje y sus ancestros.

### ACTIVIDAD 5

### ANALIZAR

Analiza el dibujo de la historia evolutiva propuesta para una especie de caballo que aparece en esta página y responde las preguntas. Luego compáralas con las de un compañero o compañera y elaboren respuestas comunes.

- ¿Qué cambios han experimentado las especies en la línea evolutiva del caballo (*Equus*)?
- ¿Qué sugieren estos cambios?



El linaje al cual pertenece el caballo moderno (*Equus*) ha sido propuesto a partir del registro fósil encontrado. Los fósiles obtenidos de estratos más recientes presentan mayor parecido con las especies actuales. Las ilustraciones de la izquierda corresponden a la pata de cada una de las especies de este linaje.

### 3 ¿Qué es evolución?

La evolución es el proceso de **transformación** de los seres vivos a través de las generaciones. Esta transformación incluye **cambios en rasgos fenotípicos** (del fenotipo), los cuales son **heredables**. Otro tipo de cambios son la aparición o pérdida de estructuras, la formación de nuevas especies y la extinción.

La evolución no ocurre durante la vida de un organismo individual, sino que en las poblaciones a lo largo de muchas generaciones. El conjunto de poblaciones que pueden reproducirse entre sí constituye una especie, por lo tanto, también es correcto plantear que las especies evolucionan. Los cambios que se producen pueden ser mínimos, de tal manera que resulta difícil detectarlos, o de mayor magnitud, de modo que los organismos de la población difieren notoria-

mente con respecto a sus antepasados o de otras poblaciones.

Las poblaciones van cambiando en el transcurso del tiempo. Si pudiéramos comparar los organismos de una población presente en la actualidad con los organismos de una población ancestral, a partir de la cual proviene la población actual, tras muchas generaciones, podríamos detectar diferencias (cambios); pero probablemente los organismos de ambas poblaciones siguen siendo de la misma especie. Es decir, hubo evolución pero no formación de especies nuevas. También puede ocurrir que a partir de una población ancestral se diferencian dos poblaciones a tal grado que, con el tiempo, cada población constituye una especie distinta de la otra. En este caso, ha ocurrido evolución con la formación de nuevas especies, proceso denominado **especiación**.



#### Biología@net

Visita la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B3116. Encontrarás información respecto al concepto de evolución, las teorías evolutivas y las pruebas en que se fundamentan. Recuerda que las direcciones de internet o su contenido pueden cambiar.

Considerando que los organismos de la fotografía representan una población, ¿son los organismos los que evolucionan o es la población representada por estos individuos?

#### VOY APRENDIENDO

Considerando la información presentada en esta página, responde las siguientes preguntas fundamentando tus respuestas.

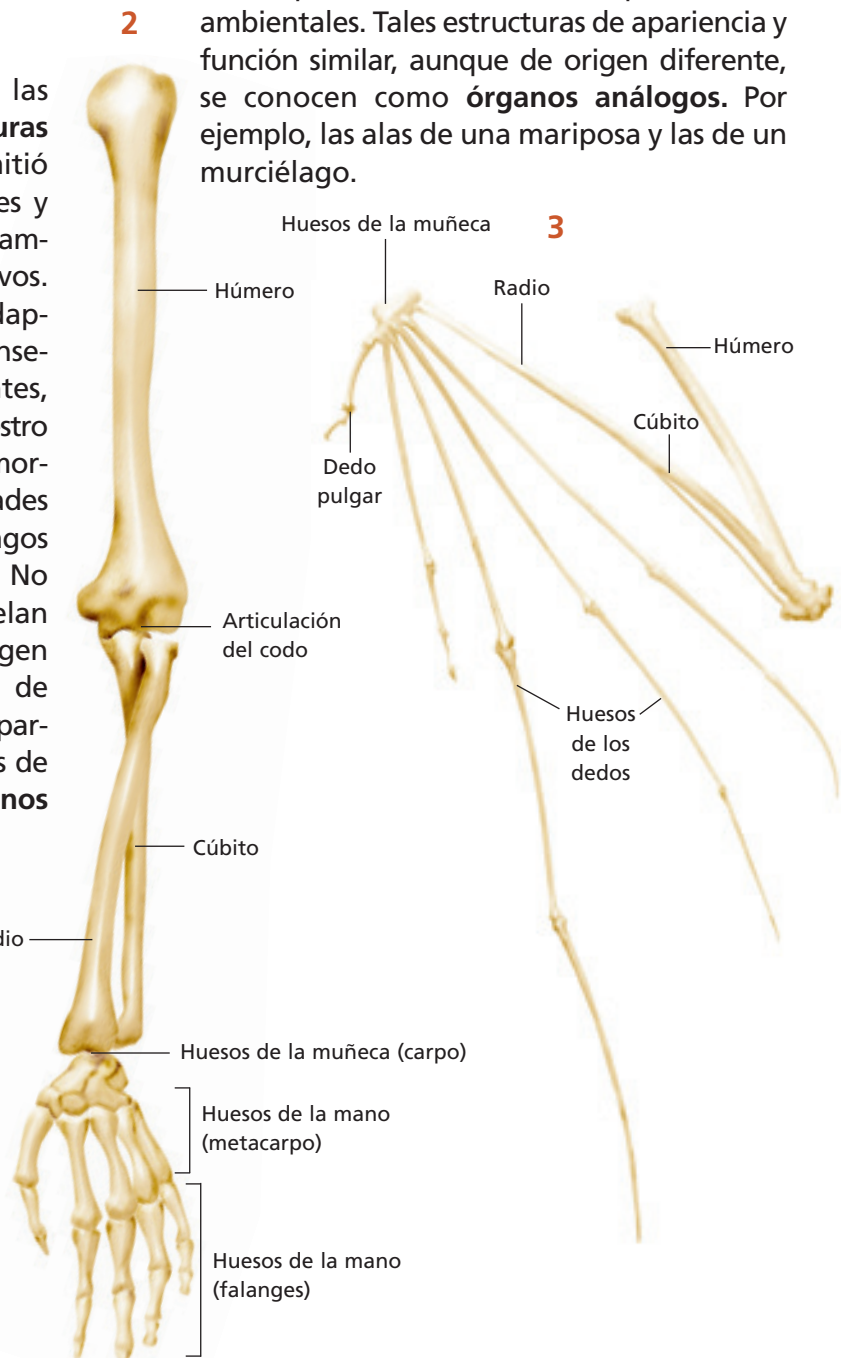
- El término evolución se emplea habitualmente como sinónimo de cambio, pero ¿todo lo que cambia evoluciona?, ¿qué cambios **no** son evolutivos?
- La evolución es un proceso que permite comprender cómo se originan las especies; sin embargo, ¿es posible que exista evolución sin que se originen nuevas especies?
- De acuerdo con el concepto biológico de especie, ¿de qué manera podrías corroborar si los organismos de dos poblaciones pertenecen a la misma especie?

## 4 Más evidencias a favor de la evolución

Otras disciplinas, además de la paleontología, que han contribuido al desarrollo de la teoría evolutiva son las descritas a continuación.

### 4.1 Anatomía comparada

Esta ciencia, encargada de estudiar las **semejanzas y diferencias de las estructuras anatómicas** entre los organismos, permitió inferir el parentesco de algunas especies y reconocer la estrecha relación entre el ambiente y las adaptaciones de los seres vivos. Esta disciplina mostró cómo especies adaptadas a diferentes ambientes y, en consecuencia, morfológicamente muy diferentes, muestran semejanzas que sugieren un ancestro común. Por ejemplo, las diferencias morfológicas y funcionales entre las extremidades superiores de hombres (brazos), murciélagos (alas) y ballenas (aletas) parecen obvias. No obstante, sus estructuras internas revelan grandes semejanzas, indicando así un origen común (aunque remoto). A este tipo de órganos, de origen evolutivo común (compartidos por diferentes especies y heredados de un ancestro común), se les denomina **órganos homólogos**.



Extremidades superiores en mamíferos:  
1 ballena, 2 humano, 3 murciélago.

¿Todas las especies con estructuras similares surgen de un ancestro común? Especies no relacionadas (o lejanamente emparentadas) pero que habitan ambientes similares, pueden evolucionar de manera convergente alcanzando apariencias físicas similares, como respuesta a los mismos requerimientos ambientales. Tales estructuras de apariencia y función similar, aunque de origen diferente, se conocen como **órganos análogos**. Por ejemplo, las alas de una mariposa y las de un murciélago.

### 4.2 Biología del desarrollo

Esta ciencia, que estudia el **desarrollo embrionario** en diferentes organismos, estableció que a lo largo de su desarrollo algunos grupos de especies muestran gran similitud, especialmente durante los estados tempranos, exhibiendo estructuras comunes que en algunas especies desaparecen posterior-

mente. Es así como las fases embrionarias tempranas de un reptil, un ave, o un mamífero, por ejemplo, son muy parecidas. Sin embargo, en etapas finales del desarrollo embrionario surgen rasgos que acentúan las diferencias entre los grupos taxonómicos, los cuales son muchas veces utilizados para inferir relaciones de parentesco evolutivo.

Etapa del desarrollo	Pez	Salamandra	Tortuga	Pollo	Conejo	Ser humano
Inicial						
Intermedia						
Final						

Comparación de embriones de diferentes seres vivos.

#### ACTIVIDAD 6

#### COMPARAR

Reunidos en grupo, analicen el dibujo que aparece en esta página. Luego, respondan las preguntas.

- ¿Qué semejanzas y diferencias observan entre los embriones de los distintos animales?
- Al comparar los distintos embriones de la etapa final, ¿cuáles se asemejan más?, ¿cuáles menos?

### 4.3 Biología molecular

Esta ciencia es el aporte más reciente a la teoría de la evolución. **Estudios comparativos** sobre la composición de la **molécula de ADN**, entre diferentes especies, han hecho posible establecer más claramente su grado

de parentesco. Este tipo de estudios ha demostrado que especies más emparentadas poseen secuencias nucleotídicas más parecidas. Así, se ha podido inferir el grado de parentesco entre especies cuya historia evolutiva es desconocida.

**TABLA N° 12: SECUENCIAS DE ADN CORRESPONDIENTES A PARTE DEL GEN DE LA HEMOGLOBINA EN DIFERENTES ESPECIES.**

Especie	Secuencias de ADN			
vaca	GCTGCACTGT	GATAAGCTGC	ACGTGGATCC	TGAGAACTTC
chimpancé	GCTGCACTGT	GACAAGCTGC	ACGTGGATCC	TGAGAACTTC
gallina	ACTGCATTGT	GACAAGCTGC	ATGTGGACCC	CGAGAACTTC
cabra	GCTGCACTGT	GATAAGCTGC	ACGTGGATCC	TGAAAACCTC
sapo	GAAGCACCGT	GAGGAACTCC	ACGTGGACCC	TGAAAACCTC
humano	GCTGCACTGT	GACAAGCTGC	ACGTGGATCC	TGAGAACTTC

Fuente: Mineduc. Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio. 2000. Página 119.

#### ACTIVIDAD 7

#### ANALIZAR

Reúnanse en grupo y comparen las secuencias de ADN de las diferentes especies que aparecen en esta página.

Copien la tabla que aparece a continuación en sus cuadernos y complétenla con el número de diferencias que encuentren entre las secuencias de los diferentes animales y luego respondan las siguientes preguntas:

Organismo	sapo	gallina	cabra	vaca	chimpancé	humano
sapo						
gallina						
cabra	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno
vaca	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno
chimpancé	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno
humano	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno	copia en tu cuaderno

- a. ¿Qué ocurre al comparar las secuencias nucleotídicas de los genes de especies emparentadas?
- b. ¿Qué relación existe entre la proximidad evolutiva y la semejanza de las secuencias?

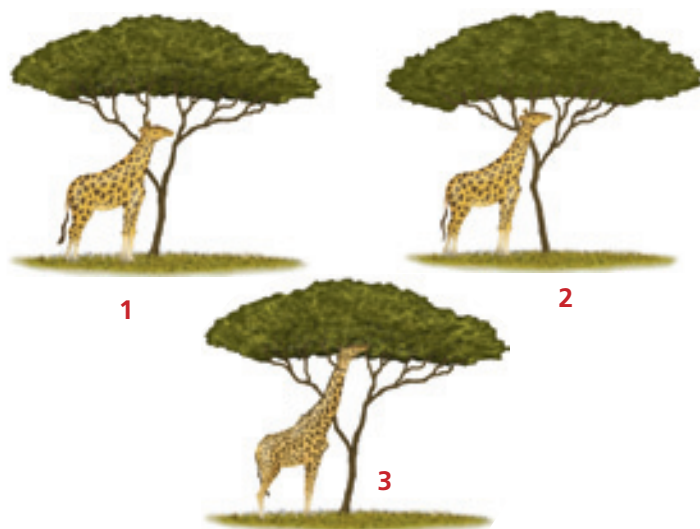
## 5 Una explicación para la evolución de las especies

Hasta ahora hemos definido la evolución como un proceso de cambios a través de las generaciones y que ocurre en las poblaciones que constituyen las especies, pero ¿a través de qué mecanismo ocurre la evolución? A comienzos del siglo XIX, aún cuando las ideas del fijismo tenían mucha fuerza, comenzaba a emerger una nueva postura, el **transformismo**.

Uno de los primeros y más connotados representantes de esta teoría transformista fue el naturalista francés **Jean Baptiste Lamarck**, quien propuso, en 1809, que los organismos cambian a lo largo del tiempo, dando lugar a la variedad de seres vivos existentes. Lamarck planteaba que la evolución de los organismos constituye una progresión, en la cual las especies van originando formas de vida cada vez más complejas, finalizando en la perfección de la creación: la especie humana.

En este proceso de evolución de las especies, Lamarck planteaba la idea de que los seres vivos poseían un impulso interno que los conducía hacia la perfección. Los organismos podían sufrir modificaciones para adaptarse a su ambiente, respondiendo así a los requerimientos que su medio les imponía. Lamarck pensaba que los organismos podían adquirir o heredar, de las generaciones precedentes, las características (adaptaciones) que ellos habían desarrollado, principio conocido como **herencia de los caracteres adquiridos**.

Además, propuso el llamado **principio del uso y del desuso de los órganos**, según el cual el fortalecimiento y desarrollo de las estructuras y órganos de un individuo dependía del uso que se hiciera de ellos. Así, su uso constante los perfeccionaba y el desuso los reducía y atrofiaba. Las ideas de Lamarck tuvieron una aceptación general hasta mediados del siglo XIX, cuando el naturalista inglés **Charles Darwin** publicó sus teorías respecto de la evolución de las especies.



Esquema que representa la teoría de la evolución a través de la herencia de los caracteres adquiridos.

1. Jirafas ancestrales, de cuello corto, se esfuerzan por alcanzar el follaje verde de los árboles, debido a la escasez de follaje a menor altura.
2. Los descendientes tienen cuellos más largos (carácter adquirido), los que siguen alargándose a causa de nuevos esfuerzos por alimentarse del follaje de los árboles.
3. Como consecuencia de este continuo esfuerzo, las jirafas actuales tienen el cuello largo, de mayor longitud que las especies ancestrales.

### VOY APRENDIENDO

- Completa en tu cuaderno el siguiente cuadro comparativo.

	Fijismo	Transformismo
Causa del origen de las especies		
Origen único o múltiple de las especies		

Copia en tu cuaderno

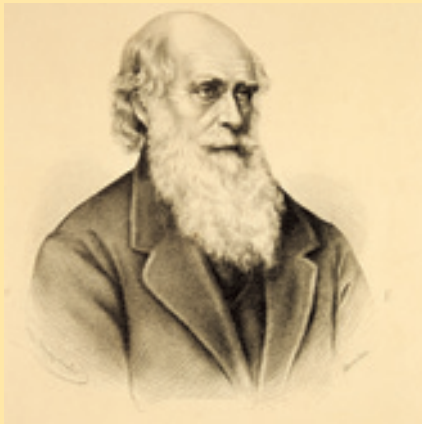
### 5.1 El viaje de Darwin: nace una nueva explicación

En su recorrido por **Sudamérica**, Darwin quedó sorprendido por las grandes diferencias espaciales y temporales de la diversidad de seres vivos. En el trópico americano, por ejemplo, encontró una riqueza de especies, mientras que en Tierra del Fuego observó una gran pobreza. Por otra parte, el hallazgo de restos fósiles de especies inexistentes, le sugería que las **especies del pasado fueron diferentes**. En Argentina, por ejemplo, desenterró fósiles del perezoso gigante, un animal de unos 6 metros de altura. En Chile encontró restos de organismos marinos en tierra firme, muy lejos de la costa. En las **islas Galápagos**, archipiélago ubicado frente a las costas de

Ecuador, descubrió diferentes organismos: tortugas gigantes, iguanas terrestres y marinas, de casi un metro de longitud; además de plantas, insectos, lagartijas y conchas marinas muy extrañas.

Darwin había notado, con anterioridad, que **ambientes similares no siempre eran habitados por organismos del mismo tipo**, hecho que era mucho más evidente en Galápagos. Por ejemplo, en las islas no existían las aves insectívoras observadas en el continente; en su lugar otro grupo de aves, los pinzones, había asumido ese tipo de alimentación. En cada isla existía un tipo diferente de pinzón, que, aunque muy semejantes entre sí, presentaban claras diferencias en el tipo de alimentación y en algunas características morfológicas relacionadas con esa dieta.

#### Biodatos



Parte importante del viaje de Darwin fue realizado en Chile. Describió la flora y fauna de Tierra del Fuego, así como aspectos geológicos y sus habitantes nativos. Visitó Valdivia y Chiloé, registrando su impresionante vegetación. Contempló Santiago desde el cerro Santa Lucía. Ascendió el cerro La Campana, cerca de Valparaíso. Las observaciones efectuadas durante su viaje le permitieron plantear que muchas especies vegetales y animales en Chile estaban aisladas geográficamente.

#### ACTIVIDAD 8

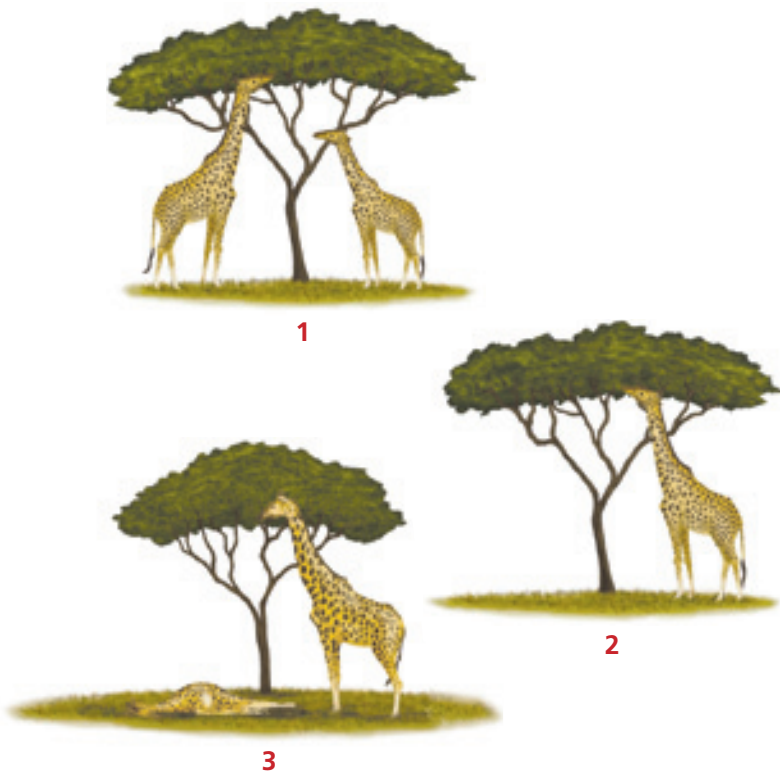
#### ANALIZAR

- Junto a un compañero o compañera observen dibujos de caparazones de tortugas y de aves llamadas pinzones, de las islas Galápagos, los cuales se encuentran en el **Anexo 6** de las **páginas 178 y 179**. Luego respondan las preguntas que ahí aparecen.

## 6 Teoría de la evolución propuesta por Darwin

Darwin investigó diferentes teorías de la época. Una de las principales ideas de su teoría de la evolución provino de la Sociología. El reverendo **Thomas Malthus**, en uno de sus ensayos, afirmaba que los recursos alimenticios podían, en el mejor de los casos, aumentar en progresión aritmética (1, 2, 3, 4, 5...), mientras que el número de pobres lo hacía en progresión geométrica (1, 2, 4, 8, 16...). A partir de estas ideas, Darwin consideró que **si en una población**

nacen más individuos de los que los recursos ambientales pueden sostener, debería existir entre ellos una **lucha constante por sobrevivir**. Aquellos que presenten alguna ventaja por sobre los demás podrían llegar a la edad adulta y reproducirse. Así, los miembros de una población serían seleccionados por la naturaleza, transmitiendo a las siguientes generaciones aquellas características que les hicieron "ventajosos", de manera que la proporción de individuos con rasgos favorables para sobrevivir en el ambiente aumentaría de generación en generación. Así, la **selección natural** explicaría cómo evolucionan las especies.



1. Las jirafas ancestrales presentaban variaciones en la longitud de sus cuellos. Este rasgo fenotípico puede heredarse a las siguientes generaciones.
2. Al escasear el alimento que crece a ras o cerca del suelo, los individuos de cuello más largo pueden alimentarse del follaje de árboles, por lo tanto, pueden ser considerados más ventajosos en comparación con los de cuello más corto.
3. La selección natural, gradualmente, permite que las jirafas de cuellos más largos tengan mayor probabilidad de sobrevivencia y generar más descendientes con dicha característica, a través de las generaciones.

*Ejemplo de la selección natural según la teoría de la evolución.*

### VOY APRENDIENDO

Reunidos en pareja observen los esquemas que representan la teoría de la evolución por medio de la selección natural (en esta página) y la teoría de la evolución por herencia de los caracteres adquiridos (página 120). Luego respondan las preguntas.

- a. ¿Cuál es la diferencia principal entre la teoría de Lamarck y la de Darwin?
- b. ¿Cuál es la teoría más acertada para explicar el cambio que han experimentado las jirafas en el largo de su cuello? Fundamenten.

Resuelvan la actividad del **Anexo 7 (páginas 180 y 181)**.

### 6.1 ¿En qué consiste la selección natural?

La **capacidad reproductiva** de los organismos determina una tendencia de aumento permanente en el número de individuos de la población. Sin embargo, el ambiente impone restricciones (**restricciones ambientales**) al aumento del número de individuos de una población, debido a que los recursos disponibles en un lugar determinado tienen un límite de explotación (**recursos limitados**). Esta situación genera una **lucha por la supervivencia** de los organismos y tiene por consecuencia que no todos los miembros de una población sobrevivan. Por lo tanto, el ambiente favorecerá la supervivencia y/o reproducción de los más aptos frente a las condiciones limitantes del ambiente.

De esta manera, las diferencias individuales entre los organismos (**variabilidad en los**

**rasgos**) son clave en el proceso evolutivo, ya que frente a condiciones ambientales variables, que imponen restricciones a los seres vivos, no todos los organismos morirán o tendrán menor **adecuación biológica** (que es definida, en términos generales, como la capacidad de supervivencia y reproducción de los organismos), debido a que no todos poseen el mismo fenotipo. Por lo tanto, ciertos organismos en una población poseen un fenotipo (por ejemplo, extremidades delanteras cortas) que les confiere menor adecuación biológica; en cambio, otros miembros de la población presentan el fenotipo alternativo (por ejemplo, extremidades delanteras largas), que les concede mayor adecuación biológica.

La **heredabilidad de los rasgos** que permiten a los organismos **mayor supervivencia y/o reproducción** también constituye un elemento clave en el proceso evolutivo. Si los rasgos por los cuales algunos individuos han sido "favorecidos" son heredables, estos serán transmitidos a las siguientes generaciones.



Esquema que explica la evolución por selección natural.

#### ACTIVIDAD 9

#### ANALIZAR Y SINTETIZAR

- Analiza el esquema y explica el rol del ambiente en la selección natural.
- Redacta un párrafo que exprese la idea central de la selección natural, vinculando las siguientes frases: variación de un rasgo fenotípico, heredabilidad de dicho rasgo fenotípico y relación entre tal rasgo y adecuación biológica.

## 6.2 Otras teorías evolutivas de Darwin

En el libro *El origen de las especies por medio de la selección natural*, Darwin expone ideas muy importantes respecto de diferentes aspectos de la evolución, además de argumentar a favor de la selección natural como mecanismo a través del cual se produce la evolución (**teoría de la selección natural**). Algunas de las ideas que Darwin desarrolló son las siguientes: diferentes tipos de organismos descienden de un antepasado común (**teoría de la ascendencia común**); las especies se multiplican con el tiempo (**teoría de la multiplicación de especies o especiación**) y la evolución se produce por cambio gradual de las poblaciones (**teoría del gradualismo**).

## 6.3 Wallace y la teoría de la evolución

Las observaciones recopiladas a lo largo de su travesía por el mundo, condujeron a Darwin a coincidir con ciertas ideas del transformismo. La enorme diversidad de formas de vida, el crucial aporte del registro fósil y el reconocimiento de que especies diferentes emparentadas (semejantes y distintas a la vez) ocupaban distintos ambientes, lo llevaron a plantear que las especies evolucionan y a proponer un mecanismo que

diera cuenta de este proceso (selección natural). Sin embargo, Darwin no fue el único que llegó a esta conclusión. En 1842, escribió un borrador, de aproximadamente 35 páginas, en el que resumía las principales ideas de su teoría. Posteriormente amplió su manuscrito a 230 páginas, pero no se atrevió a publicarlo porque creía que su teoría no sería aceptada por la comunidad científica. En 1858 conoció el trabajo de **Alfred Russel Wallace**, un especialista en aves, insectos y mamíferos. Este naturalista inglés, quien también había leído a Malthus, desarrolló su trabajo en la India y sus observaciones lo llevaron a **las mismas conclusiones que Darwin**. Wallace redactó un artículo resumiendo sus ideas y lo envió a Darwin. Así, aunque el artículo de Darwin fue presentado primero, ambos trabajos fueron leídos ante la comunidad científica de la época. A pesar de algunas controversias respecto a la autoría definitiva de la teoría de la evolución, se acepta que Darwin y Wallace son responsables de su elaboración.



En Chiloé y en algunos sectores de la cordillera de Nahuelbuta, habita el zorro de Chiloé o de Darwin (*Pseudopex fulvipes*). Esta fue una de las varias especies endémicas descritas por el naturalista, junto con la ranita de Darwin (*Rhinoderma darwini*), llamadas de este modo en su honor.

### Biología@net

Si quieres saber más sobre la visita de Charles Darwin a nuestro país, visita la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web), ingresa el código 10B3124 y descarga el libro *Diario del viaje de un naturalista alrededor del mundo (en el navío de S.M. "Beagle")*, de Charles Darwin. Recuerda que las direcciones de internet o su contenido pueden cambiar.

### Biodatos

Charles Darwin, en su viaje por América del Sur a bordo del *HMS Beagle*, ingresó a territorio chileno el 21 de mayo de 1834, a través del estrecho de Magallanes, después de recorrer la costa atlántica del continente. Para su labor de recolección de muestras y de completación y ratificación de los mapas de navegación del sur del continente, que eran las principales labores del *Beagle* en esta parte del mundo, el naturalista contó incluso con el apoyo del Presidente de la República de la época, José Joaquín Prieto, quien dio orden de ayudar al naturalista en lo que fuera necesario para el éxito de sus investigaciones. En reconocimiento a su trabajo, muchos accidentes geográficos, animales y plantas llevan su nombre, recordando la gran importancia que tuvo su viaje en el conocimiento de la biodiversidad presente en nuestro país.

## 7 Hacia una teoría integrada de la evolución

De acuerdo con la teoría de la evolución por medio de la selección natural de Darwin y Wallace, la variación fenotípica entre los individuos de una población implica que algunos son más “aptos” que otros para enfrentar la “lucha por la supervivencia”. Por consiguiente, aquellos que tienen mayor adecuación biológica transmiten a la descendencia los rasgos responsables de esa mayor adecuación biológica. La repetición de este proceso de selección, a lo largo del tiempo, **reduciría la variabilidad**, ya que los organismos que poseen rasgos “desventajosos” no sobreviven o viven menos o tienen menos descendencia que los que poseen rasgos “ventajosos”, de tal forma que dichos rasgos serán más frecuentes en la población.

En consecuencia, la teoría de la evolución por medio de la selección natural explica cómo evoluciona una especie, pero no puede explicar cómo surgen las diferencias entre los individuos de una población, es decir, la variación.

En la década de 1930 surge una nueva y mejorada teoría de la evolución llamada **teoría sintética de la evolución**. Esta recoge especialmente los aportes de la **genética mendeliana** (conocida desde 1865), y luego los de la **genética de poblaciones** y la **biología molecular**. Esta renovada teoría procura subsanar las dudas de la anterior, introduciendo la idea de que para entender la evolución orgánica es necesario conocer cómo las características de los progenitores pasan a la siguiente generación.



Ejemplo de variación fenotípica, ya que todos estos organismos (chinitas) pertenecen a la misma especie.

### Biología@net

Si quieres profundizar en los distintos aspectos de la evolución, visita la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B3125. Encontrarás abundante información sobre antecedentes que avalan las teorías de Darwin y múltiples elementos del neodarwinismo. Recuerda que las páginas o su contenido pueden cambiar, por lo que te recomendamos realizar tu propia búsqueda.

## 7.1 Teoría sintética de la evolución

El redescubrimiento del trabajo de **Mendel** permitió reconocer que los rasgos heredables dependen de **partículas de información genética**, que hoy conocemos como **genes**. Consecuentemente, cambios en los genes (**mutaciones**) originarían alternativas para un mismo gen (**alelos**), generando así la **variabilidad necesaria para que ocurra la selección natural**.

El desarrollo de la **genética de poblaciones**, por su parte, permitió examinar el escenario poblacional en el cual ocurre la selección y sus implicancias evolutivas. En el contexto de esta disciplina, la variabilidad implica que hay diferentes proporciones de individuos que poseen uno u otro alelo de un mismo gen. Por consiguiente, dado que la selección natural favorecería un alelo por sobre otro(s), sus efectos determinarían cambios en la proporción de estos alelos en la población.

**El aporte más significativo de la teoría sintética de la evolución fue integrar de manera sintética los aportes de la genética en la teoría evolutiva.**

Entre sus proposiciones más significativas están:

- Los cambios en los genes (o **mutaciones**) son la fuente de nueva información genética (genes) y, por consiguiente, el **origen de la variabilidad** sobre la que actúa la selección natural.
- La **evolución** consiste en el **cambio en la proporción de genes (alelos)** en el conjunto de genes de una población, a lo largo de muchas generaciones. A la frecuencia de alelos se le denomina también frecuencia génica.

En el marco de esta teoría, el mecanismo principal que promueve cambios en la frecuencia génica es la selección natural, pero ¿existen otros factores involucrados en los cambios evolutivos?



*La variabilidad genética permite explicar la variación fenotípica en la población. Esta variación también considera diferencias en capacidades (físicas e intelectuales).*

### VOY APRENDIENDO

- Junto a un grupo de compañeros y compañeras, fundamenten respecto de la importancia de la variación fenotípica en el proceso de evolución y expliquen de qué manera aumenta en las poblaciones, sin considerar los cambios en la estructura del ADN.

## 8 Factores que intervienen en la evolución

- a. **Mutaciones.** Corresponden a **cambios en la estructura de un gen**, que se traducen en la manifestación de una característica que no existía antes en la población. Las mutaciones pueden ocurrir en **forma azarosa**, durante la replicación del material genético, o pueden producirse por algún **agente químico** (nicotina), **físico** (rayos X), e incluso **biológico** (virus). Las mutaciones son fuentes de “novedad genética”, pues generan genes nuevos.
- b. **Flujo génico.** Es la **transferencia de material genético entre poblaciones**, que ocurre por el movimiento de individuos, o de sus gametos, de una población a otra. La frecuencia génica, depende, entre otros factores, de la intensidad de este flujo. Un alto nivel de flujo génico entre dos poblaciones mantendrá una frecuencia génica semejante entre ellas. En cambio, un bajo nivel de flujo génico hará más independientes las poblaciones y, por lo tanto, potencialmente diferirán en la frecuencia de los alelos.
- c. **Deriva génica.** La frecuencia génica de una población puede variar normalmente, dependiendo de si los organismos por azar mueren o se reproducen en mayor o menor medida. En una población de gran tamaño, estas fluctuaciones azarosas no son importantes, pues el promedio general sigue siendo estable, es decir, un cambio en un grupo es compensado por uno inverso en otro grupo. Sin embargo, en poblaciones pequeñas estos cambios por azar son muy importantes. Este tipo de **cambios aleatorios en la composición genética de una población pequeña, es conocido como deriva génica.**

- d. **Cruzamientos no aleatorios.** El cruzamiento no aleatorio puede afectar la frecuencia génica, favoreciendo la reproducción de algunos individuos en relación a la de otros. Esto ocurre cuando **los individuos están restringidos a una o a muy pocas parejas para su cruzamiento**, como en el caso de los organismos sésiles (que no pueden desplazarse). Otro factor determinante se debe al **comportamiento selectivo en la elección de pareja** de algunos organismos.



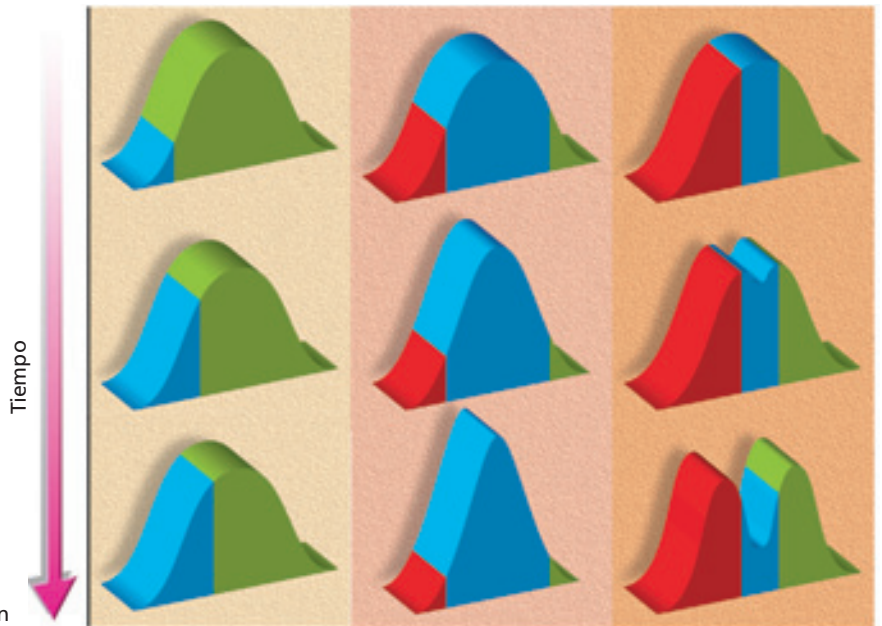
Los organismos sésiles (que no pueden desplazarse) se encuentran limitados a realizar su apareamiento con los vecinos más próximos.



Especies en las que los machos mantienen un “harén” de hembras con las que se reproducen, restringe a algunos la posibilidad de transmitir sus genes, alterando con ello la frecuencia génica de la población.

## 9 Tipos de selección natural

Según los efectos en la población, a lo largo del tiempo, se reconocen tres formas básicas de selección. La **selección direccional** se caracteriza porque se favorece a aquellos organismos que expresan un rasgo extremo en la población (por ejemplo, a los organismos más altos, o a los más bajos). Como consecuencia, la frecuencia de la población se desplaza en dirección de esa característica a lo largo de las generaciones y del tiempo. En la **selección estabilizadora**, se favorece a aquellos individuos que expresan el valor promedio de un rasgo, manteniendo la composición genética de la población (por ejemplo, organismos cuya altura tiene valores cercanos al promedio). En la **selección disruptiva**, se favorece a aquellos individuos que expresan los rasgos más extremos en la población (por ejemplo, los individuos más altos y los más bajos), reduciendo la representación de los rasgos promedio.



a) Selección direccional b) Selección estabilizante c) Selección disruptiva

Fuente: D. Futuyma, *Evolutionary Biology*. Sinauer Associates, Inc. Publishers. 3ª Edición, 1998. Adaptación.

Gráficos que muestran los tipos de selección natural, con diferentes poblaciones de flores (ver colores) a través del tiempo.

### 9.1 Selección natural y adecuación biológica

Los organismos más "aptos" son los que, en una población, se reproducen y generan más descendencia -o tienen mayor probabilidad de hacerlo- que los menos aptos. Desde un punto de vista seleccionista, son individuos con mayor adecuación biológica en comparación con otros dentro de una población. Cuando un organismo no se reproduce y muere, con él lo hace también su patrimonio genético. Existe, entonces, una reproducción diferencial entre los miembros de las poblaciones naturales, que permite la proliferación de las combinaciones genéticas más exitosas.

#### ACTIVIDAD 10

#### INTERPRETAR

Interpreta los gráficos de los tipos de selección, y luego responde.

- ¿Qué diferencias existen entre los distintos tipos de selección?
- ¿Existen organismos favorecidos por los distintos tipos de selección?, ¿cuáles? Explica.

#### VOY APRENDIENDO

- Junto a un compañero o compañera, señalen cuáles son las tres condiciones necesarias para que opere la selección natural, y expliquen cada una de ellas.
- Explica en qué se asemejan la deriva génica y la selección natural, y en qué se diferencian ambas de las mutaciones, como factores que intervienen en la evolución.

## 10 Selección sexual

### ACTIVIDAD 11

### HIPOTETIZAR

- Observa la fotografía y propón una hipótesis explicativa para la siguiente pregunta: ¿Cómo se explica la evolución de los rasgos “exagerados”, si estos pueden reducir la sobrevivencia de sus portadores, ya que aumentan la probabilidad de ser depredados?



Existen diferentes rasgos fenotípicos que posibilitan que ciertos organismos en una población vivan más tiempo que otros. Por ejemplo, la tolerancia a condiciones climáticas adversas, mejor capacidad competitiva, mayor capacidad de defensa, más resistencia frente a agentes patógenos, etc. Sin embargo, la sobrevivencia por sí sola no es garantía de reproducción. Un individuo puede tener mayor éxito reproductivo que otro aunque no posea mejores capacidades de sobrevivencia. También puede ocurrir que los individuos que demuestran mejor “calidad” en términos de sobrevivencia, tengan mayor éxito reproductivo. Estas ideas se enmarcan en la teoría de **selección sexual**, la cual puede ser definida, de forma general, como el proceso que favorece, en términos de adecuación biológica, a ciertos individuos por sus **rasgos sexuales** o reproductivos.

Darwin propuso la teoría de la selección sexual en 1871. Básicamente, esta teoría señala que los rasgos que cumplen un rol en la obtención de pareja y, por lo tanto, que incrementan el éxito reproductivo individual, pueden evolu-

cionar aunque implique un costo en la sobrevivencia de los organismos que los poseen. Darwin diferenciaba la selección sexual de la selección natural, aunque actualmente se acepta que la selección sexual es un tipo de selección natural.

En muchas especies de animales existen notorias diferencias morfológicas (también fisiológicas y conductuales) entre machos y hembras, fenómeno denominado **dimorfismo sexual**. Los machos de diversas especies con dimorfismo sexual, frecuentemente poseen rasgos llamativos e incluso “exagerados”, como plumas vistosas, cuernos muy grandes y elaborados cantos. Estos rasgos pueden ser muy costosos en términos de sobrevivencia, no solo por el gasto energético que supone su desarrollo y mantenimiento, también porque algunos hacen que los machos sean presas fáciles para los depredadores.



*El dimorfismo sexual asociado con la reproducción ha evolucionado por selección sexual.*

## 10.1 ¿Cómo ocurre la selección sexual?

## ACTIVIDAD 12

## INTERPRETAR

En parejas interpreten los gráficos de esta página y respondan las preguntas.

- ¿Qué machos son más elegidos después de la manipulación experimental?, ¿cuáles son menos elegidos?
- ¿Cuáles fueron los grupos experimentales y de control en el experimento de Andersson?
- ¿Podría tener un límite el aumento del largo de la cola de los machos si la selección sexual favorece la exageración de este rasgo? Fundamenten.

Existen dos componentes fundamentales de la selección sexual, también conocidos como formas de selección sexual: **a) selección intra-sexual**, que corresponde a la competencia entre los individuos de un sexo (habitualmente machos) por acceder a los individuos del sexo opuesto, y **b) selección intersexual** o elección que hacen los individuos de un sexo (habitualmente hembras) hacia el sexo opuesto.

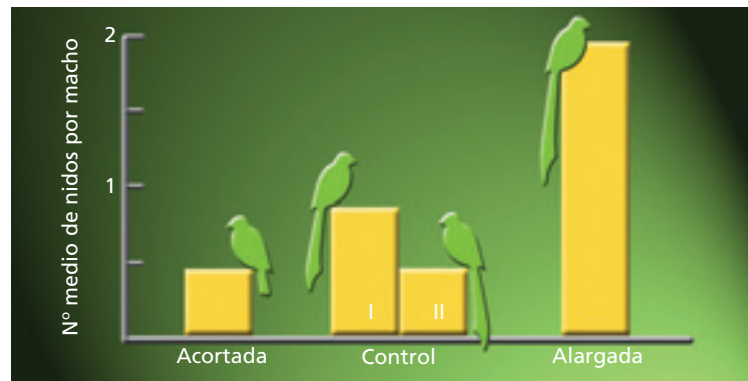
Los rasgos sexuales llamativos o exagerados en los machos evolucionan a través de la selección sexual debido a la elección efectuada por las hembras. Una de las razones propuestas es que estos rasgos pueden reflejar la "calidad" genética del macho, ya que este es capaz de sobrevivir a pesar de poseer un rasgo desventajoso. En consecuencia, las hembras eligen a los machos con estos fenotipos como padres de sus crías, las cuales heredarán dichos genes y tendrán mejor probabilidad de sobrevivencia, aumentando así la adecuación biológica materna.

Otra explicación es que las hembras son atraídas hacia machos que portan estos rasgos "llamativos". Si existe variabilidad, tanto en el rasgo como en la preferencia por este, los machos con rasgos más exagerados serán más elegidos por las hembras, con lo cual las hijas

GRÁFICO N° 21: NÚMERO DE NIDOS ANTES DEL TRATAMIENTO A LAS COLAS



GRÁFICO N° 22: NÚMERO DE NIDOS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO A LAS COLAS



Fuente: Futuyama, D. *Evolutionary Biology*.  
Sinauer Associates, Inc. Publishers. USA. 3ª Edición. 1998.

Los gráficos muestran un estudio efectuado por Andersson (1982) quien utilizó 36 machos de una especie de ave africana (cuyas colas llegan a medir 50 cm) a los que dividió en cuatro grupos, y calculó el número promedio de nidos elaborados (por cada macho) en cada grupo (gráfico N° 21). En un grupo cortó las colas hasta dejarlas de 14 cm. Los trozos cortados se los pegó a los machos de otro grupo. Un tercer grupo (control I) estaba formado por machos sin manipular y el último grupo (control II) por machos a los que cortó y volvió a pegar su propia cola. El Gráfico N° 22 muestra el promedio de nidos elaborados en cada grupo después de la manipulación experimental.

heredarán los genes responsables de tal preferencia y los hijos los genes responsables del rasgo "preferido". Así, ocurre un proceso autorreforzante o de retroalimentación positiva.

Entre los machos ocurre competencia, de tal manera que los que poseen "mejores" rasgos (más llamativos o exagerados) tendrán mayor posibilidad de reproducción y aumento de adecuación biológica.

## 11 Especie y especiación

### ACTIVIDAD 13

### APLICAR

Se hipotetiza que el origen del ser humano ocurrió en África, lugar donde se han encontrado los fósiles más antiguos de nuestra especie. A partir de este origen ha surgido la diversidad de poblaciones humanas actuales distribuidas en distintos países y continentes.

A partir de la información anterior, responde las siguientes preguntas.

- ¿Existen barreras geográficas entre las poblaciones humanas? Explica.
- ¿Está impedido el flujo genético, en su totalidad, por la existencia de barreras geográficas?, ¿por qué?
- ¿Podríamos decir que entre las distintas poblaciones humanas existe un "aislamiento cultural"? Fundamenta.



### Biodatos

Aunque el concepto biológico de especie es ampliamente aceptado, otros conceptos han sido elaborados pues permiten ser aplicados en áreas biológicas específicas. Por ejemplo, de acuerdo con el concepto evolutivo, una especie es una o más poblaciones que comparten una historia evolutiva común. Esta definición tiene la ventaja de ser aplicable a especies vivientes y extintas, y a organismos de reproducción sexual y asexual. Sin embargo, la desventaja es que no siempre es simple determinar qué se considera por "historia evolutiva común". De acuerdo al concepto ecológico, las especies corresponden a una población de organismos que explota un mismo nicho ecológico. La desventaja de este concepto es distinguir especies con nichos muy parecidos.

Para explicar cómo surge una especie, por medio del proceso general conocido como **especiación**, se debe tener claridad sobre qué se entiende por una especie desde el punto de vista biológico. Existen diferentes conceptos de especie, sin embargo, una de las definiciones más aceptadas por los biólogos es: conjunto de poblaciones que se cruzan entre sí, o tienen la potencialidad de hacerlo, y que dejan descendencia fértil.

Aunque esta definición excluye a los organismos con reproducción asexual, es un concepto aceptado por la comunidad científica. **Ernest Mayr**, quien acuñó el concepto de especie biológica, postuló que las especies surgen como resultado de dos eventos necesarios: el **aislamiento reproductivo de las poblaciones** y la **divergencia genética**. ¿En qué consisten estos eventos?

Si dos poblaciones son lo suficientemente diferentes como para que no existan cruza- mientos entre sus miembros, entonces el **flujo génico** entre ellos será muy bajo o nulo (aislamiento). Como consecuencia, ambas poblaciones se alejan, genéticamente, una de la otra (divergencia), porque no existe flujo de genes entre sus miembros y pueden originar especies diferentes (especiación).

¿Qué mecanismos de aislamiento reproductivo existen? Se considera como mecanismo de aislamiento reproductivo a toda **barrera que evite el flujo de genes entre las poblaciones**. Los mecanismos de aislamiento reproductivo impiden que organismos de especies diferentes se reproduzcan. Se reconocen dos grandes tipos: **mecanismos de aislamiento precigótico y poscigótico**.

### 11.1 Mecanismos de aislamiento reproductivo

Los mecanismos de **aislamiento precigótico** impiden que se forme el cigoto. Existen diversos mecanismos específicos, dentro de los cuales está el aislamiento geográfico que corresponde a barreras como montañas, ríos, lagos y mares, las que tienen el efecto de interrumpir el flujo génico entre las poblaciones puesto que estas nunca se encuentran.



Estas especies se encuentran reproductivamente aisladas, en sus ambientes naturales, de modo que las especies vegetales no se reproducen entre sí (lo mismo ocurre con las especies animales).



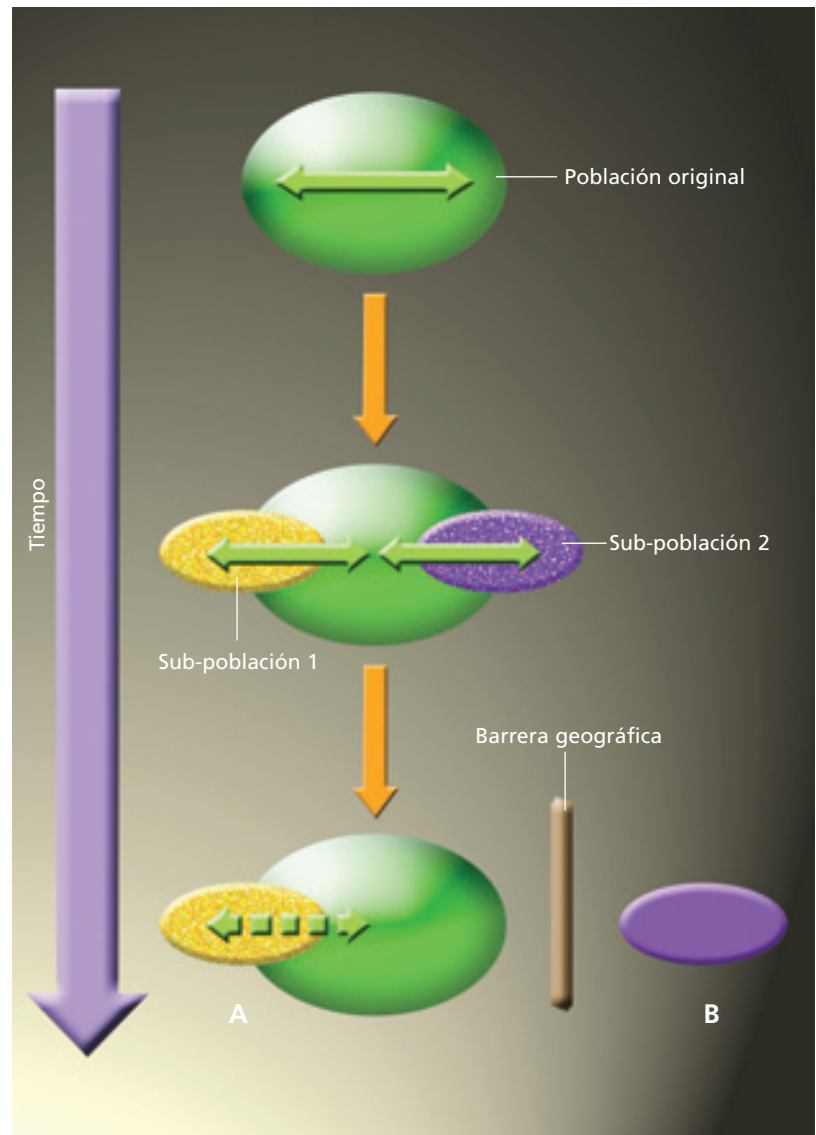
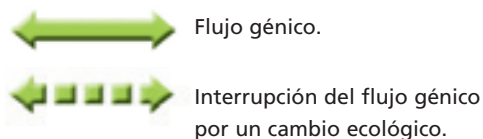
En las poblaciones en que no existen barreras geográficas, pueden operar otros tipos, como el **aislamiento ecológico** que ocurre entre especies muy emparentadas que viven en una misma localidad, pero en ambientes diferentes, por lo cual los organismos no se aparean en época reproductiva. También existe el **aislamiento temporal o estacional**, en que los organismos de diferentes especies que viven en un mismo hábitat, se reproducen en diferentes períodos del año. Un tercer tipo es el **aislamiento mecánico**, en el cual los organismos de especies diferentes pueden intentar aparearse, pero los gametos masculinos no ingresan al interior del sistema reproductor femenino, ya que los órganos copuladores presentan formas o tamaños incompatibles. Otro mecanismo frecuente corresponde al **aislamiento conductual**, que consiste en comportamientos de cortejo distintos que no son reconocidos por especies diferentes, o que no gatillan la respuesta copulatoria.

Los mecanismos de **aislamiento poscigótico** operan cuando se forman cigotos entre organismos de especies diferentes (**cigotos híbridos**). En algunos casos en que se forman cigotos híbridos, el desarrollo embrionario se interrumpe (**inviabilidad de los híbridos**). Sin embargo, existen ocasiones en que los cigotos híbridos pueden desarrollarse hasta convertirse en organismos con similar aspecto de un adulto, pero estériles (**esterilidad de los híbridos**). Por ejemplo, la mula o híbrido que se origina entre el asno y la yegua.



## 11.2 Formación de las especies

Los biólogos evolutivos consideran que existen **diferentes formas o mecanismos de especiación**. La **especiación alopátrica** ocurre en poblaciones que, producto de una barrera geográfica, quedan separadas, interrumpiéndose el flujo génico entre ellas. Como consecuencia, se produce una divergencia genética que origina especies nuevas, incluso si la barrera desaparece. La **especiación simpátrica** se presenta en poblaciones que se distribuyen en un ambiente muy heterogéneo. Esta diversidad ecológica hace que algunas poblaciones, especialmente las sujetas a condiciones más extremas, comiencen a divergir hasta el punto de modificar sus estructuras o mecanismos reproductivos; lo que conduciría a la formación de especies diferentes. La **especiación peripátrica** se produce entre poblaciones adyacentes que mantienen flujo génico. Debido a condiciones ambientales distintas en ambas poblaciones, ocurre la divergencia y el aislamiento que las llevarán a constituir especies diferentes.



Esquema que representa el origen de dos nuevas especies a partir de una población antecesora, una por especiación simpátrica (A) y la otra por especiación alopátrica (B).

### ACTIVIDAD 14

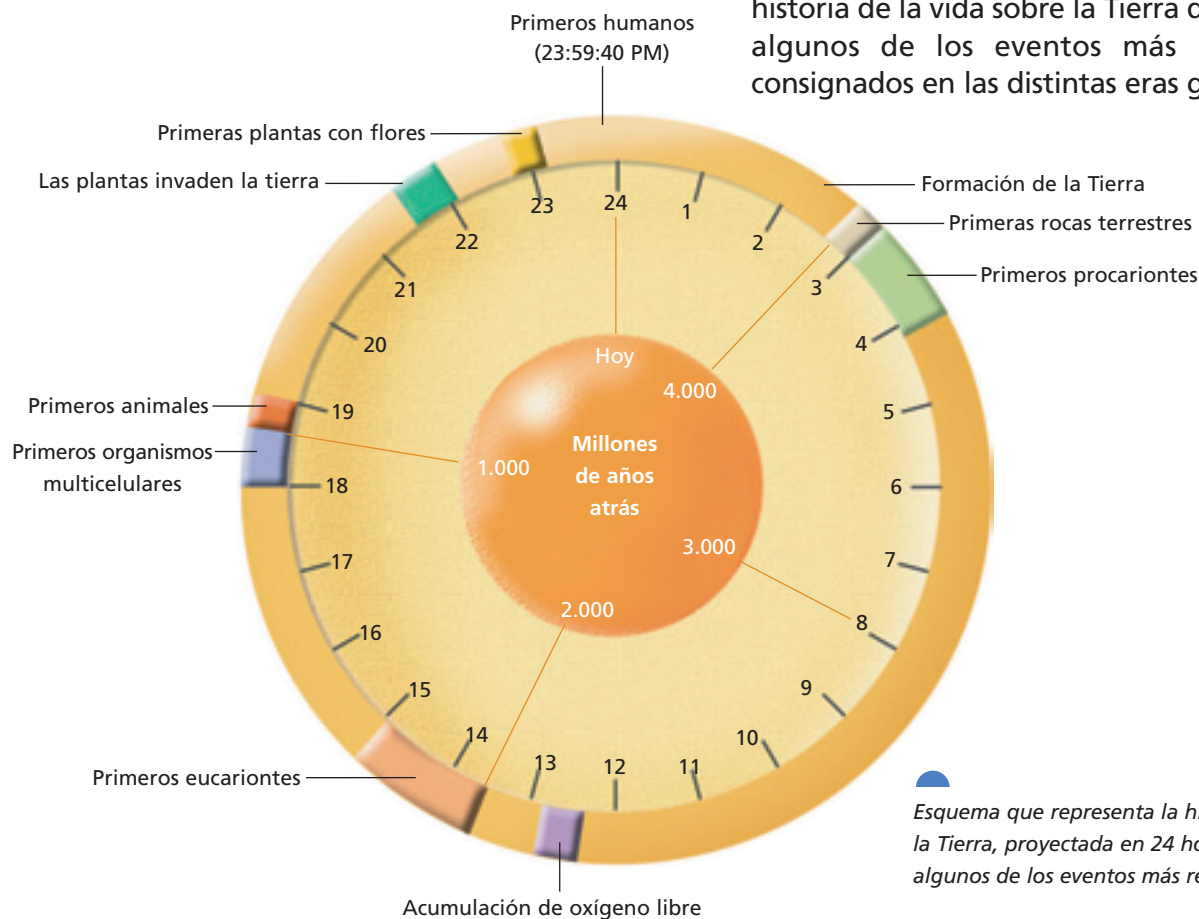
### SINTETIZAR Y ANALIZAR

- Elabora en tu cuaderno un diagrama de flujo que represente la evolución con y sin especiación. Señala en el diagrama qué especie consideras ancestral y cuál moderna.
- Reunidos en pareja, analicen los esquemas de especiación alopátrica y simpátrica, que aparecen en esta página, y respondan las preguntas.
  - ¿Cómo se manifiesta el aislamiento en ambos casos?
  - ¿Puede ocurrir especiación sin aislamiento geográfico? Expliquen.
  - ¿Puede ocurrir especiación sin aislamiento reproductivo? Expliquen.

## 12 Diversidad e historia evolutiva

Hemos visto el desarrollo del pensamiento científico en torno a la pregunta de cómo surge la diversidad de formas vivas en nuestro planeta. Sumando observaciones, evidencias y el aporte significativo de diferentes pensadores, se fue construyendo una explicación, es decir, un conjunto organizado de ideas que permite entender el origen de tanta diversidad. Así, hemos esbozado la **"síntesis moderna de la teoría de la evolución"**, sus enunciados y mecanismos de acción.

En forma progresiva, se ha ido revelando también la historia evolutiva de los principales grupos taxonómicos de organismos, que se ha ido construyendo con el aporte de muchas disciplinas. Esta historia comienza con el origen de la vida, hace 3.500 millones de años, aproximadamente, y llega hasta nuestros días con una impresionante diversidad, conocida aún en forma limitada. Entre estos dos extremos temporales ha ocurrido un sinnúmero de eventos responsables del origen y extinción de una infinidad de especies. Intentemos recorrer brevemente esta historia de la vida sobre la Tierra destacando algunos de los eventos más relevantes consignados en las distintas eras geológicas.



Esquema que representa la historia de la Tierra, proyectada en 24 horas, con algunos de los eventos más relevantes.

### ACTIVIDAD 15

### ANALIZAR

Reunidos en pareja y, con el esquema que aparece en esta página, respondan:

- ¿Qué relación existe entre la acumulación de oxígeno en la atmósfera y la aparición de los primeros eucariontes? ¿Qué organelo celular está directamente involucrado en este proceso?
- ¿Qué ambiente habrán habitado los primeros animales?, ¿por qué?
- ¿Qué relación existe entre la transición de la vida acuática a la terrestre, con la aparición de las primeras plantas terrestres? Expliquen.

## 13 Eras geológicas y eventos evolutivos

### ACTIVIDAD 16

### RECORDAR

- Junto a un compañero o compañera completen en su cuaderno una tabla comparativa como la siguiente, en relación con presencia y ausencia de algunas estructuras de células procariontes y eucariontes (vegetal y animal).

	Células procariontes	Célula vegetal	Célula animal
Pared celular			
Membrana nuclear			
Citoesqueleto			
Ribosomas			
Cloroplastos			
Mitocondrias			

La teoría de la evolución por selección natural no predice que los organismos serán cada vez más complejos. Sin embargo, en la evolución de muchos linajes (especies ancestrales y sus descendientes, pertenecientes a un grupo taxonómico particular) se han originado especies de mayor complejidad estructural y/o funcional. A continuación se describirán algunos eventos evolutivos, en el sentido del origen de especies pertenecientes a grupos taxonómicos (insectos, aves, mamíferos, etc.), a través de las eras geológicas.

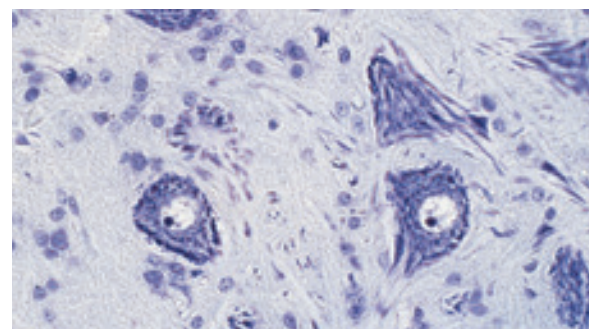
#### • Era arcaica

El **Precámbrico** es el período más extenso de la historia de los seres vivos. Entre los **procariontes**, que dominaron la mayor parte de esta era, surgen **organismos capaces de hacer fotosíntesis**, proceso que logró cambiar las condiciones de la atmósfera de todo nuestro planeta, haciéndola más rica en oxígeno. En este nuevo escenario ambiental, evolucionaron **organismos capaces de utilizar el oxígeno** como elemento central en sus reacciones respiratorias. La **aparición de los eucariontes** es otro de los eventos relevantes de esta era. Su mayor complejidad, basada en un sistema de membranas que rodearon el material genético y compartimentación de distintas funciones celulares, hizo que estos organismos

alcanzaran mayor tamaño y diversidad. Consecuentemente, la proliferación de los eucariontes permitió la aparición de los **primeros organismos multicelulares**. Esta fue la base para el surgimiento de los seres vivos de mayor complejidad estructural.



Célula procarionte. *Cyanobacteria Spirulina sp.*



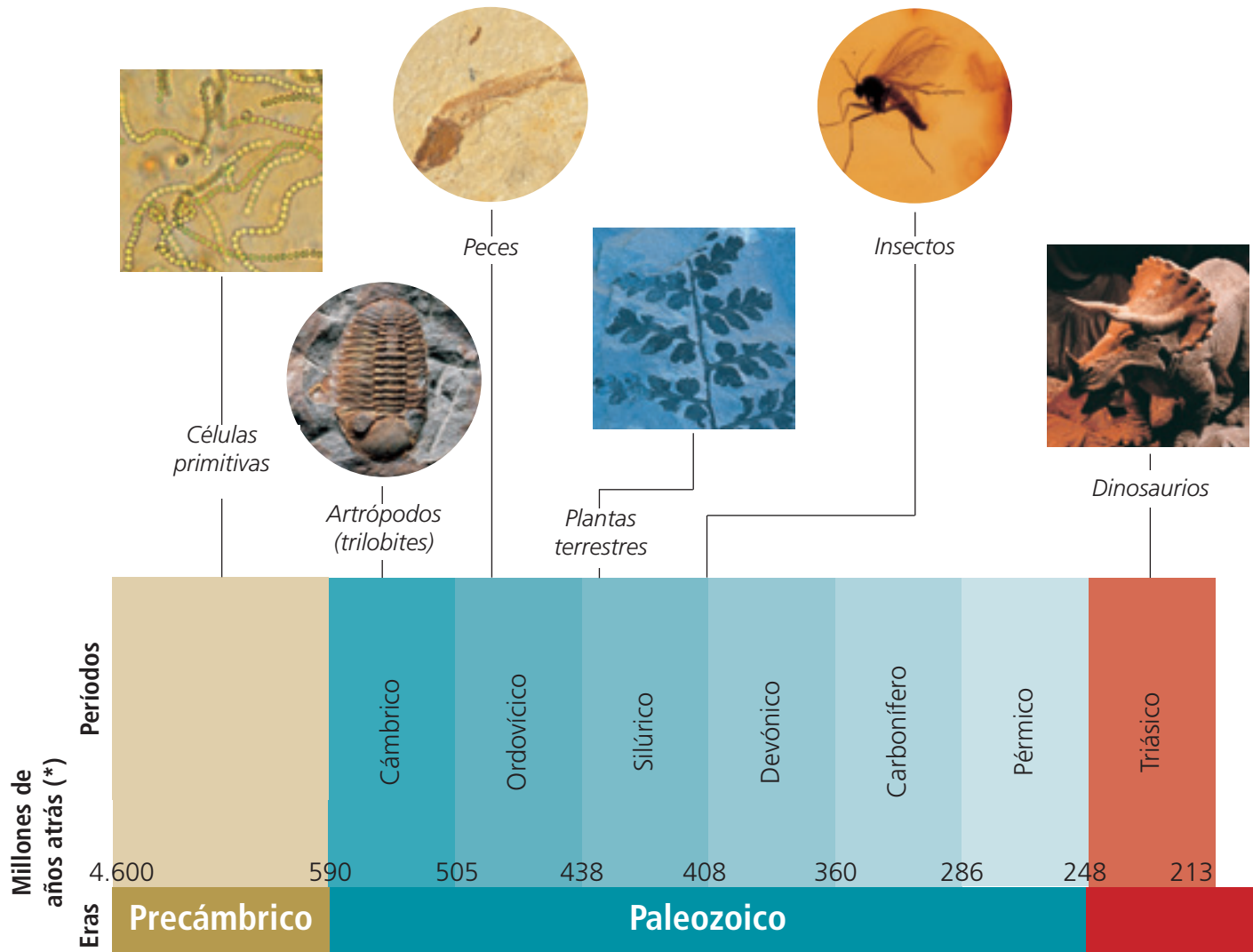
Célula eucarionte. Neuronas motoras de la médula espinal de un gato.

• Era paleozoica

Uno de los principales eventos ocurridos en esta era es el surgimiento de las formas de vida que dan origen a los principales grupos de organismos que hoy conocemos. Hasta aquí los organismos eran esencialmente acuáticos, sin embargo, durante esta era **diversas especies colonizan el ambiente terrestre**. Primero las plantas, los musgos y las primeras plantas vasculares; luego animales, como artrópodos y anfibios, que dan origen a los primeros insectos y reptiles. Hacia fines de esta era, el ambiente estaba formado por un gran y unificado continente llamado **Pangea**.

• Era mesozoica

En esta era, la **Pangea comienza a fraccionarse y separarse** y alcanza una distribución y posición muy semejantes a las que ocupan hoy los continentes. Esta situación afectó de manera significativa las corrientes marinas y las condiciones climáticas, lo que tuvo una gran repercusión en la distribución y diversificación de la vida. Los eventos evolutivos más importantes fueron: el **origen de los mamíferos**, la **aparición y dominio de los grandes dinosaurios** y el **surgimiento de las plantas con flores**. El término de esta era se caracteriza por una masiva extinción de vida marina y alguna terrestre, incluyendo los últimos dinosaurios.



Fuente: Curtis, Barnes, *Invitación a la Biología*, Editorial Médica Panamericana, España, 2000. Adaptación.

(\*) Los periodos y las épocas no se reprodujeron a escala.

• Era cenozoica

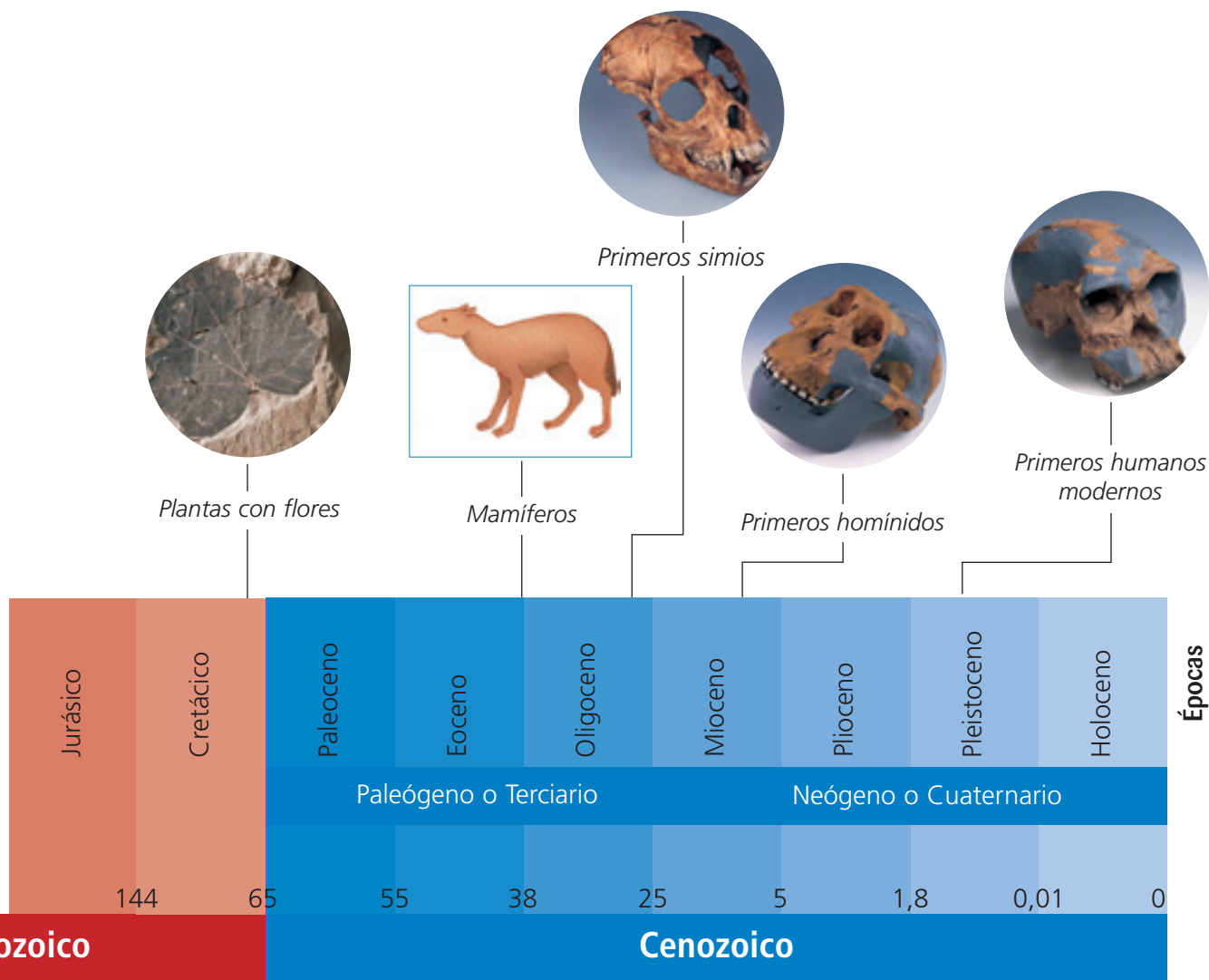
Esta era, la última de la historia de la vida, se caracteriza por una gran diversificación y distribución de los organismos. Hubo una **gran diversificación de nuevas especies de aves, mamíferos, insectos y plantas con flores**, muchas de las cuales corresponden a las actuales. Los continentes alcanzan su posición actual y el movimiento de las pla-

cas tectónicas, en que se ubican, produjo la alteración de la superficie terrestre formando los valles y cordilleras que componen el paisaje en el que hoy vivimos. El hecho biológico más relevante que ocurre hacia el final de este período, al menos para nosotros, es el surgimiento de la **especie humana**. Como verás, los seres humanos somos unos recién llegados en la historia de la diversidad biológica.

ACTIVIDAD 17

ANALIZAR

- Junto a un compañero o compañera analicen el esquema del Anexo 8 (páginas 182 y 183) que representa el movimiento de los continentes desde el Paleozoico hasta el Mesozoico, y luego respondan las preguntas.



## 14 Ambiente y adaptación de los seres vivos

¿Existe relación entre las adaptaciones de los seres vivos y los ambientes en los cuales han evolucionado?

Existe una estrecha relación entre las características propias de los organismos y el ambiente particular en que estos viven. Esta relación incluye rasgos relacionados con la **forma de alimentación, mecanismos de locomoción**, y aquellos atributos que permiten a los organismos **aprovechar o tolerar las diversas condiciones de los ambientes que habitan**. Así, especies que habitan normalmente en ambientes desérticos presentan ciertas características que les permiten sobrevivir con mayor éxito en esos lugares que en otros, como mecanismos para retener agua, para evitar o tolerar la alta radiación solar; o formas de conseguir su alimento.

Esta estrecha relación que muchos seres vivos muestran con el ambiente, conocida como **adaptación de los organismos a su medio**, es una característica que ha maravillado, desde hace mucho tiempo, a naturalistas y científicos que observan, describen y estudian la naturaleza. Por ejemplo, ligado a los intentos por entender el origen de la diversidad, se han planteado diferentes hipótesis para explicar cómo los organismos logran adaptarse a las más diversas condiciones ecológicas. Los primeros transformistas, como **Erasmus Darwin** (abuelo de Charles Darwin), pensaban que los organismos buscaban desarrollar adaptaciones a través de su "propia voluntad". Lamarck, en cambio, creía que las adaptaciones en un órgano surgían por uso o ejercicio constante de él. De esta manera, sostenía que tales adaptaciones (caracteres adquiridos) eran transmitidas a las siguientes generaciones a través de la reproducción.

Durante su viaje en el *Beagle*, Charles Darwin hizo observaciones claves respecto a la adaptación de los seres vivos. Por ejemplo, observó **adaptaciones semejantes entre organismos**

no emparentados que habitaban lugares diferentes, pero de características climáticas similares. Observó también que un grupo de aves emparentadas, los pinzones, que habitaban distintas islas del archipiélago de las Galápagos, presentaban modificaciones en la forma de sus picos, directamente relacionadas con el tipo de alimentación que tenían. Para Darwin, este ajustado diseño de los organismos a las más diversas condiciones ambientales evidenciaba lo determinante que es el ambiente en el proceso de cambio de las especies.



¿Qué características permiten a estos seres vivos sobrevivir en sus ambientes?

### 14.1 ¿Cuál es el significado de adaptación?

Hasta ahora hemos usado el concepto o idea de “adaptación” como cualquier característica de un organismo que permite que esté mejor capacitado para sobrevivir a su ambiente particular. Sin embargo, la adaptación también puede ser entendida como el **proceso evolutivo** por el cual un organismo llega a estar más capacitado para enfrentar y sobrevivir a las condiciones de su propio hábitat. Es decir, el término adaptación es usado tanto para el proceso como para el resultado. Esta fue la idea que Charles Darwin y Alfred Wallace introdujeron al plantear la **selección natural** como el mecanismo por el cual ocurre el proceso de adaptación.

Características como el alargado pico de los picaflores y las largas lenguas de las mariposas (espiritrompas) son adaptaciones (análogas) que les permiten alcanzar el néctar que se encuentra al fondo de flores tubulares. Por estos “atributos adaptativos” se puede afirmar que estos organismos están adaptados a un tipo de alimentación en particular. Las espinas de los cactus, que los protegen de los animales herbívoros; la gruesa capa de grasa bajo la piel de las focas, que les hace posible vivir en lugares fríos; y el llamativo plumaje de los machos de algunas especies de aves, que les permite atraer a las hembras, son otros ejemplos de **características que hacen que los seres vivos sean capaces de sobrevivir en los ambientes que habitan**. De este modo, la adaptación puede ser entendida como un proceso a través del cual características, como las mencionadas, han llegado a ser lo que son.

#### ACTIVIDAD 18

#### ANALIZAR

- Observa los diferentes organismos de las fotografías e investiga sobre sus atributos o rasgos adaptativos más característicos.



- Completa una tabla en tu cuaderno, señalando, para cada ser vivo, el tipo de alimentación, los depredadores que presenta y el o los hábitats en que se encuentra.
- Compara tu tabla con la de otros compañeros y compañeras. Compartan las razones de sus coincidencias y discutan sobre sus desacuerdos.

## 14.2 La adaptación como proceso

Los elementos clave de la teoría de selección natural son: la **variabilidad** que existe entre los miembros de una población en algún rasgo o atributo, producida esencialmente a través de **mutaciones**; y la **selección natural**, que determina que parte de esta variabilidad esté más representada en las generaciones siguientes. Esto implica que si los individuos de una población difieren en alguna característica, es posible que, debido a ello, algunos sean más eficientes que otros para sobrevivir y reproducirse.

Según lo propuesto por Darwin, esto está determinado por el ambiente particular en que vive la población. El ambiente es el que ejerce una selección sobre la diversidad de individuos de la población, favoreciendo a aquellos mejor adaptados a ese medio. En consecuencia, el ambiente, a través de la selección natural, determina la dirección del

proceso que lleva a una población o a una especie a estar estrechamente ajustada a su hábitat. Pero ¿qué ocurre si el ambiente cambia?

Si a lo largo del tiempo el ambiente cambia, serán otros los individuos y, probablemente, otros los rasgos seleccionados por el ambiente. Para ello es importante que exista, en la población, variabilidad en algún rasgo o atributo que tenga relación con la eficiencia en la sobrevivencia y la reproducción de los individuos. De esta manera, si el ambiente vuelve a cambiar, afectando la sobrevivencia de los organismos, la selección volverá a conducir la variabilidad existente en la población (o la especie) hacia una más adecuada adaptación, favoreciendo a los más aptos a las nuevas condiciones. En este sentido, podemos entender el **proceso de adaptación como el proceso de cambio en los atributos de una especie que le permite seguir adaptada al ambiente**.



*Todos los seres vivos tienen características o adaptaciones que les permiten vivir en ambientes determinados. ¿Qué posibles adaptaciones presentan los organismos de las fotografías?*

### ACTIVIDAD 19

### REFLEXIONAR

- Charles Darwin demostró que la extinción de una especie es un proceso natural. A través de los tiempos geológicos, las especies siempre han evolucionado y desaparecido debido a cambios en el ambiente en el que viven, a la incapacidad de superar la competencia con otras especies y a la depredación. Sin embargo, los seres humanos, a partir del siglo XVII, han acelerado la tasa de extinción debido al aumento de la población y al consumo de recursos. Cada especie que desaparece, es una historia evolutiva completa de millones de años y de miles de individuos que se borra para siempre.

Muchas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales se han creado para informar y evitar la desaparición de más especies. ¿Qué esfuerzos se realizan en tu comuna para preservar la vida animal y vegetal?, ¿eres parte de esos esfuerzos?, ¿crees posible la unión entre avance tecnológico y protección al medio ambiente?

### 14.3 La adaptación como resultado

#### ACTIVIDAD 20

#### ANALIZAR

Junto a un compañero o compañera, analicen el siguiente esquema y luego respondan las preguntas.



1. Alrededor de 1850, en Inglaterra, una población de mariposas (polillas) *Biston betularia*, presentaba entre sus miembros variabilidad en el color de sus alas: algunos individuos tenían alas blancas manchadas con pecas oscuras y otros alas oscuras.

2. Las alas blancas de los primeros les servían como camuflaje cuando se posaban sobre los troncos de los árboles cubiertos con una especie de líquen grisáceo. Las mariposas de alas color negro, en cambio, eran fácilmente detectadas por depredadores.



3. En 1900, aproximadamente, los humos producidos por las industrias oscurecieron los troncos de los árboles.

- a. ¿Qué habrá ocurrido a lo largo del tiempo, antes de 1900, con ambos tipos de mariposas? Expliquen.
- b. ¿Qué consecuencias habrá tenido el oscurecimiento de los árboles, para las mariposas? Expliquen.

Una **adaptación** es cualquier rasgo (o grupo asociado de caracteres) **heredable**, cuya presencia en un individuo **incrementa la posibilidad de sobrevivencia y reproducción** o adecuación biológica, bajo un determinado conjunto de condiciones ambientales.

¿Todos los rasgos o características de los individuos son adaptativas? Respecto del efecto del ambiente o de la selección natural, algunos rasgos como el color, la forma, el tamaño de una estructura u órgano, o el número de ellos, pueden ser adaptativos, es decir, relevantes para la sobrevivencia y reproducción de los organismos que los presentan; o bien, ser neutros y, entonces, no tener efecto alguno en ello.

Entre esta diversidad de caracteres se ha observado un tipo muy particular conocido como **preadaptación** o **exaptación**. Este tipo de carácter corresponde a una estructura u órgano que durante el proceso evolutivo fue seleccionado pues cumplía una función adaptativa particular, la que más tarde fue modificada bajo la fuerza de la selección natural. Es decir, son órganos que han cambiado su función original por otra, pero aún conservan su estructura original. A lo largo de la historia evolutiva de los organismos existen varios ejemplos de preadaptaciones. Uno de ellos son las plumas. Estas estructuras, que en un inicio servían de aislante térmico, más tarde fueron esenciales en el vuelo de las primeras aves.

## 15 Tipos de adaptaciones

La selección natural no es el único proceso que causa evolución, ya que existen otros como la deriva génica y el flujo génico. Sin embargo, de acuerdo con muchos biólogos evolutivos la selección natural es el único proceso que causa adaptación, ¿por qué? La teoría de la evolución por selección natural, plantea que en la naturaleza, los individuos más aptos en cuanto a su sobrevivencia y reproducción, transmitirán las características favorables a sus hijos, lo que contribuirá al aumento de la frecuencia de rasgos “beneficiosos”, entendiéndose el beneficio en términos de adecuación biológica para el propio organismo. Estos rasgos fenotípicos corresponden a adaptaciones, pero ¿todos estos rasgos son igualmente adaptativos?

En el conjunto de caracteres, estructuras y órganos que componen a un individuo, pueden distinguirse algunos rasgos neutros y otros adaptativos en distinto grado. Entre estos últimos, encontramos aquellos que son altamente adaptativos y, por lo tanto, se mantienen en la especie de generación en generación. Incluso, en algunos casos, estas adaptaciones resultan tan exitosas que, en ambientes similares, especies no emparentadas pueden alcanzar soluciones semejantes. Pero ¿estos rasgos adaptativos tienen que ver solo con las estructuras biológicas de los organismos o también con el funcionamiento de estas? ¿Qué tipos de adaptaciones existen?

### Biología@net

Visita la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B3142. Encontrarás información sobre los principales conceptos relacionados con la evolución de los organismos, además de actividades, videos, animaciones y autoevaluaciones. Recuerda que las direcciones de internet o su contenido pueden cambiar.

A continuación se describirán solo algunas de las adaptaciones más estudiadas en diversas especies animales y vegetales, las cuales serán agrupadas de acuerdo con el tipo o nivel de fenotipo correspondiente al rasgo considerado. Por ejemplo, **adaptaciones morfológicas** (relacionadas con estructuras biológicas del organismo), **fisiológicas** (asociadas con el funcionamiento de las estructuras biológicas en el organismo) y **conductuales** (referidas al comportamiento del organismo).

Sin embargo, es necesario considerar que no todas las adaptaciones cumplen su función de manera aislada en el organismo, sino que están relacionadas de forma directa o indirecta. Por ejemplo, la ejecución de una determinada conducta, necesaria para la sobrevivencia de un organismo, requiere que ciertos procesos fisiológicos se lleven a cabo y que algunos órganos cumplan su función de manera normal.



Muchas especies de himenópteros, como las abejas avispa, realizan la conducta de “aguijonear” como respuesta frente al ataque de otros animales. Esta consiste en introducir en otro organismo una estructura conocida comúnmente como aguijón, a través de la cual inyectan una sustancia química tóxica. ¿Qué adaptaciones están descritas en este párrafo?

### 15.1 Adaptaciones fisiológicas

Estas adaptaciones **permiten mejorar el funcionamiento interno del organismo**, particularmente, en ambientes difíciles. Por ejemplo, la rata canguro puede hacer uso del agua derivada de la degradación de los alimentos, para subsistir en ambientes desérticos sin necesidad de beber agua. En las plantas, este tipo de adaptaciones es más común, pues, debido a su inmovilidad, son incapaces de “escapar de las condiciones estresoras” de su ambiente. Las especies deciduas, por ejemplo, cambian su metabolismo, lo que les permite evadir los efectos de las estaciones de menos luz solar, a través de la pérdida de sus hojas, pues la mantención de estructuras siempre tiene un costo asociado. Otra adaptación interesante, que permite a algunas plantas enfrentar ambientes desérticos, es la de algunas especies, como las cactáceas, que abren sus estomas para capturar o fijar el CO<sub>2</sub> necesario para la fotosíntesis, solo durante la noche, manteniéndolos cerrados durante el día, con lo que hacen más eficiente el uso del agua.



Las espinas de los cactus, que los protegen de los animales herbívoros, pueden ser consideradas adaptaciones.

### 15.2 Adaptaciones del comportamiento

Este tipo de adaptaciones son más frecuentes entre los animales. Por ejemplo, organismos de algunas especies que habitan en regiones desérticas pasan la mayor parte del día ocultos en sus madrigueras o refugios y buscan alimento solo durante la noche, con lo que reducen la pérdida de agua corporal. Semejante conducta se presenta en otras especies, pero con diferente función. Algunos roedores, por ejemplo, buscan alimento en la noche o en el crepúsculo, cuando el riesgo de ser depredados es menor; las lagartijas regulan la temperatura de su cuerpo moviéndose entre su refugio y los lugares de exposición directa al sol.



En el reino animal las adaptaciones conductuales son diversas y se presentan desde los organismos más simples (estructural y funcionalmente) a los más complejos, relacionadas tanto con variables ambientales como con la alimentación, la reproducción o el cuidado de las crías.

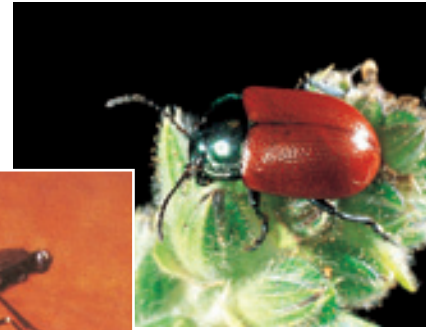


### 15.3 Adaptaciones morfo-funcionales

En los animales, la diversidad de estas adaptaciones es grande y pueden relacionarse con los mecanismos que permiten tolerar las condiciones del medio, las formas de obtener alimento, los modos de locomoción o con la reproducción.

En los **animales**, por ejemplo, en las focas y lobos de mar, la gruesa capa de grasa subcutánea que poseen es una adaptación que los protege de las frías aguas polares. En los insectos, las piezas que componen el aparato bucal son básicamente las mismas, sin embargo, se han modificado dando origen a una variedad de "formas" bucales, relacionadas con el tipo de alimentación de los diferentes grupos de insectos. En algunos casos, el aparato bucal es utilizado específicamente en algunas formas de obtener el alimento, por ejemplo en picar y succionar, como el de los mosquitos y los pulgones; en lamer, como en el caso de las abejas; o en morder, como en las chinitas. Adaptaciones semejantes se presentan en las piezas dentales de los mamíferos, cuya forma y resistencia dependen, en general, de la dieta de la especie. ¿Cuáles serían las principales diferencias entre la dentadura de un mamífero carnívoro y otro herbívoro?

En los **vegetales**, el tamaño reducido de las hojas de algunas especies de plantas, con estomas restringidos en número y disposición, es una adaptación estrechamente relacionada con minimizar la pérdida de agua en ambientes desérticos, como el caso del tamarugo. Las plantas con grandes hojas, como algunas especies de helechos y las nalcas, están asociadas a ambientes con poca luz, como se da en el piso de los bosques o pequeños claros, donde tener hojas de gran tamaño ayuda a capturar los escasos rayos de luz que se filtran a través del follaje arbustivo. Sin embargo, las adaptaciones morfológicas más significativas se pueden



El aparato bucal de los insectos es una adaptación que les permite alimentarse.

observar en las flores. La gran diversidad floral está estrechamente ligada a los mecanismos de reproducción de cada especie, algunas de las cuales se encuentran relacionadas con diferentes polinizadores, como aves o insectos.



¿Qué posibles adaptaciones presentan estos organismos?



## 15.4 Adaptaciones morfológicas de color y forma

Entre las adaptaciones morfológicas, los parecidos en color y/o forma entre especies diferentes, o entre los organismos y su entorno, son quizás las adaptaciones más interesantes, y corresponden a parecidos que proveen algún tipo de ventaja a los individuos. Entre los parecidos ventajosos, encontramos:

- **Camuflaje.** Involucra las semejanzas o imitaciones de algún rasgo del ambiente u objetos que rodean a los individuos, y puede incluir la forma, el color y los patrones del ambiente. Ejemplos de este tipo de adaptación existen en insectos como la mantis, en peces como el lenguado, en reptiles como las lagartijas y en mamíferos como los osos polares.
- **Mimetismo.** Se refiere al parecido entre organismos de especies diferentes, los cuales habitan en la misma área. Este tipo de mimetismo está estrechamente asociado con las “coloraciones de advertencia” que poseen algunas especies venenosas, de mal sabor u olor, para sus depredadores. En estas especies la coloración ha evolucionado a patrones “llamativos”, como amarillo y negro; amarillo, blanco y negro, rojo o anaranjado etc. Esta coloración denominada apocemática es notoria para muchas especies de depredadores que aprenden a reconocer a los portadores de la señal.

- **Tipos de mimetismo**

Un tipo es el **mimetismo batesiano**, en el que una especie (“imitadora”), que no es venenosa ni “desagradable”, posee los mismos patrones de coloración que una especie (“modelo”) venenosa o de mal sabor, que vive en la misma comunidad. Por ejemplo, existen especies de moscas inofensivas que tienen aspecto de avispas o abejas; culebras con apariencia de serpientes venenosas; y mariposas no dañinas semejantes a otras nocivas.



*Insecto que se asemeja a una hoja.*

En pocos casos, dos especies diferentes, ambas venenosas o desagradables al sabor, han evolucionado de manera convergente hacia los mismos patrones de coloración de advertencia. Esto corresponde al **mimetismo mulleriano**, y un ejemplo característico son los patrones semejantes que existen entre distintas especies de avispas y abejas.

El **automimetismo** corresponde a animales con patrones que semejan una cabeza, con sus respectivos ojos, en el extremo posterior del cuerpo. El mimetismo también permite que depredadores se asemejen a sus víctimas u otro tipo de organismo inofensivo. En otros casos, el mimetismo tiene efectos en la reproducción, como en el caso de algunas especies de orquídeas cuyas flores tienen un gran parecido con la hembra de un insecto polinizador.

### ACTIVIDAD 21

### IDENTIFICAR

- Reunidos en pareja, busquen información sobre diferentes animales peligrosos, como la araña del trigo, la vinchuca o la avispa chaqueta amarilla, o animales que potencialmente pueden ocasionar daño al ser humano, como especies de insectos que existen en nuestro país. Evalúen sus características morfológicas e identifiquen algunos rasgos claves que permitan distinguirlos de otros.

## 16 Restricciones al proceso de adaptación

¿Existen límites para el proceso adaptativo?

Hemos considerado que el proceso de adaptación permite, a una especie o población, un delicado ajuste de sus atributos a los requerimientos del ambiente que habita. Sin embargo, el proceso de adaptación puede estar restringido por diferentes factores.

### 16.1 Restricciones debidas al desarrollo

En las **restricciones estructurales**, los cambios adaptativos están restringidos por las propiedades físicas de las estructuras de los organismos, o por el hecho de que sus formas están sujetas a ciertas “leyes de formas”, como la simetría. El cuerpo de los artrópodos, por ejemplo, está conformado por un exoesqueleto, una cubierta muy dura que resguarda sus órganos internos y da forma a sus cuerpos. Esta estructura los hace extremadamente “fuertes”. Sin embargo, si especies de este grupo crecieran a tamaños semejantes al de un perro, sus patas serían incapaces de resistir el peso, es decir, el material y la forma no soportarían un cuerpo de esa envergadura.

Las **restricciones históricas** están determinadas por los patrones que los descendientes heredan de sus ancestros. En este sentido, los rasgos heredados traen consigo una suerte de “inercia heredada”, por lo que los cambios solo pueden darse dentro de cierto rango de posibilidades, que mantenga la relación entre ancestros y descendientes.

### 16.2 Restricciones genéticas

La selección natural es la que dirige el proceso de adaptación, pero lo hace solo si existe variabilidad en el o los rasgos involucrados. Esta variabilidad depende de la ocurrencia de mutaciones que permitan la aparición de formas alternativas del mismo rasgo. Por lo

tanto, la posibilidad de cambios está limitada al surgimiento de las mutaciones que aumentan la variabilidad fenotípica en la especie.

### 16.3 Restricciones por compromisos

Los cambios pueden estar restringidos, de alguna manera, por recursos limitados de los organismos, como la energía y los distintos nutrientes, normalmente escasos, necesarios para cumplir diferentes funciones. Cualquier cambio que requiera mayor inversión de estos recursos, comprometerá alguna otra estructura o función. En las plantas, por ejemplo, parece haber relación entre el tamaño y el número de semillas producidas, es decir, que si para una especie estar mejor adaptada implica tener semillas más grandes, es probable que su producción sea menor en número. En cierto tipo de artrópodos también ocurre una relación inversa entre el número de huevos producidos por la hembra y el tamaño de estos.



El exoesqueleto de los artrópodos representa una adaptación que les ha permitido diversificarse en ambientes terrestres, pero es una restricción al aumento de tamaño.

#### VOY APRENDIENDO

De acuerdo con la información presentada en esta página, responde las siguientes preguntas, fundamentando las respuestas:

- ¿Todo cambio en los rasgos fenotípicos, dentro de una población, es adaptativo?
- ¿Todos los rasgos que exhibe una especie son una adaptación?
- ¿Todos los rasgos fenotípicos en un individuo tienen igual valor adaptativo?

## 17 Adaptación e historia evolutiva

La adaptación es parte del proceso evolutivo que ha permitido a los seres vivos diversificarse a lo largo del tiempo y del espacio, es decir, en el transcurso de la historia evolutiva ha permitido a las poblaciones de organismos colonizar nuevos hábitats y sobrevivir en condiciones ambientales cambiantes.

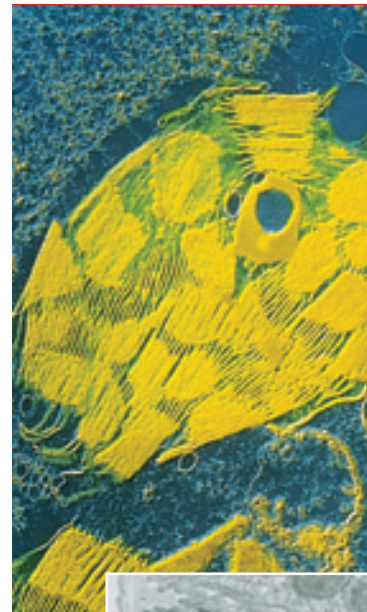
### 17.1 Adaptación a nivel celular e historia evolutiva

**Pérdida de la pared celular.** Uno de los acontecimientos más importantes en la evolución de las células eucariontes a partir de células procariontes, habría sido la pérdida de pared celular, característica de las células procariontes. Esto habría posibilitado la fagocitosis, o ingestión de partículas sólidas. Esta nueva forma de obtener alimento fue, probablemente, un rasgo adaptativo clave en el éxito ecológico de los primeros eucariontes, que llevó a la evolución de nuevas estructuras intracelulares u organelos, derivados de bacterias que fueron ingeridas pero no digeridas.

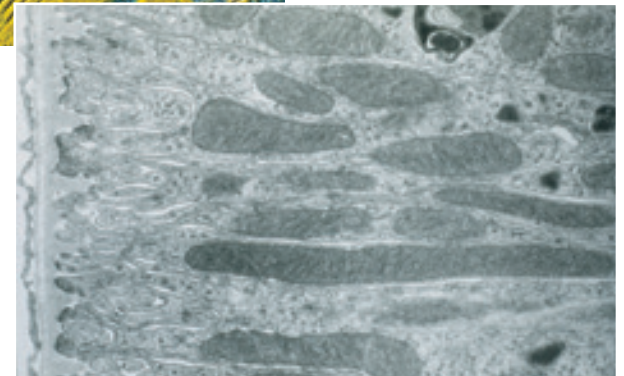
**Origen de plastidios y mitocondrias.** Estas bacterias se convirtieron en huéspedes permanentes de las células procariontes que las albergaban, debido al beneficio entre huéspedes y hospedero, de modo que con el tiempo se volvieron mutuamente dependientes. Los pequeños simbiontes habrían encontrado nutrientes en las células hospederas, mientras que estas obtenían los beneficios energéticos que el simbionte les confería. De esta manera surgieron las primeras mitocondrias y los primeros plastidios.

Estas ideas fueron propuestas fundamentalmente por la bióloga **Lynn Margulis**, a principios de la década de los setentas, quien ha aportado evidencia a favor del **origen endosimbionte de las mitocondrias y plastidios**. Tanto mitocondrias como plastidios

tienen ciertas estructuras y características que permiten sustentar su origen endosimbionte, como, por ejemplo, poseen una membrana externa doble, se replican en el interior de la célula por fisión y presentan ADN y ribosomas en su interior, similares a los bacterianos.



Microfotografía de cloroplasto.



Microfotografía de mitocondria.

#### ACTIVIDAD 22

#### RECORDAR

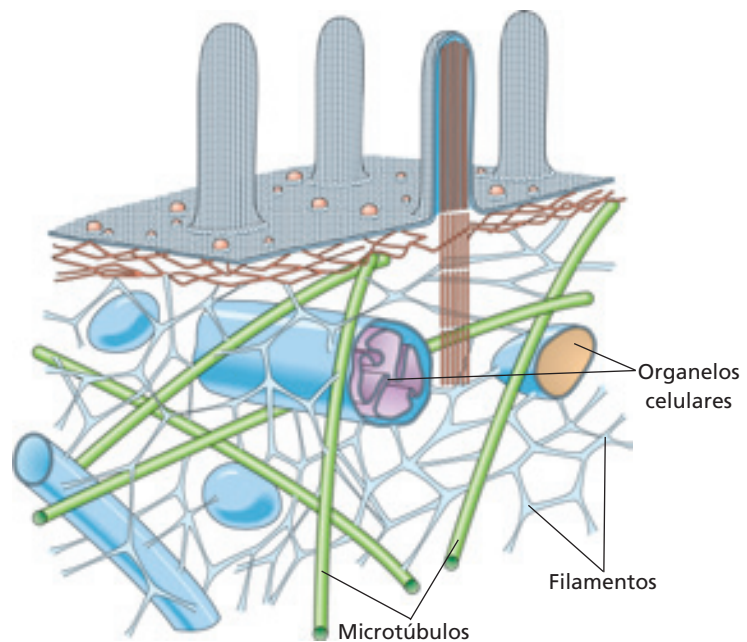
- Explica la función de cloroplastos y mitocondrias, señalando los principales reactantes y productos de sus respectivas reacciones químicas.

- **Evolución y función del citoesqueleto**

En un tipo de células sin pared celular habría evolucionado un esqueleto molecular interno, el **citoesqueleto**, que habría permitido mantener la forma de la célula en ausencia de una pared celular rígida. Dicha propiedad se logra por la presencia de dos tipos principales de moléculas; los **filamentos de actina**, que resisten la fuerza del estiramiento, y los **microtúbulos**, resistentes a la fuerza de compresión. Adicionalmente, el citoesqueleto posibilitó el transporte de partículas y estructuras en el medio intracelular, como se observa en el esquema. De este modo, los cromosomas de las células eucariontes ancestrales se habrían fijado a los microtúbulos, lo cual posibilitó un nuevo mecanismo de segregación previo a la división celular.

En las células procariontes, si bien existe un esqueleto interno formado por proteínas similares a la actina (descubierto recientemente), el mecanismo que permite que un cromosoma se segregue a cada célula hija depende de la fijación, a la membrana plasmática, del punto de origen y de término en la replicación del material genético. En la célula eucarionte, en cambio, evolucionó un nuevo mecanismo de segregación de los cromosomas; la **mitosis**. Puesto que los cromosomas habrían sido segregados por acción de los microtúbulos, ya no existiría una limitación en el número de orígenes de replicación, lo cual tuvo por consecuencia un aumento en el contenido de ADN en comparación a las células procariontes.

El aumento del tamaño del genoma, habría correspondido a un rasgo adaptativo que posibilitó, junto con otras condiciones biológicas celulares, la evolución de **organismos pluricelulares** más complejos.



Debido a la polimerización y despolimerización de los microtúbulos, se generan en el citoplasma de las células eucariontes, las vías de transporte de organelos y vesículas.



Organismo pluricelular.

### VOY APRENDIENDO

- Analiza la información entregada en esta página y en la anterior, y efectúa un esquema que ilustre los principales acontecimientos que permitieron la evolución de los organismos pluricelulares a partir de las células procariontes. Rotula tu esquema, señalando el tipo celular y las estructuras involucradas.

## 17.2 Historia evolutiva y adaptación en plantas

Las primeras plantas surgen unos 400 millones de años atrás, a partir de pequeñas algas verdes que crecen en suelos húmedos, en los márgenes de masas de agua. En aquel tiempo, el inexplorado ambiente terrestre representó una tremenda oportunidad evolutiva para los organismos vivos, especialmente para las plantas, debido a que ofrecía radiante luz solar, fuertemente reducida bajo el agua; riqueza de nutrientes, normalmente diluidos en el ambiente acuático; y ausencia de depredadores.

En la “conquista” del ambiente terrestre, las plantas debieron “resolver” dos de los grandes problemas para la vida sobre la tierra: la **obtención y conservación del agua**; y la **mantención de una posición erguida** a pesar de la gravedad y del viento. En las primeras plantas terrestres surgieron adaptaciones, como una cubierta cerosa, que cubría las partes del cuerpo expuestas al aire y reducía la pérdida de agua por evaporación; estructuras semejantes a las raíces, a través de las cuales era posible obtener el agua y minerales; un sistema de “tubos” internos, que permitían conducir los minerales y el agua desde las raíces a las hojas; y el engrosamiento adicional de la pared de ciertas células, que daban al tallo mayor rigidez para permanecer erguido. Con estas adaptaciones, las primeras plantas terrestres se diversificaron

extensamente, llegando, en el Carbonífero, a cubrir extensas franjas de tierra en las riberas de cuerpos de agua, con bosques de helechos arbustivos y alfombras de diferentes asociaciones de musgos.



¿Qué posibles adaptaciones le permiten a las plantas sobrevivir en el ambiente terrestre?

### ACTIVIDAD 23

### ANALIZAR

Reunidos en pareja, describan los factores abióticos de los siguientes ambientes: desierto, alturas cordilleranas y piso de bosque lluvioso. Averigüen sobre las características adaptativas que debieran poseer las plantas adaptadas a ellos. Luego, respondan las siguientes preguntas.

- ¿Qué tipo de problemas tendrían, en cada caso, las plantas con la disponibilidad de agua, intensidad luminosa, temperatura u otras variables?
- ¿De qué manera enfrentarían las plantas estos problemas?
- ¿En cuál de estos ambientes es más probable encontrar musgos, helechos, coníferas y plantas con flores? Expliquen.

- **¿Qué otros aspectos debieron enfrentar las plantas al colonizar el ambiente terrestre?**

El **sistema de reproducción** fue uno de los procesos que evolucionó un linaje de especies vegetales y les permitió diversificarse en ambientes terrestres. Los primeros grupos de plantas conservaron, de sus ancestros, gametos masculinos flagelados, es decir, espermios que debían nadar para fecundar el óvulo, por lo cual estas especies estuvieron restringidas a los ambientes más húmedos, como pantanos, marismas o lugares altamente lluviosos; donde los gametos podían ser liberados en el agua para su encuentro y fecundación.

Algunas especies que habitaban ambientes más áridos comenzaron a evolucionar hacia **estrategias reproductivas independientes del medio acuático**. Las primeras especies con una estrategia de este tipo fueron las coníferas, como araucarias, cipreses y pinos, que surgieron hace unos 250 millones de años. En este grupo, el gameto femenino es retenido en la planta adulta y los espermios –encapsulados en un grano de polen– son transportados por el viento hasta alcanzar la estructura (cono) en que se alojan los huevos (gametos femeninos). Complementariamente, otra importante adaptación que surge en este grupo es que, luego de la fecundación, el individuo en desarrollo, antes de ser liberado, es provisto con sustancias de reserva y encapsulado por una cubierta resistente a la desecación (estructura básica de la semilla). Durante este tiempo, los cambios geológicos provocaron el surgimiento de montañas y el clima se hizo más seco, reduciendo drásticamente los hábitats húmedos y pantanosos. Esto produjo la extinción de grandes grupos de helechos y musgos, pero las coníferas se diversificaron y distribuyeron en el planeta.

El último grupo que aparece en esta historia evolutiva son las **plantas con flores**, que

evolucionaron a partir de alguna especie semejante a las coníferas, hace unos 130 millones de años atrás. Aparentemente, la ventaja de las plantas con flores fue su mayor eficiencia y rapidez en la reproducción. Las coníferas, debido a que son polinizadas por el viento, deben producir grandes cantidades de polen, para que solo algunos alcancen su objetivo. Sin embargo, la estructura floral ha evolucionado estrechamente ligada a la polinización por insectos. Con estos u otros grupos de organismos como polinizadores, las plantas requieren menor cantidad de polen para lograr éxito en la fecundación. Durante su historia evolutiva las plantas con flores han desarrollado un considerable número de otras adaptaciones, más específicas, que les ha permitido alcanzar una gran variedad de ambientes, llegando a ser el grupo más diverso entre las plantas.



*¿Qué ventajas le otorgan estas estructuras a los organismos que las producen?*

### 17.3 Historia evolutiva y adaptación en animales

De acuerdo al registro fósil, en el Cámbrico surge una gran variedad de especies animales, muchas de ellas semejantes y claramente ancestrales a las especies actuales. En estos grupos de invertebrados, la **organización corporal, en relación al tracto digestivo**, fue una de las primeras y más básicas diferencias adaptativas. Los primeros animales, con una organización corporal en forma de un saco, poseían un sistema digestivo con solo una abertura, es decir, ingerían su alimento y expulsaban los desechos por la misma cavidad. Este sistema evolucionó hacia la aparición de un sistema digestivo que separaba la abertura por donde ingresaba el alimento de aquella por donde salen los restos, como ocurre en los seres humanos.

El motor de la aparición de nuevas y más especializadas adaptaciones fue, quizás, la **relación entre predador y presa**. La necesidad de desplazarse en busca de la presa y de moverse con rapidez para huir del depredador, condujo a la **diversificación de los modos de locomoción**. Estos mecanismos debieron ser acompañados por la contracción muscular, que permitía mover partes del cuerpo. Sin embargo, para su contracción, la musculatura debía estar sujeta a alguna estructura rígida del cuerpo, como un esqueleto. Así evolucionó, entre los invertebrados, como los trilobites (los más antiguos), el esqueleto externo o **exoesqueleto**. En otros animales surgió una forma distinta de sostener el resto del cuerpo: el **esqueleto interno**. Es de este grupo que más tarde, alrededor de 400 millones de años atrás, se originaron los primeros peces. Junto con estas habilidades de movimiento, debió desarrollarse una **mayor capacidad sensorial** y un **sistema nervioso más sofisticado**. En algunos grupos más avanzados, estos sentidos, altamente desarrollados, se ubicaron en el extremo anterior del animal, mejorando la coordinación y dirección del movimiento.

El proceso evolutivo de los animales continuó en los grupos acuáticos. Sin embargo, el ambiente terrestre proveyó la oportunidad para la diversificación de muchos grupos de animales.

- **¿Qué animales fueron los primeros en habitar el ambiente terrestre?**

Poco después de que las plantas evolucionaron sobre la tierra, le siguieron los artrópodos, en los que el exoesqueleto constituyó una preadaptación que les permitió colonizar y diversificarse en variados ambientes terrestres. Esta dura estructura, que rodea el cuerpo, como en las langostas y los cangrejos, sirvió como una cubierta a prueba de agua y fue lo suficientemente resistente para soportar el peso de un pequeño animal, en contra de la fuerza de gravedad. Los artrópodos respiraban a través de agallas, estructuras que permiten el intercambio gaseoso en el medio acuático.



¿Qué importancia tiene el exoesqueleto en estos animales?

### 17.4 ¿Cómo surgen los grupos de vertebrados que colonizan el ambiente terrestre?

#### ACTIVIDAD 24 OBTENER Y ORGANIZAR INFORMACIÓN

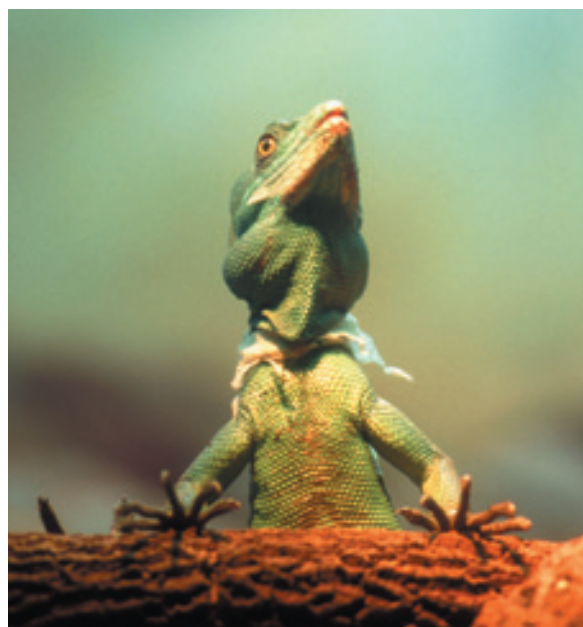
- Reunidos en grupo de 3 ó 4, averigüen sobre uno de los siguientes temas: sistema de locomoción en animales unicelulares, locomoción en invertebrados, locomoción en vertebrados, percepción de la luz en animales unicelulares, el sentido de la visión en invertebrados y la visión en vertebrados. Relacionen sus investigaciones con la historia evolutiva de los animales, preparen una disertación y preséntenla en el curso.

El primer grupo de vertebrados que colonizó el ambiente terrestre fue el de los anfibios. Estos derivaron de una clase de peces que presentaban dos preadaptaciones para el desarrollo de la vida en la tierra: **aletas fuertes y robustas** que les permitían arrastrarse en el fondo de pozas poco profundas, y una vejiga o bolsa derivada del tracto digestivo que podía ser llenada de aire, como **pulmones primitivos**. Estos atributos les permitieron buscar refugio, durante períodos más secos, moviéndose entre pozas poco profundas y pobres en oxígeno, situación que soportaban llenando de aire sus rudimentarios pulmones. A partir de estos peces, pero con pulmones más funcionales y patas derivadas de las aletas, surgieron los primeros anfibios hace unos 350 millones de años atrás. Sin embargo, su delicada piel y la necesidad del medio acuático para la fecundación de sus gametos, restringió a los anfibios a vivir ligados a las riberas de cuerpos de agua.

Así como en las plantas los climas más secos dieron origen a las coníferas, en los animales permitieron la evolución de los reptiles a

partir de los anfibios. Los primeros reptiles desarrollaron al menos cuatro adaptaciones: **pulmones más eficientes**, que proveyeran de todo el oxígeno requerido por el organismo; una **piel gruesa y escamosa**, que previniera la pérdida de agua; una **fecundación interna**, es decir, el depósito de los espermios en una cavidad genital de la hembra, que elimina la necesidad del medio acuático; y **huevos protegidos por una cáscara impermeable** que mantiene al embrión durante su desarrollo.

Una de las mayores dificultades que los reptiles debieron enfrentar fue mantener una temperatura corporal lo suficientemente alta como para hacer más eficientes su sistema nervioso y sus músculos. La mayoría de las especies de reptiles están en actividad solo cuando la temperatura ambiental es cálida. Sin embargo, hace unos 150 millones de años, dos grupos de pequeños reptiles siguieron, independientemente, estrategias evolutivas diferentes para evitar la pérdida de calor, desarrollando estructuras aislantes: en un grupo evolucionaron las plumas y en el otro los pelos, dando origen a las aves y a los mamíferos, respectivamente.



Los reptiles presentan una piel gruesa, que impide la pérdida de agua.

## Selección natural y evolución

Materiales	
- Cuaderno	- Lápiz

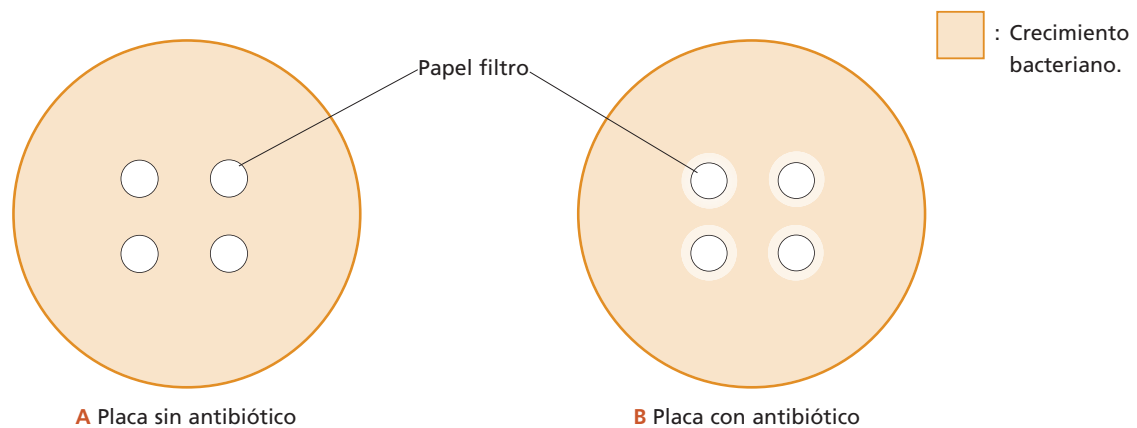
### Procedimiento

- Lee atentamente la siguiente situación.

Dos estudiantes, en clases de Biología, prepararon dos placas de Petri con un medio nutritivo (jalea sin sabor) y colocaron en ellas muestras de bacterias obtenidas de las fosas nasales.

Cuando estas se reproducen y proliferan sobre la jalea, se forma una "película" que le da una apariencia más opaca.

En una de las placas colocaron pequeños trozos de papel filtro, previamente esterilizados, que habían sumergido en un antibiótico: penicilina. En la otra placa, colocaron pedazos de papel filtro, previamente esterilizados, que habían sumergido en agua previamente hervida. Incubaron ambas placas en una estufa de cultivo, a la misma temperatura y por el mismo período de tiempo, y obtuvieron los resultados que se representan en los dibujos A y B.



### Análisis de resultados

- ¿Qué diferencia existe entre las placas con y sin antibiótico?
- ¿Cómo se explican las diferencias observadas?
- ¿Qué proceso ha ocurrido en algunas de las bacterias enfrentadas al antibiótico?
- ¿Cómo se relaciona este proceso con la selección natural y la evolución?
- ¿Qué variables permanecieron constantes en el experimento?
- ¿Cuál es la variable dependiente y cuál la independiente, en el diseño experimental?
- Elabora un informe de laboratorio que incluya las respuestas a las preguntas anteriores.

# Medicina evolutiva, SIDA y evolución del VIH

## 1. Explorar el problema

La **medicina evolutiva** es una disciplina que se ha desarrollado durante la última década a partir del trabajo “El amanecer de la medicina darwiniana”, publicado en 1991 por el biólogo evolucionista George Williams y el médico psiquiatra Randolph Ness. De acuerdo con estos autores, el conocimiento alcanzado en Biología Evolutiva, desde Darwin hasta el presente, constituye una teoría que permite hacer predicciones sobre los estados de salud y enfermedad del ser humano, incluidos los procesos infecciosos, las respuestas adaptativas del organismo frente a sustancias tóxicas y a nuevos ambientes, la frecuencia y persistencia en el tiempo de las enfermedades de base hereditaria, el envejecimiento y el impacto epidemiológico de las llamadas “enfermedades de la civilización”, entre otros. En el caso del SIDA por VIH, este enfoque ha permitido explicar el impacto de las conductas humanas en la evolución del agente infeccioso.

### a. La medicina evolutiva

A diferencia de la medicina tradicional, que enfatiza en la búsqueda de las causas inmediatas de una enfermedad, el enfoque de la medicina evolutiva otorga especial importancia a las **explicaciones de carácter histórico y poblacional** ofrecidas por la ecología y la genética, la sistemática evolutiva y la biología del desarrollo. El **marco teórico general** desde el cual se aplican estos conocimientos es la teoría de la descendencia con modificación a partir de un ancestro en común, y la teoría de la evolución por selección natural, o por otros mecanismos, como la deriva génica,

las migraciones o el apareamiento diferencial (selección sexual).

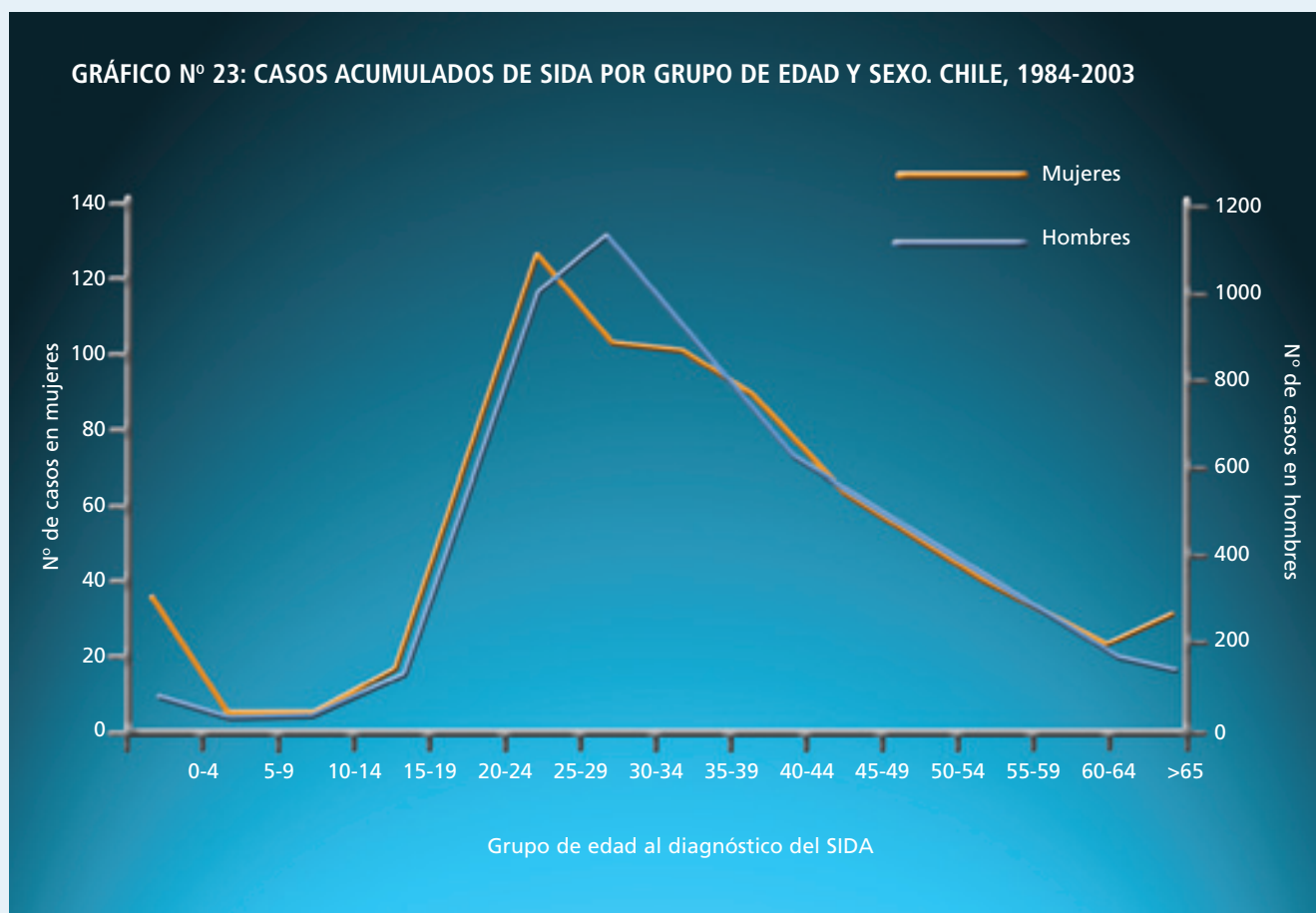
Así, la medicina evolutiva asume, en primer lugar, que los procesos que alteran el normal estado de salud del ser humano tienen un **carácter dinámico y poblacional**. Lo anterior implica, por ejemplo, considerar al agente patógeno como a una población de organismos que evade la respuesta inmune, y al tejido blanco de dicho agente como una población de células que es capaz de evolucionar gracias a su enorme variabilidad genética disponible. En segundo lugar, los síntomas de una enfermedad como las náuseas, la fiebre, los vómitos o las cefaleas no son problemas que debemos necesariamente atacar, sino que constituyen reacciones de nuestro organismo basadas en el **principio del detector de humos**, según el cual es más beneficioso sufrir una breve molestia y poner rápidamente en alerta nuestros sistemas de defensa, antes que permitir la acción de toxinas que pasarían desapercibidas pero podrían dañar gravemente nuestras funciones vitales. Por último, según la medicina evolutiva, los procesos que alteran nuestro estado de salud pueden deberse a **factores de larga data en la historia evolutiva del linaje homínido**, y han tenido un impacto relevante en nuestra biología.

Es lo que ocurre con la posición bípeda (3.8 millones de años), y sus efectos en el parto o en el normal funcionamiento de la columna vertebral (lumbagos), o con los caracteres atávicos, como el apéndice vermiforme del tracto digestivo, eventual depósito de bacterias y toxinas nocivas al organismo.

**b. El SIDA: ¿resultado de un compromiso evolutivo?**

Según el Programa Conjunto de Naciones Unidas para la infección por VIH/SIDA, hasta fines de 2003 había en el mundo un total de 40 millones de personas infectadas, habiendo muerto 3 millones de personas por esta enfermedad. En Chile, la Comisión Nacional del SIDA registró entre 1984 y 2003 a 6.060 pacientes que presentaban SIDA y a 6.514

portadores de VIH, habiendo muerto en este período 3.800 personas por VIH/SIDA. El número de casos diagnosticados con SIDA en nuestro país se triplicó entre los 15 y los 25 años de edad. El brusco incremento del número de personas diagnosticadas con SIDA entre 1984 y 1997, muestra que una de las características del virus es su alta tasa de reproducción, siendo el SIDA un efecto colateral de esta propiedad conducente a la muerte de la persona infectada.



En mujeres, la mayoría de los casos de SIDA se registran entre los 20 y los 24 años de edad; en cambio, en los hombres, la mayoría de los casos se registran en el rango de los 25 a los 29 años de edad.

Fuente: Conasida. *Caracterización epidemiológica de la infección por VIH/SIDA en Chile*. Diciembre de 2003. *Revista Chilena de Infectología* 22: 169-202 (2005).

Si una alta tasa de virulencia conduce con mayor probabilidad a la muerte del huésped, ¿por qué el VIH no ha evolucionado hacia cepas menos virulentas, disminuyendo la mortalidad del huésped? Según el biólogo evolucionista **Paul Ewald**, es la conducta del propio huésped la que ha favorecido la expansión de las cepas de VIH con mayor tasa reproductiva. Es lo que se conoce como hipótesis de la tasa de transmisión diferencial del VIH. La predicción de esta hipótesis es si la monogamia está extendida en la población huésped, las formas altamente virulentas (VIH-1), disminuirán en su frecuencia, y aumentará la frecuencia de las formas de menor virulencia (VIH-2).

### c. Evolución del VIH

De acuerdo con el conocimiento obtenido, al comparar la secuencia de bases nucleotídicas del genoma del VIH en monos africanos y humanos, el VIH-2, frecuente en África occidental, se transmitió al humano desde el simio de la especie *Cercocebus torquatus*, mientras que la cepa más virulenta de VIH-1, se transmitió a nuestra especie desde el chimpancé común (*Pan troglodytes*). Además, en este último caso, análisis evolutivos usando ADN sugieren que el evento de transmisión ocurrió en un pasado reciente. En ambos casos, los eventos de transmisión más probables están asociados con el uso de estos animales como alimento.

El carácter altamente variable del genoma del VIH-1, su capacidad de transmisión recurrente, así como su gran virulencia, permiten predecir a los investigadores en medicina evolutiva que el hallazgo de una vacuna efectiva contra este virus puede resultar una tarea imposible e, incluso, inútil.



Gentileza Clínica Familia

En la Clínica Familia trabajan voluntariamente personas que brindan cuidado a enfermos terminales de SIDA. Esta institución fue creada por el padre Baldo Santi.

## 2. Analizar el problema

- Tomando en cuenta la información contenida en estas páginas, y buscando información adicional en la biblioteca de tu colegio e internet, desarrolla las siguientes actividades.
- a. Resume en una tabla las principales diferencias entre los enfoques de la medicina tradicional y la medicina evolutiva.
- b. ¿Por qué la medicina evolutiva no es aún parte del conocimiento médico general?
- c. Analiza el gráfico N° 23 de la **página 155**, y propón una hipótesis que explique por qué la cantidad de hombres diagnosticados con SIDA en nuestro país supera en casi 10 veces a la cantidad de mujeres que sufren de esta enfermedad.
- d. ¿A qué crees que se debe el hecho de que la mayor cantidad de casos diagnosticados con SIDA entre los hombres tenga una edad promedio superior a la de las mujeres en la misma condición?
- e. ¿Cómo explicar, de manera razonable, la alta tasa de niños neonatos y preescolares diagnosticados con SIDA, mostrados en la primera parte de la curva?
- f. Explica con tus propias palabras la hipótesis de Ewald sobre la tasa de transmisión diferencial del VIH.

## 3. Tomar una decisión

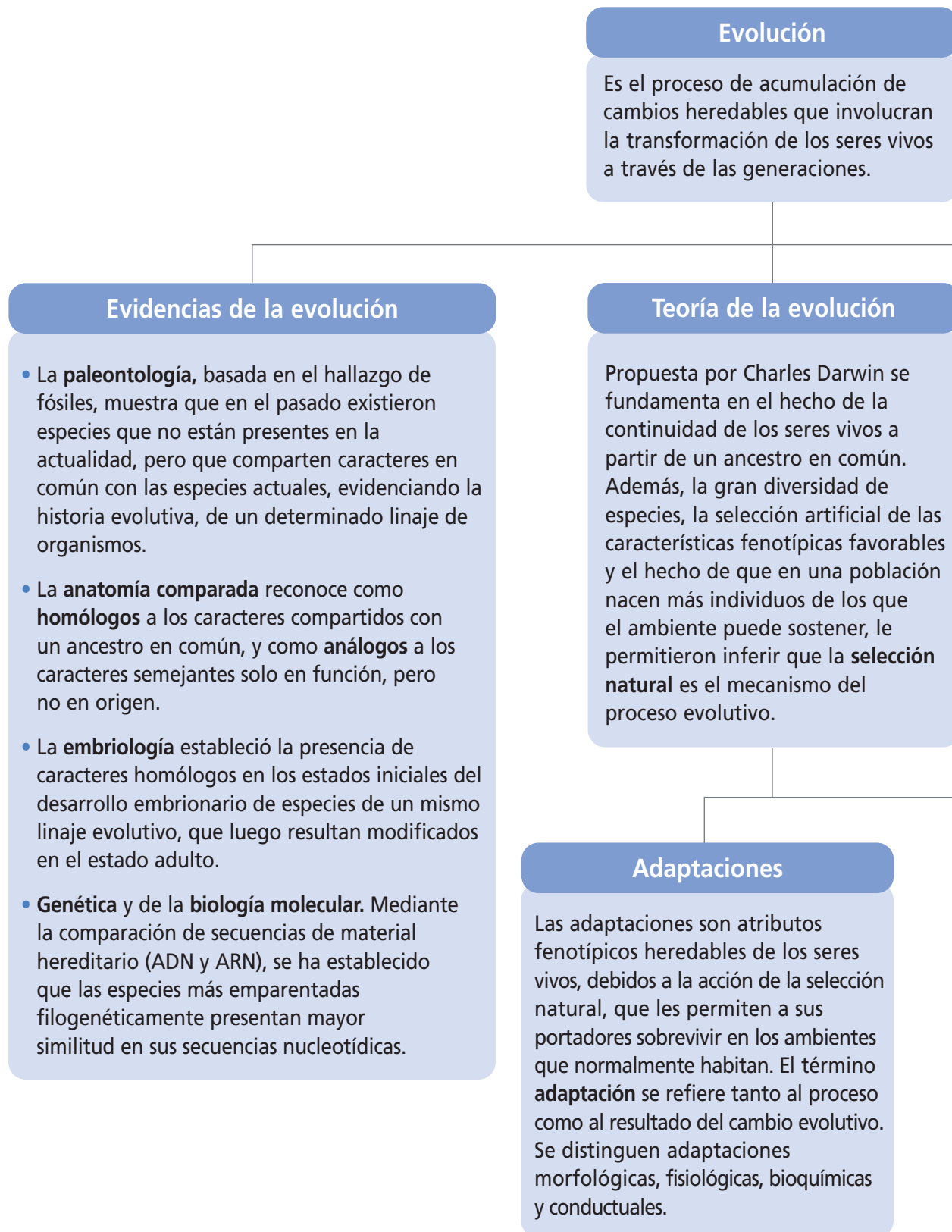
- a. ¿Es el SIDA un problema de salud pública en Chile?, ¿por qué?
- b. ¿De qué manera influyen los factores sociales, culturales y económicos en la propagación del VIH/SIDA en la población mundial?

- c. ¿De qué manera influyen estos mismos factores en el manejo del SIDA en nuestro país?
- d. Considerando el hecho de que es altamente improbable poder elaborar una vacuna contra el VIH, ¿debería modificarse el destino de los fondos eventualmente asignados en nuestro país a la investigación básica en este tema?, ¿por qué?

## 4. Mi compromiso

- Con ayuda de tu profesor(a) organiza tu curso en dos grupos que tendrán como tarea defender los enfoques de la medicina tradicional (grupo 1) y de la medicina evolutiva (grupo 2) en la lucha contra el VIH/SIDA. Cada grupo resumirá sus posiciones y las expondrá ordenadamente al otro grupo. Luego se resumirán las principales conclusiones del debate y se mostrarán en el diario mural del curso.

Pueden buscar información en [www.scielo.cl](http://www.scielo.cl) En ella encontrarán el informe de Conasida, publicado en la *Revista Chilena de Infectología* (volumen 22, páginas 169-202, año 2005). Recuerden que el contenido de las páginas puede cambiar, por lo tanto, realicen su propia búsqueda en la red.



### Teoría sintética de la evolución

La integración de los conocimientos de la genética mendeliana al darwinismo clásico dio origen a esta teoría. De acuerdo con este enfoque, la evolución es un proceso gradual que ocurre a partir de leves cambios de base hereditaria (mutaciones y recombinación genética), cuya expresión fenotípica es sometida a nivel poblacional, en distintas proporciones, a la acción de la selección natural, teniendo como resultado la reproducción y supervivencia diferenciales.

### Eventos evolutivos

Los principales eventos evolutivos a **escala geológica** son: el surgimiento de los procariontes, eucariontes y metazoarios (era arcaica, período Precámbrico); la colonización de los ambientes terrestres (era paleozoica); el origen de los mamíferos, las plantas con flores y los dinosaurios (era mesozoica); la diversificación de nuevas especies de aves, mamíferos, insectos y plantas con flores, y el surgimiento del linaje homínido (era cenozoica).

### Especiación

Este proceso se explica por la acción de mecanismos de aislamiento reproductivo precigótico (generalmente mecánico o de tipo conductual) y postcigótico (inviabilidad o esterilidad de los híbridos interespecíficos). La inhibición del flujo génico entre poblaciones de la misma especie y su posterior divergencia puede ocurrir en presencia de barreras geográficas (especiación alopátrida), ecológicas (simpátrida), o por una combinación de ambas (peripátrida, entre otras).

### Factores que intervienen en el proceso evolutivo

Además de la selección natural, son factores que intervienen en el proceso evolutivo:

- Las **mutaciones**,
- la **transferencia de material hereditario** entre poblaciones,
- la deriva génica,
- los **cruzamientos no aleatorios o comportamiento selectivo** de la elección de la pareja.

## Mapa conceptual

Elige 15 conceptos que te parezcan relevantes en esta unidad y arma tu propio mapa conceptual. Preséntalo, en una puesta en común, a tus compañeros y compañeras.

## ¿Estamos aún evolucionando?



¿En qué medida crees que la intervención del hombre en el medioambiente natural afectará el curso normal de la evolución de la especie humana?

El objetivo final de la medicina moderna es modificar el curso normal de las enfermedades y mejorar la calidad de vida del paciente, mediante la aplicación de terapias y el uso de fármacos. Algo similar ocurre con la cultura, en la medida en que sus productos facilitan la interacción del hombre con los factores adversos del medioambiente a través del vestuario, la construcción de viviendas o los sistemas de transporte. ¿Significa esto que la constante modificación de nuestra capacidad de adaptación al entorno “relaja” las presiones selectivas, y nos conduce, en definitiva, a detener nuestra propia evolución biológica?

El conocimiento acumulado en los últimos años a partir de la secuenciación del genoma humano y el análisis de la variación genética a nivel de bases nucleotídicas únicas y de bloques de genes polimórficos, muestran que las poblaciones humanas están sometidas de manera permanente a cambios no azarosos en sus frecuencias alélicas. Así, al menos, lo evidencia un reciente trabajo publicado en una revista científica, donde se revisa el hallazgo de numerosos genes cuyos alelos son relevantes para aumentar la sobrevivencia de sus portadores. Es el caso del gen de la lactasa, enzima responsable de degradar la lactosa, principal azúcar contenido en la leche. A nivel mundial, la mayoría de los adultos es intolerante a la lactosa porque producen muy poca cantidad de lactasa. Sin embargo, esta secuencia se ha conservado y transmitido en el norte de Europa durante los últimos 10.000 años formando parte de un haplotipo específico de esas poblaciones, donde se encuentra representada en, aproximadamente, 8 de cada 10 adultos.

Tanto el período de tiempo como la zona geográfica coinciden con el proceso de domesticación de los animales de ganadería destinados a la producción de leche, lo que sugiere que este haplotipo fue seleccionado positivamente al favorecer a los individuos que podían consumir por más tiempo esta importante fuente de proteínas. Otros ejemplos de “candidatos” a la selección natural en humanos es el de las variantes alélicas de los genes de la hemoglobina C, del grupo sanguíneo Duffy y la enzima glucosa-6-fosfato dehidrogenasa. Todos ellos otorgan resistencia a la malaria, y están representados en una alta frecuencia en las poblaciones del norte y centro de África, lugar de origen del mosquito (*Anopheles aegyptus*) vector del protozoario (*Plasmodium falciparum*) causante de la malaria.

Fuente: Hawks, Wang, Gregory, Cochran, Henry, Harpending, and Moyzis. (2007). Recent acceleration of human adaptive evolution. *PNAS* 104(52): 20753-20758.

### A PARTIR DE LA LECTURA ANTERIOR Y DE LO QUE APRENDISTE EN ESTA UNIDAD, RESPONDE:

- ¿Cuál es la diferencia entre evolución y selección natural?
- ¿Qué condiciones deben cumplirse para suponer que ha ocurrido selección natural en una población humana en particular?
- ¿Por qué el dato sobre el origen geográfico apoyaría la hipótesis de que los genes de la lactasa y de la hemoglobina C fueron seleccionados positivamente en sus respectivas poblaciones?
- ¿Qué otros factores evolutivos pueden explicar los hallazgos resumidos en este artículo? Fundamenta tu respuesta.

En tu cuaderno desarrolla las siguientes actividades. Posteriormente, discútelas con tu curso en una puesta en común.

- Los entomólogos son científicos que estudian los insectos. A raíz de sus investigaciones han podido establecer que existe una estrecha relación entre el tipo de patas que tiene el animal y el ambiente en que vive. Así, se reconocen patas andadoras, nadadoras, cavadoras, raptoras, etcétera. Busca información sobre los tipos de patas de los siguientes insectos: chinita, mantis religiosa, escarabajo buceador (*Dysticus marginalis*) y grillo topo (*Gryllotalpa gryllotalpa*). A partir de lo aprendido en la unidad, postula cuáles podrían ser el tipo de ambiente que habitan y los hábitos alimenticios de cada insecto, según el tipo de patas que posee.

En tu cuaderno, copia la siguiente tabla y complétala con la información recopilada:

Insecto	Tipo de patas (acompaña la descripción con un pequeño esquema)	Ambiente que habita	Tipo de alimentación
Chinita			
Mantis			
Escarabajo buceador			
Grillo topo			

- ¿Qué relación existe entre las patas de los diferentes insectos y el ambiente que habitan?, ¿y con el tipo de alimentación?
  - Compara tus respuestas con las de otros compañeros y compañeras de curso, y luego corrobora la veracidad de tus hipótesis, buscando información en libros o internet.
- Reunidos en grupo, recolecten diferentes tipos de semillas y describan sus semejanzas y diferencias. Determinen las características distintivas de cada una. Pueden recurrir a libros e internet, para ampliar su información. Posteriormente, respondan las preguntas que se plantean a continuación.
    - ¿Cuáles son los componentes básicos de cualquier semilla?
    - ¿Cuál es la función principal de una semilla?
    - ¿Qué función cumplirán las características distintivas en cada caso? Formulen una hipótesis para dar respuesta a este problema.

En tu cuaderno responde las siguientes preguntas. Lee atentamente el enunciado y las alternativas, recuerda que solo una de ellas es la correcta. Al finalizar, desarrolla la sección **¿Cómo lo aprendí?** de la **página 186**.

3. Un investigador ha comparado las primeras seis bases nucleotídicas del gen *letinasa* presentes en humanos, chimpancés y gorilas. Las secuencias de nucleótidos son las siguientes:

humano —————→ ATG ACT  
chimpancé —————→ ATG ACA  
gorila —————→ ATG CGT

Según estas secuencias podría afirmarse lo siguiente:

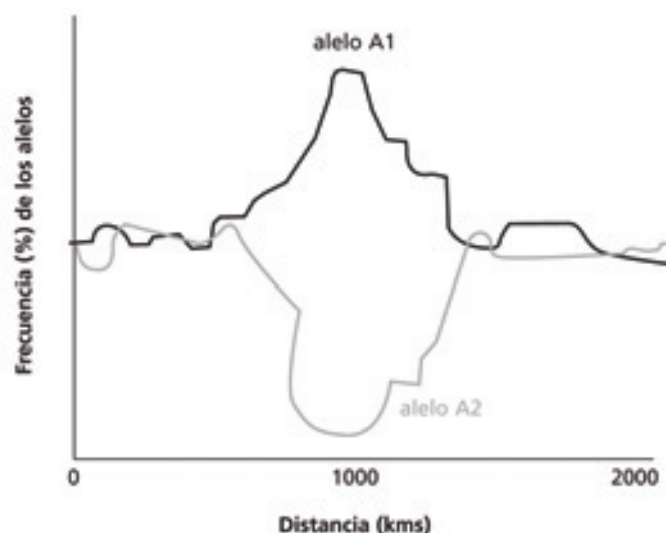
- I. el ancestro común de las tres especies presenta A o T en el sexto nucleótido.
  - II. ocurrió un cambio de T por A en el sexto nucleótido del gen de chimpancé.
  - III. el sexto nucleótido es un carácter análogo entre humano y chimpancé.
- A. Solo I  
B. Solo II  
C. Solo III  
D. I y II  
E. I, II y III
4. Ciertas especies de tortugas viajan miles de kilómetros por el mar Atlántico hasta alcanzar las costas en donde dejan sus huevos. Los individuos que nacen en esas costas hacen luego el viaje de retorno, hasta el lugar de apareamiento, y luego vuelven a depositar sus huevos en las lejanas costas. Un investigador ha planteado la siguiente hipótesis para explicar cómo estos organismos son capaces de realizar este largo viaje: "las tortugas ancestrales que realizaron viajes exitosos para alcanzar lugares óptimos para depositar los huevos grabaron la información en la memoria. Esta información fue transmitida inmediatamente a la progenie. Esta progenie fue capaz de realizar el mismo viaje, y algunos individuos lograron alcanzar lugares más lejanos y más óptimos. Este proceso se repitió por generaciones hasta nuestros días". ¿En cuál de las siguientes teorías ha fundamentado su hipótesis este investigador?
- A. Teoría de la selección natural.  
B. Teoría de la descendencia con modificación.  
C. Teoría lamarckista.  
D. Teoría sintética de la evolución.  
E. Teoría de la evolución de Darwin.
5. Si comparamos organismos con una gran capacidad de dispersión (desplazamiento) versus organismos sésiles, encontraremos que en los primeros es más intenso el siguiente proceso:
- A. deriva genética.  
B. flujo genético.  
C. mutación.  
D. selección natural.  
E. coadaptación.

6. Para que la selección natural actúe sobre una población, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- I. heredabilidad de los rasgos sometidos a selección natural.
- II. variabilidad de los rasgos sometidos a selección natural.
- III. muerte de los individuos que no son favorecidos por la selección natural.

- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo III
- D. I y II
- E. I, II y III

7. Un investigador analizó la frecuencia de los dos alelos (A1 y A2) de un mismo gen, en un coleóptero. Para esto, analizó varias poblaciones, desde Arica a Santiago, obteniendo los siguientes resultados:

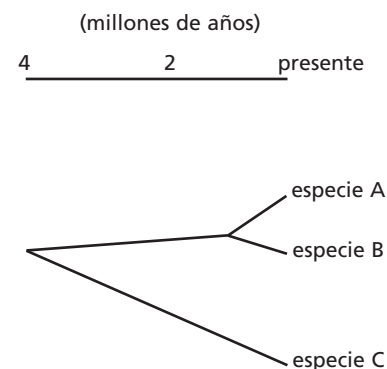


Al respecto, ¿cuál de las siguientes aseveraciones podrían ser correctas respecto a lo que sucede alrededor del kilómetro 1.000?

- I. existe selección disruptiva, a favor del alelo A1.
- II. no existe selección estabilizadora.
- III. los individuos portadores del alelo A1 se reproducen más rápido.
- IV. los individuos portadores del alelo A2 tienen menor probabilidad de morir.

- A. I y II
- B. II y III
- C. I, II y III
- D. II, III y IV
- E. I, II, III y IV

8. Una cordillera alcanzó su máximo levantamiento hace alrededor de 100.000 años. A ambos lados de la cordillera es frecuente encontrar dos especies de roedores muy similares. El análisis de divergencia genética reveló que ambas especies han permanecido separadas aproximadamente hace 50.000 años. ¿Cuál de los siguientes mecanismos de especiación se ajusta mejor a los datos descritos?
- Especiación simpátrica.
  - Especiación peripátrica.
  - Especiación alopátrica.
  - Especiación por aislamiento precigótico.
  - Especiación por aislamiento postcigótico.
9. Si dos especies pertenecen, taxonómicamente, al mismo orden, entonces es correcto afirmar que ambas pertenecen al (a la) mismo(a):
- clase.
  - phylum.
  - familia.
- Solo I
  - Solo II
  - Solo III
  - I y II
  - I, II y III
10. El siguiente esquema representa el tiempo que ha transcurrido desde la separación evolutiva de tres especies de mamíferos muy emparentados.



Tanto la especie A como la C presentan patas con cuatro dígitos (dedos) mientras que la especie B presenta solo tres dígitos en cada extremidad. Los fósiles de los ancestros de estas especies actuales presentan, todos, cuatro dígitos. Por lo tanto, estos antecedentes sugieren que el número de dedos en las especies A y C corresponderían a caracteres:

- convergentes.
- análogos.
- homólogos.
- adaptativos.
- divergentes.

**Adaptación:** atributos fenotípicos de los seres vivos originados por la acción de la selección natural, que les permiten a sus portadores sobrevivir en los ambientes que normalmente habitan.

**Analogía:** similitud entre estructuras de distinto origen evolutivo pero que realizan una misma función o funciones equivalentes.

**Deriva génica:** cambios aleatorios en las frecuencias génicas de una población. Su efecto es mayor en poblaciones pequeñas.

**Especiación:** proceso evolutivo que conduce a la formación de nuevas especies a partir del aislamiento reproductivo de individuos pertenecientes a la población ancestral.

**Evolución:** proceso natural de acumulación de cambios heredables que involucran la transformación de los seres vivos a través de las generaciones.

**Flujo génico:** transferencia del material hereditario entre los miembros de una misma especie debido a la migración de individuos o dispersión de los gametos.

**Homología:** similitud de estructuras entre diferentes especies debido a un origen evolutivo común.

**Mutación:** factor evolutivo que contribuye, mediante la modificación azarosa del material hereditario, a aumentar la variabilidad genética de los organismos.

**Selección direccional:** tipo de selección natural que tiene como resultado favorecer a aquellos individuos que expresan uno de los valores extremos de un rasgo.

**Selección disruptiva:** tipo de selección natural que tiene como resultado favorecer a aquellos individuos que expresan los rasgos extremos, reduciendo la representación en la siguiente generación de los rasgos promedio.

**Selección estabilizadora.** Tipo de selección natural que tiene como resultado favorecer a aquellos individuos que expresan el valor promedio de un rasgo.

**Selección natural:** proceso evolutivo que favorece la reproducción y/o supervivencia de los miembros de una población de seres vivos, que presentan fenotipos ventajosos en comparación con otros miembros de la población.

**Selección sexual:** proceso evolutivo que tiene como resultado la transmisión de una generación a otra de los atributos que favorecen la elección de la pareja y el apareamiento exitoso desde el punto de vista reproductivo.

# Medidas de seguridad en el trabajo de laboratorio

El trabajo de laboratorio puede resultar interesante y entretenido, pero debe ser realizado con rigurosidad y precaución, pues de esto depende el éxito de las actividades que realices en él. Para ello, es importante que conozcas una serie de medidas que ayudarán a que tu trabajo experimental sea satisfactorio y seguro. Algunas de las recomendaciones generales para trabajar en el laboratorio son:

- Sigue siempre las instrucciones de tu profesor o profesora.
- Preocúpate de conocer el procedimiento a realizar. Cualquier duda que tengas, pregúntale a tu profesor o profesora.
- Usa siempre un delantal o cotona, para evitar que tu ropa se manche o salpique, y mantén el área de trabajo ordenada, sin libros, abrigos, bolsos o cualquier otro material innecesario o inútil.
- No inhales, pruebes o huelas productos químicos si no estás debidamente informado de sus características.
- No utilices nunca un equipo o aparato sin conocer correctamente su funcionamiento.
- Si usas el pelo largo, mantenlo recogido, y evita el uso de bufandas, collares, pulseras u otros elementos que puedan enredarse con los materiales de trabajo.
- Trabaja con orden, limpieza y sin prisas.
- Nunca corras, juegues, comas o bebas en el laboratorio.
- Deja siempre el material limpio y ordenado después de su uso.
- Lava prolijamente tus manos con abundante agua y jabón después de cada actividad y antes de salir del laboratorio.
- Asegúrate de que en el laboratorio haya un botiquín de primeros auxilios.

## Manipulación de material de vidrio

Gran parte del material que hay en el laboratorio es de vidrio, como, por ejemplo, los tubos de ensayo, los vasos de precipitado y las probetas. Como el vidrio es un material **frágil**, es necesario manejarlo con muchísimo cuidado. Algunas recomendaciones para prevenir accidentes en su utilización son:

- Nunca manipules material de vidrio en mal estado y replázalo si se encuentra quebrado o trizado.
- Al calentar material de vidrio recuerda que este tarda en enfriarse y presenta el mismo aspecto del material que no ha sido calentado.
- No expongas el material de vidrio directo a la llama. Para ello, se recomienda interponer un material capaz de difundir el calor, como una rejilla metálica y utilizar preferentemente piezas de vidrio resistentes al calor.



¿Qué medidas de seguridad están cumpliendo las jóvenes en la fotografía?, ¿cuáles no?

## Manipulación de material cortopunzante

Es importante tener mucho cuidado con el material cortopunzante, solo utilízalo cuando te lo indiquen, **nunca juegues ni corras con él en tus manos** y mantenlo siempre en un lugar visible para evitar accidentes.

## Manipulación de reactivos y sustancias químicas

Al trabajar con sustancias químicas y reactivos es importante tener en cuenta las siguientes normas para evitar accidentes:

- Lee siempre las etiquetas de los frascos, no los pruebes o inhales y evita todo contacto con tu piel y ojos.



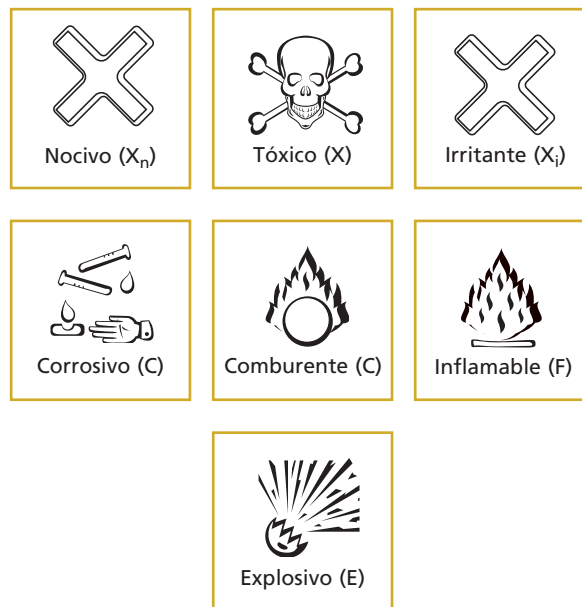
- Nunca intercambies sus tapas, y al vaciarlos de un recipiente a otro, utiliza distintas pipetas.
- Nunca realices mezclas que el profesor no te indique, ya que pueden **resultar muy peligrosas**.



- No viertas residuos y líquidos en el lavamanos, a menos que el profesor o profesora así te lo indique.



Además, para trabajar de forma segura, es necesario que conozcas la simbología de advertencia que poseen algunas sustancias químicas, para que tengas en cuenta algunas precauciones al trabajar con cada una de ellas.



## ¿Qué hacer en caso de accidentes?

En caso de cualquier accidente, lo primero que debes hacer es **avisar a tu profesor o profesora**, y nunca tratar de controlar la situación tú solo(a), ya que esta podría empeorar. Sin embargo, es importante que conozcas algunas medidas que se deben seguir, en diferentes situaciones.

### a. Herida cortante

- Lavar la herida con abundante agua por unos 10 minutos.
- Si la herida es pequeña y deja de sangrar, después de lavarla hay que desinfectarla, en lo posible, con un algodón impregnado con agua oxigenada al 3%, y finalmente, cubrirla con una venda o con un apósito, sin apretar demasiado la herida.
- Si la herida es grande y no deja de sangrar, se necesita asistencia médica urgente.

### b. Quemadura con sustancias calientes

- Poner la zona afectada bajo el chorro del agua fría, durante unos 5 a 10 minutos.
- Si la zona afectada es muy grande o tiene mal aspecto, requiere atención médica inmediata.

### c. Salpicadura o contacto con sustancias químicas en los ojos

- Lavar con abundante agua durante 10 ó 15 minutos.

### d. Incendio de ropa

- Cubrir a la persona con una manta, o hacerla rodar por el piso.
- Es importante **no** correr, para evitar la expansión del fuego.

# Disección de ojo



Antes de realizar esta actividad práctica, recuerda las **medidas de seguridad en el trabajo de laboratorio** señaladas en el **Anexo 1** (páginas 166 - 168).

La disección de un ojo de vaca (también puede ser de cerdo o de cordero) es una experiencia de laboratorio que te permitirá reconocer los elementos anatómicos que componen este importante órgano sensorial y además profundizar el estudio de su funcionamiento.



Ojo de cerdo con musculatura anexa.

Organícense en grupos de tres o cuatro integrantes. Para trabajar, cada grupo necesitará los siguientes materiales:

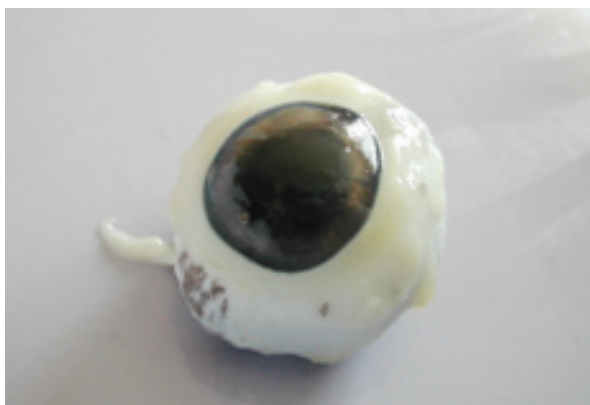
## Materiales

- 1 ojo de vaca (se puede conseguir en alguna carnicería o en el supermercado)
- 1 bisturí
- Tijeras finas
- Pinzas finas
- Fuente o cubeta de disección
- Guantes de látex
- Regla
- Hojas de diario
- Bolsas plásticas
- Papel absorbente
- Agua
- Jabón

## Procedimiento

Antes de comenzar, laven bien sus manos con agua y jabón. Asegúrense de que su lugar de trabajo esté limpio y ordenado.

1. Tomen el ojo de vacuno, obsérvenlo detenidamente e intenten identificar algunas estructuras. En su cuaderno, realicen un esquema e indiquen con flechas los nombres de las estructuras identificadas.
2. Desde fuera, se puede apreciar la membrana externa del ojo (**esclerótica**); la **córnea**, que recubre la parte delantera del ojo; el **iris** y la **pupila**, así como la musculatura responsable de los movimientos del ojo. Con las tijeras, corten la musculatura que rodea al globo ocular, dejándolo libre de tejidos. Realicen una medición de las dimensiones del ojo.



Ojo de cerdo.

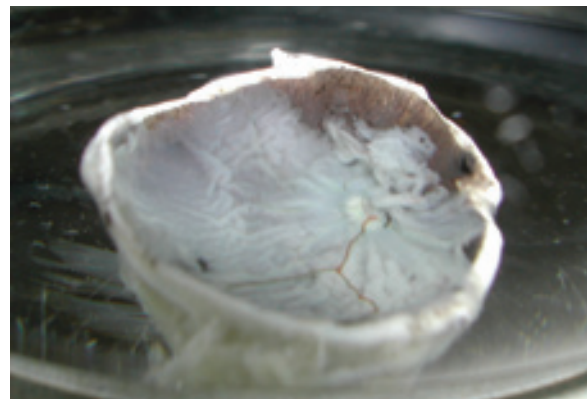
3. Luego, coloquen el ojo sobre la fuente de disección. Con mucho cuidado realicen un corte en la córnea, hasta que salga un líquido transparente. Este líquido transparente es el **humor acuoso**, compuesto principalmente por agua. ¿Qué función tiene el humor acuoso?

4. Después, con ayuda del bisturí, pinchen la esclerótica hasta que la traspasen. Una vez hecha la incisión, con la tijera corten el ojo por la mitad, dividiendo el globo ocular en una mitad anterior y otra posterior como se muestra en la fotografía. El líquido gelatinoso que sale es el **humor vítreo**, sustancia gelatinosa que ayuda a mantener la forma del ojo y permite el paso inalterado de la luz hasta la retina. En la mitad anterior se advertirá el **iris**, el **crystalino** y la **pupila**, mientras que en la posterior, se encuentra la **retina**. Dibujen y rotulen las estructuras que observen en ambas mitades.



Si trabajas con tijeras con punta, ten mucha precaución de no pasar a llevar tus dedos.

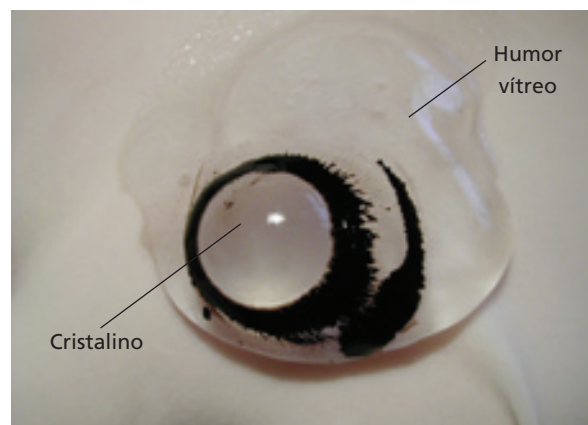
5. Para observar mejor la retina, sumerjan la mitad posterior del ojo en agua. Entre la esclerótica y la retina hay una membrana vascular que cubre los dos tercios posteriores del globo ocular, la **coroides**, ¿cuál es su función?



La retina es la estructura blanquecina que se observa en la imagen.

6. Observen que un extremo de la retina está adherido al fondo del globo ocular. Este extremo es el punto ciego, lugar donde convergen las fibras nerviosas que dan origen al nervio óptico.

7. De la mitad anterior, extraigan con mucho cuidado el cristalino, que es la estructura que se encuentra inmediatamente detrás del iris. Retiren los restos de humor vítreo.



8. Con el cristalino observen las letras de unas hojas de diario. ¿Cómo es la imagen que se observa? Con los dedos, presionen los bordes del cristalino, ¿qué sucede con la imagen observada?



 Cristalino.

9. Con una pinza fina tomen el iris y estírenlo suavemente, ¿qué constitución tiene? ¿Qué tipo de tejido forma el iris? ¿Qué estructura se encuentra al centro del iris?, ¿cuál es la función de esta perforación?



 Iris.

10. Al terminar, limpien su lugar de trabajo y el material utilizado. Dejen toda la basura en una bolsa de plástico cerrada para ser eliminada. Laven cuidadosamente sus manos con agua y jabón.

## Actividades

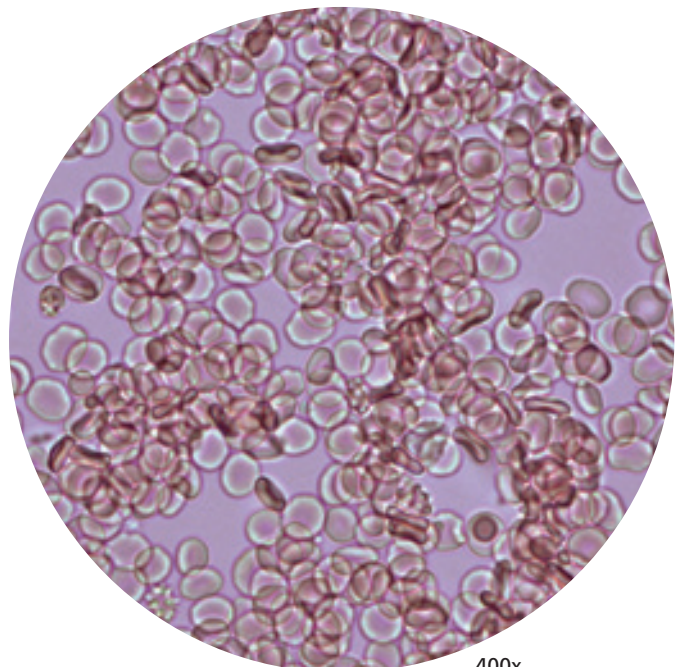
- Reunidos en sus grupos de trabajo, discutan las siguientes preguntas y luego escriban sus respuestas en sus cuadernos.
  - a. ¿Qué función cumple la córnea?
  - b. ¿Qué constitución tiene la capa más externa del ojo?, ¿cuál es su función?
  - c. ¿Cuál es la función del humor acuoso?
  - d. ¿Cuál es la función específica de los conos y los bastones?
  - e. Suponiendo que el ojo con el que acaban de trabajar es de una persona con visión normal, ¿qué ocurriría si la distancia medida entre la parte anterior y posterior fuera mayor?, ¿qué ocurriría si fuera menor?, ¿cómo podríamos resolver estas situaciones?
  - f. Averigua en libros e internet por qué, si la imagen que llega a la retina a través del cristalino es invertida, nosotros vemos las imágenes derechas.
  - g. Con una linterna de baja potencia, iluminen el ojo de un compañero o compañera después de haberlo mantenido cerrado por varios segundos. Anoten sus observaciones. ¿Qué estructura del ojo reacciona ante el estímulo?, ¿cuál es la función específica de la respuesta?
- En una puesta en común, comenten sus respuestas con el curso.

# Intercambio entre las células y su medio

Como ya sabes, la **osmosis** es el movimiento, particularmente de agua, desde una región de baja concentración de soluto hacia otra de mayor concentración. La membrana plasmática que delimita las células es más permeable al agua que a los iones u otros solutos que se encuentran en el medio intra y extracelular, por lo que, si en el medio extracelular la concentración de solutos es mayor que en su interior, el movimiento de agua se realizará desde el interior hacia el exterior de la célula. ¿Qué crees que ocurrirá en el caso contrario?

A través de esta actividad podrás observar cómo se comportan las células animales –por ejemplo los glóbulos rojos– al ser expuestas a medios con diferente concentración de sales (hipertónico, isotónico e hipotónico).

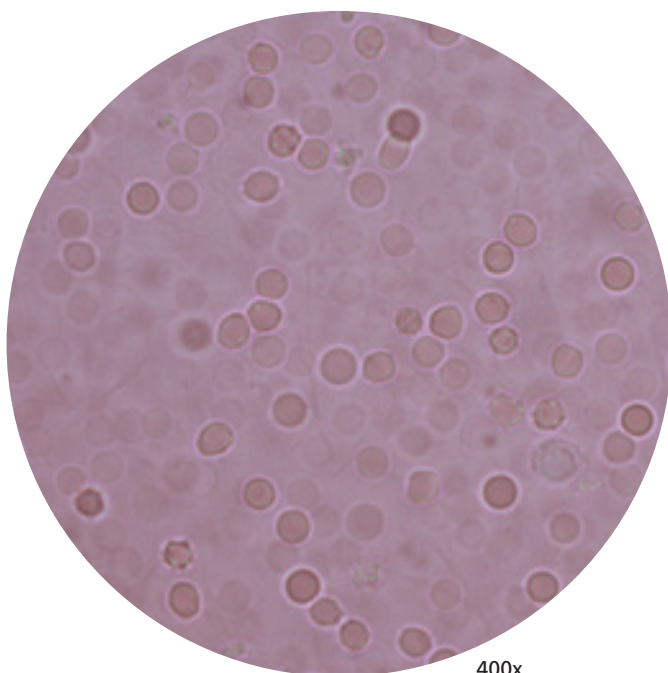
- Reúnanse en parejas para desarrollar las actividades que se detallan a continuación.
1. Se prepararon tres muestras histológicas, para ello se tomaron tres portaobjetos limpios y en uno de ellos se colocó una gota de solución de NaCl 0,9% (suero fisiológico); en otro una gota de agua destilada; y en el último una solución de NaCl 2%. Sobre cada gota de solución se agregó una gota de sangre humana y se cubrió la muestra con un cubreobjetos. Se observó al microscopio y los resultados obtenidos se muestran en las fotografías que aparecen a continuación.



400x

Glóbulos rojos en solución de NaCl 0,9% (suero fisiológico).

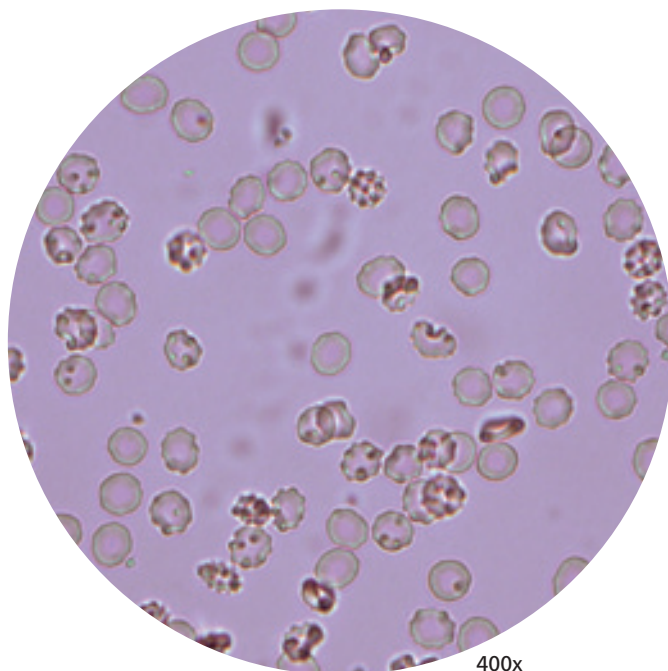
2. Observen atentamente las fotografías y en sus cuadernos esquematicen los glóbulos rojos en las distintas soluciones. Además, anoten el aumento del microscopio y la solución en la que se encontraban.



400x



Glóbulos rojos en agua destilada.



400x



Glóbulos rojos en solución de NaCl 2%.


### Actividades

- En parejas, discutan las preguntas que se plantean a continuación y escriban sus respuestas en sus cuadernos.
  - a. ¿Qué ocurrió con los glóbulos rojos en cada solución?
  - b. Respecto de la concentración de sales en las soluciones utilizadas: agua destilada, NaCl 0,9% y NaCl 2%, ¿a qué tipo de medio corresponden: isotónico, hipertónico o hipotónico?
  - c. Considerando lo anterior, ¿cómo podrían explicar lo ocurrido? Elaboren esquemas que les permitan explicar lo observado.
  - d. Considerando lo observado en esta actividad, ¿qué podrían concluir respecto del equilibrio entre agua y sales en el medio interno?

# Disección de riñón

El sistema excretor es uno de los encargados de eliminar los desechos resultantes del metabolismo celular. Los órganos más importantes en este sistema son los riñones, ya que se encargan de la eliminación y evacuación de casi todos los desechos que son tóxicos para el organismo, además de mediar la regulación del balance hidrosalino.



 Riñón de cerdo.

- Organícense en grupos de tres a cuatro compañeros y compañeras. Para trabajar, cada grupo necesitará los siguientes materiales:

## Materiales

- 2 riñones de vaca (o de cerdo)
- 1 bisturí
- Pinzas finas
- Fuente o cubeta de disección
- Agua oxigenada de 20 volúmenes
- Guantes de látex
- 1 jeringa
- 1 vaso de precipitado de 1.000 mL
- Gotario
- Balanza
- Cubreobjetos
- Portaobjetos
- Microscopio
- Regla
- Bolsas plásticas
- Papel absorbente
- Agua
- Jabón

## Procedimiento

Antes de comenzar, laven bien sus manos con agua y jabón. Asegúrense de que su lugar de trabajo esté limpio y ordenado.

1. Normalmente los riñones que venden en los supermercados vienen libres de grasa y sin las glándulas suprarrenales sobre ellos. En caso contrario, con cuidado retírenlos con los dedos y las pinzas.
2. Observen la estructura externa del riñón. Dibujen un esquema de lo observado rotulando sus partes.
3. Con la regla, midan el largo mayor del riñón, el ancho mayor y el grosor mayor. Registren estos datos en sus cuadernos.
4. Masen el riñón en la balanza. Anoten los datos.

5. Llenen el vaso de precipitado con 500 mL de agua. Luego, introduzcan el riñón en el agua y midan el volumen de agua desplazada. Anoten sus resultados.
6. Estando el riñón en el agua, inyecten aire dentro de él con ayuda de la jeringa. Al salir en forma de burbujas, indicará la posición de la arteria renal, la vena renal y uréter.
7. Con el bisturí, corten longitudinalmente el riñón a lo largo de la zona de la pelvis renal. Identifiquen las siguientes estructuras: corteza, médula, pelvis renal y nacimiento del uréter. Hagan un esquema de lo observado.

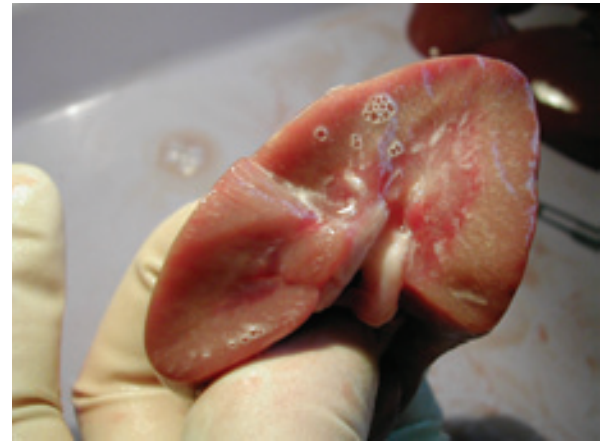


Corte longitudinal de riñón.

8. Con ayuda del gotario, coloquen sobre la superficie fresca recién cortada del riñón una pequeña cantidad de agua oxigenada. Se producirá efervescencia. Al cabo de unos pocos segundos eliminen el agua oxigenada pasando el dedo por la superficie. Se observarán las marcas de los tubos renales, de los tubos colectores y de las asas de Henle, en donde se mantiene el proceso de formación de burbujas. ¿Con qué estructuras del riñón está relacionada la efervescencia? Dibujen y describan lo observado.
9. En el segundo riñón realicen un corte transversal, procurando cortar en dos el uréter. ¿Qué estructuras pueden reconocer?

### Actividades

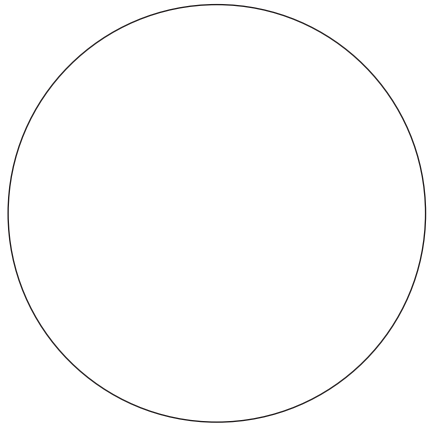
- Reunidos en sus grupos de trabajo, discutan las siguientes preguntas y luego escriban sus respuestas en sus cuadernos.
  - a. Investiguen en libros e internet cuáles son las medidas del riñón humano y compárenlas con las obtenidas por ustedes.
  - b. ¿En qué se asemejan y en qué se diferencian, anatómicamente, los riñones humanos de los examinados por ustedes?



Corte transversal de riñón.

- c. En los riñones que ustedes utilizaron, ¿cuántas pirámides de Malpighi hay en la médula?
  - d. ¿Qué forma tienen los cálices renales?
  - e. ¿Qué estructuras se distinguen en la zona cortical y medular?
- Con ayuda del bisturí corten una delgada porción de tejido, procurando que incluya corteza y médula. Extiéndanla sobre un portaobjetos y coloquen sobre ella una gota de agua. Sobre esta coloquen un cubreobjetos. Sequen el exceso de agua con papel absorbente. Una vez que la preparación esté seca, obsérvenla al microscopio.

En sus cuadernos, realicen un círculo como el que aparece a continuación que representa el campo visual que tendrán en el microscopio y en su interior dibujen lo que observen y rotulen las estructuras más destacadas. Registren también el aumento con el que realizaron la observación y sus anotaciones al respecto.



Aumento: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Posteriormente, en sus cuadernos respondan las preguntas que se plantean a continuación.

- a. ¿Pueden observarse los glomérulos?, ¿en qué zona?
- b. ¿Qué determina la diferencia entre corteza y médula?

Al terminar, limpien su lugar de trabajo y el material utilizado. Dejen toda la basura en una bolsa de plástico cerrada para ser eliminada. Laven cuidadosamente sus manos con agua y jabón.

# Interpretación de huellas fósiles

Los fósiles constituyen evidencias de que en el pasado, y en diferentes períodos, existieron especies que no están presentes hoy. Además, los fósiles aportaron mucha evidencia a favor de la evolución, debido a que al comparar fósiles de diferente antigüedad con seres vivos actuales, los científicos fueron capaces de describir parte las transformaciones ocurridas en los organismos a través de extensos períodos de tiempo. Sin embargo, ciertos rasgos que no se pueden fosilizar pueden ser inferidos a partir de otras impresiones fósiles, como las huellas.

- Reúnanse en parejas, analicen el esquema que representa huellas fósiles y luego respondan las preguntas.



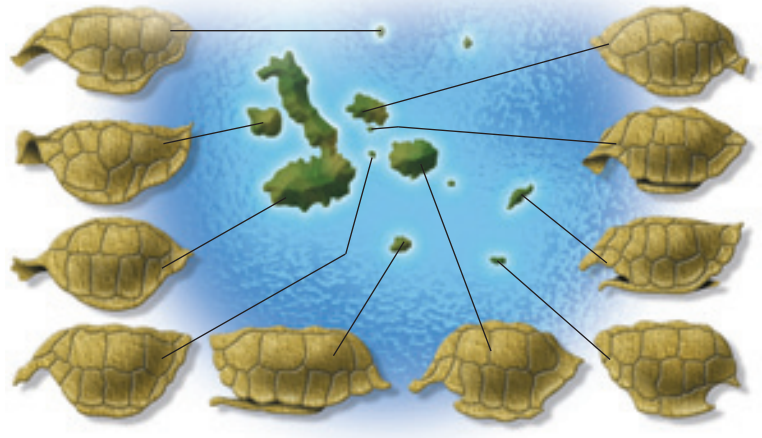
Fuente: Mineduc. Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio. 2000. Página 107.

- ¿Cuántos organismos son responsables de las huellas?
- ¿Qué pueden decir sobre el tamaño o naturaleza de los organismos?
- Las huellas ¿fueron hechas al mismo tiempo o en ocasiones distintas?
- ¿Por qué en el tercer cuadrante hay solo un par de huellas? Propongan una hipótesis para explicar esta situación y compárenla con las de otros compañeros y compañeras.
- Si pudieran ir al lugar donde están las huellas, ¿qué otros hechos o datos buscarían para sustentar su hipótesis?
- Si no encuentran otras evidencias, ¿podrían afirmar si la hipótesis es verdadera o falsa? Expliquen.

# Evidencias de evolución en las islas Galápagos

Darwin observó gran diversidad de organismos en las Islas Galápagos, los cuales fueron claves en la elaboración de su teoría. Es así como se percató de que los caparazones de las tortugas que habitaban las tres islas mayores centrales tenían formas muy parecidas, en tanto que las mayores diferencias se observaban al comparar las de las islas centrales con las más distantes. Por otra parte, el tamaño del pico de dos especies de pinzones que vivían juntas en Galápagos era diferente. En cambio, las mismas especies que habitaban en islas separadas presentaban el mismo tamaño.

1. Junto a un compañero o compañera, observen las ilustraciones de caparazones de tortugas y respondan las preguntas formuladas a continuación.



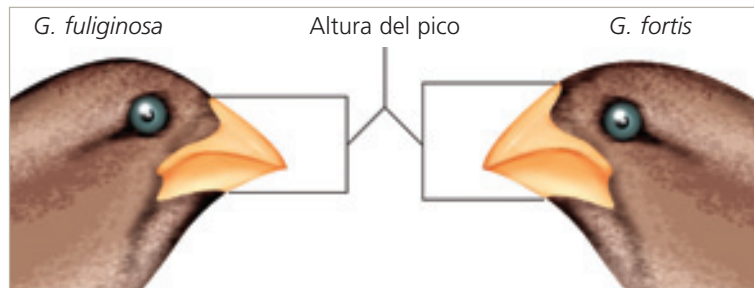
*Fuente: Mineduc. Programa de estudio Biología. Tercer Año Medio. 2000. Página 126.*

*Formas de caparazones de tortugas de las islas Galápagos.*

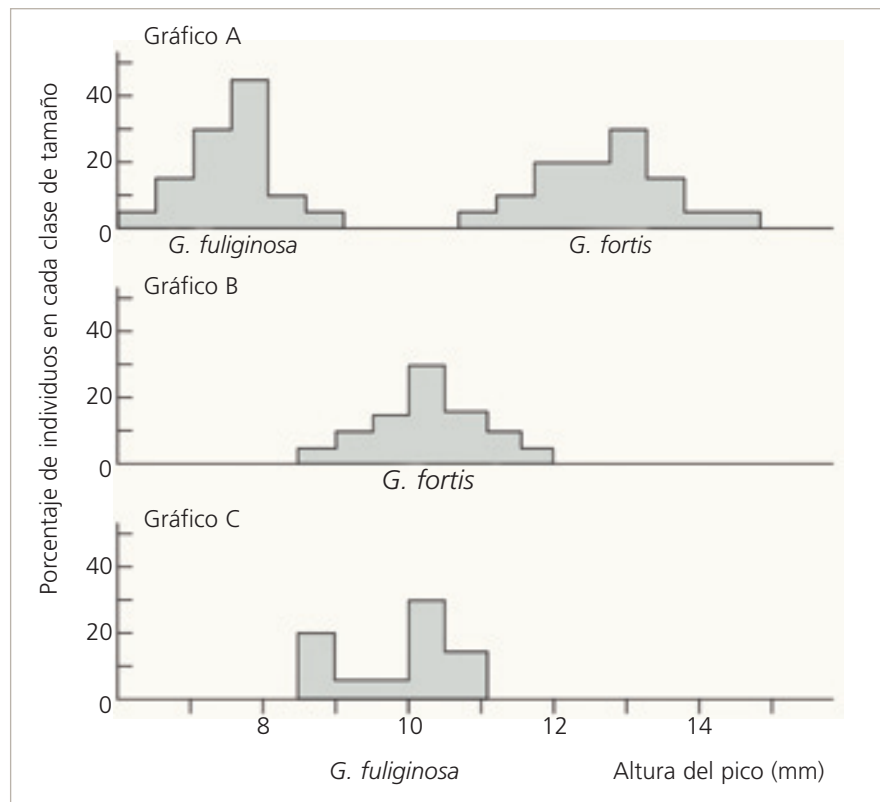
- a. ¿A qué se debe la diferencia entre los caparazones?
- b. ¿Qué relación existe entre la similitud de algunos caparazones con la distancia a la que se encuentran?
- c. ¿Por qué Darwin pensó en la evolución para explicar las diferencias entre los distintos caparazones? Relaciona este hecho con la observación que Darwin hizo de los pinzones.

2. El dibujo muestra dos especies de aves llamadas pinzones que viven juntas (gráfico A) y separadas (gráficos B y C) en el archipiélago de las islas Galápagos. Observen los dibujos de pinzones, analicen los gráficos y respondan

la siguiente pregunta: ¿cómo se explica que ambas especies de pinzones presentan distinta altura de pico cuando viven juntas, pero dicho tamaño es similar cuando viven separadas?



Poblaciones de especies de pinzones cuando viven juntas (gráfico A) y cuando viven separadas (gráficos B y C)



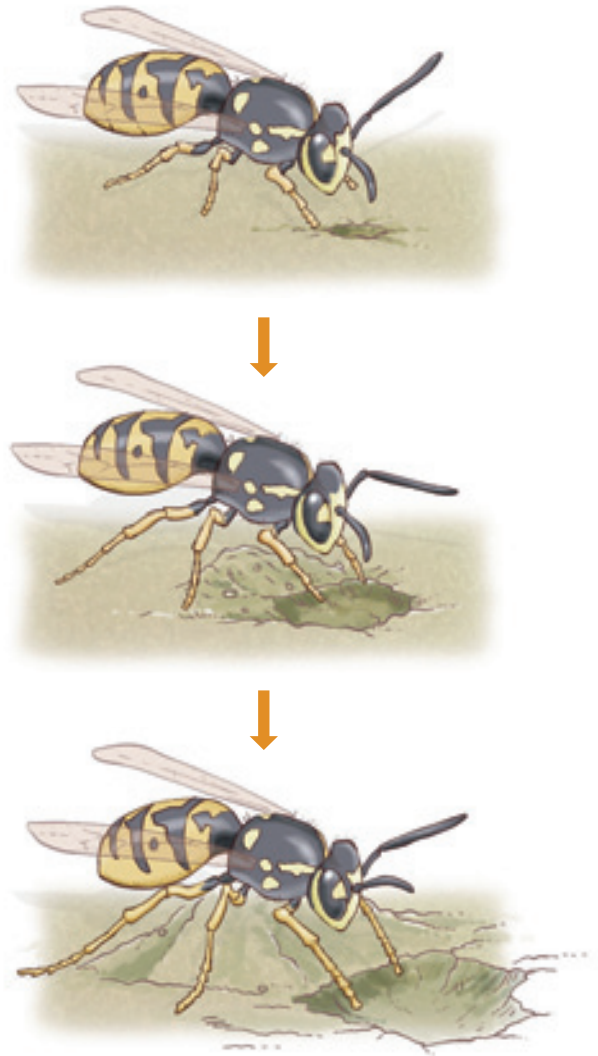
Fuente: Solomon, E.P., Berg, L.R., Martin, D.W. y Ville, C. *Biología de Ville*. Interamericana McGraw-Hill. 3ª edición. México. 1996.


# Ejemplos hipotéticos de los mecanismos evolutivos propuestos por Lamarck y Darwin

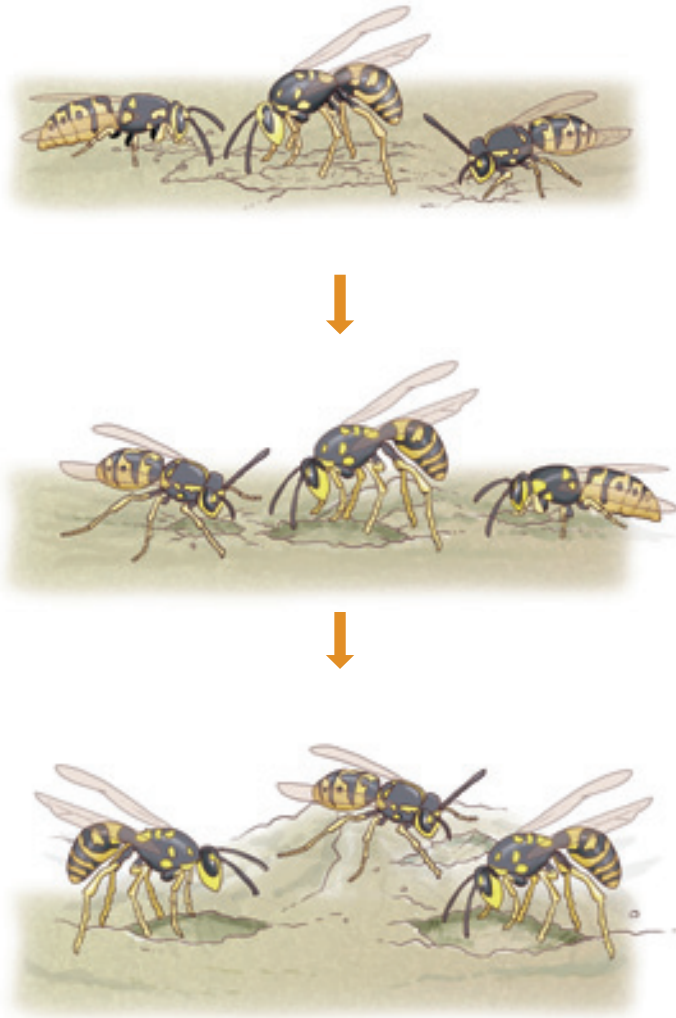
Tanto Lamarck como Darwin son dos de los más importantes biólogos que han elaborado teorías respecto de los mecanismos que promueven la evolución de los seres vivos. Darwin ha destacado porque su teoría de la evolución, por medio de la selección natural, sigue siendo aceptada universalmente hasta en la actualidad. La teoría de Lamarck, en cambio, ha sido descartada. Sin embargo, aún se reconoce el valor histórico de haber sido la primera teoría con un fundamento científico importante, que intentó explicar la evolución de los seres vivos.


Esta especie de avispa se caracteriza por construir nidos profundos en el suelo, por lo que la presencia de patas fuertes es un carácter favorable.

- Junto con un compañero o compañera, observen detenidamente las ilustraciones. Expliquen en sus cuadernos cómo surgió el rasgo patas gruesas y fuertes en esta especie de avispa, tanto de acuerdo a la teoría de la evolución a través de la herencia de los caracteres adquiridos (A), como a través de la selección natural (B). Dentro de sus explicaciones consideren los conceptos de: variabilidad, herencia y éxito reproductivo.



- A**  Ejemplo hipotético explicado mediante la teoría de la evolución a través de la herencia de los caracteres adquiridos.



**B**  Ejemplo hipotético explicado a través de la teoría de la evolución por medio de la selección natural.

# Especiación y deriva continental

La posición actual de los continentes no siempre ha sido la misma. Las placas continentales han modificado su forma y posición desde la era paleozoica, en que existía una gran masa continental, la Pangea, que ha sufrido fracturas y movimientos (deriva continental), hasta exhibir la actual posición de los continentes. Como este movimiento no se detiene, la posición de los continentes será distinta en un futuro a la que conocemos hoy. Estos fraccionamientos y desplazamientos también tiene efecto en la historia evolutiva de los linajes, pues la evolución no solo ocurre a través del tiempo, sino que también en un espacio.

- Junto con un compañero o compañera lean la información presentada a continuación, observen los dibujos que representan el movimiento de los continentes y respondan las preguntas.

En Chile existen varias especies de *Nothofagus*, como el roble y otras especies de árboles, distribuidos a lo largo de distintos puntos de la cordillera de la Costa y en los bosques del sur, desde Valdivia a Magallanes. Estas son especies endémicas, es decir, propias de Chile. Sin embargo, se conocen otras especies de *Nothofagus* en el sur de Australia, Nueva Zelanda y se han hallado restos fósiles de árboles semejantes a este grupo de especies en la Antártica.



Roble (*Nothofagus obliqua*).

- ¿Qué tan antiguas parecen ser estas especies?
- ¿A qué se debe que especies semejantes se encuentren tan distantes? Formulen una o más hipótesis para este problema.
- ¿Qué mecanismo de especiación dio origen a estas especies? Expliquen



A. 220 millones de años atrás.



B. 150 millones de años atrás.



C. 50 millones de años atrás.



Representación del movimiento de los continentes desde la era paleozoica (A) a la mesozoica (B y C). La X es un punto de referencia para mostrar el movimiento.

# Comparación de conceptos

La **comparación** consiste en identificar semejanzas y diferencias entre dos o más conceptos.

Antes de realizar una comparación, es importante que domines el contenido, ya que esta destreza **no** es para adquirir información, sino para **profundizar tu conocimiento**. Por tanto, resulta fundamental que puedas acceder a fuentes de consulta que te permitan tal profundización.

La comparación debe realizarse a la luz de un propósito, es decir, debes preguntarte: ¿qué conceptos a comparar quiero conocer mejor? Una vez establecido el propósito, debes identificar las semejanzas y diferencias de acuerdo a criterios, es decir, qué tienen en común los conceptos en relación a alguna dimensión.

Finalmente, de acuerdo al propósito establecido, debes identificar los elementos nuevos que adquiriste a través de la comparación, y a partir de esa información, elaborar una conclusión.

Los pasos que se recomiendan seguir para realizar una comparación son:

1. Identificar los contenidos que se van a comparar, por ejemplo, sinapsis química y eléctrica.
2. Establecer un propósito, por ejemplo, profundizar el conocimiento sobre la sinapsis química y la sinapsis eléctrica a través del proceso de comparación.
3. Identificar las semejanzas de acuerdo a criterios. Se debe plantear la mayor cantidad posible de semejanzas, para ir más allá de las características evidentes y superficiales.
4. Identificar las diferencias de acuerdo a criterios. Ejemplos de criterios de comparación son: cercanía entre las células, rapidez de la transmisión, dirección de la sinapsis.
5. Elaborar conclusiones.

Te invitamos a elegir dos conceptos que hayas aprendido y que te resulten interesantes de comparar. Usa el organizador que aparece en la página siguiente. Por ejemplo, puedes comparar las neuronas y las células gliales, o la teoría de la evolución a través de la herencia de los caracteres adquiridos con la teoría de la evolución por medio de la selección natural.

**Organizador gráfico**



Propósito:

En qué se parecen

En qué se diferencian  
en relación a:



<b>1</b>		<b>1</b>
<b>2</b>		<b>2</b>
<b>3</b>		<b>3</b>
<b>4</b>		<b>4</b>
<b>5</b>		<b>5</b>

**Conclusión:**

Fuente: Beas, J., y otros. 2003. *Enseñar a pensar para aprender mejor*. Universidad Católica de Chile, Ediciones. Santiago.

## ¿Cómo lo aprendí?

Después de contestar las preguntas planteadas en la sección **Comprueba lo que aprendiste**, escribe las ideas principales de la unidad y responde el siguiente cuestionario en tu cuaderno, y coméntalo con tu compañero o compañera de banco.

- ¿Puedo explicar las ideas centrales de la unidad con mis propias palabras?
- ¿Hay diferencias entre mis ideas iniciales sobre el contenido de la unidad y lo que se afirma en el desarrollo de la unidad?
- ¿Puedo relacionar el contenido de la unidad con el de otras unidades o temas estudiados en años anteriores?
- ¿Los temas aprendidos en esta unidad me sirvieron para mi vida cotidiana? ¿Por qué?
- De las estrategias que aparecen en el siguiente listado, escribe en tu cuaderno aquellas que utilizaste para comprender los contenidos expuestos en la unidad:
  - identificando las ideas principales.
  - subrayando los conceptos clave.
  - resumiendo el contenido de las páginas.
  - escribiendo las ideas centrales.
  - representando con esquemas las ideas centrales.
  - leyendo mis apuntes.
  - leyendo el resumen de la unidad.
  - elaborando el mapa conceptual.
  - buscando información adicional en diferentes fuentes.
  - desarrollando las actividades propuestas en la unidad.
  - leyendo y relacionando los conceptos del glosario de la unidad.
  - conversando con mis compañeros(as) los conceptos de la unidad.
- Si la(s) estrategia(s) que utilizaste no se encuentra(n) en el listado, te invitamos a elaborar una nueva lista en tu cuaderno.
- ¿Qué aspectos crees que podrías mejorar para lograr un mejor resultado? Escríbelos en tu cuaderno.

# Índice de materias

## A

Acetilcolina, 43  
Acupuntura, 66  
Adaptación, 138, 139, 141, 144, 145, 158, 165  
    de comportamiento, 143  
    en vegetales, 144, 149, 150  
    en animales, 144, 151, 152  
    tipos de, 142, 143  
    morfológica, 145  
Adecuación biológica, 123  
Adicción, 48, 71  
Adrenalina, 91, 92  
Agente estresor, 91, 96  
    endógeno, 92  
    exógeno, 92  
Arco reflejo, 23, 64, 71  
Astrocito, 22  
Axón, 20

## B

Bomba sodio/potasio, 25  
Botón sináptico, 20  
Bulbo raquídeo, 17

## C

Centro,  
    integrador, 23  
    respiratorio, 44  
Células,  
    bipolares, 39  
    de Schwann, 20  
    ganglionares, 39  
    gliales, 22, 64  
Cerebelo, 17  
Cerebro, 17  
    funciones del, 18  
Clasificación natural, 111  
Cocaína, 47  
Conducción,  
    continua, 28  
    saltatoria, 28  
Córnea, 37, 38  
Coroides, 37  
Corteza renal, 79  
Cortisol, 92  
Cristalino, 37, 38  
Cuerpo celular, 20  
Cuerpos de Nissl, 20  
    carotídeos, 45  
    aórticos, 45

## D

Dendritas, 20  
Dependencia, 48  
Deriva génica, 127, 165  
Despolarización, 27  
    parcial transitoria, 31  
Diencefalo, 17  
Dimorfismo sexual, 129  
Droga, 47, 65, 71  
    efectos de, 49

## E

Efector, 23  
Encéfalo, 71  
Eras geológicas, 135, 136, 137  
Esclerótica, 37  
Espiración, 44  
Especiación, 116, 131, 133, 159  
    alopátrica, 133  
    simpátrica, 133  
Especie, 131  
Estímulo, 10  
Estrés, 91, 92, 101, 107  
    agudo, 92  
    crónico, 92  
    en la vida estudiantil  
    y laboral, 96  
Evolución, 114, 116, 134, 158  
    del VIH, 154

## F

Fibras musculares, 42  
Fijismo, 111  
Filtración glomerular, 80, 81, 100, 107  
Filtrado glomerular, 81  
Flujo génico, 127, 131, 165  
Fósiles, 113  
Fotorreceptores,  
    estructura de, 39

## G

Ganglio, 71  
Globo ocular, 37

## H

Heroína, 47  
Hiperpolarización, 31  
Hipotálamo, 17

Homeostasis, 76, 84, 96, 100, 107,  
    hidrosalina, 76, 84, 101  
    regulación neuroendocrina  
    de, 89

Homología, 165

Hormona, 11  
    antidiurética (ADH), 87, 88

Humor,  
    acuoso, 37, 38  
    vítreo, 37, 38

## I

Impulso nervioso, 21, 27, 64  
Inspiración, 44  
Iris, 37

## L

Ley del todo o nada, 27

## M

Marihuana, 47  
Mecanismos de asilamiento  
    reproductivo, 132  
Medicina evolutiva, 154  
Medio interno, 74, 107  
Medula  
    espinal, 17  
    renal, 79  
Mesencéfalo, 17  
Microglia, 22  
Miofibrillas, 42  
Miosina, 42  
Mutación, 127, 165

## N

Nefrón, 79, 100, 107  
Neurona, 20, 64, 71  
    de asociación, 23  
    motora o eferente, 23  
    postsináptica, 29  
    presináptica, 29  
    sensitiva o aferente, 23  
    clasificación de las, 21  
Neuroglías, 20, 71  
Neurotransmisores, 30  
    transportadores de, 31  
Nodo de Ranvier, 20  
Noradrenalina, 94

## O

Oligodendrocitos, 22

Órgano,

- análogo, 117, 158
- homólogo, 117, 158

Orina, 81

- concentración de la, 84
- hipertónica, 88
- hipotónica, 87
- variación del volumen de la, 84

## P

Pirámide renal, 79

Potencial,

- de acción, 26, 64, 71
- de membrana, 24, 64, 71
- de receptor, 27
- de reposo, 25, 64, 71
- eléctrico, 24
- postsináptico, 31
- postsináptico excitador, 31
- postsináptico inhibitorio, 31

Preadaptación o exaptación, 141

Protuberancia, 17

Punto ciego, 37

Pupila, 37

## Q

Quimiorreceptores, 45

## R

Reabsorción tubular, 80, 100

- facultativa, 82, 107
- obligatoria, 82, 107

Receptor, 23, 30

Reflejo, 23

Regulación de,

- glicemia, 90, 101
- presión sanguínea, 90
- temperatura corporal, 89

Repolarización, 27

Retina, 37, 38

Retroalimentación, 89, 107

Riñón, 79, 100

## S

Salud mental, 60

Sarcómero, 42

Secreción tubular, 83, 100, 107

Sensaciones, 33

Selección

- direccional, 128, 165
- disruptiva, 128, 165
- estabilizadora, 128, 165
- natural, 122, 124, 142, 158, 159, 165
- tipos de, 128
- sexual, 129, 154, 165

Sinapsis, 29, 65, 71

- axoaxónica, 32
- axodendrítica, 32
- axosomática, 32
- eléctrica, 29,
- química, 29
- efectos de las drogas en, 51

Síndrome de déficit atencional e hiperactividad, 60, 62

Sistema nervioso, 11, 71

- autónomo, 15, 41, 64
- central, 15, 16, 33, 64
- depresores del, 49
- estimulantes del, 49
- función del, 16, 64
- organización general del, 15
- periférico, 41, 64
- perturbadores del, 49
- somático, 15, 41, 64

Soma, 20

## T

Tálamo, 17

Teoría sintética de la evolución, 126

Terminales presinápticos, 20

Tolerancia, 48

Traducción, 34

Transformismo, 120

Transducción, 34

Tronco encefálico, 17

## U

Umbral, 27

sensorial, 33

Uréter, 79

Uretra, 79

## V

Vaina de mielina, 20

Vejiga urinaria, 79

## Z

Zona,

- binocular, 40
- monocular, 40

## Libros e informes técnicos:

Audesirk, T., y Audesirk, G., **Biology: Life on earth**, Prentice Hall International, 1999.

Brees, M., Berkow, R. (editores), **El manual Merck de diagnóstico y tratamiento**, Editorial Harcourt Brace, 10ª edición, Madrid, 2000.

Berstein, R., y otros, **Biología**, McGraw-Hill Interamericana S.A., 10ª edición, Bogotá, 1998.

Cox, C.B. y Moore, P.D., **Biogeography: an Ecological and Evolutionary approach**, Brook Well Scientific Publication, 1993.

Curtis, H., **Biology**, Worth Publishers, 4ª edición, 1983.

Ganong, W., **Fisiología Médica**, Editorial El manual moderno, 6ª edición, México, 1998.

Guyton, A. y Hall, J., **Tratado de Fisiología Médica**, McGraw-Hill Interamericana S.A., 9ª edición, México, 1997.

Kandel, E., y otros, **Neurociencia y Conducta**, Prentice Hall International, 7ª edición, Madrid, 1997.

Keeton, W.T., **Biological science**, Norton Company, 2ª edición, EE.UU., 1972.

Ministerio de Educación, **Programa de Estudio, Biología Tercer año medio**, Unidad de Currículo y Evaluación, Santiago de Chile, 2000.

Niklas, K., **The Evolutionary Biology of Plants**, The University of Chicago Press, EE.UU., 1997.

Purves, W., y otros, **Life. The Science of the Biology**, Sinauer Associates Inc. W.H. Freeman and Co., 5ª edición, EE.UU., 1999.

Randall, D., Burggren, W., y French, K., **Fisiología Animal. Mecanismos y Adaptaciones**, McGraw-Hill Interamericana S.A., 4ª edición, 1996.

Scott Freeman y Jon C. Herron, **Análisis Evolutivo**, Pearson Educación, 2ª edición, Madrid, 2002.

Solomon, E.P., Berg, L.R., Martin D.W., **Biología**, Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A., México, D.F., 2001.

Solomon, E.P., y otros, **Biology**, Saunders College Publishing, 4ª edición, EE.UU., 1996.

Solomon, E.P., y otros, **Human anatomy and physiology**, Saunders College Publishing, 2ª edición, EE.UU., 1990.

Storer, T., y otros, **Zoología General**, Ediciones Omega, 6ª edición, España, 1986.

Strickberger, M., **Evolución**, Ediciones Omega, España, 1993.

Tórtora, G. y Grabowski, S., **Principios de Anatomía y Fisiología**, Harcourt-Brace, 7ª edición, 1998.

Villagrán, M., y otros, **Ecología de los Bosques Nativos de Chile**, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 1996.

Wallace, R.A., y otros, **Biology: The Science of Life**, Scott Foresman and Company, 1986.

Yates, L., y otros, **Introducción a la Biología Poblacional**, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2ª edición, 1994.

### Artículos de revistas de divulgación científica:

Aboitz, F., **Does bigger means better? Evolutionary determinants of brain size and structure**, Brain Behavior and Evolution vol. 47: 225-245, 1996.

Balter, M., **Are humans still evolving?**, Science 309: 234-237, 2005.

Cho, Z.H., Oleson, T.D., Alimi, D., Niemtow, R.C., **Acupuncture: the search for biologic evidence with functional magnetic resonance imaging and positron emission tomography techniques**, Journal of Alternative and Complementary Medicine 2002; 8:399-401.

Coppens, Y., **East Side Story: Origin of Humankind**, Scientific American (may): 88-95, 1994.

Horgan, J., **Trends in Evolution: In the Beginning...**, Scientific American (february): 116-125, 1991.

Jane Qiu, **Yin and yang of acupuncture**, Nature Reviews Neuroscience 6, 498, 2005.

Macias, A. E., **Experimental demonstration of human weight homeostasis: implications for understanding obesity**, British Journal of Nutrition 91: 479-484, 2004.

Pariante, J., P. White, R. S., Frackowiak & G. Lewith, **Expectancy and belief modulate the neuronal substrates of pain treated by acupuncture**, Neuroimage 25: 1161-1167, 2005.

Thorne, A.G. y Milford, H., **The Multiregional Evolution of Human**, Scientific American 266 (april): 76-83, 1992.

Wilson, A.C. y Cann, L., **The recent African Genesis of Humans**, Scientific American 266 (april): 68-73, 1992.

### **Nuestros agradecimientos a:**

- Carabineros de Chile, por la fotografía de la página 58.
- Clínica Familia, por las fotografías de la página 156.
- Profesor Eugenio Aspillaga, Antropólogo Físico, Académico del Departamento de Antropología de la Universidad de Chile, por la revisión de las unidades 1 y 2.
  - Dr. Sergio Flores Carrasco, Académico del Departamento de Antropología de la Universidad de Chile, por la revisión de la unidad 3.
- Alejandro Munizaga H., Jefe del Servicio de Microscopía Electrónica; Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, por las fotografías de las páginas 172 y 173, y la colaboración prestada en su obtención.



9 789561 514973



# Santillana

EDICIÓN ESPECIAL PARA EL  
MINISTERIO DE EDUCACIÓN  
PROHIBIDA SU COMERCIALIZACIÓN

AÑO 2011