

Saber **es** clave **Santillana**

3

BIOLOGÍA

EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN
EN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS:
RELACIÓN, INTEGRACIÓN Y CONTROL

Susana Álvarez
Alejandro J. Balbiano
Ricardo Franco
Elina I. Godoy
María Cristina Iglesias
María Irijés Rodríguez Vida

ES 3^{er} año

1 Los seres vivos y su relación con el medio..... 8

Los seres vivos como sistemas abiertos	10
La relación de los seres vivos con el ambiente	11
Las respuestas de los animales	
Las respuestas de las plantas	
La homeostasis	14
El control de las actividades	15
Los tipos de control en los animales	
El control de las actividades en las plantas	
El modelo de estímulo-procesamiento-respuesta	16
Ciencia en tus manos. La identificación de un problema científico	17
LEO, LUEGO ENTIENDO. <i>La intriga de los perros babosos. ¿Una reina que seduce a los vampiros?</i>	18
Actividades finales	20

La Posta. Mosquita, ¿qué hora es?
Entrevista a la Dra. María Fernanda Ceriani

2 La captación de los estímulos.....26

La percepción del ambiente	28
Estructuras que captan estímulos	
Captación de estímulos lumínicos	29
Algunas estructuras que permiten captar la luz	
Distintos tipos de ojos	
La visión de los colores	
La visión en los medios acuático y terrestre	
Percepción de profundidad	
Captación de estímulos químicos	32
El gusto y el olfato	
Captación de estímulos mecánicos	33
Receptores de contacto y de vibraciones	
Captación de estímulos sonoros	
Captación del estímulo de la gravedad	
Otros tipos de estímulos	36
Ciencia en tus manos. Formulación de hipótesis y predicciones	37
LEO, LUEGO ENTIENDO. Las cataratas que no dejan ver. ¡Qué rica forma!	38
Actividades finales	40

La Posta. Veo, veo. ¿Qué ves?
Entrevista a la Dra. Miguelina Girao

3 Las respuestas a los estímulos46

Los seres vivos responden	48
Las respuestas en las bacterias	48
Respuestas de las plantas a los estímulos lumínicos	49
Fotoperíodo y floración	
Fototropismo y heliotropismo	
Nictinastia	
Respuestas de las plantas a los estímulos mecánicos	51
Respuestas de las plantas a la gravedad	52
Respuestas de los animales: el comportamiento	53
Bases genéticas del comportamiento	
El aprendizaje	
La orientación	
El comportamiento de huida	
Comportamiento humano	57
La comunicación en los animales	58
Feromonas e insectos sociales	
Diversidad de señales y de comportamientos	
Comunicación química en las plantas	60
Aplicaciones biotecnológicas	
Ciencia en tus manos. Diseño y realización de experimentos	61
LEO, LUEGO ENTIENDO. <i>Homenaje biológico a Mickey Mouse. El mejor amigo del hombre</i>	62
Actividades finales	64

La Posta. Bichos venenosos
Entrevista al Dr. Adolfo de Roodt



4 Estímulos y respuestas en las células.....70

Los seres vivos, las células y los estímulos	72
La membrana plasmática	73
Las funciones de la membrana plasmática	
La permeabilidad selectiva de la membrana plasmática	74
El transporte pasivo	
El transporte activo	
Los estímulos o señales	75
El complejo señal-receptor	76
Clasificación de los receptores	
La transducción de la señal y la respuesta	77
Tipos de respuesta	
La comunicación intercelular directa	78
La comunicación en las células animales	
La comunicación en las células vegetales	

Ciencia en tus manos. Realización de preparados microscópicos 79

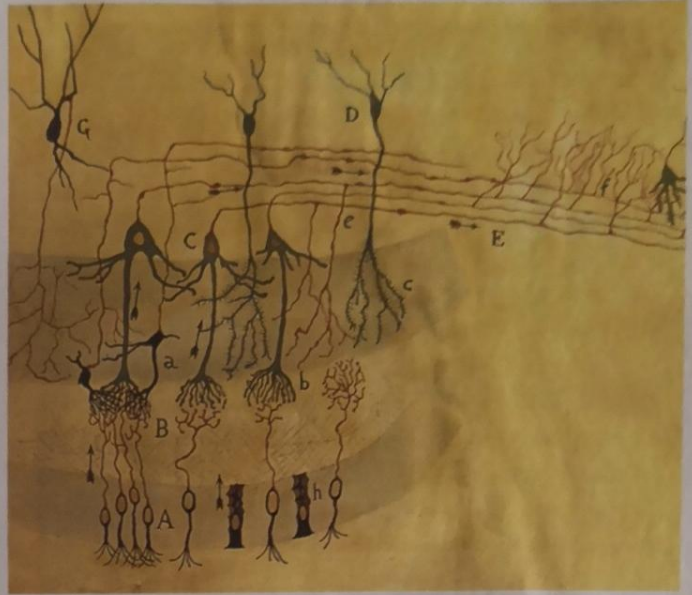
LEO, LUEGO ENTIENDO. *El sabor del té con magdalenas. Atracción fatal* 80

Actividades finales 82

La Posta. Células fuera de control
Entrevista al Dr. Pedro Politi 84

5 El control nervioso88

El sistema nervioso	90
Las células nerviosas	
La comunicación neuronal	
El potencial de reposo	
La bomba de sodio-potasio	
Generación del impulso nervioso	
La propagación del impulso nervioso	
La vaina de mielina	
Las sinapsis	94
Sinapsis químicas	
Los neurotransmisores	
La placa neuromuscular	
La integración neuronal de señales	95
La organización del sistema nervioso humano	96
El sistema nervioso central	
El sistema nervioso periférico	
Funcionamiento del sistema nervioso autónomo	
El encéfalo	99
La corteza cerebral	



Aprendizaje y memoria 100

 La enfermedad de Alzheimer

La médula espinal 101

 El arco reflejo

Las drogas en el sistema nervioso 102

Ciencia en tus manos. Análisis de gráficos de barra 103

LEO, LUEGO ENTIENDO. *Sentirse gordo o flaco es una ilusión. Las ilusiones que genera el cerebro.*

Phineas Gage y el cambio de personalidad 104

Actividades finales 106

La Posta. Cuando la voluntad vence obstáculos
Entrevista al Lic. Eduardo Lazzati
y a la Lic. Leticia Rodríguez 108

6 El control nervioso en los animales 112

El control nervioso	114
El control nervioso en los invertebrados	115
Neuronas en red: plexo nervioso	
Neuronas agrupadas: ganglios y cordones nerviosos	
Complejidad nerviosa: cefalización	
Las áreas cerebrales	
El control nervioso en los vertebrados	118
El cerebelo	
El cerebro	
La corteza cerebral	
El sistema nervioso autónomo	
El control nervioso: a modo de conclusión.....	120

Ciencia en tus manos. Análisis de un texto científico	121
LEO, LUEGO ENTIENDO. <i>El mar tiene más oídos de lo pensado. El origen del sistema nervioso encontrado en las esponjas</i>	122
Actividades finales	124
La Posta. Cangrejos memoriosos	
Entrevista al Dr. Daniel Tomsic	126
7 El control endocrino	130
Los mensajeros químicos	132
El concepto de "hormona"	
Las hormonas en la historia	133
Las investigaciones en los siglos XIX y XX	
Las glándulas endocrinas	134
Los receptores hormonales	135
Las hormonas y la homeostasis: el control de la glucemia	135
La retroalimentación o <i>feedback</i>	
Otras hormonas glucemiantes	
La diabetes	
El eje hipotálamo-hipofisario	137
Las hormonas tiroideas y el eje hipotálamo - hipofisario	
Las hormonas y el desarrollo	138
Las hormonas en la pubertad	
El ciclo menstrual	
Las hormonas en el embarazo, el parto y la lactancia	
La retroalimentación positiva	
Las hormonas y el comportamiento: el estrés	141
Algunas hormonas y sus efectos	141
El control neuroendocrino	142
Ciencia en tus manos. El uso de modelos en el aprendizaje de las ciencias	143
LEO, LUEGO ENTIENDO. <i>Los famosos castrati. Los hijos de Gulliver en el cine</i>	144
Actividades finales	146
La Posta. Últimas noticias sobre diabetes	
Entrevista a la Dra. María Lidia Ruiz Morosini	148
8 El control endocrino en animales y plantas	152
Las respuestas hormonales de los seres vivos	154
La acción hormonal en los invertebrados	154
Muda y metamorfosis en los insectos	
Hormonas que intervienen en la reproducción	
Feromonas	
Las hormonas en los vertebrados	157
La regulación hormonal en los animales	157
Las hormonas vegetales	158
Las auxinas	
Las citocininas	
Las giberelinas	
Otras hormonas vegetales: el ácido abscísico y el etileno	
Ciencia en tus manos. Los experimentos: el análisis de los resultados	161
LEO, LUEGO ENTIENDO. <i>Cambio de color en los animales: mucho más que camuflaje. Plantas que "deciden" entre crecer y defenderse</i>	162
Actividades finales	164
La Posta. Mascotas "celosas"	
Entrevista al Dr. Felipe Berard	166
9 El rol de las proteínas	170
Las proteínas en los seres vivos	172
La clasificación funcional de las proteínas	
Los aminoácidos y las proteínas	174
La estructura de las proteínas	
La clasificación estructural de las proteínas	
Propiedades de las proteínas	177



Las enzimas	178
La acción de las enzimas	
Un ejemplo: algunas enzimas del hígado	
Las proteínas como resultado de la expresión genética	180
Fenotipos y genotipos	
Ciencia en tus manos. La investigación científica y la escolar.....	181
LEO, LUEGO ENTIENDO. Una colección de proteínas. Descubren en los monos una proteína que detiene el sida.....	182
Actividades finales	184

La Posta. Con proteínas en las venas	
Entrevista al Dr. Alejandro Ferrari.....	186

10 El ADN, portador de información 188

El material genético	190
ADN, "banco" de información	
Estructura del ADN	
La replicación del ADN	192
Los genes y el genoma.....	193
El Proyecto Genoma Humano	
La expresión de la información genética.....	194
El código genético universal	
Genotipo, ambiente y fenotipo	196
Alteraciones de la información genética:	
mutaciones	197
Variabilidad y evolución	
Ciencia en tus manos. Análisis comparativo de textos	199
LEO, LUEGO ENTIENDO. ¿Existen las razas humanas?	
<i>Intimidades del ribosoma</i>	200
Actividades finales	202

La Posta. Cromosomas que traen problemas	
Entrevista a la Dra. Marta Susana Gallego	204

11 La biotecnología moderna 208

La biotecnología.....	210
Las técnicas de ingeniería genética.....	211
Los microorganismos transgénicos.....	212
Aplicaciones de los microorganismos transgénicos	



Las plantas transgénicas.....	213
Los animales transgénicos.....	214
El desarrollo de la ingeniería genética en la Argentina .	215
Las controversias en torno a los OGM.....	216
La regulación de la biotecnología	
Ciencia en tus manos. La comunicación de resultados: el informe científico.....	217
LEO, LUEGO ENTIENDO. Organismos transgénicos: un nuevo servicio de limpieza. De la tabla de madera al baja espuma	218
Actividades finales	220

La Posta. Los reparadores de genes	
Entrevista al Dr. Federico Prada.....	222

Ciencia club. Una sección de película 226

Glosario 236

1

Los seres vivos y su relación con el medio



Oruga.

Crisálida.

Adulto eclosionando.

LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

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

Mariposa monarca adulta.

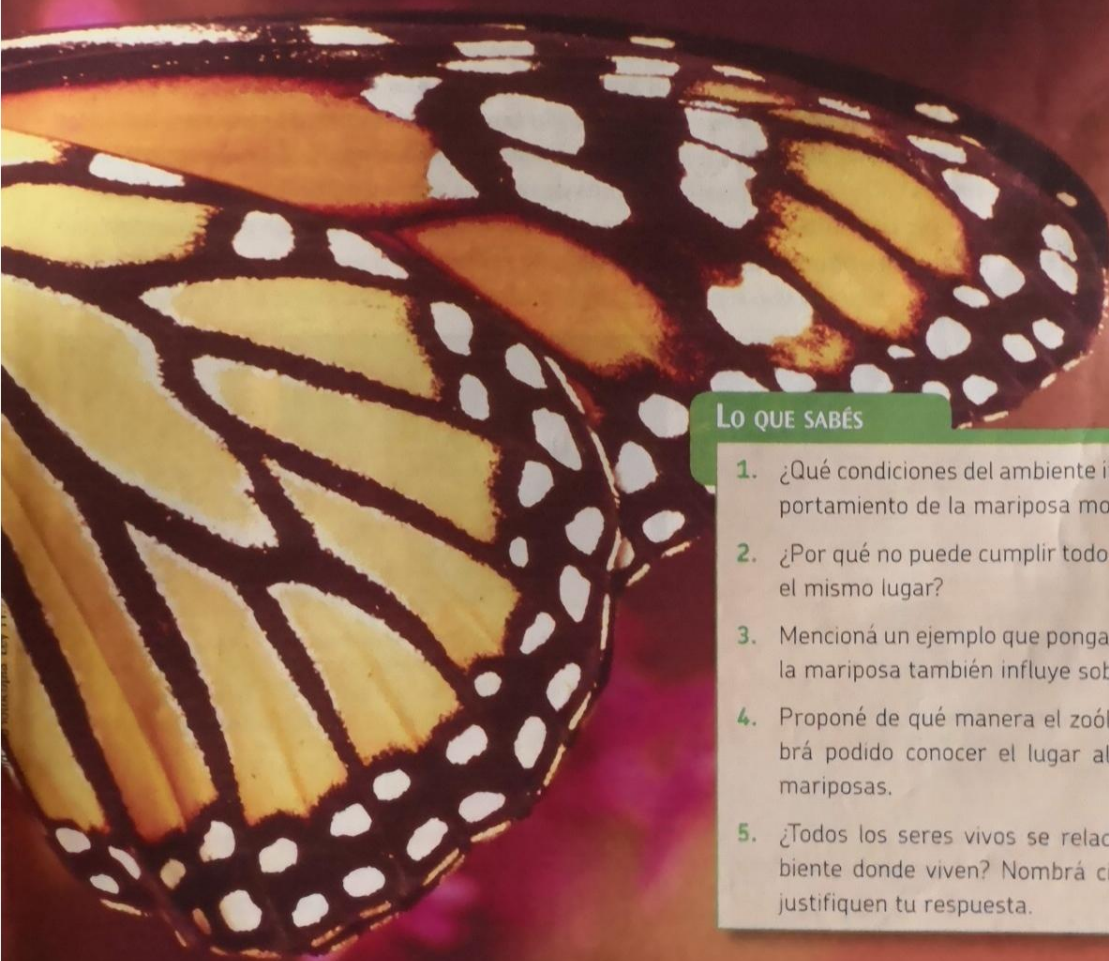
¿Adónde van las mariposas?

Algunas mariposas adultas viven solo un día. ¡Pero no todas! La mariposa monarca, cuyo nombre científico es *Danaus plexippus*, llega a vivir nueve meses. Es originaria del norte de los Estados Unidos y de Canadá, en donde los científicos solo la observaban en épocas cálidas. ¿Dónde permanecía el resto del año? Algunos suponían que viajaba a zonas cálidas, pero no se conocía el lugar exacto. Fue el zoólogo canadiense Fred Urquhart quien, en 1975, encontró la respuesta. Para sorpresa de muchos, las mariposas recorrían 4.000 km, hasta una zona de México a 3.200 m sobre el nivel del mar. ¿Por qué hacen semejante viaje? Su maduración sexual se alcanza únicamente durante el calor primaveral. En un lugar frío, pero no demasiado, pueden permanecer aletargadas, y una vez llegado el calor, “despiertan”, maduran sexualmente y se reproducen. Ponen huevos de los que salen las orugas, las cuales tejen un capullo y se transforman en crisálidas, de las que emergen como adultos. Así, una nueva generación de mariposas emprende su regreso al Norte. ¿Por qué no quedarse en Canadá? Porque allí el frío es extremo y no resulta óptimo para un animal cuya temperatura corporal varía con la del ambiente.

Como todos los seres vivos, las mariposas reciben información del ambiente donde habitan y, a su vez, las condiciones ambientales modulan muchas de sus acciones.

Mariposas descansando en las ramas de un árbol.

© GARY FERRELL - NINA ZINSKY



LO QUE SABÉS

1. ¿Qué condiciones del ambiente influyen en el comportamiento de la mariposa monarca?
2. ¿Por qué no puede cumplir todo su ciclo de vida en el mismo lugar?
3. Menciona un ejemplo que ponga de manifiesto que la mariposa también influye sobre el ambiente.
4. Proponé de qué manera el zoólogo Urquhart habrá podido conocer el lugar al que viajaban las mariposas.
5. ¿Todos los seres vivos se relacionan con el ambiente donde viven? Nombra cinco ejemplos que justifiquen tu respuesta.

Los seres vivos como sistemas abiertos

Una oruga podría parecer mucho más simple que un pulpo, y este, a su vez, más simple que un yacaré. Sin embargo, usando mecanismos y estructuras diferentes, todos presentan adaptaciones a su ambiente e interactúan con él.

Más allá de su complejidad, para interpretar el funcionamiento de un ser vivo podemos analizarlo como un **sistema**. ¿Qué es un sistema? Un conjunto de componentes que se relacionan entre sí. Cada uno de esos componentes tiene propiedades particulares, pero su acción coordinada le confiere al sistema otras nuevas, denominadas **propiedades emergentes**. Pensemos, por ejemplo, en el corazón y los vasos sanguíneos de un animal. El corazón tiene la propiedad de contraerse y relajarse, y así impulsa la sangre, que es conducida por los vasos sanguíneos. Sin embargo, solo la acción coordinada de ambos permite que la sangre circule por todo el cuerpo. Esta es una propiedad emergente del sistema circulatorio.

Ahora bien, existen diferentes tipos de sistemas. Si tenemos en cuenta los intercambios de materia y energía con el medio externo, podemos considerar tres. ¿Cuál corresponderá a los seres vivos?

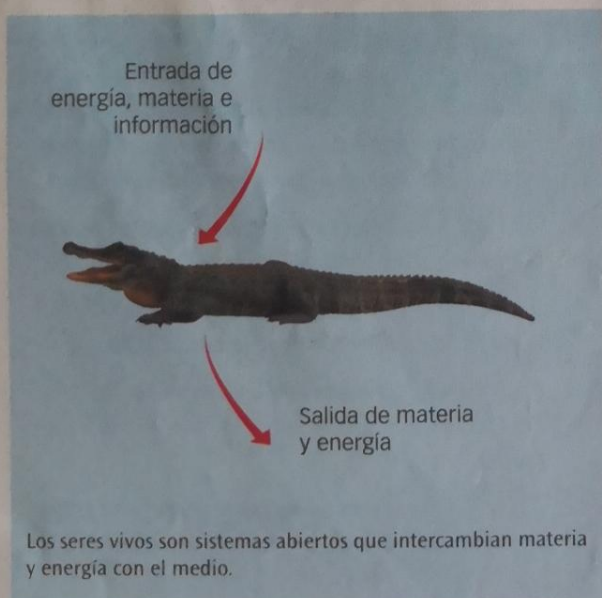
► **Sistemas aislados.** En ellos no existe ningún intercambio con el exterior. En teoría, un termo her-

méticamente cerrado, por ejemplo, no incorpora ni elimina materia. Tampoco recibe calor del ambiente ni lo entrega, lo que permite mantener constante la temperatura del líquido en su interior.

► **Sistemas cerrados.** En estos casos existe intercambio de energía con el ambiente, pero no de materia. Por ejemplo, si en un día caluroso sacas una botella de gaseosa de la heladera y la dejás sobre la mesa, en unas horas aumentará su temperatura. Esto se explica a partir del intercambio de energía en forma de calor entre la botella y el aire que la rodea.

► **Sistemas abiertos.** Intercambian con el medio tanto materia como energía. Como en el caso de una vela encendida, en la cual el fuego se mantiene al incorporar oxígeno del aire, y también entrega al ambiente dióxido de carbono y energía en forma de luz y calor.

Más allá de cuál se trate, y de la complejidad que tenga, todos los seres vivos incorporan materia y energía, las transforman en su interior y las aprovechan para su crecimiento y su mantenimiento. Además, debido a esas transformaciones, generan desechos que liberan al ambiente, a la vez que disipan energía en forma de calor. Por lo tanto, en términos de sistemas, **los seres vivos son sistemas abiertos**. En este capítulo presentaremos de manera general cómo interactúan los seres vivos con el ambiente, para luego profundizarlo a lo largo de todo el libro.



En la Naturaleza prácticamente no existen sistemas aislados. Un termo bien tapado podría ser considerado "casi" un sistema de este tipo.



La botella es un sistema cerrado, ya que entrega calor al hielo que la rodea.

ACTIVIDADES

6. ¿Qué intercambios de energía y materia con el ambiente te parece que realiza la oruga?

La relación de los seres vivos con el ambiente

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

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

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

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

ACTIVIDADES

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



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



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



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

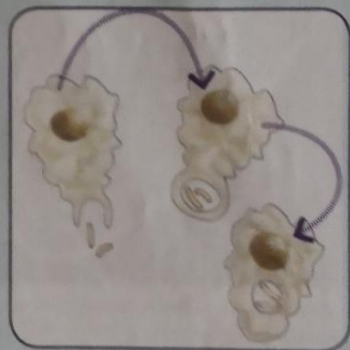


El zorrino posee glándulas, ubicadas a los costados del orificio anal, que producen una sustancia aceitosa y de olor desagradable. Cuando se siente amenazado responde eliminándola.

EL DETALLE

¿Células que "comen" a otras células?

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



Macrófago fagocitando bacterias.

Las respuestas de los animales

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

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

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



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

Las respuestas de las plantas

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

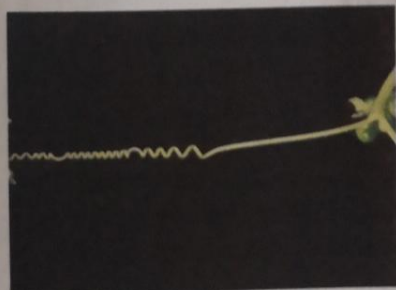
- ▶ **Respuestas que incluyen movimiento.** En algunos casos, constituyen cambios en la dirección del crecimiento de las plantas y son permanentes, como el crecimiento orientado hacia la luz que mencionamos en la página 11. En otros casos, son movimientos sin una orientación determinada y, además, temporarios,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



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



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



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



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

EL DETALLE

¿Qué "comen" las plantas carnívoras?

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

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

ACTIVIDADES

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

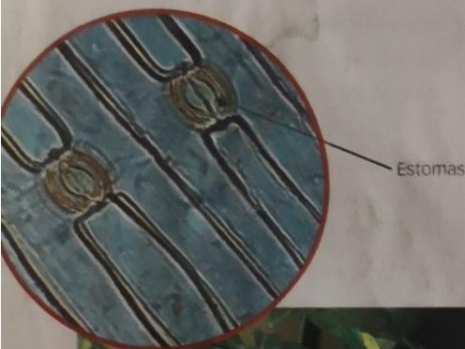


Las hojas *Nepenthes* se asemejan a una copa. Los insectos caen en su interior, en donde hay un líquido que los digiere.

La homeostasis



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



Estomas



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

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

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

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

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

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

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

ACTIVIDADES

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

¿Por qué tiritamos cuando hace frío?

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

El control de las actividades

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

Los tipos de control en los animales

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

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

El control de las actividades en las plantas

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



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



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

ACTIVIDADES

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



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

El modelo de estímulo-procesamiento-respuesta

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

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

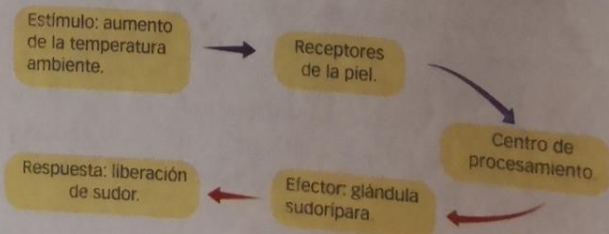
En el caso de las funciones de relación y control en los seres vivos, si bien existen diferentes maneras de captar estímulos y distintas respuestas posibles, podemos representar cualquier ejemplo con el denominado **modelo estímulo-procesamiento-respuesta**. Ya mencionamos a qué llamamos "estímulo" y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

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

ACTIVIDADES

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

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



Ciencia en tus manos

La identificación de un problema científico

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

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

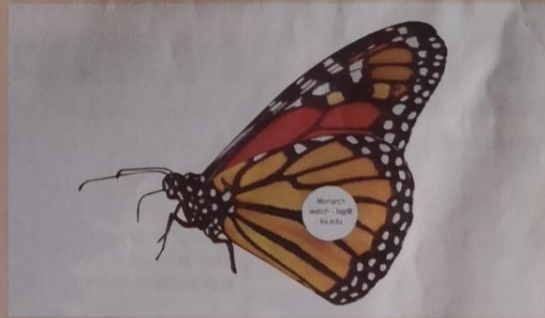
Pasos para la identificación del problema:

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

ACTIVIDADES

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

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



Mariposa monarca con etiqueta de identificación en el ala.

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

La intriga de los perros babosos

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

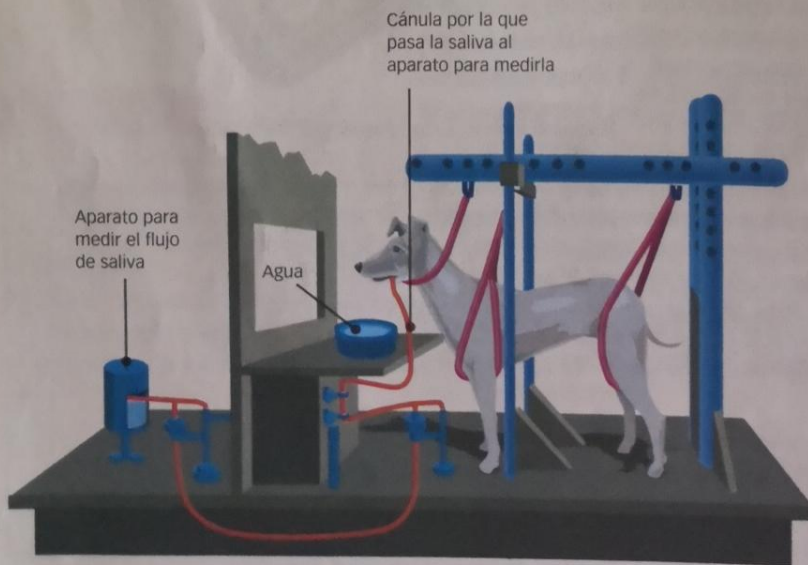
- 1.º **Acostumbrar al perro a la situación experimental.** Para lograrlo, se lo colocó durante varios días en una sala cerrada y atado con un arnés. También se le realizó una pequeña abertura en la quijada, cerca de las glándulas salivales, y se le colocó una cánula que conectaba esas glándulas a un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



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

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

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



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

ACTIVIDADES

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

¿Una reina que seduce a los vampiros?

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

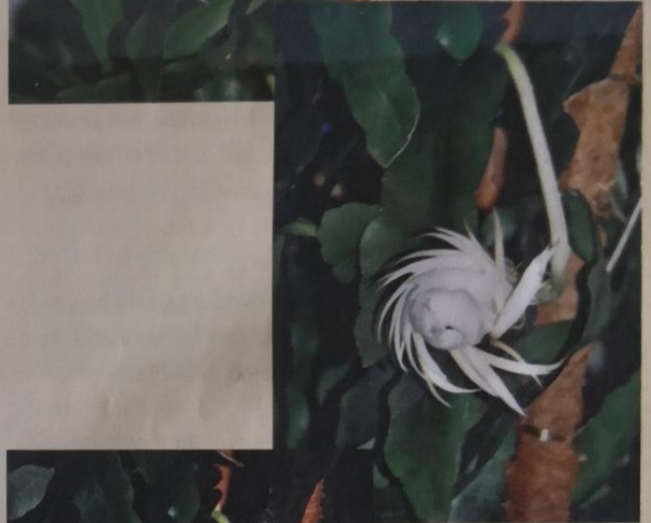
Cuando esta flor despliega sus blancos y enormes pétalos, llega a medir treinta centímetros. El perfume que libera es embriagador y nadie es capaz de pasar a su lado sin notar su presencia. Quizás sea por eso que la asocian con las damas de la realeza. Sin embargo, se la llama reina de la noche por una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

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

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

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

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



Fotos gentileza de Herminia Mérega

ACTIVIDADES

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

Actividades finales

24. Indicá las diferencias entre:

- Estímulo y respuesta.
- Receptor y efector.
- Respuesta vinculada con movimiento en animales y en plantas.
- Control endocrino y respuesta secretora.

25. Identificá, en cada caso, el o los estímulos y analizá el tipo de respuesta.



- Cuando hace frío, los lagartos tienden a ocultarse y a paralizar toda actividad, para reducir al mínimo su consumo de energía.



- Las lombrices de tierra huyen de la luz y buscan la humedad, ocultándose bajo la tierra.



- Las medusas, al rozar a otro animal, disparan un filamento presente en algunas de sus células y a través de él inyectan un líquido urticante.



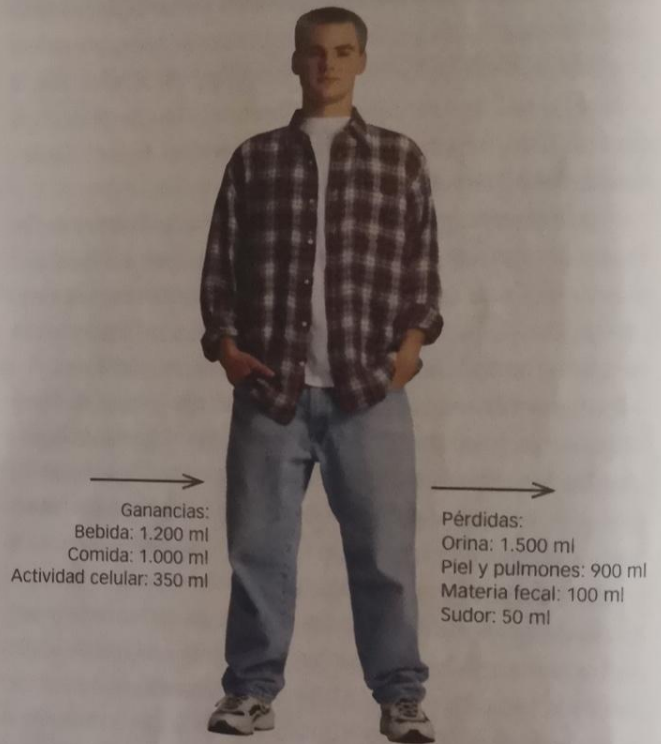
- Los camaleones, ante la presencia de un predador, tienden a camuflarse, adquiriendo la misma tonalidad que el lugar donde se encuentran.

26. Las vacunas actúan de la siguiente manera: se inyectan en un organismo, por ejemplo, un ser humano, agentes patógenos que han sido tratados en el laboratorio y, por lo tanto, son prácticamente inofensivos. Sin que el microorganismo enferme al ser humano, se logra una respuesta del sistema inmunológico. Se estimula la producción de anticuerpos específicos que inmunizan contra esa enfermedad.

- ¿Cómo se relaciona este tema con las interacciones entre los seres vivos y el medio?

- ¿Qué componentes del organismo humano están involucrados? ¿Por qué?

27. El contenido de agua de una persona adulta equivale aproximadamente al 70% de su peso corporal. Es decir, en una persona que pesa 100 kg, 70 kg corresponden al peso del agua que contiene su cuerpo. Observá la información que aporta la ilustración y resolvé:



- ¿De qué maneras el cuerpo incorpora y elimina agua?
- ¿Qué conclusión podés sacar a partir de los valores de ganancias y pérdidas?
- Mencioná dos maneras en que el organismo podría compensar un aumento en la cantidad de agua eliminada en forma de sudor. Indicá con qué funciones del organismo se relaciona tu respuesta.
- Analizó la siguiente frase del científico Claude Bernard (1813-1878) y relacionala con el caso presentado: "Todos los mecanismos vivientes, tan variados como son, tienen un solo objeto: el de preservar constantes las condiciones de la vida en el medio interno".

28. Observá las imágenes y respondé:



- Describí lo que ocurre en cada una de las imágenes.
- Explicá las actividades que realizan el salmón y el oso, utilizando el modelo de estímulo-procesamiento-respuesta.

29. El siguiente texto describe algunos aspectos del cortejo sexual de algunas arañas. Leeo y analizá cómo participan los sistemas de control.

Las arañas hembra liberan señales al medio cuando están en época de apareamiento. Estas señales se conocen con el nombre de **feromonas**, que son sustancias que pueden viajar por el aire. Así, los machos las encuentran e inician el cortejo. Esto no se da todos los días, sino en determinadas épocas del año. Durante el cortejo, los machos, a través de movimientos con sus patas, "bailan" y hasta se ha registrado que producen sonidos especiales. Esos movimientos son infinitamente más lentos que los que realizan cuando se mueven ante la presencia de algún peligro. En esa situación captan, por ejemplo, la presencia de un predador y huyen rápidamente.



30. Resolvé teniendo en cuenta el ejemplo de los estomas presentado en la página 14:
- ¿Qué estímulo produce la apertura de los estomas?
¿Qué consecuencia tiene esa apertura?
 - Compará este mecanismo con la sudoración humana.
 - Esquematizá ambos casos con el modelo estímulo-procesamiento-respuesta.

■ Visitas

Zoológico de Buenos Aires. Visita guiada: El Zoo de noche. El Zoológico de Buenos Aires te permite conocer en una de sus excursiones las actividades nocturnas de los animales que en él habitan y, por supuesto, cómo reaccionan a los diferentes estímulos nocturnos.

Dirección: Av. Sarmiento y Av. Las Heras. Buenos Aires, Argentina. Teléfono: (54-11) 4011-9900. Reservas: (54-11) 4011-9999.

Web: <http://www.zoobuenosaires.com.ar/>

■ Internet

<http://www.youtube.com/watch?v=esdOp1RVy5Y&feature=related>

Sorprendente video que muestra millones de mariposas que llegan cada año a México.

<http://www.youtube.com/watch?v=WyMePpBSA5A>

Ciclo de vida de la mariposa monarca. Un video que muestra el desarrollo de una mariposa, desde el huevo hasta la adultez.

Mosquita, ¿qué hora es?

El reloj biológico no nos da la hora, pero es el responsable de controlar nuestros tiempos internos. Lo que le sucede a cada organismo en la Naturaleza es el resultado de la interacción entre el ambiente y su reloj biológico interno, y no se ha encontrado ningún ser vivo que carezca de él. Para estudiar sus funciones, a veces es mejor hacerlo en ambientes controlados. Es lo que hace la Dra. Fernanda Ceriani en su laboratorio del Instituto Leloir. Allí la entrevistamos, para que nos contara los secretos de los relojes biológicos, y nos recibió junto a un montón de moscas.



María Fernanda Ceriani es doctora en Biología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Como investigadora del Conicet, actualmente dirige el grupo de investigación del Laboratorio de Genética del Comportamiento, en el Instituto Leloir.

■ ¿Cómo se llama el laboratorio donde usted trabaja?

Ponerle nombre al laboratorio no fue una tarea sencilla, porque desde su inicio nos interesaba estudiar diferentes cosas. Podría haberle puesto Laboratorio de Cronobiología (disciplina que estudia el reloj biológico para entender cómo está conformado), pero como quería un nombre que abarcara más cosas, le pusimos Laboratorio de Genética del Comportamiento. La genética del comportamiento usa un modelo y herramientas genéticas para describir cómo se comporta un organismo a lo largo del día o mientras realiza alguna actividad particular.

■ ¿En qué consiste el reloj biológico?

Es un mecanismo que opera en todos los seres vivos y que coordina todo lo que ocurre en el organismo, de modo tal que esté listo para enfrentar las condiciones ambientales que se le van a presentar. Por ejemplo, uno sabe que es capaz de despertarse sin despertador porque está acostumbrado a levantarse temprano durante los días de semana. Y cuando llega el fin de semana se despierta a la misma hora. El responsable de eso es el reloj biológico. Pero no solo nos despierta, también prepara el cuerpo para la actividad que vamos a iniciar, nos pone en estado de alerta.

■ ¿Con qué animales realizan sus estudios?

Usamos como modelo un insecto: la mosca de la fruta. Hace más de cien años que se usa como modelo genético. En la Naturaleza existen muchas variantes de mosca de la fruta, pero en el laboratorio usamos una sola especie: *Drosophila melanogaster*, para saber

exactamente qué información genética tienen. Son muy fáciles de mantener en el laboratorio, se pueden tener grandes cantidades, no requieren mucho espacio y es barato cuidarlas. Tienen un tiempo de generación corto: desde el huevo hasta el adulto pasan de diez a doce días. En la década del sesenta, el primer investigador al que se le ocurrió que podían encontrarse genes que afectaran el comportamiento eligió usar esta mosca, y decidió estudiar los ciclos de actividad y descanso.

■ ¿Qué significa que la mosca sea un modelo?

Es el uso y la aparición de herramientas que hacen que el estudio de una especie permita sacar conclusiones para todo un grupo de organismos. Por ejemplo, en mamíferos los modelos más estudiados son la rata y el ratón, para algunas cosas, y para otras más complejas, los monos.

■ ¿Por qué en este caso la mosca de la fruta es un buen modelo?

Porque su reloj es increíblemente parecido al de los mamíferos. Toda la maquinaria se basa en un fenómeno semejante. Son circuitos de retroalimentación, es decir, elementos relacionados que se regulan unos a otros, y que están presentes en la mosca, en los ratones y en los seres humanos. Los "engranajes", o sea, cada componente de ese circuito, están presentes en todos ellos. En la mosca, el reloj que hoy conocemos tiene entre diez y doce componentes; en mamíferos también, pero con más variantes. Nuestro reloj es más complejo que el de la mosca, pero en esencia son iguales.

■ ¿Cómo es el ritmo de actividad y descanso de las moscas?

Si se mira en qué momentos del día las personas estamos activas, vamos a encontrar que la mayoría lo estamos durante el día. Las moscas también, y además duermen por las noches. No duermen ocho horas, pero el sueño de las moscas se parece mucho al de los humanos. Para dormir se alejan del lugar en donde comen, adoptan una postura específica y responden a los estímulos de una manera parecida a los humanos. Por ejemplo, los fármacos que nos producen sueño, como los antihistamínicos, a las moscas también. Los derivados de la cafeína, que nos despiertan, a ellas también las despabilan. Se podría pensar que, a nivel molecular, el sueño que existe en la mosca no es tan diferente al del humano. En el hombre tiene más complejidades, pero las moscas son como "hombrecitos con alas".

■ ¿Cómo se estudia el reloj biológico?

Si se estudia un organismo en una condición en la que el ambiente va cambiando, no se puede saber cuánto es propio del organismo y cuánto es respuesta a esos cambios. En los experimentos forzamos al organismo a estar en una condición ambiental constante, que en general es la falta de luz. Apagamos la luz y estudiamos qué pasa, y

también mantenemos la temperatura constante. Entonces el organismo ya no sabe cuándo es de día y cuándo es de noche por la información del ambiente. Solo lo sabe porque su reloj biológico interno le está diciendo: "Ahora es de día y tenés que moverte, ahora es de noche y tenés que estar tranquilo".

■ ¿Y cómo se estudia en las moscas?

Se toman los individuos con los que se quiere trabajar y se los sincroniza por unos días. Es decir, se los expone a claves ambientales cambiantes, que se parecen a la sucesión de días y noches. Luego se los pone en un ambiente constante, sin luz y a una determinada temperatura. Cuando en condiciones constantes se ve que algo sigue cambiando y de la misma manera que antes, cuando había sucesión de días y noches, sabemos que lo que se está estudiando es controlado por el reloj biológico interno.

"Se podría pensar que, a nivel molecular, el sueño que existe en la mosca no es tan diferente al del humano. En el hombre tiene más complejidades, pero las moscas son como 'hombrecitos con alas'".

"Cuando en condiciones constantes se ve que algo sigue cambiando y de la misma manera que antes, cuando había sucesión de días y noches, sabemos que lo que se está estudiando es controlado por el reloj biológico interno".

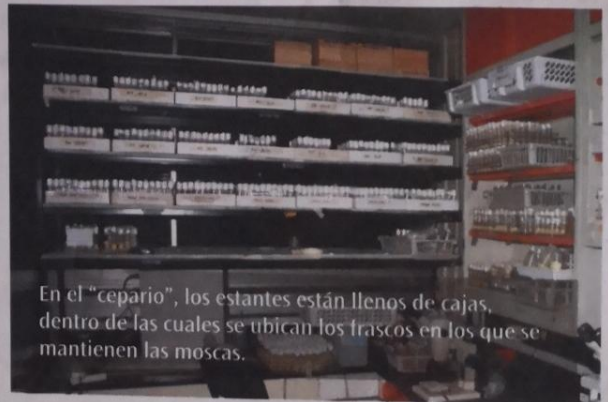
■ ¿Dónde están ubicados los relojes biológicos?

En los mamíferos, el reloj biológico reside en unas neuronas que están sobre el quiasma óptico, que es el lugar donde se cruzan los nervios ópticos, en la parte anterior del cerebro. Son unas 10.000 neuronas que forman los llamados "núcleos supraquiasmáticos", tanto en el ratón como en el ser humano. Ese es el reloj central, el oscilador que comanda las operaciones del resto de los osciladores. Es el que recibe la información del ambiente y pone en fase todos los otros relojes. En algún momento se pensó que solo estaba en el cerebro, pero hoy sabemos que esas propiedades de oscilación están en todo el cuerpo. En los seres humanos, el que comanda las operaciones de todos esos relojes es el cerebro. En las moscas es un poco diferente, pero también tienen en algún lugar del cerebro su reloj biológico, que comanda los ritmos de actividad y reposo, que son los mismos que los de sueño y vigilia en los mamíferos.



MR. GHECKER

La mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) se usa como modelo animal para el estudio del reloj biológico.



En el "cepario", los estantes están llenos de cajas, dentro de las cuales se ubican los frascos en los que se mantienen las moscas.

- Cuando viajamos en avión, por ejemplo, a Europa, hay cambios de horario. ¿Cómo reacciona nuestro organismo ante esos cambios?

Para todos los organismos es difícil lidiar con la situación en la que su reloj biológico le dice que es una hora y el entorno indica otra cosa. Uno pensaría que un desfase de pocas horas no puede ser grave, pero lo es. Un extremo de esa situación es cuando tomamos un avión y aparecemos en la otra punta del planeta. Tenemos hambre cuando los restaurantes están cerrados y sueño en medio de una conferencia. Estamos "superdespiertos" cuando tendríamos que estar durmiendo y juntando energía para el próximo día.

- ¿Se puede hacer algo para que eso no suceda?

El reloj biológico es capaz de sincronizarse con el ambiente. Entonces, cuando se toma un avión y se aterriza, por ejemplo, en Europa, se debería recibir mucha información de ese ambiente. Si se llega a la mañana temprano y se tiene sueño, igual hay que salir a caminar y a recibir toda la luz, es decir, exponerse a todas esas claves ambientales para acelerar la resincronización del reloj biológico a las nuevas condiciones.

- ¿Qué problemas podría traernos la alteración de nuestro reloj biológico?

El reloj biológico controla un montón de cosas, como cuándo tener hambre y sueño, y cuándo no. También controla la agudeza visual y la presión arterial. Por ejemplo, los que trabajan de noche tienen varios problemas. Cuando uno se habitúa a un ritmo en el que la actividad es nocturna, se acomoda a ese ritmo. Pero esa gente tiene una calidad de sueño peor, tiene muchas más enfermedades y vive con un nivel de cansancio

"Para todos los organismos es difícil lidiar con la situación en la que su reloj biológico le dice que es una hora y el entorno indica otra cosa. Uno pensaría que un desfase de pocas horas no puede ser grave, pero lo es".

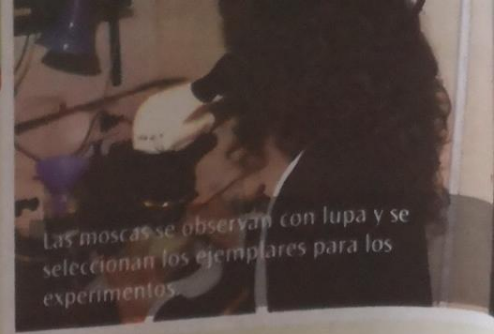
mayor. Tener un reloj desfasado con el ambiente es un problema serio. Hay personas que tienen defectos, alteraciones en sus genes, de modo tal que les cuesta mucho mantener su vida social, básicamente su capacidad de trabajar en los horarios adecuados. Su ritmo biológico no les permite vivir en la Tierra y entonces se les complica mucho la vida.

- Y en los bebés ¿el reloj biológico funciona mal?

En los bebés el reloj biológico empieza a funcionar más tarde. El cerebro del ser humano tarda varios meses en terminar de adoptar la forma final, y en un recién nacido está en desarrollo. Cuando nace, el bebé todavía no tiene un reloj biológico funcional. Pasan varios meses hasta que es capaz de sincronizarse. Por eso los ciclos de sueño y vigilia no son de 24 horas. Eso a los padres nos vuelve locos, pero no dura mucho tiempo.

- ¿Hay mejores horas del día para realizar determinadas actividades?

La respuesta contundente es sí. Parte de eso tiene que ver con cuestiones culturales, pero otra parte tiene que ver con cuestiones internas del funcionamiento de nuestro organismo, que están dictadas por el reloj. Hay momentos óptimos para despertarse, para adquirir información y para hacer manifestaciones de fuerza. Pero eso también depende del lugar en donde vivimos. Por ejemplo, la



Las moscas se observan con lupa y se seleccionan los ejemplares para los experimentos.

gente que trabaja en el campo tiene un ritmo más acorde con las horas de luz del ambiente en comparación con los que vivimos en las ciudades, que están todo el tiempo iluminadas.

- Suele hablarse de alondras y búhos para diferenciar a las personas que son más activas de día o de noche. ¿Existen esas categorías?

Hay personas que prefieren estudiar de mañana y otras de noche. Pero los que están bien alertas de noche no están en su mejor momento para tener un rendimiento adecuado si les toman un examen a las 8 de la mañana. Los adolescentes tienen un corrimiento de su pico de actividades y de alerta. Tienen dificultades por la mañana. Algunos cronobiólogos intentan imponer un cambio en el horario escolar. Es un problema para cualquier organismo, desde la mosca hasta los seres humanos, no tener un reloj óptimo con la situación ambiental a la que se está expuesto. Esa fase de actividad cambiada en los adolescentes luego se modifica en el adulto. En las personas mayores se pensaba que cambiaba su reloj, que se acertaba, y que por eso tenían una fase de actividad más temprana, es decir, se levantaban más temprano. Pero en realidad no cambian las propiedades de sus relojes,

"Cuando nace, el bebé todavía no tiene un reloj biológico funcional. Pasan varios meses hasta que es capaz de sincronizarse".



Horario de la mañana es el mejor para la práctica de actividades físicas.

sino que, como en general tienen menos actividad, precisan dormir menos y lo que se acorta es la fase de sueño.

■ ¿Se pueden corregir los “defectos” de nuestro reloj biológico?

Hay personas que tienen las fases de actividad cambiadas. Uno puede mejorar sus comportamientos para ayudar a corregir esas fases. Por ejemplo, las personas a las que no les gusta madrugar deben exponerse a la luz para sincronizarse con ese horario. O aquellos que tienen la tendencia a quedarse activos por la noche, con todas las luces prendidas, nunca van a lograr sincronizarse con un horario más diurno. Hay formas de corregirlo, pero uno tiene que quererlo primero.

“Hay personas que estudian de mañana y otras de noche. Pero los que están bien alertas de noche no están en su mejor momento para tener un rendimiento adecuado si les toman un examen a las 8 de la mañana”.

■ ¿Por qué los seres vivos necesitan del sueño?

El cerebro usa el momento en que el organismo duerme para limpiar toda la información que se recibe. Uno recibe y procesa mucha información. Luego tiene que guardar la que sirve y tirar la que no sirve. Cuando dormimos, el cerebro está haciendo esa actividad.

“El cerebro usa el momento en que el organismo duerme para limpiar toda la información que se recibe”.

■ ¿Qué es el fotoperiodismo?

Los organismos no solo están sometidos a una sucesión de días y noches, sino también a los cambios estacionales. Lo que es día en el verano, no lo es en la mitad del invierno. Aquí aparece lo que se llama “fotoperiodismo”, es decir, la capacidad de percibir el número de horas de luz al que se está expuesto. El fotoperiodismo interacciona con el reloj biológico. Los animales son capaces de percibir en qué momento del día están y, además, si son días cortos (invierno) o largos (verano).

■ ¿Qué pasa en los animales que hacen migraciones largas?

En los últimos cuatro o cinco años se está estudiando, desde el punto de vista de la cronobiología, a las mariposas monarca, que viajan desde el este de los Estados Unidos hasta México. Tardan unos tres meses en hacerlo. No les alcanza solo con la luz, que cambia y mucho, en cantidad y calidad a lo largo del viaje. Lo que hoy sabemos es que usan una combinación de luz polarizada y su reloj interno para ir corrigiendo la posición de navegación.

■ ¿Para qué sirve entender el funcionamiento de los relojes biológicos?

Hay afecciones humanas que tienen su origen en un reloj que no funciona bien. Entender el funcionamiento nos ayudará a tratar de solucionar los problemas que tienen esas personas. Ciertos tumores que afectan el núcleo supraquiasmático pueden resultar en una alteración de los patrones de sueño y



María Fernanda nos cuenta...

...si de chica quería ser científica.

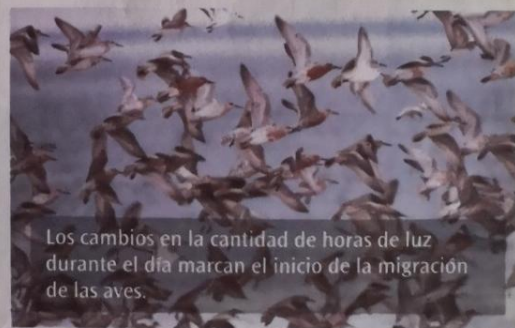
Las cosas que me despertaron mucha curiosidad vinieron de la escuela. En tercer año leímos un libro sobre la célula. Todo el mundo odiaba tener que leerlo y yo estaba fascinada con los procesos que ocurrían en cada una de mis células, sin que yo lo supiera. Ayudó mucho que tuviera una profesora muy piola. Pero la verdad es que no tenía idea de lo que hacía un biólogo. Tenía la concepción del científico con todos los pelos parados, haciendo cosas muy serias. Cuando llegué a quinto tenía un matete en mi cabeza, no podía decidir qué me gustaba y tampoco sabía qué significaba hacer investigación. Me ayudó hablar con bioquímicos y con médicos que hacían esa tarea, y que me llevaron a recorrer laboratorios. A veinte años de haber tomado la decisión, estoy contenta. Creo que Biología era la carrera que tenía que seguir, si bien es una profesión demandante, porque los experimentos rigen un poco tu vida.

...qué otras cosas le gustan, además de investigar.

La música siempre me gustó. Estudié guitarra, flauta, percusión, piano. También me gustaba mucho cantar. Ahora descubrí que me apasionan la cocina y la jardinería. Me gusta mucho leer. De adolescente, los libros de ciencia ficción me gustaban más que las novelas románticas.

vigilia. Las enfermedades bipolares y las depresiones estacionales, por ejemplo, podrían tener una conexión con el mal funcionamiento del reloj biológico.

“Hay afecciones humanas que tienen su origen en un reloj que no funciona bien. Entender el funcionamiento nos ayudará a tratar de solucionar los problemas que tienen esas personas”.



Los cambios en la cantidad de horas de luz durante el día marcan el inicio de la migración de las aves.

2

La captación de los estímulos

LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

- Clasificarás los receptores sensoriales según sus características particulares.
- Analizarás las diferencias y las semejanzas entre los modelos de captación de los estímulos externos.
- Identificarás las estructuras implicadas en la captación de los estímulos.
- Comprenderás que los seres vivos perciben su entorno de manera diferente.
- Aprenderás a formular hipótesis y predicciones a partir del análisis de una experiencia vinculada con el sentido de la audición.



Así vemos la flor los seres humanos.



La misma flor vista en ultravioleta, como se cree que la ven las abejas.

¡Qué bonitos ojos tienes!



Conocido como "el señor de las abejas", el zoólogo austriaco Karl von Frisch estudió en detalle las abejas de la miel. Sus grandiosos trabajos a principios del siglo xx permitieron descubrir un mundo: cuando se suponía que solamente los seres humanos teníamos visión en colores, él demostró que las abejas también la tienen. Pero no termina todo acá. Se sabe que la luz está formada por diferentes longitudes de onda. Algunas de ellas son detectadas por nuestros ojos y, por eso, vemos determinados colores. Pero no sucede así con otras, como la infrarroja o la ultravioleta, a las cuales no podemos percibir. Unos años después de que Von Frisch informara acerca de la visión en colores de las abejas, otro científico, llamado Khün, descubrió que las abejas eran capaces de detectar y ver la luz ultravioleta. ¿Qué tal?



LO QUE SABÉS

1. Si tanto las abejas como los seres humanos poseen ojos. ¿cómo explicás que vean cosas diferentes?
2. Si un águila real con un solo ojo intenta cazar a su presa, lo más probable es que se golpee contra el suelo. ¿Cómo podrías explicarlo?
3. Existen seres vivos, como las plantas y algunos animales (como ciertas especies de lombrices), que no poseen ojos. ¿Significa que no ven? Proponé una explicación para tu respuesta.
4. Los seres vivos requieren la captación de información del entorno. ¿De qué manera lo hacen? Mencioná algunos ejemplos.

La percepción del ambiente

Un pez lenguado está oculto debajo de la arena. Un tiburón en busca de alimento se acerca, pero no lo ve. De golpe, se mete entre la arena y devora a su presa. Como sabés, ningún ser vivo está totalmente aislado. Vivimos en un ambiente formado por componentes fisicoquímicos y biológicos, por lo tanto, captar la información y responder a ella es crucial para la supervivencia. Las modificaciones del medio son **estímulos**. Cada estímulo es captado por unidades especializadas, los **receptores sensoriales**.

Estructuras que captan estímulos

Cada estímulo es una forma de energía en particular. Puede ser lumínica, mecánica, química, eléctrica, entre otras. Cada receptor sensorial posee la capacidad de captar un tipo particular de estímulo. La forma de energía a la que un receptor sensorial es más sensible se conoce como **modalidad sensorial**. Los seres vivos cuentan con alguna estructura capaz de captar información. En los unicelulares, toda la célula, o una parte, es capaz de estimularse.

En el transcurso de la evolución, los receptores sensoriales se especializaron. Los más sencillos son simples **terminaciones nerviosas** o **células aisladas** (unidades receptoras únicas e independientes), como los receptores de luz que encontramos en los organismos unicelulares. Otros son órganos sensoriales complejos. En estos últimos, las células receptoras están dispuestas con una distribución espacial bien organizada y asociada a estructuras anexas que facilitan la percepción y protegen a los receptores. En estos casos, constituyen los **órganos de los sentidos**, como los ojos o los oídos. ¿La ventaja? Permiten un muestreo más preciso de cada estímulo. Según el tipo y número de receptores que tengan, los seres vivos muestrean el ambiente de diferentes maneras.

Ahora bien, cuando decimos “sistemas sensoriales”, enseguida lo asociamos a nuestros sentidos. Sin embargo, la “visión” del mundo que tenemos no solo está determinada por los tipos de información que podemos detectar. Pensá, por ejemplo, en los colores. Sucede que no son una propiedad de los objetos que observamos, sino de la manera como estos estímulos lumínicos son interpretados por el cerebro. Por eso, la forma de “ver” depende, además, de cómo se procesa la información.

Como estudiaste en el capítulo anterior, los sistemas sensoriales captan información del exterior que viaja hasta los centros de procesamiento. Allí se interpreta y se produce la percepción. Por eso decimos que los seres vivos poseen **sensibilidad** a un estímulo determinado, pero el sentido del olfato o la percepción de colores, por ejemplo, son interpretaciones de esos estímulos.

Teniendo en cuenta la función que cumplen los receptores, podemos clasificarlos en dos grandes grupos:

- ▶ **interoceptores**, que captan estímulos provenientes del medio interno del organismo;
- ▶ **exteroceptores**, especializados en la captación de estímulos que provienen del exterior del cuerpo. Son los que veremos en este capítulo.



Los interoceptores están situados internamente. Captan estímulos procedentes del interior del organismo, como los que detectan la sensación de hambre o sed.



La presa ve a los predadores y comienza la huida. Los exteroceptores pueden estar localizados en la superficie del organismo y son capaces de captar estímulos procedentes del exterior.

Captación de estímulos lumínicos

La vida de los seres vivos depende, en gran medida, de la luz solar. Pero ¿qué es la luz? Aunque la asociamos a la posibilidad de ver, esto no es tan sencillo. El **espectro electromagnético** es la banda de radiación que incluye una variedad de longitudes de onda, desde los rayos gamma hasta las ondas cortas de radio. Entre ellas, hay una estrecha banda, la **luz visible**. Esta estrecha banda es la que nos permite ver en colores. Ahora bien, la radiación que viaja desde el Sol hasta la Tierra es de tres tipos e incluye también la ultravioleta y la infrarroja. Como te contamos, ningún organismo utiliza la totalidad de la información disponible en el espectro electromagnético. Esto se debe a que solo pueden detectar un rango limitado de longitudes de onda. Los **fotorreceptores** son los receptores especializados en detectar la señal luminosa.

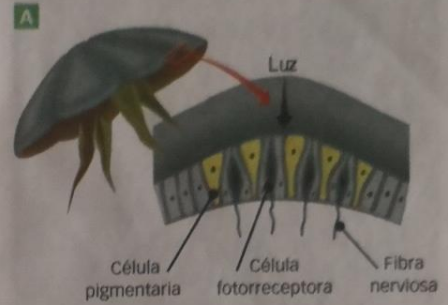
Algunas estructuras que permiten captar la luz

Los fotorreceptores se ubican de distintas maneras en los seres vivos. Los organismos unicelulares, como las bacterias y los protistas, poseen una **mancha de pigmento** en su interior. En otros organismos, se distribuyen en la superficie del cuerpo. Tal es el caso de las plantas, cuyas **células fotosensibles** se encuentran en todos los órganos, incluso en sus semillas. Gracias a ellas, obtienen información acerca de la cantidad, calidad y duración de la luz.

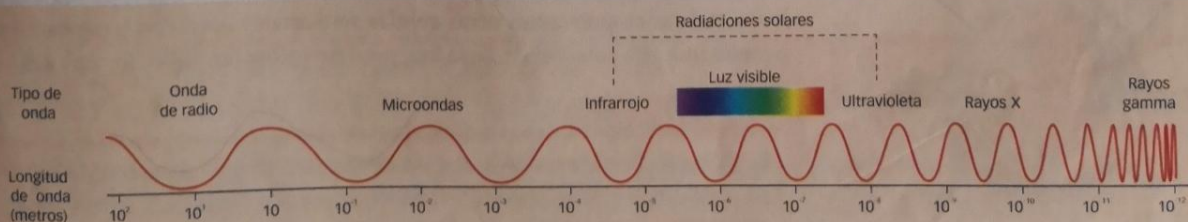
Algunos invertebrados, como las lombrices, presentan **manchas oculares**. Son los fotorreceptores más primitivos entre los animales. Se trata de receptores unicelulares dispersos en la epidermis o bien concentrados en algunas regiones del cuerpo, como en las medusas. En este caso, se los llama **ocelos**. Solo informan al organismo sobre las variaciones en la intensidad de la luz en el medio que lo rodea, pero no pueden distinguir las formas. Por eso el mundo se percibe como una gradación de luces y sombras.

Si el ocelo se curva y sus receptores se ubican en el interior de una cavidad abierta, forman el **ojo en copa**, un tipo de ocelo presente en algunos platelmintos, como la planaria. Estas estructuras multicelulares no solo permiten analizar la intensidad de luz, sino también la dirección de donde proviene.

Al interponerse una lente entre la apertura y las células receptoras, el **ojo simple** permite detectar formas y procesar algún tipo de imagen. Este tipo de órgano sensorial lo encontramos en los artrópodos.



Estructuras fotorreceptoras. A: ocelo. Se trata de una estructura unicelular, no acompañada de otras células de soporte. Permite percibir la intensidad de la luz. **B:** ojo en copa. Sus receptores se ubican en el interior de una cavidad abierta tapizada por moléculas pigmentarias. Además, permiten percibir la dirección de la procedencia de la luz.

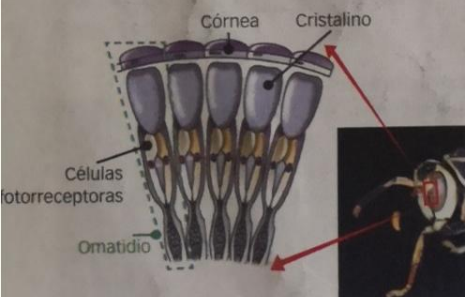


El espectro electromagnético es el conjunto de radiaciones electromagnéticas ordenadas según su frecuencia.

¿Cuáles son los vertebrados que tienen la mejor visión?

¡Las aves! En su retina hay muchos más fotorreceptores que en otros animales. Y no es poca cosa, ya que el número de estas células es determinante a la hora de ver pequeños objetos desde lejos. Mientras que la retina humana tiene 200.000 fotorreceptores por cada milímetro cuadrado, en la mayoría de las aves encontramos 600.000 y más también.

En las aves diurnas, más del 80% de los receptores son conos. La captación de los cuatro tipos de conos les permite ver en colores desde el rojo, el naranja, el verde, el amarillo y hasta el azul. También pueden ver el ultravioleta. Las aves nocturnas, como los búhos y las lechuzas, solo ven en blanco y negro. Sin embargo, poseen una gran agudeza visual en horas crepusculares de poca iluminación.



Detalle de ojo compuesto. En la mayoría de los insectos encontramos, además, tres ojos simples.



Órgano formador de imágenes presente en los vertebrados: ojo en cámara.

Distintos tipos de ojos

¿Qué ves cuando me ves? Si esta pregunta se la hiciéramos a diferentes seres vivos, aunque es imposible, nos sorprenderíamos al encontrar tantas diferencias. Algo ya descubriste en la apertura del capítulo.

Los ojos de la mayoría de los artrópodos, cefalópodos y vertebrados son órganos visuales formadores de imagen ya que poseen lentes capaces de concentrar la luz sobre las células fotorreceptoras. Sin embargo, su estructura puede ser algo diferente. Veamos.

- ▶ **El ojo compuesto.** Este órgano visual lo encontramos en insectos, arañas y ciertos crustáceos. Está formado por la unión de muchas estructuras simples repetidas, cada una de ellas es una unidad sensorial llamada **omatidio**. Entonces, cada unidad es un ojo simple independiente con su lente (el **crystalino**) y células fotorreceptoras. La visión que otorga se llama **visión en mosaico**, como si estuviese pixelada, y es la suma de lo que se recibe en cada omatidio. Cualquier pequeño cambio en la posición de un objeto estimula nuevos omatidios, por eso, son excelentes en la captación de movimientos. La sensibilidad del ojo compuesto comienza en la franja de longitudes de onda que se corresponde con el ultravioleta y llega hasta el naranja, pero no distingue el rojo del gris.
- ▶ **El ojo en cámara.** Está presente en los cefalópodos y en los vertebrados. En ambos son muy parecidos. La luz que reflejan los objetos atraviesa distintas zonas del ojo, como la córnea y el cristalino, que son transparentes. Cuando la luz toca la córnea, se desvía o se refracta dentro del cristalino. Luego el cristalino reenfoca esa luz hacia la capa interna del ojo, llamada "retina", y estimula las células receptoras que allí se encuentran. El iris es la membrana que da el color al ojo y regula la entrada de luz: aumenta o disminuye el tamaño del orificio ubicado en su centro, la pupila.

La visión de los colores

La mayoría de los vertebrados posee visión en colores gracias a la presencia de células sensoriales llamadas **conos**, que se estimulan a diferentes longitudes de onda. En el ojo humano, la banda de color a la cual somos sensibles se extiende desde los 400 hasta los 750 nm, con mayor sensibilidad a tres longitudes de onda. Por eso se dice que somos **tricromáticos**. Con estos colores creamos una imagen de color completa. Los demás mamíferos poseen dos tipos de receptores para el color. Ellos son organismos **dicromáticos**. Las aves y los reptiles, por su parte, tienen cuatro tipos de receptores. Son **tetracromáticos**. Ellos también ven el ultravioleta. Además de los conos, los vertebrados presentan otras células sensoriales llamadas **bastones**, que poseen una alta sensibilidad a la luz, pero no informan sobre los colores.

ACTIVIDADES

5. ¿Por qué podemos decir que las abejas son "ciegas" para el color rojo?
6. ¿En qué animales esperarías encontrar más cantidad de bastones, en los nocturnos o en los diurnos? ¿Por qué?

La visión en los medios acuático y terrestre

Como recordarás, vivir en agua o en tierra tiene sus diferencias. Y la visión no se queda atrás. Sucede que la intensidad de la luz disminuye con la profundidad. Entonces, los organismos que viven a grandes profundidades, como los peces abisales, son sensibles a la luz que ellos mismos emiten, fenómeno que se conoce como **bioluminiscencia**. Esta luminiscencia se debe, por lo general, a unas bacterias ubicadas en su piel.

Para poder formar una imagen nítida es preciso que los rayos de luz se enfoquen (se concentren) sobre la retina, lugar en donde se forma la imagen. En el aire, la luz se desvía mucho al atravesar la córnea, y esta desviación alcanza para lograr el enfoque de la imagen. En el agua, en cambio, la desviación de la luz es casi nula una vez que atraviesa la córnea. Los peces, anfibios y cefalópodos cuentan con un gran cristalino que es el principal responsable de desviar la luz y enfocarla sobre la retina.

Los ojos, además, permiten la visión de objetos que se acercan y se alejan. ¿Y cómo consiguen el enfoque de la imagen en estos casos? Gracias a un mecanismo denominado **poder de acomodación**. En los animales terrestres se consigue gracias a cambios en el espesor del cristalino, mientras que en los acuáticos depende de cambios en su posición.

Percepción de profundidad

Los ojos son los órganos específicos formadores de imagen en los vertebrados. Si bien se ubican en la cabeza, la posición exacta no es la misma en todos ellos. En algunos animales, como en las gacelas, los dos ojos están ubicados de forma lateral. Entonces, cada uno de ellos explora una parte del entorno, y el campo visual (aquello que percibe el animal) resulta muy amplio en todo momento. Este tipo de visión, en la que casi no hay superposición de campos visuales, se conoce como **visión monocular**. En este caso, un solo ojo es capaz de enviar información suficiente para tener una noción de la distancia al objeto observado.

En otros animales, como el puma, los ojos se ubican en posición frontal y hay gran superposición de campos visuales. Es la **visión binocular**. En el área donde se superponen los dos campos visuales, se mezclan y se forma una única imagen sobre la retina. Cuando es interpretada, se origina la sensación de una imagen en tres dimensiones, llamada **estereoscópica**. Quienes ven en tres dimensiones pueden distinguir con mayor precisión la distancia a la que se encuentran los objetos.



La disposición lateral de los ojos proporciona un mayor campo visual total, sin embargo, no pueden calcular bien las distancias.



La disposición frontal de los ojos proporciona una visión estereoscópica y permite ver en profundidad y en forma tridimensional (en relieve). También, calcular las distancias entre los objetos.

ACTIVIDADES

- ¿Por qué podemos decir que la visión binocular es más exacta?
- La liebre es un animal herbívoro y tiene sus ojos ubicados de manera lateral. El halcón es carnívoro y tiene sus ojos de manera frontal. Proponé una explicación para estas relaciones.
- Cuando leemos durante mucho tiempo, los ojos se cansan. Cuando esto sucede, podemos tener una "visión doble". Es decir, vemos un objeto por duplicado. ¿A qué podría deberse este fenómeno? Conversalo con un compañero.

Captación de estímulos químicos

Muchos seres vivos son capaces de detectar los cambios químicos que ocurren en su entorno. De manera general, podemos decir que hay dos tipos de recepción de sustancias químicas:

- ▶ La quimiorrecepción a distancia involucra señales que se originan a partir de fuentes distantes.
- ▶ La quimiorrecepción por contacto capta las señales químicas que se originan desde fuentes que están en contacto con los receptores.

A los receptores que captan sustancias químicas se los llama **quimiorreceptores**. Evolutivamente, la quimiorrecepción a distancia fue la primera en aparecer y es el único tipo presente entre los seres vivos más primitivos, que carecen de un sistema nervioso organizado (ver el capítulo 6). Como ya te imaginarás, no todos los seres vivos captan las mismas señales químicas, y sus receptores se encuentran distribuidos de maneras diferentes.

Las bacterias y los protozoos pueden detectar un gradiente de concentración de sustancias, por ejemplo, del oxígeno. Gracias a sus quimiorreceptores, obtienen información acerca de la cercanía o lejanía de ellas.

Las lombrices pueden percibir el grado de acidez que posee el suelo gracias a sus receptores químicos distribuidos a lo largo de toda la piel.

En los insectos ya encontramos órganos sensoriales específicos. Se trata de unas prolongaciones huecas en la superficie de algunas partes de sus cuerpos llamadas **sensilias** o **pelos sensitivos**. Cada sensilia presenta un diminuto poro que permite el paso de las sustancias hasta las células receptoras.

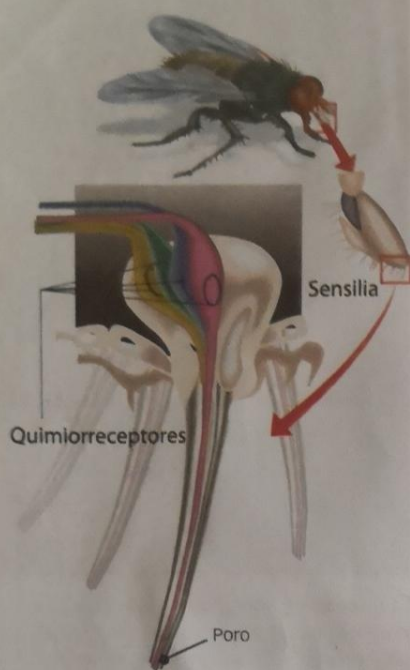
Las plantas también poseen quimiorrecepción. El tabaco, por ejemplo, detecta sustancias químicas llamadas "aleloquímicos" que están presentes en el suelo o que se desplazan a través del aire.

El gusto y el olfato

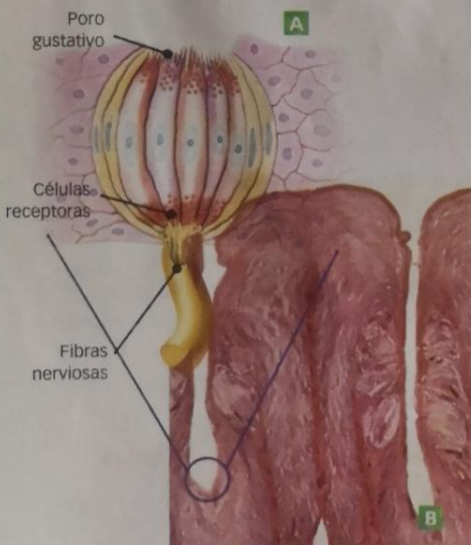
En los vertebrados, los receptores químicos suelen estar organizados en órganos sensoriales específicos del **gusto** (por contacto) y el **olfato** (a distancia).

- ▶ Los receptores por contacto se ubican dentro o cerca de la boca. Los anfibios, reptiles y aves poseen **papilas gustativas** en la boca y en la faringe, mientras que en algunos peces se distribuyen a lo largo de toda la superficie del cuerpo o concentrados en sus aletas.
- ▶ Los receptores a distancia suelen ubicarse en **conductos nasales**, aunque en las serpientes y los lagartos se encuentran también en la parte superior de la cavidad bucal. Se trata del **órgano de Jacobson**.

La mayoría de los mamíferos poseen dos clases de quimiorreceptores: los implicados en el olfato y situados en el epitelio de la **cavidad nasal**, y los que involucran el gusto y que se localizan en los **botones gustativos** de las **papilas gustativas** de la lengua. Muchos mamíferos también pueden captar feromonas. Nosotros percibimos cinco sabores básicos: dulce, salado, amargo, ácido y *umami*. Este sabor, se relaciona con el glutamato de sodio, una sustancia que incrementa el sabor de los alimentos.



Cada sensilia contiene cuatro quimiorreceptores. Cada uno de ellos es más sensible a una clase particular de estímulo químico.



En los mamíferos, los quimiorreceptores del gusto se agrupan en los botones gustativos (A) de las papilas gustativas (B).

Captación de estímulos mecánicos

Muchos seres vivos pueden detectar las vibraciones que se producen en el medio circundante, así como el contacto (presión mecánica) sobre la superficie de sus cuerpos. En ambos casos, hablamos de **estímulos mecánicos** que son captados por receptores especializados llamados **mecanorreceptores**.

Receptores de contacto y de vibraciones

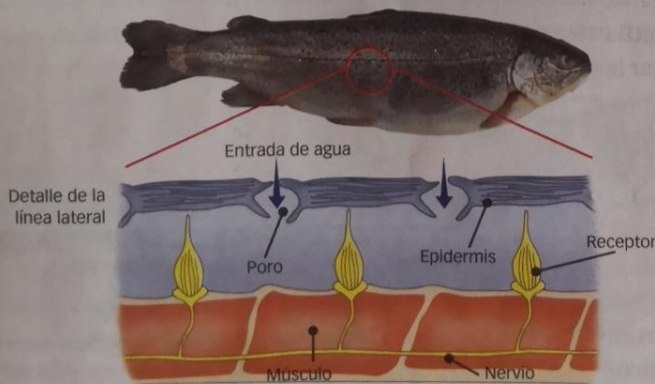
La mayoría de los mecanorreceptores presentan prolongaciones en forma de espinas, pelos o cilios, desde la superficie del cuerpo del organismo. Los objetos del entorno mueven al receptor y generan deformaciones mecánicas que lo estimulan.

Entre los invertebrados, la mayoría de estos receptores se integran con otros tipos de estímulos, por eso decimos que no son específicos. Por ejemplo, muchos de los receptores son sensibles a las vibraciones mecánicas que se propagan en el agua, el aire o sedimentos sólidos.

En los vertebrados, las **células ciliadas** son las unidades de los órganos encargados de detectar las vibraciones.

Estos receptores pueden tener diferentes ubicaciones. Por ejemplo, los peces y algunos anfibios poseen un conjunto de receptores que forman un sistema denominado **línea lateral**. Se trata de una serie de surcos que se concentran en la cabeza y se extienden por todo el cuerpo y la cola. A través de este sistema, los seres vivos captan las vibraciones del agua, que les otorgan información sobre su movimiento y el de otros objetos, como una presa.

¿Y qué sucede con las vibraciones por contacto? Nosotros, por ejemplo, presentamos receptores aislados distribuidos en la piel. A través de ellos, captamos diferentes estímulos que nos informan sobre las características y propiedades de los objetos que tocamos: temperatura, textura, plasticidad, entre otros. Al conjunto de sensaciones que percibimos a través de la piel lo llamamos **sentido del tacto**.



Los peces detectan vibraciones originadas a grandes distancias a través del órgano de la línea lateral. Los movimientos del agua se transmiten por el poro y desplazan el líquido presente en el canal lateral, moviendo los cilios del receptor.



Algunas plantas, como la Venus atrapamoscas, presentan **cilios detectores** en sus hojas que agrupan mecanorreceptores de contacto.

EL DETALLE

¿Noci... qué?

El dolor es una sensación que se produce cuando se estimulan receptores sensoriales específicos, los **nociceptores**. La nocirrepción se inicia cuando un estímulo lo suficientemente intenso afecta alguna parte del organismo. Puede ser causado por un pinchazo o corte, o por temperaturas muy altas. Los peces, al igual que las aves y los mamíferos, pueden experimentar el dolor.

ACTIVIDADES

10. ¿Cómo explicarías que, en animales como las medusas, un mismo receptor sensorial se estimule ante diferentes formas de energía pero no ocurra así en otros, como en los vertebrados?
11. Cuando te frotas un ojo con los dedos, puede aparecer una mancha visible con los ojos cerrados (ves "estrellitas"). Si en lugar de frotarte rozas los párpados, la mancha no aparece. ¿Cómo lo explicarías? ¿Por qué vemos cuando en realidad se trata de un estímulo mecánico? Conversalo con un compañero.



Captación de estímulos sonoros

¿Recordás qué es el sonido? Se trata de una vibración que se propaga a través de un medio. Cuando los mecanorreceptores son sensibles a las vibraciones de las ondas sonoras, hablamos de **fonorrecepción**. Es una sensibilidad poco común entre los seres vivos, aunque la encontramos en algunos artrópodos y en los vertebrados.

La cantidad de veces que vibra la onda sonora para un determinado tiempo es la frecuencia, y esta se mide en **hercios** (Hz), o número de ondas sonoras que un objeto emite por segundo. A mayor vibración, la frecuencia y el tono del sonido resultante son más altos (sonidos agudos).

Entre los invertebrados, algunos grupos de insectos poseen una excelente captación sonora. La mayoría no puede distinguir entre frecuencias altas y bajas, por eso se dice que son "sordos para el tono". El reconocimiento de un sonido puede basarse en su patrón, su ritmo o su frecuencia. Veamos algunas estructuras que permiten captar las vibraciones sonoras.

► **Sensilias auditivas:** son las más primitivas. Se trata de prolongaciones huecas en la superficie de algunas partes del cuerpo. Cuando las partículas en movimiento chocan contra ellas, captan infrasonidos (vibraciones cuya frecuencia se encuentra por debajo del nivel auditivo humano). Este tipo de órgano está presente, por ejemplo, en las cucarachas.

► **Órganos timpánicos:** son sensilias auditivas ubicadas en el interior de una cavidad del exoesqueleto. También captan infrasonidos. Están separados del medio exterior a través de una fina membrana, el **tímpano**. La cavidad del exoesqueleto actúa como una caja de resonancia y permite aumentar la sensibilidad al estímulo. Las diferencias en las presiones a ambos lados de la membrana les permiten identificar la dirección desde la cual proviene el sonido. Este órgano está presente, por ejemplo, en los grillos.

En los vertebrados, los receptores de vibraciones sonoras están agrupados en una estructura muy compleja, el **oído**. Por lo general, está formado por tres partes, cada una de las cuales cumple una función en particular: el **oído externo** recoge las vibraciones sonoras y las

lleva hasta el tímpano del **oído medio**; los fonorreceptores, que también poseen cilios, se localizan en el **oído interno**. En conjunto, permiten una amplia captación de estímulos sonoros. A diferencia de los insectos, los vertebrados pueden discriminar frecuencias. Esto lo consiguen gracias a la sensibilidad diferencial que poseen sus células ciliadas. De manera general, podemos decir que los cilios más largos son sensibles a sonidos de baja frecuencia y viceversa.

Si observás el gráfico de esta página, notarás que no todos los vertebrados oyen lo mismo. En comparación con los seres humanos, un gran número de vertebrados poseen un oído mucho más agudo.



En los saltamontes, los órganos timpánicos se ubican en las patas, debajo de las articulaciones de las rodillas.

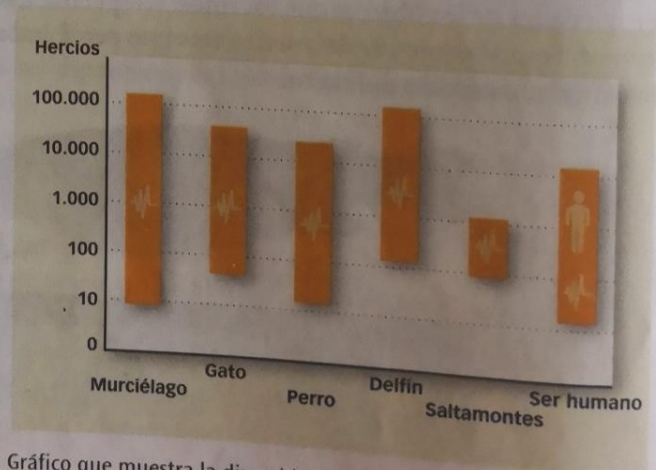


Gráfico que muestra la diversidad de sonidos detectados entre los animales. Muchas vibraciones sonoras no pueden ser oídas por los seres humanos.

Captación del estímulo de la gravedad

A lo largo de la evolución, la fuerza de gravedad en la superficie de la Tierra fue un factor determinante en el desarrollo de los seres vivos. En las plantas, por ejemplo, el paso del ambiente acuático al terrestre requirió el desarrollo de estructuras que ofrecieran rigidez y turgencia. Pero también fue necesaria la posibilidad de captar el estímulo de la fuerza de la gravedad. ¿Te das cuenta por qué? De esta manera, las partes aéreas siempre crecerán hacia la luz y en contra de la fuerza de la gravedad, mientras que las raíces, que la sujetan al suelo, crecerán a favor de ella.

Los seres vivos presentan mecanorreceptores específicos llamados **gravirreceptores**. Al igual que ocurre con los otros receptores estudiados, los que captan la fuerza de gravedad se ubican de diferentes modos en los seres vivos. En las plantas, la captación del estímulo está a cargo de unas estructuras especializadas que se sitúan en células de posición apical, como los ápices (puntas) de los tallos y las raíces. Se trata de **estatolitos de amiloplasto**, unos orgánulos de almacenamiento que contienen moléculas de almidón y que veremos en el capítulo 3.

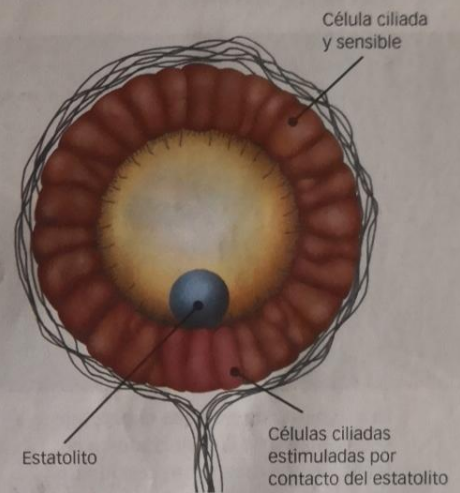
En los animales podemos encontrar los gravirreceptores formando dos tipos de órganos. Ambos permiten obtener información acerca de la posición del cuerpo en relación con el suelo: el estatocisto y el aparato vestibular.

- ▶ **Estatocisto:** es el órgano de equilibrio más simple en los animales. Está formado por células ciliadas que revisten una cavidad con un material sólido llamado **estatolito**. Este material puede obtenerse desde el ambiente, como granos de arena, o ser secretado por las células epiteliales del estatocisto. Un órgano de este tipo lo encontramos, por ejemplo, en los crustáceos como las langostas.
- ▶ **Aparato vestibular:** se trata de un órgano presente en los animales vertebrados que se ubica en el oído interno. Consta de dos estructuras: un conjunto cerrado de canales que están llenos de fluido, los **canales semicirculares** y el **vestíbulo**. En ambas hay células receptoras ciliadas tapizadas por una sustancia gelatinosa. En el vestíbulo, además, se localizan los **otolitos**, pequeños gránulos de carbonato de calcio. Además de detectar el estímulo de la gravedad, esta estructura informa sobre el estado del cuerpo, en reposo o en movimiento.

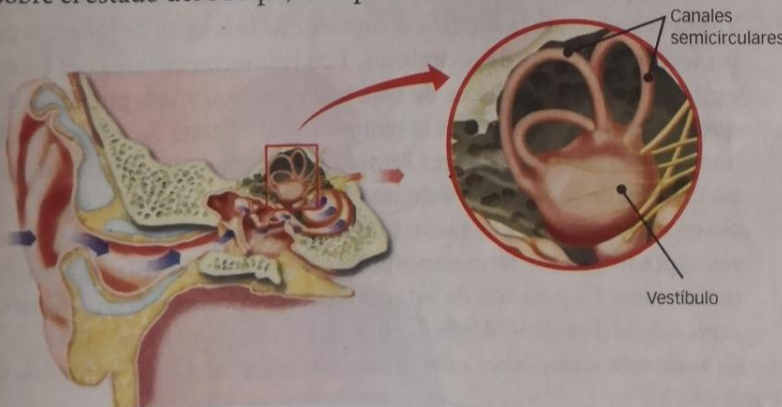
EL DETALLE

¿Cómo sé que tengo el brazo flexionado si no lo miro?

Existe un tipo particular de interoceptores que informan sobre la posición de los músculos, tendones y articulaciones. Son los **propioceptores**. Ellos detectan el estado de flexión que tienen las extremidades y el grado de contracción de los músculos. Nos mantienen informados sobre la posición espacial del cuerpo.



Las langostas tienen estatocistos en las antenas. Sus estatolitos son granos de arena que se renuevan al momento de la muda y se reemplazan cuando el animal introduce su cabeza en la arena.



Corte del oído del ser humano. Las flechas indican el recorrido del estímulo sonoro.

Otros tipos de estímulos

Ya descubriste que los seres vivos obtienen información del medio a través de sus exorreceptores específicos. Si bien cada uno de los receptores es más sensible a una modalidad sensorial particular, también pueden detectar otros estímulos. Tal es el caso de las medusas, cuyos receptores sensoriales captan estímulos químicos y mecánicos. También vimos que si bien el estímulo puede ser el mismo, la percepción puede ser bien diferente: tanto las lombrices como los insectos captan la energía lumínica y, sin embargo, unos perciben luces y sombras mientras que otros forman una imagen.

Pero en cuestión de estímulos todavía hay casos muy fascinantes. ¿Sabés cuáles son?

► **Electrorrepción:** algunos peces poseen receptores que captan estímulos eléctricos producidos por la contracción muscular de sus presas. Así, pueden reconocerlas y localizarlas muy fácilmente. Los receptores suelen estar situados en fosetas de la piel que se concentran en la cabeza, y, en algunos tiburones, también se encuentran alrededor de la boca y a lo largo del cuerpo en el sistema de la línea lateral. Por ejemplo, un tipo de receptores llamados “tuberosos” son sensibles a los estímulos eléctricos que el propio pez produce. Solo están presentes en los peces eléctricos, como la anguila. Hay muchas especies que, aunque no produzcan estímulos propios, pueden captar las descargas eléctricas que producen las contracciones musculares de otros seres vivos. Ellos presentan unos receptores denominados **ampollas de Lorenzini**, que son sensibles a frecuencias menos elevadas de descarga que los tuberosos.

► **Magnetorrepción:** algunos seres vivos poseen una “brújula” interna. Por lo general, se trata de unos cristales de un material mineral natural, la **magnetita**. A través de ella, algunas tortugas, las palomas e insectos como avispas y hormigas utilizan el campo magnético terrestre y así obtienen información sobre la dirección y la latitud.

► **Termorrepción:** la temperatura es una variable ambiental importante. Muchos organismos obtienen información sensorial acerca de la temperatura a través de **termorreceptores** ubicados en la piel. Tanto la piel como la superficie superior de la lengua de los mamíferos presentan dos tipos de receptores. Los termorreceptores del frío, que captan estímulos térmicos de baja temperatura, y receptores de calor, que se estimulan al elevarse la temperatura. Se trata de receptores altamente sensibles. En los seres humanos, por ejemplo, pueden detectar un cambio de temperatura de una centésima de grado ($0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$). Los objetos calientes emiten radiaciones infrarrojas, y este estímulo puede ser captado por los termorreceptores de algunas serpientes: las fosetas loreales. La posición de estas estructuras proporciona información acerca de la dirección desde la cual proviene la fuente de calor. Conocé más datos sobre nuestros sentidos en “La Posta” al final de este capítulo.



Las plantas son sensibles a los cambios de temperatura del ambiente. Si bien todos sus órganos detectan tales variaciones, existen algunos más sensibles que otros, por ejemplo, las flores.



La magnetita desempeña el papel de sensor magnético involucrado en el fenómeno de magnetorrepción de los insectos. Este mineral natural se encuentra en la cabeza y en el abdomen de las hormigas.



Foseta loreal

Las fosetas loreales son órganos sensoriales de las serpientes que poseen numerosos receptores de infrarrojo (termorreceptores).

Ciencia en tus manos

Formulación de hipótesis y predicciones

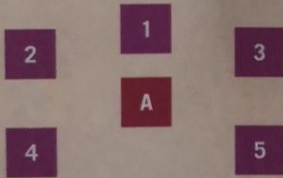
Como ya sabés, la ciencia tiene un carácter de exploración constante en el que hacerse preguntas o plantearse problemas es tan importante como resolverlos. Como todo problema, es necesario buscarle una solución. Una de las estrategias que utilizan los científicos durante sus investigaciones es la **formulación de hipótesis**, que son respuestas y explicaciones sobre los fenómenos que se estudian y las observaciones que se realizan. Como no se puede asegurar la validez de estas respuestas, se dice que son **provisorias**.

Al momento de crear sus hipótesis, los científicos despliegan toda su creatividad y su conocimiento. Así, realizan predicciones o suposiciones. Veamos un ejemplo sencillo: "Las plantas requieren luz para su supervivencia". A partir de ella, podemos suponer que *si colocamos una planta en la oscuridad, entonces no podrá sobrevivir*.

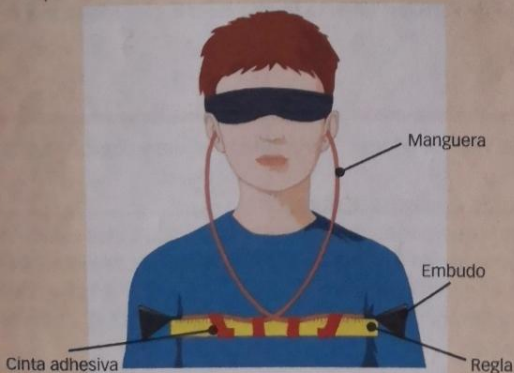
ACTIVIDADES

12. Analizá la siguiente situación-problema.

¿Escuchar implica solo percibir un determinado sonido? Esta es una pregunta-problema que se plantearon un grupo de estudiantes. Luego de revisar qué sabían sobre el tema de los sentidos, decidieron poner en marcha una investigación. Uno de los integrantes del grupo (**A**) se cubrió los ojos con un pañuelo. El resto formó un semicírculo con él en el centro, tal como se muestra en la figura. El objetivo es que **A** localice de dónde viene el sonido.



Se turnaron para emitir sonidos golpeando a la vez dos lapiceras desde la posición que les había tocado (1, 2, 3, 4 o 5). Luego, **A** se colocó un dispositivo en los oídos sin saber cómo era y repitieron el experimento.



13. Realicen la experiencia sobre el sentido de la audición en pequeños grupos y respondan:

- ¿Qué hipótesis podrían haber planteado en relación con la pregunta-problema?
- ¿Qué conocimiento anterior sobre los otros sentidos, además de la audición, les permitió formular tal hipótesis?
- Teniendo en cuenta la hipótesis, ¿cuál podría ser la predicción o suposición elaborada por los alumnos para la primera parte de la experiencia? Expresenla en términos de *si... entonces...*
- ¿Qué piensan que sucede si el sonido proviene desde un punto equidistante a los dos oídos (posición 1)? ¿Será más fácil o más difícil localizarlo?
- En la segunda parte de la experiencia, ¿habrán obtenido los mismos resultados que en la primera? Según la respuesta, ¿qué puede decirse en relación con el mecanismo de percepción auditiva? ¿Sucederá en otros seres vivos? Intercambien ideas.
- ¿Qué otras hipótesis se podrían formular en relación con el proceso de audición y que no fueron contempladas por estos alumnos?

Dispositivo utilizado durante la segunda parte de la experiencia.

Las cataratas que no dejan ver

Claude Monet se mudó a Giverny en 1883, donde empezó a cultivar todas las variedades existentes de nenúfares -entre ellos, nenúfares blancos o "lunas de agua" que inspiraron su famosa serie *Nenúfares* de 1914 a 1926- en un "jardín de agua" atravesado por un "puente japonés". Tras el armisticio del 11 de noviembre de 1918 escribió a su amigo Georges Clemenceau, entonces primer ministro: "Estoy a punto de acabar dos paneles decorativos que me gustaría firmar el día de la victoria y regalárselos al Estado. Es poco, pero es la única forma que tengo de participar en la alegría colectiva."

Clemenceau visitó Giverny y propuso a Monet instalar sus *Nenúfares* en la Orangerie de las Tullerías, a orillas del Sena, un lugar privilegiado para este pintor que veneró la Naturaleza durante toda su vida. Monet quería regalar a Francia un conjunto decorativo de ocho composiciones murales inmensas que tenía previsto instalar en dos salas de forma elíptica bañadas con luz natural. Sobre 22 paneles de dos metros de alto y cerca de cien metros de largo se desarrollaría un paisaje de agua jalonado de nenúfares, ramas y sauces, reflejos de árboles y nubes, que darían al visitante "la impresión de mirar un todo sin fin, una onda sin horizonte ni orilla".



Claude Monet pintó el puente japonés del jardín de su casa en Giverny, cerca de París, en 1899. La misma escena, captada de nuevo entre 1918 y 1924, revela alteraciones en su visión.

Monet, que por entonces ya se había hecho construir un nuevo taller en Giverny, trabajó sin descanso para terminar su regalo histórico a Francia. Pero en 1912, con 72 años de edad, empezó a sentir los primeros ataques de cataratas, y se dio cuenta de que había perdido la visión del ojo derecho. Un especialista diagnosticó una catarata bilateral, más pronunciada en el ojo derecho que en el izquierdo -un drama para este enamorado de la luz y del color-. Monet rechazó la operación, como le aconsejaba su amigo Clemenceau, temiendo que la intervención lo dejara ciego o alterara su percepción de los colores. Solo en 1923, cuando su ojo izquierdo estaba tan débil que apenas podía leer y escribir, aceptó la operación, que resultó todo un éxito. Así, logró terminar su serie de *Nenúfares*, a la que dedicó los últimos veinte años de su vida, pero nunca llegó a ver su museo, un lugar mágico que el pintor André Masson llamaría "la Capilla Sextina del Impresionismo" y que fue inaugurada en mayo de 1927, pocos meses después de la muerte de Monet, el 5 de diciembre de 1926 [...].

Canetti, Claudine.

"Monet, el ojo impresionista: cómo Monet ganó la batalla contra las cataratas". En http://www.diplomatie.gouv.fr/es/article_imprim.php?id_article=6777. Enero 2009. [Consultado en noviembre de 2009].



ACTIVIDADES

14. ¿Cuál es el contexto en el que se desarrolla esta etapa de la vida de Monet? Averiguá, por ejemplo, dónde queda Giverny y de qué armisticio se habla.
15. ¿Qué pretendía pintar Monet y qué se interpuso al momento de realizar sus obras?
16. ¿Cuáles son las diferencias que se aprecian en ambos cuadros y que ponen en evidencia sus dificultades de visión?
17. Las cataratas se generan cuando ciertos pigmentos se acumulan en el cristalino y forman un conglomerado, lo que origina una mancha borrosa en el campo de visión. Teniendo en cuenta tu respuesta anterior y sabiendo que durante las últimas etapas de su vida solo distinguía luces y sombras, proponé una explicación a los cambios de percepción observados en Monet. Podés buscar más información.

¡Qué rica forma!

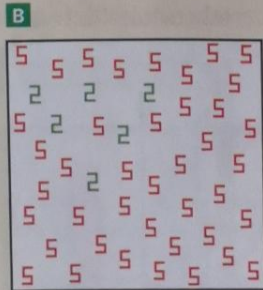
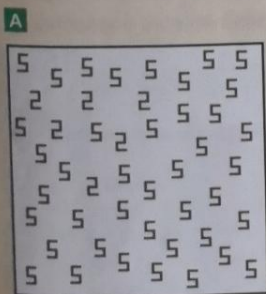
“Cuando Matias Blázquez prepara hamburguesas con sus manos, experimenta un intenso sabor amargo. Esmeralda Juárez percibe su entorno de un color azulado si escucha un ‘do’ al piano: el resto de las notas le evocan distintos colores. Las teclas de su piano están codificadas mediante colores para que, aprovechando su peculiar facultad, progrese en la ejecución de piezas musicales. Ante números impresos en negro, Colomán Arteché los ve de diferentes colores. Blázquez, Juárez y Arteché pertenecen al reducido número de personas que padecen de **sinestesia**. Experimentan la vida cotidiana y parecen habitar en un mundo misterioso, a medio camino entre la fantasía y la realidad. La ciencia se acercó por primera vez a la sinestesia en 1880, año en que Francis Galton, primo de Charles Darwin, publicó un artículo sobre esta en la revista *Nature*. Pero quienes se siguieron ocupando del fenómeno, la minusvaloraban por considerarla una impostura o resultado del abuso de drogas; a lo sumo, se trataría de una rareza singular.

Desde hace unos seis años, sin embargo, nuestro grupo comenzó a investigar este fenómeno [...]. A tenor de la explicación al uso, las personas sinestésicas se limitan a rememorar y asociar experiencias vividas en la infancia. En coherencia con ello, un individuo que al observar el número cinco lo ve de color rojo cuando es negro, habría jugado de niño con figuras imanadas, entre las que habría un cinco de color rojo y un seis de color verde, por ejemplo. Pero tal hipótesis no explica por qué solo algunas personas retienen en su memoria recuerdos sensoriales tan intensos. Se puede pensar en la sensación de frío cuando se observa una fotografía de un cubito de hielo, pero no se sentirá frío, cualesquiera que hayan sido las vivencias relacionadas con la nieve y el frío experimentadas durante la adolescencia. Para otros, los sinestésicos emplean un lenguaje metafórico, cuando hablan de una nota do ‘roja’ o del sabor ‘puntiagudo’ del pollo, del mismo modo que las personas normales califican un queso como ‘fuerte’ o dicen que un vestido es ‘chillon’. Nuestro lenguaje ordinario está plagado de metáforas relacionadas con los sentidos. Los sinestésicos estarían especialmente dotados para ellos.

[...] Para determinar si una experiencia guarda relación directa con la percepción, la psicología emplea el test de segregación... ¿Qué ocurriría si mostráramos la representación de números impresos en negro a un grupo de sinestésicos que percibiesen los cincos de color rojo y los doses (2) de color verde? Distribuimos los doses (2) de suerte tal que, en el cuadro de números, dibujaran un triángulo [...].

Ramachandran, Vilayanur S. y Hubbard, Edward M.

‘Escuchar colores, saborear formas’, en *Temas de Investigación y Ciencia* 39.
Los cinco sentidos. 1.º trimestre 2005.



Ensayo para analizar la capacidad de segregación visual en personas con sinestesia: A. Tarjeta que se mostró a los sinestésicos. B. Así perciben la tarjeta el 90% de los sinestésicos.

ACTIVIDADES

18. ¿Por qué el título del artículo es “¡Qué rica forma!”?
19. ¿Cuáles son las hipótesis que se formularon en relación con este fenómeno?
20. ¿En qué consiste el ensayo de segregación visual propuesto por este equipo de investigación? ¿Qué se tuvo en cuenta en relación con la percepción de los sinestésicos al momento de preparar las tarjetas empeladas en la experiencia?
21. ¿Cuál es la hipótesis planteada por estos investigadores en relación con el fenómeno de sinestesia? ¿Te parece que los resultados de la experiencia rechazan las hipótesis anteriores? Explicá.
22. ¿De qué manera podría explicarse la sinestesia? Conversalo con un compañero.



Actividades finales

23. Armá un cuadro comparativo como el siguiente en tu carpeta y completalo.

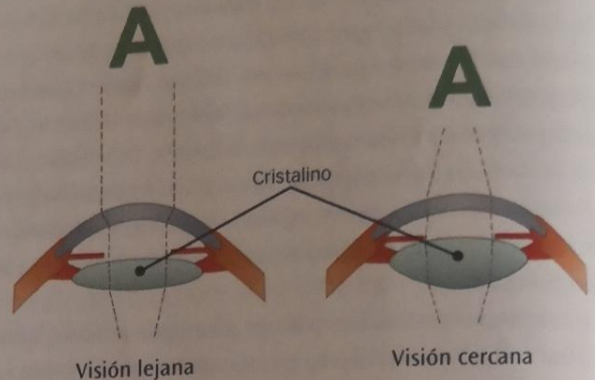
Forma de energía	Estímulo	Receptor	Estructuras implicadas
Lumínica			
Mecánica			
Química			
Térmica			
Magnética			
Eléctrica			

24. Prestá atención a las siguientes imágenes:



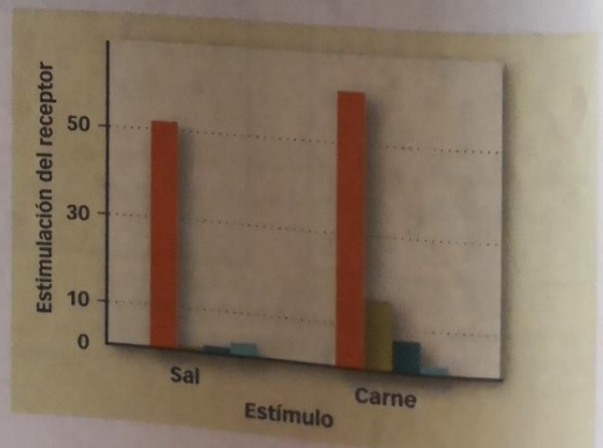
- ¿Qué tienen en común y en qué se diferencian ambas fotos?
- ¿Con qué forma de energía (estímulo) se relacionan?
- Teniendo en cuenta tus respuestas anteriores, ¿qué seres vivos podrían percibir el mundo de esas maneras? ¿Qué otros conceptos tuviste en cuenta para responder?
- ¿Por qué no podemos asegurar que la segunda imagen sería percibida de esa forma por otros seres vivos? Intercambiá ideas con un compañero.
- Un objeto que para un ser humano tiene las tonalidades rojo y verde, el perro lo verá amarillo o dentro de la gama de los grises. ¿Cómo sería la flor de esta foto vista por un perro? ¿Cómo explicarías este fenómeno?

25. Teniendo en cuenta los siguientes esquemas, respondé:

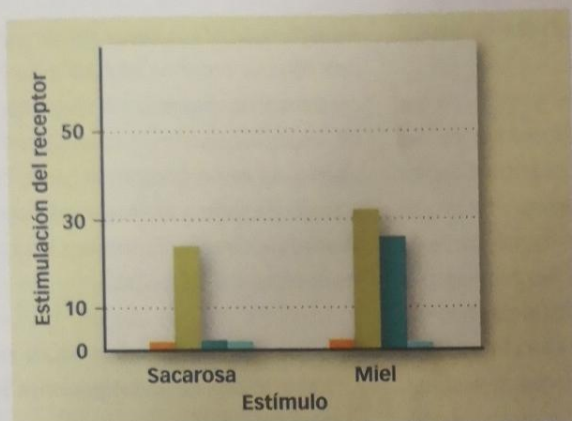


- ¿Con qué fenómeno de la visión que estudiaste se relacionan las imágenes? ¿Cómo te diste cuenta? Explicá con tus palabras lo que intenta ilustrar cada una de ellas.
- ¿En qué seres vivos esperarías encontrar un modelo de ojo similar? Explicá.
- Cuando las personas llegamos a determinada edad, el cristalino se vuelve menos elástico y produce un tipo de hipermetropía conocido como "presbicia". Averiguá qué efectos tendrá tal deficiencia sobre la formación de la imagen. ¿Por qué el uso de anteojos podría ser una solución a este problema de salud? Explicá.

26. ¿De qué manera los insectos perciben su entorno químico? Un grupo de científicos quería investigar la captación de estímulos químicos en un insecto. A partir de los datos obtenidos en una experiencia, construyeron los siguientes gráficos. Observalos con detenimiento y respondé.



28. Lee el siguiente texto y respondé.



Hacia finales del siglo XVIII, el naturalista italiano Lazzaro Spallanzani descubrió que los murciélagos volaban y se orientaban detectando el eco que se producía por el batido de sus alas. También explicó que podían localizar a sus presas guiándose por el zumbido producido por el batido de las alas de los insectos. Sin embargo, sus conclusiones no fueron aceptadas.



Luego de la tragedia del Titanic, en 1912, se propuso la construcción de algún instrumento que detectara objetos en el mar tal como estos animales lo hacían en la oscuridad. A estos instrumentos se los denomina **sonares**.

En 1938, dos estudiantes de la Universidad de Harvard, con un equipo de reciente fabricación, determinaron que estos mamíferos, los murciélagos, emiten gritos ultrasónicos y usan el eco para "ver en la oscuridad". A este fenómeno de orientación mediante señales auditivas se lo llama **ecolocación** y es posible encontrarlo no solo en algunas especies de murciélagos, sino que también lo presentan algunos cetáceos como los delfines y las ballenas y unas pocas aves. Como dijimos antes, a través de la ecolocación, el animal emite vibraciones de alta frecuencia que rebotan sobre distintas superficies y producen eco. Así, el murciélago puede detectar la dirección, la distancia, el tamaño, la velocidad, la posición y la textura de los objetos de su entorno.

- ¿Qué representa cada uno de los colores de las barras y cómo se relaciona con las estructuras especializadas de los insectos? Pista: revisá la página 32.
- ¿Cuáles son los estímulos químicos estudiados? ¿En qué eje del gráfico se informa este dato?
- Asigne a cada estímulo su valor aproximado de estimulación y mencioná a qué quimiorreceptor (color) corresponde.
- ¿Qué ocurre con el quimiorreceptor representado con naranja? Proponé una explicación.
- ¿Por qué puede decirse que cada receptor es más sensible a una clase particular de estímulo químico?

27. Tanto las aves como los seres humanos pertenecen al grupo de los vertebrados. Sin embargo, nosotros contamos con miles de papilas gustativas en la lengua, mientras que las aves poseen menos de cien. ¿Qué información acerca del sentido del gusto te aporta este dato?

- ¿En qué consiste la ecolocación?
- Muchos organismos acuáticos pueden orientarse en relación con los estímulos de vibración. Algunos insectos que nadan sobre la superficie del agua y muchos peces y anfibios perciben las reflexiones iniciadas por sus movimientos de natación, los cuales han rebotado en objetos cercanos. ¿En qué se parece y en qué se diferencia el mecanismo de orientación de insectos, peces y anfibios del que poseen los murciélagos? Explicá.

Libros

Carthy, J. D. "Los estímulos y los sentidos". En: *La conducta de los animales*. Tomo 13. Madrid, Ediciones Salvat, 1969, pp. 25-48.

Se trata de un capítulo destinado a los sentidos en todos los animales, de manera que amplía y profundiza lo trabajado en este capítulo. También podrá serte útil para el capítulo siguiente.

Internet

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111108.html>
Hugues, B.; Navaroli, F.; Torres, M. y Soto, C.I. "La visión cromática en los animales". En: *Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET)*. Vol. IX, N.º 11, noviembre de 2008.

Se trata de un interesante artículo divulgativo que pretende ofrecer información actualizada acerca de la visión en colores de los animales.

Veo, veo. ¿Qué ves?

La
Posta

Por Alejandro Bahmann

Los sentidos nos permiten percibir el mundo que nos rodea. Pero, a veces, un estímulo nos llega de distintas maneras y lo registramos a través de varios órganos de forma diferente. ¿Tienen límites nuestros sentidos? ¿Por qué algunas vibraciones las percibimos con el oído y otras con la piel? Conocé a la Dra. Miguelina Guirao. Una entrevista para disfrutar con todos los sentidos.



Miguelina Guirao es profesora de Filosofía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires y doctora en Psicología Experimental de la Universidad Católica de Milán, Italia. Hizo un posgrado en el Laboratorio de Psicofísica de la Universidad de Harvard, Estados Unidos. Es miembro de la carrera de Investigador del Conicet. Creó el Laboratorio de Investigaciones Sensoriales (LIS) del Conicet y fue su directora hasta 2007. Actualmente es investigadora emérita del LIS, Departamento de Neurociencias del Hospital de Clínicas (UBA). Es autora del libro *Los sentidos, bases de la percepción* (Madrid, Alhambra).

■ Cuéntenos, ¿qué estudia la ciencia de los sentidos?

El enigma acerca del origen y la naturaleza de nuestro conocimiento del mundo exterior ha interesado a filósofos y científicos durante siglos. Primero, el estudio de los sentidos formó parte de la filosofía. A partir del Renacimiento, y como consecuencia del desarrollo de las ciencias experimentales, el problema quedó repartido en varias disciplinas. Durante las últimas décadas, con el adelanto en la investigación neurofisiológica y psicofísica, se ha vuelto a plantear el problema. Es así como se fueron definiendo los temas fundamentales de la investigación de los procesos sensoriales y perceptivos, es decir, el estudio comparativo del estímulo sensorial (las distintas energías que detectan los sentidos), las características morfológicas de los órganos sensoriales y los alcances y los límites de nuestro conocimiento del mundo que nos rodea. La disciplina que estudia esto es la ciencia de los sentidos.

■ ¿Por qué se dice que es una ciencia interdisciplinaria?

Es interdisciplinaria porque su estudio forma parte de diferentes ciencias. Por ejemplo, el estudio experimental de la visión considera la retina como un filtro físico que toma el espectro visible y lo va dividiendo en bandas. Esas bandas corresponden a los diferentes colores. Por otro lado, el oído recibe energía sonora y la transforma en vibraciones, y las vibraciones luego se convierten en sonido en el cerebro. Además, el sabor resulta de la integración de sustancias químicas. Los métodos que se aplican para estudiar estos sentidos provienen de la física, la fisiología, la química y la biología. Por otra parte, los desarrollos

de software para la investigación de los procesos de reconocimiento automático del habla requieren la intervención de especialistas en computación. El diseño de estos programas suele estar a cargo de bioingenieros, y los conocimientos acerca de los sonidos del habla los aportan los lingüistas.

■ ¿Qué tipos de estudios hacen en el Laboratorio de Investigaciones Sensoriales (LIS)?

En el LIS tienen un espacio los proyectos que están relacionados con la comunicación a través de los sentidos y del habla. En este momento estamos estudiando cómo hablamos para "enseñarle" a una máquina a "entender" lo que decimos. Para esto estamos desarrollando proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con el reconocimiento automático del habla. En relación con los sentidos considerados como químicos, estamos estudiando las interacciones entre los componentes del sabor: olfato, gusto y sistema trigeminal. Este último sistema tiene conexiones con ciertas zonas del cerebro y de la médula espinal, y su componente principal, el nervio trigeminal, es el más importante de la cara. Se llama así porque presenta tres divisiones. Las estructuras del sistema trigeminal que actúan como receptores

"En el LIS tienen un espacio los proyectos que están relacionados con la comunicación a través de los sentidos y del habla. En este momento estamos estudiando cómo hablamos para 'enseñarle' a una máquina a 'entender' lo que decimos".

no son ni receptores del olfato ni del gusto, pero están en la cavidad oral, nasal y en los ojos.

■ ¿Qué percibe el sistema trigeminal?

Tiene receptores sensoriales distintos. Es uno de los sistemas sensoriales menos estudiados. Por ejemplo, cuando arrojan gases lacrimógenos, se produce irritación en los ojos, porque hay receptores trigeminales en ellos. En la boca, sustancias como el vinagre, la pimienta y el ají picante producen sensaciones trigeminales. Algunos condimentos no tienen gusto, solo pican. En la nariz, el alcanfor y la nafta se captan por el nervio trigeminal. Producen irritación en la nariz y en los ojos.

■ Antes de seguir avanzando con el estudio de lo sentidos, sería bueno aclarar algunos conceptos básicos, por ejemplo, ¿qué diferencia hay entre un acto reflejo, una sensación y una percepción?

Un reflejo es una reacción rápida y automática a un estímulo. Por ejemplo, ante un pinchazo, la mano se retrae rápidamente, y ante una luz repentina, se contrae el tamaño de la pupila. La sensación no es automática, hay una respuesta a un estímulo sensorial, por ejemplo, cuando a lo lejos se ven luces. La percepción incluye, además de información sensorial, otros procesos cognitivos, como la memoria, la atención y el aprendizaje. Por ejemplo, se ven luces, pero las identificamos como los faroles de un auto. Cuando uno ingiere un condimento fuerte, inmediatamente tiene un acto reflejo. En cambio, otros sentidos responden mediante un acto reflejo a diferentes tipos de estímulos, como la energía electromagnética (la luz) para la visión y las ondas sonoras para el auditivo.

■ ¿Podemos decir que hay sentidos que son más químicos y otros que son más físicos?

Generalmente llamamos "sentidos químicos" al gusto y al olfato porque tienen receptores que responden en forma inmediata a sustancias químicas. Los receptores trigeminales de la cavidad bucal, que perciben ardor, dolor, irritación y burbujeo, entre otros, también estarían en esta categoría. En cambio, otros sentidos, como ya mencioné, responden primero a otro tipo de estímulos, como la luz para la visión o las ondas sonoras para la audición. Sin embargo, en cierta forma, todos son químicos, porque las señales que mandan al cerebro son combinaciones químicas, que se van a traducir en sensaciones. Al cerebro siempre llega una información química. La comunicación entre las neuronas es química.

“Al cerebro siempre llega una información química. La comunicación entre las neuronas es química”.

■ Suele decirse que el gusto y el olfato tienen una respuesta “afectiva”, ¿por qué?, ¿qué significa?

Yo diría que porque la expectativa nuestra, no bien nos ponemos algo en la boca o en la nariz, es “me gusta” o “me disgusta”. Cuando se percibe un olor, inmediatamente agrada o desagrada. Algo parecido ocurre con el gusto y con las sensaciones trigeminales. Me agrada la pimienta o no me agrada. Además, uno también puede rechazar un sabor, por ejemplo, el amargo, porque está relacionado con productos tóxicos o venenos de la Naturaleza. Es un comportamiento de defensa biológica. Sin embargo, no rechazamos todo lo amargo. El gusto por el café es un



Mediante programas de computación se analiza la estructura de los sonidos del habla, lo que nos permitirá conversar con las máquinas.

ejemplo en ese sentido. En cambio, es posible oír sonidos, ver formas o tocar objetos sin que se produzcan sensaciones. Tocar un lápiz puede no causarme nada, ni placer ni displacer.

■ ¿Se puede considerar la vista como el sentido más importante en el ser humano?

Es muy importante porque nos da un extenso panorama del mundo que nos rodea. Además, se relaciona con casi todos los sentidos, y como las imágenes quedan almacenadas en la memoria, forman parte del aprendizaje y en general de todos los procesos cognitivos. La visión juega un papel importante en la comunicación humana y en la transmisión de la cultura. Está ligada a la lectura, la escritura, el arte, los medios audiovisuales y muchos productos tecnológicos de avanzada.

■ ¿Cuáles son los límites de captación de la vista y el oído en los seres humanos?

Los límites del oído y de la vista son conocidos. El oído responde a un rango de frecuencias que va de 60 a 20.000 ciclos por segundo. En cuanto a la intensidad, puede alcanzar cerca de 110 decibeles. Por encima de 90 decibeles ya se siente molestia, y a 120 decibeles la sensación es de dolor. La vista se estimula solo con una parte del espectro

magnético, el espectro visible, que abarca entre 300 y 750 nanómetros o micromicras (una micromicra equivale a la milésima parte de una micra, y una micra equivale a la millonésima parte de un milímetro). Por encima están los rayos infrarrojos, que no los percibe el ojo, sino la piel, pero como calor.

■ El gusto y el olfato ¿también tienen límites de captación?

Hasta el momento los gustos básicos son cinco: dulce, amargo, salado, agrio y glutamato monosódico [*umami*]. En cambio, la cantidad de olores que podemos percibir no tiene límites. Hay una infinidad que nunca hemos percibido y lo podemos notar cuando viajamos a nuevos lugares. Por ejemplo, la gente que va a África por primera vez siente olores nuevos y diferentes de plantas y de animales.

■ Cuando estamos en el subte, parece que escuchamos los sonidos no solo con los oídos, sino con todo el cuerpo. ¿Hay una explicación para esto?

Sí. Cuando el subte está cerca, percibimos al mismo tiempo vibraciones y ruidos. Las vibraciones nos llegan a través de la piel y los ruidos a través del oído. Cuando las vibraciones ambientales son muy intensas se expanden por

toda la piel y dan la impresión de que se sienten en todo el cuerpo. Las vibraciones se perciben por el órgano vestibular y por la piel. De manera que aquí tenemos más de un sentido que están en actividad cuando viene el subte. Están el oído y la piel, ambos percibiendo. Por debajo de la frecuencia de 60 ciclos por segundo se siente vibración. Cuando aumenta a más de 60 ciclos por segundo, se percibe con el oído.

■ Los viajes espaciales ¿ayudaron a estudiar o comprender mejor el funcionamiento de algunos de nuestros sentidos? ¿Cuáles?

La tecnología espacial aportó experiencias que han aumentado el conocimiento acerca de los sistemas sensoriales. Principalmente del sistema vestibular u órgano del equilibrio. Para los viajes espaciales era muy importante estudiar las posturas del cuerpo cuando queda fuera de la acción de la gravedad. También interesaban los tipos de aceleraciones, vibraciones y otros cambios que se experimentan en el espacio. Muchos de estos cambios son detectados por los mecanorreceptores vestibulares, y por eso gran parte de lo que sabemos sobre este sentido proviene de los centros de investigaciones espaciales.



En la cámara del silencio se analizan las características acústicas de los sonidos.

■ ¿Por qué se dice que el ser humano tiene más de cinco sentidos?

Hoy sabemos que los receptores sensoriales son muchos más y que todavía nos falta seguir agregando. Solo en la piel hay muchos más que cinco.

■ La piel es nuestro órgano más grande y extenso. ¿Qué nos permite captar?

Además del tacto, a través de la piel se percibe presión, peso, frotación, vibración, frío, calor, dolor, picazón, humedad, sequedad, ardor, irritación, cosquilleo y probablemente otros.

■ ¿Existen diferencias en las personas para percibir el frío o el calor?

Las diferencias entre las personas dependen de muchas variables, como la edad, el peso, su dieta y la actividad física, entre otros. Además, una misma persona puede ser más sensible a la temperatura en algunas condiciones que en otras.

■ ¿Hay diferencias entre hombres y mujeres para percibir esos estímulos?

No se ha llegado a un acuerdo sobre este punto porque también depende de varios factores. Por ejemplo, el hombre puede tener mayor masa muscular por lo que puede generar más calor y sentir entonces menos frío, pero la mujer tiene más capa adiposa, que también le ayuda a tolerar más el frío. La mujer tolera más el frío en el agua que el hombre.

“La tecnología espacial aportó experiencias que han aumentado el conocimiento acerca de los sistemas sensoriales. Principalmente del sistema vestibular u órgano del equilibrio”.

■ **¿Existe la sensación térmica?**

Si, porque la temperatura que se percibe es diferente de la que marca el termómetro. Los receptores térmicos de nuestra piel funcionan como protectores de la temperatura del cuerpo. Cuando detectan cambios que pueden afectar el equilibrio interno (alrededor de 37 °C), provocan reacciones fisiológicas como el sudor y los temblores. A la temperatura se le agregan otros factores, como el viento y la humedad, y a esa sensación del organismo la llamamos "térmica".

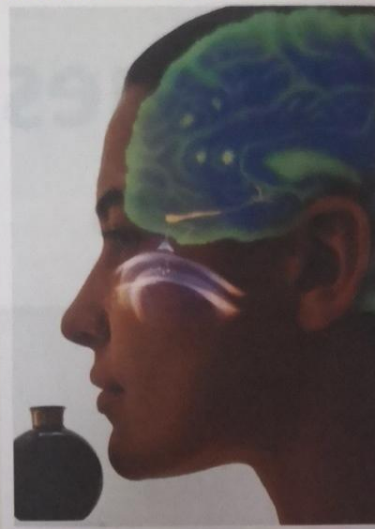
■ **Existen unos dispositivos conocidos como "narices digitales o artificiales". ¿Cuál es la diferencia con nuestra nariz?**

Hoy hay en el mercado narices artificiales, que lo que hacen es comportarse como un cromatógrafo. Un cromatógrafo es un equipo que analiza los componentes que tiene una sustancia química. Uno introduce la sustancia y nos da su perfil, informando cuánto tiene de cada uno de sus componentes. Pero esa nariz no nos dice si es jazmín o rosa, si es lavanda o si es frutal. Y menos si es agradable o no. Lo que podemos hacer en el laboratorio es llevar una esencia a la nariz artificial, la cual nos pone en pantalla cómo se compone. Supongamos que buscamos reproducir el olor a alcanfor; podemos ir, por ensayo y error, hacia la fórmula óptima para lograr ese olor.

■ **Continuemos con los avances tecnológicos. Los audífonos modernos ¿reemplazan el oído humano?**

No por el momento. Estamos lejos de conseguir audífonos que puedan imitar el oído. Todavía falta mejorar el rendimiento, eliminando ruidos ambientales que enmascaran lo que queremos oír. Pero se van perfeccionando.

■ **¿Podría explicarnos cómo la astro-**



"Conocer los mecanismos del olfato es muy importante ya que este se aplica a la producción de alimentos y de perfumes".

nomía ayudó a resolver temas relacionados con las estructuras funcionales de la vista?

Muchos hallazgos relativos a la organización funcional de los sentidos han provenido de disciplinas que en apariencia están alejadas de estos problemas, como la astronomía. En los tiempos en que las observaciones estelares se realizaban a ojo desnudo, los astrónomos sabían que era más fácil mirar una estrella oblicuamente con el rabo del ojo en lugar de hacerlo directamente, de frente. Este hecho lleva el nombre de "fenómeno de Arago", en honor del astrónomo que lo describió. Más tarde este fenómeno encontró su explicación en el hecho de que los bastones ubicados en la periferia de la retina tienen mayor sensibilidad que los conos para la percepción de bajos niveles de luz.

■ **El estudio de los sistemas sensoriales ha permitido resolver problemas prácticos, ¿podría contarnos cuáles?**

El vertiginoso progreso en la ciencia de los sentidos en los últimos años ha sido una consecuencia de la necesidad de resolver problemas prácticos. Buenos ejemplos de ellos son el estudio de las alteraciones del campo visual realizado

...un deseo compartido con el Dr. Bernardo Houssay.

De chica me gustaban muchas carreras. Mis preferidas eran Filosofía, Medicina, Biología, Agronomía y Aviación. No es extraño que mis temas de investigación estén relacionados con algunos de los que se estudian en esas carreras. La experiencia con aviones fue solo a través de los viajes que he realizado, que han sido muchos.

Cuando hablaba con el Dr. Bernardo Houssay, él me decía que tenía la inquietud de que los investigadores se acercaran a los chicos para contagiarles su vocación científica. Una vez, hablando de los intereses de los chicos, le dije que sería bueno que tuvieran tanto interés en los científicos como el que tenían en otros modelos de personas, como los deportistas. Ojalá que se hicieran figuritas de científicos y se las cambiaran entre ellos. Que se dijeran: "Yo te doy un Leloir, vos dame un Houssay". Sería bueno despertar en los chicos un interés en una actividad tan importante para el progreso de la sociedad como es la ciencia.

...sobre deportes de nieve y tradiciones campestres.

Hace muchos años que me dedico al esquí. He esquiado en Italia, en los Estados Unidos, en Japón, en Chile y en la Argentina. Ahora puedo hacer lo que se llama *cross country*, ya no me tiro de las montañas muy inclinadas, como he hecho muchas veces antes en algunas montañas. Siempre me han gustado los deportes. Formaba parte del quipo de pelota al cesto de mi colegio y desde chica vengo siguiendo a San Lorenzo.

Además, me gustan mucho las actividades del campo, soy nacida en el campo, en Rafael Obligado, partido de Rojas, provincia de Buenos Aires. Buena parte de mi niñez la pasé en el campo. Ahora tengo una pequeña chacra donde cultivo cereales y tengo algunos animales. Además me gusta la música. Me gustaba mucho ver y escuchar óperas y conciertos en el teatro Colón. Me gustan los conciertos de Mozart y Vivaldi. En cuanto a música popular, prefiero nuestro folclore, sobre todo el norteno.

por neurólogos, el diseño de salas acústicas llevado a cabo por arquitectos y el perfeccionamiento de los medios de comunicación logrado por los ingenieros. El mejoramiento del sabor y la apariencia de los alimentos alcanzado por los técnicos de la alimentación es otro ejemplo de los problemas prácticos que motivaron la labor experimental en esta materia.

3

Las respuestas a los estímulos



LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

- Clasificarás las respuestas de los seres vivos según los grupos en que se presenten y a partir de sus características.
- Relacionarás los diferentes estímulos y la variedad de respuestas que se generan.
- Compararás las respuestas generadas en los seres vivos a partir de los estímulos.
- Discutirás sobre el comportamiento humano a partir del conocimiento del comportamiento animal.
- Descubrirás las características de la comunicación en los sistemas biológicos.
- Reconocerás la importancia del conocimiento aportado por la ecología química.
- Diseñarás y realizarás un experimento.



¡Uno para todos y todos para uno!

"Si se colocan sobre la mesa hojas de papel y sobre ellas se deja caer unas gotitas de miel, tras algunas horas, o a veces al cabo de días, llegará una abeja que pasa casualmente, atraída por el olor de la miel y descubrirá ese tesoro. Unos minutos más tarde otras abejas habrán llegado a servirse el banquete, y algunas horas después podrá haber centenares de ellas sobre la mesa". Este es un pequeño fragmento que puede leerse en el libro Karl von Frisch. El señor de las abejas, de Fedro Carlos Guillén. Quizás lo que más llama la atención de esta escena es el hecho de que la gran mayoría de las abejas provienen de la colmena de la primera abeja visitante. Este hecho es tan solo una pequeña muestra de las numerosas investigaciones realizadas por el alemán Von Frisch. A ellas también se sumaron otros dos científicos: el austriaco Konrad Lorenz y el neerlandés Niko Tinbergen. Por sus aportes al estudio del comportamiento animal, los tres científicos fueron galardonados, en 1973, con el Premio Nobel de Medicina, la máxima condecoración que un investigador puede recibir.

LO QUE SABÉS

1. ¿Cómo explicarías que todas las abejas que aparecieron en la hoja de papel con gotitas de miel provenían de la misma colmena?
2. Según lo estudiado en el capítulo anterior, las abejas perciben el color de las flores de manera diferente de como lo hacemos nosotros. ¿Cuál será la ventaja adaptativa?
3. Aunque pueden hacerlo de diferentes maneras, todas las aves construyen un nido. ¿Cómo es que "saben" hacerlo?
4. ¿Qué le sucede a una planta si se la ilumina lateralmente con luz solar? ¿Y si se ilumina con luz roja o luz azul?

Los seres vivos responden

Como recordarás, el movimiento es una característica de los seres vivos, desde una bacteria hasta los grandes vertebrados. También sabés que no implica necesariamente locomoción. Por eso, en algunos organismos el movimiento es una característica muy evidente, mientras que en otros, como las plantas, es lento y menos perceptible. Sin embargo, ambos tienen en común que están asociados a las **respuestas** que se generan por una diversidad de estímulos.

Las respuestas pueden dividirse en tres grupos principales según sus características y las de los organismos que las realizan:

- ▶ **Tropismos:** se trata de respuestas de crecimiento que implican la curvatura de una parte de la planta en el mismo sentido o en sentido contrario al que actúa un estímulo. En el primer caso, hablamos de tropismo **positivo** y en el segundo caso, **negativo**.
- ▶ **Nastias:** son un tipo de respuesta que poseen también las plantas. La dirección del movimiento no está relacionada con la del estímulo. Por lo general, no implican crecimiento, sino cambios de turgencia del tejido vegetal. La turgencia (del latín *turgens*, “hinchar”) determina el estado de rigidez de la célula.
- ▶ **Taxismos:** son respuestas locomotoras que se evidencian en las bacterias, los protistas y los animales, y se orientan continuamente con respecto a un estímulo del ambiente. Al igual que los tropismos, pueden ser **positivos** o **negativos**.

En el capítulo anterior vimos cómo los seres vivos pueden captar diferentes estímulos. Ahora analizaremos varias de las respuestas.

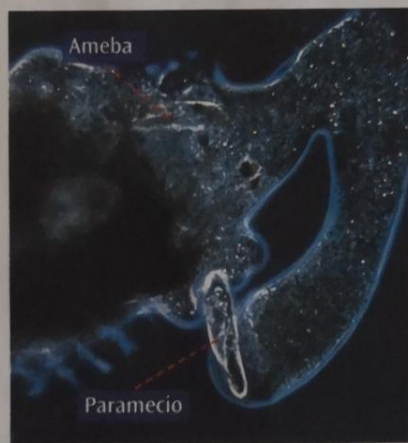
Las respuestas en las bacterias

Algunos tipos de bacterias poseen apéndices con forma de látigo conocidos como “flagelos”. Por ejemplo, *Escherichia coli* utiliza sus flagelos cortos y rígidos cuando se une a una fuente de alimento, mientras que con otros, largos y flexibles, impulsa la célula a través del medio que la rodea. Si la rotación de los flagelos se da en sentido contrario al de las agujas del reloj, la bacteria avanza. Las bacterias flageladas se encuentran normalmente en continuo movimiento errático, es decir, sin ninguna orientación y en todas las direcciones. Cada tanto, el flagelo cambia el sentido de rotación, la carrera se intermite y la bacteria anda a los tumbos. El movimiento se denomina “cabeceo” y permite que la bacteria cambie la dirección de desplazamiento ante la captación de sustancias químicas. A esta respuesta se la llama **quimiotaxia**.

Muchas bacterias fotosintéticas pueden responder a un gradiente de intensidad de luz, y en este caso hablamos de **fototaxia**.



Los tulipanes se cierran o se abren según la temperatura circundante.



Cuando la ameba detecta al paramecio, su presa, se estimula la formación de pseudópodos. La ameba avanza hasta él y lo rodea. Esta respuesta es un taxismo.

ACTIVIDADES

5. ¿Cuáles son los estímulos que desencadenan las respuestas en las bacterias mencionadas en el texto?
6. Cuando se ilumina con un haz de luz el pseudópodo extendido de la ameba, este se retrae. ¿En qué se diferencia y en qué se parece a la respuesta frente al alimento?
7. ¿Qué tipo de respuesta presentan los tulipanes de la fotografía: un tropismo o una nastia? Fundamentá.

Respuestas de las plantas a los estímulos lumínicos

Como recordarás de años anteriores, dentro de la semilla está el embrión, que es una planta con sus primeros órganos rudimentarios. ¿Sabías que una semilla puede finalizar su desarrollo y aun así no germinar? Los factores que pueden inhibir este proceso son varios, como una helada o la calidad de luz recibida, como veremos a continuación.

Las plantas tienen fotorreceptores capaces de captar longitudes de onda que se corresponden con la luz roja. Como este tipo de luz es absorbido por las hojas de las plantas, las semillas no pueden detectar la luz roja, justamente, a causa de que la tapan las hojas de las plantas vecinas. ¿El resultado? Las semillas pequeñas responderán inhibiendo su germinación y permanecerán “dormidas”.

Las semillas germinan cuando las condiciones son las apropiadas, entonces tendrá lugar la **fotomorfogénesis** (*foto*, “luz”; *morfo*, “forma”; *génesis*, “generación”). Este fenómeno implica la puesta en funcionamiento de dos tipos de fotorreceptores: los **fitocromos**, que son sensibles a longitudes de onda que se corresponden con la luz roja y la luz roja lejana; y los **criptocromos**, sensibles a la luz azul y la luz ultravioleta. Ambos receptores detectan el tipo de luz incidente e influyen sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas; en la ilustración de la derecha podés analizar el resultado de la acción del fitocromo en dos plantas. Por ejemplo, la luz azul hace que las plantas crezcan hacia la luz. En consecuencia, la forma que tenga el cuerpo de una planta adulta dependerá de las señales provenientes del ambiente.

Fotoperíodo y floración

Las plantas no solo miden la calidad de luz, sino también la cantidad y la duración. Cuando los órganos de la planta joven alcanzan la superficie, quedan expuestos a **ciclos diarios de luz y oscuridad**, y la luz que perciben es la señal de que la planta ha emergido.

Ciertas respuestas de las plantas serán en función de cuánta luz y oscuridad perciban a diario. La proporción de luz y oscuridad en el transcurso de 24 horas es lo que llamamos **fotoperíodo**. Las plantas con flor, por ejemplo, deben producir sus estructuras reproductoras en aquellos momentos del año que sean más propicios, ya que una helada podría poner en riesgo la supervivencia de las semillas.

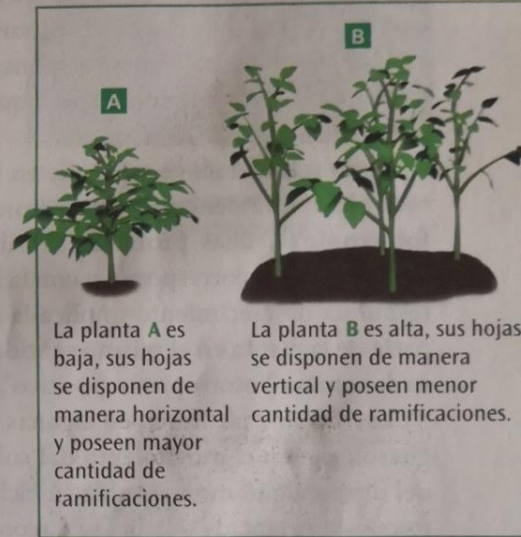
En función de los requerimientos lumínicos de las plantas, podemos dividir las en dos grandes grupos:

- ▶ **Plantas de día corto:** florecen en otoño, cuando reciben un período de luz inferior a un cierto valor.
- ▶ **Plantas de día largo:** florecen en primavera, cuando reciben un período de luz mayor a un determinado valor crítico.

Ahora bien, investigaciones con ambos tipos de plantas demostraron que ninguna, en realidad, mide los períodos de luz, sino los de oscuridad. Entonces, cualquier interrupción del período de oscuridad inhibirá la producción de flores, mientras que la interrupción del período de luz no tiene efecto alguno.



Las plantas con semillas pequeñas, como las especies herbáceas, requieren una alta proporción de luz roja antes de germinar.



El fitocromo inhibe el crecimiento en altura, promueve la formación de ramificaciones y la disposición de las hojas de manera horizontal. Si el fitocromo no recibe luz roja, no inhibirá.

ACTIVIDADES

8. La planta de espinaca requiere catorce horas o más de luz durante dos semanas. ¿Cómo responderá la planta si recibe catorce horas de luz solo durante una semana? ¿Por qué?
9. ¿En qué se diferencian las respuestas de la espinaca de la observada en la planta A de la imagen? ¿Y sus estímulos?

Fototropismo y heliotropismo

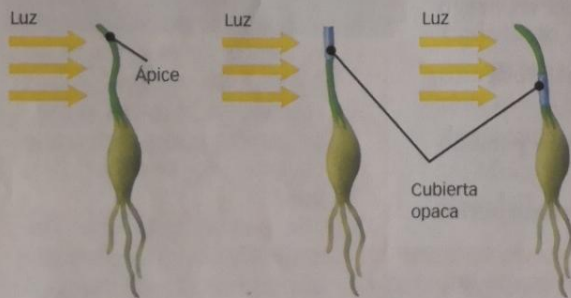
La capacidad de movimiento de las plantas (*The power of Movement in Plants*) es el nombre del libro publicado en 1880 por Charles Darwin y su hijo Francis. Padre e hijo estaban intrigados por un fenómeno muy cotidiano, que se relaciona con las respuestas de las plantas en presencia de un estímulo lumínico lateral. Esta respuesta es el **fototropismo**.

Observá las ilustraciones de esta página. Los Darwin llevaron adelante algunos sencillos experimentos cubriendo diferentes secciones del tallo de plántulas de gramíneas (plantas herbáceas). Realizaron observaciones sobre la curvatura del tallo hacia la luz y analizaron qué sucedía en cada caso. Demostraron que los ápices son las partes de las plantas responsables de la captación del estímulo luminoso, pero que la respuesta de curvatura ocurre más abajo.

En la actualidad, se sabe que en las respuestas fototrópicas intervienen fotorreceptores específicos, las **fototropinas**, unas proteínas sensibles a longitudes de onda que se corresponden con la luz azul. Como la respuesta de crecimiento implica la curvatura de una parte de la planta en el mismo sentido que el estímulo, se denomina "fototropismo positivo".

Las hojas y las flores de algunas plantas, como el girasol, siguen el movimiento del sol en el transcurso del día en algún momento de su ciclo de vida. A esta respuesta orientada a la luz se la conoce vulgarmente como "giro al sol" o, técnicamente, **heliotropismo**. Existen dos tipos de heliotropismos:

- ▶ **Diaheliotropismo:** el movimiento de las hojas es tal que siempre permanecen perpendiculares a los rayos del sol.
- ▶ **Paraheliotropismo:** las hojas siempre se orientan paralelamente a los rayos del sol.



Si se cubren diferentes secciones del tallo puede estudiarse la respuesta fototrópica de las plantas.

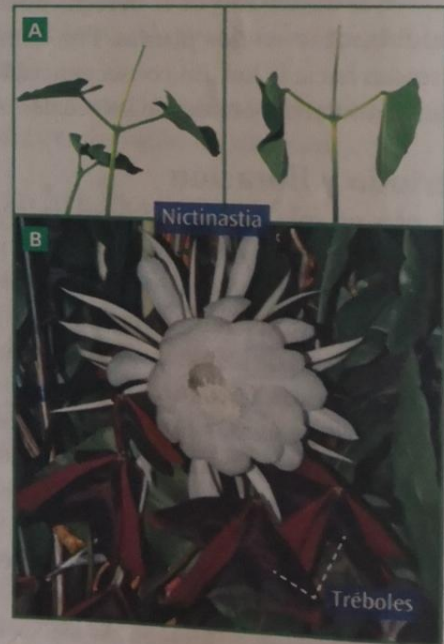
Las respuestas de las hojas de orientación al sol también se relacionan con la estimulación de las fototropinas sensibles a la luz azul.

Nictinastia

¿Escuchaste hablar de la planta rayito de sol? Se caracteriza por abrir sus flores durante la mañana y cerrarlas cuando llega la tarde.

Algunas plantas, como el trébol, despliegan sus hojas al sol y las pliegan durante la noche. A estas respuestas lumínicas se las denomina **nictinastias** ("cierre de noche").

En ambos casos, las plantas responden a cambios de luminosidad y no importa la procedencia del estímulo lumínico. Por eso, son consideradas ejemplos de nictinastias. Sin embargo, difieren un poco respecto del estímulo desencadenante: en el primer caso, se debe a la detección de la transición oscuridad/luz, mientras que en el segundo, a la transición luz/oscuridad. Como seguro notaste, estas respuestas a la luz son mucho más rápidas en comparación con los tropismos.



La planta del poroto (A) y los tréboles (B) muestran una respuesta de movimiento que no depende de la dirección de procedencia del estímulo lumínico. En ambos casos, la detección de la transición oscuridad/luz o luz/oscuridad depende del fotoperíodo.

Respuestas de las plantas a los estímulos mecánicos

Como recordarás, las plantas vasculares son aquellas que presentan un sistema de conducción. Además de permitir el transporte de sustancias, el tallo les proporciona sostén. Sin embargo, las plantas vasculares epífitas viven sobre otras a través de las cuales trepan. Dentro de este grupo están las plantas trepadoras que germinan en el suelo y ascienden sosteniéndose de los troncos o de cualquier objeto que se les presente. Muchas de ellas cuentan con zarcillos, o con mecanismos especializados que responden ante estímulos mecánicos, como los movimientos de circumnutación.

- ▶ **Zarcillos:** son tallos u hojas modificadas como si fuesen un aparato prensil. Cuando el zarcillo capta el estímulo mecánico, responde enrollándose alrededor del objeto.
- ▶ **Movimientos de circumnutación:** los pecíolos de las hojas y los tallos se enrollan en forma helicoidal alrededor del objeto detectado.

En estos casos, la respuesta de crecimiento está orientada por el estímulo, el contacto con un objeto sólido, y hablamos de **tigmotropismo**.

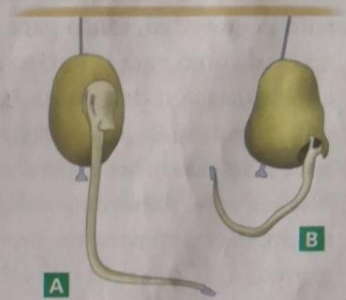
Las partes aéreas de la planta no son las únicas que presentan este tipo de respuesta. Charles y Francis Darwin observaron raíces mientras penetraban el suelo y se topaban con un obstáculo. A través de sencillos experimentos, demostraron que la caliptra (cobertura que rodea el ápice de la raíz) es el sitio encargado de captar el estímulo mecánico (como veremos más adelante) y que, además, las raíces estimuladas por el contacto físico ignoran el estímulo de la gravedad; en lugar de crecer a favor de ella, se mueven alejándose.

Otras plantas, como *Mimosa pudica*, también presentan respuestas de este tipo. Se trata de una planta formada por hojas compuestas divididas en segmentos, los folíolos. Cuando es rozada por algún objeto o animal, algunas de sus células liberan agua, lo que provoca que las hojas se cierren. Según la especie de planta y la intensidad del estímulo, pueden estimularse una o todas sus hojas. En el caso de la mimosa, la sola estimulación de un folíolo se transmite a toda la planta. Estas respuestas rápidas se conocen como **sismonastias**. Existen al menos dos hipótesis que pretenden explicar la ventaja adaptativa que podría representar, para la mimosa, contar con este tipo de respuesta:

- ▶ **Hipótesis hídrica:** sostiene que le otorga beneficios hídricos, ya que esta planta es característica de climas áridos, de vientos muy secos y fuertes. Así, evitaría la pérdida de agua.
- ▶ **Hipótesis defensiva:** sostiene que se debe a la respuesta al ataque de insectos herbívoros, que la encuentran mucho menos apetecible cuando se encuentra plegada.



Ante el contacto físico con algún objeto, algunas plantas responden con un movimiento de circumnutación.



Experiencias de Darwin con semillas de arveja a las que les colocaba cuadrados de papel pegados con goma laca a los costados del ápice, de manera tal que actuaran como estímulos mecánicos: en 24 horas, las raíces giraban 90° (A) o se dirigían hacia arriba (B).

ACTIVIDADES

10. En el Parque Nacional Iguazú se recolectaron plantas epífitas que suman dieciséis especies, mientras que en otros parques nacionales se encuentran muchas menos. ¿Qué ventaja adaptativa supone contar con respuestas tigmotrópicas en este ambiente?

Respuestas de las plantas a la gravedad

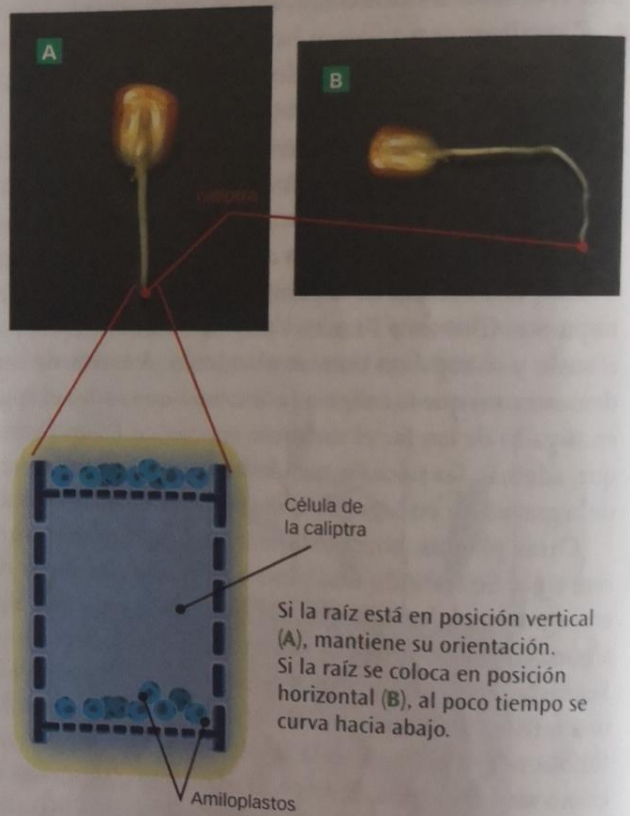
Como dijimos, ciertos órganos de las plantas responden positivamente ante el estímulo lumínico. Otra respuesta con un alto valor de supervivencia es la capacidad de responder a la fuerza de gravedad, enderezándose, de modo que las partes aéreas crecen hacia arriba y las raíces, hacia abajo. Esta respuesta se denomina **geotropismo** o **gravitropismo**.

Recordá que, como vimos en el capítulo 2, los responsables de la captación de este estímulo son los estatolitos de amiloplasto, que están presentes en muchas células vegetales. La caliptra, además de proteger las células sensibles del ápice mientras la raíz penetra en el suelo, parece ser el sitio encargado de captar el estímulo de la gravedad. Allí es donde se acumulan los grandes amiloplastos. Diversos experimentos apoyan esta hipótesis, aunque también generan nuevas preguntas. Hagamos el siguiente análisis:

- ▶ Si la raíz posee su caliptra normal y está en posición vertical, mantiene su orientación.
- ▶ Si la raíz se coloca en posición horizontal, al poco tiempo se curva hacia abajo.
- ▶ La eliminación de la caliptra elimina la respuesta ante la gravedad, tanto para la orientada en forma vertical como para la horizontal.
- ▶ La eliminación de la mitad de la caliptra muestra una curvatura de la raíz hacia el lado donde permanece la mitad de la caliptra.
- ▶ Plantas que presentan caliptra pero carecen de amiloplastos mostraron una ligera respuesta a la gravedad. ¿Cómo es posible? Se piensa que los núcleos de las células del ápice sensibles a ese estímulo podrían actuar como estatolitos.

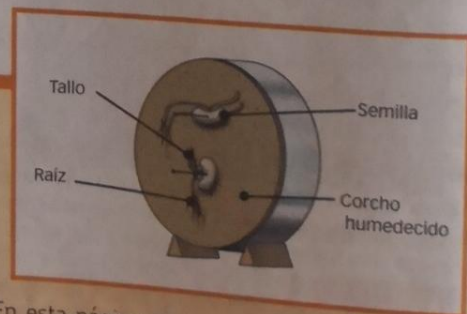
¿De qué manera actúan los amiloplastos cuando la raíz cambia de posición? Algo similar estudiaste en relación con la langosta y los estatolitos de arena. El mecanismo exacto lo estudiarás en el capítulo 7.

En los tallos, la gravedad también es captada por los estatolitos de amiloplastos que se ubican en una capa de células que rodea los tejidos vasculares, la **vaina de almidón**. Como la orientación del tallo ocurre en contra del estímulo de la gravedad, decimos que es negativo, mientras que para la raíz es positivo.



ACTIVIDADES

- 11.** Observá detalladamente la siguiente imagen. Teniendo en cuenta lo que trabajaste en esta página sobre las respuestas de las plantas, resolvé:
- a) ¿Qué es lo que se quiere demostrar con el armado del dispositivo?
 - b) ¿Por qué las semillas se ubican de modo diferente?
 - c) ¿Qué harías para comprobar cuál es la zona de la raíz que está involucrada en la captación del estímulo de la gravedad? ¿Qué esperás que suceda?



- 12.** En esta página aparecen imágenes que te pueden ayudar a comprender el tema. ¿Las tuviste en cuenta? ¿Creés que entenderías igual si no estuvieran?

Respuestas de los animales: el comportamiento

Hasta aquí analizamos diferentes tipos de respuestas en las bacterias y, sobre todo, en las plantas. Veamos ahora la diversidad de respuestas en los animales.

La ardilla roja suele enterrar nueces en otoño y volver a buscarlas durante el invierno. Ahora bien, si se crían ardillas dentro de una jaula y se las mantiene con una dieta líquida, puede estudiarse cómo se comportan. Cuando se les presenta por primera vez una nuez, luego de comerse varias de ellas, se dirigen hasta una esquina y realizan movimientos de cubrir y aplanar con las patas tal como hacen las ardillas nacidas en su ambiente natural.

Los animales, desde los más simples, como una esponja, pasando por ardillas hasta guepardos, actúan de determinada manera ante los estímulos. Al conjunto de sus acciones se lo llama **comportamiento**.

El relato de la ardilla roja pone en evidencia su comportamiento **instintivo** o **innato**, es decir, el que está presente desde su nacimiento. La construcción del nido, la búsqueda del alimento y la búsqueda de pareja son algunos de los comportamientos instintivos que evidencian los animales.

Bases genéticas del comportamiento

Existen dos especies emparentadas de perico africano, cuyas hembras construyen su nido utilizando hebras delgadas de la vegetación que cortan con su pico. Sin embargo, una de las especies transporta las hebras de una hasta el sitio de anidación, mientras que la otra lleva varias y de menor longitud. Cuando los científicos cruzan un macho y una hembra de cada especie para que se reproduzcan, las crías, al ser adultas, poseen un comportamiento mezclado. Esta y muchas otras investigaciones demuestran que los comportamientos poseen una base genética y se heredan.

Como viste en la apertura de este capítulo, Konrad Lorenz y Nikolaas Tinbergen estudiaron el comportamiento de los animales, por ejemplo, en los gansos grises. Cuando alguno de estos animales visualiza un huevo o cualquier objeto cerca de su nido, se desencadena una respuesta de recuperación, es decir que intentan regresar al nido. Luego de varias observaciones e investigaciones, notaron que el repertorio de comportamiento de un animal parece estar formado por unidades elementales motoras y sensoriales a las que denominaron **patrón fijo de acción (FAP)**, sus siglas en inglés). Se trata de movimientos coordinados o secuencias de comportamientos fijos y complejos. Muestran un alto nivel de constancia (se repiten una y otra vez ante el mismo estímulo) y una alta especificidad entre todos los miembros de una especie y hasta de especies emparentadas. Esta conducta es del **todo o nada**, lo que significa que una vez desencadenada se realizará hasta terminar, independientemente de que se reciban otros estímulos intermedios.

El estímulo que desencadena un patrón fijo de acción se denomina **estímulo señal**. Como estas respuestas involucran movimientos repetitivos y fijos, se las denomina **estereotipadas**. Ahora bien, ¿todos los comportamientos se heredan, es decir, el comportamiento es innato? Para enterarte, seguí leyendo.

ACTIVIDADES

13. ¿En qué consiste un patrón fijo de acción?
14. A menudo, los científicos se valen de los FAP para deducir relaciones taxonómicas entre las especies, es decir, qué especies podrían estar emparentadas. ¿Por qué?
15. Como viste en el ejemplo de la ardilla roja, un FAP está presente incluso cuando los animales se crían en el laboratorio. No obstante, en algunas especies de vida libre, los FAP pueden variar ligeramente entre animales de la misma especie. ¿Cómo explicarías esta observación?



Comportamiento alimentario instintivo de la lechuza: 1. la lechuza recibe un estímulo interno al sentir hambre. Percibe a un roedor del que puede alimentarse; 2. la lechuza se dirige a su presa; 3. la lechuza atrapa al roedor.

¿Se aprende a polinizar?

Entre los estímulos visuales que entran en juego en las relaciones del insecto y la flor, la percepción del color tiene un papel fundamental. En la corola de una flor son muy importantes las marcas o "guías de néctar", que proporcionan información al polinizador para localizar su alimento.

Cuando una abeja se posa sobre una flor de salvia y hunde la cabeza hasta el fondo, está en busca del sabroso néctar. La fuerza de su peso provoca que un largo estigma y varios estambres y toquen el cuerpo de la abeja. El estigma recibe el polen que ha depositado otra flor sobre ella y los estambres vuelven a cargar al insecto con polen fresco. Este mecanismo, al igual que la percepción de su color, es el resultado de un largo proceso evolutivo conjunto entre insectos y plantas. La polinización también requiere aprendizaje. Una abeja que nunca antes ha estado frente a una salvia, no la poliniza inmediatamente. Después de explorar unas cuantas flores ya puede realizar el trabajo con gran rapidez y precisión.



Muchas flores, como la salvia, reflejan colores ultravioletas, creando toda una gama de combinaciones que, como ya sabés, nosotros no podemos ver.

El aprendizaje

Si tuviste oportunidad de ver alimentarse a los pollitos recién nacidos, habrás notado cómo picoteaban en busca de alimento. Manifiestan un movimiento hacia abajo y luego un levantamiento de la cabeza con deglución a pico abierto dirigido hacia arriba. Al principio, intentan recoger todo lo que encuentren a su alrededor, como gotas de agua y hasta las patas de otros pollitos. Poco a poco, se limitan a comer granos de cereal y otras clases de alimento. Este fenómeno se denomina **aprendizaje**, y lleva a una **modificación** del comportamiento innato frente a un estímulo como resultado de la **experiencia**. El comportamiento que surge del aprendizaje de un individuo en su relación con el ambiente se denomina **comportamiento adquirido**. Y ahora sí podés responder a la pregunta que planteamos en la página anterior: el aprendizaje permite optimizar un determinado comportamiento que es innato.

Existen varias formas de aprendizaje, que van desde un cambio conductual simple en respuesta a un estímulo único hasta la adquisición de un comportamiento enteramente nuevo. Podemos dividir los aprendizajes en dos tipos o clases: la habituación y la impronta.

- ▶ La **habituación** es el modo más simple de aprendizaje. Un animal aprende a no responder a un estímulo repetido. Se da en animales invertebrados y vertebrados y es reversible. Esto significa que el paso del tiempo después de la última presentación del estímulo hace que la respuesta se recupere espontáneamente.
- ▶ La **impronta** es aquel aprendizaje que está limitado a un período específico del animal y es irreversible. El tiempo específico durante el cual se presenta la impronta se conoce como **período crítico**. ¿Un ejemplo? Las crías de aves recién nacidas suelen apegarse al primer objeto móvil que ven durante las primeras horas de vida (período crítico), incluso a los humanos.



El resultado de una impronta es el lazo que se establece entre las crías de aves recién nacidas y sus progenitores.

ACTIVIDADES

16. ¿En qué consiste el aprendizaje? Proponé algunos ejemplos.
17. ¿Cómo explicarías que el aprendizaje ofrece ventajas adaptativas al animal?
18. Los tordos jóvenes aprenden su canto al escuchar a los tordos adultos. Sin embargo, nunca copian el canto de un gorrión. Sobre la base de tus conocimientos, proponé una explicación.
19. Al momento de resolver una actividad, ¿te parece importante revisar lo leído previamente? ¿Por qué? ¿Qué otras cosas podrían serte útiles?

La orientación

El escorpión del desierto coloca sus ocho patas en contacto con la arena para detectar la ubicación precisa de algún artrópodo, su fuente de alimento (incluidos ejemplares de su misma especie). La pata más próxima a su presa es la primera en detectar las vibraciones, y unos segundos más tarde, el resto de ellas. La integración de toda esta información le permite responder orientándose y acercándose al alimento.

Otro ejemplo de orientación es el de los murciélagos, que capturan insectos en tres etapas:

1. Fase de crucero: ocurre durante el vuelo y consiste en la emisión de sonidos algo espaciados, que van desde los 100.000 hasta los 20.000 Hz (hercios).
2. Fase de detección: se inicia cuando detecta, por eco, una posible presa, por ejemplo, un insecto, y responde emitiendo ultrasonidos a intervalos más cortos y entre la misma banda de frecuencias.
3. Fase de captura: el murciélago emite constantes zumbidos dentro de una banda de sonidos más acotada hasta atrapar a su presa. Cuando está cerca, lo atrapa empleando sus alas o las membranas de sus extremidades posteriores y luego lo dirige hasta la boca.

Veamos otro ejemplo. Como te contamos anteriormente, Karl von Frisch descubrió que las abejas pueden orientarse utilizando la posición del sol en el cielo, incluso durante un día nublado. Además, se fascinó al observar que la mayoría de las abejas que se acercaban a la hoja con miel provenían de la colmena de la primera abeja visitante. Esto es posible gracias a las propiedades de sus ojos compuestos. De esta manera, pueden guiarse al regresar a la colmena e indicarles a sus compañeras la ubicación precisa de una fuente de alimento.



EL DETALLE

¿Las abejas bailan?

Estos insectos poseen un notable sentido de orientación, que les permite codificar la información acerca de la localización de una fuente de alimento en relación con la colmena. A su vez, indican a sus compañeras la dirección respecto de la posición del sol. Desde hace muchos años, los apicultores observaron que las abejas, al regresar a la colmena cargadas de alimento, realizan una serie de movimientos rítmicos que se conoce como la "danza de las abejas". El mensaje que transmite la abeja exploradora al resto de sus compañeras se realiza en las paredes verticales de los paneles de la colmena. Dependiendo de la ubicación y la distancia a la fuente de alimentación, las danzas pueden ser en círculos (distancias cortas, de menos de cien metros) o semicírculos (distancias largas, superiores a cien metros). La intensidad y la duración de la danza proporcionan información acerca de la abundancia de alimento en la fuente detectada. El olor impregnado en su cuerpo indica qué tipo de néctar o polen deben buscar.



Esquemización del experimento de Von Frisch para estudiar el comportamiento de las abejas. Él observó diferentes danzas en semicírculos para la unicación del alimento en tres posiciones estratégicas (A, B y C). En el centro del paisaje está ubicada la colmena.

ACTIVIDADES

20. Si bien desde hace mucho tiempo los apicultores habían notado este comportamiento en las abejas, no fue sino hasta el siglo xx cuando Von Frisch lo describió en detalle. ¿Qué hizo diferente Von Frisch que le permitió una explicación detallada de este fenómeno? Conversalo con un compañero y relaciónenlo con el proceso de investigación científica.

Centro Cultural Manuel Dorrego
Edificio Municipal
Jose Hernandez
Tel: 0227-421743
Av III 3151 / 185 Cda Clemente del Tuyu
Partido de La Costa

Comportamiento de huida

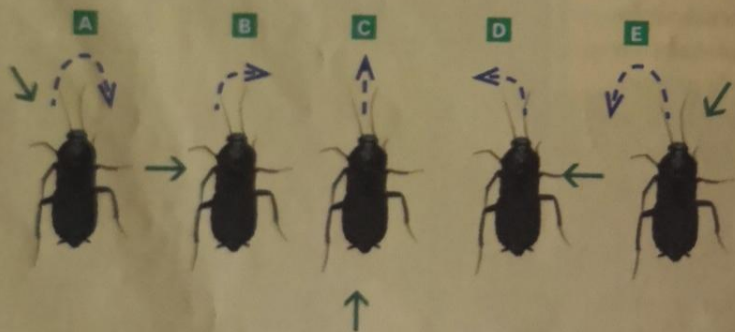
Es probable que hayas visto en algún documental cómo el guepardo intenta cazar a su presa, la liebre. Parte de esto es posible gracias a la presencia de dos ojos ubicados en posición frontal, que le proporcionan al guepardo una excelente visión en tres dimensiones. El estímulo inicial desencadena una serie de eventos que permiten que el animal ataque. El organismo de la presa, al percibir la amenaza, responde. Entre otras cosas, aumenta su ritmo cardíaco, sus pupilas se dilatan y comienza a correr. Una liebre asustada puede llegar a pegar saltos de tres metros de longitud y, una vez en el suelo, puede girar 90°, comportamiento que confunde a su predador. Una liebre puede detectar a su enemigo aun si se encuentra de espaldas gracias a sus ojos laterales, que amplían su campo visual. A cualquiera de las respuestas de escape presentes en los animales se la denomina **comportamiento de huida**.

Los mamíferos no son los únicos seres vivos que poseen este comportamiento específico. Si alguna vez intentaste aplastar una cucaracha, habrás notado la manera eficaz con que evita el zapatillazo. Esta estrategia también se observa al tratar de evadir el ataque de un predador, como un sapo. ¿De qué manera lo hace?

Parte de la respuesta a este interrogante ya la sabés: un par de cercos traseros que presentan pelos sensitivos. Cuando el sapo percibe el movimiento de la cucaracha, extiende su pegajosa lengua y genera un soplo de aire que es percibido por la cucaracha. Su estimulación inicia una respuesta de escape: ella gira sobre sus patas traseras, se coloca de espaldas y luego avanza.

Las polillas nocturnas son sensibles a sonidos que van de 5.000 a 1.100.000 Hz. Sin embargo, no son capaces de emitir sonidos que puedan ser detectados por ellas mismas.

Una respuesta de huida también se observa en las polillas. Cuando un tipo de receptor (A_1) del oído de la polilla macho detecta los gritos ultrasónicos emitidos por el murciélago, se informa acerca de la presencia y la dirección de su predador. De repente, el insecto bate las alas a mayor velocidad e inicia una respuesta de escape. Si el murciélago sigue acercándose, se estimula el receptor A_2 , que es sensible solo a los gritos de menor frecuencia. Entonces, la polilla responde con una veloz picada hacia el suelo o los arbustos. En ese lugar, el murciélago no puede diferenciar los ecos de su presa de los de los demás objetos que lo rodean.



Respuestas de giro de las cucarachas según la procedencia del estímulo.

Referencias:

- procedencia del estímulo
- > dirección de giro

ACTIVIDADES

21. Representá mediante diferentes esquemas los sistemas de huida narrados en esta página.
22. Prestá atención a la imagen que muestra las respuestas de giro de las cucarachas y elaborá un texto que reúna a todas ellas. ¿Cuáles son los conceptos claves que no debés dejar de mencionar?
23. ¿Te parece que el comportamiento de huida es innato o adquirido por la experiencia? Fundamentá tu respuesta.
24. ¿Qué ventaja adaptativa supone para la polilla macho contar con un oído especializado? ¿Por qué la relación entre la polilla y el murciélago puede considerarse un ejemplo de coevolución?

El comportamiento humano

Si tuviste oportunidad de ir a la playa, quizás notaste que en los balnearios hay espacios delimitados con carpas o sombrillas. Si vas a la playa libre, por lo general, vas a ver a familias separadas de otras, que establecen algo así como territorios personales. ¿Acaso tales divisiones las realizan previamente los guardavidas o es que tenemos un instinto que nos permite hacerlo? El extraordinario músico clásico Wolfgang Amadeus Mozart compuso sus primeras piezas a los cuatro años. ¿Su habilidad estaba programada en sus genes o se debió a su esfuerzo constante y a una gran facilidad para el aprendizaje? ¿Y su capacidad para ensayar la heredó o la adquirió? ¿Cómo se explica que todos los bebés se lleven el pulgar a la boca o se aferren con fuerza cuando acercamos nuestro dedo?

Muchas preguntas surgen en relación con el **comportamiento humano**. Desde que se inició la **etología**, rama de la biología dedicada al estudio del comportamiento animal, muchos investigadores se han inclinado por extender sus resultados hasta el ser humano. Este hecho no es algo difícil de entender si consideramos que somos animales y que contamos con numerosas relaciones evolutivas con los demás vertebrados. ¿Por qué no podría serlo también el comportamiento? Algunos otros investigadores, en cambio, suponen que los seres humanos modernos somos producto de la cultura y de la experiencia personal y, por lo tanto, carece de sentido pensar que estamos gobernados por nuestros genes. Si bien el estudio del comportamiento humano es objeto de debate entre los científicos y otros especialistas, como los psicólogos, podemos asegurar que muchos de los comportamientos que evidencian los animales también se aprecian en los seres humanos. El instinto maternal es tan solo un ejemplo.

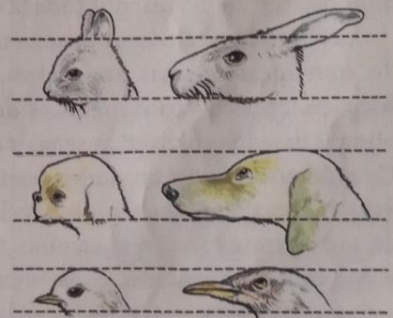


En ausencia de entrenamiento previo, una leona es capaz de reconocer si un grupo rival de leones es más o menos numeroso que el grupo al que ella pertenece. Esto le permitirá decidir si debe atacar en busca de alimento.

EL DETALLE

¿Percibimos la música desde el útero?

Aunque para ser un excelente músico hay que contar con un don especial, todos tenemos, en alguna medida, alguna sensibilidad para la música. Y, aunque parezca increíble, esto sucede desde que somos bebés. De hecho, el habla de las madres con entonación musical imitando los sonidos del bebé es común en todas las culturas. ¿De qué manera los científicos investigan este fenómeno? A partir de observaciones de su comportamiento. Para esto, sientan al bebé con su madre y a cada lado colocan parlantes en el interior de una caja. Luego, hacen sonar una misma nota o melodía que se emite repetidamente. Cada vez que el bebé gira su cabeza hacia una de las cajas, recibe un premio. Cada tanto, se emiten notas o melodías diferentes, con lo cual se modifica el estímulo. Si el bebé nota la diferencia, se le vuelve a dar un premio. Así, es posible conocer la percepción musical, cuyo aprendizaje parece comenzar en el útero de la madre.



Los seres humanos sienten afecto por los animales con rasgos infantiles: cara pequeña y frente abultada, ojos grandes y mejillas salientes.

La comunicación en los animales

Muchos animales viven en sociedad y, para hacerlo, es indispensable que cuenten con algún tipo de comunicación mediada por uno o varios tipos de estímulos. Tal es el caso de las abejas y su danza. Pensá que la esencia de una sociedad es el constante intercambio de estímulos y repuestas entre los integrantes.

Feromonas e insectos sociales

Las **feromonas** son señales químicas (estímulos) que inducen un comportamiento específico sobre otro organismo. Los insectos sociales proporcionan un excelente ejemplo del uso de estas señales, ya que desempeñan una importante función en la diferenciación de los distintos individuos de la sociedad (obreras, reinas o machos). También coordinan y regulan las actividades que desarrolla cada uno de ellos.

La **feromona real**, una sustancia que segrega la abeja reina con sus glándulas mandibulares, se esparce por todo su cuerpo y atrae a las abejas obreras y a los machos, e induce la formación de una especie de corte real. Para obtener esta feromona, las obreras lamen la boca de la reina y regurgitan su secreción de jalea real, con la que se alimenta la reina. También lamen el abdomen, de donde adquieren un poco de su sustancia. Cuando dos abejas se encuentran, se tocan mediante las antenas e intercambian parte del contenido. Así, transmiten y difunden feromona real por toda la colonia de abejas.

Las hormigas tejedoras poseen uno de los sistemas de comunicación más avanzados entre los insectos sociales. Utilizan varios métodos de reclutamiento de obreras basados en diversas señales químicas y táctiles. Cuando encuentran un nuevo territorio, las primeras exploradoras regresan al nido a reclutar otras dejando un rastro aromático en el camino. Se trata de una **feromona de agregación**. Si se encuentran con otras, agitan el cuerpo mientras les tocan la cabeza con las antenas. El saludo estimula a su compañera, que se dirige al nuevo territorio.

Entre los insectos sociales también encontramos un fenómeno llamado **parasitismo social**. En el transcurso de la evolución, algunas especies de hormigas han perdido la capacidad de cuidarse y pueden sobrevivir mediante la caza de obreras de otra especie que se ocupan de todas sus tareas. Las reinas se adueñan del nido

ajeno sin ayuda. Cuando una de ellas descubre la entrada al nido, se dirige en búsqueda de la otra reina y, con sus poderosas mandíbulas, muerde a su atacante. Entre mordisco y mordisco, lame las partes heridas de su rival. Pocos segundos después de su muerte, el nido se transforma: las obreras ya no intentan atacarla, sino que se aproximan y cuidan a la "invasora" como si fuese su propia reina. También reúnen a las pupas y las dirigen hasta el otro nido. Lo extraño de este fenómeno es que los individuos que emergen en el sitio "adoptivo" no lo abandonan y consideran a las obreras, a la prole y a la reina como de su familia.



Entre los insectos con defensas químicas sobresalen las obreras soldados de las termitas o termes. Presentan tres comportamientos de defensa: 1) morder e introducir un tóxico en la herida; 2) untar veneno de contacto sobre el agresor; 3) emitir chorros de sustancias irritantes.

ACTIVIDADES

25. ¿Cómo explicarías que las obreras tejedoras se muestren sumisas ante la reina invasora luego de la muerte de su propia reina? Intercambiá ideas con un compañero.
26. Los científicos han explicado el parasitismo social de las hormigas sobre la base de una impronta. Fundamentá esta afirmación.
27. Muchos mamíferos viven en sociedad. ¿Cuáles podrían ser las ventajas y desventajas de hacerlo?
28. La comunicación no solo ocurre entre los seres vivos, sino entre partes del mismo organismo. ¿Cómo relacionarías esto con lo investigado por los Darwin y el fototropismo?

Diversidad de señales y de comportamientos

Un pez espinoso macho sin colores llamativos abandona su cardumen de machos y hembras para establecer un territorio de cría. Su vientre rápidamente se torna rojizo, lo que indica su deseo de aparearse. A su vez, demuestra un comportamiento agresivo hacia otros machos de vientre rojo, y exhibe su coloración. Luego de establecer su territorio, el dorso del macho se vuelve azul, señal que lo hace atractivo para la hembra.

El uso del sonido supera muchas de las deficiencias de las exhibiciones visuales. Por ejemplo, se pueden transmitir de noche y a grandes distancias. Como te contamos en el capítulo anterior en relación con los insectos, un individuo puede comunicar una diversidad de mensajes variando el tono, el patrón y hasta el volumen. Muchos insectos se valen de ingeniosos mecanismos de producción de sonido que se utilizan principalmente para atraer parejas (canción de llamada), pero también en la defensa del territorio o al establecer dominio (canción de guerra). Entre los vertebrados también encontramos este tipo de comunicación. Al llegar la primavera, muchas aves comienzan a tomar posesión de sus territorios. Por lo general, un macho emite un canto "anunciador" que alerta a los demás machos haciéndoles saber que halló su territorio. Los llamados "monos vervet" son capaces de producir diferentes gritos en respuesta a la amenaza por la presencia de predadores como leopardos, serpientes o águilas.

Muchos mamíferos señalan su territorio con sustancias químicas. Los antilopes, por ejemplo, poseen glándulas en la cabeza y las secreciones permiten embadurnar los extremos de las ramas de sus matorrales. La sustancia de olor penetrante que dejan es usada como indicador de propiedad. Otros mamíferos emplean montones de excrementos y también la orina. Sin embargo, no siempre se trata de la delimitación de un territorio. En algunas especies de ratones, la orina que contiene abundante feromona influye en la fisiología reproductora de la hembra estimulándola a que se vuelva fértil y sexualmente receptiva. La polilla macho, por su parte, encuentra a las hembras siguiendo las feromonas sexuales que liberan. Los machos las detectan gracias a los receptores localizados en sus amplias antenas.

¿Te preguntaste por qué cuando dos perros se encuentran, generalmente, se huelen mutuamente cerca de la cola? Las glándulas aromáticas proporcionan información acerca del sexo y estatus de cada uno, y constituye, a la vez, una expresión de confianza en sí mismo y de seguridad. Fuera de su territorio, un animal parece estar en desventaja. Un intruso nunca reaccionará con tanto empeño a las amenazas como lo hace el propietario del territorio. A menudo, un combate se evita debido a que uno de los dos animales cede. Esto lo hace adoptando una actitud de sumisión.



Las coloreadas e hinchadas nalgas del mandril hembra son una señal visual de que está en período fértil y lista para aparearse.

ACTIVIDADES

29. ¿Es cierto que un mismo estímulo desencadena siempre la misma respuesta? Explicá y proponé ejemplos que lo afirmen o lo contradigan.
30. Para organizar los datos siempre es útil construir un cuadro comparativo. ¿Cómo armarías uno con la información de esta página? ¿Qué beneficios tiene la presentación de los datos de esta manera?



Comportamiento de cortejo en el cangrejo violinista, que intenta atraer a la hembra moviendo su gran pinza: 1. hacia adelante; 2. lateralmente; 3. hacia arriba; 4. finalmente vuelve hacia adelante.

Comunicación química en las plantas

Sabemos que ciertas sustancias de las plantas pueden causar irritación en la piel o ser hidratantes, como las del aloe vera. Sin embargo, suele ser mucho menos conocida la capacidad que tienen para liberar sustancias químicas que pueden afectar el crecimiento y la distribución de otros organismos vegetales. A este fenómeno se lo denomina **alelopatía**. Si el efecto sobre la planta es benéfico, se dice que es positivo, mientras que si es perjudicial, se considera negativo.

La influencia de una planta sobre otra es conocida desde hace mucho tiempo. Para quienes tienen una huerta es importante conocer que determinadas especies no pueden sembrarse juntas. En la actualidad, son miles los compuestos que fueron identificados en las plantas. A partir del conocimiento de este lenguaje químico se desarrolló una nueva disciplina científica, la **ecología química**.

Según las especies que interaccionan, se clasifican en dos clases:

- ▶ **Interacciones intraespecíficas:** las plantas que se comunican pertenecen a la misma especie. Muchas utilizan la autotoxicidad, lo que inhibe la germinación y el desarrollo de otros individuos de la misma especie. Algunas plantas que son atacadas por insectos se valen de **señales volátiles**. Las sustancias liberadas por una de ellas induce una respuesta defensiva en otros individuos que no fueron todavía atacados.
- ▶ **Interacciones interespecíficas:** en este caso, las plantas comunicantes pertenecen a especies diferentes y pueden provocar efectos positivos o negativos. Algunas especies poseen un alto nivel de infección sobre otras, muchas de las cuales son de gran importancia agrícola. Un ejemplo es el maíz (planta hospedadora). Una señal química induce a las semillas de la planta parásita a germinar. Luego, el maíz libera una señal que provoca que la raíz parásita en crecimiento se diferencie en una estructura especializada. A través de ella, la planta parásita se unirá a la raíz del maíz y tomará el agua, los nutrientes y los minerales de la planta afectada.

Aplicaciones biotecnológicas

Como te contamos, muchas de las plantas afectadas por sustancias que liberan otras plantas son muy importantes desde el punto de vista agrícola, como el maíz y el trigo. El uso en exceso de sustancias químicas en el control biológico de plagas y malezas que afectan las cosechas es muy conocido, y sus efectos sobre los cultivos y el ambiente muchas veces son indeseados.

El estudio de la ecología química ofrece la posibilidad de emplear otro tipo de sustancias. El **abono verde** consiste en la utilización de plantas como la mostaza blanca, negra y marrón, ya que demostraron presentar un fuerte carácter alelopático sobre las malezas. La **rotación de cultivos** implica la siembra de especies diferentes en forma alternada. Conocer en detalle las sustancias que liberan ambos tipos de plantas permite el manejo sustentable del agroecosistema.



Determinadas especies de plantas, cuando son atacadas por orugas, liberan sustancias químicas que atraen avispas, principales enemigas de las orugas.



El trigo y la mostaza son algunos de los cultivos utilizados en el control biológico en sistemas agrícolas u hortícolas.

Ciencia en tus manos

Diseño y realización de experimentos

¿Cómo diseñarías un experimento que te permitiera averiguar qué tipo de luz provoca la respuesta fototrópica en las plantas? Como viste en el capítulo anterior, los científicos formulan hipótesis y predicciones para sus observaciones y los fenómenos que investigan. Pero como también sabés, estas respuestas provisorias no son formuladas así nomás, sino teniendo en cuenta sus conocimientos anteriores.

¿Qué sabemos sobre las plantas y la luz?

- Las plantas requieren luz para sobrevivir.
- Son sensibles a una banda particular del espectro de luz solar (que se extiende desde el ultravioleta hasta el rojo lejano).
- Poseen fotorreceptores distribuidos por todo su cuerpo.
- Se conocen fotorreceptores específicos, dos de los cuales se ponen en funcionamiento en cuanto la planta emerge del suelo: fitocromos y criptocromos. El otro es la fototropina.
- Los fitocromos son sensibles a longitudes de onda que se corresponden con la luz roja y luz rojo lejana. Los criptocromos, a la luz azul y a la ultravioleta, mientras que las fototropinas, solo a la luz azul.

Teniendo en cuenta nuestro conocimiento sobre el tema, estamos en condiciones de resolver la pregunta-problema planteada. Para esto, pondremos en juego otra de las estrategias empleadas por los científicos: el **diseño** y la **realización de experimentos**. Al investigar, se proponen experimentos específicos para cada fenómeno, que se deciden en función de lo que se quiere conocer. Además de definir cómo se hará, también es importante decidir qué se va a observar. En este caso, vamos a centrarnos en las semejanzas y diferencias que presenta la respuesta de la planta ante dos estímulos diferentes. Entonces, el procedimiento sería el siguiente:

- 1.º Conseguir una caja de cartón lo suficientemente grande como para que entre una planta.
- 2.º Buscar alguna planta de maceta de tamaño más pequeño que la caja.

3.º Recortar las paredes laterales enfrentadas de la caja.

4.º Cubrir una de las ventanas con papel celofán azul, y pegarlo con cinta. La otra, con papel celofán rojo.

5.º Colocar la planta en su interior y cerrar la caja. Luego, acercarla a una ventana o colocarla al aire libre con una orientación tal que, en algún momento del día, ambas ventanas reciban luz.



Dispositivo para realizar la experiencia.

ACTIVIDADES

31. Reúnanse en grupo, analicen la experiencia y respondan a las preguntas. Luego pueden llevarla a cabo.
- a) ¿Qué es lo que se observará en el transcurso del experimento?
 - b) ¿Qué esperan que suceda al cabo de un tiempo de colocar la planta a la luz? ¿Se trata de una respuesta rápida o lenta? Expliquen.
 - c) ¿Por qué hablamos de dos estímulos si en ambos casos se trata de luz?
 - d) ¿Por qué se decidió utilizar papel celofán rojo y azul si los receptores se estimulan también ante luz ultravioleta?
 - e) Teniendo en cuenta la respuesta a la pregunta d), ¿cuál sería la nueva pregunta que se podría generar a partir de la experiencia anterior y qué experiencia deberían llevar a cabo en ese caso?

Homenaje biológico a Mickey Mouse

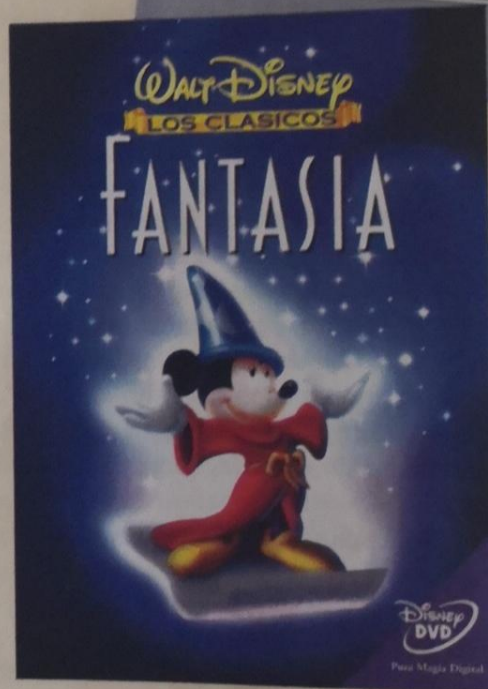
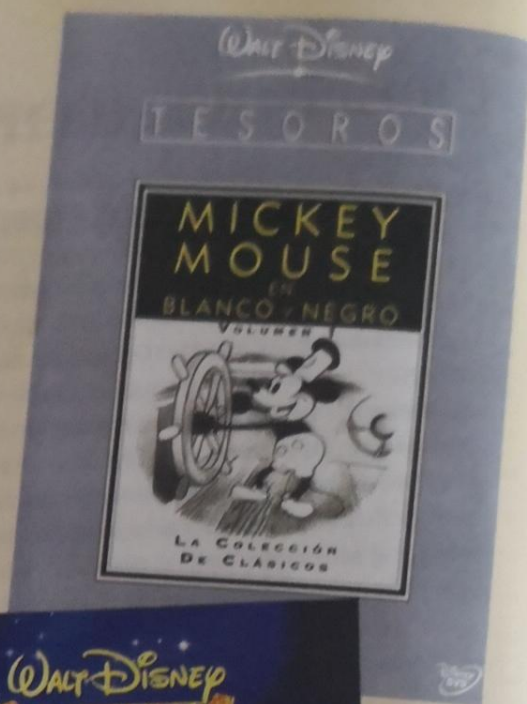
No me sentí sorprendido al descubrir que una criatura, cuyo nombre es hoy sinónimo de insipidez, había tenido una juventud más bien agitada. Mickey Mouse cumplió una respetable cincuentena de años el año pasado. Para conmemorar la ocasión, muchos cines repusieron su debut en *Steamboat Willie* (1928). El Mickey original era un individuo revoltoso, incluso ligeramente sádico. En una notable secuencia en que se explotaba la innovación del sonoro, Mickey y Minnie aporrean, estrujan y retuercen a los animales que llevan a bordo para producir una emocionante interpretación a coro de *Turkey in the Straw*. Hacen la bocina estrujando un pato, dan cuerda al rabo de una cabra, pellizcan los pezones de una cerda, golpean los dientes de una vaca a modo de xilófono y tocan la gaita con sus ubres [...]. El Mickey Mouse que saltó a los cines a finales de los años veinte no era exactamente el personaje bien educado con el que la mayor parte de nosotros estamos familiarizados [...]. Se había convertido prácticamente en un símbolo nacional, y como tal, se esperaba de él un correcto comportamiento [...]. Finalmente, hubo de verse forzado a interpretar el papel de un hombre recto. Al irse suavizando la personalidad de Mickey, cambió su aspecto. Muchos entusiastas de Disney son conscientes de esta transformación con el transcurso del tiempo, pero pocos (sospecho) han reconocido el elemento coordinador que hay detrás de todas las alteraciones; de hecho, no estoy seguro de que los propios artistas de Disney se dieran cuenta, explícitamente, de lo que estaban haciendo, ya que los cambios aparecieron de modo irregular y poco a poco. En pocas palabras, el Mickey más blando e inofensivo fue adquiriendo progresivamente otro aspecto. (Dado que la edad cronológica de Mickey jamás variaba –al igual que la mayor parte de los personajes de dibujos animados, soporta imperturbable los embates del tiempo–, este cambio de aspecto a una edad constante constituye una auténtica transformación evolutiva [...]. Ya en 1940, el que antes se dedicaba a pellizcar los pezones de una cerda recibe una patada por su insubordinación. En 1953, en su última película, va de pesca y ni siquiera es capaz de imponerse a una almeja escupidora).

Gould, Stephen Jay.

"Capítulo 9". En: *El pulgar del panda*. Barcelona, Crítica, 2007.

ACTIVIDADES

32. Observá los dos dibujos de Mickey Mouse y, si podés conseguir el libro de Stephen Gould del cual tomamos el texto que te presentamos, vas a ver la secuencia completa de la evolución de Mickey. ¿Qué sensaciones te provocan? Conversalo con un compañero.
33. El autor expresa: "No estoy seguro de que los propios artistas de Disney se dieran cuenta, explícitamente, de lo que estaban haciendo". ¿Qué fue lo que hicieron y cómo se relaciona con lo que estudiaste sobre la conducta humana? Pista: pensá en uno de los ejemplos que mencionamos.
34. ¿Cuáles son, entonces, las transformaciones físicas por las que pasó el personaje en el transcurso de sus cincuenta años de vida?



Dos imágenes muy distintas de Mickey en el transcurso de cincuenta años. Al ir volviéndose cada vez más educado, su aspecto se modificó.

El mejor amigo del hombre

Wolf II y yo bajamos por la calle de la aldea. Al llegar a la fuente pública, giramos para agarrar la carretera. Entonces, divisamos en medio de esta, como a unos doscientos metros de distancia, a Rolf, el perro rival y enemigo implacable de Wolf. No nos queda otra alternativa que pasar por su lado, lo que quiere decir que el enfrentamiento es inevitable. Wolf y Rolf son los perros más fuertes y temidos; en una palabra, los más pendencieros del lugar: se odian a muerte, pero al mismo tiempo se temen de tal forma uno a otro que, de acuerdo con mis noticias, nunca se enzarzaron en una auténtica lucha. Al momento uno advierte que el encuentro es igualmente desagradable a los dos. Encerrados en el jardín de sus casas respectivas, los dos rugirían enfurecidos y amenazadores, cada uno convencido de que únicamente la verja le impide lanzarse al cuello del otro. Pero ahora, en terreno neutral, su comportamiento, visto bajo un prisma humano, no es tan así. Cada uno tiene la nebulosa impresión de que en este momento está en juego su 'honor', el cual le obliga a pasar de las amenazas a los hechos; no hacerlo así es una 'vergüenza'.

Naturalmente, los rivales se han visto de lejos. Inmediatamente adoptan la 'actitud marcial', se yerguen y levantan el rabo, rígido y estirado. Luego se van acercando uno a otro cada vez más despacio. Cuando ya solo los separan unos quince metros, Rolf adopta, de repente, la postura de un tigre al acecho: se detiene y queda agazapado con la cabeza

pegada al suelo y los ojos mirando a su enemigo. En los rostros de los animales no se advierte indicio alguno de inseguridad, pero tampoco de amenaza [...]. Wolf no reacciona ante la actitud adoptada por Rolf, por más que a los seres humanos nos parezca agresiva, amenazadora incluso, sino que se va acercando a su rival a paso firme. Cuando Wolf llega a él, Rolf se pone de pie de un salto y arquea el lomo como si quisiera parecer más alto; ahora, los perros están juntos, la cabeza de uno con el rabo del otro, y se huelen mutuamente la región trasera, que se ofrecen sin reparo [...]. El valor y el dominio de la situación se manifiestan tan solo en dos puntos de la cabeza: en las orejas y en el ángulo de la boca. Si las orejas se mantienen erguidas, un poco tiradas hacia delante, y la boca apunta de forma marcada hacia delante, el perro no siente miedo y puede atacar en cualquier momento [...]. Rolf y Wolf empiezan ahora a dar vueltas y el perfecto equilibrio de fuerzas impide que se inicien las hostilidades [...]. Poco a poco se van separando uno de otro, marchan paso a paso, como obedeciendo a una orden, levantan la pata trasera -Wolf contra el poste de telégrafos, Rolf contra una estaca-, sin dejar por un instante de mirarse de soslayo.

Konrad Lorenz.

Cuando el hombre encontro al perro. Barcelona, Tusquets Editores, Colección Fabula, 1999.



ACTIVIDADES

35. Reúnanse en grupos y resuelvan las siguientes consignas:

- Lean y discutan, entre todos, el texto "El mejor amigo del hombre" y elaboren un punteo con las ideas principales.
- ¿Por qué el encuentro induce un comportamiento de olfateo entre ambos perros?
- ¿Cómo explicarían que ninguno de los dos inicie el ataque pero tampoco ninguno adopte un comportamiento de sumisión?
- ¿Qué quiere expresar el autor cuando dice que el comportamiento está "visto bajo el prisma humano"?
- ¿A qué se debe que, durante la retirada, ambos perros hayan levantado la pata trasera? ¿Qué intentan hacer?

Actividades finales

36. Definí con tus palabras los siguientes conceptos:

- Respuesta
- Nastia
- Taxia
- Fotoperíodo
- Fotomorfogénesis
- Coevolución
- Comportamiento
- Patrón fijo de acción
- Innatismo
- Período crítico
- Feromona
- Comunicación
- Alelopatía
- Tropismo

37. Prestá atención al siguiente cuadro y luego resolvé las consignas.

Tratamiento: calidad de luz	Porcentaje de germinación
Oscuridad	20%
Roja	88%
Roja-Roja lejana	22%
Roja-Roja lejana-Roja	84%
Roja-Roja lejana-Roja-Roja lejana	18%

Efecto sobre la germinación de semillas de lechuga por la exposición alternada de diferentes calidades de luz.

- a) ¿Es cierto que las semillas de lechuga requieren luz para germinar? Discútilo con tus compañeros.
 - b) ¿Cuáles son los tratamientos de luz efectuados sobre las semillas?
 - c) ¿Qué característica observaron los investigadores y cómo se expresa en el cuadro?
 - d) Si los científicos ya saben que ciertas semillas requieren luz para germinar, ¿cuál te parece que habrá sido la pregunta-problema que motivó la investigación?
 - e) Teniendo en cuenta los resultados, ¿qué puede decirse acerca de las condiciones óptimas requeridas para la germinación? ¿Qué dato de la tabla usaste para comparar e interpretar los efectos provocados?
38. Teniendo en cuenta tus conocimientos sobre las respuestas de las plantas y el modo de trabajar de los científicos, ¿cómo diseñarías un experimento que te permitiera averiguar el efecto de la calidad de luz (roja o azul) en el crecimiento de una planta? Indicá:

- a) Tu hipótesis de trabajo y predicción en términos de: Si... entonces...
- b) El procedimiento paso a paso.
- c) Las observaciones que realizarás en el transcurso de la experiencia y cómo vas a registrar los datos obtenidos.

39. Imaginá que estás trabajando en un vivero y recibís una planta de día corto, cuyas flores aparecen cuando el día dura menos de doce horas. Si querés que una de estas plantas esté lista para la venta, ¿qué deberías hacer? Seleccioná una de las opciones y fundamentá tu respuesta. También explicá por qué descartaste las otras.

- a) Iluminarla en forma constante.
- b) Tenerla continuamente en la oscuridad.
- c) Mantenerla en la oscuridad, pero iluminarla una hora cada trece horas.
- d) Mantenerla iluminada, pero apagando la luz una vez al día durante una hora.
- e) Mantenerla en la oscuridad, pero iluminarla una hora cada doce horas.

40. Si por la noche se enciende una vela, una o dos polillas tendrán una muerte segura. Parecen hechizadas por el fuego, aunque les provoque la muerte.

- a) ¿Cuál es la respuesta que muestran las polillas?
- b) ¿Qué estímulo la provocó?
- c) ¿En qué se parece y en qué se diferencia respecto del sistema de huida de la cucaracha?

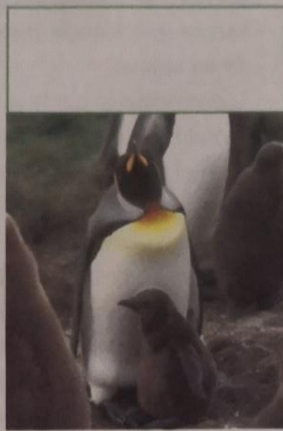
41. Dividan la clase en tres grupos: 1, a favor del comportamiento humano innato (es decir, que todos los comportamientos están presentes desde el nacimiento); 2, en desacuerdo; 3, imparciales.

- a) Reúnan datos de diferentes fuentes de información (tengan en cuenta las propuestas de la sección "No te lo pierdas" de este capítulo). Confeccionen una lista con los argumentos y las explicaciones que les permitan sostener su postura. A su vez, contemplan y anticipen los posibles argumentos contrarios, para refutarlos.
- b) Organicen un debate que será mediado por el grupo 3, que elaborará una conclusión sobre la base de lo expuesto por ambos grupos.

42. Mirá las siguientes fotos e indicá el comportamiento que puede inferirse a partir de ellas.



Suricatas.



Pingüinos.



Ave fragata macho.

43. Leé el siguiente texto y respondé.

El moscardón y el gusano blanco

Un diminuto animalito llamado "gusano blanco del suelo", larva de un escarabajo fitófago, es una de las principales plagas de la agricultura en nuestro país. Produce daños en las raíces de varias plantas, y son los cultivares de papa del sudeste de la provincia de Buenos Aires los más perjudicados. El control de las poblaciones de gusano blanco se llevó a cabo principalmente a través de la aplicación de insecticidas en el suelo. *Mallophora ruficauda* es un moscardón ampliamente distribuido por el mundo, incluso en nuestro país, y es el principal enemigo natural del gusano blanco del suelo. Aparece desde mediados de diciembre hasta fines de marzo. Se sabe que las larvas de *Mallophora* poseen un comportamiento activo de búsqueda de hospedadores (el gusano) a los que detectan a pocos centímetros del suelo y los mata para completar su ciclo de vida. Durante el invierno, la larva se aletarga junto con la del gusano blanco. El adulto, a su vez, es cazador de abejas, por lo tanto es una de las plagas más importantes para la apicultura de nuestro país. Investigaciones precisas permitirían el uso del moscardón como método de control biológico del gusano blanco.

- ¿Cuál es la utilidad que podría tener el moscardón?
- ¿En qué etapa del ciclo de vida del escarabajo ataca el moscardón?
- ¿De qué manera *Mallophora* localiza al hospedador? Proponé una explicación.
- ¿Cómo responden *Mallophora* y el gusano blanco ante el estímulo térmico?
- Si usualmente se usan insecticidas para evitar la plaga, ¿cuál sería la ventaja del estudio de la efectividad en el control biológico por parte del moscardón?
- ¿Por qué el uso de *Mallophora* podría tener efectos negativos sobre la apicultura?

■ Artículos

Martínez, J. y Arbigay, P. "El aprendizaje de las matemáticas y el cerebro". En: revista *Ciencia Hoy*. Vol. 17, junio-julio de 2007. Disponible en internet.

Albergo, M. "Lo innato y lo adquirido en matemáticas". En: revista *Ciencia Hoy*. Vol. 18, octubre-noviembre de 2008.

Artículos de divulgación dedicados al carácter innato que posee la capacidad de los seres humanos de realizar operaciones matemáticas.

■ Internet

<http://eea.uprm.edu/riopiedras/>

Franqui Rivera, R. "Como los beatles...". En: revista *Ciencia*. N° 97, 7 de noviembre de 2007. Estación experimental agrícola-Centro de Investigación de Río Piedras. Una especialista en entomología cuenta algunos de los secretos de producción de sonido que presentan los insectos y su uso en la comunicación.



Por Alejandro Balbiano.

Bichos venenosos

Arañas, escorpiones y serpientes tienen venenos muy potentes que pueden provocarnos problemas graves, incluso la muerte. ¿Es posible que estos animales nos ataquen porque sí? El Dr. Adolfo de Roodt, especialista en toxicología, rama de la toxicología que estudia las toxinas, compuestos tóxicos producidos por organismos vivos, nos da una explicación de cuáles son las especies peligrosas.



Adolfo Rafael de Roodt es médico veterinario de la UBA y doctor en Inmunología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA. Hizo una maestría en Microbiología Molecular en la Universidad de San Martín. Trabaja en el Área de Investigación y Desarrollo del Instituto Nacional de Producción de Biológicos que depende de la Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud Dr. Carlos G. Malbrán (ANLIS) del Ministerio de Salud de la Nación. Es director del *Acta Toxicológica Argentina*.

■ **Hablar de venenos puede atemorizarnos. Para comenzar, ¿podría contarnos qué función tiene el veneno de un animal?**

Los venenos le permiten, por ejemplo, paralizar una presa para comérsela. Pero en el caso de la abeja tiene una función netamente defensiva. Lo mismo que los venenos que poseen los anfibios en su piel o las salamandras, y ciertos peces, como el pez globo, que tiene veneno en algunos tejidos de su cuerpo. Hay pájaros que también tienen veneno, como el pitohui de Nueva Guinea. Estos venenos son defensivos a nivel poblacional, porque cuando el predador lo ataca y siente que tiene gusto amargo (que es tóxico), no intenta cazar a otro miembro de la población. Esos son venenos que no los produce el bicho, sino que los adquiere del medio, a través de la comida. La abeja sí tiene la capacidad de producirlo.

■ **Nosotros no somos "alimento" para los animales venenosos. Entonces, ¿por qué nos atacan?**

Un ofidio venenoso no atacará a una persona para inocularle su veneno. Si hace esto es porque fue atacado o no prestamos atención a los signos de advertencia que estos manifiestan cuando se sienten amenazados. Cuando se produce una mordedura por parte de serpientes, hablamos de un "accidente ofídico". Las arañas, por ejemplo, no nos pican normalmente, salvo cuando son apretadas o aprisionadas contra el cuerpo en el interior de la vestimenta, ropa de cama o de baño. No es un comportamiento agresivo, sino defensivo. Los accidentes se producen, en general, por que nos "metemos" en el ambiente donde viven estos bichos. Otro tema,

también, es cuando adquirimos estas especies "peligrosas" como mascotas.

■ **¿Cuáles son los animales más comunes que producen picaduras o mordeduras venenosas?**

En nuestro país, los animales venenosos que están más en contacto con los seres humanos son los artrópodos: abejas, avispas, arañas y escorpiones. Las otras especies venenosas, ya no tan cercanas a los humanos, son los ofidios o serpientes. Todas estas especies producen su propio veneno.

"Un ofidio venenoso no atacará a una persona para inocularle su veneno. Si hace esto es porque fue atacado o no prestamos atención a los signos de advertencia que estos manifiestan cuando se sienten amenazados".

■ **¿Cuáles son las especies de artrópodos que podemos encontrar en nuestro país?**

En la Argentina hay tres especies de arañas que pueden llegar a producir la muerte del ser humano: la viuda negra, la araña marrón o araña de los rincones y la araña de los bananeros. Esta última es grande y agresiva, y vive en Misiones. Las otras dos especies siempre tratan de escapar y la picadura es siempre por aplastamiento. El otro grupo de artrópodos son los escorpiones. En nuestro país tenemos seis especies de escorpiones potencialmente peligrosos. Todas pertenecen al género *Titius*. Pero el que provoca mayor cantidad de muertes es el *Titius trivittatus*.

■ ¿Y de los ofidios?

En el país tenemos tres géneros importantes. Uno es el género *Bothrops*, que incluye a las que conocemos como "yaráras". Hay siete especies. *Yarárá*, en guaraní, quiere decir "soberbio", por la alta territorialidad de los bichos, que cuando se sienten amenazados no huyen, sino que se quedan en posición defensiva. *Bothrops*, en griego, quiere decir "agujero en la cara", por la foseta loreal, un órgano que les permite captar radiación infrarroja, es decir, el calor de sus presas. Con tres especies de yarárá (yarárá grande, yarárá chica y yarárá ñata) cubrimos casi toda la superficie continental de la Argentina. A las otras cuatro especies se las encuentra solo en la provincia de Misiones, que además tiene a la grande y a la chica. Es decir que Misiones tiene seis especies de yarárá.

■ ¿Cuál son los otros dos géneros?

El otro grupo es el de las serpientes de cascabel. En la Argentina hay un solo representante del género *Crotalus*, término griego que quiere decir "cascabel". Son las serpientes con el veneno más potente del mundo. El último grupo es el de las corales, que pertenecen al género *Micrurus*. Se llaman así por su cola corta. Hay seis especies descritas en la Argentina, algunas llegan hasta Río Negro, pero la mayoría vive en Chaco, Misiones y Formosa.

■ Muchas veces se habla de víboras como sinónimo de serpientes, ¿es correcto?

En rigor de verdad, el término "serpiente" es sinónimo de "ofidio". Podemos dividir las en cuatro grupos. El primer grupo es el de las constrictoras (boas y pitones), el segundo grupo es el de las culebras, en el que algunas poseen veneno, pero no es demasiado

tóxico, además, por la ubicación de los dientes, les es difícil inocularlo. Aquí debemos recordar que no todas las serpientes producen veneno, y no todas pueden inyectarlo de manera sencilla.

Finalmente se encuentran los otros dos grupos, el de las corales y el de las víboras propiamente dichas. Estos dos últimos grupos son serpientes u ofidios que tienen aparatos venenosos bien evolucionados y con veneno muy tóxico. Las corales en particular tienen "dientitos" fijados de 2 a 3 mm para inocular, y en algunas especies africanas pueden escupir el veneno a distancia. Acá están todas las serpientes australianas, cobras y mambas. El mejor ejemplo de víboras en nuestro país lo representa la yarárá. Son las que tienen el aparato venenoso más sofisticado. Las víboras pueden inocular veneno mucho más rápido, en mucha mayor cantidad y en planos de tejidos mucho más profundos. Es decir que una víbora es una serpiente, pero no toda serpiente venenosa es una víbora.

■ ¿Cuál es más peligrosa, una coral o una yarárá?

Primero, una aclaración. Ambos tipos de serpientes tiene glándulas productoras de veneno, que están conectadas por un conducto glandular a los dientes. Estos están especializados para la inoculación de veneno. Una coral de un metro, por ejemplo, no puede abrir mucho la boca y tiene el conducto glandular incompleto, imperfecto, es decir que parte del veneno se pierde; las corales chorrean veneno. En cambio, una yarárá de igual tamaño puede abrir mucho la boca, tiene dientes que miden un centímetro y medio, y el conducto del veneno es cerrado o perfecto. Es muchísimo más eficiente su mordedura. Una coral te inyecta de 5



Foto gentileza del Dr. Adolfo de Roodt.

a 30 mg de veneno, mientras que una yarárá grande puede "meterle" 300 mg. Pero el veneno de la yarárá es bastante menos tóxico que el de la coral.

■ El veneno de las serpientes ¿solo sirve para paralizar a su presa o tiene alguna otra función?

En general, el veneno tiene como función paralizar a la presa para que el predador se la pueda comer. Pero en el caso de las serpientes tiene una función adicional: hacer una predigestión. Un ofidio no puede masticar a su presa, se la traga entera, y si es un roedor, está lleno de pelos y tiene huesos. Tienen que digerir totalmente a sus presas, y si se valiesen solamente de una digestión interna, no sería completa. El alimento, en su trayecto por el tubo digestivo, podría "abombarse" y la serpiente podría intoxicarse. Eso lo evitan inyectando veneno en los planos profundos del tejido de sus presas, que las mata y les hace una digestión previa.

■ ¿Hay otros animales venenosos?

Hay más bichos venenosos, tales como animales marinos, entre los que se destacan las medusas. Las que tenemos acá no son demasiado peligrosas,

"En general, el veneno tiene como función paralizar a la presa para que el predador se la pueda comer".



Bothrops jararaca
conocida como
"yara yara".



Crotalus durissus terrificus conocida como "serpiente de cascabel".

pero si sigue el cambio de clima van a llegar las peores. Una de las más peligrosas del mundo es la medusa cubo, que vive en los mares de Australia y hace no mucho tiempo empezaron a llegar algunos ejemplares a Brasil. Si sigue el cambio climático, no sé si llegarán a la Argentina. También hay anémonas y corales venenosos. Tenemos que aclarar que está el animal venenoso que produce veneno, y el animal venenoso ponzoñoso, que además de producir el veneno puede inocularlo.

■ Hay más animales venenosos en climas cálidos que en climas más fríos.

¿Por qué?

Al haber más presas, hay más bichos predadores, entre ellos, los venenosos. En los climas más cálidos hay una mayor cantidad de estos animales y tienen una mayor actividad. Por ejemplo, una yara yara grande en Sierra de la Ventana se la pasa durmiendo en invierno hasta que llega la primavera. Pero esa misma especie de yara yara en Misiones o en el sur de Brasil está activa todo el año.

■ ¿Qué efecto producen en nuestro cuerpo estos venenos?

Por ejemplo, los venenos de la araña viuda negra dan un cuadro netamente neurotóxico, es decir que intoxican nuestro sistema nervioso, porque el componente que tienen hace "agujeritos" en terminaciones presinápticas de las neuronas y se liberan neurotransmisores en forma desorganizada. Dan cua-

droso que a nivel muscular pueden provocar calambres, durezas, sudoración, taquicardia, hipertensión. El escorpión, por su parte, tiene toxinas que provocan todo un desorden en el sistema nervioso autónomo. Las personas picadas pueden tener hipertensión, edema de pulmón, hemorragias pulmonares, presencia de coágulos, problemas cardíacos y pueden llegar a la muerte. Los dos son neurotóxicos, pero actúan muy distinto. Entre las serpientes, la coral produce un cuadro neurotóxico, pero la yara yara no. Produce la muerte por hemorragias, porque evitan la coagulación sanguínea. El veneno es coagulante, pero consume todos los factores de coagulación y el fibrinógeno. Además, los componentes del veneno rompen los vasos. Tenemos sangre que no coagula y vasos rotos. También estimula sistemas que hacen que baje la presión.

■ ¿Se fabrican antídotos en el país?

Primero, una aclaración. El antisero es un antídoto, pero el antídoto es algo general. Puede ser un antídoto para una intoxicación con cianuro o con arsénico. El antisero o el antiveneno es el antídoto específico para este tipo de envenenamientos. En la Argentina hay varios productores de antivenenos. El mayor productor es el Instituto Malbrán, que hace antivenenos que se distribuyen gratis en todo el país. Hay otro laboratorio en la provincia de Buenos Aires que es el Laboratorio Central de Salud Pública, donde hacen un anti ya-

ará y un anti viuda negra, que son los envenenamientos más comunes en esa provincia. También se hace un antídoto contra *Titius trivitatus*.

■ Los venenos de escorpión ¿tienen todos el mismo efecto?

Los escorpiones del género *Titius* (algunos viven en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires) tienen una amplia variedad de venenos. El escorpión usa su veneno para paralizar a la presa. Tiene entre cincuenta y setenta sustancias neurotóxicas diferentes, con distintos efectos. La pregunta es para qué le sirve esa enorme variabilidad. Por si se le cruza un bicho bolita, una araña, un grillo u otro escorpión. Es como un escopetazo de perdigones. Tira y con algo le va a dar. Además, es diferente la cantidad de veneno necesaria para matar presas según la zona geográfica donde viva. Para matar un bicho determinado en Buenos Aires, por ejemplo, hay que administrarle todo el contenido de una glándula venenosa. Y si se hace lo mismo con un escorpión de Córdoba, Santa Fe, Santiago del Estero o Entre Ríos, con la mitad o menos tiene el mismo efecto. El veneno produce el mismo cuadro de intoxicación, pero la toxicidad es menor. Los venenos pueden ser más o menos potentes en calidad o en cantidad. De todos sus componentes, solo son tóxicos para humanos unos pocos. Los venenos no se desarrollan para matar a los humanos, sirven para matar una cucaracha o un grillo, pero

alguno de sus componentes justo nos afecta a nosotros.

■ **Vemos que no todos los venenos son iguales. ¿Cuáles son las diferencias entre los venenos de arañas, por ejemplo?**

Por ejemplo, el veneno de la viuda negra es más sencillo que el del escorpión. Tiene distintos componentes tóxicos. Dentro de estos, algunos son tóxicos para crustáceos, pero pocos para insectos y para mamíferos. Hay varios tipos de toxinas para insectos que son específicas para ellos. El veneno de la viuda negra tiene varias de estas, por que la mayor parte de su alimento son insectos. También tiene un componente que es tóxico para mamíferos que es el que nos afecta a nosotros. Es un buen ejemplo de un veneno que tiene varios grupos de toxinas y específicas para diferentes grupos zoológicos.

■ **¿Es mito o realidad que hay que extraer el veneno de una víbora directamente de la herida?**

En algunos lugares del mundo se han hecho estudios con "extractores de venenos". Se utilizan jeringas o una especie de "sopapa", que se pone sobre la zona de la mordedura. También se puede extraer chupando directamente de la zona. Los estudios nos dicen que usando estos mecanismos se puede sacar a lo sumo un 30% del veneno. Igual, se necesita tratamiento. La extracción de la herida no alcanza, es darle una falsa seguridad. Otro tema es el torniquete. En el caso de yará, no sirve de nada, pero en el caso de cascabel o de coral, puede servir porque mantiene el veneno en una zona y nos da más tiempo para recibir el antiveneno. Cascabel y coral no rompen los tejidos, en cambio yará, sí. En este último caso, si

meto un torniquete, concentro el veneno y este destruye todo el tejido.

■ **¿Qué debemos hacer en caso de que nos pique o nos muerda un animal venenoso?**

Frente a una picadura o mordedura, debemos llamar al Centro Nacional de Intoxicaciones que está en el Hospital Posadas. Hay guardias médicas las 24 horas. También en el Hospital Fernández, en el Hospital Sor María Ludovica de La Plata y en el Hospital de Niños Dr. Pedro de Elizalde. Lo adecuado es llamar a una guardia médica, donde van a decirnos, paso a paso, lo que tenemos que hacer. Sobre todo, dada la urgencia. Por ejemplo, si nos pica un escorpión, es necesario dar el antídoto antes de las dos horas; con una yará hay entre seis y ocho horas, y con una serpiente de cascabel o una coral, hay hasta dos horas. En nuestro instituto no hay médicos. Lo que sí atendemos cuando nos llama algún médico son consultas específicas de envenenamientos. Somos centro de referencia del Ministerio de Salud para preguntas sobre animales venenosos o antivenenos.

■ **¿Cómo pueden prevenirse accidentes con estos animales?**

Hay que tener cuidado. Cuando se circula en las zonas donde están, sobre todo hablando de ofidios, ir con una vara para ir tanteando el terreno. En lo posible, usar botas, pantalones gruesos y con botamanga larga. Si es posible, ir con un perro baquiano de la zona, que conozca. Donde hay arañas, no meter la mano en cualquier lugar, no sentarse en cualquier lugar. Al acampar, dejar todos los bolsos cerrados y revisar los calzados. Es mejor instruir a la gente para evitar el accidente que tener el antiveneno. Si nos pica una yará, de la lesión local

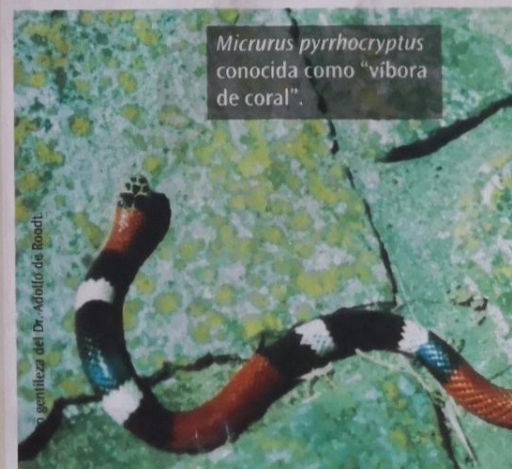
...cómo llegó a ser veterinario.

Que sea veterinario es la consecuencia de varias cosas. La vocación por la parte médica me viene de chiquito, porque si bien no tengo parientes médicos, mi madre era enfermera. Mi mamá tenía el *Manual del cabo enfermero* y yo me fascinaba viendo los dibujos de los piojos, de las bacterias, la sangre, cómo se hacía un vendaje. No entendía mucho, pero me fascinaba. Además, me gustaba mucho lo que era la Naturaleza; no agarraba las arañas con la mano, pero sí les tiraba una hormiga en la tela y miraba qué pasaba o miraba a las hormigas a ver adónde llevaban la comida. Me quedaba horas mirándolas. También me interesaban mucho la medicina y la biología, y me gustan mucho los animales. Cuando llegó el tiempo de elegir, junté todo y me decidí por la Medicina Veterinaria. Eso fue recién a los 21 años.

...cuáles son sus intereses, además de la Medicina Veterinaria.

De adolescente comencé a estudiar violín, toqué muchos años y ahora cada tanto lo agarro. Me gusta mucho la música clásica y también cantar en coros. Me gusta ver y escuchar ópera. Leo libros históricos y novelas con temas médicos de autores como Robin Cook y Michael Palmer. De chico era hincha de Nueva Chicago y de Independiente. Pero me gusta más el básquet que el fútbol. Jugué muchos años al básquet. Miro los campeonatos locales y los de la NBA.

no se zafa. Nos van a tener que internar varios días y dar el antiveneno; nos va a quedar un edema grande y, si nos pica en la mano, vamos a tener suerte si no nos afecta algún tendón, nervio o vaso grande. El veneno, una vez que se metió en el cuerpo, produce daño.



Micrurus pyrrhocryptus
conocida como "víbora
de coral".

Foto gentileza del Dr. Adolfo de Boodi.

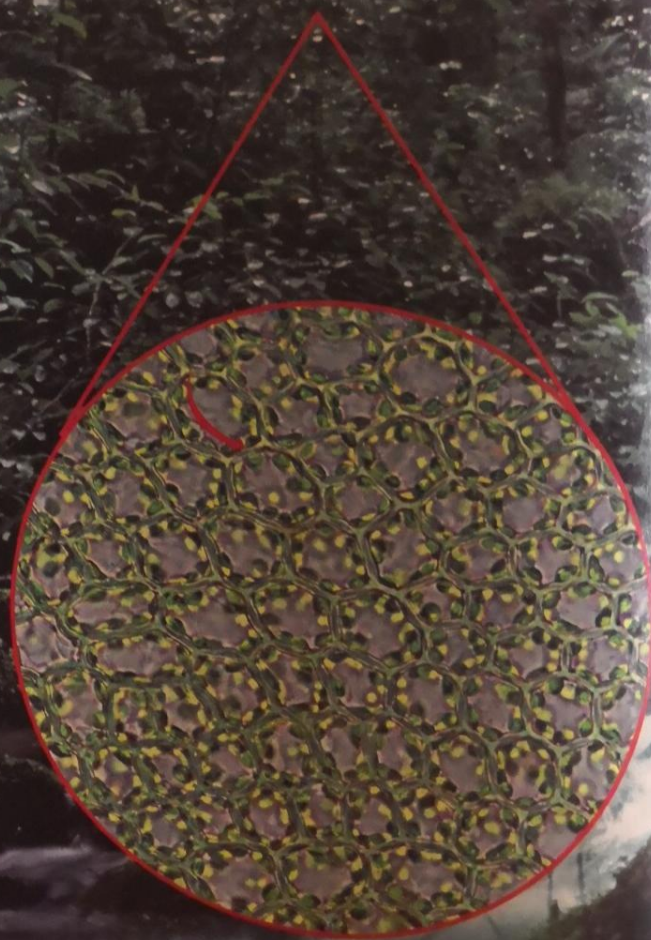
4

Estímulos y respuestas en las células

LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

- Conocerás cómo funciona el esquema estímulo-procesamiento-respuesta en las células.
- Estudiarás una de las principales propiedades de la membrana plasmática: la permeabilidad selectiva.
- Distinguirás diferentes tipos de estímulos inductores de respuestas celulares.
- Identificarás los receptores de la membrana plasmática.
- Sabrás qué grado de especificidad existe entre el estímulo y el receptor.
- Entenderás cómo se comunican las células entre sí.
- Aprenderás a obtener preparados para su observación en el microscopio óptico.



La flecha indica el sentido del fenómeno de ciclosis en una célula vegetal.



Ameba fagocitando un paramecio.

¿Vamos a dar una vuelta?

Una ameba capta una señal química: "alimento cerca". El alimento en cuestión bate sus cilios pero no podrá escapar. La ameba lo "abrazo" con sus pseudópodos y en poco tiempo el paramecio, su presa, será historia. Tanto la ameba como el paramecio son organismos formados por una única célula.

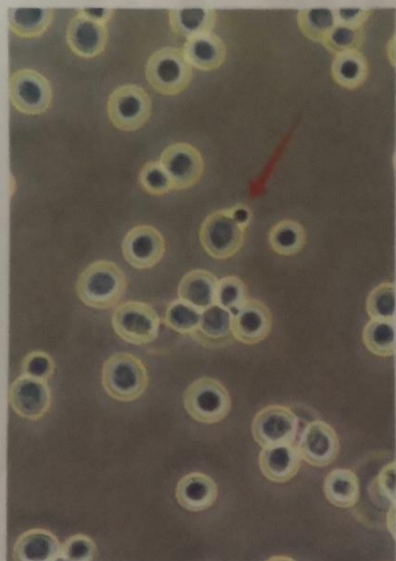
Tal vez, la propiedad más maravillosa de la célula es su irritabilidad, es decir, la facultad que posee para captar los estímulos del medioambiente y responder a ellos de maneras muy diversas. Estos estímulos pueden ser físicos, como las variaciones de temperatura, presión o intensidad de la luz; o químicos, como los cambios en la concentración de determinadas sustancias. Así, uno de los comportamientos más generales que tiene la célula para responder a ellos es, quizás, el movimiento.

El movimiento de los protozoarios (la ameba con sus pseudópodos y el paramecio con sus cilios) es tan solo un ejemplo de ello. Al colocar una burbuja de aire en una gota de agua, las bacterias aerobias se dirigen a ella y la rodean, en busca del oxígeno. Pero este tipo de respuestas no es privativa de los organismos unicelulares. También en las células de los organismos pluricelulares se observan movimientos. En las células de algunas plantas, por ejemplo, el citoplasma se mueve en forma de corrientes frente al estímulo lumínico. El movimiento se puede observar por el desplazamiento de los cloroplastos en la periferia citoplasmática, debajo de la pared celular, y se conoce con el nombre de "ciclosis", ya que su trayectoria es circular. ¿Viste? Las células sí que son irritables.

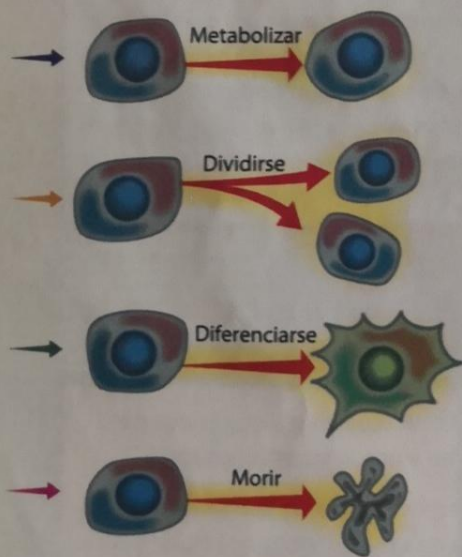
LO QUE SABÉS

1. Nombra un estímulo cualquiera que pueda percibir un organismo y una respuesta posible.
2. ¿Cuál es la diferencia entre los estímulos que recibe una célula de un organismo unicelular y otra de uno pluricelular?
3. Además del movimiento, ¿qué otras respuestas pueden tener las células ante determinados estímulos?
4. ¿Te parece que la membrana plasmática juega un papel importante en el mecanismo estímulo-procesamiento-respuesta? Justificá.

Los seres vivos, las células y los estímulos



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



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

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

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

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

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

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

La membrana plasmática

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

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

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

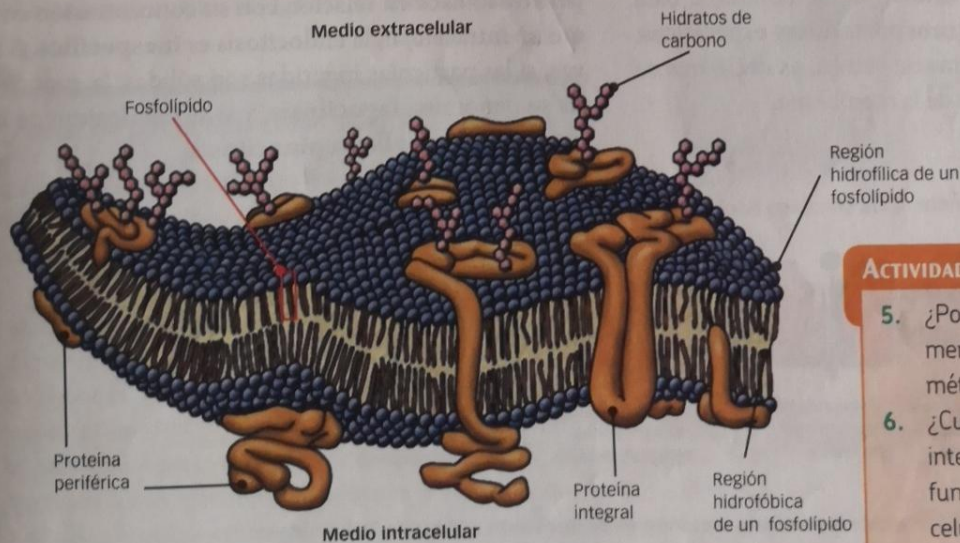
Una de las características de la membrana plasmática es su asimetría, pues presenta hidratos de carbono unidos a las proteínas o a los lípidos solo en su parte externa. La célula queda, entonces, envuelta en una especie de capa que, en general, es delgada y se denomina "glucocálix".

Las funciones de la membrana plasmática

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

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

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



ACTIVIDADES

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

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

La permeabilidad selectiva de la membrana plasmática

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

El transporte pasivo

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

Podemos diferenciar dos tipos de transporte pasivo:

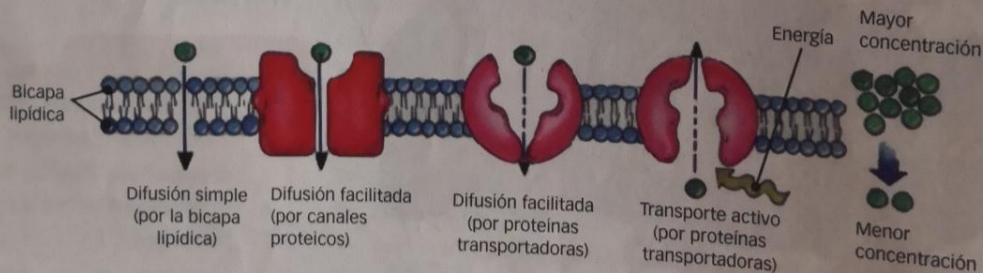
- ▶ **Difusión simple.** Los gases, como el oxígeno, o pequeñas moléculas solubles en los lípidos pasan libremente por la bicapa lipídica. Si la sustancia que atraviesa la membrana es el agua, el proceso se denomina **ósmosis**.
- ▶ **Difusión facilitada.** Los iones, como el calcio; algunos azúcares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

El transporte activo

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

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

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



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

Los estímulos o señales

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

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

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

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

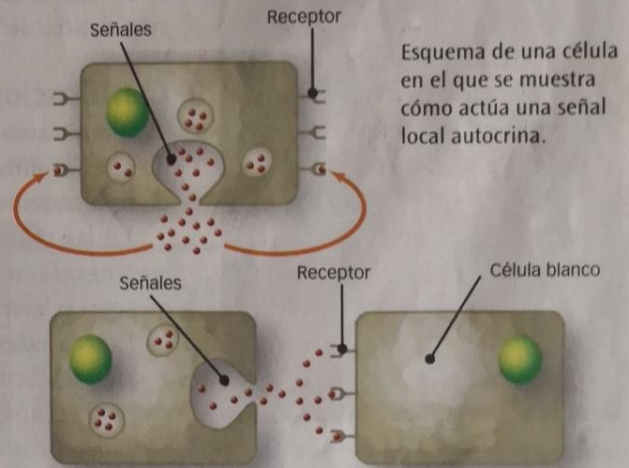
Las **señales locales** llegan hasta la célula blanco por difusión en el lugar. Existen tres tipos:

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

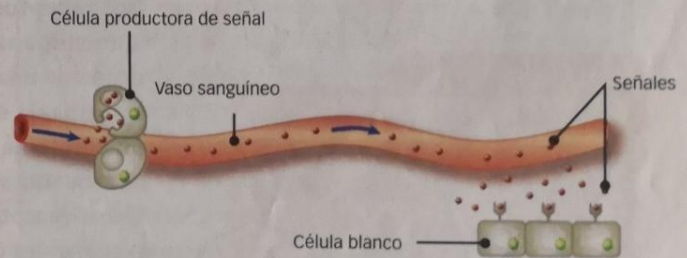
impulso nervioso de una célula a otra, como la serotonina, son un ejemplo.

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

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



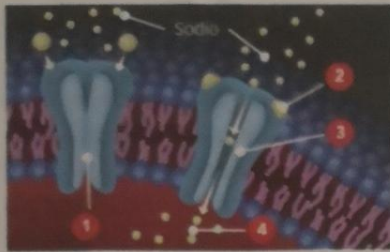
La señal local paracrina actúa sobre una célula distinta de la que la produce.



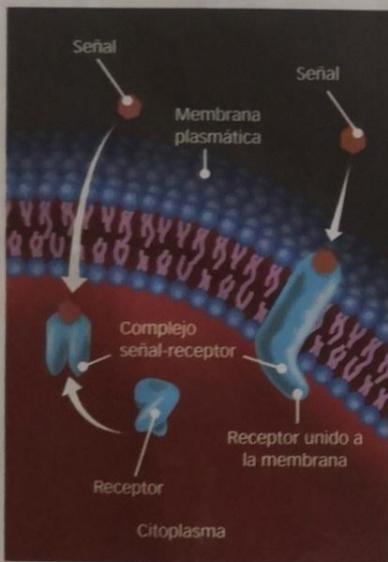
Las señales distantes, como las endocrinas, se producen en una célula alejada de la que la recibe.

¿Puede un gas actuar como señal?

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



Mecanismo de funcionamiento de los canales iónicos. 1. Receptor para la acetilcolina en la membrana de una célula muscular esquelética. 2. La acetilcolina se une al receptor, el canal cambia su forma y se abre. 3. El canal está revestido con aminoácidos cargados negativamente, lo que permite que el sodio penetre en la célula. 4. El sodio se acumula en las células y produce la contracción muscular.



Esquema de la formación de complejos señal-receptor en el citoplasma (izquierda) y en la membrana plasmática (derecha).

ACTIVIDADES

- ¿Cómo pensás que son, con respecto al tamaño y a la solubilidad, las señales químicas que atraviesan la membrana plasmática y se unen a receptores citoplasmáticos?

El complejo señal-receptor

De la misma manera que no prestamos atención a todos los sonidos del ambiente, la célula no incorpora a través de la membrana todos los materiales disponibles en su entorno ni responde a todas las señales que aparecen a su alrededor.

Cada señal se une a un receptor específico, es decir que encaja en un sitio del receptor de la misma manera que para cada cerradura hay una llave. La unión entre la señal y el receptor supone una adaptación estructural entre ambos, el receptor cambia su estructura y forman un **complejo señal-receptor**.

Además de la **especificidad**, el complejo presenta las siguientes características:

- ▶ **Saturabilidad:** un aumento del número de señales satura el complejo señal-receptor. Esto es así porque el número de receptores de una célula es limitado.
- ▶ **Reversibilidad:** el complejo señal-receptor se disocia (se separa) después de su formación. La liberación de la señal es importante porque, si no ocurre, el receptor será estimulado continuamente.

¿Qué sucede después de que la señal se une al receptor? La interacción entre ambos es la primera de una serie de reacciones consecutivas que ocurren dentro de la célula y que producirán una respuesta celular específica.

Clasificación de los receptores

Nombramos muchas veces a los receptores celulares. ¿Qué son y dónde se encuentran? Los receptores son proteínas que suelen estar incluidas completamente en la membrana plasmática.

En las células eucariotas existen distintos tipos bien conocidos de receptores de membrana plasmática; veamos dos: los canales iónicos y los receptores asociados a proteínas G.

- ▶ Los **canales iónicos** son proteínas integrales que comunican ambos lados de la membrana plasmática mediante poros que se abren y se cierran según determinadas condiciones. La unión de señales en los sitios específicos de las proteínas modula la apertura o el cierre del canal. Un ejemplo son los receptores de la acetilcolina en las células del músculo esquelético. Observá el esquema del mecanismo de funcionamiento de los canales iónicos.
- ▶ Los **receptores asociados a proteínas G** son proteínas que atraviesan la membrana plasmática hacia afuera y hacia adentro varias veces. La unión de una señal sobre el lado extracelular de estas proteínas cambia la forma de su región citoplasmática y abre un sitio de unión para que una proteína periférica, conocida como "proteína G", se active y desencadene una serie de reacciones químicas dentro del citoplasma. Otros receptores específicos se encuentran en el citoplasma. Cuando una señal química atraviesa la membrana, se une a ellos y permite su activación. Por ejemplo, la hormona cortisol se une a su receptor en el citoplasma, lo modifica y permite que ingrese en el núcleo celular, donde actúa.

La transducción de la señal y la respuesta

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

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

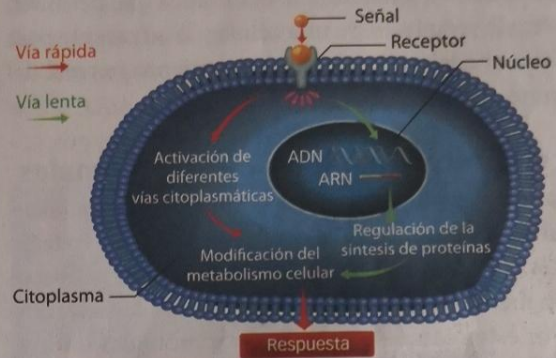
Tipos de respuesta

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

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

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

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



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

EL DETALLE

¿Cómo se produce la muerte de una célula dañada?

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

La comunicación intercelular directa

Dijimos que el ambiente para una célula de un organismo pluricelular no es solo el medio extracelular, sino también las células vecinas. Estas células, al igual que las que se encuentran distantes, están comunicadas entre sí mediante señales químicas. En la página 75 hablamos de señales yuxtacrina, ¿recordás que a veces se pueden establecer uniones directas entre las células? Este tipo de **uniones intercelulares** son especializaciones de la membrana plasmática que permiten el envío de señales entre una célula y la adyacente para asegurar el desarrollo y el funcionamiento normal del conjunto del organismo.

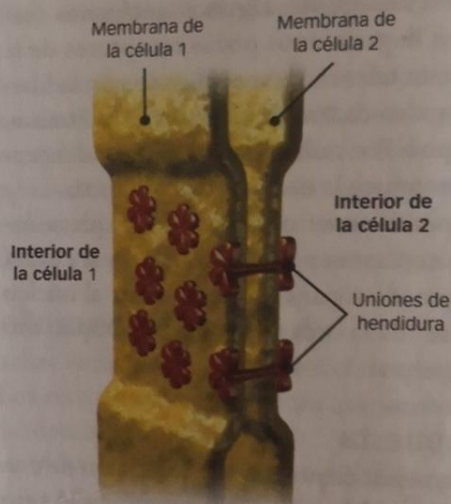
La comunicación en las células animales

Las células animales pueden comunicarse mediante **uniones de hendidura** o "uniones gap". Se trata de canales entre las membranas plasmáticas que conectan directamente los citoplasmas de dos células adyacentes. Por estos canales, formados por proteínas integrales llamadas **conexinas**, no pueden pasar moléculas grandes como proteínas, pero sí pueden hacerlo libremente iones o pequeñas moléculas, como los aminoácidos. Una célula animal está conectada con sus células vecinas por cientos de uniones de hendidura.

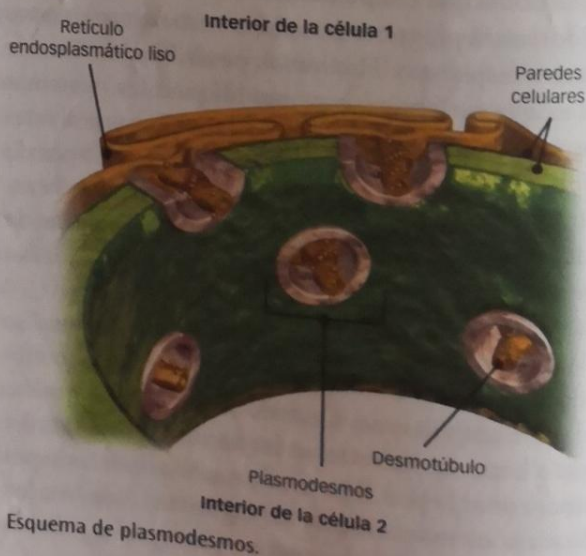
A su vez, las uniones de hendidura permiten la cooperación entre las células de un mismo tejido, lo cual asegura que todas ellas compartan muchas moléculas o iones y que sus concentraciones sean parejas. Por ejemplo, en el cristalino del ojo de los mamíferos, solo las células de la periferia están cerca del suministro de sangre como para permitir la difusión de nutrientes y desechos. Pero como las células están conectadas por muchas uniones de hendidura, el material puede difundirse entre ellas con rapidez.

La comunicación en las células vegetales

Las células vegetales, en lugar de tener uniones de hendidura, poseen **plasmodesmos**, puentes "hechos" de membrana que atraviesan las gruesas paredes vegetales que separan las células de las plantas. Una célula vegetal suele tener miles de plasmodesmos. A diferencia de las uniones de hendidura, los plasmodesmos están recubiertos por membranas plasmáticas fusionadas entre sí. Sin embargo, aunque el diámetro del plasmodesmo es mucho mayor que el de una unión de hendidura, el espacio disponible para el pasaje de moléculas o iones es casi el mismo. ¿Por qué? Observá el esquema de esta página. La abertura del poro está ocupada por un **desmotúbulo** que parece ser una prolongación del retículo endoplasmático. Desde el punto de vista funcional, esta abertura es importante para el transporte de gases y nutrientes de una célula a otra, proceso que de otra manera no se podría realizar. También son importantes para las respuestas a las señales químicas: la difusión de las señales químicas a través de los plasmodesmos asegura que todas las células de un mismo tejido respondan a ellas a la vez. ¿Te imaginás qué ocurriría si no fuera así?



Uniones de hendidura entre las membranas de dos células contiguas.



Ciencia en tus manos

Realización de preparados microscópicos

La observación microscópica es, sin duda, una de las herramientas más útiles a la hora de estudiar la actividad celular. Pero ¿cómo se preparan los materiales biológicos para ser observados? Existen muchas posibilidades. A continuación veremos dos de ellas.

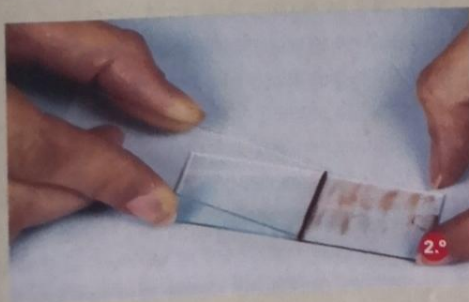
El frotis. Consiste en extender el material biológico sobre el portaobjetos para que las células no queden agrupadas y se puedan observar con claridad. Puede hacerse con sangre o bacterias, entre otras.

Si la muestra es líquida, se procede de la siguiente manera:

- 1.º Se coloca una gota en el extremo de un portaobjetos.
- 2.º Se apoya el borde de otro portaobjetos sobre la gota y, presionando suavemente, se desliza hasta el otro extremo.
- 3.º Se deja secar al aire y, de ser necesario, se realiza una tinción.



Frotis de sangre.



El corte o preparado histológico. Consiste en obtener delgadas láminas de tejido completo para su observación. Aquí va una manera de hacerlo para tejidos vegetales.

- 1.º Si el material lo permite, se retira una lámina con una pinza.
- 2.º Se coloca una gota de agua sobre el portaobjetos.
- 3.º Con una pinza, se ubica la lámina de material sobre la gota de agua.
- 4.º Se tapa con el cubreobjetos, se secan los bordes con papel tisú y se observa.



Preparado histológico.

ACTIVIDADES

8. Sabiendo que en las células vegetales la luz estimula la actividad celular, reúne con tu grupo y diseñen un experimento sencillo para comprobarlo. Utilicen hojas de elodea y una lámpara.
 - a) ¿Qué técnica de las descritas utilizarían? ¿Cómo serían los pasos a seguir?
 - b) Si tienen en cuenta que la actividad celular se evidencia con el movimiento de los orgánulos alrededor del núcleo (llamado "ciclosis"), ¿qué orgánulo vegetal permite evidenciar este movimiento aun sin colorear el preparado? ¿Por qué?

El sabor del té con magdalenas

[...]Y muy pronto, abrumado por el triste día que había pasado y por la perspectiva de otro tan melancólico por venir, me llevé a los labios unas cucharadas de té en el que había echado un trozo de magdalena. Pero en el mismo instante en que aquel trago, con las migas del bollo, tocó mi paladar, me estremecí, fija mi atención en algo extraordinario que ocurría en mi interior. Un placer delicioso me invadió, me aisló, sin noción de lo que lo causaba. Y él me convirtió las vicisitudes de la vida en indiferentes, sus desastres en inofensivos y su brevedad en ilusoria, todo del mismo modo que opera el amor, llenándose de una esencia preciosa; pero, mejor dicho, esa esencia no es que estuviera en mí, es que era yo mismo. Dejé de sentirme mediocre, contingente y mortal. ¿De dónde podría venirme aquella alegría tan fuerte? Me daba cuenta de que iba unida al sabor del té y del bollo, pero le excedía en mucho y no debía de ser de la misma naturaleza [...].

Proust, Marcel.

En busca del tiempo perdido. Por el camino de Swann. Madrid, Alianza, 1998.

¿Cómo hace el cerebro humano para "recordar" los sabores y evocar, a través de ellos, experiencias vividas con anterioridad? Proust describe en su famosa novela, escrita hace ya casi un siglo, las sensaciones y los recuerdos infantiles que el sabor del té y las magdalenas despertaban en el protagonista. Sin embargo, la ciencia todavía no pudo dar una respuesta a este interrogante pero sí comenzó a dilucidar cómo las células perciben las señales gustativas.

"Cuando Nick Ryba y yo iniciamos esta investigación, nuestro objetivo principal era entender cómo el cerebro reconoce lo que saboreamos", recuerda Charles Zuker, investigador del Howard Hughes Medical Institute de Estados Unidos. "Deseábamos explicar cómo se activan las células receptoras del gusto y cómo viajan sus señales al cerebro para producir percepciones gustativas específicas. Para eso era preciso definir las distintas modalidades de recepción de las señales gustativas a nivel celular".

Aunque un ser humano puede llegar a percibir cientos de sabores distintos, todos ellos son, en realidad, combinaciones de los cinco sabores básicos: ácido, salado, dulce, amargo y *umami* ("exquisito", en japonés). Cada uno de ellos responde a un determinado tipo de sustancia química. El sabor ácido, por ejemplo, está generado por el H⁺ (protón), mientras que el sabor salado se debe al Na⁺ (ión sodio). El sabor dulce es producido por diferentes compuestos orgánicos, como los azúcares o los aldehídos. También las sustancias responsables del sabor amargo son, principalmente, compuestos orgánicos nitrogenados presentes, entre otros, en fármacos, sustancias tóxicas y plantas venenosas. Por último, el sabor *umami* es consecuencia directa de la percepción de aminoácidos, componentes básicos de las proteínas.



Cada célula receptora del botón gustativo reacciona a una señal particular que activa una vía celular distinta en los receptores que responden a ella. Las señales se unen a diferentes receptores de membrana (los T1R₁ y T1R₂ para las dulces, los T1R₁ y T1R₃ para el *umami* y las T2R para las amargas) acoplados a proteínas G, las cuales parecen estar unidas a varias vías diferentes de transducción de la señal. Las señales saladas, en cambio, entran al receptor a través de canales de Na⁺, mientras que las ácidas (H⁺) lo hacen a través del mismo canal de Na⁺ o bloqueando un canal de K⁺. En cualquier caso, el paso final en esta vía es la señal de Ca²⁺ que produce la exocitosis del neurotransmisor y su captación por la neurona sensorial primaria.

"Ahora que conocemos a los receptores y las vías de transducción de las señales gustativas, podemos comenzar a trabajar en nuestra meta inicial: trazar un mapa de todo el sistema para comprender cómo se codifica el sentido del gusto", anuncia Zuker. Un sentido sobre el que, a pesar de lo que dice el refrán, ya hay mucho escrito y parece que habrá mucho más todavía.

Fuente: Adler, E.; Hoon, M.; Mueller, K.; Chandrashekar, J.; Ryba, N.; Zuker, C. "A novel family of mammalian taste receptors". En *Cell*. 2000, Vol. 100, pp. 691-702.

ACTIVIDADES

- ¿Tuviste alguna experiencia similar a la descrita por Marcel Proust? ¿Cómo fue?
- ¿Cuáles son los cinco sabores básicos?
- ¿Qué diferencias hay entre los receptores para los sabores ácido y salado y los receptores para los sabores dulce, amargo y *umami*? ¿Qué tipo de señales químicas recibe cada grupo?
- ¿Cuál es el paso final en la vía que se describe? ¿Qué es para vos la neurona sensorial primaria? Compartí tu respuesta con la clase y luego pueden revisar el capítulo siguiente. ¿Es lo que pensaban?
- ¿Qué aprendiste mientras leías el texto? ¿Sabías que todos los sabores que percibimos son distintas combinaciones de los cinco sabores básicos?
- ¿Para qué podría servir conocer la trayectoria de las señales gustativas desde que son percibidas por los receptores específicos hasta que son interpretadas por el cerebro? Discutí la respuesta con tus compañeros y compañeras.

Atracción fatal

Así como el picaflor sigue el perfume para llegar a la flor, el espermatozoide sigue el rastro de sustancias químicas que lo llevan hacia el óvulo. Aunque nadie podría decir, hoy, que el espermatozoide posee olfato ni, mucho menos, que el óvulo se perfuma para resultar atractivo. Sin embargo, cualquiera de nosotros que tenga un ligero espíritu de curiosidad científica se preguntará: ¿cómo hace el espermatozoide para 'saber' adónde tiene que dirigirse una vez que penetró en el cuerpo femenino? Pues, para su microscópica escala, la distancia que separa su lugar de arribo de su destino final, donde lo espera el óvulo, es decididamente... ¡descomunal! Y el recorrido que debe hacer, un largo y sinuoso camino. Para colmo, millones de competidores se encuentran en su misma situación. Pero no nos pongamos ansiosos por no tener la respuesta: parece que científicos del Departamento de Fisiología Celular de la Ruhr-Universität Bochum de Alemania han descubierto una parte crucial de este proceso.

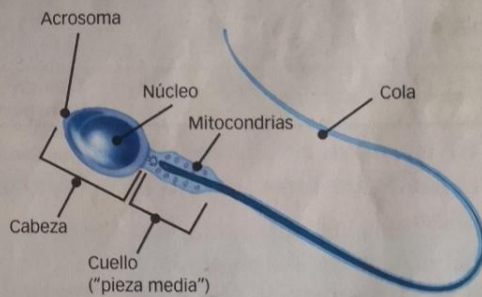
Aunque desde hace un tiempo se sabe que existen "receptores olfatorios" (OR) en los espermatozoides humanos, su función es todavía desconocida. En pruebas de laboratorio, el biólogo Richard Zimmer y sus colaboradores identificaron uno de estos receptores, una proteína a la cual denominaron hOR17-4. Al parecer, todo indica que estas proteínas están localizadas en la pieza media del flagelo del espermatozoide, lo cual condujo a los científicos a especular que la función de los OR está vinculada con la **quimiotaxis** positiva de los espermatozoides (es decir, el movimiento desde una zona de baja concentración hacia otra con elevada concentración de una sustancia química determinada) y pueden ser una pieza crítica del proceso de fertilización.

"Todavía no dimos con el componente que se encuentra en el aparato reproductor femenino, pero el estudio, que empleó un compuesto de laboratorio llamado *bourgeonal*, demostró que los espermatozoides responden a una señal química que los obliga a nadar hacia la región donde hay mayor concentración de este compuesto", dijo Zimmer.

Para determinar las implicancias de este descubrimiento, el equipo de Zimmer investigó los efectos del *bourgeonal* en el comportamiento de los espermatozoides. Los resultados obtenidos revelaron el doble papel que juega este compuesto, como potente quimioattractor estimulando la quimiotaxis positiva de los espermatozoides y, además, como efectivo estimulante de la **quimioquinesis** por aumento de la motilidad de los espermatozoides. Por otra parte, los investigadores identificaron otro compuesto, el **undecanal**, que compite con el *bourgeonal* por los receptores hOR17-4 e inhibe la acción de esta sustancia sobre la quimiotaxis y la quimioquinesis. En conclusión, se sabe, desde hace mucho, que entre el óvulo y los espermatozoides se producen señales químicas que les permiten encontrarse, pero lo que este estudio brinda es la primera demostración de que los espermatozoides responden de manera previsible y controlable a una señal química.

"Ahora", dijo Zimmer, "habrá que descubrir el compuesto contenido en el óvulo que activa el sentido de orientación del espermatozoide". En otras palabras, habrá que conocer qué "perfume" usa el óvulo para que los espermatozoides "sientan" una irresistible atracción por él y emprendan semejante travesía.

Fuente: Spehr, Marc; Gisselmann, Günter; Poplawski, Alexandra; Riffell, Jeffrey A.; Wetzel, Christian H.; Zimmer, Richard K.; Hatt, Hanns. "Identification of a testicular odorant receptor mediating human sperm chemotaxis". En: *Science*. 2003, Vol. 299, Nº 5615, pp. 2054-2058.



Esquema en el que se muestran las partes de un espermatozoide.



Espermatozoides rodeando al óvulo.

ACTIVIDADES

15. ¿Qué hacés cuando no entendés alguna parte del texto? ¿Coincide tu respuesta con las de tus compañeros?
16. ¿En qué parte del espermatozoide se encuentran los quimiorreceptores?
17. ¿Por qué podemos decir que la función de los OR está vinculada con la quimiotaxis positiva de los espermatozoides?

Actividades finales

18. Indica cuáles de los estímulos descritos en las siguientes afirmaciones son físicos (F) y cuáles químicos (Q)
- El gas etileno estimula la maduración de algunos frutos, como la manzana.
 - Ante la falta de humedad ambiente, muchas bacterias sobreviven mediante la formación de esporas que resisten las condiciones adversas del medio, como la deshidratación o el calor.
 - La cafeína tiene una acción inhibitoria sobre el sistema nervioso central y favorece el estado de vigilia.
 - El glucagón estimula la síntesis de glucosa en el hígado.
 - En las plantas, la luz actúa como una señal que promueve la síntesis de importantes proteínas del cloroplasto.
 - Al colocar una burbuja de aire en una gota de agua, las bacterias aerobias se dirigen a ella y la rodean, en busca del oxígeno.

19. Uní con flechas el fenómeno ocurrido con el tipo de transporte que se verifica a través de la membrana plasmática.

Fenómeno ocurrido	Tipo de transporte
El monóxido de nitrógeno atraviesa libremente la bicapa lipídica.	Fagocitosis
La bomba de sodio-potasio permite mantener dentro de la célula bajas concentraciones de sodio y altas de potasio.	Difusión facilitada
En la membrana se forman vesículas que engloban una bacteria para luego incorporarla al interior celular.	Ósmosis
El calcio atraviesa la membrana con la "ayuda" de proteínas transportadoras, pero sin gasto de energía.	Transporte activo a través de la membrana
El agua atraviesa la membrana plasmática sin gasto de energía.	Difusión simple

20. Define con tus palabras qué es:
- El transporte en masa.
 - Una proteína integral.
 - Una bomba (en el transporte activo a través de membrana).
 - Una señal yuxtacrina.
 - Un canal iónico.

21. Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F). Justifica tus respuestas en los casos en que sean falsas.

- La presencia de una sustancia química en el medio extracelular puede ser una señal capaz de desencadenar una respuesta celular.
- Los organismos unicelulares, como las bacterias, solo responden a estímulos luminosos.
- La interacción entre la señal y el receptor se asemeja a la interacción que hay entre una llave y una cerradura.
- Las células que liberan una señal a otra se denominan células blanco o diana.
- Una señal cercana paracrina produce una respuesta en la propia célula que la produce.
- Una señal produce siempre la misma respuesta, independientemente del tipo celular que afecte.
- El complejo señal-receptor solo se puede formar en la membrana plasmática.
- La respuesta a señales provenientes del medio asegura la homeostasis celular y su supervivencia.

22. Menciona dos diferencias entre el transporte pasivo y el transporte activo a través de la membrana plasmática. ¿Qué criterios se utilizan para clasificar los diferentes tipos de endocitosis?

23. Discute con tus compañeros y compañeras.
- ¿Por qué es fundamental que una célula responda a los estímulos del ambiente?
 - ¿Qué pasaría si la comunicación entre células fallara?

24. Lee el siguiente texto referido al ciclo celular y resolvé las consignas.

- ¿Cuáles son las señales externas que "anuncian" a la célula si tiene que dividirse o no?
- La "cascada" de la cual habla el texto ¿sería la recepción o la transducción de la señal? ¿Cuál es la importancia de esta etapa?
- ¿Cuáles son las proteínas encargadas de iniciar la respuesta celular?

Los cambios que ocurren durante la vida de una célula constituyen el ciclo celular, que incluye las siguientes etapas:

- Crecimiento de la célula.
- Duplicación del ADN.
- Nuevo crecimiento celular.
- División del material genético y citoplasmático.

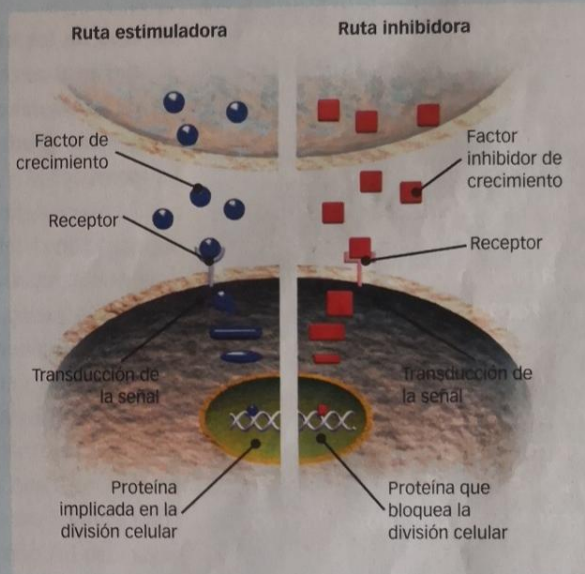
La regulación de este ciclo varía según los distintos tipos de células. Algunas, como las de la piel, se dividen rápidamente y otras, como las neuronas, no. Los cambios de temperatura y pH ambientales pueden acelerar o retardar este ciclo. La falta de nutrientes disminuye la velocidad de división celular.

La pregunta es, entonces, ¿cómo se "dispara" o se frena el ciclo celular? Las células normales se reproducen en respuesta a una "cascada" de señales que les envían los factores de crecimiento externo y detienen su división en respuesta a factores inhibidores que, obviamente, actúan también por medio de una cascada de señales.

Sobre la base de las investigaciones realizadas en huevos de anfibios, los investigadores imaginaron la existencia de un reloj del ciclo celular, formado por un conjunto de proteínas nucleares que interaccionan entre sí, el cual integra los mensajes provenientes de las cascadas estimuladoras e inhibitoras y, si prevalece la cascada estimuladora, pone en marcha el programa de división celular.

Para programar estos sucesos, el reloj del ciclo celular se vale de diversas moléculas proteicas. Los dos "engranajes" moleculares de este reloj son las *ciclinas* y las *quinasas*. Estos "engranajes" se asocian entre sí y comienzan los "movimientos" que llevan a iniciar los diferentes estadios del ciclo.

Un instante crucial del ciclo ocurre en la primera etapa de crecimiento de la célula, momento en el cual la célula decide si debe o no avanzar en la prosecución del ciclo. La "llave" de este paso es un conmutador molecular que pasa de "apagado" a "encendido".



Fuente: Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/ciclo.htm#contenidos

■ **Libros**

Purves, W. y otros. *Vida. La ciencia de la biología*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, 2003.
 Contiene un capítulo dedicado a la transmisión de señales y a la comunicación celular.

■ **Internet**

www.biologia.edu.ar/cel_euca/la_membrana_celular.htm
 Información sobre la membrana plasmática y la comunicación intercelular en el sitio de la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

Células fuera de control

Hace algunos años, el tratamiento del cáncer consistía en cortar (cirugía), quemar (rayos) y envenenar (quimioterapia), todas medidas médicas muy agresivas para su tratamiento. La idea ahora es entender el proceso, ver cómo funciona el "disco rígido" de las células con cáncer, y tratar de "hackearlas", entrar con una palabra clave en su sitio, y reprogramar la cosa, más que quemar o romper todo. El objetivo es entender los códigos con que el cáncer funciona para interferir con ellos. Para entender más sobre los mecanismos del cáncer entrevistamos al oncólogo Pedro Politi.



Pedro Politi (MN 54640) es oncólogo clínico (médico especializado en el tratamiento de tumores malignos en adultos), profesor de Farmacología en la Facultad de Medicina de la UBA y dirige un equipo privado denominado Equipo de Oncología Personalizada en la Ciudad de Buenos Aires.

■ Doctor Politi, ¿cómo definimos actualmente el cáncer?

Se podría decir que es un conjunto de enfermedades, un poco más de doscientas. No hay un solo cáncer, sino que hay cánceres. Algunos son más comunes en niños, otros en adolescentes, pero la gran mayoría aparece en los adultos y especialmente en los adultos mayores.

■ Uno de los mecanismos involucrados en el crecimiento descontrolado de las células cancerosas es la angiogénesis. ¿Podría explicarnos en qué consiste?

Antes de definirla, vamos a hacer un agregado en la definición de cáncer. Haría que agregar que lo que tienen en común es que son doscientas enfermedades con una serie de daños genéticos (en el material genético de nuestras células, el ADN) y eso les da una ventaja para ocupar espacios por encima de las células normales. Son una especie de "barra brava" y todo el mundo les cede lugar. Eso les permite también ir hacia otros lugares lejanos, donde desarrollan nuevas colonias y nadie les pregunta nada porque les tienen miedo. Pueden hacer colonias a distancia que llamamos "metástasis".

■ ¿Cómo hacen las células malignas para ocupar nuevos lugares?

Imaginemos un campamento de células malignas. Al llegar, se preguntan dónde van a poner la carpa y tienen que encontrar un suelo que les permita instalarla. Alguien les tiene que dar luz por un cable, y si siguen aumentando o reproduciéndose en ese lugar, van a necesitar un suministro diario de alimentos. Cuando nos queremos dar cuenta, esas pocas cé-

lulas pasaron de ser un campamento a un barrio. En otras palabras, se requiere una serie de suministros básicos: nutrientes y caminos para entrar y salir, cosa que les dan los vasos sanguíneos y los vasos linfáticos. Entonces ahora sí podemos definir angiogénesis: *angio* quiere decir "vaso", "conducto", y *génesis*, "origen". Entonces, la angiogénesis es el proceso por el cual se generan conductos por los que llegan alimentos, oxígeno y se retiran las sustancias de desecho, y se abren vías de movilidad para las células malignas. Esas células interactúan con células normales, las células de los vasos, que han sido persuadidas por señales químicas y hormonales para llevarle conductos hacia ellas.

■ ¿Cómo se explica que una célula normal se convierta en una célula tumoral?

Uno podría decir que un organismo es como un país y las células son como sus habitantes. Si ese país desarrolla un acuerdo básico de convivencia, de respeto por el otro, de prioridades sociales y sanitarias, es probable que sus habitantes vivan más ordenadamente; que no tiren la basura en cualquier lugar, que no estacionen en cualquier lugar, y que sean corteses y amables con sus vecinos. Ese sería un mundo feliz, una sociedad ordenada. Nuestro organismo saludable es básicamente eso. Para transformar ese vecindario armónico en un escenario de destrucción total tienen que haber pasado muchas cosas. El desarrollo de un cáncer (ese proceso lo llamamos "carcinogénesis", es decir, la génesis o el origen de un cáncer) es muy complicado y requiere múltiples fallas, múltiples "corrupciones, desarreglos y faltas de respeto".

■ ¿Cómo se comunican las células malignas con las normales?

Las células se saludan unas a otras, toman contacto, deciden "darse la mano" y aproximarse una a otra, o deciden evitarse. Eso lo hacen por medio de señales de contacto y muchas de esas señales para contactarse o alejarse son de tipo químico, y otras de tipo físico. Es como un idioma universal que las células hablan entre sí. A veces, a las células del sistema de defensa (una especie de policía de caminos), una célula le parece rara, porque va con las luces apagadas y sin patente. Le dicen que se detenga en la banquina y le piden documentos. Si la reconocen, no hay problemas, pero de lo contrario se la llevan detenida. Es una cuestión de reconocimiento de señales. Esas señales a menudo están en la superficie de las células y las llamamos "receptores de membrana". Las células malignas no vienen de Saturno, vienen de células normales, y por eso tienen muchos de los mecanismos de ellas. Pero los usan mal y, en algunos casos, las células se vuelven "sordas" a las señales de otras células, o entienden distinto. Entonces hay una alteración en la comunicación, pero esa alteración está porque el procesamiento interno es anormal. Las células malignas no es que no tengan códigos, tienen códigos corruptos.

■ El cáncer ¿es una enfermedad genética, inmunológica o viral?

El mecanismo de la enfermedad es genético, no hay ninguna duda. Algo afecta al material genético, es como un "virus informático" en la computadora. Un troyano que la hace funcionar de formas que no queremos. Ahora ¿cómo llega eso a alterar nuestra compu? Lo podemos recibir de la herencia, o sea, los daños acumulados en el código genético de nuestros padres y abuelos, o



"Muchas veces, los cánceres toman varios años para desarrollarse. Esto quiere decir que para prevenirlos deberemos tener un estilo de vida saludable y sostenerlo por mucho tiempo".

ayudamos a provocarlo nosotros. Nuestras células están bañadas por un medio interno que responde a un medio externo, es decir, lo que comemos, lo que fumamos, los rayos a los que nos exponemos, contaminación. Eso hace que las células reaccionen. Nuestras células comúnmente reciben "un ruido", una serie de señales ensordecedoras, y tienen que reaccionar a ellas, y algunas son afectadas en esa especie de "chateo".

■ Pero ¿también hay virus reales que causan cáncer?

Hay algunos virus que causan infecciones biológicas, que llegan y se van, y otros que se quedan alojados profundamente en nuestro cuerpo y que pueden provocar cambios en el código genético que sean duraderos. Otros daños son reparados. Básicamente, nuestras células no tienen un "formato inalterable", como si fueran un archivo PDF, que no se puede tocar o modificar; son como

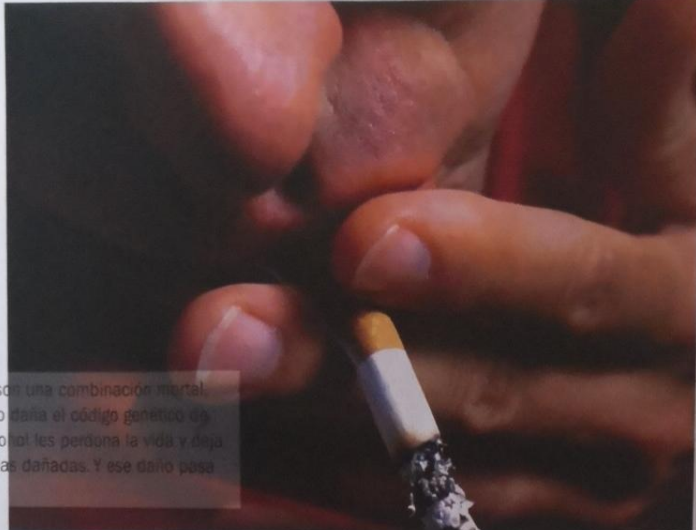
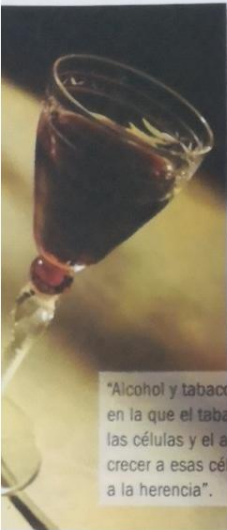
"El desarrollo de un cáncer (ese proceso lo llamamos 'carcinogénesis' es decir, la génesis o el origen de un cáncer) es muy complicado y requiere múltiples fallas, múltiples 'corrupciones, desarreglos y faltas de respeto'".

"Las células malignas no vienen de Saturno, vienen de células normales, y por eso tienen muchos de los mecanismos de ellas. Pero los usan mal y, en algunos casos, las células se vuelven 'sordas' a las señales de otras células, o entienden distinto".

un documento de texto en Word, uno lo puede modificar. Entonces hay situaciones en la vida, como los rayos solares, las drogas, algunos virus y algunos agentes químicos, que pueden "escribir" dentro del texto del programa de computación de nuestras células y hacerles modificaciones que nos vienen mal. Por ejemplo, el virus de la hepatitis B y C en un pequeño porcentaje se complica con una forma de cáncer en el hígado. Hay un virus que tiene que ver con una enfermedad común, que es una forma de angina viral que se llama mononucleosis infecciosa, que en un pequeño porcentaje de gente queda latente y puede generar algunos tipos de tumores de las células de los ganglios linfáticos que se llaman "linfomas".

■ Las fallas en nuestras defensas ¿también pueden provocar cáncer?

Es muy común decir que "le bajaron las defensas y tuvo cáncer". Vamos a



"Alcohol y tabaco son una combinación mortal, en la que el tabaco daña el código genético de las células y el alcohol les perdona la vida y deja crecer a esas células dañadas. Y ese daño pasa a la herencia".

analizar esta frase. Por ejemplo, el virus del sida baja dramáticamente las defensas del cuerpo contra una serie de agentes infecciosos y disminuye el "patrullaje" inmunológico. Los pacientes tienen un riesgo muy aumentado, en algunos casos hasta 900.000 veces, respecto de los no infectados, de desarrollar algún tipo de cáncer, como el de las manchas en la piel de color violáceo que llamamos "Sarcoma de Kaposi". La disminución de las defensas que provoca el sida da origen a una serie de tumores, pero no a todos. El cáncer de pulmón o de mama no aumenta su riesgo, por el sida. Existen diferentes mecanismos de defensas para los distintos tipos de cánceres. Otro ejemplo. Cuando a alguien le tienen que trasplantar un riñón que es de otra persona, hay que "barrer" del cuerpo de quien recibirá el trasplante la capacidad de rechazar el órgano trasplantado. Eso se llama "inmunosupresión", es decir, supresión o eliminación de las defensas de uno. Eso se logra con medicamentos muy poderosos. Estos pacientes desarrollan más riesgo de cáncer, pero no cualquier cáncer. Son algunos asociados a la boca y la garganta, y cánceres vinculados también con los ganglios linfáticos.

■ ¿Existe una predisposición para tener cáncer?

Algunos de los cambios genéticos se arrastran como parte de la herencia, como una predisposición, es decir, un cambio que es necesario pero que no alcanza para que uno desarrolle cáncer. Hay cierta vulnerabilidad, pero que depende lo que uno vaya a hacer. En términos futbolísticos, es como si uno naciera con la "cancha inclinada" en contra y sabe cómo debe jugar a la pelota. Uno puede soportar una leve inclinación contraria en el terreno y hasta puede jugar bien y ganar. No está escrito que una persona va a tener cáncer, sino que tiene una predisposición, y lo que esa persona hace puede aumentar o disminuir el riesgo.

■ ¿Qué cosas aumentan el riesgo de tener cáncer?

Las cosas que aumentan el riesgo de cáncer son: consumir bebidas alcohólicas destiladas. El alcohol básicamente corta el cable de freno, es decir que normalmente las células tienen un mecanismo para crecer y un regulador de velocidad de crecimiento, de multiplicación, y el alcohol daña ciertas señales químicas que regulan esas velocidades. También el humo del tabaco o mascar tabaco. El humo de cigarrillo tiene más

de cuatrocientas sustancias que causan cáncer o carcinógenos. Por donde entra el humo causa problemas, provoca cáncer de lengua y laringe; por donde pasa, bronquios y pulmón; donde se acumula para ser eliminado, los riñones, y donde queda asentado un rato con el líquido de la orina hasta que se elimina, la vejiga. Entonces esos son cánceres que siguen la ruta de ingreso, concentración y egreso del tabaco. Está muy clara la relación entre tabaco y cáncer.

■ ¿La exposición al sol o las dietas aumentan el riesgo de tener cáncer?

Sí. Una exposición imprudente al sol, particularmente antes de los 25 años, aumenta los riesgos. La gente que tiene tez clara tiene una marca de vulnerabilidad a los rayos ultravioleta del sol. Todos debemos exponernos al sol con prudencia, pero particularmente la gente que tiene tez clara y que se enrojece fácilmente. También comer comidas grasas, ya que la grasa en exceso, y sobre todo tener un alto peso corporal, aumenta el riesgo de morir por cáncer. En algunos casos, ese riesgo se multiplica por seis. Hay cánceres que son más comunes en gente obesa. Hoy se sabe que la grasa es un tejido vivo que produce una serie de señales químicas que son muy bien aprovechadas por el tejido tumoral o que facilita que se despierte un tejido tumoral latente. Hay una conexión entre obesidad y cáncer y otra muy fuerte entre sedentarismo y cáncer.

"No está escrito que una persona va a tener cáncer, sino que tiene una predisposición, y lo que esa persona hace puede aumentar o disminuir el riesgo".

■ ¿El cáncer es hoy una enfermedad mortal?

Hay dos tipos de cánceres, que son compatibles con una expectativa de vida similar a los que nunca tuvieron cáncer: el de próstata, tomado tempranamente, y el de tiroides. Cáncer, hoy, no es sinónimo de sentencia de muerte. Dependerá de qué cantidad de células, en qué etapa se detecte y cuán buenas sean las herramientas para curarlo. Pero, en líneas generales, la mayor probabilidad de curar a alguien con cáncer es cuando se detecta temprano. El mejor ejemplo es el Papanicolau, que detecta las células de la pared del útero que están "dudando" si se van a transformar en cáncer, o apenas se acaban de decidir unas pocas células que se detectan, se sacan y se acabó el problema. Los cánceres que aparecen en cavidades del cuerpo, que son realmente grandes y que solo dan señales cuando tienen un volumen enorme, es porque la medicina llegó tarde al diagnóstico. Lo mejor en el cáncer es no tenerlo; de lo contrario, es bueno diagnosticarlo temprano, y lo último es tener buenas herramientas para tratarlo.



"En líneas generales, la mayor probabilidad de curar a alguien con cáncer es cuando se detecta temprano".

cer de testículo y una variante de cáncer de ovario que aparece en chicas jóvenes, son todos altamente curables. En el caso del cáncer de testículo, aun con metástasis cerebrales, en los pulmones o en el hígado, es posible curarlos. Es un buen mensaje. El cáncer en los chicos de la edad de los que leen este libro es una cosa rarísima. Por ejemplo, de 0 a 15 años, la probabilidad de morir por cáncer es de 15 por cada 100.000. De 65 años para adelante, la probabilidad es de 2.500 por cada 100.000.

■ A veces se asocia el cáncer con situaciones de estrés o depresión. ¿Hay algún dato científico que apoye esos dichos?

Lo que sabemos es que el origen del cáncer se debe a un cambio genético. Ese cambio genético pudo haberse generado por diferentes mecanismos, pero una parte de ello es heredado. Otra parte tiene que ver con nuestras decisiones sobre nuestro estilo de vida, pero no se ha podido mostrar con claridad que el estrés o la depresión provoquen cáncer. Ahora bien, hay una

...por qué eligió una especialidad tan delicada.

Cuando uno es chico no conoce todas sus opciones, mira alrededor y busca figuras que sean como ejemplos, por cómo viven, por lo que hacen o porque encarnan un ideal. La figura del médico está muy presente en la sociedad. En mi familia hubo algunos casos de enfermedades importantes en hermanos pequeños y la figura del médico aparecía como alguien que podía venir a solucionar esos problemas. Varias figuras médicas me fueron mostrando el camino. También me interesaban la literatura y los idiomas. Cuando elegí la especialidad médica, en la década de 1970, me di cuenta de que los pacientes con cáncer generaban mucho interés por parte de los médicos, hasta conocer cuál era el diagnóstico, y como existía la profecía de que el cáncer era sentencia de muerte, entonces luego ya nadie se interesaba en ellos. Pero los pacientes seguían viviendo y con problemas, pero ya nadie les daba bolilla. Ahí había una falla muy grande. Entonces decidí que yo quería estar cuando hubiera cambios importantes en el tratamiento de la enfermedad y que mientras tanto había formas de ayudar.

...qué cosas le interesan, además de la medicina.

Como soy miope, me gustan los pasatiempos de miope: escuchar música melódica, Serrat, Maná y Los Beatles. De pequeño armaba modelos de aviones, pintaba modelos de barcos y ¡soy de Boca!

"Cáncer, hoy, no es sinónimo de sentencia de muerte. Dependerá de qué cantidad de células, en qué etapa se detecte y cuán buenas sean las herramientas para curarlo".

conexión indirecta que puede ser tanto o más valiosa que si el estrés provoca cáncer, y es que si alguien estresado responde mal, dedicándose a la bebida y al tabaco, o dedicándose a las drogas o a conductas de riesgo de exposición a virus, incurre en un estilo de vida peligroso que va a ser malo para su salud e incluso puede aumentar el riesgo de contraer cáncer.

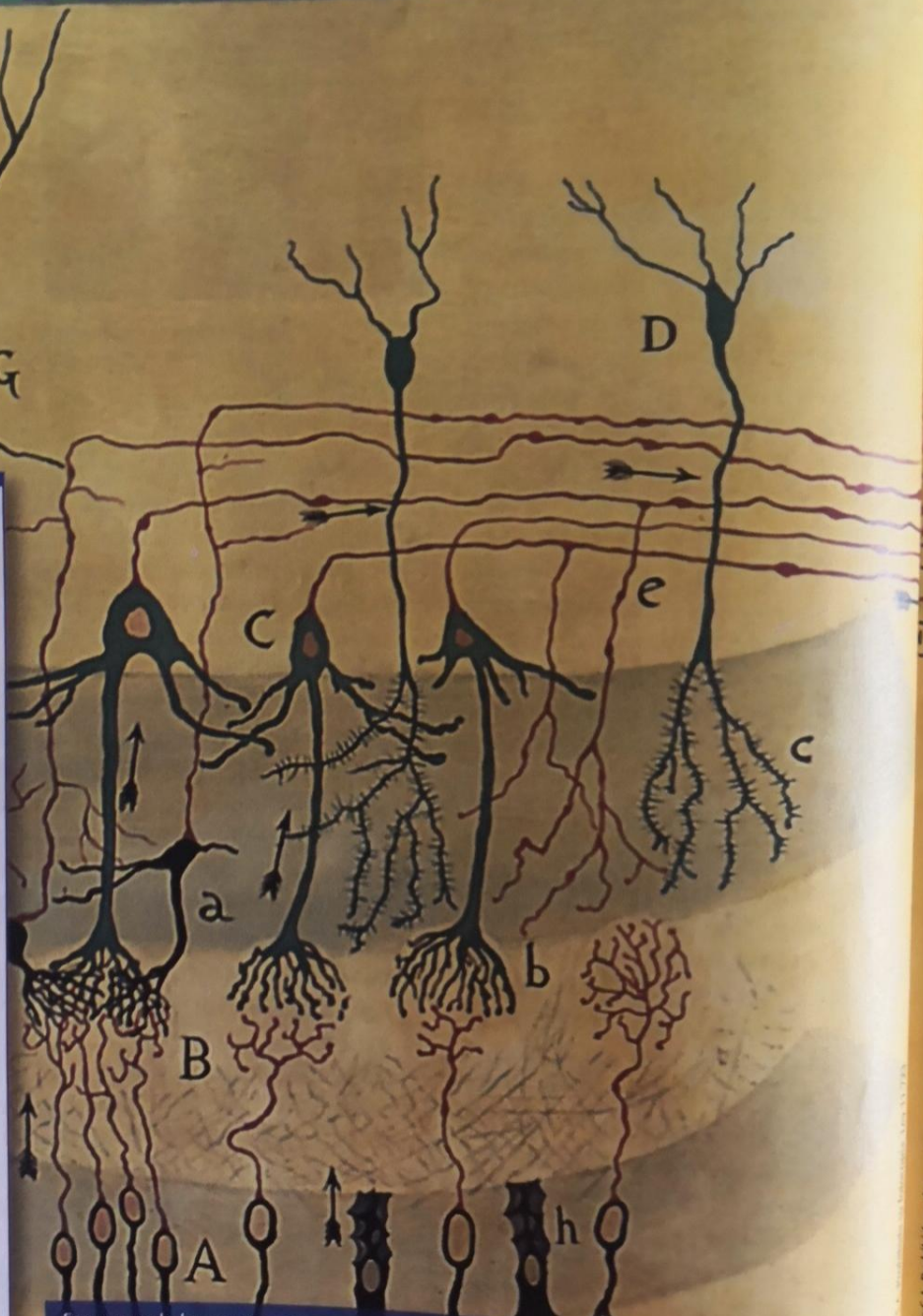
5

El control nervioso

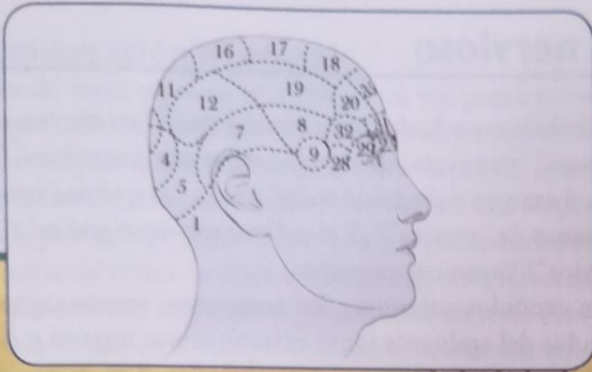
LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

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



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



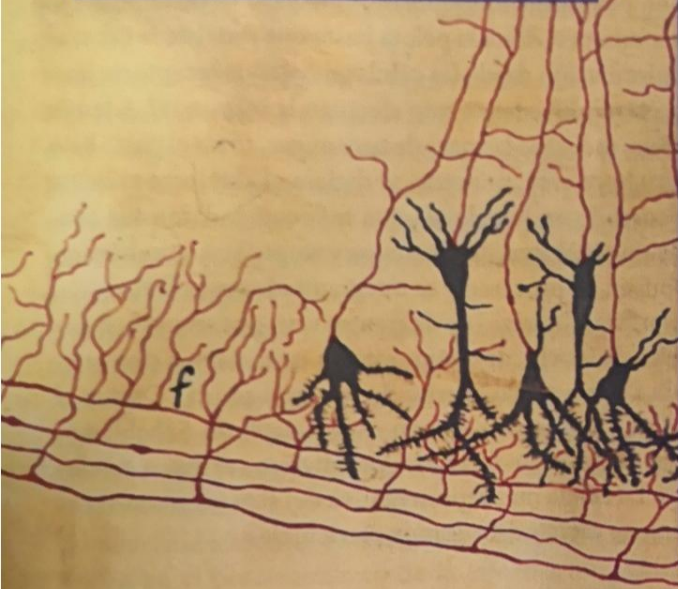
Áreas cerebrales descritas por Franz Gall (1758-1828).

¿Qué cráneo!

Muchos estudiosos han tratado de descifrar los "misterios" del cerebro humano. Una de las ideas surgidas en el siglo XVIII fue la "craneología" o "frenología". Establecía que las facultades mentales y las características espirituales estaban localizadas en sitios específicos de la superficie o corteza cerebral, y podían identificarse al observar la forma del cráneo.

Uno de sus mayores defensores, el fisiólogo Franz Gall, planteó la existencia de unas treinta funciones mentales ubicadas en un área específica del cerebro (entre las que se encontraban la ira, la justicia y la alegría). Sostenía, además, que la capacidad para ejercer cada una de ellas se relacionaba con el tamaño del área en cuestión. Así, por ejemplo, una persona que amara demasiado tendría el cerebelo (que era para Gall el sitio del amor) más grande respecto de otra persona con menor "capacidad amorosa". Del mismo modo, esta teoría planteaba la superioridad intelectual de los hombres sobre las mujeres, ya que estas, según Gall, poseían mayores "facultades animales" debido al menor tamaño de la circunferencia craneal.

Las ideas de los frenólogos causaron revuelo. Incluso fueron prohibidas en ciertos países, y aunque en la actualidad no se las considera válidas, fueron un primer intento de localizar funciones cerebrales detalladas. Hoy se plantea que la corteza cerebral está dividida en dos hemisferios, el derecho y el izquierdo, y se han establecido diversas funciones motoras y sensoriales asociadas con zonas específicas.



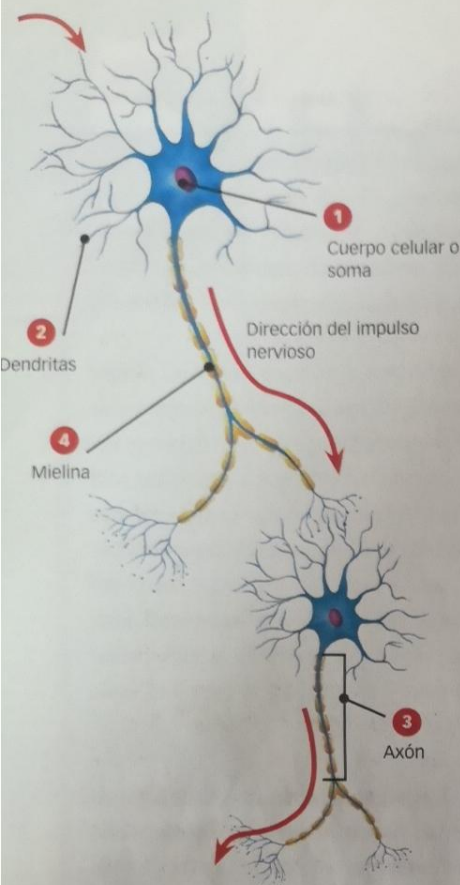
LO QUE SABÉS

1. En la época en que la frenología estaba "de moda" se planteaba: "Basta palpar las protuberancias del cráneo de una persona para conocer su carácter". Muchos científicos e investigadores consideran que esta y otras teorías pueden convertirse en argumento de la biología para defender el racismo y la discriminación. ¿Por qué creés que opinan así?
2. Escribí los nombres de todas las partes u órganos que conozcas del sistema nervioso humano. Luego, uní con flechas las estructuras que creés que tienen alguna vinculación. ¿Por qué las uniste así?
3. ¿En qué momento del día actúa el sistema nervioso? ¿Cómo te das cuenta?
4. ¿Qué creés que pasaría si no tuviéramos sistema nervioso?



Tejido nervioso visto con un microscopio electrónico.

El sistema nervioso



1. Cuerpo celular o soma: como en toda célula, podemos reconocer el citoplasma (rodeado por la membrana plasmática), los orgánulos y el núcleo. Interviene en la producción de sustancias necesarias para la célula, así como en la coordinación de sus funciones vitales. Los somas agrupados forman los **ganglios nerviosos**.

2. Dendritas: prolongaciones ramificadas del cuerpo celular. A través de ellas, las neuronas reciben información de otras neuronas, aunque algunas señales también ingresan a través del soma.

3. Axón: ramificación extensa y larga (suele denominarse "fibra nerviosa"). Puede extenderse desde unos pocos milímetros hasta un metro de longitud, como en el caso de las fibras nerviosas que van desde la columna vertebral hasta los dedos de los pies. Presentan muchas ramificaciones en sus terminaciones, a través de las cuales pueden transmitirse señales de una neurona a la siguiente, o hacia los músculos o glándulas. Los conjuntos de axones forman los **nervios**.

4. Mielina: algunos axones están recubiertos por esta sustancia gracias a la cual la información se transmite más rápido, como veremos luego.

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

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

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

Las células nerviosas

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

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



Tejido nervioso visto con un microscopio óptico.

La comunicación neuronal

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

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

Podemos identificar distintos tipos de neuronas:

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

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

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

El potencial de reposo

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

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

¿Cómo se estudia la actividad neuronal?

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

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



Axón gigante

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

La bomba de sodio-potasio

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

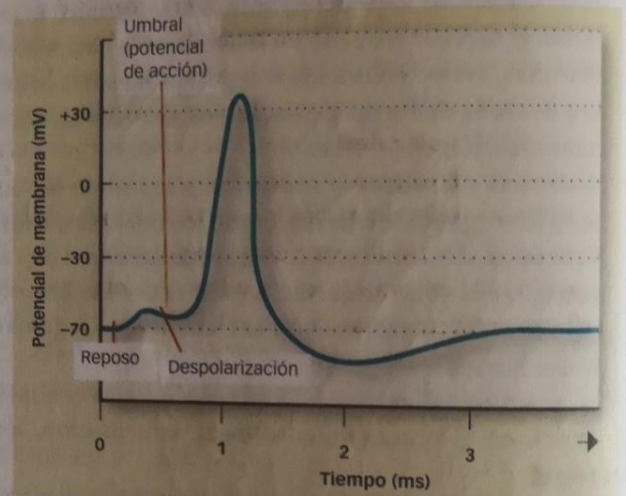
Generación del impulso nervioso

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

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

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

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



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

ACTIVIDADES

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

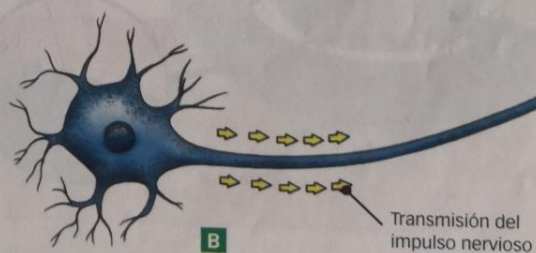
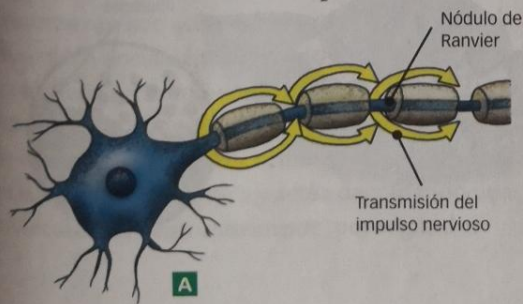
La propagación del impulso nervioso

La apertura de los canales de sodio dura muy poquito. ¿Cuánto?, menos de un milisegundo. Luego, estos canales se cierran y la membrana vuelve a ser impermeable a ellos. Por su parte, los canales de potasio dependientes del voltaje también se activan con el cambio de voltaje, solo que se abren más lentamente que los de sodio. Entonces, un poco más tardíamente que la entrada de sodio se produce la salida de los iones K^+ de la célula, a favor de su gradiente de concentración (en el reposo, hay más potasio adentro que afuera). Esta salida de cargas positivas restablece el potencial de la membrana, lo que significa que la membrana se **repolariza**.

Luego, la bomba de sodio-potasio retorna las concentraciones de estos iones a sus valores originales. ¿Y qué pasa con el potencial de acción que se generó? La despolarización de la membrana activa la apertura de los canales de sodio dependientes del voltaje que están en una porción adyacente: se produce la entrada de sodio, esta zona se despolariza y así sucesivamente, de modo que el potencial de acción generado por el estímulo se va “desplazando” a lo largo del axón, mediante la inversión transitoria de la polaridad de la membrana. Como consecuencia de esta “renovación constante”, el impulso nervioso puede recorrer una distancia considerable sin que cambie su intensidad. Una vez que los canales de sodio de una zona estimulada se cierran, quedan inactivos y no responden a un nuevo estímulo durante unos milisegundos, tiempo que se conoce como **período refractario**. Por esta razón, el impulso nervioso no puede ir “para atrás” y se propaga en dirección al extremo del axón.

La vaina de mielina

Volvé a la página 90 y mirá la imagen de la neurona. Dijimos que ciertos axones están recubiertos por mielina. Algunos tipos de células gliales, denominadas **células de Schwann**, se enroscan repetidamente alrededor de los axones y producen capas de membranas grasas. Esta vaina aísla eléctricamente a la neurona del medio extracelular. Lo más interesante es que esta capa no es continua, sino que está interrumpida en ciertas zonas llamadas **nódulos de Ranvier**. Es solo en estas interrupciones donde los iones Na^+ y K^+ pueden moverse de un lado al otro de la membrana y producir la despolarización. De este modo, el impulso “salta” de un nódulo a otro haciendo la conducción muchísimo más rápida.



Algunos axones mielínicos grandes (A) conducen impulsos a una velocidad de 200 m/s, a diferencia de ciertos axones amielínicos pequeños (B), en los que el impulso solo recorre unos pocos centímetros.

EL DETALLE

¿Se pueden “enfermar” los canales?

Existen ciertas enfermedades de origen genético que afectan a las proteínas que forman los canales iónicos, lo cual provoca un funcionamiento defectuoso. Se conocen con el nombre genérico de “canalopatías”. Algunas de estas patologías son responsables de ciertos episodios de pérdida de conocimiento o convulsiones producidas por una demora en la inactivación de los canales de sodio, que se traduce en una mayor irritabilidad de las neuronas.

Otros ejemplos incluyen parálisis musculares en animales y personas debido a alteraciones en los canales de potasio. Algunas canalopatías son responsables de ciertas formas de epilepsia y migraña (dolor de cabeza).

ACTIVIDADES

- Existen ciertas enfermedades llamadas “desmielinizantes” en las que se produce una pérdida progresiva de mielina, como la esclerosis múltiple o el síndrome de Guillain-Barré, que ataca la mielina de los nervios que llegan al músculo. ¿Qué consecuencias creés que produce la falta de mielina en las personas que padecen estas patologías?

Las sinapsis

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

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

► Axones y dendritas (**sinapsis axo-dendríticas**), axones y cuerpo celular de otra neurona (**axo-somáticas**) y entre axones (**axo-axónicas**). Aunque son menos frecuentes, también pueden establecerse sinapsis entre dendritas, entre somas, o entre dendritas y soma.

► Axones y células de los órganos efectores, como las musculares y las células secretoras de las glándulas.

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

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

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

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

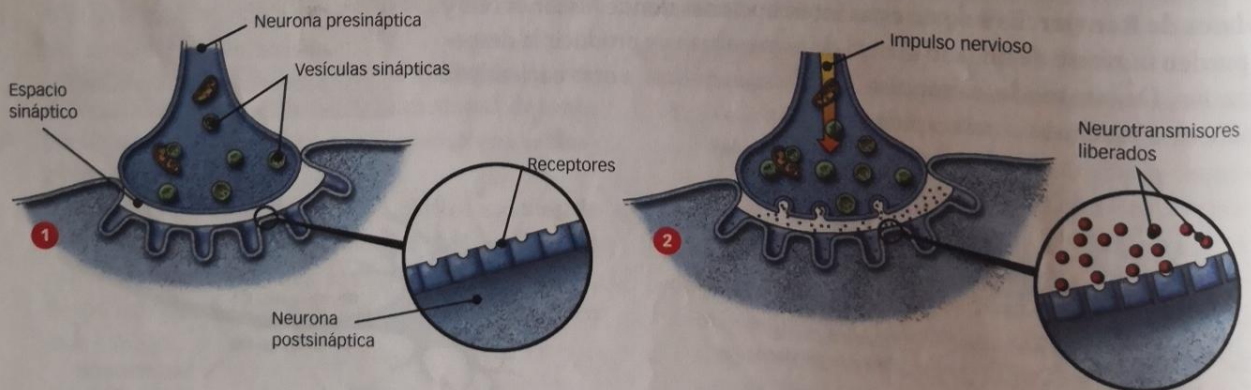
Sinapsis químicas

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

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

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

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



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

Los neurotransmisores

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

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

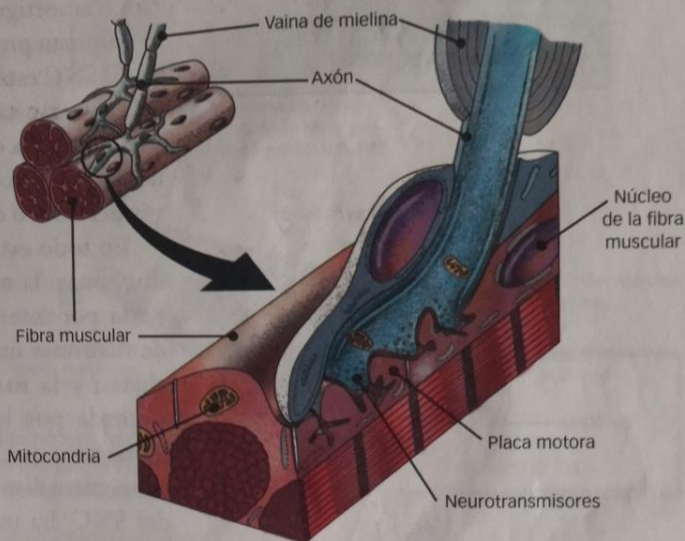
En el sistema nervioso se conocen más de cien neurotransmisores. Por ejemplo, la **acetilcolina** tiene generalmente un efecto excitatorio y provoca una despolarización en la célula postsináptica. Otro, el **GABA** (ácido gamma-aminobutírico), es generalmente inhibitorio. Tené en cuenta que una neurona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

La placa neuromuscular

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

La integración neuronal de señales

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



Esquema de la placa motora.

ACTIVIDADES

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

La organización del sistema nervioso humano

EL DETALLE

¿Líquido extra en el cerebro?

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

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

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

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

El sistema nervioso central

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

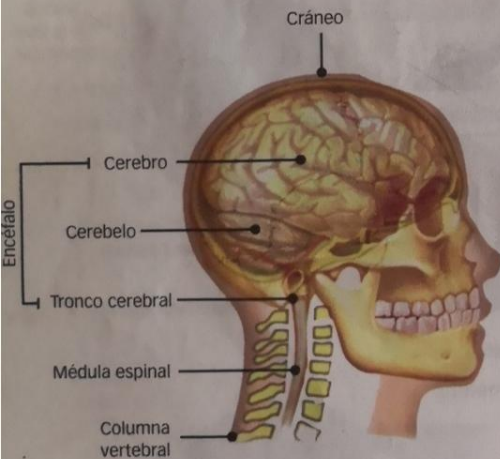
El SNC está constituido por el **encéfalo** y la **médula espinal**. El encéfalo, a su vez, está integrado por el **cerebro**, el **tronco cerebral** y el **cerebelo**.

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

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

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

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



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



El sistema nervioso periférico

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

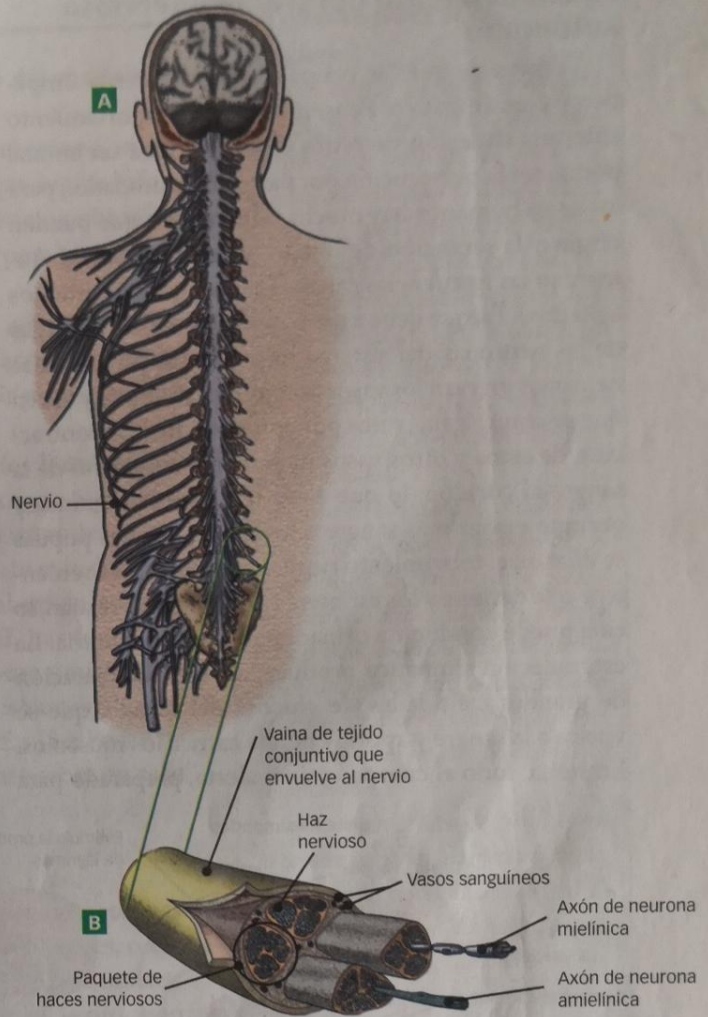
¿Recordás cuando mencionamos las neuronas aferentes? Son las que llevan información sensorial desde la periferia hacia el SNC. Los nervios periféricos también contienen axones de neuronas motoras o eferentes, que llevan señales desde el SNC hacia los órganos y músculos.

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

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

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

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



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

ACTIVIDADES

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

Funcionamiento del sistema nervioso autónomo

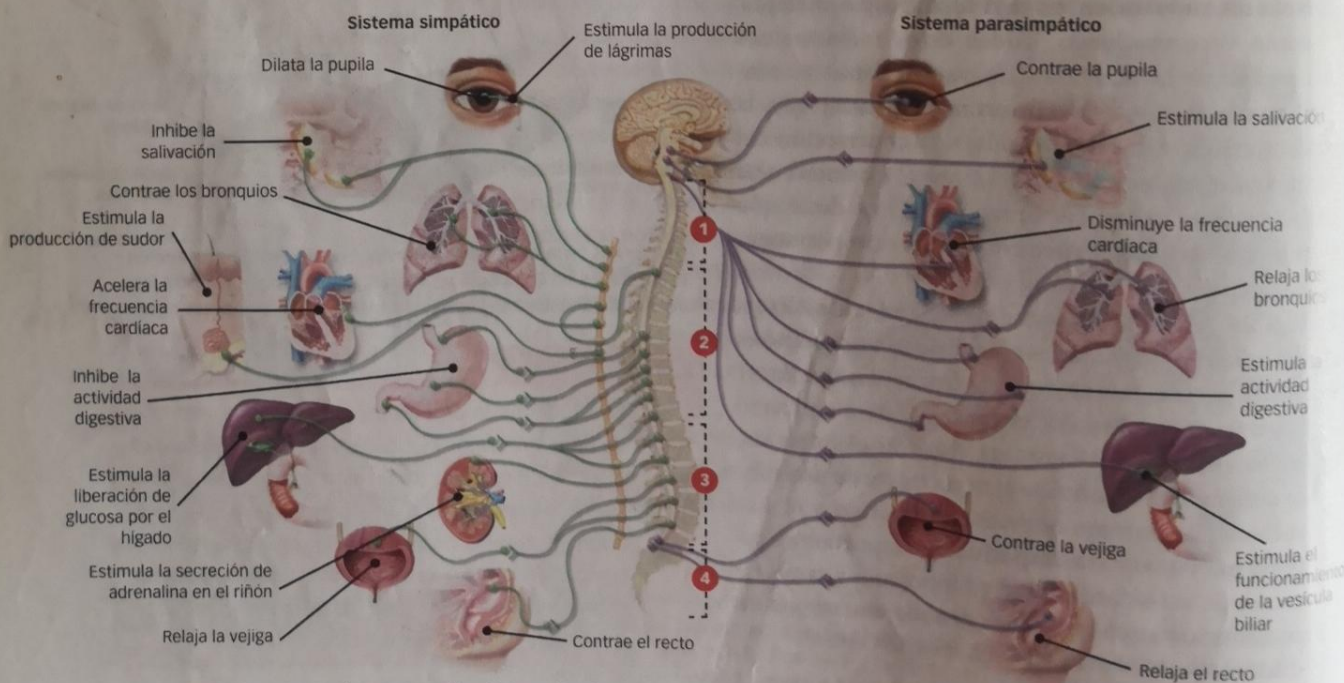
Veamos de qué "se ocupa" cada subsistema simpático y parasimpático. Pensemos en el comportamiento ante una situación de estrés o peligro. Para un animal podría ser la persecución por parte de un predador, para los seres humanos hay muchas situaciones que pueden originar la sensación de miedo. ¿Qué nos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

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

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

ACTIVIDADES

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



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

El encéfalo

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

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

La corteza cerebral

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

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

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

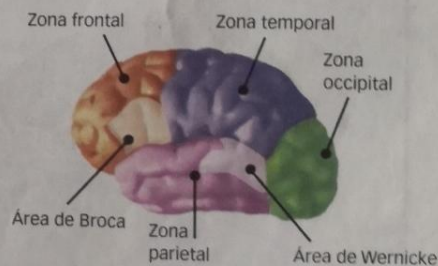
EL DETALLE

¿Cómo se procesa el lenguaje?

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

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

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



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

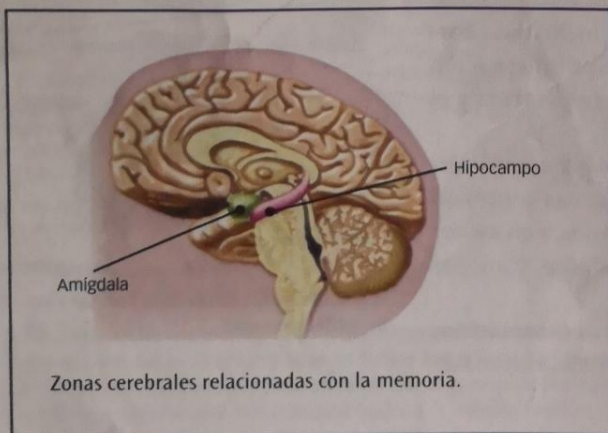
Aprendizaje y memoria

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

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

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

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



La enfermedad de Alzheimer

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

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

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

EL DETALLE

¿La cafeína podría combatir el Alzheimer?

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

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

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



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

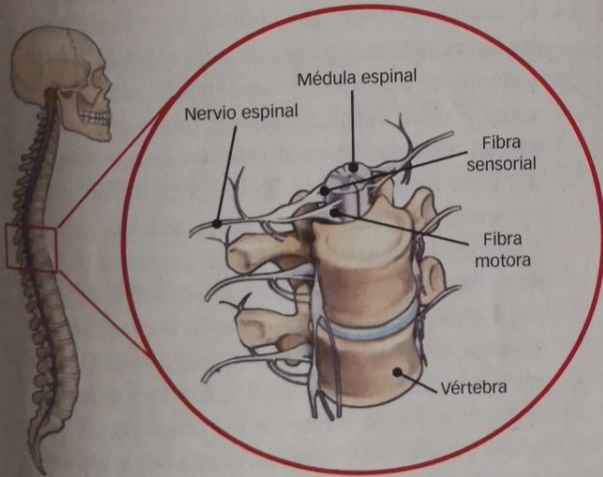
La médula espinal

Continuemos con el estudio del SNC. La médula espinal presenta distintas regiones, que, según su ubicación, se denominan **cervical**, **torácica**, **lumbar** y **sacra**. En cada región, la médula se divide en segmentos, cada uno de los cuales recibe información de zonas periféricas y también envía señales a través de los nervios del SNP. Estos nervios, que están integrados por axones de neuronas sensoriales y motoras, se fusionan entre las vértebras y forman los **nervios raquídeos** o **espinales**.

La materia gris, ubicada en el centro, contiene los somas de varios tipos de neuronas que controlan músculos voluntarios y el SNA, además de neuronas que se comunican con el cerebro y otras partes de la médula espinal. La materia blanca está formada por axones de neuronas tanto sensoriales como motoras y transportan señales desde los órganos internos, los músculos y la piel hasta el cerebro y llevan información desde el cerebro hasta los músculos que intervienen en los movimientos voluntarios, como caminar, comer o escribir.

ACTIVIDADES

12. Explicá cuál es la diferencia entre arco reflejo y acto reflejo.
13. ¿Qué parte del SNC interviene en la respuesta refleja?



Las fibras motoras y sensoriales forman los nervios raquídeos o espinales que, en pares, entran y salen de la médula espinal. Las fibras motoras de cada par inervan los músculos de un área diferente del cuerpo, y las fibras sensoriales reciben señales de los receptores sensoriales de la misma área.

El arco reflejo

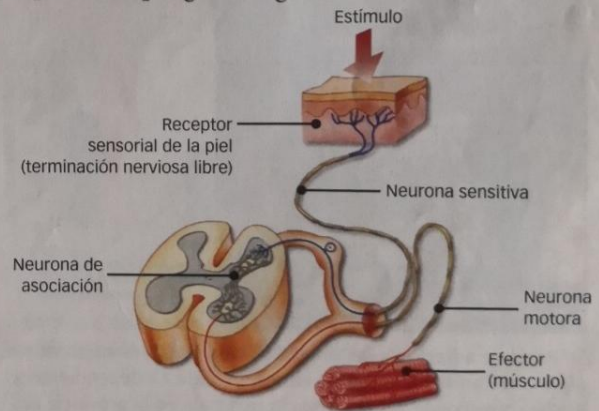
Además de recibir señales de ciertas zonas del encéfalo, la médula espinal también puede actuar independientemente en los movimientos reflejos. Cuando te pinchás un dedo, ¿"decidís" sacar la mano rápidamente? La verdad es que reaccionás sin pensar, es decir, en forma involuntaria.

Este tipo de respuesta se llama **acto reflejo** y se lleva a cabo mediante neuronas que trabajan en grupos denominados **arcos reflejos**. Se requieren al menos dos neuronas, pero frecuentemente hay más. Los componentes de un arco reflejo típico son:

- ▶ Un receptor sensorial que capta el estímulo; en el ejemplo mencionado, los receptores de la piel que recibe el pinchazo. Los receptores pueden ser los extremos finales de ramificaciones de neuronas sensitivas u otras células conectadas a neuronas.
- ▶ Una neurona aferente o sensitiva que lleva el impulso nervioso desde el receptor hacia la médula espinal.
- ▶ Una neurona eferente o motora que conduce la respuesta desde la médula espinal hasta el efector.
- ▶ Un efector, en este caso, el músculo que realiza la respuesta: el músculo se contrae y retira el brazo.

El arco reflejo debe su nombre a la trayectoria del impulso, que pasa del receptor hasta la ejecución de la respuesta.

Los actos reflejos son mecanismos que permiten mantener la postura correcta, regular la presión arterial, controlar el diámetro de los vasos sanguíneos o la secreción de las glándulas sudoríparas. También orientan al cuerpo respecto de las condiciones ambientales que ponen en peligro al organismo.



Esquema de un arco reflejo.

Las drogas en el sistema nervioso

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

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

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

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

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

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

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

ACTIVIDADES

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

Salud Activa

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

Podés ayudarlo.

0800 222 5462
orientación en
adicciones
las 24 hs.

0800 222 9911
Servicio de
Toxicología
las 24 hs.

Subsecretaría de
Atención a las Adicciones

Salud
Buenos Aires

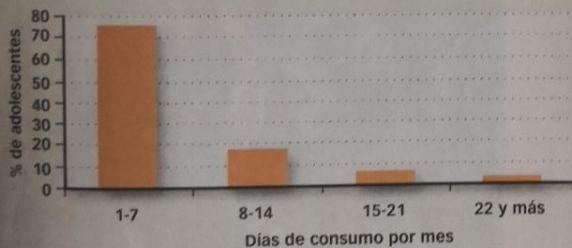
Se habla de **adicción a las drogas** cuando una persona consume alguna sustancia en forma repetitiva, periódica y dependiente. El afiche corresponde a una campaña realizada en la provincia de Buenos Aires en 2008.

Ciencia en tus manos

Análisis de gráficos de barras

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

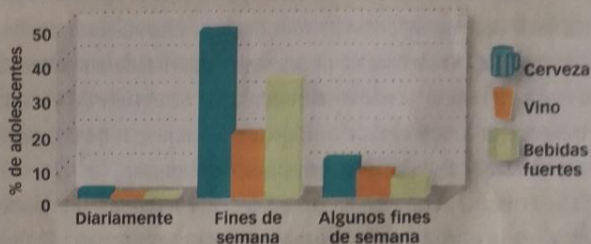
Una investigación sobre el consumo de alcohol en estudiantes secundarios de la provincia de La Pampa, realizada por el Ministerio de Bienestar Social de la provincia en 2007, reportó los siguientes datos, tal como se muestra en el **gráfico de barras**: el 72,7% de los adolescentes bebe alcohol entre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



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

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

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



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

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

ACTIVIDADES

15. Analicen el siguiente gráfico y respondan.

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



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

Sentirse gordo o flaco es una ilusión

Sentirse gordo o flaco es una ilusión construida en el cerebro, de acuerdo con un estudio publicado en la revista *Public Library of Science Biology*.

La investigación conducida por el doctor Henrik Ehrsson, del Instituto de Neurología del University College London (UCL), utilizó una estrategia llamada "la ilusión de Pinocho" en combinación con la resonancia magnética funcional (RMF), técnica que identifica las áreas activas del cerebro mediante la medición de los cambios en el flujo sanguíneo.

A cada uno de los diecisiete voluntarios participantes de este estudio se le ató a la muñeca un dispositivo, de modo de estimular un tendón, lo que creaba la falsa sensación de que la articulación de la muñeca se flexionaba. Al colocar la mano sobre cualquier otra parte del cuerpo, ese movimiento imaginario de la muñeca les hacía pensar que esa parte del cuerpo estaba reduciendo o aumentando de tamaño.

"Esta técnica se conoce como ilusión de Pinocho, porque uno siente que la nariz se alarga cuando nos tocamos la punta de la nariz. Es una forma de engañar al cerebro y manipular la imagen del cuerpo", indicó el profesor Ehrsson.

Durante el estudio, todos los participantes sintieron que su cintura se había encogido hasta un 28%. "Descubrimos que una parte específica de la corteza parietal se mostraba muy activa durante el experimento, con mayor actividad en las personas que sintieron la sensación de adelgazamiento más fuerte. Esto apoya la idea de que nuestros cerebros computan el tamaño de nuestro cuerpo integrando señales de la piel, los músculos y las articulaciones, así como otras 'pistas' visuales", sostuvo Ehrsson. Los científicos creen que una corteza parietal con poca o mucha actividad sería parcialmente responsable del trastorno de la percepción de la forma corporal que suele afectar a las personas que padecen anorexia.

Fuente: Ravilius, Kate.

"Identifican la zona del cerebro responsable de la forma como las personas ven su cuerpo", www.clarin.com/diario/2005/11/30/sociedad/s-03415.htm

[consultado en diciembre de 2009].

ACTIVIDADES

16. ¿Cuál era el propósito del estudio realizado en el Instituto de Neurología de Londres?
17. ¿A qué ilusión hace referencia el título de la nota?
18. ¿A qué se refiere el investigador cuando habla de zonas activas del cerebro? ¿De qué tipo de actividad está hablando?
19. ¿Cuál es la relación entre ambas noticias?
20. ¿Se te ocurre alguna otra situación que pueda explicarse por el "efecto Pinocho"?

Las ilusiones que genera el cerebro

Una demostración de cómo nos engañan nuestros sentidos se realizó en la feria científica "Las ilusiones del cerebro", en Barcelona. Neurocientíficos de varios centros españoles llevaron a la sala electrodos, cascos y programas de realidad virtual para que los asistentes pudieran experimentar en su piel lo fácil que es engañar al cerebro.

Más de un participante se quedó sorprendido al percibir como propia una mano de goma. María Victoria Sánchez Vives, del Instituto de Neurociencias de Alicante, logró ese efecto tapándole la mano real, enseñándole una de goma y estimulando simultáneamente las dos. "El cerebro recibe el estímulo táctil y ve la estimulación de la mano de goma", explicó Sánchez Vives. "Para interpretar esta situación, concluye que la mano de goma debe ser la real". "El cerebro rellena los huecos en la información de los sentidos", comentó Sánchez. "Este proceso es evidente en las ilusiones, pero actúa siempre: la realidad es una creación de nuestra mente".

Fuente: "Una feria muestra en BCN las ilusiones que genera el cerebro". En Ecuador Ciencia, www.ecuadorciencia.org/noticias.asp?id=32338&fc=20071029

[consultado en diciembre de 2009].



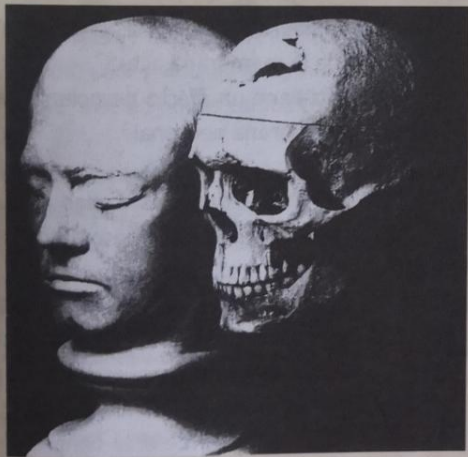
Phineas Gage y el cambio de personalidad

El caso de Phineas Gage constituye uno de los relatos médicos más recurrentes. Pocos son los médicos o los estudiantes de medicina que no han oído su historia.

Phineas era un técnico de ferrocarriles encargado de dinamitar el terreno para adecuarlo a la vía del ferrocarril. El 14 de septiembre de 1848 estaba realizando su trabajo, pero algo salió mal. Practicó un agujero en la roca e introdujo la pólvora como solía hacer, pero al deslizarse la barra de hierro que empujaría la pólvora hasta el fondo, una chispa debió saltar y se produjo la explosión. La barra salió disparada como una bala.

Phineas cayó al suelo, aturdido; sus compañeros acudieron hacia él visiblemente asustados. Se levantó, sangrando, y descubrió a treinta metros de allí la barra de hierro en el suelo con sangre y restos de masa encefálica. La barra había atravesado su cráneo. Había entrado por la mejilla izquierda, había atravesado el lóbulo frontal y había salido por la parte superior del cráneo.

Gage no murió al instante, de hecho, articuló algunas palabras y fue trasladado al consultorio del Dr. Harlow, el médico del pueblo, quien más tarde relataría el asombroso caso.



Cráneo real de Phineas Gage junto a una reproducción de su cabeza exhibido en el Museo de Medicina de la Universidad de Harvard.

La herida de Gage no se infectó pese a la rudimentaria medicina de la época. Podía hablar y caminar, y en dos meses el Dr. Harlow consideró que se había restablecido completamente y optó por darle el alta.

Pero no todo fue tan bien para Phineas. Sus familiares y amigos notaron que ya no era el mismo que ellos conocían. Gage, antes descrito como un hombre educado, responsable, equilibrado, puntual, eficiente, capaz, sensato y amable, pasó a convertirse en alguien inconstante, caprichoso, irrespetuoso, vacilante e impaciente. Mostraba crueldad y poca deferencia hacia sus compañeros y era incapaz de planificar el futuro.

Hay que decir que Gage siguió viviendo doce años más, al parecer, sin un rumbo fijo.

Nunca volvió a ser el mismo, y tras perder distintos trabajos por problemas con compañeros o por desidia, pasó a exhibir orgullosamente su herida junto a la barra de hierro en un circo.

Su cráneo, así como la barra de hierro que lo atravesó, están conservados en el Museo de Medicina de la Universidad de Harvard, Estados Unidos.

Hasta entonces se consideraba que los lóbulos frontales no tenían función alguna, sin embargo, el caso de Phineas es considerado la primera prueba de que estos son responsables de procesos tan esenciales como las emociones, la personalidad o las distintas funciones ejecutivas (responsables de nuestra conducta).

ACTIVIDADES

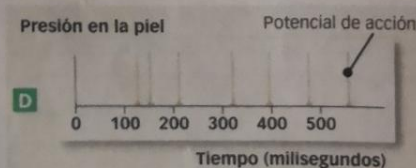
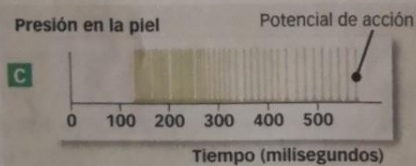
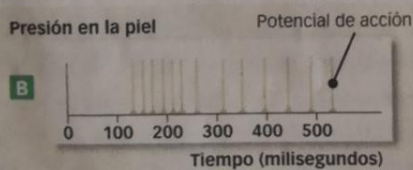
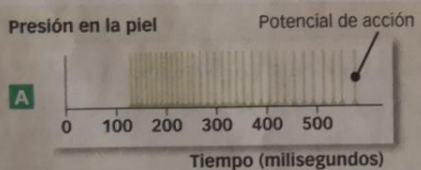
21. ¿Por qué Phineas Gage fue tan famoso?
22. ¿Qué estructuras encefálicas se vieron afectadas por el accidente?
23. Un frenólogo de la época, el Dr. Nelson Sizer, discípulo norteamericano de Gall, escribió en el *American Phrenological Journal*, en 1851: "Si recordamos correctamente, la barra pasó a través de las regiones de los 'órganos' de la Benevolencia y la Veneración, lo cual dejó esos órganos sin influencia sobre su carácter, de allí su falta de respeto y amabilidad, y su tendencia al comportamiento antisocial". ¿Qué le contestarías?
24. En la actualidad, ciertas zonas cerebrales se vinculan con las emociones, impulsos básicos como el temor, la ira, el hambre, la sed y el placer. Investiga de qué región se trata y dónde se ubica.

Actividades finales

25. ¿Cuáles de estas funciones debe realizar una neurona?
¿Por qué?

- Recibir información del medio interno o externo de otras neuronas.
- Integrar la información que recibe y producir una señal de respuesta adecuada.
- Conducir la señal a su terminación, la cual puede estar localizada a cierta distancia.
- Transmitir las señales a otras células nerviosas, glándulas o músculos.
- Coordinar las actividades metabólicas que mantienen la integridad de la célula.

26. En un experimento clásico, se presiona la piel de un gato con una pequeña sonda de punta roma, lo que estimula una neurona sensorial de un receptor táctil. La piel fue presionada con distintas intensidades y se registraron los potenciales de acción generados. Establecé un orden para los impulsos registrados de menor a mayor intensidad de estimulación. Justificá tu respuesta.



27. El concepto actual de "mapeo cerebral", es decir, la identificación de ciertas zonas cerebrales asociadas con determinadas funciones, ¿en qué se parece y en qué se diferencia de la postura de los frenólogos acerca de las funciones mentales?

28. Leé el siguiente texto y respondé.

Neurotransmisores tóxicos

En 1957, los científicos Lucas y Newhouse observaron que al alimentar a ratones lactantes con glutamato de sodio, se destruían las neuronas de la retina. En esta parte del ojo, el glutamato es uno de los principales neurotransmisores utilizados por las interneuronas y son los responsables de la transmisión de la excitación provocada por la luz desde los conos y los bastones. Diez años después, pudo establecerse que concentraciones altas de este neurotransmisor producían destrucción de ciertas regiones cerebrales.

El glutamato, una vez liberado en el espacio sináptico, permanece solo unos milisegundos, pero, si por algún motivo se acumula en concentraciones elevadas, puede actuar como una neurotoxina, produciendo la muerte de neuronas y células gliales.

- ¿Qué tipo de neurotransmisor es el glutamato y en qué región de la membrana actúa?
- ¿El glutamato tiene un efecto despolarizante o repolariza la membrana neuronal?

29. Analizá las siguientes situaciones. Luego indicá en tu carpeta qué parte del sistema nervioso autónomo está actuando en cada una. Explicá por qué.

- Estás frente a un profesor dando examen oral sobre un tema que no estudiaste mucho. Estás nervioso y un poco pálido. A medida que surgen las preguntas, te tiemblan y te sudan las manos. Antes de entrar en el aula, tenías ganas de ir al baño, pero se te fueron...
- Estás durmiendo luego de una abundante cena, de pronto, sentís unos golpes tremendos, te tiran la puerta abajo y unos encapuchados te apuntan con algo que parece un arma. ¡Chau digestión! Sentís que los músculos se ponen cada vez más tensos.
- Tus amigos te jugaron una broma pesada. ¡Los querés matar! Sentís que poco a poco tus pulsaciones vuelven al ritmo normal. ¡Qué día!

30. Respondé a las preguntas.

- En la enfermedad de Alzheimer, ¿qué tipo de memoria está afectada?
- ¿Por qué la falta de acetilcolina produce esos síntomas?

31. La Secretaría de Programación para la Prevención de la Drogadicción y la Lucha contra el Narcotráfico realizó en diciembre de 2003 un estudio a nivel nacional con 14.885 pacientes en salas de urgencia de hospitales de todo el país para determinar si existía alguna relación entre la situación de urgencia y el consumo de sustancias psicoactivas. Analizó el siguiente gráfico y respondé.



Fuente: El uso indebido de drogas y la consulta de emergencia. Primer Estudio Nacional. Sedronar, 2003. www.sedronar.gov.ar/images/archivos/plannacionaldedrogas.pdf. [consultado en diciembre de 2009].

- ¿Qué relación encontrás entre el consumo de sustancias y la consulta en emergencia?
- ¿Cómo podés vincular esta información con la aportada por la investigación realizada en la provincia de La Pampa?
- ¿Qué relación podés establecer entre los datos de este gráfico y los contenidos del capítulo?

32. El curare, un veneno utilizado por los indígenas sudamericanos en las puntas de sus flechas, es una mezcla de toxinas vegetales. Esta sustancia se une a los receptores de acetilcolina de los músculos, y los bloquea. En dosis altas, todos los receptores de acetilcolina están "ocupados" y está bloqueada la excitación muscular.

- ¿Qué efecto tendrá en músculos que se contraen rítmicamente, como el diafragma?
- En dosis bajas, se utiliza en cirugías como relajante muscular. ¿Cómo podrías explicarlo?

■ Libros

Golombek, Diego. *Cerebro: últimas noticias*. Buenos Aires, Ediciones Colihue, 2004.

Libro con información sobre la anatomía y funciones del cerebro, su relación con el sueño, el reloj biológico y los sentidos. Hay datos interesantes sobre el funcionamiento cerebral en relación con funciones complejas como la memoria, la conciencia y el aprendizaje.

■ Internet

www.uam.es/personal_pdi/medicina/algvilla/fundamentos/nervioso/nervioso.htm

Página de la Universidad Autónoma de Madrid, con animaciones sobre el sistema nervioso.

www.natureduca.com

Portal educativo de ciencias naturales y aplicadas: fauna, agricultura, plantas medicinales, geografía, geología, energías, cosmos. Encontrarás la anatomía y función del sistema nervioso. Hay información y distintos esquemas. En el mismo portal, también están los órganos de los sentidos.

www.tu.tv/videos/sistema-nervioso

Video sobre la estructura básica del sistema nervioso.

www.sedronar.gov.ar/

Secretaría de programación para la Prevención de la Drogadicción y la Lucha contra el Narcotráfico.

Cuando la voluntad vence obstáculos

La
posta

Por Alejandro Balbiano.

En julio de 2007, Jorge Rivas fue designado vicejefe del Gabinete de Ministros de la Nación. El 13 de noviembre de ese año, su vida cambió. Luego de cenar en un restaurante, se detuvo en una farmacia de Lomas de Zamora para comprar medicamentos. Lo atacaron dos hombres para robarle y le dieron un fuerte golpe en la cabeza. Quedó inconsciente. Cuando recuperó la conciencia descubrió que estaba cuadripléjico. Conocé cómo Rivas recuperó la capacidad para comunicarse.



Eduardo Lazzati es licenciado en Sistemas de Información. Su empresa, HADA, se especializa en inteligencia artificial aplicada al conocimiento.

Leticia Rodríguez es licenciada en Terapia Ocupacional. Estudió en la Facultad de Psicología de la UBA.

■ **Luego de ser atacado, Rivas fue llevado al Hospital Gandulfo, donde entró en estado desesperante. Le salvaron la vida, pero quedó en coma como consecuencia del traumatismo. ¿Podemos definir el estado cuadripléjico de Jorge Rivas?**

Leticia Rodríguez (LR): "Cuadripléjico" significa que no tiene movilidad activa en los cuatro miembros, es decir, ni en los brazos ni en las piernas. "Movilidad activa completa" es poder mover los brazos para saludar o las piernas para caminar. Si la persona tiene una mínima movilidad, como tiene el diputado Rivas en su dedo índice, igual se lo considera cuadripléjico. En el caso de Rivas se habla de un "síndrome de enclaustramiento" o ACV de tronco, pero se desconoce si se lo provocó el golpe con el arma contundente o cuando se cayó. "ACV" significa accidente cerebrovascular.

■ **¿Qué problemas le ocasionó el golpe?**

LR: Está en silla de ruedas y tiene "vestigios", es decir, un grado muy bajo de inicio de movimiento en algunos sectores del cuerpo. Tiene movimiento de cabeza, de cuello y de ojos. Respira por sus propios medios, pero no puede hablar. Pero está en el uso de sus facultades, lúcido y orientado en tiempo y espacio. Responde a órdenes simples y complejas.

■ **¿El problema fue en la médula o en el cerebro?**

LR: Cuando uno tiene un problema en la médula espinal puede quedar parapléjico, es decir, tener afectados los miembros inferiores. Eso dependerá de a qué altura de la médula tuvo la lesión -cervical, dorsal o lumbar-, y de eso dependerán los problemas motores y sen-

sitivos (movimientos y sensaciones) que va a tener. Si la lesión es en las cervicales, a la altura del cuello, también se lo considera cuadripléjico, porque no mueve los miembros superiores. Pero en este caso el problema es central, no es de médula, es del cerebro. En el caso de médula es como si se hubiera "cortado el cable". Nunca tuvo problemas cognitivos, y a nivel motor fue recuperando y lo sigue haciendo, ya que sigue en recuperación y rehabilitación con la esperanza de que aparezca más movilidad, más funcionalidad, sobre todo en una persona que ha logrado tantos avances.

Eduardo Lazzati (EL): La primera atención la recibió en el Hospital Gandulfo de Lomas de Zamora. Curiosamente, quien le salvó la vida fue el hospital público. Al principio no sabían que era Jorge Rivas. Luego se lo trasladó a una clínica privada especializada. Allí comenzó su tratamiento de recuperación y luego lo trasladaron a la clínica Basilea, donde trabaja Leticia. Todo esto, casi ocho meses después.

■ **Licenciado Eduardo Lazzati, ¿usted ya lo conocía?**

EL: Tenía una relación de amistad política con él, teníamos una relación afectiva y de compañeros de política. Pero cuando se produjo el incidente hacía años que no lo veía. Al enterarme del problema, no pude verlo enseguida porque estaba en cuidados intensivos. Solo meses después, a mediados de 2008, cuando empezó la rehabilitación, pude ir a verlo. Pero ignoraba todo lo que Leticia contó. No sabía que existía este cuadro en que Rivas se encontraba: consciente, cognitivamente sano, sin voz y sin ningún movimiento para comunicarse.

■ **Cuando lo vio, ¿cómo reaccionó usted?**

EL: Fui a saludarlo pensando que su rehabilitación era para poder volver a caminar. Y al encontrarlo en ese estado de "silencio" se me produjo un verdadero *shock*, sobre todo que yo lo conocía de la época de militancia política. Era una conciencia atrapada en un cuerpo. Fue terrible. No sabía cómo comunicarme con él, incluso no sabía cómo despedirme de él. No podía decirle "cualquier cosa que necesites, llámame". Entonces le dije "Jorge, me voy a ir pensando en cómo puedo ayudarte". Con Leticia no nos conocíamos aún. En ese momento Jorge estaba usando un puntero láser, que al mover la cabeza sobre un tablero de letras, formaba palabras.

LR: Era un comunicador de baja tecnología. Era una vincha con un puntero láser. La gente con la que intentaba comunicarse tenía que recordar la letra que señalaba y las anteriores, para armar la palabra. Es para palabras básicas y requiere un asistente continuo. Se usa solo para comunicaciones de vital importancia, porque es un sistema desgastante y arduo, para el paciente y para la persona con la que quiere comunicarse. En realidad, se comunicaba con gestos de sí y no.

■ **¿Qué hizo, entonces, luego de ese primer encuentro tan movilizante?**

EL: Al día siguiente me comuniqué con un amigo de Suecia y empezamos a diseñar y codificar un sistema. Nos dimos cuenta de que lo que teníamos que hacer no era a partir de la cabeza de Rivas, sino a partir de una cámara, y esa cámara debía estar en la computadora. La idea era hacer un programa que cumpliera esa función. Empezamos a programarlo. En ese momento, mi

"No sabía cómo comunicarme con él, incluso no sabía cómo despedirme de él. No podía decirle 'cualquier cosa que necesites, llámame'".

amigo me dijo que había localizado en Suecia productos comerciales que hacían algo parecido. A partir de ese dato, nos comunicamos con otro amigo en común, de la Universidad de Cataluña, que nos averiguó que algunos laboratorios de programación de inteligencia artificial habían realizado uno de estos programas que estaba disponible en forma gratuita en Budapest. En programación, un módulo es un *software* que agrupa un conjunto de subprogramas y estructuras de datos. Encontramos ese módulo programado en Budapest con código libre, es decir, gratuito; en Cataluña me dieron un módulo de teclado virtual para integrar y utilizamos una voz sintética que estaba también con código libre.

■ **¿Había antecedentes de este tipo de adelantos en la Argentina?**

EL: No había, que sepamos ni que estuviera publicado, ningún antecedente de este tipo de uso de elementos para comunicarse. Mientras yo estaba haciendo esto, conocí a la encargada de terapia ocupacional, Leticia Rodríguez, quien inmediatamente se sumó al proyecto. Al mes ya pudimos hacer algo con la computadora portátil de ella, ya que todavía no había una computadora propia.

LR: En estos temas se tienen que unir diferentes áreas y disciplinas. Los pacientes tienen problemas clínicos, neurológicos, cognitivos, psicológicos, y además están los avances tecnológicos. Varias áreas deben unirse para mejorar la calidad de vida de personas con difi-



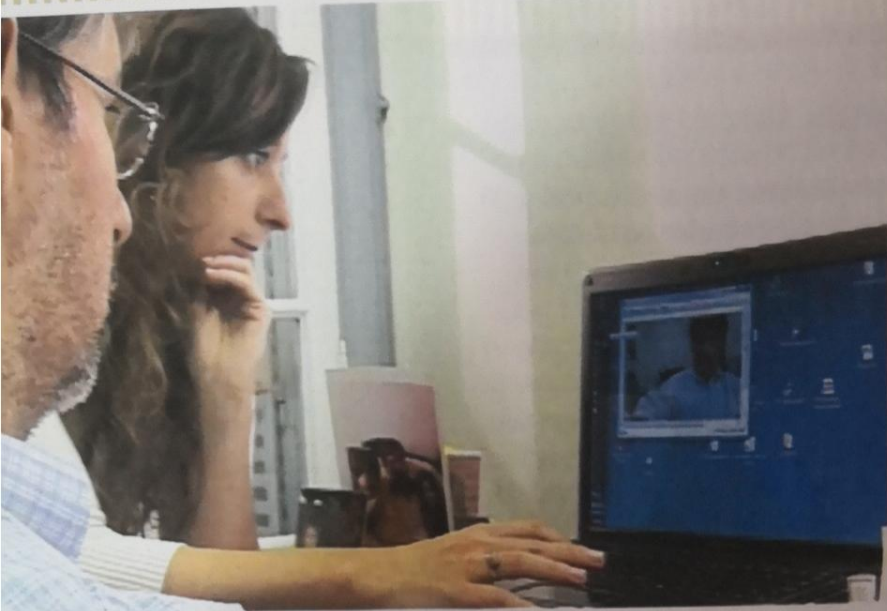
Jorge Rivas junto a Valeria Galliuli, su kinesióloga.

cultades. Para ellas esto es vital. La asociación entre estas partes es la primera vez que se logra en nuestro país.

■ **¿Cómo está conformado el sistema de comunicación que desarrollaron?**

EL: Hay tres módulos. Un módulo, que se conoce globalmente como "Head Mouse", es un programa que a partir de una cámara de video busca una forma semejante a un rostro. Luego sincroniza esa ubicación en la pantalla de la cámara, con la posición del cursor en la pantalla de la computadora. A partir de ahí, cada cierto intervalo de tiempo, digamos 10 milisegundos, vuelve a posicionar el rostro y entonces mueve el cursor. El cursor se va desplazando según se desplace el rostro. El segundo módulo permite poner sobre la pantalla de la computadora una representación de un teclado virtual, una matriz que tiene letras. Entonces cuando el cursor se detiene en una letra, después de un cierto intervalo de tiempo, el programa inter-

El programa de software se puede descargar en forma totalmente gratuita desde <http://hadasoft.com.ar>



"Rivas le ha puesto garra, constancia y disciplina a su problema. Disfruta de poder expresar lo que piensa". Lic. Leticia Rodríguez.

preta que se quiere seleccionar esa letra. La toma, hace un clic y la pone abajo. Así, letra por letra, va armando las palabras. Con este módulo también puede hacer que el cursor se mueva sobre cualquier programa y se puede cliquer sobre un vínculo de Internet, sobre una carpeta de abrir y cerrar. Solo faltaba agregarle un sintetizador de voz, para que cuando él terminara de escribir un texto, cualquiera pudiera oír lo que él escribió. Eso se hizo con una voz sintética que lee el texto. Es importante destacar que el *software* es totalmente gratuito y ya hubo descargas desde 27 países, luego de que se conoció el caso de Rivas.

■ ¿Qué más puede hacer el programa?

EL: Le agregamos un *mail* en forma accesible y le pusimos un programita que permite enviar mensajes a celular. La historia comenzó en julio de 2008 y, ya para octubre, Rivas se comunicaba "verbalmente" por este medio. En noviembre recibí el primer *mail* de Jorge, que empezaba diciendo "Querido Eduardo". Esa Navidad me consultó cómo hacerlo, y por Internet pudo comprar regalos a sus hijos.

■ Desde el punto de vista terapéutico, ¿cómo se lo entrenó a Rivas para que manejara el programa?

LR: Todo esto requirió un entrenamiento. Rivas hoy controla la cabeza como nosotros, la mueve igual que nosotros. Al principio costaba un poco más. Incluso el uso del *Head Mouse* y de este programa hizo que él tuviera mejor control de su cabeza. Hubo que entrenarlo para que él, con movimientos de izquierda a derecha, de arriba abajo, y diagonales, cubriera el rectángulo de la pantalla. Jorge tuvo que aprender al mismo tiempo computación, ya que siempre había tenido secretarías que lo ayudaban con eso. Hace clic con su dedo índice. Además del movimiento

"La historia comenzó en julio de 2008 y, ya para octubre, Rivas se comunicaba 'verbalmente' por este medio. En noviembre recibí el primer mail de Jorge, que empezaba diciendo 'Querido Eduardo'. Esa Navidad me consultó cómo hacerlo, y por Internet pudo comprar regalos a sus hijos".

de la cabeza, hay otro elemento muy importante en la recuperación: la tolerancia a la frustración. Y todo eso sumado a que no podía escribir en la computadora usando sus manos y sus dedos. Hoy es muy veloz con estos programas. Él tenía vestigios de movimiento en el dedo índice de su mano derecha. El trabajo conjunto fue de prueba y error. A Eduardo se le ocurrían cosas que yo ponía en práctica y Rivas nos daba su visto bueno. De ahí surgieron modificaciones, soluciones. Se anuló algunos botones del mouse porque también movía en forma conjunta el tercer dedo, el medio, y hacía líos. Cometía errores que lo frustraban y tiraba el aprendizaje para atrás. Por eso es muy importante también el componente anímico y psicológico de la persona. También tuvo que entrenarse para no distraerse cuando alguien entraba a la habitación, porque si no perdía el control del cursor.

■ ¿Qué recuperación tuvo Jorge Rivas?

LR: Desde el punto de vista ocupacional se logró el 100% de la recuperación, ya que ha logrado volver a su desempeño profesional, como diputado de la Nación. Habitualmente recupera primero sus actividades de la vida diaria. La persona que tuvo un accidente o una enfermedad que limitó sus movimientos o su capacidad de aprender, recupera objetivos chicos, relacionados con lo cotidiano: vestirse, salir y entrar de la cama, comer con una sola mano. Generalmente los objetivos a largo plazo son que la persona retome su actividad laboral o productiva. La terapeuta ocupacional lo que hace es evaluar a la persona, recomendar, sugerir o indicar adaptaciones y entrena al paciente. Hay que trabajar sobre la parte motora o sensitiva, pero a través de las actividades.

■ ¿Cómo es eso de que las opiniones de Rivas tienen valor legal?

EL: En el caso de Jorge Rivas se produjeron varias circunstancias únicas, que ocurrieron por primera vez en nuestro país. En general, una persona que no puede hablar ni escribir, no puede manifestar su voluntad. Esto implica la necesidad de tener un tutelaje, porque la persona, por ejemplo, no puede disponer de sus bienes, porque no puede expresar su voluntad, y alguien tiene que hacerlo por él. En el caso de Rivas, a través de un instrumento no tradicional, generamos una posibilidad de comunicación para que pudiera transferir su voluntad. Generamos un procedimiento en el que se involucró a la terapeuta ocupacional, un médico neurólogo, un escribano, un abogado y un informático, y labramos un acta de carácter privado por la cual delante del escribano, cada uno iba haciendo manifestaciones. El neurólogo afirmaba que le había hecho pruebas a Rivas y que tenía su capacidad intelectual intacta; se contó cómo funcionaba todo el sistema, y generamos un protocolo.

“Este es el primer caso en que una persona recupera, sin movimiento ni voz, la expresión de su voluntad. También recupera los derechos humanos y cívicos, y hasta recupera su banca”.

Lo único que faltaba resolver era que nadie, incluso yo mismo, pudiera hacerle decir cosas que no quisiera decir, por ejemplo *hackeando* el sistema. El protocolo total dice que, descripto el programa, sabiendo que su capacidad intelectual está sana y haciendo el paciente todo el procedimiento para que la máquina diga lo que él quería, si al terminar la máquina de decirlo Rivas asiente con la cabeza, se interpreta que esa es su voluntad. Además, Rivas es abogado y se puede defender a sí mismo. Esta acta de carácter privado se ha vuelto pública al asumir la diputación. Este es el primer caso en que una persona recupera, sin movimiento ni voz, la expresión de su voluntad. También recupera los derechos humanos y cívicos, y hasta recupera su banca.

Leticia
nos cuenta...

...cómo se le ocurrió ser terapeuta ocupacional.

Estudié terapia ocupacional porque cuando estaba en el secundario me gustaba el arte. Como soy una persona práctica, hice un año de bellas artes, pero quería plasmar la creatividad en algo útil, que sirviera, y como también me gustaba la psicología, entender a las personas, la carrera que surgió fue la de terapeuta ocupacional. Mi profesión está ligada al arte como terapia. Mi creatividad es cómo hacer que una persona pueda, por ejemplo, volver a lavarse los dientes con esa poca movilidad que tiene en el brazo, diseñando un mecanismo que lo ayude. Cada paciente es diferente.

...cuáles son sus pasatiempos.

Me gusta cocinar, bailar tango y el cine.

Eduardo
nos cuenta...

...cómo fue que se orientó hacia la computación.

En el colegio siempre me gustaron Matemática y Física. En cuarto año, por problemas familiares y de adolescencia, hice todas las materias mal, pero no me pude llevar ni Matemática ni Física. Todas las demás me las llevé. Algún profesor me dijo por qué no estudiaba computación y en lugar de hacer matemática pura o física, hice computación, que era más práctica. Pero me quedó una deuda, ya que me gustaba también la filosofía. Ahora, de grande, estudio filosofía, pero como pasatiempo. Me gusta mucho leer libros, sobre todo de ciencia ficción y de filosofía.



Foto gentileza de Prensa del diputado Jorge Rivas.



Foto gentileza de Prensa del diputado Jorge Rivas.

“Lo que nosotros hicimos fue combinar adecuadamente los módulos de *software* libre. Todo quedó sin cargo para Rivas y para cualquiera que lo quiera usar”. Lic. Eduardo Lazzati.

El 20 de mayo de 2009, Jorge Rivas asumió como diputado de la Nación. Ese mismo año condenaron a doce años de prisión a uno de sus agresores.

6

El control nervioso en los animales



LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

- Conocerás los modelos de organización nerviosa presentes en los animales.
- Comprenderás los cambios en la función y las estructuras nerviosas en el transcurso de la evolución.
- Estudiarás los conceptos de cefalización y encefalización.
- Analizarás las formas de control nervioso en los vertebrados e invertebrados.
- Aprenderás cómo comunican sus investigaciones los científicos y las científicas.



Retrato del médico, fisiólogo y físico italiano Luigi Galvani (1737-1798).

Patadas de rana

A fines del siglo xvii, en Bolonia, Italia, un profesor de Anatomía, Luigi Galvani, investigaba en su laboratorio la irritabilidad nerviosa de algunos animales. En cierta ocasión en que diseccionó una rana, dejó expuestos los nervios de las patas y la ubicó cerca de una máquina eléctrica. Uno de sus ayudantes tocó por azar el nervio con la punta de un bisturí y se sorprendió al ver que las ancas de la rana se contraían bruscamente en coincidencia con el salto de una chispa en el aparato. Galvani interpretó que la chispa provocaba un estímulo que incidía sobre el nervio a través del bisturí, y se descargaba sobre el músculo.

Para comprobar si un relámpago producía el mismo efecto, conectó los nervios de una rana al hilo conductor de un pararrayos, y la contracción se repitió. Según el científico, el relámpago atravesaba el cuerpo de la rana y provocaba el movimiento de las patas.

A partir de estas y otras experiencias, Galvani consideró que la respuesta se debía a cierto "fluido eléctrico" que, ante determinados estímulos, pasaba desde el nervio hasta el músculo y provocaba la contracción. Pensaba que este fluido tenía su origen en la electricidad atmosférica que se acumulaba lentamente en el interior del animal, y se descargaba súbitamente.

Su interpretación sobre los resultados del experimento estimuló a muchos otros científicos a indagar sobre los fenómenos de excitación nerviosa.

LO QUE SABÉS

1. Teniendo en cuenta tus conocimientos sobre el sistema nervioso en el ser humano, ¿qué le dirías hoy a Galvani?
2. Hacé una lista de cinco animales que conozcas. Luego anotá cuáles de ellos tienen sistema nervioso. ¿Dónde está ubicado? ¿Cuáles son sus partes?
3. Si no las pusiste, agregá en tu lista las medusas, las cucarachas y las esponjas de mar. ¿Cómo harías para averiguar, sin dañarlos, si tienen sistema nervioso?
4. Algunos animales pueden seguir moviéndose aunque pierdan la cabeza. ¿Cómo podrías explicarlo?

¿Todas las respuestas locomotoras son taxismos?

En el capítulo 3 vimos que las respuestas locomotoras que permiten a los animales orientarse respecto de un determinado estímulo se denominan "taxismos". Si el movimiento es hacia el estímulo, se llama "taxismo positivo" y si es en sentido contrario, "negativo". Así, el *termotaxismo* es la respuesta frente a la temperatura, el *fototaxismo*, respecto de la luz, y los *quimiotaxismos* se refieren a las respuestas de los animales frente a las sustancias químicas. Algunos estímulos, sin embargo, no producen una respuesta orientada, sino simplemente un cambio de movimiento, por ejemplo, un aumento en la velocidad, giros al azar más frecuentes o un retardo e incluso el cese del movimiento. En estos casos las respuestas se conocen como *cinesis*.

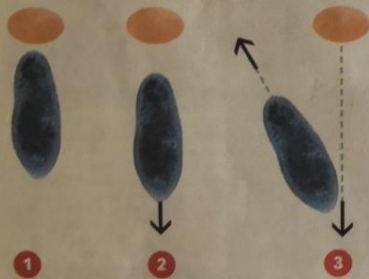
El control nervioso

Los animales reciben una variedad de estímulos simultáneamente, de distintas clases y procedencias. Como viste en el capítulo anterior, el sistema nervioso del ser humano se ocupa de la integración de los impulsos generados a partir de los estímulos, y transmite la información a los órganos efectores. Ahora bien, ¿todos los animales tendrán sistema nervioso? ¿Cómo será la organización estructural y funcional que permite el control nervioso en otros organismos?

Ya sea que se trate de capturar una presa, escarbar en la arena o aparearse, los comportamientos animales están generados por la actividad de motoneuronas (o neuronas motoras). Las conductas se modifican constantemente en respuesta a los estímulos del entorno. Como vimos en el capítulo 3, algunas respuestas son reflejos sencillos; otras son comportamientos más complejos y dependen de la información almacenada a partir de experiencias previas, lo que los hace poco predecibles.

Pero antes de "meternos" en el reino animal, veamos qué ocurre con la captación de estímulos y la elaboración de respuestas en organismos más simples. Aunque carecen de neuronas y músculos, en los protistas se han visto diversos comportamientos. El paramecio, por ejemplo, cuando "choca" con algún objeto o percibe un estímulo químico puede responder acercándose o alejándose. Si el estímulo es atractivo, los paramecios se hiperpolarizan ligeramente, batiendo los cilios hacia adelante. En cambio, si el estímulo es repelente, la célula se despolariza y el microorganismo invierte el batido de sus cilios, como si "remara" para atrás. Parece que la respuesta depende de cuál sea la zona de contacto; ciertos experimentos mostraron que la membrana celular del paramecio contiene canales iónicos que responden al estiramiento de la membrana celular que no están distribuidos en forma homogénea. Los canales de la membrana anterior, por ejemplo, responden al calcio, mientras que los de la zona posterior responden al potasio; por lo tanto, las respuestas o conductas de estos organismos unicelulares están controladas por cambios en el potencial de membrana debidos al flujo de diferentes iones.

Veamos otro ejemplo. Los euglenoides, protistas cuyos representantes más conocidos pertenecen al género *Euglena*, pueden responder positivamente a estímulos lumínicos, pero se alejan si la luz es demasiado brillante. Esto se debe a un fotorreceptor en la base del flagelo locomotor. Una vez captada la señal, emite un mensaje al flagelo, que el organismo utiliza como un látigo para desplazarse. ¿Y qué hay de los animales? De ellos nos ocuparemos en las páginas siguientes.



Respuesta de huida del paramecio.

1. El paramecio avanza hacia una sustancia agitando sus cilios.
2. Al detectar que se trata de una sustancia nociva, se detiene e invierte el batido de los cilios. Entonces, retrocede.
3. Luego, gira hacia su lado izquierdo y avanza en la nueva dirección.

ACTIVIDADES

5. En esta página aparecen conceptos que se presentaron en capítulos anteriores. ¿Tuviste dificultad para recordar de qué se trata cada uno? Si fue así, ¿te ocupaste de volver a buscarlos? ¿Por qué?
6. La reacción de huida del paramecio ¿es un taxismo o una kinesis?

El control nervioso en los invertebrados

En las esponjas, las células no están organizadas en tejidos ni en órganos, pero existen distintos tipos de ellas. Las que recubren su superficie externa, las células epiteliales, pueden contraerse en respuesta al tacto o frente a determinadas sustancias químicas y así se cierran los poros a través de los cuales circula el agua con nutrientes. Como te darás cuenta, en las esponjas no podemos hablar de un “sistema nervioso”, sino de células aisladas con capacidad de responder a estímulos. En las páginas siguientes veremos cómo está organizado el control nervioso en otros animales.

Neuronas en red: plexo nervioso

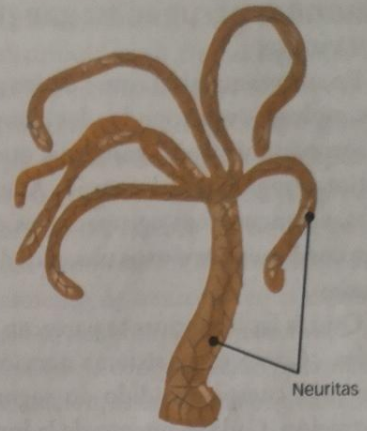
En el siglo XIX, el biólogo inglés G. J. Romanes, mientras trabajaba con medusas de la especie *Aurelia aurita*, observó que al realizar cortes en el disco de este organismo y luego estimularlo localmente se generaba una onda de contracción que se extendía alrededor del disco. Esta onda no se interrumpía si se separaban (o se abrían) porciones de tejido. ¿Qué implica esto? Que el impulso no se transmite a lo largo de una cadena lineal de neuronas, sino que se irradia desde el punto de estimulación en cualquier dirección.

Las neuronas de las medusas y otros cnidarios pueden estar separadas unas de otras, pero, en ciertos casos, las prolongaciones de células vecinas están fusionadas y forman una malla continua. Este modelo de organización nerviosa en el que hay conexiones en forma de **plexo** o **red** se denomina **difuso**.

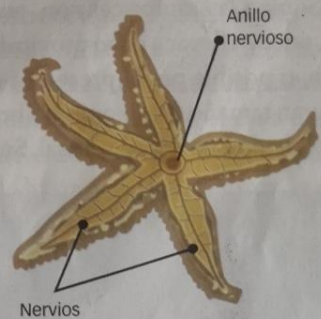
El plexo nervioso es una extensa red situada en la epidermis o por debajo de ella, que se extiende por todo el cuerpo. La densidad de esta malla puede variar en las distintas zonas (puede haber más neuronas en una región que en otra). Ciertas medusas, por ejemplo, presentan más prolongaciones nerviosas sobre los músculos de contracción rápida. ¿El resultado? Una respuesta más rápida del animal.

Otros animales de simetría radial, como las estrellas de mar, pertenecientes al grupo de los equinodermos, poseen unas estructuras llamadas “pápilas”, que el animal retrae cuando lo tocan. Esta reacción es posible gracias a la existencia de un plexo nervioso ubicado debajo de la piel.

Tené en cuenta que el plexo nervioso se originó tempranamente en la evolución de los animales y no se perdió por completo, ya que también está presente en forma aislada en otros animales, como los moluscos, y en ciertas zonas de los vertebrados.



En los cnidarios no se distinguen axones ni dendritas, y las prolongaciones neuronales se denominan **neuritas**. Los impulsos nerviosos se transmiten mediante la liberación de neurotransmisores desde vesículas ubicadas en dos células contiguas, por lo tanto, la transmisión es bidireccional.



Las estrellas de mar tienen un plexo epidérmico y también un anillo nervioso alrededor de la boca, del que parten nervios que se extienden hacia los brazos y coordinan así el desplazamiento del animal.



La red neuronal les permite a estos animales responder a estímulos mediante acciones como moverse, contraerse y capturar presas.

Neuronas agrupadas: ganglios y cordones nerviosos

En otros animales, como en los platelmintos, anélidos, moluscos y artrópodos, los cuerpos de las neuronas se agrupan formando **ganglios**, que se concentran en distintas regiones del cuerpo. Además de estos ganglios, se encuentran agrupaciones de axones que forman **cordones nerviosos** ubicados de distintas maneras. Veamos.

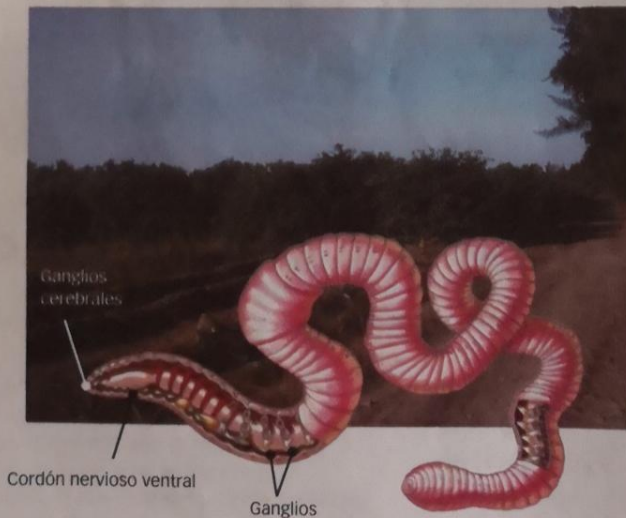
Quizás las lombrices te parezcan unos sencillos animales. ¿Cómo es su sistema nervioso? Estos anélidos tienen el cuerpo dividido en segmentos. Observa la ilustración. Cada segmento de la lombriz posee un par de ganglios, conectados con los segmentos contiguos a través de fibras nerviosas sensitivas y motoras que forman un **cordón nervioso ventral** a lo largo del cuerpo. Además de este sistema de nervios periféricos, tienen un sistema central constituido por un par de **ganglios cerebrales** que se conectan con el cordón nervioso ventral.

Si bien las lombrices son, en general, animales lentos, pueden llevar a cabo movimientos rápidos de huida. Esto es posible por la presencia de uno o varios axones de gran tamaño, los axones o fibras gigantes, localizados en el cordón nervioso ventral. Su gran diámetro aumen-

ta la capacidad de conducción y permite la contracción simultánea de los músculos de muchos segmentos, lo que permite un movimiento más rápido.

En los moluscos sigue habiendo cordones y ganglios nerviosos, con ciertas particularidades, por ejemplo:

- ▶ Los bivalvos, como las almejas y los mejillones, tienen tres pares de ganglios: un par **cerebral**, otro **visceral** y otro ubicado en el pie musculoso, que utilizan para sujetarse al sustrato (**ganglio pedial**), interconectados por dos pares largos de cordones nerviosos. La apertura y el cierre de la valvas, propios de estos animales, están controlados por los ganglios viscerales.
- ▶ En los cefalópodos, como el pulpo y el calamar, un grupo de ganglios ubicado alrededor del esófago constituye un verdadero cerebro, que se encuentra rodeado por una masa cartilaginosa que lo protege. Podemos decir que cuando un grupo de ganglios anteriores centraliza la función de control, es un verdadero **ganglio cefálico** o **cerebro**. ¿Sabías que los pulpos son los invertebrados que poseen el sistema nervioso más complejo? Presentan un número enorme de neuronas que están dispuestas en lóbulos cerebrales altamente especializados.



La fibra gigante de *Lombicus* tiene una velocidad de conducción de entre 20 y 45 m/s, mucho más rápida que las neuronas normales de estas especies. Esto se debe, además, a que estas fibras gigantes están encerradas en vainas de mielina.



Los calamares son excelentes predadores. Se mueven rápidamente gracias a las fibras gigantes que inervan el manto, que al contraerse bruscamente permiten la locomoción a chorro. En la imagen, ubicación del ganglio cefálico.

Veamos qué sucede en los artrópodos. Estos animales tienen un sistema nervioso semejante al de las lombrices, pero con tres pares de ganglios cerebrales de mayor tamaño, y cuentan con órganos de los sentidos mucho más desarrollados. Si bien el cerebro es el centro principal de integración de los estímulos percibidos a través de los órganos sensoriales, varias actividades son controladas en cada segmento, al igual que en los anélidos. Muchos insectos y arañas, por ejemplo, pueden moverse, correr y realizar otras actividades aun sin cerebro, como el saltamontes, que puede ¡saltar y volar sin él!

Si repasamos las características generales del sistema nervioso en los anélidos, moluscos y artrópodos, podemos establecer un modelo general compuesto por una cadena nerviosa ganglionar ventral y nervios segmentarios. Este modelo de organización nerviosa se denomina **sistema ganglionar bilateral**.

Complejidad nerviosa: cefalización

A medida que se asciende en la escala zoológica, las estructuras nerviosas se van concentrando en otras más complejas, hasta constituir ganglios y órganos especializados. Así, mientras que en los cnidarios aparecen las primeras células especializadas en la transmisión del impulso nervioso, en los anélidos y los artrópodos ya vemos un cordón nervioso ventral y ganglios segmentarios.

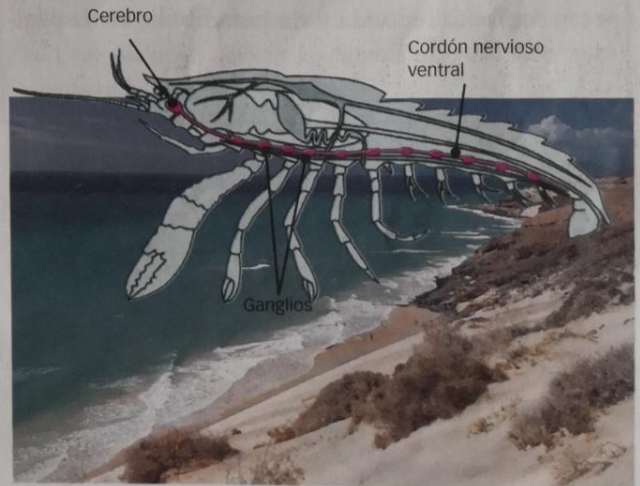
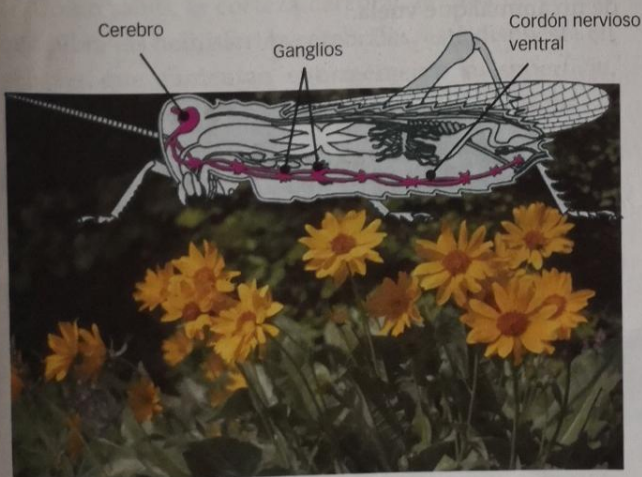
En la mayoría de los moluscos, como los bivalvos, los ganglios están distribuidos en ciertas regiones del cuerpo, y en los más evolucionados (los cefalópodos), el ganglio anterior ya constituye un verdadero ganglio cefálico o cerebro. ¿A qué nos referimos? A grupos de neuronas agrupadas en ganglios cerebrales, los que a su vez se fusionan y forman un cerebro único que recibe información sensorial y controla los movimientos de la cabeza. Este agrupamiento de neuronas en el extremo anterior de un animal se denomina **cefalización**.

Por lo tanto, además de la concentración neuronal se observa una profundización, es decir, una posición cada vez más interna y menos superficial, y una protección cada vez más importante de las estructuras nerviosas.

Las áreas cerebrales

En el capítulo anterior vimos que en los seres humanos la estimulación de ciertas zonas cerebrales conduce a respuestas específicas. ¿Qué sabemos respecto de otros animales? Veamos algunos ejemplos.

En los insectos, la destrucción del ganglio que rodea al esófago aumenta la frecuencia de ciertos movimientos. Por ejemplo, las hormigas continúan limpiándose las patas y las antenas, sin detenerse. En el caso de los grillos, la extirpación de ciertas zonas cerebrales hace que continúen cantando hasta quedar exhaustos, lo que estaría indicando el papel que tienen determinadas regiones cerebrales en la producción del canto "normal".



Los artrópodos poseen ganglios que coordinan las funciones reflejas de cada segmento corporal. En el extremo anterior del cordón nervioso ventral, uno o más conjuntos de neuronas agrupadas en ganglios se fusionan y forman un cerebro que recibe información sensorial y controla los movimientos de la cabeza.

El control nervioso en los vertebrados

En el capítulo anterior nos dedicamos al sistema nervioso de los seres humanos, pero ¿qué sucede en otros vertebrados? En general, tienen muchas más neuronas que los invertebrados, exceptuando a los pulpos. En el transcurso de la evolución ha existido una tendencia hacia la acumulación de neuronas en un sistema nervioso central que se conecta con receptores sensoriales y con los músculos efectores a través de nervios.

Los organismos complejos y más evolucionados no solo tienen más neuronas, sino que estas células especializadas están concentradas en un **encéfalo** de gran capacidad funcional, que suele estar en el extremo anterior del animal. Este proceso evolutivo se conoce como **encefalización**.

¿Te acordás de que en los invertebrados el sistema nervioso tiene una localización ventral? En los vertebrados, en cambio, se ubica dorsalmente.

Como vimos en el capítulo 5, el sistema nervioso de los seres humanos se divide anatómicamente en un sistema nervioso central y otro periférico. En cada uno de ellos caracterizamos distintas regiones tanto anatómicas como funcionales. ¿Podremos identificar estas mismas zonas en otros animales?

El cerebelo

En los vertebrados primitivos, como las lampreas (peces con boca redonda y sin mandíbula, ver la pági-

na 121), la parte anterior del encéfalo está ocupada en su mayor parte por el sistema olfatorio. A través de la evolución, esta región, que incluye el cerebro, tiende a alargarse, como puede verse en algunos tiburones o en los peces óseos. El alargamiento de la región olfatoria se correlaciona con una mayor importancia de la información olfativa, con el desarrollo de comportamientos complejos y un mayor control de las contracciones musculares.

Una de las regiones encefálicas fundamentales en el mantenimiento del tono muscular y el equilibrio es el **cerebelo**. El cerebelo compara e integra todas las señales relacionadas con el tacto, la visión y el oído, además de señales internas, y la información resultante permite mantener la postura, orienta al animal en el espacio y coordina los movimientos de las extremidades.

Imaginemos un animal saltando o volando en un ambiente con múltiples estímulos; te darás cuenta de que resulta fundamental que pueda mantener la postura y la orientación espacial. En los peces, por ejemplo, se ha visto que el cerebelo es relativamente más grande en los nadadores activos que en los peces de fondo. Esto parece indicar que el tamaño del cerebelo es proporcional al papel que desempeña.

En los animales aeroterrestres, la comparación de los encéfalos de diversas especies revela que el cerebelo de las aves es mucho mayor que el de los mamíferos. La diferencia podría relacionarse con una mayor complejidad en el control de los movimientos y la orientación de un animal que vuela.



Representación de encéfalos en distintos vertebrados; en rojo, el cerebelo. Las imágenes no están a escala.

El cerebro

El tamaño del cerebro varía mucho entre las especies. Los tiburones y las rayas más primitivos tienen el cerebro de tamaño semejante al de los anfibios, pero en los más evolucionados el tamaño relativo es similar al de las aves y los mamíferos. ¿Por qué hablamos de tamaño relativo? El tamaño absoluto del cerebro, es decir, su volumen, no es una buena medida de su desarrollo y sus potencialidades, ya que depende del tamaño del cuerpo. El cerebro humano, por ejemplo, tiene un peso de alrededor de 1.400 g. Pero otros mamíferos lo superan: los elefantes cuentan con un cerebro de alrededor de 6 kg y los de ciertas ballenas ¡superan los 9 kg! Dado que el cerebro coordina el funcionamiento de todo el cuerpo, entre otras funciones, su tamaño guarda relación con el tamaño del cuerpo del animal.

¿Cómo se puede medir, entonces, el grado de desarrollo del cerebro? Una forma es utilizando el **coeficiente de encefalización (EQ)**, que es la relación entre el peso del cerebro y el peso del cuerpo. En los seres humanos, el EQ es mayor que 7 (aproximadamente 3,5 veces mayor que el de otros simios), mucho mayor comparado con el EQ de especies de gran tamaño, como las ballenas.

El incremento del tamaño cerebral se relaciona con la mayor cantidad de información sensorial que el cerebro recibe y que va acompañado de un aumento en la cantidad de centros de asociación.

La corteza cerebral

Como sabés, la corteza cerebral, la capa de células que cubre los hemisferios cerebrales, está dispuesta en pliegues que aumentan enormemente su superficie. Pero no es así en todos los mamíferos. En las zarigüeyas

y muchos roedores, la corteza es lisa. En la mayoría de los primates, el grado de plegamiento es bastante variable, y parece ser mayor en las especies de gran tamaño.

En cuanto a las regiones de la corteza, su tamaño y su localización, se sabe que, al igual que con otras áreas encefálicas, la cantidad de espacio cerebral asociado con cada área sensitiva (visual, auditiva, etc.) está relacionada con los hábitos de la especie.

Además, como vimos en el capítulo anterior, en los mamíferos superiores la corteza cerebral contiene grandes zonas que no son sensoriales ni motoras, sino que corresponden a la corteza de asociación y son responsables de funciones como la memoria y la comunicación.

EL DETALLE

¿Tenemos un cerebro pequeño?

En comparación con el cerebro de animales tan grandes como los elefantes o las ballenas, el casi kilo y medio de cerebro de los mamíferos humanos parece diminuto. Pero los cálculos apropiados revelan que el cerebro de un elefante representa una milésima parte de su peso, y en los cachalotes la relación es 1/10.000. En los seres humanos, la relación 1/60 indica que, en términos relativos, nuestra especie posee un cerebro extremadamente desarrollado.

La evolución humana se caracteriza por el incremento en el volumen del cerebro. La encefalización no solo implica el incremento de la relación entre el cerebro y el tamaño del cuerpo, sino también el crecimiento diferencial de ciertas áreas, especialmente el lóbulo frontal, que en el Homo sapiens representa el 25% del volumen del cerebro (para los gatos es solo el 3%). La región frontal y sus conexiones límbicas y subcorticales son las áreas más vinculadas con la toma de decisiones.



En la evolución de los vertebrados, nuevas estructuras se han añadido al cerebro primitivo (el que aparece en los mixines y las lampreas). El aumento de la encefalización permite respuestas mucho más rápidas y gran capacidad para almacenar información.

El sistema nervioso autónomo

Comencemos por repasar otros temas que vimos en el capítulo anterior. En los seres humanos, el sistema nervioso periférico (SNP) incluye el sistema nervioso somático (SNS) y el sistema nervioso autónomo (SNA), el cual, a su vez, se divide en dos sistemas que controlan las actividades de los órganos internos y funcionan en forma antagónica. Esta estructura se repite en todos los mamíferos. Recordá que el sistema nervioso simpático prepara el cuerpo para la acción, y el sistema parasimpático hace que el cuerpo retorne a un estado de reposo.

¿Cómo se presenta el SNA en los vertebrados no mamíferos? Si bien se sabe que la mayoría de los órganos internos de los vertebrados reciben inervación antagónica, no está muy clara la anatomía comparada del SNA. Ciertas investigaciones indican que las divisiones funcionales simpática y parasimpática no siempre se corresponden con la misma región de la columna vertebral. En muchos casos, por ejemplo, los nervios que salen de estas regiones tienen una función mixta.

En las lampreas, el SNA es incompleto, ya que no existen cadenas simpáticas (cada cadena es una secuencia de neuronas comunicadas). En los peces más evolucionados, en cambio, está bien desarrollado tanto en los cartilaginosos (rayas y tiburones) como en los óseos. Este sistema, por ejemplo, interviene en la regulación del funcionamiento de la vejiga natatoria, órgano que regula la flotabilidad de los peces óseos.

En los anfibios, reptiles y aves, la estructura y disposición del SNA es muy similar.



Las lampreas son peces sin mandíbulas. Poseen un sistema nervioso autónomo incompleto, en el cual se han identificado fibras que inervan los riñones, los vasos sanguíneos, las branquias y otros órganos internos.

El control nervioso: a modo de conclusión

En líneas generales, podemos decir que en los animales más primitivos (como los invertebrados), los receptores y los efectores están distribuidos por todo el organismo, mientras que en animales más evolucionados, las neuronas son más numerosas, los circuitos neuronales son más complejos y el sistema nervioso se compacta y forma un SNC en el que la cercanía entre las neuronas aumenta las posibilidades de conexiones entre ellas.

En el sistema nervioso de los vertebrados hay un gran número de neuronas individuales identificables, por lo que se dice que existe una enorme "redundancia". En los invertebrados, en cambio, una sola motoneurona puede controlar todas las fibras de un determinado músculo. A veces, incluso, una misma neurona puede inervar a más de un músculo de una extremidad. En los vertebrados, cada músculo esquelético está inervado por un conjunto de varios cientos de motoneuronas, cada una de las cuales controla una unidad motora, aproximadamente diez fibras musculares (aunque pueden ser más de 2.000). Dado que las motoneuronas que se agrupan en un determinado conjunto tienen propiedades fisiológicas similares, la información que cada una obtiene es similar a la de todo el conjunto.

ACTIVIDADES

7. ¿Qué implicancias creés que tendrá la redundancia del sistema nervioso de los vertebrados en el caso de que se produzca una lesión o un daño de una neurona motora? ¿Y si se trata de un invertebrado?

Ciencia en tus manos

Análisis de un texto científico

Cuando hablamos de un **texto científico**, ¿en qué tipo de texto pensás? Existen diversos formatos a través de los cuales los científicos que investigan un determinado tema “cuentan” sus resultados. La comunicación es una parte fundamental de la actividad científica. Pero los científicos ¿comunican de la misma forma cuando divulgan su conocimiento a la sociedad que cuando lo comparten con sus colegas? Si bien en su lugar de trabajo cada uno plantea sus propios problemas y decide cómo y qué datos registrar, entre otras variables, para comunicar resultados, se utilizan determinados formatos aceptados por toda la comunidad científica. Veamos, como ejemplo, el trabajo científico tal como aparece en una revista de publicación periódica.

Título: se trata de expresar en pocas palabras el tema del artículo.

Resumen: permite tener una idea aproximada de su contenido.

Introducción: los autores dan cuenta de los trabajos previos en los que se basa el trabajo que presentan.

Luego, el tipo de comunicación es variable: suelen incluirse los materiales y métodos utilizados, los tipos de aparatos de medición, las entrevistas realizadas, experimentos varios, etc.

Los resultados pueden informarse utilizando gráficos o tablas u otras expresiones. Se plantean las conclusiones y los posibles trabajos por desarrollar.

Los resultados pueden informarse utilizando gráficos o tablas u otras expresiones. Se plantean las conclusiones y los posibles trabajos por desarrollar.

La evolución de la neurobiología

Resumen. Introducción y desarrollo y de otras especies

INTRODUCCIÓN

Una de las grandes preguntas a esta pregunta de la más contemporáneo cerebro

Humanos. Mixto UCM-ISCIII
Edo, 4. Pabellón 14.

La evolución del cerebro en el género Homo y la neurobiología que nos hace diferentes

M. Martín-Loeches, P. Casado, A. Sel

P. Casado, A.

estimación bastante precisa del volumen de un cerebro que ya no existe, nos puede indicar cómo era la forma de ese cerebro y en qué medida unas zonas de su parte más externa eran más grandes que otras, y también nos puede decir si había diferencias entre los hemisferios.

Por lo tanto, para saber en qué es nuestro cerebro diferente del de otras especies animales, tanto vivas como extintas, podemos llevar a cabo comparaciones volumétricas y morfológicas macroscópicas. También podemos hacer comparaciones a una escala microscópica, pero en este caso, evidentemente, sólo entre especies vivas; se pierden, por tanto, todos los pasos intermedios que nos separan de los primates más cercanos a nosotros. A pesar de ello, la información obtenida de este tipo de comparaciones es enormemente fructífera, como veremos.

En el presente trabajo se revisan de manera concisa los diferentes hallazgos macroscópicos y microscópicos en relación con las singularidades del cerebro humano. Empezamos por los datos obtenidos mediante una aproximación macroscópica.

EVIDENCIAS MACROSCÓPICAS

El proceso de mi

Sierpinski que el tamaño humano nimos, rece el cerebro el que La tiene el Si no la halla

1. Jerison HJ. Inevitablemente mic Press; 19
2. Jerison, H.J. from here? In primate cereb p. 305-37

Autores: los artículos suelen llevar los nombres de todos lo que intervinieron en el trabajo.

Referencias bibliográficas: finalmente, hay una lista de referencias bibliográficas que contienen las citas de todos los problemas, ideas o resultados previos sobre los cuales se basó el trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
2. ... where do we go from here? In primate cereb p. 305-37
3. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
4. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
5. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
6. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
7. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
8. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
9. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
10. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
11. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
12. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
13. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
14. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
15. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
16. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
17. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
18. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
19. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
20. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
21. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
22. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.
23. ... the primate cerebral cortex. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 187-215.

Lugar de trabajo: datos sobre la institución donde se desarrollan las actividades y el lugar de pertenencia a organizaciones, como universidades.

ACTIVIDADES

8. Buscá, en este capítulo o en otros, artículos en los que se comuniquen resultados. Pueden ser las lecturas que aparecen al final (en “Leo, luego entiendo”). Compará esos textos con el de esta página. ¿Tienen las mismas secciones? ¿Aparecen consignados los autores y el lugar de trabajo? ¿Hay un resumen? Si no es así, elaborá un resumen de entre doscientas y trescientas palabras. Luego dáselo a tu compañero para que lo lea. Preguntale de qué se trata la noticia o el texto que elegiste. Compará su explicación con lo que vos entendiste del trabajo completo. ¿Coinciden? ¡Fantástico! Tu poder de síntesis es bueno. ¿No tienen nada que ver? ¡Habrá que hacer un resumen nuevo!

El mar tiene más oídos de lo pensado

Los calamares, los pulpos, las sepias y nautilus, el grupo de animales marinos llamados cefalopodos, pueden escuchar sonidos bajo el agua, según una nueva investigación. El descubrimiento, llevado a cabo en Taiwán, resuelve al fin el debate de más de un siglo sobre si estas inteligentes criaturas cuentan con el sentido del oído. Este nuevo estudio parece indicar que sí escuchan y que, aunque su oído no es tan bueno como el de los peces, quizás podrían utilizar los sonidos para atrapar a sus presas, comunicarse entre sí o escuchar si se acercan los predadores, dice el estudio publicado en *Comparative Biochemistry and Physiology (Revista de Bioquímica y Fisiología Comparativas)*.

Diversos experimentos llevados a cabo con pulpos ciegos sugerían que estos animales eran capaces de localizar los sonidos producidos por barcos.

El doctor Hong Young Yan, fisiólogo sensorial de la Academia Nacional de Ciencia en Taipei, Taiwán, descubrió que los pulpos y los calamares podrían utilizar un órgano llamado 'estatocisto' para registrar sonidos.

Los estatocistos son estructuras parecidas a sacos que contienen una masa mineralizada y vellos sensoriales. En estudios previos, el doctor Yan encontró que los camarones pueden utilizar los estatocistos para escuchar.

La forma más simple de probar que un organismo puede escuchar es medir cómo responde eléctricamente al sonido su sistema nervioso, mediante electrodos colocados directamente en los nervios expuestos, procedimiento que podría dañar a los delicados moluscos. Los científicos inventaron un método no invasivo colocando electrodos en el cuerpo del animal para medir la actividad eléctrica en su cerebro, en respuesta a diferentes sonidos.

Probaron las capacidades auditivas de dos especies: el pulpo común, el *Octopus vulgaris*, y el *Sepioteuthis lessoniana*, a menudo llamado 'calamar manopla'. Hallaron que el pulpo puede escuchar sonidos de entre 400 Hz (hercios) y 1.000 Hz y el calamar puede escuchar una gama más amplia de sonidos, de entre 400 Hz y 1.500 Hz.

Para estos investigadores, las diferencias entre unas especies y otras tienen mucho que ver con el medio en el que viven. El pulpo vive en los fondos marinos, por lo que es más difícil que lleguen hasta allí sonidos de más de 1.000 Hz. El calamar, por su parte, se mueve a diferentes profundidades, por lo que debe de estar adaptado a escuchar más variedad de sonidos.

Las próximas investigaciones del grupo se orientan a identificar el tipo de sonidos que estos animales pueden escuchar, tal vez los emitidos por presas o predadores o aquellos sonidos que les permitan comunicarse entre sí.



ACTIVIDADES

9. ¿En la noticia se habla de recepción de estímulos. ¿Qué tipo de receptor está involucrado en esta historia?
10. ¿A qué hace referencia el título de la noticia?
11. ¿Qué tipo de sistema nervioso presentan estos animales?
12. ¿Cómo hacen los científicos para determinar si un animal es "sordo"?
13. ¿Cuál de las dos especies estudiadas "escucha mejor" y por qué?
14. ¿Qué ventaja podría otorgarles a estos animales la posibilidad de escuchar "bajo el agua"?
15. Reúnanse en grupo y discutan qué característica del conocimiento científico se pone en evidencia en este artículo. Expliquen por qué.

Fuente: 'El mar tiene más oídos de lo pensado'. En BBC Mundo. www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia/2009/06/090616_cefalopodos_oido_men.shtml [consultado en noviembre de 2009]

El origen del sistema nervioso encontrado en las esponjas

Descubren una pista significativa sobre los orígenes evolutivos del sistema nervioso. Parece ser que muchos de los componentes genéticos que dan lugar a las sinapsis nerviosas están presentes en las esponjas, o al menos en la especie *Amphimedon queenslandica*, cuyo genoma se ha secuenciado recientemente.

Es muy difícil determinar el origen de algo tan complejo como el sistema nervioso. Se cree que la primera neurona surgió hace unos 600 millones de años en los cnidarios, animales entre cuyos descendientes contamos ahora con las hidras, las anémonas y las medusas. Por el contrario, las esponjas representan el grupo animal más antiguo conocido, sin neuronas ni sinapsis. Son animales muy simples sin órganos internos y que viven de filtrar el agua que los rodea.

La clave del funcionamiento del cerebro está, sin lugar a duda, en las sinapsis. Son los puntos de contacto entre las neuronas, donde se comunican y se envían mensajes químicos en forma de neurotransmisores. También es allí donde se almacena la memoria.

Los investigadores de la Universidad de California en Santa Bárbara exploraron el genoma de la especie *Amphimedon queenslandica* para comprobar si algunos genes relacionados con las sinapsis estaban presentes en él. Sorprendentemente, los encontraron.

Las esponjas, de las que los seres humanos nos desviamos evolutivamente hace cientos de millones de años, ya tienen y tenían entonces la gran mayoría de estos "ladrillos moleculares", es decir, las piezas neces-

rias para construir las mismas sinapsis que encontramos en el cerebro humano. Únicamente les faltan unas pocas piezas, como los receptores de glutamato y unos pocos elementos proteicos aún más modernos.

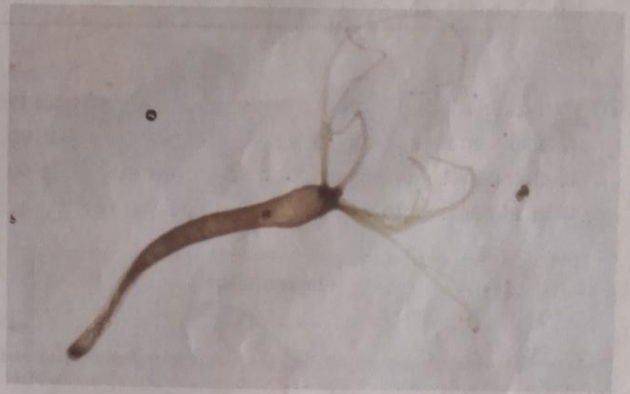
Además, parece ser que estos genes son funcionales y la información que contienen permite que las células de las esponjas fabriquen proteínas que resultan ser muy similares a las que en el sistema nervioso humano son cruciales para mantener las sinapsis correctamente ensambladas.

Si esta noticia te pareció interesante, tené en cuenta que el conjunto de neuronas que forma tu cerebro se ha excitado y se ha comunicado entre sí de una manera muy compleja y parece que las bases de ese preciso funcionamiento se remontan a hace más de 600 millones de años, cuando los animales más evolucionados eran poríferos.

Después de todo, quizás la distancia entre nosotros y una esponja no sea tan grande.



Esponjas marinas.



Hidra.



Anémonas.

ACTIVIDADES

16. Imaginá que le contás esta noticia a tu compañero de banco. ¿Qué le dirías?
17. Al escuchar la historia, tu compañero afirma: "Ah, entonces tenían neuronas y sinapsis, nomás". ¿Estás de acuerdo? ¿Por qué?
18. ¿Cuál es el modelo de organización nerviosa más primitivo encontrado en animales?

Actividades finales

19. Completá el siguiente cuadro comparativo de los distintos modelos de organización nerviosa de los animales. Indicá características estructurales, funcionales y mencioná algunos ejemplos de los organismos que lo poseen.

Modelo de organización nerviosa	Características estructurales	Características funcionales	Grupos de organismos que lo poseen
Plexo		El impulso se irradia en todas direcciones. La reacción es generalizada.	
	Cadena nerviosa ganglionar ventral y nervios segmentarios.	Movimientos segmentarios independientes. Tendencia a la cefalización.	Platelmintos, anélidos, moluscos, artrópodos.
Encefálico		Integración compleja de funciones. Memoria, aprendizaje y comunicación.	

20. Analizá el siguiente gráfico, en el que se representa la relación entre el peso cerebral y el peso corporal en el chimpancé y en el ser humano en dos etapas de su vida: el nacimiento y la adultez.



- ¿Cuál es el concepto que se grafica?
- ¿Qué podés decir de la relación peso cerebral/peso corporal en el nacimiento?
- ¿Y qué ocurre en la adultez?
- ¿Qué conclusión podés sacar acerca del gráfico?

21. En la siguiente lista vas encontrar características relacionadas con el modelo de organización nerviosa en los animales.

a) Colocá una **I** en las características que corresponden al grupo de los invertebrados o una **V** en las que son representativas de los vertebrados.

- Plexo difuso.
- Sistema ganglionar bilateral.
- Cerebro formado por fusión de ganglios.
- Sistema nervioso de ubicación ventral.
- Tendencia a la cefalización.
- Encefálico.
- Encéfalo con distintas regiones y funciones.
- Sistema nervioso de ubicación dorsal.
- Tendencia al aumento de tamaño y complejidad.

b) Armá un cuadro comparativo en tu carpeta.

22. ¿En qué se diferencia el sistema nervioso humano del de otros mamíferos?

23. Lee el siguiente texto y resolvé las consignas.

A principios del siglo xx, un biólogo alemán llamado Jacob von Uexküll propuso el concepto de "universo sensorial" para hacer referencia al mundo que cada animal percibe. Para imaginarnos el de una garrapata, debemos recurrir a la información que tenemos de este animal. Podríamos decir que se trata de un mundo de temperatura, luz y oscuridad, y con un único olor, el del ácido butírico, una sustancia que todos los mamíferos poseen en su sudor. (Las garrapatas se alimentan de la sangre de los mamíferos a los que detecta por su olor. Cuando se llenan de sangre, caen al suelo, donde luego de poner sus huevos, mueren).

- Si reunís toda la información brindada en este y otros capítulos, ¿cómo explicarías que el universo sensorial de una garrapata y el de un ser humano sean tan diferentes?
- Un águila y un murciélago pueden compartir, en un mismo instante, el mismo ambiente, pero sus universos sensoriales son enormemente diferentes. ¿Cómo lo explicarías?

24. Volvé a mirar tus respuestas sobre el sistema nervioso de los animales del comienzo del capítulo, en la página 113. ¿Cómo responderías ahora a esas preguntas? ¿Cambió algo acerca de tu concepción sobre las respuestas o conductas de los animales? ¿Qué es? ¿Por qué?

25. Observá la ilustración, analizala en detalle y redactá una posible explicación. ¿Qué es lo que se intenta representar? ¿Qué textos incluirías para que tus compañeros pudieran comprenderla?



■ **Libro**

Uchitel, Osvaldo. *El lenguaje de las neuronas*. Buenos Aires, Eudeba, Colección Ciencia Joven. 2006.

Libro dedicado al estudio de las conexiones neuronales y sus mecanismos de acción.

■ **Internet**

http://www.naturenotes.org/notes/dbiologia/biologia_coordinacion_nerviosa.htm

Naturenotes. Cuaderno de Biología. Portal educativo con información de botánica y zoología.

<http://www.naturalezadearagon.com/abc.php>

Naturaleza de Aragón, España. Portal educativo con varios recursos y enlaces a otras páginas sobre la Naturaleza.

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2ESO/Reprodycoordinacion/contenidos10.htm>

Proyecto Biosfera. Portal Educativo del Ministerio de Educación de España.

http://www.dailymotion.com/video/x7ksxy_evolucion-del-sistema-nervioso_school

Video sobre evolución del sistema nervioso en los animales.

<http://lacienciaparatodos.wordpress.com/2009/02/06/el-increible-e-inteligente-pulpo/>

Varios videos sobre pulpos resolviendo un laberinto dentro de una pecera y abriendo frascos donde se encuentran cangrejos y otro de un pulpo cazando un tiburón.

Cangrejos memoriosos

Lo que pueden aprender una lombriz, un cangrejo o un ser humano es bien distinto. Pero hoy sabemos que la manera en que funcionan sus sistemas nerviosos es la misma, tanto en un animal simple como en un animal complejo. Comprender cómo se procesa la información visual, cómo se guarda la memoria y cómo se las arreglan los animales para evitar los obstáculos y no andar chocándose con todo mientras se desplazan son temas que encierran enormes misterios. El neurobiólogo Daniel Tomsic nos ayudará a entenderlos.



Daniel Tomsic es licenciado en Ciencias Biológicas de la Universidad de Mar del Plata y doctor en Biología de la UBA. Realizó estudios posdoctorales en Italia y en los Estados Unidos. Dirige el Grupo de Neuroetología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y del Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias del Conicet (IFIBYNE).

■ **Para comenzar, cuéntenos qué es lo que estudia un neurobiólogo.**

Un neurobiólogo estudia básicamente el funcionamiento del sistema nervioso y del cerebro. Estudia su funcionamiento a distintos niveles, desde los aspectos psicológicos, es decir, cómo funciona la mente, hasta los niveles más fisiológicos, celulares y moleculares. Estos últimos niveles son el verdadero "territorio" de estudio de los neurobiólogos.

■ **¿Y qué es lo que busca entender un neurobiólogo con estos estudios?**

No se contenta con el abordaje psicológico, sino que quiere entender los mecanismos fisiológicos que dan lugar a todas las propiedades que los cerebros tienen. Estos van desde la posibilidad de percibir el mundo hasta la organización de los comportamientos en respuesta a esos fenómenos que percibe. Aquí están incluidos todos los procesos de aprendizaje y de memoria.

■ **Doctor, usted trabaja con cangrejos en el Laboratorio de Neurobiología de la Memoria, ¿qué estudian allí en particular?**

Nosotros estamos interesados en la rama de la neurobiología de la memoria, es decir, qué pasa en un cerebro cuando se aprende algo, dónde y cómo se almacenan los recuerdos y qué son los recuerdos, en términos fisiológicos. Para contestar a estas preguntas tenemos que hacer estudios multidisciplinarios, es decir, que comprendan varias disciplinas o materias. Se hacen experimentos de comportamiento bien controlados y se utilizan distintas técnicas, como la electrofisiología y los sistemas de visualización por imágenes.

■ **Ustedes utilizan el cangrejo para realizar sus estudios. ¿Con qué otros animales están emparentados estos artrópodos?**

Empecemos diciendo primero qué es un artrópodo. Es un gran grupo taxonómico, que contiene al grupo de los insectos, las arañas y los escorpiones, y los crustáceos. En este último están los cangrejos. Estos tres grupos son "hermanos", es decir que han tenido un origen común, y una de las evidencias que sugieren esto es la organización de sus sistemas nerviosos, en particular, sus sistemas visuales. Se supone que los insectos se originaron a partir de crustáceos primitivos.

■ **¿Cómo está formado el sistema nervioso de los artrópodos?**

El plan de organización de su sistema nervioso es básicamente un cerebro, que está en la zona anterior de los animales, y de ese cerebro salen vías. Podemos comparar esas vías, en forma sencilla, como si fueran la "médula espinal" de los vertebrados. Pero, en el caso de los artrópodos, se habla de "nervios conectivos". Estos se dirigen hacia todas las partes del cuerpo, hacia el tórax y el abdomen de los animales. Como todos estos animales son segmentados, es decir, están formados por segmentos, en cada uno de ellos tienen un pequeño ganglio, que procesa la información y

"Nosotros estamos interesados en la rama de la neurobiología de la memoria, es decir, qué pasa en un cerebro cuando se aprende algo, dónde y cómo se almacenan los recuerdos y qué son los recuerdos, en términos fisiológicos".

les envía órdenes a las patas y a las alas que se encuentran en esos segmentos.

■ ¿Dónde viven los artrópodos?

Estos grupos son muy antiguos y aparecieron muchísimo tiempo antes que los vertebrados. Tienen una enorme diversidad, y tanto los insectos como los crustáceos han conquistado todos los ambientes. En el caso específico de los cangrejos, hay algunos que viven en el desierto, otros arriba de los cocoteros, o en los profundos fondos marinos. Tienen adaptaciones tanto en sus estructuras externas como internas. Los sistemas visuales, donde yo enfoco mis estudios, no son los mismos, depende de donde vivan. No es lo mismo si un animal tiene que pasar mucho tiempo fuera del agua que si vive sumergido todo el tiempo en un ambiente barroso.

■ ¿Por qué elegir un invertebrado como modelo de animal de estudio?

Muchos de los descubrimientos fundamentales y trascendentes que se hicieron en neurobiología se desarrollaron utilizando como modelos experimentales los invertebrados. Por ejemplo, el origen del funcionamiento de la neurona se hizo en el axón gigante del calamar. En otro invertebrado, el cangrejo herradura, que en realidad es un arácnido, se hicieron descubrimientos muy importantes sobre el procesamiento de la información visual. También principios como la sinapsis eléctrica se descubrieron en inverte-

brados. Hoy sabemos que la manera en que funcionan los sistemas nerviosos y las células neuronales es la misma tanto en un animal muy simple como en un animal complejo. Cuando se estudian los procesos básicos, hay principios generales que están presentes en toda la escala animal, y en algunos de ellos es más fácil estudiarlos, por eso los usamos como modelos.

■ ¿Y por qué seleccionaron el cangrejo como modelo de estudio entre todos los artrópodos?

El cangrejo lo eligió el Dr. Héctor Maldonado, que es el director del laboratorio. Él trabajó con diferentes invertebrados y, cuando regresó al país, buscó un animal que tuviera ciertas ventajas. Estamos hablando del año 1983, cuando la situación de la investigación era más difícil que la que existe actualmente. Había que tener en cuenta algún animal que fuera fácil de obtener y que no fuese costoso. En el caso del cangrejo, ofrece ventajas experimentales para algunos de estos estudios. Es un animal de un tamaño adecuado para hacer experimentación. Además, tiene un caparazón rígido, uno lo puede sujetar de manera firme y puede hacer una cantidad de experimentos y de mediciones de la actividad de su cerebro sin tener que dañar demasiado al animal. Los capturamos en San Clemente del Tuyú. No los criamos. En el cangrejo podemos hacer una pequeña incisión; abriéndole una ventanita en el caparazón, uno puede acceder al cerebro y poner electrodos que nos permitan registrar la actividad de una única neurona. En estos animales encontramos un grupo de neuronas particularmente grandes, que guardan parte del tipo de memoria que estamos estudiando. Hemos encontrado neuronas que guardan memoria unas 24 horas o más.



Los investigadores utilizan equipos de electrofisiología para medir la actividad de las neuronas del cerebro del cangrejo. "Estamos comenzando a entender cosas".

"En estos animales encontramos un grupo de neuronas particularmente grandes, que guardan parte del tipo de memoria que estamos estudiando. Hemos encontrado neuronas que guardan memoria unas 24 horas o más".

■ ¿Qué es específicamente lo que ustedes estudian en esta especie?

Uno de los desafíos actuales en neurobiología es tratar de entender qué pasa en el cerebro, pero teniendo el cerebro en el lugar natural, dentro del animal. Muchas de las cosas que conocemos las sabemos a partir de sacar el cerebro, de hacer rebanadas, de ponerlo en una cámara experimental y medir cosas ahí. De lo que no estamos seguros es de si esa situación artificial en que pusimos al cerebro, y lo que estamos viendo, es lo mismo que ocurre cuando el cerebro está operando naturalmente. Uno puede tener diferentes intereses en neurobiología. Mi interés no es el de médico que quiere indagar en los fenómenos que eventualmente van a dar

"Muchos de los descubrimientos fundamentales y trascendentes que se hicieron en neurobiología se desarrollaron utilizando como modelos experimentales los invertebrados".

lugar a cura de enfermedades. A mi me interesa entender cómo los animales interactúan con su medioambiente y resuelven sus problemas, desde un enfoque ecológico y evolutivo. Para eso es importante trabajar con animales naturales, no con animales criados dentro de los laboratorios.

■ Los cangrejos ¿son capaces de aprender y tienen memoria?

Sí, de hecho nuestro laboratorio se llama "de Neurobiología de la Memoria" y está dedicado a estudiar los fenómenos de memoria. Se ha descubierto que el aprendizaje y la memoria son propiedades esenciales de la mayoría de los seres vivos, por lo menos de todos aquellos que tengan cierto grado de movilidad. El ambiente es cambiante, y los animales no pueden darse el lujo de no modificar su comportamiento en base a la experiencia que van adquiriendo. Los cangrejos viven tres años, y hay muchas cosas que les pasan en tres años. Necesitan guardar la información. La memoria está relacionada con el tipo de ambiente en donde viven, y ese ambiente les plantea mayores o menores desafíos. Si es muy homogéneo, muy estable, por ahí al animal no le hace falta tener tantas capacidades. Con unas pocas le alcanza. Si son animales que viven en ambientes con mayor número de desafíos, tienen que tener mayores capacidades en la toma de sus decisiones y para ello usarán experiencias.

"Se ha descubierto que el aprendizaje y la memoria son propiedades esenciales de la mayoría de los seres vivos, por lo menos de todos aquellos que tengan cierto grado de movilidad".

■ ¿Cómo estudian en el laboratorio los fenómenos de aprendizaje y memoria en los cangrejos?

En la Naturaleza, los cangrejos son presa de las gaviotas. Por lo tanto, cuando ven un objeto que se les acerca, huyen. Escapan de manera bastante inespecífica, no reconocen la forma de la gaviota. Lo que encontramos en el laboratorio es que si uno les pasa un estímulo (en nuestro caso es una figura que pasa por arriba de manera repetida), la respuesta de escape de los animales disminuye, es decir, van dejando de escapar. Durante mucho tiempo se utilizó ese modelo para estudiar qué pasaba en el cerebro, pero sin tener una respuesta acerca de cuál podía ser el valor adaptativo de ese aprendizaje. Ahora sabemos que estos animales viven en una zona de mucha vegetación, con unos pastos altos cuyas hojas son movidas por el viento. Ese estímulo podría ser tomado como un predador. Sin embargo, los cangrejos tienen que tener algún mecanismo para suprimir la respuesta de escape, si no se la pasarían corriendo todo el tiempo. Lo que hacen es aprender que ese objeto en particular, en el ambiente donde viven, no es peligroso, y dejan de responder. Es un aprendizaje sencillo, pero que implica cierta complejidad. El aprendizaje es específico para ese estímulo y para ese lugar. Si ellos se van a otro lugar a comer,

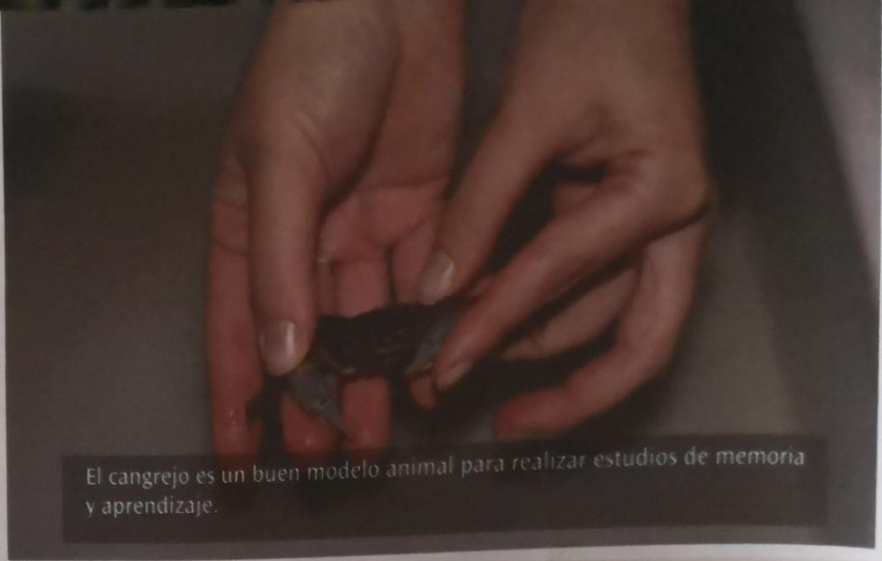
el estímulo provoca una nueva respuesta y el animal vuelve a estar alerta.

■ ¿Cómo se diferencia un reflejo de un aprendizaje?

Lo que es un reflejo es la respuesta de escape. Eso no lo tiene que aprender. Lo que sí aprende es a suprimir esa respuesta de escape.

■ ¿En qué otros temas están trabajando actualmente?

El otro tema en el que trabajamos es en el fenómeno de la detección de las colisiones. La mayoría de los animales que se mueven, ya sean peces, aves, mamíferos, insectos, no se chocan contra los obstáculos. Un pez va nadando y esquiva. Tienen mecanismos para anticipar las colisiones, que son muy eficientes. Los seres humanos también tenemos esos mecanismos. Por ejemplo, cuando manejamos y frenamos a tiempo antes de chocarnos contra el auto de adelante. Otro ejemplo es el de los jugadores de tenis, que le pegan a la pelotita al recibir un saque y la devuelven en el momento preciso, colocando la raqueta en el lugar exacto... una pelota que viene a 200 km/hora. ¿Qué información hay disponible para poner la raqueta en ese lugar en el momento exacto? Una decisión que tiene que ser tomada teniendo en cuenta la imagen de la pelota que se viene agrandando



El cangrejo es un buen modelo animal para realizar estudios de memoria y aprendizaje.

“El problema es que no resulta posible estudiar esos fenómenos con electrodos en los cerebros humanos”.

sobre la retina y la manera en que se expande esa pelotita sobre la retina. Todo eso ocurre en pocos milisegundos, y nuestro cerebro procesa la información y envía las señales para ejecutar esa maniobra. El problema es que no resulta posible estudiar esos fenómenos con electrodos en los cerebros humanos.

■ ¿Y qué sucede en los cangrejos?

El cangrejo también ejecuta respuestas para evitar las colisiones. En este caso, le presentamos estímulos que provocan respuesta de escape y, en lugar de pasarle un objeto por encima, el elemento se le viene directamente hacia él en una trayectoria de colisión. Tratamos de ver qué es lo que detecta el animal: ¿un determinado tamaño o los bordes de la figura tienen que moverse a una determinada velocidad? De esa manera nos preguntamos cuál es el parámetro que el animal tiene en cuenta para detectar que algo se le viene encima, saber en qué momento responder

y hacia dónde responder. Luego lo que hacemos es ir a buscar nuevamente las neuronas en el cerebro que procesan esa información para tratar de entender los cálculos que se realizan para evitar las colisiones.

■ ¿Para qué sirven esos estudios? Es decir, ¿cuál es la utilidad práctica?

En la detección de colisiones, el modelo que más se utiliza a nivel de neuronas es la langosta o saltamontes. Ya hay muchos laboratorios en el mundo que lo usan, algunos de ellos se han reunido en Europa y reciben apoyo de la empresa Volvo. Están tratando de obtener información acerca de la manera en que los animales la procesan tan eficientemente y ver si lo pueden incorporar en mecanismos artificiales. La idea, en última instancia, es, por ejemplo, ver si se pueden construir detectores confiables de colisiones que permitan activar los cinturones de seguridad o los *airbags*. Por el momento se activan en el momento de la colisión. El objetivo es que se activen un tiempo antes, quizás unos 200 milisegundos antes. Esto es importante para prevenir accidentes.



Cuarto donde se entrena a los cangrejos para luego estudiar su comportamiento.

Daniel
nos cuenta...

...cómo llegó a interesarse por el cerebro.

Yo entré en la Facultad en el 83 porque me gustaba mucho el mar, y en esa época estaban de moda las películas de Jacques Cousteau. Yo quería ir al *Calypso*. Así que me fui a estudiar Biología Marina a Mar del Plata. Recién cuando ya estaba en tercer año, leí algunos artículos sobre el cerebro. A mí me parece el misterio más grande del Universo. Siempre me pregunté ¿qué tiene que ver el cerebro como sustrato con lo que nosotros sentimos, con nuestra capacidad de decisión, la voluntad y los sentimientos? En el cerebro tenemos células cargadas de moléculas y de chisporroteos eléctricos, ¿cómo conectamos nuestra vida emocional con el fenómeno material que les da lugar? Ahí está el misterio más extraordinario del Universo. Y ese es el tipo de cosas que me apasionan.

...qué otras cosas le gustan.

Como libro me gustó mucho *Memorias de Adriano*, de Marguerite Yourcenar. También me gusta pescar con mosca en nuestros lagos del sur, es un momento de desconexión total. Fui guardavidas durante diez años y jugué mucho al voleibol.



Los cangrejos se reúnen en grandes grupos o “cangrejales” junto a las dunas costeras, en Punta Rasa, provincia de Buenos Aires.

7

El control endocrino

Billy Crystal



A comedy of incredible proportions.

My GIANT

LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

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



La famosa "edad del pavo"

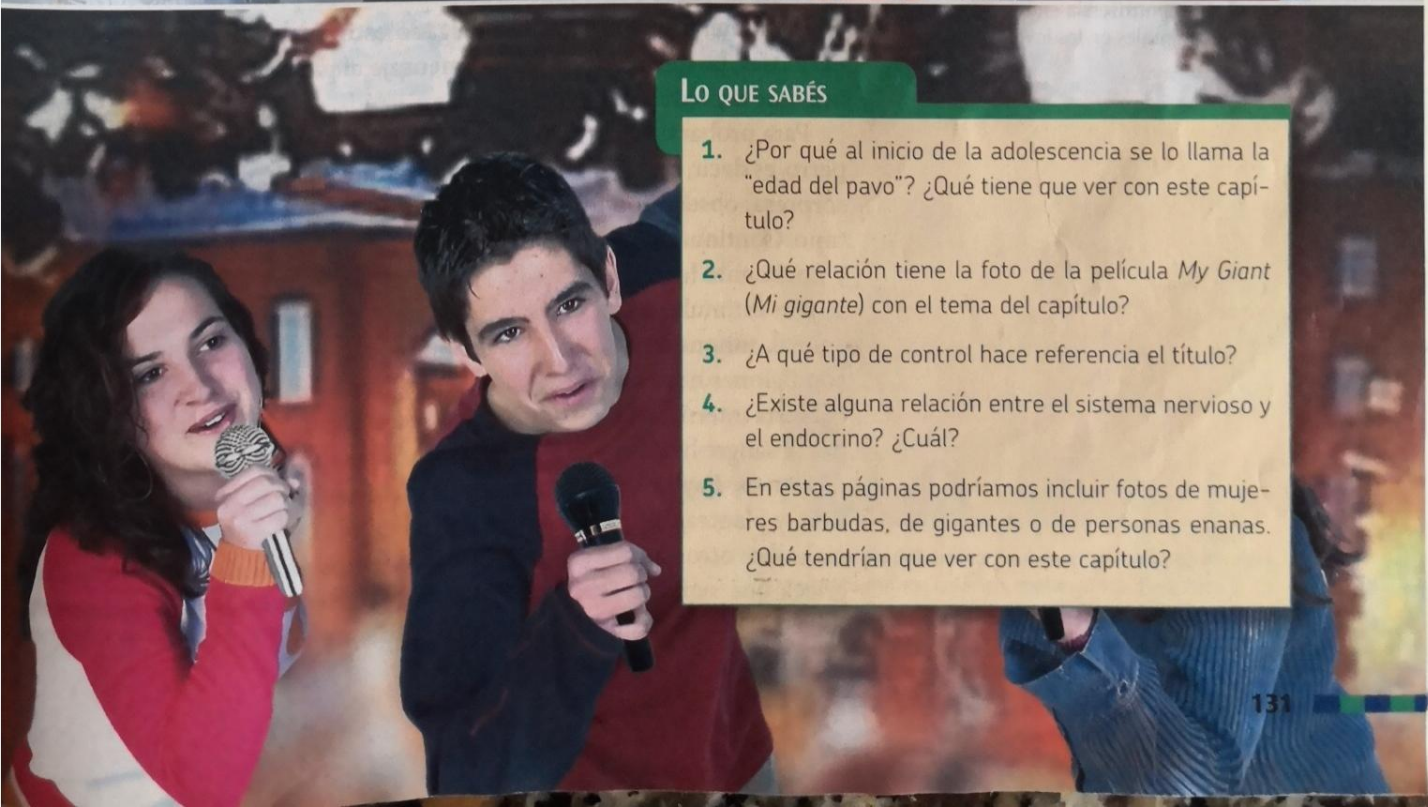
Entre la niñez y la vida adulta, los seres humanos transitamos una etapa llamada "adolescencia". Los psicólogos y sociólogos dicen que en otras épocas duraba unos pocos años, pero se ha extendido y ahora puede pasar la segunda década de vida. En el lenguaje cotidiano se conoce al inicio de esa etapa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

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



LO QUE SABÉS

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





Ernest Starling.



William Bayliss realizando la denervación del páncreas en un perro. Los estudios de estos y otros fisiólogos generaron una importante controversia en relación con el uso de animales en las investigaciones científicas.

Los mensajeros químicos

Como viste en capítulos anteriores, una propiedad de los seres vivos es la homeostasis, es decir, el mantenimiento de sus condiciones internas relativamente estables. Esto requiere la coordinación de la información proveniente tanto del exterior como de las actividades internas del organismo, para generar las respuestas adecuadas en el momento preciso. Esta comunicación se produce fundamentalmente a través de señales químicas que “disparan” una serie de reacciones, capaces de originar respuestas en las células donde actúan. Como ya sabés, algunos de esos mensajeros químicos se transmiten a través de las neuronas, pero no son los únicos. Otros mensajes “viajan” a través de la sangre. ¿De qué manera? Para comenzar, veamos cómo y cuándo se identificaron esos mensajeros.

El concepto de “hormona”

A comienzos del siglo xx, los fisiólogos ingleses William Bayliss y Ernest Starling investigaban el funcionamiento del páncreas y su acción en la digestión. Habían observado que ese pequeño órgano ubicado detrás del estómago descargaba sus jugos en el momento en que los alimentos ingresaban en el intestino delgado desde el estómago. Los científicos estaban intrigados por la coordinación de esos eventos. ¿Cómo era que el páncreas liberaba su contenido en el momento “justo”? ¿De qué manera recibía la información? Por aquellos años se creía que el “responsable” era el sistema nervioso, ya que era el único medio de comunicación interna conocido. Esas ideas se debían, en parte, a lo postulado por el ruso Ivan Pavlov, cuyo experimento sobre reflejos condicionados leíste en el capítulo 1. Él explicaba la secreción del jugo gástrico en un perro al poner en su boca un trozo de carne, por la acción del nervio denominado “vago”. En el caso de la producción de jugos pancreáticos, se pensaba que probablemente el ingreso de los alimentos en el intestino delgado estimulaba ciertas terminaciones nerviosas, las que retransmitían el mensaje al páncreas por medio del cerebro o de la médula.

Para probar esa teoría, Bayliss y Starling denervaron el páncreas en un perro, es decir, cortaron todos los nervios que llegaban a ese órgano. Para su sorpresa, observaron que seguía secretando su jugo en el momento oportuno. Continuaron investigando en busca de otro sistema de comunicación y finalmente lograron identificar una sustancia que al ser inyectada en la sangre estimulaba la secreción de jugos en el páncreas denervado de un animal, aunque este no estuviera comiendo. Concluyeron entonces que, en condiciones normales, el ingreso de los alimentos estimulaba la mucosa o cubierta interna del intestino, la cual secretaba una sustancia que “viajaba” por la sangre hasta el páncreas, y desencadenaba la liberación de sus jugos digestivos. Bayliss y Starling dieron a dicha sustancia el nombre de **secretina**, y plantearon que esos mensajeros químicos podían actuar “a distancia” sobre otros órganos. Los llamaron **hormonas** en alusión a una palabra griega que significa “excitar a la actividad”. Hoy se sabe que la hormona secretina es una pequeña molécula de proteína.

Las hormonas en la historia

La palabra "hormona" comenzó a utilizarse en 1902, pero ¿hubo indicios de sus efectos en épocas anteriores? Para revisar un poco la historia, comencemos diciendo que la **endocrinología** es la especialidad de la medicina que se ocupa de las hormonas o humores, término que sí fue utilizado en la Antigüedad. Veamos un poco a qué se referían los antiguos médicos y en qué contexto se gestaron sus ideas.

Los egipcios planteaban que en el cuerpo humano había un sistema de vasos que conectaban todas las zonas del organismo y transportaban líquidos como la sangre, el espermatozoide y la orina, o sólidos como los excrementos. En la antigua Grecia, Hipócrates, autor de una especie de "enciclopedia médica", postulaba que las enfermedades son el resultado de un desequilibrio entre los humores líquidos del cuerpo. ¿Cuáles eran? Según este importante médico que vivió en el siglo V a.C., eran la sangre, la flema, la bilis amarilla o cólera y la bilis negra o melancolía. Surgió entonces la idea de que los humores eran los elementos activos que contenía el cuerpo: la sangre podía verse en las heridas, la flema en los resfríos o catarrros, la bilis negra en los excrementos y la bilis amarilla en los vómitos. Esos humores se relacionaban con las estaciones del año, como el exceso de flema que se consideraba responsable de las enfermedades pulmonares, o la diarrea, ambas afecciones vinculadas al invierno. También se planteaba la relación de esos líquidos internos con los temperamentos. ¿De qué manera? El melancólico, por ejemplo, estaba asociado a la bilis negra, de ahí su nombre. ¿Cuándo

era considerada sana una persona? Cuando poseía una buena "mezcla" de humores, ya que eso representaba la armonía. Incluso existía un concepto llamado *consensus partium* que establecía que los órganos debían tener una cooperación armoniosa entre sí para que el estado de salud fuera "justo, fuerte, equilibrado y bello".

En el Imperio Romano, diversos médicos plantearon cuestiones interesantes en relación con las hormonas y sus efectos. Sorano de Efeso, quien vivió en el siglo II d.C., es recordado por ser autor de un libro acerca de las enfermedades femeninas, y se lo considera el gran "ginecólogo de la Antigüedad". Si bien solo se conserva una parte de su obra, se han hallado textos que mencionan brevemente la anatomía de los genitales femeninos. Allí se habla de la menstruación, el embarazo, el parto y la asistencia al recién nacido. Por su parte, el famoso Galeno, quien habitó en Europa entre los años 129 y 216 de nuestra era y fue médico de distintos emperadores romanos, sostuvo, al igual que su antecesor Hipócrates, la idea del equilibrio entre la sangre y los distintos humores como requerimientos de un estado saludable. Aunque esas concepciones prevalecieron durante siglos, hasta bien entrada la Edad Media, no existía la idea de que hubiera humores especiales transportados por la sangre, ya que el concepto de circulación sanguínea sería planteado recién en 1628 por William Harvey.



Hipócrates (izquierda) y Galeno, las dos figuras médicas más importantes de la Antigüedad.



Representación del carácter en relación con la teoría de los cuatro humores: colérico, melancólico, flemático y sanguíneo.

GFOL-PENG

Las investigaciones en los siglos XIX y XX

El gran naturalista Aristóteles había descrito, en el siglo IV a.C., las consecuencias de la castración (extirpación de los testículos) en la conducta de los gallos, pero pasaron más de 2.000 años hasta que el médico alemán Arnold Adolph Berthold corroboró las ideas del antiguo griego. Mediante los experimentos realizados en 1849, comprobó que los testículos secretaban cierta sustancia fundamental para mantener los caracteres sexuales de los gallos y su comportamiento social, que se veía modificado en los animales castrados. La reimplantación de los testículos en diferentes partes del cuerpo del animal, sin restablecer las conexiones nerviosas, restituía los caracteres sexuales perdidos, tales como el tamaño de la cresta, el canto y la conducta agresiva. Ya los antiguos médicos habían utilizado la "organoterapia", porque creían que un órgano enfermo podía ser curado mediante la ingesta del mismo órgano sano. Y en el siglo XVI, Paracelso aseguraba que la mejor cura para un órgano enfermo era la administración o el implante de un órgano similar.

Un año después de las experiencias de Berthold, el médico británico Thomas Addison confirmó la relación existente entre una lesión en las glándulas suprarrenales (ubicadas encima de cada riñón) y la enfermedad que lleva su nombre. Previamente, ciertos experimentos habían demostrado que la inyección de un extracto de esas glándulas podía aumentar la presión sanguínea. En 1901, el químico japonés Jokichi Takamine identificó y purificó la sustancia responsable y la denominó **adrenalina**, y en 1902, Bayliss y Starling presentaron en sociedad a su secretina. Muchos otros estudios se realizaron antes y después del "hallazgo" de esta primera hormona. Los endocrinólogos pioneros sostenían que cada glándula producía su propio mensajero químico con un determinado efecto. Las nuevas investigaciones fueron ampliando el conocimiento acerca de la interrelación entre las glándulas, y las consecuencias de la deficiencia o el exceso de las hormonas que producen.

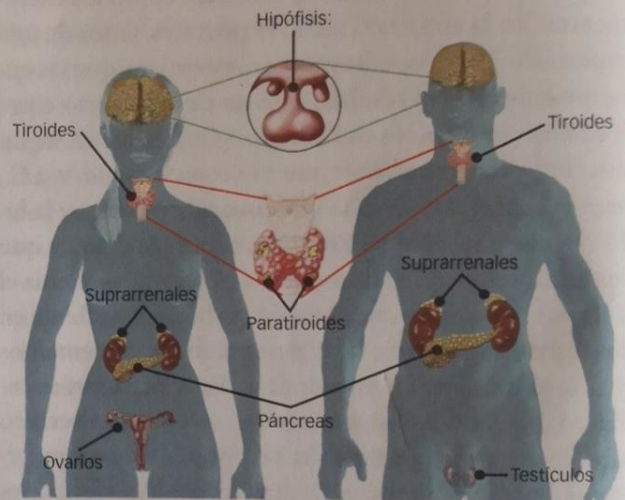
ACTIVIDADES

- ¿Qué relación podría establecerse entre el concepto de *consensus partium* y la "organoterapia"?
- ¿En qué se parecen y en qué se diferencian los experimentos de Berthold y los de Starling y Bayliss?

Las glándulas endocrinas

Las hormonas son sustancias producidas en órganos llamados glándulas **endocrinas**, que se denominan así debido a que sus secreciones son liberadas "dentro" del cuerpo. Están formadas por grupos de células productoras de hormonas, y rodeadas por una red de capilares sanguíneos hacia donde se vuelca su contenido, que se distribuye a través de la sangre por todo el organismo.

Existen otras glándulas que no producen hormonas, como las lacrimales o las sudoríparas, cuyas secreciones se liberan fuera del organismo o en una cavidad interior, y se denominan **exocrinas**.



Las únicas glándulas endocrinas que difieren entre varones y mujeres son las gónadas o glándulas sexuales: ovarios y testículos.

EL DETALLE

¿Se acumulan las secreciones glandulares?

Las células que producen secreciones, en general, están polarizadas, es decir, sintetizan sustancias en una parte de la célula y las liberan por otra. La mayoría de las sustancias que salen de la célula lo hacen en vesículas rodeadas por membrana, tal como se explicó en el capítulo 5 con los neurotransmisores. ¿Y cuánto tiempo se almacenan estas secreciones en las glándulas? Depende. La mayoría, hasta que se provoca su liberación por un estímulo, que puede ser otra hormona o un neurotransmisor. Una vez en la sangre, circulan en ella hasta que ejercen su acción o son degradadas. Otras sustancias no son empaquetadas, y salen de las células secretoras pasados unos minutos de su síntesis.

Los receptores hormonales

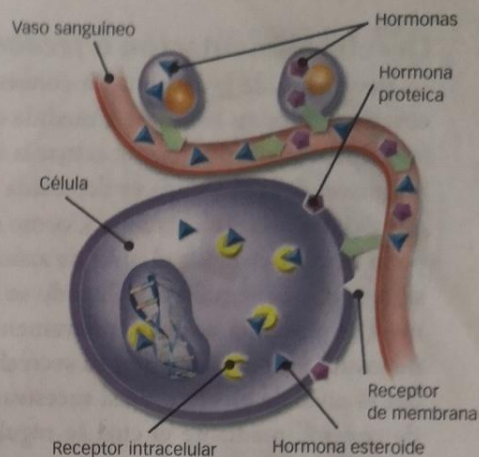
¿Cómo y dónde ejercen su efecto las hormonas? Se liberan en pequeñas cantidades y provocan distintas respuestas. Del mismo modo que un neurotransmisor se une a receptores específicos en la membrana postsináptica neuronal, una hormona ejerce su efecto solo en las células que tienen en sus membranas receptores para ella, en los que “encajan” como una llave en su cerradura. Por lo tanto, si bien una hormona llega por la sangre a todos los tejidos, solo ejerce su acción en las células de órganos específicos llamados **órganos blanco**. Este mecanismo de acción corresponde a las hormonas de naturaleza proteica, como la insulina. En cambio, las hormonas esteroides, como las sexuales, se unen a receptores que se ubican en el interior de las células.

Las hormonas y la homeostasis: el control de la glucemia

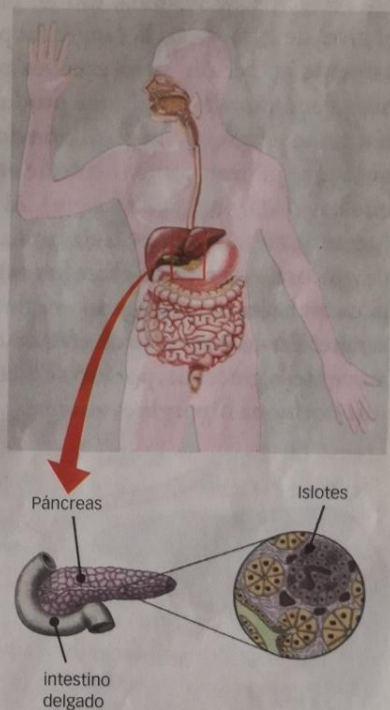
¿Cómo actúan los sistemas nervioso y hormonal para mantener la homeostasis? Veamos un ejemplo. Por la sangre circulan muchas sustancias, una de ellas es la **glucosa**. Este azúcar que obtenemos de los alimentos interviene en el proceso de respiración celular, mediante el cual las células obtienen la energía para realizar todas sus funciones. La cantidad de glucosa presente en la sangre se denomina **glucemia**, y debe mantenerse dentro de ciertos valores para el normal funcionamiento del organismo. Cuando el valor de glucosa sanguínea es superior al normal, hablamos de **hiperglucemia** y cuando es menor, de **hipoglucemia**. ¿De qué dependen esos niveles? Del ritmo de utilización de la glucosa, de la cantidad ingerida, y también de la que produce el propio organismo a partir de sustancias como los aminoácidos.

¿Cómo se mantienen los valores normales de glucemia? Además de fabricar jugos digestivos, el páncreas produce y libera dos hormonas: la **insulina** y el **glucagón**. La respiración celular ocurre en el citoplasma y en ciertos orgánulos, por lo tanto es preciso que la glucosa presente en el torrente sanguíneo ingrese en las células. Esto ocurre gracias a la acción de la insulina producida por las células beta, un tipo de células presentes en el páncreas. ¿Qué efecto tiene la insulina? Estimula la captación y utilización de glucosa por parte de las células, principalmente de las que forman los músculos esqueléticos y el corazón. Además, activa la transformación de glucosa en **glucógeno** (una sustancia que se almacena en el hígado y en los músculos), e inhibe la descomposición de las grasas y estimula su síntesis, lo que hace disminuir el nivel de ácidos grasos en la sangre. Sin insulina, la glucosa no puede ingresar en las células, permanece en la sangre y se produce hiperglucemia. Esa glucosa en exceso se elimina con la orina, lo que se denomina **glucosuria**.

¿Cuándo se produce y se libera insulina? Al aumentar la glucemia, por ejemplo, luego de una comida. Debido a que reduce la concentración de azúcar en la sangre, se dice que la insulina es una hormona **hipoglucemiante**.



Algunas hormonas se unen a receptores presentes en la membrana de las células, y otras, a receptores que se encuentran en el citoplasma.

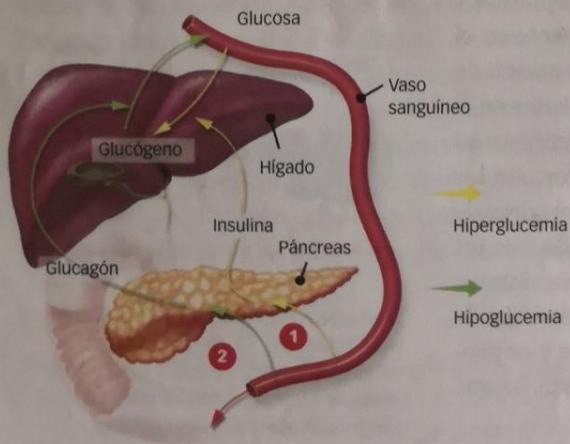


El páncreas está ubicado detrás del hígado y del estómago. Su estructura interna no es homogénea y pueden distinguirse regiones o zonas, como los islotes de Langerhans, formados por células productoras de hormonas.

La retroalimentación o *feedback*

Por efecto de la insulina, la concentración de glucosa se reduce en la sangre a medida que aumenta en las células. ¿Cuándo deja de actuar la insulina? La disminución de la glucemia es detectada por el páncreas, que deja de producir insulina y, como consecuencia, al poco tiempo aumenta el nivel de azúcar en la sangre y se restablece el equilibrio. Cuando se llega a un cierto nivel de glucemia, se activa nuevamente la producción de insulina en el páncreas y su secreción hace descender el nivel de glucosa. Y así sucesivamente. Este tipo de control, mediante el cual se regula la propia producción y liberación de una hormona, se denomina **retroalimentación** o *feedback*. En este caso, la retroalimentación es **negativa**, ya que la acción de la insulina interrumpe su producción por parte del páncreas.

¿Y si disminuye mucho la glucemia porque hicimos ejercicio o nos "salteamos" el desayuno? Si bien no habrá secreción de insulina, eso no basta para aumentar el nivel de glucosa en la sangre. El páncreas entra nuevamente en acción, pero esta vez participan otras células denominadas "alfa", que producen glucagón. Esta hormona estimula la degradación de grasas y proteínas, que así se utilizan como fuente de energía (recordemos que hay poca glucosa en sangre). Al obtener energía de fuentes alternativas, las células utilizan menos cantidad de glucosa. Además, el glucagón estimula en el hígado la conversión de glucógeno en glucosa, que pasa a la sangre. En conjunto, estos efectos colaboran para que aumente la glucemia, por eso se dice que el glucagón es una hormona **hiperglucemiante**.



Mecanismo de regulación de la glucemia por acción de las hormonas insulina y glucagón.

Otras hormonas glucemiantes

Como te habrás dado cuenta, las acciones de la insulina y del glucagón son opuestas o antagónicas, y permiten mantener un nivel apropiado de glucosa en la sangre de manera que esté disponible para las células. Pero estas dos hormonas no son las únicas. Un tercer tipo de células pancreáticas (las delta) producen **somatostatina**, que interviene indirectamente en la regulación de la glucosa, ya que inhibe la secreción de insulina y glucagón. La somatostatina actúa también sobre el tubo digestivo disminuyendo la secreción y absorción a nivel gastrointestinal.

Además de las hormonas pancreáticas, existen al menos otras cuatro que intervienen en el control de la glucemia. La acción conjunta de todos esos mecanismos de regulación asegura la disponibilidad de glucosa para las células del cerebro. Esto es muy importante debido a que las células nerviosas, por lo general, solo usan glucosa como fuente de energía, y no la obtienen degradando aminoácidos o grasas, razón por la cual el cerebro se ve afectado cuando hay bajo nivel de azúcar en sangre, por ejemplo, luego de varios días de ayuno.



Si ingerimos mucha cantidad de hidratos de carbono y se supera la capacidad de almacenamiento de glucógeno en el hígado, el exceso se convierte en ácidos grasos, que se almacenan en el tejido adiposo.

EL DETALLE

¿Qué tipo de glándula es el páncreas?

En el páncreas pueden distinguirse regiones o zonas. Los islotes de Langerhans constituyen la zona endocrina, ya que producen sustancias que se liberan en la sangre. Otras zonas producen el jugo pancreático que se libera en el intestino. Debido a que los nutrientes que ingerimos con los alimentos ingresan en el organismo recién cuando se absorben y pasan a la sangre, el interior del tubo digestivo se considera "fuera" del cuerpo. Por lo tanto, la producción y liberación de los jugos pancreáticos constituye una secreción exocrina. Como produce ambos tipos de secreciones, decimos que el páncreas es una **glándula mixta**.

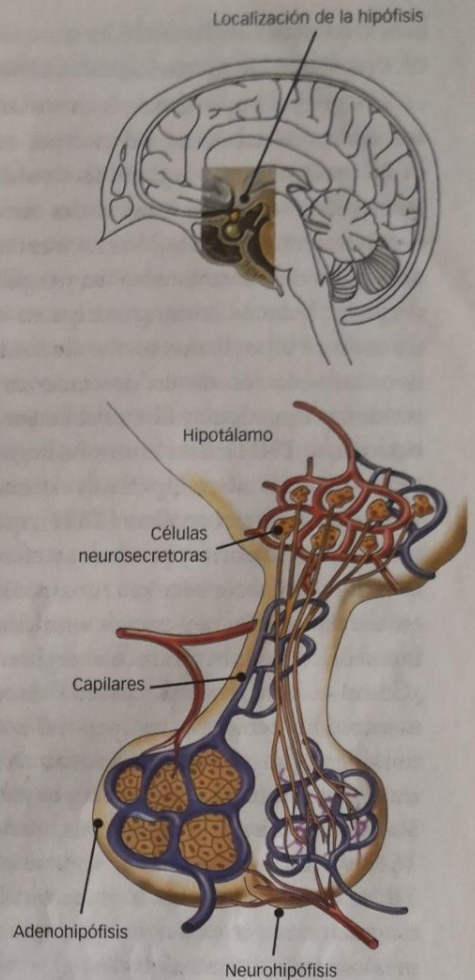
La diabetes

¿Conocés a alguna persona diabética? Tal vez sepas que debe consumir alimentos con pocos hidratos de carbono, como azúcares o harinas. ¿Por qué? La **diabetes mellitus** es una enfermedad caracterizada por la falta total o parcial de acción de la insulina. En la diabetes **tipo 1** no hay producción de insulina, y en la **tipo 2**, el problema es la falla en los receptores para dicha hormona. Es decir, hay insulina circulante, pero no puede ingresar en las células y se produce hiperglucemia, glucosuria y una disminución en la capacidad de producir grasas y proteínas, porque el organismo las degrada para obtener energía. Debido a que la insulina estimula la formación de grasa por el tejido adiposo, al faltar esta hormona, las partículas de grasa se acumulan en la sangre y forman **cuerpos cetónicos**, que pueden interferir o alterar la función del hígado. Todos estos cambios en el metabolismo de las grasas, de los hidratos de carbono y de las proteínas producen distintas complicaciones. Las grasas circulantes pueden depositarse en los vasos sanguíneos y causar hipertensión y enfermedades cardíacas. Si se trata de vasos pequeños, pueden provocar ceguera, cataratas e insuficiencia renal y, en general, una disminución en la esperanza de vida. Para saber más sobre la diabetes podés leer "La Posta" al final de este capítulo.

El eje hipotálamo-hipofisario

Para comprender mejor el funcionamiento de otras glándulas endocrinas y la acción de sus hormonas, es preciso conocer algunos detalles anatómicos. La **hipófisis** o **pituitaria** es una pequeña glándula del tamaño de un poroto, ubicada en la base del encéfalo. En ella pueden identificarse tres partes o lóbulos. El lóbulo anterior, o **adenohipófisis**, el lóbulo posterior o **neurohipófisis** y una parte que los conecta, el lóbulo intermedio, muy pequeño en los seres humanos. La hipófisis produce y libera una gran cantidad de hormonas. Algunas de ellas estimulan a otras glándulas que, a su vez, producen sus propias hormonas y controlan una gran variedad de funciones. Así, directa o indirectamente, la hipófisis tiene influencia sobre la mayoría de las actividades del organismo, razón por la cual se la denomina glándula "maestra o rectora".

Las secreciones de la hipófisis están controladas, a su vez, por el **hipotálamo**, un importante centro de control de la homeostasis ubicado en el cerebro. El hipotálamo está formado por **células neurosecretoras**, grupos de neuronas especializadas que producen diversas hormonas, las almacenan y las liberan cuando reciben un estímulo. ¿Adónde van esas secreciones? A un grupo de capilares sanguíneos que rodea a la hipófisis anterior, donde actúan estimulando o inhibiendo (según sea el caso) la secreción de las hormonas hipofisarias. La neurohipófisis, por su parte, no es una verdadera glándula endocrina, ya que no produce hormonas, sino que almacena las secreciones hormonales que se producen en el hipotálamo. Dada la estrecha relación entre ambas glándulas, se habla del **eje hipotálamo-hipofisario**. ¿Cómo se evidencia esta acción conjunta? En la próxima página veremos un ejemplo.



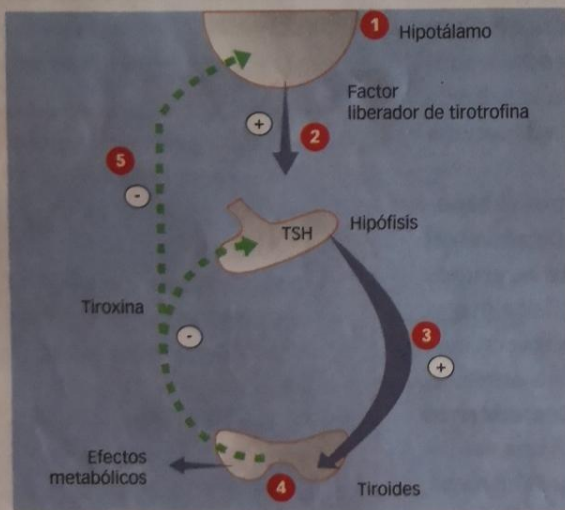
Detalle de la relación entre la hipófisis y el hipotálamo.

ACTIVIDADES

- Diabetes *mellitus* significa "enfermedad de la orina dulce". ¿Por qué se la llama así?
- Cuando no existían los métodos actuales para medir la glucosa en sangre, ¿cómo creés que la diagnosticaban los médicos?
- En la Edad Media, a la diabetes se la llamaba "mal de la orina" debido a la gran cantidad de este líquido que producían los pacientes. Averiguá cuál es la causa.

Las hormonas tiroideas y el eje hipotálamo-hipofisario

Un grupo importante de hormonas controla las reacciones metabólicas del cuerpo, como la **tiroxina (T4)**, producida por la glándula **tiroides**, ubicada en el cuello. Esta hormona tiene varias funciones: estimula el crecimiento de los tejidos, es imprescindible para el desarrollo del sistema nervioso y regula la temperatura corporal. Veamos cómo participa en este último caso. Cuando el hipotálamo recibe de los receptores cutáneos información de un descenso en la temperatura, comienza a producir y liberar el **factor liberador de tirotrófina (TRH)**. Esta hormona llega por los capilares sanguíneos a la adenohipófisis y estimula la producción y liberación de **tirotrófina (TSH)**, que es secretada al torrente circulatorio y produce su efecto en la tiroides, la cual comienza a secretar tiroxina. La tiroxina actúa en todas las células y provoca un aumento del ritmo metabólico, lo que produce energía en forma de calor. ¿Cómo se desactiva esta "cascada" de reacciones? El aumento de la temperatura corporal o de los niveles de tiroxina en sangre constituye información que inhibe la síntesis y secreción de tiroxina por parte de la tiroides. También actúa sobre la hipófisis, que deja de producir TSH, y sobre el hipotálamo, "frenando" la liberación de TRH. Al igual que con la glucemia, hay una retroalimentación negativa del sistema, que regula su propia producción a distintos niveles.



Mecanismo de retroalimentación negativa en la producción de tiroxina. El signo + indica activación y el signo -, inhibición.

Las hormonas y el desarrollo

Además de controlar la temperatura corporal y la glucemia, las hormonas regulan la concentración de muchas otras sustancias, como el calcio y el sodio, en la sangre y en las células, mantienen dentro de ciertos valores la presión sanguínea y también son responsables de las características que diferencian a los sexos.

Al nacer, todos los bebés se parecen, ¿no es cierto? Se identifica si son varones o mujeres mediante la observación de sus genitales externos: si poseen vagina o pene y testículos. Luego, en la infancia, el cuerpo de las niñas y los niños no se diferencia demasiado, hasta que en la pubertad se inician una serie de cambios hormonales que conducirán a la transformación del cuerpo infantil en el cuerpo más redondeado de las mujeres o con mayor masa muscular de los hombres, a la madurez sexual y la posibilidad de tener hijos.

En relación con la madurez sexual, recordemos que las **gónadas**, es decir, los **testículos** y los **ovarios**, producen las células sexuales o **gametos**: los espermatozoides y los óvulos. Pero además son órganos endocrinos importantes que producen hormonas sexuales. Los testículos secretan hormonas llamadas genéricamente **andrógenos**, de las cuales la más importante es la **testosterona**, responsable, entre otras cosas, de la formación y maduración de los espermatozoides. Los ovarios, por su parte, producen **estrógenos** y **progesterona**, que intervienen en el desarrollo, el ciclo menstrual y el embarazo.

EL DETALLE

¿Comida salada o enyodada?

La glándula tiroides contiene una cantidad elevada de yodo. Sus células capturan este mineral de la sangre y lo utilizan para formar hormonas tiroideas. Si hay déficit de yodo, disminuye la producción de tiroxina y, por lo tanto, su nivel en la sangre. Esto activa la retroalimentación sobre la glándula, que responde mediante el aumento del número de células secretoras. Como consecuencia hay un crecimiento excesivo de la tiroides que engrosa el cuello, condición conocida como **bocio**. En muchas regiones de nuestro país se consumen pocos alimentos con yodo, que está presente en pescados, mariscos y ciertos vegetales. Para prevenir este trastorno, desde 1970 y por la Ley Nacional N.º 17.259/67, la sal de mesa contiene yodo.

Las hormonas en la pubertad

Los estrógenos y los andrógenos ya actúan durante el desarrollo embrionario, determinando los **caracteres sexuales primarios**, es decir, los genitales femeninos y masculinos. En la pubertad, el aumento de la actividad de estas hormonas produce la aparición de los **caracteres sexuales secundarios**. En los varones se produce el crecimiento del pene y los testículos, el desarrollo muscular, la barba y el vello corporal. En las mujeres se produce la menstruación, el desarrollo del útero y los ovarios, el crecimiento de mamas. El crecimiento del vello púbico y axilar se da en ambos sexos.

Para comprender el mecanismo de acción de estas hormonas, analicemos en detalle la regulación del ciclo menstrual de las mujeres, también coordinado por el eje hipotálamo-hipofisario en combinación con los ovarios. Veamos de qué se trata.

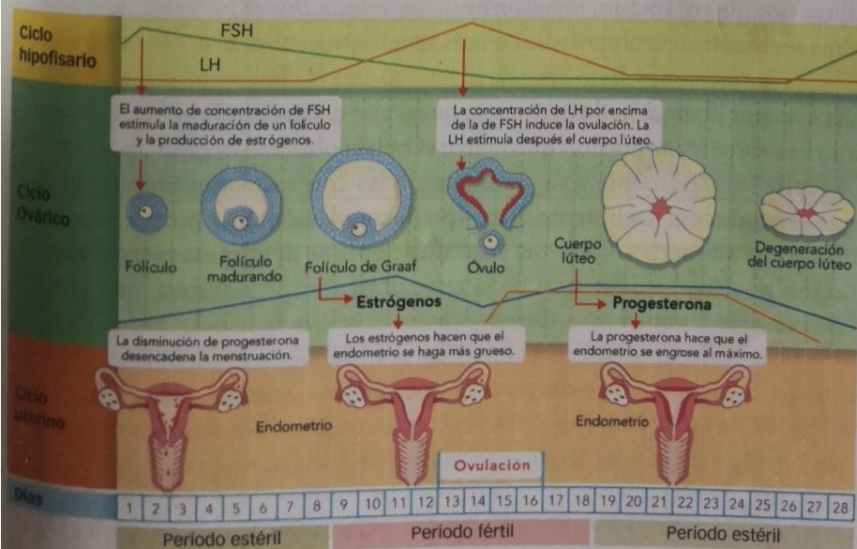
El ciclo menstrual

¿Por qué hablamos de "ciclo"? Porque es un proceso que en las mujeres se repite con cierta regularidad, aproximadamente cada 28 o 30 días, y está regulado por varias hormonas. Una de ellas es el **factor liberador de gonadotropinas (GnRH)** producido por el hipotálamo. Esta hormona se secreta en forma continua, a menos que otras hormonas la supriman. El GnRH activa en la adenohipófisis la secreción de dos hormonas gonadotróficas que circulan por la sangre y actúan en los ovarios:

la **hormona estimulante de los folículos ováricos (FSH)** y la **hormona luteinizante (LH)**. El ciclo menstrual presenta dos fases: la fase folicular y la fase lútea.

- **Fase folicular.** Se inicia con la acción de la FSH, que activa en el folículo la maduración de un óvulo. Al crecer, el folículo comienza a producir **estrógenos**. Al llegar a cierto nivel en sangre, los estrógenos activan el hipotálamo y la adenohipófisis, que en respuesta producen una mayor secreción de FSH y LH. La acción de ambas hormonas acelera la maduración de los folículos y produce la liberación del óvulo.
- **Fase lútea.** Luego de la ovulación, bajo la acción de la LH, el folículo roto se transforma en el **cuerpo lúteo**, un tejido endocrino que secreta estrógenos y **progesterona**, hormonas que estimulan el crecimiento del endometrio uterino. Además, mediante una retroalimentación negativa, inhiben la secreción de GnRH hipotalámica, lo que a su vez disminuye la secreción de FSH y LH, y esto detiene el desarrollo de nuevos folículos.

Si no hay fecundación, el cuerpo lúteo se desintegra aproximadamente una semana después de la ovulación y, por lo tanto, deja de producir estrógenos y progesterona, lo que produce, a su vez, que el endometrio deje de crecer, se desprenda y aparezca la **menstruación**. Además, al disminuir el nivel de progesterona, se revierte la inhibición sobre el hipotálamo y se reanuda la producción de GnRH, que inicia nuevamente el ciclo.



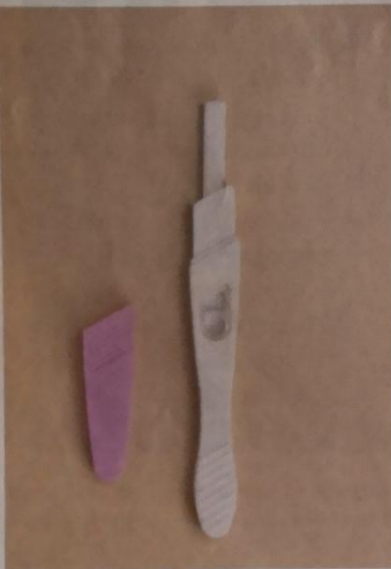
ACTIVIDADES

- Identificá en el esquema la fase folicular y la fase lútea. ¿Por qué se las llama así y qué hormonas intervienen en cada una?
- Imaginate que le contás a un compañero o compañera el ciclo menstrual, pero decidís comenzar a explicarle desde el momento de la ovulación. ¿Cómo continuaría la historia?

La producción de hormonas determina tres ciclos paralelos: en la hipófisis, en los ovarios y en el útero.

¿Cómo se detectaba antes el embarazo?

En 1927, los alemanes Bernhard Zondek y Selmar Aschheim detectaron que la inyección de extractos de orina de una mujer embarazada en las hembras de ratas o ratones activaba el celo en esos animales. La sustancia responsable resultó ser la GCH, que puede detectarse en la orina en los primeros días de la gestación. De esos experimentos surgió la primera prueba de embarazo. Años después se utilizaron conejos, en los cuales la inyección de orina estimulaba la ovulación. Claro que, para ver si los ovarios mostraban cambios, había que sacrificar a los animales. Posteriormente, el test de la rana, basado en los estudios de los argentinos Carlos Galli Mainini y Eduardo de Robertis, permitió comprobar la expulsión de espermatozoides en sapos y ranas machos luego de la inyección de orina de mujeres embarazadas, pero sin matarlos. Durante décadas este método fue la mejor alternativa, hasta que llegaron los tests de embarazo actuales, que detectan GCH en la orina mucho más fácilmente y en pocos minutos.



Las hormonas en el embarazo, el parto y la lactancia

¿Qué ocurre con el ciclo menstrual si hay fecundación? Probablemente sepas que la forma más antigua en que las mujeres se enteraban de que estaban embarazadas era la falta de menstruación. Aunque no es la única causa, durante el embarazo generalmente se inhibe el sangrado uterino. ¿Por qué? Al producirse la fecundación, el embrión se implanta en el tejido del endometrio, que fue “preparándose” para recibirlo, y comienza a desarrollarse un nuevo tejido, la **placenta**, que alimentará al embrión y luego al feto durante el embarazo. La placenta en formación produce otra hormona, la **gonadotropina coriónica humana** o **GCH**, que induce el crecimiento del cuerpo lúteo. Por lo tanto, como este no se destruye, continúa produciendo estrógenos y, sobre todo, progesterona. Alrededor del tercer mes de embarazo, el cuerpo lúteo desaparece y la placenta continúa produciendo esas hormonas. ¿Cuándo vuelve la hipófisis a liberar FSH y LH? Luego del parto, por acción de las hormonas que ya vimos, se reanuda el ciclo menstrual.

¿Por qué comienzan las mamas a producir leche? Aquí intervienen nuevamente los estrógenos y la progesterona. Estas hormonas, secretadas durante la gestación primero por el cuerpo lúteo y luego por la placenta, activan el crecimiento de las glándulas mamarias y las preparan para la lactancia. También intervienen otras hormonas hipofisarias, como la **prolactina**, cuya producción se activa por la succión del bebé.

La retroalimentación positiva

¿Cuándo llega el embarazo a su fin? Cuando el útero se contrae “intentando” expulsar al bebé. Durante el embarazo, las contracciones uterinas están inhibidas por la acción de la progesterona, pero su secreción disminuye hacia el final y son los estrógenos los que estimulan las contracciones. Además, la presión que ejerce el bebé sobre las paredes del útero activa la liberación de **oxitocina**, una hormona secretada por el hipotálamo que se almacena en la neurohipófisis. La oxitocina actúa sobre el útero estimulando las contracciones. Esto empuja al feto contra el cuello uterino, lo que induce mayor liberación de oxitocina, que sigue contrayendo el útero, lo cual a su vez aumenta la presión que ejerce el bebé sobre ese órgano. Este efecto se repite sucesivamente y va aumentando las contracciones uterinas hasta que se produce el nacimiento. Este tipo de regulación de la propia síntesis y liberación que activa el sistema continuamente se denomina **retroalimentación positiva**, a diferencia de la retroalimentación negativa, que vimos en el caso de las hormonas tiroideas o en el ciclo menstrual.

Las contracciones uterinas también permiten que el útero recupere su forma y su tamaño luego del parto. Y la oxitocina, además, interviene en la secreción de leche materna al activar la contracción de las fibras musculares que rodean a las células secretoras de las glándulas mamarias.

Los métodos caseros para determinar la existencia de embarazo, así como los que se realizan en los laboratorios de análisis, detectan gonadotropina coriónica humana, una hormona producida por la placenta.

Las hormonas y el comportamiento: el estrés

Las **glándulas adrenales** o **suprarrenales** están ubicadas sobre los riñones y constituidas por una zona exterior, la corteza, y otra interna, la médula.

- ▶ **Corteza.** Produce varias hormonas en respuesta a la acción de la **adrenocorticotrofina (ACTH)**, hormona secretada por la adenohipófisis.
- ▶ **Médula.** Está constituida por células que provienen del mismo tejido embrionario que las neuronas del sistema nervioso simpático, y producen **adrenalina**, que en el sistema nervioso actúa como un neurotransmisor.

La médula adrenal puede considerarse una gran terminación nerviosa del sistema nervioso simpático

y no es raro que ambos produzcan los mismos efectos en el organismo: los que se relacionan con la presencia de factores externos que nos ponen en alerta. Son respuestas que se ponen en marcha frente a una pelea, un gran susto, la pérdida de sangre o un ayuno prolongado, todas situaciones de **estrés**.

Las responsables de esas respuestas son las hormonas producidas por la médula adrenal: la adrenalina y la **noradrenalina**. Su acción acelera el ritmo cardíaco, aumenta el nivel de ansiedad y conciencia, provoca temblores musculares y sequedad de la boca. Además, se contraen las arterias, la grasa y el glucógeno se convierten en glucosa para obtener energía rápidamente, aumenta el consumo de oxígeno, se acelera la coagulación y disminuye la digestión. Todo esto nos prepara para luchar o salir corriendo.

Algunas hormonas y sus efectos

El siguiente cuadro sintetiza algunas de las principales hormonas y las funciones que realizan en nuestro organismo. No se incluyen las producidas por las gónadas.

GLÁNDULAS	HORMONAS	FUNCIONES	
Hipófisis	Anterior	Somatotrofina	Estimula la formación de hueso y el aumento del volumen muscular, favoreciendo el crecimiento.
		Tirotrófina	Estimula el funcionamiento de la glándula tiroides.
		Gonadotrofinas	Estimulan el funcionamiento de las gónadas (testículos y ovarios).
		Adrenocorticotrofina	Estimula la producción de hormonas en la corteza suprarrenal.
		Prolactina	Estimula la secreción de leche durante el embarazo y la lactancia.
	Posterior	Oxitocina	Provoca la contracción muscular de las paredes del útero durante el parto.
		Antidiurética	Provoca la reabsorción de agua en los riñones, favoreciendo su retención en el organismo.
Tiroides	Tiroxina	Aumenta el metabolismo celular, en especial de las células nerviosas.	
	Calcitonina	Aumenta la cantidad de calcio en la sangre.	
Paratiroides	Parathormona	Disminuye la cantidad de calcio en la sangre.	
Páncreas	Insulina	Disminuye la cantidad de glucosa en la sangre.	
	Glucagón	Aumenta la cantidad de glucosa en la sangre.	
Suprarrenales	Corteza	Glucocorticoides	Favorecen la formación de glucosa a partir de los lípidos y las proteínas.
		Mineralocorticoides	Provocan la reabsorción de minerales en los riñones, favoreciendo su retención en el organismo.
	Médula	Adrenalina y noradrenalina	Provocan respuestas ante situaciones de estrés (aumento de las frecuencias cardíaca y respiratoria, de la presión sanguínea y de la glucemia).

El control neuroendocrino

Ya vimos que el nervioso y el endocrino son los dos sistemas de integración y control del organismo. Repasemos algunas de sus diferencias:

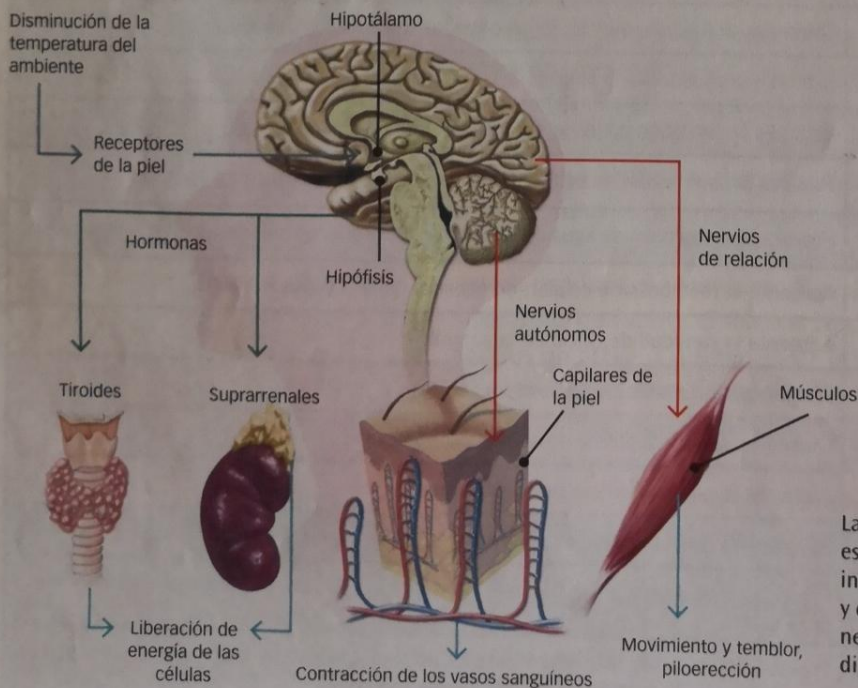
- ▶ **Tiempo de acción.** El sistema nervioso es de acción rápida, de apenas unos milisegundos. El sistema endocrino, en cambio, puede responder en segundos o tardar mucho más. Actúa más lentamente ya que se necesita un tiempo para que una hormona, luego de ser liberada en la sangre, llegue a su destino y ejerza su acción.
- ▶ **Respuestas.** Las respuestas nerviosas son breves y desaparecen rápidamente, mientras que las respuestas endocrinas suelen ser más duraderas, desde varios minutos hasta varios días, como en el ciclo menstrual o el embarazo.
- ▶ **Distribución de los mensajes.** Los mensajes nerviosos se distribuyen mediante conexiones semejantes a cables, que envían señales hacia zonas determinadas. Las hormonas, en cambio, se conducen por la sangre a todos los tejidos y células.

A pesar de sus diferencias, ambos sistemas ejercen el control del organismo en forma conjunta y coordinada. Gracias a eso, podemos realizar muchas actividades en forma simultánea. Mientras leemos un texto como este, por ejemplo, nuestro corazón late, la temperatura

corporal se mantiene aproximadamente constante, podemos escuchar el ladrido de un perro, espantar un insecto y respirar, todo al mismo tiempo y casi sin darnos cuenta. Por lo tanto, decimos que nuestro organismo está bajo un **control neuroendocrino**.

¿Cómo se evidencia esta relación? El hipotálamo, que pertenece al sistema nervioso central, recibe señales del interior y del exterior del organismo. Responde al dolor, a estímulos olfatorios, a las concentraciones de agua y nutrientes, y a las variaciones en la temperatura corporal, entre muchos otros estímulos. También lo afectan las emociones como la ira y la alegría, regula los niveles de placer, la agresividad y la satisfacción sexual. Gran parte de esa información es utilizada para controlar las secreciones de las numerosas hormonas hipofisarias. De este modo, las neurohormonas producidas por células nerviosas regulan la acción de la adenohipófisis (tejido glandular no nervioso) y, a través de sus secreciones, actúan sobre diversos órganos blanco.

En conclusión, la interrelación entre el sistema nervioso y el sistema endocrino se evidencia en distintos niveles. Por un lado, las neuronas pueden inhibir o estimular la acción de diversas glándulas, acción mediada generalmente por el sistema nervioso autónomo. Por otro lado, el sistema endocrino, al interactuar con receptores específicos, regula la conducta alimentaria, la agresividad o el comportamiento sexual.



La disminución de la temperatura ambiental es captada por los receptores de la piel. Esa información se conduce hasta el hipotálamo y desencadena una serie de respuestas tanto nerviosas como hormonales, que evitan que disminuya la temperatura corporal.

Ciencia en tus manos

El uso de modelos en el aprendizaje de las ciencias

Si te muestran una foto o un dibujo de una casa y te preguntan ¿qué es esto?, seguramente responderás: “¡Una casa!”. Pero, en realidad, lo que está en el papel no es la casa, es una forma de representarla, o podríamos decir que es un modelo de casa. Como vimos en el capítulo 1, un modelo es una representación de algún objeto real. Los modelos científicos son representaciones simplificadas de algún objeto o un proceso de la realidad que se utilizan para analizar ciertas características con diferentes objetivos. Por ejemplo, suelen utilizarse modelos en la enseñanza de las ciencias para facilitar la comprensión de otros modelos más complejos.



Los globos terráqueos son ejemplos de modelos, representaciones simplificadas de algún objeto, sistema o proceso que pueden utilizarse para facilitar su estudio.

ACTIVIDADES

13. Lee el siguiente texto y responde a las preguntas para, entender el modelo de regulación hormonal a partir del análisis del modelo de regulación del termostato de una estufa.

En la actualidad existen diferentes clases de estufas. Muchas tienen un rango de temperaturas entre un valor máximo y uno mínimo, que determinan el tamaño de la llama y, por lo tanto, la cantidad de calor que aportan al ambiente. Otras vienen con termostato incluido. ¿Qué es esto? Un aparato que registra la temperatura ambiente y permite el paso del gas. En estas estufas podemos seleccionar el rango en que queremos que la temperatura se mantenga constante. Cuando el ambiente se enfría, el termostato lo registra, y si la temperatura se encuentra por debajo del rango establecido, deja pasar gas y la llama se enciende, lo que permite aportar calor al ambiente. Cuando el termostato detecta que la temperatura ambiental llegó a un valor adecuado, interrumpe el paso del gas y la llama se apaga. La ventaja de estas estufas es el ahorro de gas, ya que se encienden solo cuando es necesario.

La regulación que ejerce el termostato de la estufa es una representación o un modelo del proceso de retroalimentación negativa que controla, por ejemplo, la glucemia o la temperatura corporal. Una manera de evaluar la comprensión de los mecanismos involucrados en la regulación hormonal es tratar de identificar aquellos aspectos de ese modelo científico que están representados en el modelo de la estufa con termostato. Si comparamos este sistema con la regulación de la concentración de glucosa en sangre, los valores de temperatura que seleccionamos en la estufa representan el nivel de glucemia normal.

- Imaginate que la temperatura de la estufa está establecida entre 20 °C y 25 °C. Afuera hay 10° C y de golpe se abre una puerta. ¿Qué esperas que ocurra?
- Suponé que el termostato funciona mal y no puede detectar valores de temperatura por debajo de los 20 °C, pero sí detecta las mayores de 25 °C. ¿Qué pasaría?
- Volvamos al ejemplo de la regulación de la glucemia. ¿Qué vendría a representar el termostato?
- ¿Y qué sería en el modelo científico la interrupción del gas? ¿Y la disminución de la temperatura ambiental?
- Dijimos que los modelos son una representación parcial de la realidad, o sea que tienen limitaciones. ¿Qué parte del modelo de regulación de la glucemia te parece que no está representada en el modelo termostato-estufa?
- ¿Cuál sería la correspondencia en el modelo científico del mal funcionamiento del termostato?

Los famosos castrati

Durante siglos, en todas las épocas y regiones existieron los **eunucos**, palabra que significa "guardián del lecho", y que describe una variedad de síntomas que se desarrollan como consecuencia de la **castración en seres humanos**. Así como en los gallos la cresta se achica, dejan de cantar y no muestran interés por las gallinas, otros animales, como los caballos y nuestras mascotas e incluso los seres humanos, modifican sus características físicas y conductuales como resultado de la castración, es decir, la extirpación de los testículos o los ovarios.

¿Cuándo y por qué razones se realizaba la castración en seres humanos? Parece ser que se usaba como castigo en las cortes, para preservar la castidad, para obtener eunucos que cumplieran funciones de guardianes y para conservar la voz aguda en los hombres adultos. Esta última razón fue muy importante para la música en la Edad Media.

No se sabe por qué comenzó esta práctica. Se supone que pudo deberse a que las mujeres no podían cantar en las iglesias y los niños integrantes del coro, al crecer, perdían sus bellas voces y emitían los horribles "cantos de gallo".

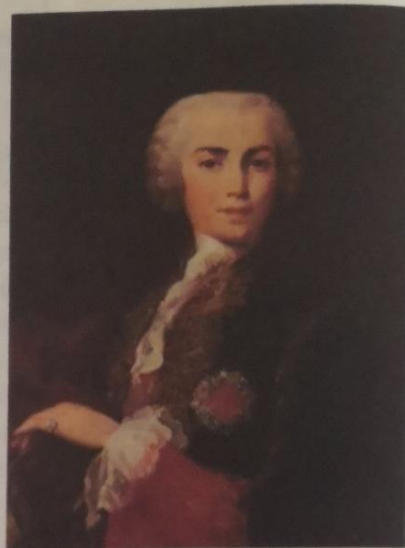
Cuenta la historia que en el siglo XVIII se efectuaban ¡hasta 4.000 castraciones anuales! en niños de entre ocho y once años. Si bien eran ilegales, se practicaban para conseguir las espectaculares voces espirituales que "glorificaban a Dios" y que el público de la época idolatraba. Además, muchas de las familias pobres lo hacían con la esperanza de tener un mejor futuro económico, ya que los ídolos de la ópera cobraban fortunas en los teatros europeos. ¿Por qué los *castrati* tenían esas voces tan especiales? El tono de la voz depende del tamaño, grosor y flexibilidad de las cuerdas vocales, características que son similares en los niños y las niñas, pero difieren en la pubertad. En las chicas, las cuerdas vocales también se alargan y se engrosan, pero menos que en los varones, por eso suelen tener la voz más fina.

Los *castrati* tenían voces dulces, pero poderosas, lo que se debía a la mayor capacidad pulmonar y a la resistencia física a la vibración de las cuerdas. Uno de los más famosos fue Carlo Broschi (1705-1782), conocido como Farinelli, por cuya voz de gran belleza, flexibilidad y fuerza se lo consideró el mejor intérprete de todos los tiempos. Dicen que podía entonar 250 notas en una sola respiración. El público lo aclamaba al grito de "éviva il coltello" (¡viva el cuchillo!).

Afortunadamente, la castración fue prohibida, aunque los *castrati* continuaron cantando en las iglesias italianas hasta comienzos del siglo XX. El último de ellos fue Alessandro Moreschi, quien murió en 1922. De él se conserva un documento histórico sonoro grabado en El Vaticano en 1902, al que podés acceder en: <http://www.operasiempre.es/2007/01/alessandro-moreschi-el-ultimo-castrato/>



La película *Farinelli, il castrato* se basa en la vida de Carlo Broschi, quien podía mantener una nota durante un minuto sin respirar.



Retrato de Farinelli realizado por el pintor Jacopo Amigoni alrededor de 1750.



Alessandro Moreschi (1858-1922), el último *castrato* y el único de quien se conserva registro de su voz.

ACTIVIDADES

14. ¿Cuáles son las consecuencias de la castración?
15. ¿Por qué se practica la castración en los animales?
16. ¿A qué se debe la voz aguda de los *castrati*?
17. ¿Por qué se los castraba antes de los once años?
18. ¿Tendría el mismo efecto sobre la voz si la castración se realizara, por ejemplo, a los veinte años? ¿Y sobre la fertilidad? ¿Por qué?
19. ¿Cómo se explica que las mujeres también modifiquen el tono de voz pero menos que los hombres?
20. ¿Qué otras características, además de la voz aguda, tienen los castrados?

Los hijos de Gulliver en el cine

Los vemos en las películas haciendo de malos o forzados. Los contratan para series de televisión y siempre para hacer breves apariciones bajo los mismos apodos: ogro, gigante, Goliath. Su fama dura poco y luego caen en el olvido. Para sobrevivir, hacen de extras en los circos, en propagandas de televisión o se presentan como rarezas. Su altura, su deformidad y su patología son la causa de su fama y, a la vez, de su muerte.

A lo largo de la historia, muchos personajes se han hecho famosos por presentar características especiales relacionadas con un mal funcionamiento de la glándula hipófisis. En condiciones normales, la hipófisis produce y libera **somatotrofina** u **hormona del**

crecimiento, cuya acción promueve la reproducción celular, especialmente en los tejidos en desarrollo. Sin hormona de crecimiento puede producirse **enanismo**. Por el contrario, el exceso de esta hormona, cuando los cartilagos óseos no están cerrados, causa un aumento en la estatura y produce **gigantismo**. Si, en cambio, el exceso de somatotrofina se da en la edad adulta, su consecuencia es la **acromegalia**, enfermedad caracterizada por el crecimiento exagerado de los huesos del cráneo y de la mandíbula (**prognatismo**), y también de las extremidades.

La afección fue descrita por primera vez en 1885 por el doctor Pierre Marie, y su nombre deriva de dos vocablos griegos: *akron*, 'extremi-

dades', y *megas*, 'grandes'. Quienes la padecen sufren de intolerancia al calor, piel grasa, fatiga, aumento de peso, y pueden desarrollar diabetes. En el 99% de los casos se da por un tumor benigno en la hipófisis, lo que provoca un aumento en la cantidad de células que produce la hormona de crecimiento. La mayoría de estos tumores supera el centímetro de diámetro y puede dificultar la visión. El tratamiento consiste en la extirpación del tumor, que puede ir acompañada por el uso de medicamentos que inhiban la producción de somatotrofina.

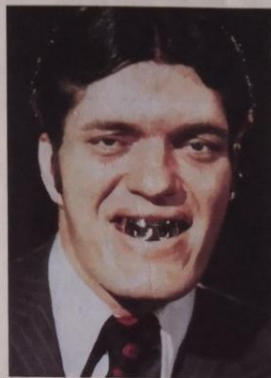
El hombre más alto del siglo xx, con 2,72 m de estatura, fue el estadounidense Robert Pershing Wadlow, quien vivió entre 1912 y 1940. Nunca dejó de crecer.



El personaje del film animado *Shrek* presenta características, como mandíbula y manos grandes, asociadas a la acromegalia, enfermedad que padecía el actor francés Maurice Tillet (1910-1955).

ACTIVIDADES

21. ¿Por qué una misma alteración, como el aumento en la producción de somatotrofina, puede producir distintas enfermedades?
22. En condiciones normales, es decir, sin la presencia del tumor, y teniendo en cuenta los mecanismos de *feedback*, ¿qué esperarías que sucediera cuando la hipófisis produce un exceso de hormona de crecimiento?
23. ¿Conocés otras características especiales diferentes del gigantismo que se relacionen con enfermedades del sistema endocrino y hayan sido utilizadas frecuentemente en series, películas o circos?
24. ¿Qué opinás acerca de la presencia en el cine de las personas que sufren estas enfermedades?



Richard Kiel (2,20 m) personificó al malvado Mandibulas, encarnizado rival de James Bond en la película *Moonraker* (1979).

Actividades finales

25. Después de haber leído el capítulo, resolvé las siguientes preguntas sobre las hormonas en la historia.
- ¿Quién dirías que tenía razón sobre si el control de las secreciones digestivas es nervioso u hormonal, el científico ruso Ivan Pavlov o los ingleses Bayliss y Starling? ¿Por qué?
 - ¿Qué dirías ahora de las ideas acerca de los humores que tenían los egipcios, griegos y romanos?
 - ¿Hay algún concepto de los mencionados en el capítulo que podrías relacionar con las ideas de los médicos en la Antigüedad?
 - ¿Qué les dirías ahora a esos médicos de la Antigüedad para refutar las ideas que en la época actual podríamos considerar erróneas?

26. En un hospital de Indonesia nació un bebé con un peso de 8,7 kilos. La madre, quien padece diabetes, declaró, feliz, que su hijo "tiene hambre todo el tiempo y mi leche no le alcanza". ¿A qué puede deberse el extraordinario peso del bebé?

27. ¿Por qué los pacientes diabéticos tienen mucha sed, suelen estar cansados, tienen más apetito (y por lo tanto comen más) y, sin embargo, pierden peso?

28. En el ciclo menstrual intervienen distintas hormonas. Completá el cuadro con los datos que faltan.

Hormonas	Órganos	Acciones
		Estimula en la hipófisis la síntesis y secreción de FSH y LH.
	Hipófisis	
LH		
Estrógenos		
	Ovario	

29. Resolvé teniendo en cuenta la regulación del ciclo menstrual.

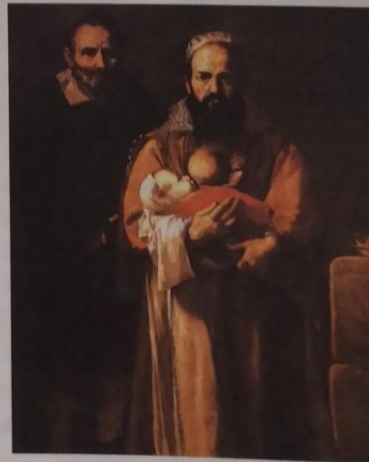
- En una escuela vecina a la tuya, una alumna comenta que en el ciclo menstrual se produce un efecto de retroalimentación positiva. Su compañero de banco

plantea que no se visualiza ese tipo de control. ¿Vos con quién estás de acuerdo? ¿Por qué?

- Al explicar el ciclo menstrual se dice que la hormona liberadora de gonadotropinas se secreta en forma continua, a menos que otras hormonas la supriman. ¿Cómo se lo explicarías a un compañero que no lo comprende?
- Los anticonceptivos orales (la famosa "píldora") contienen estrógenos y progesterona y se utilizan para evitar el embarazo. Suele decirse que "engañan al organismo". ¿A qué se debe esta idea?

30. Resolvé en grupo las siguientes situaciones.

- Los pacientes hipotiroideos, en los cuales la glándula tiroides funciona deficientemente, reciben una dosis diaria de hormonas tiroideas. En los estudios clínicos, muchas veces se realiza una ecografía de dicha glándula y se encuentra que los pacientes la tienen atrofiada, de un tamaño muy inferior al normal. ¿Cómo podrían explicarlo? ¿Qué relación tiene esta situación con el bocio?
- Algunas personas, cuando pasan por situaciones estresantes, suelen decir: "Saqué fuerzas de no sé dónde". ¿Cómo podrían explicar esta afirmación?
- Antiguamente en los circos se presentaban como rarezas las mujeres barbudas. ¿Cuál podría ser la causa de esa afección, conocida como "hirsutismo"?



Pintura de Magdalena Ventura de los Abruzos, mujer italiana y madre de siete niños que padecía hirsutismo. La obra fue realizada en 1631 por el pintor José de Ribera.

31. Un científico sospecha que cierto órgano tiene actividad endocrina. Para evaluar esta hipótesis, realiza una serie de estudios con animales. Indicá qué conclusiones le permite elaborar cada uno de ellos.

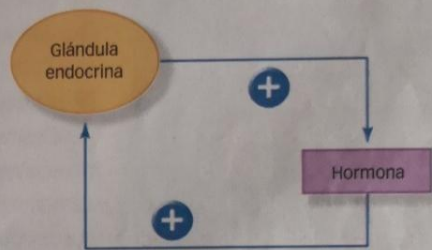
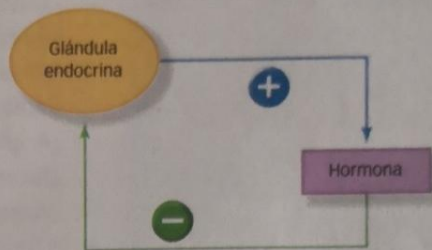
- Observa si el órgano en cuestión se encuentra muy irrigado.
- Extirpa el órgano y analiza las consecuencias de su ausencia en el organismo.
- Extirpa el órgano en cuestión y suministra por vía endovenosa un extracto del mismo órgano proveniente de otro animal sano.

32. Las siguientes ilustraciones representan a una glándula endocrina y a una exocrina.



- Indicá qué dibujo corresponde a cada tipo de glándula. ¿Qué tuviste en cuenta para identificar cada una?
- Agregá en cada dibujo los rótulos correspondientes: hormona, capilar sanguíneo, células glandulares, conducto, producto de secreción.

33. Los siguientes esquemas indican los posibles mecanismos de control de la producción de hormonas conocidos como retroalimentación positiva y negativa.



- Redactá un texto breve para cada dibujo, en el que se indique de qué mecanismo se trata y cómo funciona.
- Mencioná una actividad del organismo regulada por hormonas cuya producción esté controlada por retroalimentación positiva.
- Mencioná una actividad del organismo regulada por hormonas cuya producción esté controlada por retroalimentación negativa.

Libro

Golombek, Diego. *Sexo, drogas y biología*. Buenos Aires, Siglo XXI, Colección Ciencia que ladra. 2006.

Texto que aborda los efectos hormonales en relación con las diferencias de género, las características corporales, la organización del cerebro y las emociones.

Internet

<http://aprenderencasa.educ.ar/aprender-en-casa/biolog%EDA%203.pdf>

Servicio de información a distancia del Ministerio de Educación. Temas de biología con información, imágenes y actividades.

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/3ESO/Sistendo/index.htm>

Proyecto Biosfera. Portal con actividades sobre el sistema endocrino, entre otros temas.

<http://www.educa.madrid.org/web/ies.alpajes.aranjuez/argos/PREMIO4/principal/entrada.htm>

Aula virtual de biología con actividades y recursos.

<http://video.aol.ca/video-detail/hormonas/492719957>

Hormonas que matan y curan. Video que explica las acciones hormonales en los seres humanos.

La diabetes es una enfermedad crónica. En lenguaje médico, esto quiere decir que no se puede curar, hasta ahora. Para conocer los adelantos en el tratamiento de esta enfermedad, entrevistamos en su consultorio a la Dra. María Lidia Ruiz Morosini, médica especialista en diabetes. Ella nos dice que las personas con diabetes pueden vivir normalmente si se cuidan. La clave: educación y prevención.



María Lidia Ruiz Morosini (MN 77.885) es médica de familia y diabetóloga de la UBA. Trabaja en el Servicio de Diabetes del Hospital de Clínicas, donde coordina el área de tratamiento intensificado, con un equipo integrado por psicóloga, nutricionista y enfermeras. Es miembro de la Sociedad Argentina de Diabetes (SAD).

www.diabetes.org.ar

■ La diabetes se caracteriza por el aumento de la glucemia (glucosa en la sangre). Se diagnostica diabetes cuando en un análisis de sangre hecho en ayunas la glucemia supera los 126 mg/dL, o cuando en un análisis hecho al azar es superior a 200 mg/dL. ¿A qué se debe el aumento de la glucemia?

Lo que ocurre es una falta o falla en la secreción de insulina por el páncreas. Esa hormona es la que permite que la glucosa ingrese en los tejidos.

■ ¿Existen diferentes tipos de diabetes?

Desde hace siglos se reconocen dos clases más frecuentes. La tipo 1 se caracteriza por la falta de insulina y es autoinmune. El cuerpo produce anticuerpos contra el páncreas, no lo reconocen como propio y destruyen las células beta que producen insulina. En general, en los meses previos a la detección, los pacientes tienen una infección por virus o bacterias que desencadenan anticuerpos. En la tipo 2 se produce insulina pero de calidad alterada, es decir, es una llave que no funciona. También es posible que no funcione la cerradura (los receptores), por lo tanto, la glucosa no puede ingresar en los tejidos.

■ ¿A quiénes afecta cada tipo de diabetes?

La diabetes tipo 1 se presenta en los jóvenes, aparece en menores de 40 años, en forma brusca y sin antecedentes familiares. También puede presentarse en adultos, pero solo en un 3% de los mayores de 65 años. Se da, por lo general, en personas delgadas y los síntomas son glucemias muy elevadas, de 400-500 mg/dL, mucha sed y apetito, orinar mucho y perder peso, que es un síntoma de nece-

sidad de insulina en el cuerpo. La diabetes tipo 2 es la más común, la que tiene el 90% de los diabéticos. En general, aparece en mayores de 50 años y se hereda. Siempre hay padres, abuelos o tíos que la tuvieron o la tienen. Aparece casi sin síntomas y a veces pasan años sin saber que se tiene diabetes. Está asociada a la obesidad, la presión alta (hipertensión) y el exceso de lípidos en sangre.

■ ¿Cómo puede darse cuenta alguien de que tiene diabetes?

Lo más común es que las personas con diabetes orinen mucho, porque el cuerpo elimina el exceso de glucosa en la orina. Esto se llama "glucosuria". Se levantan muchas veces durante la noche para orinar, cosa que no pasaba antes, y si son bebés mojan muchísimo los pañales y están irritables. Además, tienen mucha sed, y decaimiento porque el cuerpo está lleno de glucosa pero los tejidos no la reciben y están "hambrientos". Si esto no se trata, hay dolores abdominales, vómitos y se va a un cuadro de cetoacidosis, antes llamado "coma diabético", en el cual hay mucha glucosa y mucho déficit de insulina y hay que internar a la persona para tratarlo. La diabetes tipo 2 del adulto en general no tiene síntomas. Solo se detecta con análisis de laboratorio, por eso hay que controlar la glucemia por lo menos una vez al año, sobre todo si hay antecedentes familiares. A veces se detecta por una complicación, como cuando aparecen lesiones en el pie o problemas de visión. Pero aquí estamos llegando tarde. Por eso, cuando una persona joven toma mucho líquido y orina mucho, y sobre todo está muy decaída, demacrada y cansada, sería bueno sugerirle un control de la glucemia.

■ ¿Cuáles son los principales problemas que ocasiona la diabetes?

En general, se asocia la diabetes con las complicaciones más temidas: las amputaciones, la ceguera, la diálisis. Pero hoy se sabe que eso es producto de la hiperglucemia (glucosa elevada) crónica. Una persona diabética que se cuida no debería tener problemas. Ahora, si mantiene niveles elevados de glucosa, se va a depositar en las arterias y en los nervios, y va a generar complicaciones en las pequeñas arterias. Como la retinopatía (complicaciones en los ojos), la nefropatía (complicaciones en los riñones) y la neuropatía (complicaciones en las piernas y en los pies). En estos casos, por ejemplo, al no tener sensibilidad en los pies, se pueden lastimar, infectar y se forman úlceras. También puede haber complicaciones macrovasculares o de las grandes arterias a nivel cardíaco, que lleven al infarto.

■ ¿Cómo se trata la diabetes hoy?

Siempre decimos que hay cuatro pilares en el tratamiento. El pilar básico y el más importante es la educación. Aun el paciente mejor tratado con todos los medicamentos debe estar "educado" para la diabetes, es decir, debe saber qué alimentos le conviene comer, hacer ejercicio, y sobre todo cambiar su actitud como resultado del control de su glucosa. De lo contrario, será un paciente informado pero no educado, y no tendrá los cuidados adecuados. El segundo pilar es el plan alimentario. Ahora se evita hablar de los "no", no hay alimentos prohibidos. La persona con diabetes puede comer lo mismo que cualquier otra, pero manejando las cantidades y cuidando el peso. A los jóvenes les enseñamos que coman libremente. Aprenden a calcular los hidratos de carbono que consumen

"En general, se asocia la diabetes con las complicaciones más temidas: las amputaciones, la ceguera, la diálisis. Pero hoy se sabe que eso es producto de la hiperglucemia (glucosa elevada) crónica. Una persona diabética que se cuida no debería tener problemas".

y la insulina que deben administrarse de acuerdo con lo que van a comer. El tercer pilar es el ejercicio físico, que mejora la sensibilidad a la insulina y da protección cardiovascular en el diabético tipo 2. Mejoran mucho los niveles de glucosa en los pacientes que hacen ejercicio físico. El cuarto pilar son los medicamentos, y hoy existen muchas nuevas drogas. Para la diabetes tipo 2 hay medicaciones que mejoran la entrada de la glucosa en las células o la cantidad de insulina que segrega el páncreas, y para la tipo 1 muchas nuevas insulinas para distintas estrategias de tratamiento.

■ ¿Cuál es la relación entre la epidemia de obesidad y la de diabetes que enfrentan muchos países?

Una aclaración importante es que la diabetes no es una enfermedad contagiosa y, por lo tanto, no se trata de una epidemia como la de gripe o de

sida. Se usa el término "epidemia" para indicar el gran aumento del número de diabéticos en el mundo. En ese sentido, se habla de la diabetes y de la obesidad como epidemias del siglo XXI. Están apareciendo casos de diabetes tipo 2 en niños asociada a obesidad, cuando los niños solo tenían diabetes tipo 1. La epidemia está ligada con la mala alimentación, sobre todo dietas con muchas grasas, y con el sedentarismo extremo. A lo largo de los años, la obesidad provoca que el páncreas claudique y aparece la enfermedad. La lucha entonces está en el cambio de hábitos y en crear conciencia de que con educación en el plan alimentario y con ejercicio se puede prevenir la diabetes tipo 2, sobre todo bajando de peso.

■ ¿Cuántos enfermos de diabetes hay hoy en el mundo? ¿Y en la Argentina?

En los últimos años vemos que la diabetes tipo 2 está adquiriendo proporciones epidémicas. En el año 2000 había 171 millones de diabéticos en el mundo, y para 2030 se espera que haya unos 366 millones. En la Argentina habría más de 2,5 millones de personas con diabetes, de las cuales 1,4 millones no saben que la padecen.



Los diabéticos pueden comer hidratos de carbono complejos como pastas y pan, pero complementados con fibras como frutas y legumbres, que evitan el aumento brusco de la glucosa.

■ ¿Qué parámetros debe controlarse un diabético?

Es fundamental el control de la glucosa en sangre (monitoreo glucémico). Es importante que el paciente mida la glucosa en distintos horarios en su casa, en el colegio, para ver qué hace con su dosis de insulina. Ahora hay un estudio llamado "hemoglobina glicosilada", que se hace cada tres meses. Permite estudiar el depósito de azúcar sobre el glóbulo

"Es importante que el paciente mida la glucosa en distintos horarios en su casa, en el colegio, para ver qué hace con su dosis de insulina".

rojo y es una representación del azúcar en los otros órganos. El nivel ideal debe ser menos del 7%; si supera ese valor, el paciente va a tener problemas. Por debajo del 7% se pueden manejar bien las complicaciones. También se debe controlar la presión arterial y hacer análisis de laboratorio de lípidos (triglicéridos y colesterol), y, para prevenir las complicaciones, un fondo de ojo por año, para



Los glucómetros miden la glucemia por lectura de tiras reactivas en las que se coloca una gota de sangre. Estos aparatos son cada vez más pequeños para poder transportarlos fácilmente.

detectar si existen lesiones de retina. Además, un análisis de orina completo por año, que se llama "microalbuminuria" y detecta, por la aparición de albúmina en la orina, las lesiones precoces de riñón. Pensemos en el riñón como un trapo rejilla que tiene un montón de agujeritos. Si se rompe y los agujeritos son más grandes, empiezan a perderse más proteínas de lo debido. La pérdida de más de 30 mg de albúmina en 24 horas nos indica que se está lastimando la pared del riñón por el exceso de glucosa, y eso hay que frenarlo para evitar una lesión mayor. Y finalmente, un buen examen físico por parte del médico para detectar lesiones en los pies, ya que las lastimaduras se infectan, se producen úlceras y todo puede complicarse.

■ ¿Qué tipo de dieta debe llevar un diabético tipo 2?

Si bien tiene que tener un plan individual, debe hacer todas las comidas y tratar de no saltarse ninguna. Los ayunos prolongados son muy malos, ya que luego, para compensar, hará una ingesta importante que puede provocar picos de glucosa en sangre. Entonces hay que hacer las cuatro comidas principales, y si es posible alguna pequeña colación entre comidas. A diferencia de lo que se cree comúnmente, el diabético debe comer hidratos de carbono (HC). El 50% de lo que come deben ser HC, lo importante es de qué tipo. Los simples, como los azúcares o los jugos de frutas, hay que evitarlos, porque suben de golpe la glucosa en sangre. Los HC complejos o almidones, como papa, pastas, arroz, pan, legumbres, pizza, también suben la glucosa, pero de manera mucho más lenta. Esos hay que comerlos acompañados de fibras, como frutas y verduras, para que el impacto de la glucosa sea menor. Por ejemplo, pueden

"A diferencia de lo que se cree comúnmente, el diabético debe comer hidratos de carbono (HC). El 50% de lo que come deben ser HC, lo importante es de qué tipo".

comer pastas, pero el tema es la cantidad y las veces por semana. Hay que cuidarse de las grasas para evitar el colesterol, favorecer las grasas con omega 3 y disminuir el consumo de proteínas como las de la carne, huevo y queso, que no son buenas para el riñón.

■ ¿Qué nuevos avances puede mencionar en el tratamiento?

Uno de los principales avances ha sido el desarrollo de agujas superdelgadas para inyectarse insulina. Los diabéticos tipo 1 lo hacen todos los días y varias veces. También se desarrollaron mejores y distintos tipos de insulina. Las ultralentas se usan durante el día, en una o dos dosis, para mantener un nivel basal, y las ultrarrápidas se inyectan durante las comidas de acuerdo con lo que el paciente va a comer. Hoy existen nuevos dosificadores que son como lapiceras, más prácticos y más sensibles. Y hay bombas de insulina que liberan insulina rápida a determinadas horas. Se programan y, además, apretando un botón, el paciente puede pasar un poco más de insulina en caso de necesidad. Se dosifica mejor la cantidad de insulina a lo largo del día, y eso da una mejor calidad de vida. Hay bombas que no llevan catéter. Como la que usa Nick Jonas, uno de los Jonas Brothers, que tiene el ta-

Las lapiceras dosificadoras contienen un cartucho descartable de insulina y agujas superdelgadas.





Nick Jonas en el estadio de River con la bandera de CUI.D.AR (Asociación para el Cuidado de la Diabetes en Argentina): "Compartimos el mismo sueño: la cura de la diabetes". (Revista *Diabetes News*, N.º 5, junio de 2009).

maño de un Ipod y le permite moverse libremente sin tener que inyectarse todo el día. Los aparatos de monitoreo también son cada vez más pequeños y más fáciles de llevar, como un MP3. Lamentablemente, fracasó el uso de insulinas inhaladas, porque hubo muchos problemas respiratorios. Las que había en los Estados Unidos y en Europa se retiraron de la venta. En realidad, al paciente no le molesta tanto pincharse como se creía, y además los inhaladores eran muy grandes e incómodos para llevar.

■ ¿Hay adelantos para curar definitivamente la diabetes?

Hay dos adelantos importantes que se están investigando en estos momentos. Uno es el trasplante de islotes, donde están las células beta que fabrican la insulina, y el otro, el trasplante total de páncreas. Los islotes se trasplantan de una persona que falleció al hígado del diabético. Por ahora se ha visto que tienen poca duración y se está

trabajando para mejorar esto. Lo que sucede es que como la diabetes tipo 1 es autoinmune, las defensas terminan destruyendo a las células trasplantadas. Pero los pacientes deben seguir cuidándose para evitar complicaciones y estar en buenas condiciones para cuando lleguen estos adelantos.

■ ¿Qué son los "mapas de conversación sobre diabetes"?

Es una nueva herramienta educativa. Antes se daban clases unidireccionales, muy magistrales, y los pacientes se aburrían y dejaban de ir. Ahora, la Federación Internacional de Diabetes (IDF por sus siglas en inglés) trabaja en dos elementos fundamentales. Uno es el aprendizaje entre pares, es decir que los propios diabéticos discutan sus problemas, y otro es el aprendizaje desde el juego y la diversión. Así surgieron los mapas de conversación, que consisten en láminas acompañadas de tarjetas, donde se tocan fundamentalmente cuatro grandes temas: qué es la diabetes, plan alimentario, tratamientos, y automonitoreo y manejo de la insulina. El trabajo con ellas, que semeja al "Juego de la vida", permite incluir sensaciones y sentimientos de los pacientes, como qué sintieron cuando se enteraron de que tenían diabetes, de que tenían que inyectarse insulina. Toca también el área psicológica, los involucra y terminan divirtiéndose y emocionándose, aprendiendo más que con el aprendizaje unidireccional. Yo entreno

"Hoy existen nuevos dosificadores que son como lapiceras, más prácticos y más sensibles. Y hay bombas de insulina, que se colocan debajo de la piel y liberan insulina rápida a determinadas horas".

Lidia
nos cuenta...

...cuándo supo que quería ser médica.

Desde chica me gustó investigar. Mi madre me cuenta que abría sapos para ver qué tenían adentro y me gustaba la biología. En mi colegio secundario elegí el área de ciencias, pero también me gustaba la literatura y escribía poesías. Al llegar a quinto año me planteé si medicina era mi verdadera vocación, ya que mi padre era médico y era algo que había vivido. Pero también me importaba la ayuda a los otros. Y me pregunté no solo qué estudiar sino qué me gustaría hacer en el futuro. Dudé entre anotarme en Letras o en Medicina, y me anoté en Medicina, pero siguiendo con talleres literarios durante muchísimos años.

...si mantiene su gusto por la poesía.

Siempre mantuve el área creativa escribiendo poesía, que hoy es uno de mis pasatiempos. Además, de chica estudié piano y hoy me gusta el rock. Mi hijo es baterista. También me gusta Serrat, tanto que mi hija Lucía se llama así por una canción de él. En libros me gustan autores como Cortázar, Gelman, Benedetti y Pizarnik.

educadores, en general enfermeras, que se llevan el kit de mapas y en sus hospitales convocan a los pacientes. Es unir educación y motivación.

■ ¿Es costoso el tratamiento de la diabetes?

El automonitoreo es costoso, las tiras reactivas de control son costosas, pero el paciente que más se controla es el que más puede prevenir las complicaciones. A largo plazo, los costos de una internación por diálisis o por una hipoglucemia severa, o un tratamiento con láser para curar una retinopatía y evitar una ceguera son mucho más costosos que pagar ahora las tiras o las buenas insulinas. Uno de los cambios que habría que hacer en los programas de salud es evaluar la relación costo-efectividad de la prevención a largo plazo. También sería bueno trabajar con las familias de obesos para prevenir enfermedades asociadas con el exceso de peso. A la larga, eso traerá mejor calidad de vida y menos gastos en medicamentos.

8

El control endocrino en animales y plantas

LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

- Conocerás algunas de las hormonas presentes en los invertebrados y en los vertebrados.
- Te informarás sobre las hormonas que intervienen en la muda y la metamorfosis de los insectos.
- Comprenderás el concepto de "fitohormona" u hormona vegetal.
- Entenderás la participación de las hormonas vegetales en el crecimiento, el desarrollo y la reproducción de las plantas.
- Comprenderás el concepto de "feromona" y sus acciones en diferentes organismos.
- Analizarás los resultados de experimentos históricos de la ciencia.



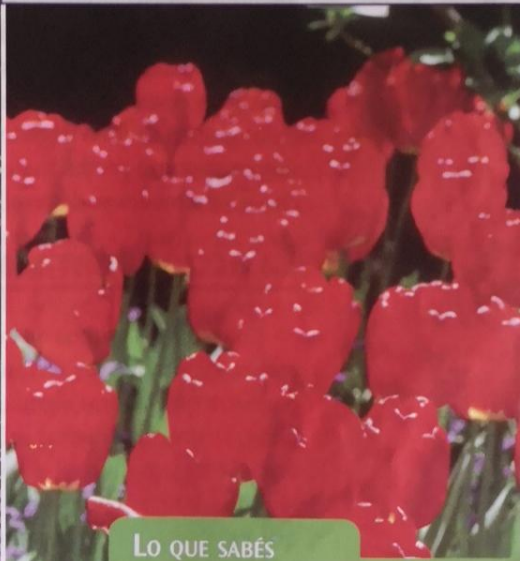
GFDL - Mila Ziri





¿Animales afrodisíacos?

Durante siglos, ciertos animales han sido cazados por su peligrosidad, su sabrosa carne o sus características terapéuticas, lo cual los ha puesto, en muchos casos, al borde de la extinción. Los "beneficios" dependen de las características del animal: huesos para curar el reumatismo; genitales para aumentar la fuerza muscular, el tamaño del pene o mejorar el tránsito intestinal... En ciertas culturas se los captura por sus supuestas propiedades afrodisíacas, es decir, por ser estimulantes del deseo sexual. En China, por ejemplo, ciertos restaurantes ofrecen genitales de diversos animales. El bello tigre siberiano es perseguido actualmente para obtener su pelaje; sus patas, que se supone que traen buena suerte, o sus genitales. Con sus huesos se fabrica un "vino de tigre", que se comercializa con precios altísimos en muchos países. Pero tal vez el caso más famoso sea el del rinoceronte, a cuyo cuerno se le han endilgado propiedades tanto mágicas como afrodisíacas. La cacería ha sido tal que la población de rinocerontes africanos se redujo de 45.000 animales en 1970 a unos 6.000 en la actualidad, y solo quedan unos 5.000 tigres de los 100.000 que existían hace un siglo.



LO QUE SABÉS

1. Mirá las fotos de esta página. ¿Qué relación creés que tienen con el tema del capítulo?
2. ¿Con qué contenido del capítulo anterior podés relacionar la ingestión de animales por sus "propiedades afrodisíacas"?
3. ¿Por qué hablamos de hormonas en las plantas si no tienen sangre?
4. Los insectos ¿tendrán las mismas hormonas que los mamíferos? ¿Qué opinás?



Las respuestas hormonales de los seres vivos



El caparazón de los cangrejos posee **cromatóforos**, células que contienen gránulos de pigmento de diferentes colores. El cambio de color en respuesta a distintas intensidades de luz puede llevarles un par de horas.

EL DETALLE

¿Cangrejos camuflados?

*¿Sabías que los cangrejos pueden empalidecer o aclarar el color de su caparazón en un ambiente claro o intensificarlo si el ambiente se oscurece? Las responsables parecen ser un conjunto de hormonas llamadas genéricamente **cromatóforotrofinas** sintetizadas en los ganglios de los pedúnculos oculares. ¿Cómo llegaron los científicos a esta conclusión? Inyectaron extractos procedentes de esas regiones en otros cangrejos y observaron cambios de color en ambientes con luz constante.*

¿A qué se debe el efecto? A la acumulación o dispersión de gránulos de pigmento blanco o de color. Si se dispersan los gránulos de color blanco y se concentran los de color rojo, azul o marrón, se empalidece el cuerpo. En cambio, si se concentran los gránulos blancos y se dispersan los de color, se produce el oscurecimiento del caparazón. La distribución de pigmentos varía entre las diferentes especies de cangrejos, lo que determina distintas respuestas.

En el capítulo anterior vimos cómo actúa el sistema endocrino en los seres humanos. ¿Existirán sistemas similares en los otros animales e incluso en otros seres vivos? ¿En qué casos podemos hablar de hormonas? Antes de analizar casos concretos, comencemos viendo qué criterios se han utilizado y se utilizan para determinar si existen secreciones que puedan considerarse hormonas. Seguro que estás pensando en los experimentos de Bayliss y Starling con el páncreas denervado de un perro. ¿Cómo será en los invertebrados?

A principios de 1920, experimentos realizados con cangrejos demostraron que el cambio de color que manifiestan en ciertas circunstancias se debía a la acción de unas sustancias sintetizadas y liberadas por los pedúnculos oculares y transportadas por la **hemolinfa**, el líquido análogo a la sangre de los vertebrados, que está presente en artrópodos y otros grupos de animales. Posteriormente, estudios realizados en distintos invertebrados permitieron identificar células neurosecretoras, es decir, células nerviosas capaces de sintetizar y secretar hormonas. ¿Cómo se las reconoció? Por la presencia de gránulos rodeados por una membrana. Pero también puede tratarse de vesículas sinápticas, por lo tanto, fueron necesarios otros estudios para comprobar la existencia de secreciones y sus efectos fisiológicos. Como recordarás, la neurosecreción es un punto en común entre el sistema nervioso y el endocrino. El hecho de encontrarse en numerosos grupos de invertebrados hace pensar que, en la evolución, las hormonas surgieron como producto de secreción de células nerviosas y, probablemente, en los vertebrados se desarrollaron glándulas endocrinas no nerviosas.

La acción hormonal en los invertebrados

En todos los grupos de invertebrados se han encontrado células neurosecretoras y, aunque sus acciones no se conocen en todos, ciertos experimentos permitieron elaborar algunas conclusiones. En los cnidarios, como el pólipo hidra, se cree que ciertas secreciones neuronales promueven el crecimiento durante la gemación, el crecimiento y la regeneración. En los moluscos cefalópodos, como el pulpo, hay células neurosecretoras en las glándulas ópticas que intervienen en la maduración sexual, ya que estimulan el desarrollo de los órganos reproductores y sus productos. Las lombrices adultas pierden peso y dejan de poner huevos si se separan los ganglios cerebrales, características que recuperan cuando se regenera la conexión entre los ganglios. Los arácnidos poseen células neurosecretoras en el cerebro, y sus secreciones parecen intervenir en la muda y la maduración sexual.

ACTIVIDADES

5. ¿A qué se refiere en el recuadro la expresión "cangrejos camuflados"?
6. ¿Qué ventaja adaptativa puede tener el cambio de coloración del caparazón de los cangrejos?
7. ¿Qué otro animal conocés que presente una respuesta similar?

Muda y metamorfosis en los insectos

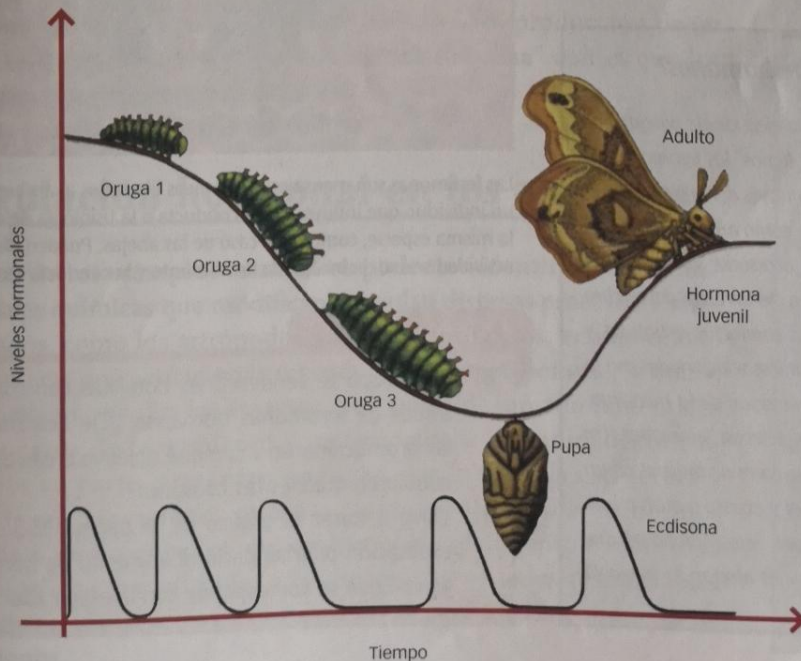
Uno de los grupos en los que más se han estudiado las hormonas de neurosecreción es el de los insectos. Como todos los artrópodos, estos animales poseen un exoesqueleto duro que los protege pero a la vez limita su crecimiento. Cada tanto, el esqueleto "viejo y apretado" se desecha y es reemplazado por uno de mayor tamaño en un proceso conocido como **muda**.

Otro proceso relacionado con el crecimiento que está presente en la mayoría de los insectos es la **metamorfosis**. ¿De qué se trata? De una secuencia de estadios juveniles que se suceden desde la larva hasta el adulto. Cada una de las etapas requiere la formación de un nuevo esqueleto y luego su muda. En algunos casos, estos cambios son graduales, y en otros hay un estadio intermedio entre la larva y el adulto llamado **pupa**. ¿Cómo ocurren esos cambios? ¿Cuál es la señal que los dispara? Sí, como te estás imaginando, ambos procesos están controlados por hormonas. En este caso se trata de la acción conjunta de dos: la **ecdisona** u hormona de la muda, que favorece el crecimiento y la aparición de las características del adulto, y la **hormona juvenil**, que mantiene los estadios típicos de las formas juveniles.

Además, otras tres hormonas regulan y controlan los procesos de muda, metamorfosis y eclosión. Por ejemplo, la hormona **protorácico trofina (PTTH)**, que se produce en una región del cerebro y "viaja" por los axones de células neurosecretoras hacia otra zona cerebral. Allí se

almacena y finalmente se libera en la hemolinfa. ¿Dónde ejerce su acción? En una glándula del tórax llamada **protorácica**, que en respuesta secreta ecdisona, que actúa sobre la epidermis y activa la producción de una nueva cutícula. ¿Y qué ocurre con la "vieja"? Al mismo tiempo que las células epiteliales comienzan a producir los materiales de la nueva cutícula, se secretan enzimas que van digiriendo parcialmente la antigua cobertura.

La hormona juvenil, por su parte, se produce en ciertas glándulas pares no nerviosas (análogas a la adenohipófisis de los vertebrados). Esta hormona promueve la retención de los caracteres inmaduros de la larva y, por lo tanto, retrasa la metamorfosis. ¿Cómo actúa? La concentración de hormona juvenil tiene un valor máximo al comienzo de la vida larvaria y luego va disminuyendo hasta llegar a una concentración mínima hacia el final del período de pupa, que es el último estadio larval. En esta etapa se produce una intensa reorganización de tejidos que darán lugar a la forma adulta. Pero dijimos que la muda tiene lugar entre distintos estadios juveniles y también durante el crecimiento de los adultos. ¿Qué tipo de cutícula se forma en cada caso? Si en el momento de la muda la concentración de hormona juvenil es alta, se forma una nueva cutícula larvaria. En cambio, cuando la hormona juvenil desaparece de la circulación, la cutícula que se produce es la de adulto, junto con los otros cambios de la metamorfosis.



La hormona juvenil está presente en una alta concentración al comienzo de la vida larvaria. El valor mínimo se corresponde con el período de pupa, el último estadio larval. La ecdisona, por su parte, está presente en todos los estadios, activando la formación de una nueva cutícula.

Hormonas que intervienen en la reproducción

Sobre la base de que en los animales superiores las hormonas sexuales son sintetizadas por las gónadas, durante años se llevaron a cabo diversos experimentos con insectos en los que se transportaban gónadas de un sexo a otro o se les inyectaban hormonas de vertebrados, pero sin ningún resultado. Al no observarse efectos, comenzó a ponerse en duda la existencia de este tipo de hormonas en los insectos. Posteriormente, cuando se conoció la acción de la hormona juvenil en la diferenciación de tejidos, se investigaron sus efectos sobre la maduración sexual. ¿Y qué se encontró? Parece ser que en los machos jóvenes de ciertas especies activa el desarrollo de los órganos sexuales accesorios (conductos internos, órganos para almacenar esperma) y en las hembras facilita la maduración de los óvulos. La función de la hormona juvenil, entonces, podría considerarse similar a la acción de las hormonas tiroideas en el desarrollo normal de los mamíferos.

Feromonas

En capítulos anteriores mencionamos las glándulas exocrinas, productoras de sustancias que se secretan al exterior. Algunas de estas sustancias, las **feromonas** que te presentamos en el capítulo 3, son utilizadas por ciertos animales como medio de comunicación. ¿De qué manera? Los insectos coloniales se reconocen entre sí como miembros de una misma colonia mediante estas secreciones.

EL DETALLE

¿Existe la atracción química entre humanos?

*Dicen que el olfato es fundamental en la elección de pareja. ¿Por algo las personas se perfuman! Pero no "olemos" las feromonas, al menos conscientemente. Las detectamos a través del **órgano vomeronasal**, presente en algunos vertebrados, como anfibios, reptiles y muchos mamíferos. Este órgano olfativo accesorio, ubicado en el interior de la cavidad nasal, envía señales a ciertas áreas del cerebro que controlan los niveles hormonales o las conductas instintivas, y es especialmente sensible a sustancias químicas relacionadas con la conducta social y reproductiva. La sincronización de la menstruación muestra que los humanos podemos detectar feromonas. Un grupo de científicos recolectó secreciones axilares de mujeres en un determinado momento del ciclo menstrual y expuso a otras a esos "aromas", lo que aceleró su ciclo menstrual. Se comprobó así que ciertos compuestos liberados por las mujeres afectan la fisiología de otras.*

También se utilizan en la reproducción, como el caso de la polilla del gusano de seda, cuya hembra libera **bombicol**, una feromona que atrae poderosamente a los machos. ¿Y qué hay de otros animales? En algunas almejas y estrellas de mar se producen junto con la ovulación ciertas feromonas que activan la liberación de esperma. Esta sincronía resulta muy conveniente para la especie, ya que se incrementa la posibilidad de encuentro de gametos y, por lo tanto, de fertilización (recordá que la fecundación es externa y ocurre en el agua). Y hablando de encuentros sexuales, seguramente habrás visto alguna vez un "séquito" de perros persiguiendo a una hembra en celo por la calle.

Como te habrás dado cuenta, las feromonas no son verdaderas hormonas, ya que se liberan al exterior y no en los líquidos internos del organismo, pero sí son mensajeros químicos. No solo participan en la reproducción, también son útiles para guiar a congéneres hacia una fuente de alimento o para alejar predadores, como ocurre en los animales que "marcan" territorio mediante secreciones olrosas, que informan de su presencia a otros individuos.



Las feromonas son mensajeros químicos liberados al ambiente por un individuo que influyen en la conducta o la fisiología de otros de la misma especie, como en el caso de las abejas. Pueden afectar la actividad sexual, la búsqueda de alimento y la conducta territorial.

ACTIVIDADES

8. En Europa se venden unas botellitas con concentrados de feromonas humanas. ¿De qué manera las promocionarán y con qué objetivo creés que las adquieren quienes las compran?
9. Volvé a mirar el gráfico de la página 155. ¿Qué explicación podrías darle al aumento de hormona juvenil que se corresponde con la etapa adulta?

Las hormonas en los vertebrados

Todos los vertebrados producen hormonas tiroideas. La hiposecreción en peces, aves, reptiles y mamíferos disminuye notablemente el crecimiento. La hipersecreción, por el contrario, produce un desarrollo precoz, sobre todo en peces y anfibios. En estos últimos ocurre un proceso de metamorfosis que incluye varias etapas, desde el estadio larval, pasando por el de renacuajo hasta llegar al de adulto. En esos cambios interviene la hormona tiroxina, producida por las glándulas tiroideas de los renacuajos que, al llegar a un determinado valor en sangre, activa la aparición de las extremidades anteriores y el fin de la etapa larvaria. La tiroxina también regula el estado de la cobertura corporal de los vertebrados. En aves y mamíferos se ha comprobado que actúa estimulando la muda, es decir, la caída y el reemplazo de pelos y plumas. Lo mismo ocurre en peces, anfibios y reptiles, en los cuales la deficiencia de hormonas tiroideas afecta la apariencia y el estado de la piel.

En cuanto a la reproducción, ya vimos que en las mujeres existe un ciclo que está regulado hormonalmente. ¿Qué ocurre en otros mamíferos? El ciclo menstrual existe también en nuestros parientes primates más cercanos, los monos antropomorfos, como gorilas y chimpancés. Otros presentan un **ciclo estral**, palabra que deriva de **estro**, que es el período de celo en el cual la hembra está dispuesta a recibir al macho. Esto puede suceder una vez al año o mucho más seguido, como en ciertas ratas que tienen un estro ¡cada cuatro días! Para conocer sobre el celo de perras y gatas, leé “La Posta” de este capítulo.

La prolactina, por su parte, estimula en los mamíferos el crecimiento de las glándulas mamarias y la producción de leche. En las aves activa la formación de grasas que conduce al engorde previo a la migración, y también es responsable de las conductas de incubación de los huevos y de cría de los pichones. ¿Cómo? Activando la producción de un líquido nutritivo conocido como la “leche del buche” con el que los alimentan.

La regulación hormonal en los animales

A partir de los ejemplos analizados podemos identificar en los animales señales químicas que modifican y regulan diversos procesos. En los invertebrados, como los artrópodos, anélidos y moluscos, existen células neurosecretoras que actúan en la reproducción, el metabolismo, la muda, la pigmentación, etc. En los insectos, por ejemplo, son fundamentales en los procesos de crecimiento y metamorfosis. Los animales vertebrados, por su parte, presentan una gran similitud en la estructura y función de sus secreciones internas, como es el caso de las hormonas tiroideas que regulan el metabolismo, el crecimiento e incluso la metamorfosis de los anfibios, o las hormonas sexuales responsables de los ciclos reproductivos, la búsqueda de pareja y las conductas de apareamiento.



En los salmones que se desplazan desde el río hacia el mar se ha visto que el tamaño de la glándula tiroidea aumenta durante la intensa travesía.



En los reptiles como el gecko la prolactina afecta el crecimiento y la regeneración de la cola.

EL DETALLE

¿Desarrollo adelantado?

Ciertos datos parecen indicar que, en las últimas décadas, la edad promedio en que los seres humanos se desarrollan se ha adelantado. El caso es que determinados alimentos, ciertos plásticos y pesticidas contienen sustancias que afectan a las hormonas y simulan, por ejemplo, los efectos de los estrógenos. Experimentos realizados con ratas, a las que se les suministran dosis altas de algunas de esas sustancias, muestran que maduran sexualmente más temprano que las ratas que no fueron sometidas a esos tratamientos. Una de esas sustancias es el **bisfenol**, un estrógeno sintético que se utiliza para producir plásticos con los que se fabrican, por ejemplo, mamaderas. Con el uso prolongado, parte del bisfenol podría salir del plástico y pasar a la leche. Para estudiar qué efecto tendría esto en los bebés, se administró bisfenol a ratas preñadas. Las crías, fueron más pesadas que las de ratas no tratadas, y alcanzaron más rápidamente la madurez reproductiva.

Las hormonas vegetales

Sabemos que las plantas son seres vivos: respiran, se alimentan y pueden reproducirse. Para crecer requieren luz, dióxido de carbono del aire, agua y minerales, elementos que utilizan para generar casi todo el cuerpo. Esto no solo implica el aumento de tamaño, sino también la formación de distintos tipos de células, tejidos y órganos, la apertura y el cierre de hojas y flores en un determinado momento del día o del año, la producción de frutos y semillas, la defensa de predadores y muchos etcéteras. Como te imaginarás, el desarrollo de las plantas depende de la interacción de factores tanto externos como internos; estos últimos de naturaleza química, es decir, mediada por la acción de determinadas sustancias. Y sí, estamos hablando de ¡hormonas! ¿Por qué utilizamos ese término? Porque, al igual que en los animales, se trata de sustancias que se producen en un tejido u órgano y se transportan hacia otro tejido, donde actúan en mínimas cantidades y provocan ciertas respuestas fisiológicas. ¿Qué funciones regulan? A continuación veremos algunos ejemplos.

Las auxinas

Tal vez hayas visto que ciertas plantas se obtienen a partir de un gajo. Si ponés una rama en agua, al poco tiempo surgen pequeñas raíces, del mismo modo que ocurre cuando una semilla recibe humedad. ¿Cómo es que de un tallo “salen” raíces? Y en el caso de las semillas, ¿por qué las raíces crecen hacia abajo y los tallos hacia arriba? Aquí intervienen ciertas hormonas vegetales o **fitohormonas**, las **auxinas**. En el caso del crecimiento del tallo, las auxinas producidas en el vástago activan el crecimiento de las células apicales. ¿Cómo? Su acción depende de la cantidad o concentración disponible; una concentración elevada hace que las células se alarguen, por lo tanto, el tallo crece. En las raíces, la acción es opuesta: si la concentración es baja, se alargan, y si es alta, el crecimiento se inhibe.

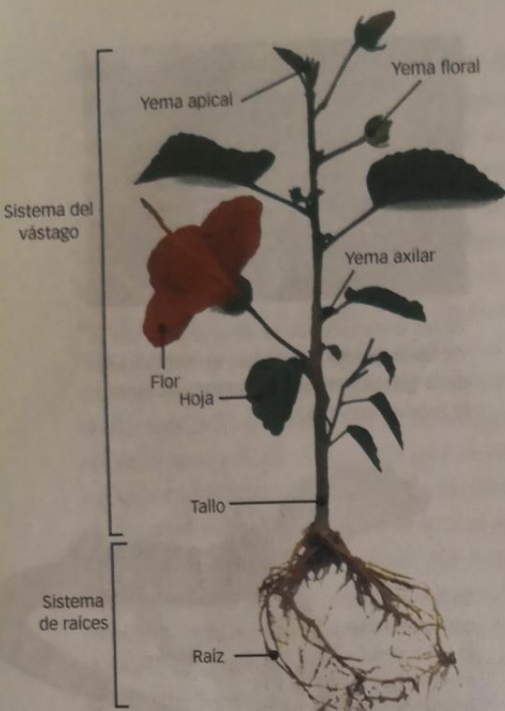
Todos hemos visto cómo las plantas ubicadas, por ejemplo, cerca de una ventana, se orientan hacia la luz, fenómeno conocido como **fototropismo**. ¿Qué tiene esto que ver con las auxinas? La luz y la gravedad afectan la distribución de estas hormonas en las raíces y en el vástago, por lo tanto, estas fitohormonas desempeñan un importante papel tanto en el fototropismo como en el **gravitropismo** de las raíces. En este último caso las orientan positivamente respecto de la fuerza gravitatoria que ejerce el planeta Tierra.

Las auxinas intervienen también en otros aspectos del crecimiento de las plantas, por ejemplo, en el desarrollo de los frutos y en la diferenciación de los tejidos de conducción, el **xilema** y el **floema**.

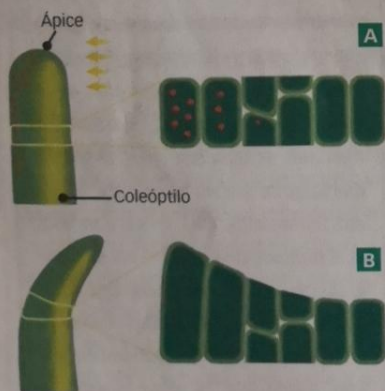
EL DETALLE

¿Hacia dónde crecen las plantas?

¿Tuviste alguna vez una planta con un tallo finito y “pelado”, sin hojas? Si consultás a un jardinero qué hacer con una planta con ese aspecto poco saludable, probablemente te aconseje que cortes la punta del tallo para que crezca “a lo ancho” y más frondosa. Él sabe que la yema apical es la que “comanda” el crecimiento en alto de la planta e inhibe el desarrollo de las yemas laterales, y que solo cuando se corta el extremo del vástago comienzan a desarrollarse las ramas. Este fenómeno se conoce como **dominancia apical**.



Las principales partes de las plantas con flores se pueden agrupar en dos sistemas: de raíces y del vástago. El sistema de raíces fija la planta, transporta agua y minerales hacia otras regiones, almacena sustancias de reserva y también produce hormonas. El vástago realiza la fotosíntesis, transporta sustancias y también participa en la reproducción y la síntesis de hormonas. La yema apical, en el extremo superior del vástago, es responsable del crecimiento del tallo.



Cuando las plantas son iluminadas lateralmente (A), las auxinas (en rojo) se desplazan en el coleóptilo (extremo del tallo) y se acumulan en el lado opuesto al que recibe la luz. Como consecuencia, el tamaño de las células que contienen más auxinas aumenta (B) y el tallo se curva.

Las citocininas

El crecimiento de las plantas está regulado por la acción de las auxinas y de otras hormonas: las **citocininas**. Tal como vimos en el fenómeno de dominancia apical, las auxinas por sí solas inhiben el brote de las yemas laterales, pero la acción conjunta de auxinas y citocininas lo estimulan.

Las auxinas se producen en la punta del vástago y son transportadas hacia "abajo", por lo tanto, su concentración disminuye hacia la raíz. Las citocininas, en cambio, se producen en las raíces y viajan en dirección al tallo. No solo promueven el crecimiento de las yemas laterales, también estimulan el desarrollo de los frutos.

Por su ubicación, las yemas laterales cercanas a la punta del tallo reciben más auxinas que otras (probablemente en cantidad suficiente para inhibir su crecimiento), y pocas citocininas, porque están lejos de las raíces. La concentración de ambas hormonas, entonces, varía a lo largo del tallo, y, por lo tanto, las yemas en las diferentes posiciones reciben distintas influencias de estas sustancias, lo que, en definitiva, determina el desarrollo de la planta "hacia arriba" o "hacia los costados". La interacción entre auxinas y citocininas, al regular las ramificaciones del vástago y de las raíces, mantiene los tamaños relativos de ambos sistemas.

¿Cómo se estudian los efectos de estas hormonas? Se utilizan sustancias sintéticas similares a las naturales. En el caso de las citocininas se usa **cinetina**, que puede aplicarse localmente para ver, por ejemplo, su función en el envejecimiento de las plantas. ¿Viste que a veces las hojas inferiores se ponen amarillentas y se caen a medida que crecen las hojas nuevas? Si se aplica cinetina a las hojas "de abajo", se observa que permanecen verdes. Ocurre lo mismo si se mantienen las hojas ya caídas en una solución con esta hormona. En cuanto a la dominancia apical, la aplicación local de cinetina en las yemas axilares las libera de la inhibición de las auxinas, promoviendo el brote de estas yemas, y la planta se desarrolla en forma más frondosa.

Las giberelinas

Existen otras hormonas vegetales que estimulan también el alargamiento de las células de los tallos. Se trata de las **giberelinas**. Las concentraciones más elevadas de estas hormonas se encuentran en las semillas

inmaduras de las gramíneas, como el trigo, el maíz y la avena. Al comienzo de la germinación, el embrión produce giberelinas y, en respuesta a esta hormona, ciertas células de las semillas producen y liberan enzimas que digieren las reservas alimenticias que ellas contienen. Esto proporciona al embrión en crecimiento sustancias fundamentales como azúcares, aminoácidos y grasas.



En algunas plantas, las giberelinas estimulan la floración, el desarrollo de frutos y la germinación de las semillas. En la foto, pastizal de Setaria.



En agricultura se aplican citocininas para promover la formación de ramas laterales, por ejemplo, en los manzanos y los rosales.

ACTIVIDADES

10. ¿Sabías que la papa que comés habitualmente es el tallo de la planta? Si tardás mucho en consumirla, verás que aparecen brotes que en la jerga cotidiana se llaman "ojos", que no son otra cosa que las yemas axilares. Una de las estrategias de los productores de papa es frotar esos "ojos" con auxinas. ¿Con qué objetivo creés que lo hacen?

Otras hormonas vegetales: el ácido abscísico y el etileno

Ciertas hormonas vegetales ayudan a las plantas a soportar las condiciones ambientales adversas, como la ausencia o la escasez de agua. El cierre de los estomas, que permite disminuir la pérdida de agua por evaporación, está controlado por la acción del **ácido abscísico**.

El **etileno**, por su parte, es una hormona vegetal poco común, ya que a temperatura ambiente se encuentra en estado gaseoso. Interviene en la maduración de los frutos y es responsable de la caída de hojas, flores y frutos en el momento preciso y en forma natural, sin causar daño a la planta.

Además de todas las hormonas mencionadas, muchísimas otras sustancias intervienen en la regulación del crecimiento y el desarrollo de las plantas, y en las respuestas frente a situaciones de estrés producidas por condiciones climáticas adversas o por la acción de organismos depredadores como hongos, insectos y otros animales herbívoros.



GNU FDL-André Karwath Aka

Ciertas sustancias, como los pigmentos denominados **fitocromos**, presentes, por ejemplo, en la estrella federal, intervienen en la determinación del **fotoperíodo**, que es la cantidad de horas de luz que regula el momento de floración de las plantas.

HORMONAS VEGETALES	EFFECTOS QUE PRODUCEN
AUXINAS	Promueven el crecimiento apical. Mantienen la dominancia apical e inhiben el crecimiento de yemas axilares. Inducen la aparición de raíces en los esquejes de tallos. Influyen en el fototropismo y el gravitropismo. Estimulan el desarrollo de los frutos. Intervienen en el retraso de la caída de hojas y frutos.
CITOCININAS	Estimulan el crecimiento de hojas y yemas laterales. Revierten la dominancia apical. Promueven la división celular. Estimulan el desarrollo de frutos y del embrión. Retrasan el envejecimiento y la caída de las hojas.
GIBERELINAS	Intervienen en la formación de flores y frutos, y en la germinación de semillas. Promueven el alargamiento del tallo.
ÁCIDO ABCSÍCICO	Participa en el cierre de estomas y mantiene el estado latente de las semillas. Inhibe el crecimiento de la planta, la germinación de las semillas y el desarrollo de yemas. Promueve la caída de las hojas.
ETILENO	Inhibe el alargamiento del tallo. Acelera la maduración de los frutos. Favorece la caída de las hojas, flores y frutos.

ACTIVIDADES

11. Suponé que un productor decide cosechar los frutos cuando ya están desarrollados pero un poco verdes, para poder almacenarlos y mantenerlos en buen estado hasta el momento de comercializarlos. Sorprendentemente, se produce una venta masiva de frutos y debe ubicar la mercadería en el supermer-

cado antes de lo previsto, cuando la fruta aún está verde.

- ¿Con qué sustancia le recomendarías que rociara sus frutos? ¿Por qué?
- ¿Y si con los frutos aún en las ramas de los árboles frutales se enterara de que debe cosechar antes de lo previsto? ¿Qué debería utilizar?

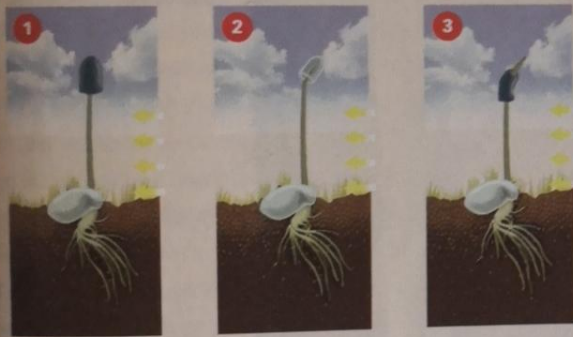
Los experimentos: el análisis de los resultados

En su trabajo cotidiano, las científicas y los científicos llevan a cabo diversas tareas. Una de ellas es el diseño y la realización de experimentos, a partir de los cuales obtienen datos cuyo análisis, en conjunto con otros datos y conceptos teóricos, les permiten elaborar conclusiones. Diversos experimentos realizados a lo largo de la historia de la ciencia fueron aportando indicios o evidencias acerca de la existencia de sustancias vegetales que se comportan como hormonas. Vamos a trabajar con algunos de ellos.

ACTIVIDADES

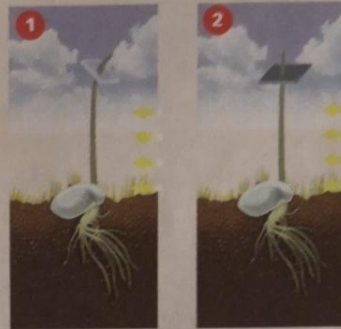
12. Lee las siguientes experiencias y resolvé las consignas para analizar los resultados.

Experiencias de Charles Darwin y su hijo Francis (1880). Estudiaron la orientación de las plantas hacia la luz, es decir, el fototropismo. Primero iluminaron desde diversos ángulos plántulas de alpiste, y observaron que la punta se curvaba hacia la luz. Luego, para determinar las causas de ese movimiento, sometieron a las plántulas a diferentes tratamientos:



Los Darwin cubrieron el extremo de una plántula con un capuchón oscuro (1) y observaron que la plántula no se curvó al iluminarla. También cubrieron el coleóptilo de otra plántula con un capuchón transparente (2) y el de una tercera con un capuchón oscuro, pero dejando al descubierto el coleóptilo (3). Estas dos últimas sí se curvaron.

Experiencias de Peter Boysen-Jensen (1913). Continuó con las investigaciones de los Darwin y trató de vincular el coleóptilo de las plántulas con su movimiento hacia la luz. Primero cortó el coleóptilo de una plántula, la expuso a la luz y observó que no se curvaba. Luego colocó en su lugar la punta cortada, la volvió a iluminar y observó que se curvaba. A continuación realizó la siguiente experiencia.



Boysen-Jensen cortó el coleóptilo de dos plántulas. En una de ellas colocó entre el coleóptilo y el resto de la planta una capa delgada de gelatina porosa (1), que impedía el contacto directo pero permitía el pasaje o la difusión de sustancias. En la otra colocó una lámina de mica (2), un material impermeable. A continuación, iluminó ambas plantas y observó que solo se curvaba la primera.

Boysen-Jensen cortó el coleóptilo de dos plántulas. En una de ellas colocó entre el coleóptilo y el resto de la planta una capa delgada de gelatina porosa (1), que impedía el contacto directo pero permitía el pasaje o la difusión

Experiencias de Fritz Went (1913). Avanzó en la identificación de las causas de la curvatura de las plantas al ser iluminadas. Recortó los coleóptilos de plántulas de avena y los colocó sobre un bloque de gelatina durante unas horas. Luego cortó pequeños trozos de esa gelatina, los colocó sobre los extremos de las plántulas sin coleóptilo y observó que se curvaban al iluminar las plántulas. A partir de este experimento pudo aislarse e identificarse la sustancia responsable de la curvatura de las plantas, que fue la primera hormona vegetal conocida.

- ¿Qué conclusiones se pueden obtener de las experiencias que realizaron los Darwin? ¿Por qué creés que si dos plántulas se cubrieron con un capuchón oscuro, una se curvó y la otra no?
- ¿Qué relación tienen las experiencias de Boysen-Jensen con las que hicieron los Darwin?
- ¿Qué función cumplía la mica que utilizó Boysen-Jensen? ¿Cuáles creés que fueron las conclusiones de este investigador?
- ¿Qué función cumple la luz?

Cambio de color en los animales: mucho más que camuflaje

La capacidad de cambiar el color y los diseños de la piel brinda posibilidad fabulosas a los animales. El cambio de color puede servir para el camuflaje, la termorregulación y la comunicación entre individuos de la misma y de diferentes especies.

Los grandes maestros del camuflaje son los peces planos, como los lenguados, que viven en el fondo del mar. Sus ojos transmiten al cerebro información muy detallada del entorno, que es luego conducida por innumerables nervios a las células pigmentarias de la piel, las cuales pueden reproducir muy fielmente la textura y los detalles del fondo.

El caso de los reptiles que cambian de color es mucho más complejo. Aunque pensamos inmediatamente en los camaleones, hay también otros lagartos que cambian de color, e incluso recientemente se ha descubierto en Indonesia una serpiente con esa capacidad. El cambio de color puede ser una señal usada en la comunicación entre machos, en la estimulación sexual y en la respuesta ante depredadores. Otro de los principales estímulos que intervienen en la pigmentación de los reptiles es la temperatura. Las iguanas marinas son negras cuando salen del agua fría y se ponen al sol. Cuando se calientan, su piel adopta su color usual, verde grisáceo. Algunos reptiles escamosos de África tienen una coloración apagada durante la noche, pero al ser calentados por el sol exhiben una deslumbrante combinación de colores, que juegan su papel en las amenazas entre machos y en el cortejo. Los *Anolis*, unos lagartos de las selvas americanas, pueden adquirir un tono verde oscuro o claro, en función de la temperatura y las necesidades de camuflaje (son oscuros por la mañana y se ponen al sol para calentarse, pero también se vuelven oscuros si el entorno lo es, independientemente de la temperatura). En estos lagartos, si se secciona la médula espinal, la piel sigue respondiendo a los cambios de luminosidad del entorno. Sus ojos detectan los niveles de luz y envían esa información a la glándula hipófisis, que, en respuesta a los cambios de luz, segrega hormonas que se difunden por el torrente sanguíneo y llevan a las células de la piel la información.

Por el contrario, las células pigmentarias de los camaleones son muy dependientes del sistema nervioso central. Esto les permite responder inmediatamente ante estímulos visuales y comunicar su agresividad o su excitación sexual por medio de coloraciones llamativas. En el color de su piel influyen la temperatura, la intensidad de la luz y el grado de excitación. Una intensidad de luz elevada favorece los colores vivos, así como la percepción de una amenaza.

Los machos son muy territoriales y la posibilidad de exhibir su poder por medio del color es muy útil para establecer las demarcaciones o las jerarquías de dominancia sin recurrir a la lucha.



GFDL-Daniel CD

Algunas especies del género *Anolis* pueden cambiar de color y por eso se los llama los “camaleones de América”. Se cree que existen unas cuatrocientas especies.



Los agámidos africanos, reptiles escamosos, exhiben colores llamativos.

ACTIVIDADES

13. ¿Qué sistema interviene en la regulación del color en los peces planos, como el lenguado?
14. ¿Cuáles son los estímulos que promueven el cambio de color de la piel en los reptiles?
15. ¿A cargo de qué sistemas se encuentra el cambio de color en los lagartos *Anolis* y en los camaleones?
16. ¿A qué se refiere el título del artículo con la frase “mucho más que camuflaje”?

Plantas que "deciden" entre crecer y defenderse

Cuando están rodeadas de competidoras, las plantas también deben "decidir" cómo invertir mejor sus limitados recursos energéticos: si lo harán en crecer para tener más acceso a la luz que sus vecinas, o si los dedicarán a defenderse de ejércitos de insectos hambrientos. Desde el punto de vista ecológico, esta disyuntiva se denomina "el dilema de las plantas".

"Cuando las plantas caen bajo el ataque de insectos herbívoros, aumentan la producción de unas hormonas llamadas **jasmonatos**, que disparan una serie de respuestas celulares de defensa destinadas a hacerle la vida más complicada al atacante –explica el doctor Carlos Ballaré, investigador del Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas con la Agronomía (Ifeva) y el Conicet, y último autor del estudio que acaba de publicarse en *Proceedings of the National Academy of Sciences*–. Estos mecanismos, análogos a los que nosotros activamos en respuesta al ataque de microorganismos, les permiten crecer y reproducirse en un mundo plagado de insectos que buscan alimento en los tejidos vegetales".

Pero en la Naturaleza las plantas están sujetas a otros problemas, además de los insectos. Uno de los principales es la competencia con otras plantas. Esta confrontación simultánea con competidores y plagas da origen a la necesidad de "tomar decisiones" respecto de la asignación de sus recursos, ya sea a la competencia (crecer en altura) o a la defensa (acumulación de compuestos tóxicos, por ejemplo).

Las plantas utilizan señales luminicas para detectar la presencia de otras plantas competidoras. Cuando perciben su proximidad, tienden a dirigir sus recursos hacia el crecimiento en altura, lo que las ayuda a evitar que sus hojas superiores reciban sombra de sus vecinas. ¿Cómo lo hacen? El mismo sensor de luz que detecta a las otras plantas da la señal para comenzar la síntesis de hormonas de crecimiento vegetal (auxinas), y al mismo tiempo la planta disminuye la producción de sustancias antiherbívoras (proteínas y otros compuestos que hacen que las plantas sean menos "sabrosas" o menos nutritivas).

Este estudio abre la posibilidad de intervenir en el mecanismo de asignación de recursos y modificarlo para diseñar estrategias naturales de defensa de las plagas, un objetivo crucial en un mundo que depen-

de de la producción agrícola y en el que se tiende a aumentar la densidad de siembra por hectárea –dice Ballaré–. Pero para poder hacerlo, primero hay que saber cuáles son las piezas que están involucradas".

Fuente: <http://www.conicet.gov.ar/NOTICIAS/portal/noticia.php?n=3893&t=4>
[consultado en noviembre de 2009]



GFDL-Alberto Salguero Quiiles

En el laboratorio se cultivaron plantas de *Arabidopsis thaliana* entre muchas competidoras. Las orugas que se alimentaron con esas plantas de *Arabidopsis* crecieron dos veces más rápido. Esto indicaría que las plantas dirigieron sus energías a la competencia con otras plantas en lugar de producir jasmonatos.

ACTIVIDADES

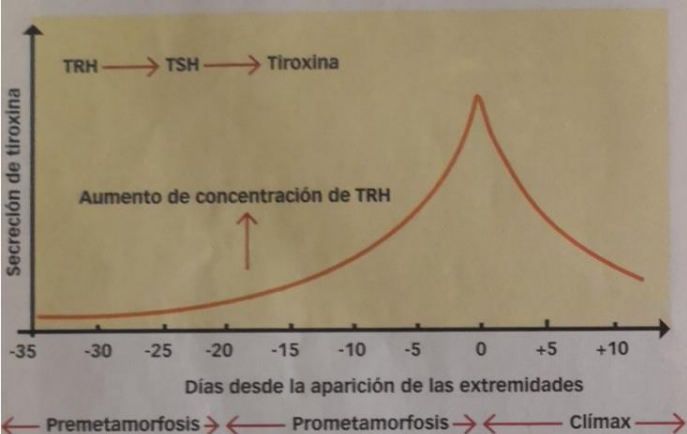
17. ¿Cuáles son los problemas de supervivencia a los que están expuestas las plantas que se mencionan en la lectura?
18. ¿Qué hormonas están involucradas?
19. ¿A qué "decisión" se refiere la noticia?
20. ¿Cuál es el resultado de tal "decisión", según el artículo?
21. ¿Por qué la palabra "decisión" está entre comillas?
22. ¿De qué modo la información de este artículo puede contribuir a mejorar la producción agrícola?

Actividades finales

23. Se está estudiando la utilización de hormona juvenil sintética en el control de una plaga de insectos. ¿De qué manera se te ocurre que serviría para estos fines?

24. ¿Qué relación podés encontrar entre la frecuencia de estros de ciertas especies de ratas y el hecho de que se consideren una plaga?

25. Analizá el siguiente gráfico y respondé.



Premetamorfosis
Crecimiento rápido



Prometamorfosis
Crecimiento reducido,
diferenciación rápida



Climax
Diferenciación rápida

- a) ¿Cómo se relaciona el aumento de TRH con la acción de la tiroxina?
- b) ¿En qué momento se produce la diferenciación?
- c) ¿Qué podría ocurrir si se le inyectara tiroxina adicional a un renacuajo? ¿Por qué?

26. Las auxinas son producidas no solo por las yemas de los vástagos, sino también por las hojas jóvenes, flores, frutos y embriones en desarrollo. El fruto se forma por el desarrollo de la pared del ovario que madura y se convierte en la pulpa del fruto. Puede tratarse de frutos carnosos como los duraznos o frutos secos como las nueces. Se sabe que las auxinas promueven la maduración de la pared del ovario. Los productores de frutos comestibles muchas veces adicionan auxinas a ovarios cuyos óvulos no han sido fecundados. ¿Cuáles creés que serán las consecuencias?

27. El ácido abscísico inhibe las giberelinas. ¿Qué ventajas podría tener en relación con la germinación de las semillas en condiciones ambientales adversas?

28. Muchas semillas requieren para su germinación el paso por un período de frío intenso como el de las épocas invernales para romper el estado latente y germinar. Teniendo en cuenta que el enfriamiento produce la destrucción del ácido abscísico, ¿cómo podrías explicarlo?

29. Resolvé las siguientes situaciones.

a) Se rompió una rama de una planta de malvón que tenés en tu casa y decidís ponerla en tierra. Entonces, vas al vivero para comprar alguna hormona que te asegure la obtención de una nueva planta a partir de esa rama. ¿Cuál comprarías? ¿Por qué?



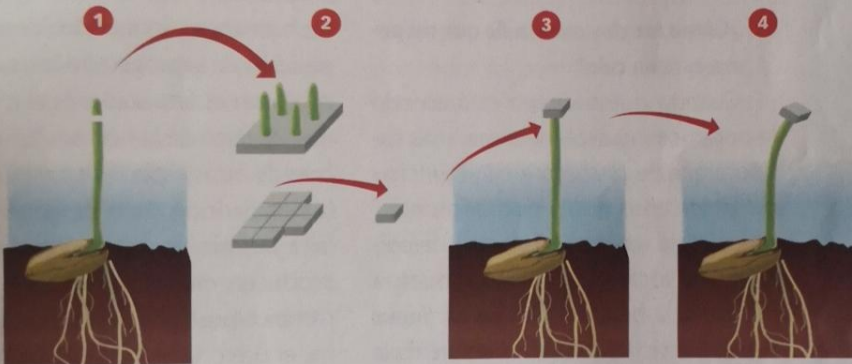
b) Tenés que armar un arreglo floral para una fiesta. Conseguís unas lindas hojas verdes y lo preparás con anticipación, pero el día anterior al evento observás que algunas hojas se están poniendo amarillentas. ¡Entrás en pánico! ¿Qué podrías usar para detener el proceso? ¿Por qué?

30. Los lenguados son peces que cambian su coloración.



- ¿Qué mecanismo permite ese cambio y qué función suponés que cumple?
- ¿Qué otras funciones puede tener el cambio de coloración en los animales? Mencioná un ejemplo.

31. La siguiente imagen ilustra la experiencia realizada por Fritz Went en 1913.



- ¿Qué pretendía investigar Went con esta experiencia?
- ¿Qué antecedentes tuvo en cuenta Went para realizar esta experiencia?
- Redactá un texto para cada uno de los pasos numerados.

■ Libro

Cristóbal, Pilar. *También los jabalíes se besan en la boca y otras curiosidades sexuales del reino animal*. Barcelona, Ediciones Temas de Hoy, 2005.

Libro escrito por una antropóloga y sexóloga que relata curiosidades sexuales de los animales, sus celos, su promiscuidad, su fidelidad y otras costumbres.

■ Internet

<http://www.biologia.edu.ar/plantas/hormona.htm>

Hipertextos del área de biología. Página de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) con información sobre el sistema endocrino de las plantas.

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/animal/contenidos19.htm>

Página con información para nivel medio. Actividades, animaciones sobre las funciones de nutrición, reproducción y relación en animales.

http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/reino_vegetal/contenidos9.htm

Página con información para nivel medio. Actividades, gráficos y animaciones sobre regulación hormonal de las plantas.

<http://www.youtube.com/watch?v=nfznJbNEvEE>

Video que muestra a un insecto en proceso de muda.

<http://www.tu.tv/videos/metamorfosis-de-la-libelula-waw>

Video que muestra la metamorfosis de una libélula.



Por Alejandro Balbiano.

Mascotas "celosas"

Tener un perro o un gato es divertido, ya que nos hacen compañía y podemos jugar con ellos como si fueran un amigo más. Pero también es una responsabilidad. Por eso, si se trata de una hembra, solo debemos permitir que tenga cachorros si podemos ocuparnos de ellos o tenemos a quién regalárselos. Para saber, entre otras cosas, si nuestra perra o gata deben tener cría o es mejor castrarlas, entrevistamos al Dr. Felipe Berard. La entrevista fue telefónica, ya que está trabajando en los Estados Unidos.



Foto gentileza del Dr. Felipe Berard

Felipe Berard es médico veterinario de la Universidad Nacional de Buenos Aires y profesor en Veterinaria (posgrado) de la Universidad Católica de Salta. Actualmente se desempeña como veterinario e investigador científico asociado en el Lovelace Respiratory Research Institute (LRRRI), en Albuquerque, Estados Unidos.

■ ¿Es lo mismo decir "celo" que "estro" en las perras?

"Estro" y "celo" son palabras que tienen el mismo significado. Una perra está en "celo" o "alzada" cuando está bajo la influencia de los estrógenos, que son hormonas producidas por el ovario y que afectan el comportamiento y los órganos sexuales femeninos. Cuando el nivel de esas hormonas en la sangre es muy alto, se produce la ovulación (salida del óvulo del ovario) y en ese momento la hembra es muy fértil.

■ ¿Cómo me doy cuenta de que mi perra está en celo?

Cuando nuestra perra está en celo la notamos inquieta, nerviosa, más cariñosa que de costumbre. Hay manchas de sangre en el piso y puede "montar" objetos, otros perros o la pierna de personas de la casa. Si apoyamos nuestra mano en la base de la cola, la mueve lateralmente dejando al descubierto la vulva, que está agrandada y con pérdida de sangre. En ese período, las hembras tienden a lamerse la vulva todo el tiempo, y también es frecuente que atraigan perros en la calle o que tiendan a escaparse.

■ Los perros macho ¿también tienen un período de celo?

No es correcto hablar de celo en los machos, ya que no producen estrógenos. Ellos producen hormonas masculinas, como la testosterona.

■ Suele confundirse menstruación con celo, por el sangrado que ocurre en ambos períodos. ¿Cuál es la diferencia?

Es cierto, la gente, en general, los confunde, pero son dos procesos total-

mente diferentes. En los perros y en la mayoría de los mamíferos no hay menstruación, solo es correcto hablar de ella en los primates y en los seres humanos. En las perras hay sangrado durante el celo, bajo influencia de los estrógenos, pero no es una pérdida menstrual. La menstruación se produce por la desaparición de progesterona en la sangre cuando el óvulo no es fertilizado por los espermatozoides. Entonces, toda la cubierta interna del útero que se formó para albergar el embrión es eliminada. En síntesis, la menstruación se da en seres humanos y monos debido a la desaparición de la progesterona y cuando el óvulo no es fertilizado; es el momento menos fértil de la hembra. En las hembras de otras especies, como las perras, la desaparición de la progesterona y la falta de fertilización de los óvulos no producen menstruación. Luego de los cambios producidos por la progesterona, el útero vuelve a la normalidad sin pérdida de sangre.

■ ¿Entonces la perra puede quedar preñada durante el celo?

Sí. La pérdida de sangre por la vulva es un indicador de que la perra se encuentra en un momento fértil, y puede quedar preñada si es montada por un macho.

■ ¿Cuánto tiempo dura el celo de las perras? ¿Cuál es el período más fértil?

El celo dura normalmente entre siete y diez días, pero puede durar más en algunos casos. La perra es más fértil en los primeros días del celo. Antes hay una etapa llamada "pro estro", en la que se observa que empieza a perder gotitas de sangre y que dura también de siete a diez días. En general, en ese momento la hembra no se deja montar por un ma-

cho y la vulva no está tan agrandada. No es fértil en esa etapa, ni en la posterior al celo, llamada "post estro". Es en esta última etapa cuando la hormona progesterona prepara al útero para guardar y cuidar a los óvulos. Si no fueron fertilizados, la progesterona desaparece de la sangre y el útero vuelve a la normalidad aproximadamente en un mes.

■ ¿Hay alguna otra manera de detectar si una perra está en celo, además del comportamiento y el sangrado?

Existen dos métodos con los cuales el veterinario, en el consultorio, puede confirmar si la perra está en celo. Uno consiste en tomar una muestra de sangre (de una de las patas) y, usando un aparato, averiguar si tiene altos niveles de estrógenos. Si es así, está en celo. El otro método consiste en tomar con un hisopo una muestra de la vulva y observarla con el microscopio. Si la perra está en celo, el veterinario va a encontrar un tipo especial de células, las células del celo.

■ ¿Cuándo tienen su primer celo las perras?

No todas las perras tienen el primer celo a la misma edad. En las razas chicas, como beagle y pequinés, el celo aparece entre los cinco y los seis meses. En las razas grandes, como ovejero alemán y dóberman, entre los doce y los quince meses. Luego, en general, tienen dos celos por año.

■ Los perros domésticos provienen de lobos silvestres. ¿Qué diferencia hay entre estas dos especies con respecto al periodo de celo?

Es muy interesante la pregunta, porque nos permite pensar en las diferencias entre los animales, en la Naturaleza y cuando son domesticados. Si bien el lobo es el origen del perro doméstico,

“Con la domesticación, las perras tienen un primer celo a corta edad, más celos por año y, en consecuencia, más cachorros por año”.

yo compararía al perro doméstico con el perro salvaje africano. Ambos descienden del lobo. La loba y la perra salvaje africana tienen el primer celo a los dos años de vida y luego, un celo por año.

■ ¿A qué se debe esa diferencia?

En la Naturaleza, los perros salvajes buscan su propio alimento mediante la caza y no comen todos los días. Cazan en grupos y las presas son compartidas por todos los miembros de la jauría. La aparición del celo en las perras salvajes se produce cuando hay más alimento disponible, es decir, más animales para cazar. De esta manera, la hembra podrá tener sus cachorros en la época más conveniente. Esa época es, en general, a fines del invierno y principios de la primavera. La perra salvaje tendrá su primer celo cuando físicamente se encuentre madura. Los perros domésticos, en cambio, son alimentados diariamente por el hombre y no gastan energía en buscar alimento. Así, la perra doméstica puede destinar energía para reproducirse sin necesidad de buscar su alimento. Con la domesticación, las perras tienen un primer celo a corta edad, más celos por año y, en consecuencia, más cachorros por año.

“La aparición del celo en las perras salvajes se produce cuando hay más alimento disponible, es decir, más animales para cazar. De esta manera, la hembra podrá tener sus cachorros en la época más conveniente”.



Manada de perros salvajes, también conocidos como licaones, persiguiendo a una hiena en el Parque Nacional Kruger, Sudáfrica.



En razas grandes, como la dóberman, es importante que las perras hayan terminado su desarrollo antes de tener cría.

■ Si alguien decidió que su perra tenga cría, ¿a partir de qué edad es conveniente?

La recomendación es que se la cruce con un perro cuando tenga su tercer celo. De esta manera nos aseguramos de que la perra sea madura, no solo sexualmente, sino físicamente en general. Esa perra, al tercer celo, habrá terminado su período de crecimiento.

■ ¿Qué es un embarazo psicológico?

Es un estado hormonal particular de la perra que se conoce como "seudoembarazo". La perra parece preñada, pero no lo está. Se la ve más gorda, con sus glándulas mamarias agrandadas, llenas de leche, y tiende a tomar objetos para protegerlos como si fuesen cacho-

“Algunas lobas o perras salvajes pueden tener pseudoembarazo. Ese estado es importante para la manada, porque las hembras con embarazo psicológico ayudan a las que tienen cachorros”.

rrros. Ese estado se produce en algunas perras entre los cuarenta y sesenta días posteriores al celo. Después del celo, la progesterona es muy abundante en la sangre. Esta hormona prepara al útero para recibir a los óvulos que dejaron el ovario: produce un aumento de la secreción de las glándulas y un crecimiento del tejido. Estos efectos son para que los óvulos se mantengan vivos en el útero. En la mayoría de las perras, la progesterona desaparece de la sangre después de unas semanas, si la perra no fue cruzada con un perro.

■ **El pseudoembarazo ¿también ocurre en la Naturaleza?**

Algunas lobas o perras salvajes pueden tener pseudoembarazo. Ese estado es importante para la manada, porque las hembras con embarazo psicológico ayudan a las que tienen cachorros. Pueden alimentar a los cachorros que no le

pertenecen. Debemos recordar que en la Naturaleza una hembra puede tener muchos cachorros y a veces no alcanza a alimentar a todos. Entonces, las hembras con pseudoembarazo ayudan a que sobrevivan más cachorros y a que la manada sea más numerosa.

■ **¿Es igual el celo en las gatas que en las perras?**

Existen algunas diferencias. Las perras tienen dos celos por año. Las gatas, en cambio, tienen muchos celos durante la primavera y el verano, y no se observa sangrado.

■ **¿Por qué a veces las gatas maúllan de manera tan lastimosa y dramática?**

La conducta de la gata en celo es mucho más reconocible que la de la perra. La gata en celo se revuelca en el piso, maúlla intensamente para atraer al macho. El cambio de conducta es muy importante. Además, el celo es más duradero, a veces desaparece por unos días y vuelve a aparecer. Toda esa conducta es por la presencia de los estrógenos en la sangre. El celo de la gata puede durar mucho, pero desaparece horas después de que se cruza con un macho. Esto sucede también en muchos felinos salvajes. Es un mecanismo

“Las perras tienen dos celos por año. Las gatas, en cambio, tienen muchos celos durante la primavera y el verano, y no se observa sangrado”.

nervioso y hormonal. Cuando la hembra se cruza con un macho, los óvulos se liberan del ovario y van al útero, donde son fertilizados por los espermatozoides. Ese mecanismo permite que, en la mayoría de los casos, los óvulos sean fertilizados y haya preñez.

■ **¿Por qué se dice que una perra y su descendencia pueden llegar a tener unos 5.000 cachorros, y una gata, 500.000?**

La gata tiene dos mecanismos hormonales que hacen que pueda tener más cachorros. Primero, tiene más celos o estros que la perra en su vida reproductiva. Eso implica tener más posibilidades de cruzarse con un macho. Segundo, en cada celo los óvulos son liberados del ovario solo si la gata se cruza con un macho, con lo cual esos óvulos tienen más oportunidades de ser fertilizados por los espermatozoides en el útero, en comparación con los óvulos de la perra.

■ **¿Es un mito o es verdad que hay que dejarle tener cachorros a una perra o a una gata por lo menos una vez en la vida?**

No hay ninguna prueba científica que indique que un animal deba tener por lo menos una cría en su vida. En la Naturaleza, sobre todo en caninos y felinos, hay hembras que no tienen cachorros y viven normalmente. El hecho de no tener cría no modifica la salud de nuestras mascotas.



No es necesario que nuestras mascotas tengan cría para que estén saludables.



Siempre que una gata se cruza con un macho resulta fecundada.

■ Si no queremos que nuestra perra o nuestra gata tengan cría, ¿qué deberíamos hacer?

Si uno decide que su gata o su perra no tengan cría, es muy importante que sean castradas. La castración evita que nuestras mascotas tengan crías que no vamos a poder cuidar. Al castrarlas, evitamos que se nos escapen durante el celo y vengan preñadas por accidente, cuando no lo hemos buscado. Los seres humanos somos responsables de la reproducción de nuestras mascotas. La castración permite evitar que tantos gatos y perros sean abandonados.

■ ¿Se debe castrar solo a las hembras o también a los machos?

La castración debe ser tanto de machos como de hembras. En los machos es una cirugía muy sencilla que consiste en remover los testículos. En las hembras es un poco más compleja y se pueden remover solo los ovarios o también el útero. La castración es la cirugía más común que realizan los profesionales veterinarios y hoy tiene un mínimo riesgo. Se realiza bajo anestesia y la recuperación es rápida. En muchos países, la castración de mascotas es obligatoria.

■ La castración ¿tiene más ventajas o desventajas?

Son más las ventajas que las desventajas. Entre las ventajas, en las hembras previene la aparición de enfermedades graves como los tumores de las glándulas mamarias (cáncer de mama) o

“Los seres humanos somos responsables de la reproducción de nuestras mascotas. La castración permite evitar que tantos gatos y perros sean abandonados”.

“La castración evita que las perras desarrollen pseudoembarazo y en machos previene enfermedades como el cáncer de próstata u otros tumores”.

las infecciones del útero, que ponen en peligro la vida de las mascotas. La castración evita que las perras desarrollen pseudoembarazo y en machos previene enfermedades como el cáncer de próstata u otros tumores. Además, los perros macho se vuelven más dóciles. La principal desventaja es que tanto machos como hembras engordan, por eso es importante que hagan ejercicio físico y que coman una cantidad adecuada de comida. Como conclusión, vemos que existen más ventajas que desventajas.

■ Aprovechando su experiencia en el laboratorio con primates, ¿podría contarnos cómo es el estro en las monas?

Las monas tienen varios estros todo el año y el celo dura unos pocos días. En algunas especies de monos aparece un enrojecimiento de la zona genital y de la zona del ano, influenciada por los estrógenos. El macho dominante de la colonia detecta las hembras en celo. En el celo no hay un sangrado de la vulva como en los perros. Después del celo, viene el post celo, en que la progesterona es la hormona más abundante. Si no se produce el cruzamiento con el macho, la progesterona permanece un tiempo y después desaparece. Cuando no hay progesterona, una parte del tejido uterino y las secreciones producidas previamente por esa hormona se eliminan por la vulva como una pérdida de sangre (menstruación). En las hembras de macaco, que es la especie con la que yo trabajo, el primer celo aparece a los cuatro años.

...cómo se decidió por la veterinaria y la investigación.

Durante la adolescencia me gustaban la biología animal, por lo que estudiaba en el colegio, y la medicina y la investigación médica, por lo que me contaba mi papá, que era médico. Quería encontrar una carrera que combinara esas tres cosas. Además, en mi casa había perros y gatos. Yo veía cómo trabajaba un veterinario que los atendía, me impresionaba su conocimiento, y me gustaba verlo atender a los animales. Luego fue mi profesor en la universidad. Durante mi carrera, los veterinarios no trabajaban con animales de laboratorio ni en investigación médica, pero conseguí ir como asistente a un instituto de investigaciones donde trabajaban con animales y aprendí mucho con los investigadores.

...algunos de sus gustos.

La música fue siempre muy importante en mi vida. De adolescente escuchaba rock nacional e internacional. Eso abrió mis oídos al jazz y al tango, que es lo que escucho actualmente. El cine es otra de mis pasiones. Como actualmente vivo fuera de la Argentina, me gusta mirar buenas películas argentinas. Es como sentirme más cerca de mi país. También me gusta andar en bicicleta con mis dos hijos por las montañas de Nuevo México, donde vivimos.



Macaco, una especie de primate que se utiliza para investigaciones médicas.



Hembra de bonobo o chimpancé pigmeo con su cría.

9

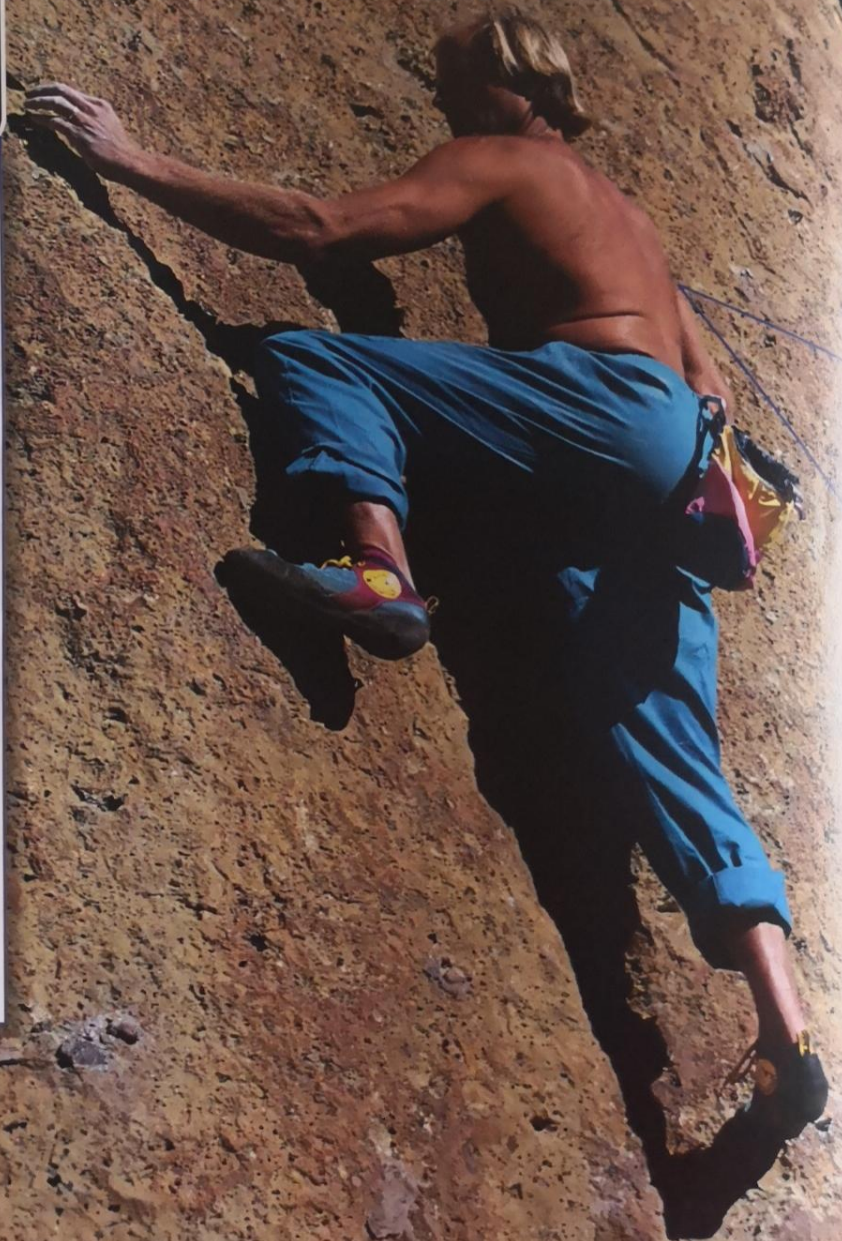
El rol de las proteínas



LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

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

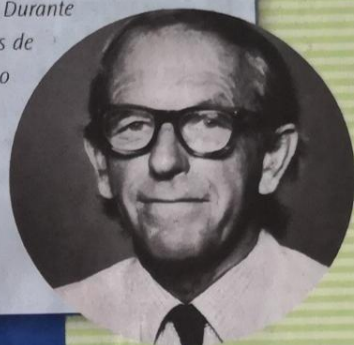


Dejando huella

El bioquímico inglés Frederick Sanger nació en 1918. Estudió en la Universidad de Cambridge. En 1943 se doctoró y comenzó a colaborar en el laboratorio de bioquímica, donde se interesó en conocer la estructura de las proteínas. Eligió estudiar la insulina, en busca del orden en el que se disponían sus aminoácidos. En 1954 logró determinar la estructura exacta, es decir, la secuencia completa, de los 51 aminoácidos.

Con sus investigaciones demostró que las proteínas tienen estructuras específicas, esto es que cada una presenta una secuencia precisa de aminoácidos. El proceso implicaba degradar insulina, es decir, romper la molécula, por medio de una enzima o un ácido, en péptidos cortos (cadenas de pocos aminoácidos) con el fin de separarlos. Los péptidos se dividían y se disponían en una hoja de papel de filtro a la que se le colocaba un disolvente. Sanger aplicaba primero la técnica electroforética y luego la cromatográfica. Durante la electroforesis, a través de un campo eléctrico, los aminoácidos de la insulina se movían a lo largo del papel, de acuerdo con su peso molecular y su carga eléctrica, y llegaban a posiciones diferentes, creando así un patrón característico. A esas huellas o patrones producidos por la proteína Sanger los llamó "huellas dactilares", porque son propias de cada proteína.

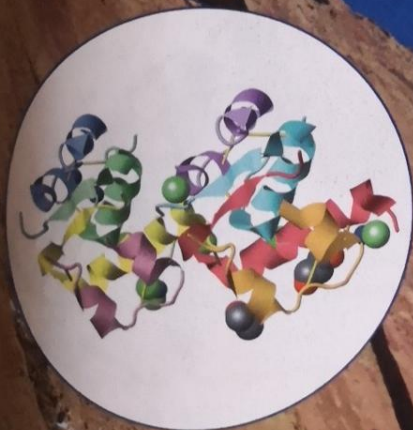
En 1958 le otorgaron el Premio Nobel de Química por los resultados de esta investigación.



El científico Frederick Sanger obtuvo el Premio Nobel de Química en 1958 por su investigación sobre la estructura de las proteínas.

La electroforesis es una técnica que se usa para separar moléculas, que migran a través de un campo eléctrico según la carga eléctrica y el peso molecular que tienen.

GDPL&CC Share Alike 2.0 By Alnaff



Existen diferentes modos de representar las moléculas según distintos códigos. Modelo de molécula de insulina.

LO QUE SABÉS

1. Escribí brevemente cuál fue la tarea central de Frederick Sanger en sus trabajos de investigación y qué llegó a demostrar.
2. Explicá lo que entiendas sobre la expresión "huellas dactilares" en relación con la estructura de las proteínas.
3. ¿A qué se refiere, en el texto, la frase: "secuencia precisa de aminoácidos"?
4. ¿Cuál es la función de la insulina en el organismo?
5. ¿Recordás los nombres de algunas proteínas que hayas visto en otros capítulos? ¿Cuáles? Hacé un listado y anotá también todo lo que te acuerdes sobre ellas. Compartilo con tus compañeros.

Las proteínas en los seres vivos

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

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

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

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



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

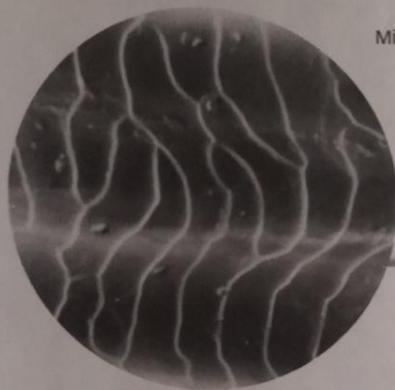
las que reciben las señales de otras moléculas y también las que traducen las señales que reciben las receptoras. En el capítulo 4 analizamos por qué es tan importante que una célula responda a los estímulos del ambiente. ¿Algún ejemplo más? Determinadas respuestas de los seres vivos están a cargo de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

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

La clasificación funcional de las proteínas

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

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



Microfotografía de un pelo

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



ACTIVIDADES

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

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



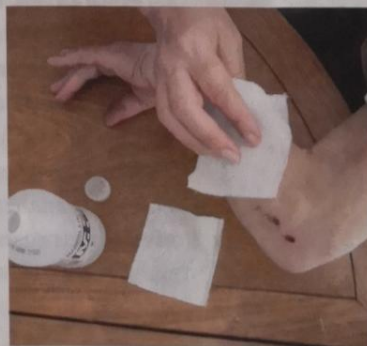
La **pilina** constituye los pili que permiten la conjugación bacteriana.



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



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



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

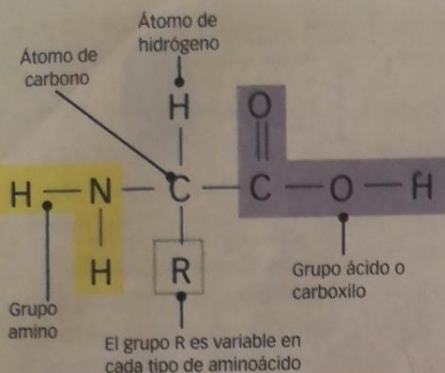


El endosperma de la semilla contiene proteínas que nutren al embrión en desarrollo.

ACTIVIDADES

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

Los aminoácidos y las proteínas



Representación de una molécula de aminoácido.

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

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

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

La estructura de las proteínas

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

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

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

ACTIVIDADES

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

EL DETALLE

¿Qué significa que un aminoácido sea esencial?

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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



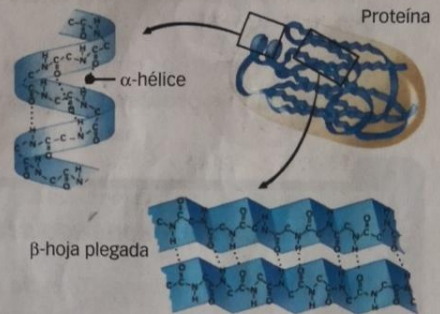
1. La estructura primaria es la secuencia específica de aminoácidos que forman las cadenas polipeptídicas de la proteína.

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

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

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

Grupo hemo



Estructuras secundarias.

ACTIVIDADES

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

Propiedades de las proteínas

Alguna vez habrás cocinado un huevo. La clara del huevo crudo se vuelve bastante diferente cuando está cocida. ¿A qué se deben estos cambios? Si pensamos que la clara de huevo tiene 90% de agua, y del resto, la mayor parte son proteínas, ¿tendrán algo que ver las proteínas en este cambio de aspecto en la cocción? ¿Y por qué será que se corta la leche cuando se le agrega un ácido (limón o vinagre) y se vuelve agria? ¿O qué sucede cuando vamos a la peluquería y nos planchan el pelo? Por supuesto que en las respuestas a estas preguntas están involucradas las macromoléculas protagonistas de este capítulo.

Las proteínas pueden inactivarse al romperse las fuerzas que mantienen la forma tridimensional de la cadena por la acción del calor, cambios en el pH o la agitación. En los tres ejemplos que mencionamos ocurre un proceso llamado **desnaturalización** y se trata de una variación de la conformación: los enlaces que mantienen su forma se rompen y se modifica el grado de plegamiento, las cadenas de polipéptidos se despliegan, por lo que se pierde su forma específica y, por lo tanto, su funcionalidad. La proteína se desnaturaliza. Como la desnaturalización no afecta a los enlaces peptídicos, en algunos casos puede ocurrir una **renaturalización** de las proteínas, es decir que pueden recuperar su conformación si las condiciones vuelven a su estado normal.

Otra propiedad de las proteínas es la **especificidad**, característica que hace que una proteína sea propia de una especie o bien exclusiva para una función determinada. Por eso podemos diferenciar dos tipos:

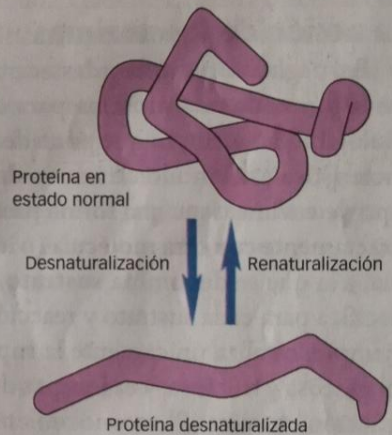
► **Especificidad de cada especie:** en una secuencia de aminoácidos, las proteínas presentan sectores estables (que están en todas las proteínas de ese tipo) y sectores variables, en los que algunos aminoácidos pueden ser sustituidos por otros sin que se altere la funcionalidad de la molécula. Las proteínas que tienen una función similar o idéntica en diferentes especies se llaman “homólogas” y resultan muy importantes en los estudios evolutivos, ya que las diferencias son mayores entre especies alejadas evolutivamente y escasas entre especies emparentadas. Es decir que la especificidad de las proteínas permite distinguir más íntimamente las diferentes especies.

► **Especificidad en la función:** es la capacidad por la cual cada proteína cumple con una única función, diferente de la que tienen las demás. Una proteína específica de membrana, por ejemplo, permite el paso de ciertas sustancias y no de todas. Además, si hablamos de especificidad, no podemos dejar de mencionar las enzimas, que actúan en forma específica sobre un sustrato. Cada una cataliza solo un tipo de reacción, como veremos en la página siguiente.

En la apertura vimos otra propiedad de las proteínas, que se comprueba con la electroforesis: la **capacidad electrolítica**. La electroforesis es una técnica analítica que permite identificar proteínas haciéndolas migrar a través de un gel. Por medio de una corriente eléctrica, las proteínas se mueven a diferentes velocidades, según su tamaño, su peso, etc., dejando las huellas de su “corrida”, que pueden visualizarse en el gel con la ayuda de colorantes específicos.



El ácido del limón o del vinagre actúa sobre la caseína, una proteína presente en la leche.



Desnaturalización y renaturalización de una proteína. Por ejemplo, el planchado que se ofrece en las peluquerías desnaturaliza la queratina del cabello por efecto del calor.

ACTIVIDADES

13. Explicá con tus palabras las propiedades de las proteínas que estudiaste en este capítulo.
14. ¿Qué ocurre cuando se desnaturalizan las proteínas?

Las enzimas

Es probable que el término "enzimas" te resulte conocido, ya que lo mencionamos varias veces en este libro. Pero ¿conocés enzimas que utilices en tu vida cotidiana? En la actualidad, las industrias utilizan enzimas en la fabricación de diversos productos. Por ejemplo, los jabones para lavar la ropa o los detergentes líquidos contienen enzimas microbianas que degradan los componentes de las manchas.

En las reacciones químicas que ocurren en un ser vivo participan enzimas, un tipo particular de proteínas que fabrican las células y cuya intervención en el metabolismo es fundamental para permitir un funcionamiento eficiente del organismo. ¿Recordás cuál es su función? Acelerar o **catalizar** las reacciones químicas que, si no fuera así, ocurrirían de manera muy lenta.

La acción de las enzimas

En páginas anteriores destacamos la importancia de la forma de una proteína para cumplir su función biológica. Un ejemplo que pone de manifiesto esta característica es el modo de acción de las enzimas. Cada tipo de enzima tiene una forma particular que "encaja" exactamente con otra molécula (o ión) sobre la cual actúa, a la que se denomina **sustrato**, es decir que es específica para cada sustrato y reacción. La sacarasa, por ejemplo, cataliza únicamente la ruptura de la sacarosa en glucosa y fructosa, y es incapaz de intervenir en otra reacción química. El reconocimiento espacial entre la enzima (E) y el sustrato (S) hace posible que la enzima cumpla su función.

El receptor para un determinado sustrato se encuentra en un lugar específico de la enzima, denominado **sitio activo**. Al reconocer el sustrato, se constituye un **complejo enzima-sustrato** que acelera la reacción química.

Como resultado de la reacción, el sustrato se convierte en el **producto**, que se separa de la enzima al finalizar el proceso.

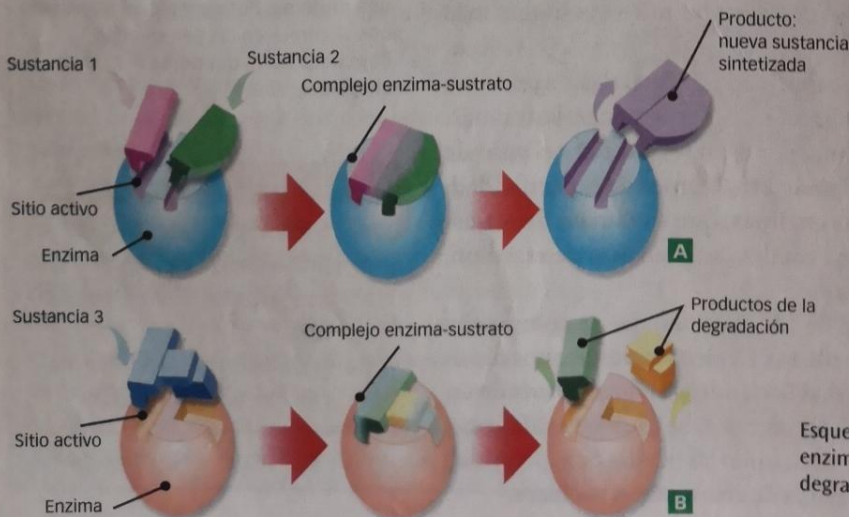
En algunos casos, la enzima puede acelerar la degradación del sustrato en dos moléculas, los productos de la reacción. En otros, las enzimas aceleran la unión de sustancias.

Una vez finalizada la reacción, la enzima se recupera y puede volver a actuar. ¿Qué creés que sucede si la molécula enzimática pierde su forma tridimensional? Si eso ocurre, no puede reconocer al sustrato y, por lo tanto, no puede cumplir su función.

Un ejemplo: algunas enzimas del hígado

Para comprender el funcionamiento de las enzimas, retomemos uno de los ejemplos que vimos en el capítulo 7. Las enzimas del hígado (y de los músculos esqueléticos) que regulan la síntesis del glucógeno (un polisacárido de reserva energética de los animales formado por hasta 120.000 moléculas de glucosa, su monómero) mediante la acción de la insulina y el glucagón, hormonas proteicas que se producen en el páncreas y actúan sobre el hígado.

¿Recordás cómo es esto? Te sugerimos que lo repases. La insulina estimula la génesis del glucógeno; el glucagón, la lisis, es decir, la ruptura de la molécula.



ACTIVIDADES

15. Las enzimas presentan una serie de características que le son propias: no se modifican en la reacción y son específicas. ¿En qué partes del texto se hace referencia a ellas? Explicalas en pocas líneas.

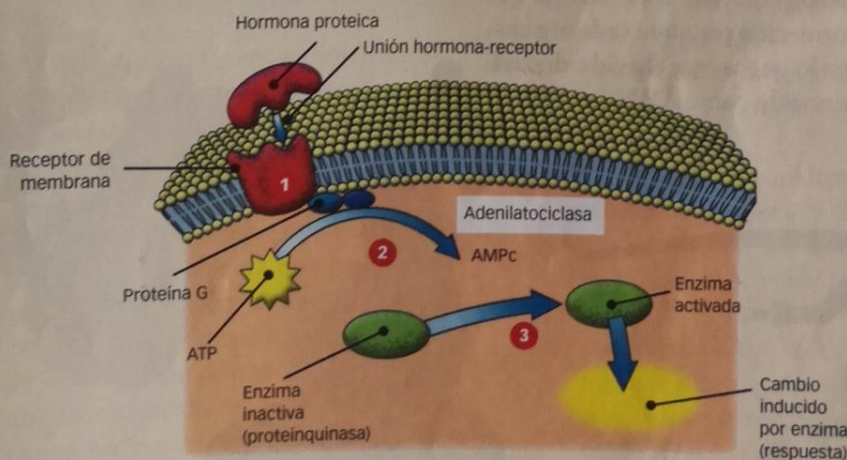
Esquemas muy simplificados de la acción de dos enzimas en una reacción de síntesis (A) y en otra de degradación (B).

Veámoslo por partes:

- ▶ La insulina, como ya sabés, favorece el ingreso en las células de la glucosa que está en la sangre, con lo cual, baja la glucemia. Cuando el aporte de glucosa es abundante, la insulina estimula a los hepatocitos (células del hígado) para que reserven moléculas de glucosa bajo la forma de glucógeno. En este proceso de síntesis (**glucogenogénesis**) interviene la enzima **glucógeno sintetasa**. (Esta es solo una de las acciones de la insulina en el hígado).
- ▶ El glucagón, como también sabés, actúa de manera inversa a la insulina: en respuesta a un descenso de la glucemia, promueve la degradación (ruptura) del glucógeno (**glucogenólisis**), con ayuda de la activación de la enzima **glucógeno fosforilasa**, producto de lo cual se obtienen moléculas de glucosa que serán usadas en otros órganos.

Antes de avanzar, recordemos que la insulina y el glucagón son hormonas y, por lo tanto, son mensajeros químicos. Únicamente actúan sobre su órgano blanco porque solo sus células poseen los receptores específicos que las reconocen. Y a partir de aquí se producen complejos procesos dentro de la célula que llevarán a una respuesta. Ahora bien, ¿qué sucede en las células blanco? Observá la ilustración de esta página. El proceso que ocurre dentro de la célula es extremadamente complejo. Podemos simplificarlo de este modo:

1. Las hormonas proteicas no pueden entrar en el citoplasma de las células del órgano blanco debido a que son moléculas hidrosolubles. Se las llama "primer mensajero". Estas hormonas, al unirse a su receptor de membrana (y mediante la activación de otra proteína transductora de señal, la **proteína G**), inducen la activación de una enzima, la **adenilatociclasa**, que se encuentra asociada al receptor y situada del lado interno de la membrana.
2. La adenilatociclasa es una enzima amplificadora de la señal, cataliza la transformación del ATP en AMP cíclico (AMPc), que actúa como señal interna y se lo llama "segundo mensajero".
3. Estos segundos mensajeros se difunden rápidamente y permiten que la señal se propague por el interior celular. ¿Te das cuenta? El proceso de generación de segundos mensajeros depende de una serie de proteínas de membrana celular. El AMPc activa una proteína enzimática, la **proteínquinasa**, que iniciará una cascada de reacciones químicas dentro de la célula donde intervienen distintas enzimas. ¿El resultado? La respuesta específica de la célula blanco, por ejemplo, la degradación de glucógeno (glucogenólisis) y el aumento de la glucosa en la sangre.



Funcionamiento simplificado de una hormona proteica. Para que cada hormona cumpla con su función son necesarias numerosas enzimas. Esto llevará a algún cambio en el metabolismo celular (respuesta).

Las proteínas como resultado de la expresión genética

Es evidente que las proteínas son indispensables en los diferentes procesos y mecanismos que mueven la actividad celular de un organismo. Podemos decir, sin temor a resultar exagerados, que las proteínas son responsables de todo lo que ocurre en las células. Ahora, podríamos preguntarnos de dónde salen las proteínas, o dónde, cómo y a partir de qué instrucciones se fabrican. ¿Cómo es posible, por ejemplo, que las moléculas de insulina sean siempre iguales? ¿Dónde están guardadas las “instrucciones” para que sean de un modo y no de otro?

Lo primero que tenemos que saber es que las proteínas se “fabrican” (se sintetizan) en cada organismo. Como sabés, cuando comemos, resulta fundamental que consumamos alimentos ricos en proteínas, por ejemplo, leche. Ahora bien, todas las proteínas que ingerimos son degradadas a medida que avanzan por el tubo digestivo. Lo que llega a la sangre y pasa a las células son las unidades que forman las proteínas, es decir, los aminoácidos. Con esos aminoácidos libres en las células, nuestro organismo fabrica sus propias proteínas.

La pregunta, ahora, es: ¿cómo se enganchan esos aminoácidos en un orden preciso y adoptan una estructura particular, y distinta, para cada proteína? Evidentemente, “algo” debe guiar el proceso de **síntesis de proteínas**. Y aquí entra en escena la “molécula de la vida”, la que cuenta con toda la información para que cada organismo sea como es y tenga lo que tenga: el **ácido desoxirribonucleico**, más conocido como **ADN**.

Fenotipos y genotipos

Las características visibles de cualquier organismo, como tamaño, color, textura, presencia de extremidades, etc., junto con todas las demás características que no vemos, como el conjunto de procesos y reacciones químicas que ocurren en su interior, constituyen lo que en biología se denomina **fenotipo**. Como veremos en el capítulo siguiente, el fenotipo es la expresión del **genotipo**, o conjunto de genes, donde están guardadas las “instrucciones” para que cada organismo sea lo que es. ¿Qué clase de “instrucciones” están guardadas en los genes? Nada menos que un código que determina la secuencia de aminoácidos que formará cada una de las proteínas del cuerpo.

Las proteínas son, entonces, la expresión del genotipo de los individuos y, por lo tanto, cumplen un rol fundamental en la determinación del fenotipo.

A su vez, el material genético de las células tiene mecanismos de control que evitan los errores en la transmisión de la información, aunque a veces pueden fallar. Una alteración en el código genético provoca diferencias en la secuencia de aminoácidos que forman la proteína en cuestión.

Resumiendo, el material genético contiene las “instrucciones” para producir las proteínas. A su vez, las proteínas van a determinar el fenotipo de los individuos. Estos temas los trataremos con más profundidad en el capítulo siguiente.



Las características de cada especie perduran en el tiempo, asegurando su continuidad a través del material genético, que podría sufrir un cambio (mutación), quizás, al cabo de miles de años.

Ciencia en tus manos

La investigación científica y la escolar

La investigación es una de las tareas fundamentales del trabajo de los científicos, pero también es común escuchar la palabra “investigación” en el ámbito escolar.

El término “investigación” implica interés, búsqueda, comprobación empírica. Podemos tener en cuenta el siguiente fragmento, que aclara los conceptos.

*“Por **investigación científica** entendemos aquella que, por estar ubicada en la frontera del conocimiento, obtiene como producto final novedades teóricas o factuales¹.”*

*La **investigación escolar** imita el proceder de la científica, pero sus logros nunca alcanzan la novedad científica. [...]*

La actividad científica parte de una instancia primaria y fundamental: el acceso a la información actualizada. La primera etapa de toda investigación científica es conocer ‘el estado del arte’, la situación en que se encuentra el conocimiento sobre un tema determinado”.

Durand S. y García G. Epistemología, Buenos Aires, UTN, 2000.

¹ “Factual” indica “hecho”. El párrafo se refiere a novedades teóricas o hechos novedosos.

Un trabajo de investigación puede comenzar a partir de interrogantes que generan observaciones, pero también de investigaciones no resueltas o de los puntos débiles de determinada teoría científica. Cualquiera de estas situaciones provoca el planteamiento del problema. A la vez, la solución de un problema puede generar otro problema que haya que resolver y, a medida que avanza la investigación, pueden surgir otros. Este es el desafío que enfrenta todo proyecto de investigación científica.

Al realizar una investigación para la escuela, es necesario esforzarse en buscar la mayor cantidad posible de información. Las fuentes para iniciar una investigación escolar pueden ser diversas: libros, revistas científicas, informes de especialistas y, a veces, hasta diarios en los que se publica alguna novedad

científica que significa un verdadero documento para tener en cuenta como dato informativo.

Toda tarea de investigación escolar implica una serie de pasos que pueden ser:

- 1.º Plantearnos un problema.
- 2.º Buscar información, ordenarla y seleccionarla.
- 3.º Confeccionar un texto y difundirlo oralmente en clase.

Estos pasos son diferentes de los de la investigación científica, pero el hecho de respetarlos permite acostumbrarnos a un orden y a la tarea de búsqueda.



ACTIVIDADES

16. Subrayá el fragmento en el que se establece la diferencia entre una investigación escolar y una científica.
 - a) Conversá con tus compañeros sobre esa diferencia. ¿Hay alguna otra característica que no se mencione en el texto? ¿Cuál?
 - b) Escribí un comentario con tu opinión sobre lo que leíste.
17. En grupo, seleccionen un tema de este capítulo y realicen una investigación. Si les resulta difícil ponerse de acuerdo, pueden organizar una votación. ¿Cuál será el primer paso para definir el trabajo?
 - a) Anoten todo lo que se les ocurra y los problemas que surjan. Luego, al terminar la producción, vuelvan a leer sus anotaciones y saquen conclusiones. ¿Pudo haber salido mejor? ¿Lograron resolver las dificultades que se les presentaron? ¿Por qué?
 - b) ¿Aparecieron otros problemas que pueden llevar a realizar más investigaciones? ¿Cuáles?

Una colección de proteínas

En junio de 2002, una revista de divulgación científica muy importante, *Investigación y Ciencia*, publicó un interesante artículo con el título "La proteómica en el horizonte", de Carol Tzell. A continuación reproducimos la primera parte.

El genoma humano pronto saldrá del primer plano. La investigación se concentra ahora en el proteoma, el conjunto de las proteínas elaboradas por las células y los tejidos de nuestro cuerpo. El genoma –información genética completa del organismo– solo ofrece las recetas para sintetizar proteínas. Estas son los verdaderos ladrillos y la argamasa con que se fabrican las células; asumen, además, la mayor parte del trabajo. Y son las proteínas las que diferencian los diversos tipos de células. Aunque todas las células compartan esencialmente el mismo genoma, pueden tener distintos genes en actividad y, por tanto, elaborar diferentes proteínas; del mismo modo, las células enfermas a menudo sintetizan proteínas que no se encuentran en células sanas, y viceversa.

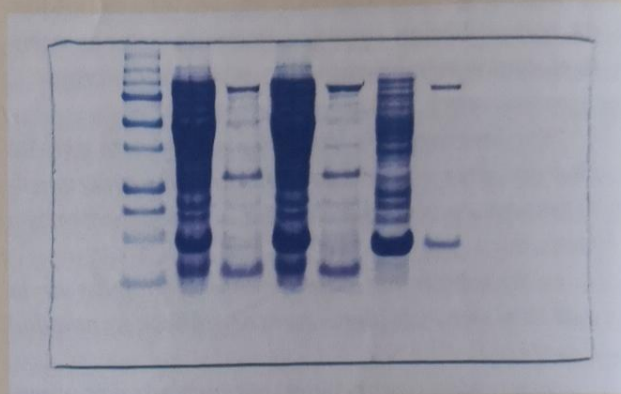
Se comprende, pues, el nuevo afán por catalogar todas las proteínas humanas y descubrir sus interacciones mutuas. Con ello se pretende diseñar fármacos mejores y con menos efectos secundarios.

En la década de los 90, en el mundo de la biología molecular comenzó a circular un nuevo término: **proteómica**. Esta palabra se usa para la disciplina que estudia al conjunto de proteínas (proteoma) de las células en un momento determinado y bajo ciertas condiciones. Se distingue de la química de proteínas en que esta última se ocupa del conocimiento de la estructura y función en el campo de la fisicoquímica de las proteínas individuales, mientras que la proteómica estudia las proteínas y sus funciones como parte de un sistema o red.

La proteómica está muy relacionada con otra joven ciencia: la **genómica**, que estudia el genoma. Podríamos decir que la proteómica también incluye el estudio de los genes, ya que las proteínas son producto de la expresión de estas porciones de ADN. Pero mientras el genoma es prácticamente invariable, el proteoma no solo difiere entre las células de un tejido y otro, sino que también varía según la interacción de las células con el ambiente. Por lo tanto, no basta con saber que la información genética contenida en los genes se expresa en una proteína; todavía queda por averiguar en qué cantidad y qué factores influyen en la expresión proteica.

El campo de estudio que abarca la proteómica es enorme porque, además de considerar que en una célula eucariota hay alrededor de 500.000 proteínas diferentes, hay que tener en cuenta la función que cumple cada una y qué tipo de interacciones se establecen entre estas. Por ejemplo, determinados factores ambientales, las drogas (tanto las legales como las ilegales) o ciertas enfermedades que producen cambios en las células de un tejido son consecuencia de cambios en la producción de proteínas en ese momento.

Para el estudio de estas biomoléculas, los científicos se valen de diversas técnicas y, una vez obtenidas las proteínas deseadas, comienzan a estudiarlas con el objeto de idear un "mapa proteómico". En la actualidad, se está estudiando, por ejemplo, el mapa proteómico del cerebro con el fin de compararlo con mapas de cerebros afectados por diversas patologías. En unos años, quizá, solo bastará con analizar la saliva, y los análisis de sangre pasarán a ser historia.



La **electroforesis bidimensional** es una de las técnicas utilizadas para el estudio de las proteínas. Estas se colocan en un gel de poliacrilamida, al cual se le transmite una corriente eléctrica con el fin de separar estas moléculas de acuerdo con su carga eléctrica y con su tamaño.

ACTIVIDADES

18. ¿Cuál es la relación entre genes y proteínas? ¿Qué diferencia el proteoma del genoma?
19. En el texto del artículo dice: "Aunque todas las células compartan esencialmente el mismo genoma, pueden tener distintos genes en actividad y, por tanto, elaborar diferentes proteínas". Tratá de explicar con tus palabras el significado de esta frase. ¿Sabés bien qué es "genes en actividad"? Cuando llegues al capítulo siguiente, revisá esta respuesta.
20. Cuando un virus ataca una célula, esta produce anticuerpos. ¿Cómo pensás que podría ser útil la proteómica en estos casos?
21. Investigá qué es la bioinformática y cómo se relaciona con la proteómica.
22. ¿Te resulta importante estar actualizado en este tipo de avances del conocimiento científico? ¿Por qué? Charlalo con algún compañero. ¿Coinciden?

Descubren en los monos una proteína que detiene el sida

"Científicos de Estados Unidos acaban de dar un enorme paso en la lucha contra el sida: descubrieron una proteína en una especie de monos que frena la reproducción del VIH. El hallazgo podría ser revolucionario porque permitiría el desarrollo de tratamientos que bloqueen de manera total la evolución del virus apenas este ingrese en el cuerpo humano.

Los resultados de la investigación –la realizaron científicos del Dana-Farber Cancer Institute de la Universidad de Harvard– fueron publicados en la última edición de *Nature*, la prestigiosa revista científica inglesa".

Según la investigación, la proteína que en los monos de la especie *rhesus* impide la multiplicación del virus está presente, más débilmente, en todos los seres humanos. Recordemos que el virus del sida ingresa por sangre o mucosas en el cuerpo humano. Luego, se une a una célula del sistema inmunitario y le traspasa a esta su material genético. Posteriormente, empieza a reproducirse haciendo réplicas de sí mismo que atacan otras células. Pero para que el virus pueda penetrar las células del sistema inmunitario, primero debe eliminar la capa protectora que rodea su ARN (ácido ribonucleico). Esa capa, en la jerga científica, se conoce como "cápside", y el proceso de eliminación se llama "decapsidación". La proteína descubierta en los monos –llamada **TRIM5-alfa**– impide que el virus llegue a invadir cualquier célula del sistema inmunitario porque directamente bloquea el proceso de decapsidación.

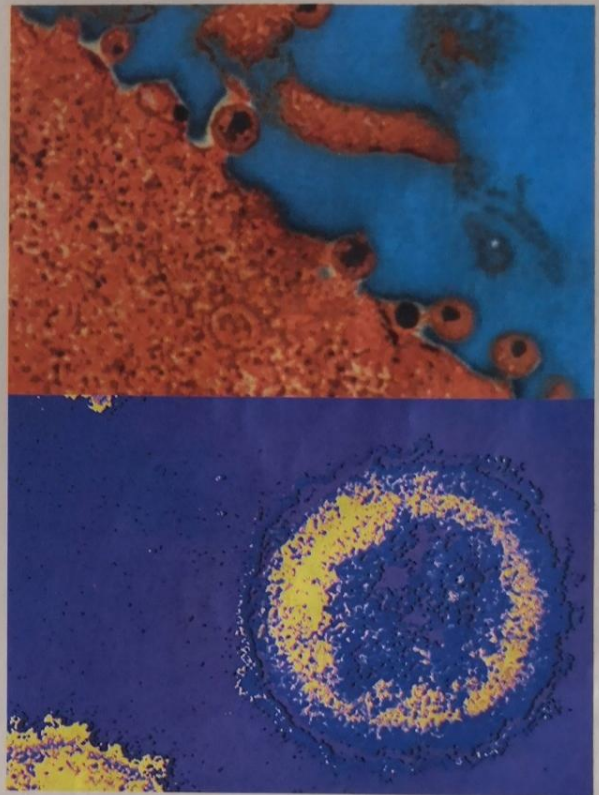
Tras el descubrimiento, el jefe de los investigadores –Joseph Sodroski– dijo que se necesita, todavía, comprender mejor cómo hace la TRIM5-alfa para bloquear el VIH y entender el significado de la variación en esa proteína. Se necesitaría saber si la variación de la proteína entre los seres humanos tiene influencia sobre cómo manejan el virus una vez que se infectaron.

De acuerdo con el científico, se sabe que algunos organismos controlan el virus mejor que otros. Y esto, según el científico, está relacionado directamente con la proteína TRIM5-alfa. La idea es encontrar formas para prevenir la transmisión y ver cómo se puede tratar a la gente ya infectada.

Fuente: *Clarín*. Buenos Aires, jueves 26 de febrero de 2004.



Científico estudiando el virus del sida.



Virus del sida vistos con diferentes técnicas.

ACTIVIDADES

23. ¿Cuál es el tema central de esta lectura?
24. ¿Qué pensás sobre los temas de prevención en relación con el sida o con cualquier enfermedad infecciosa? Para vos, ¿qué es "prevenirse"?
25. ¿Tuviste en cuenta la fecha de publicación del artículo? ¿Creés que en relación con estos temas es importante ese dato? ¿Por qué?

Actividades finales

26. Lee y analizá el siguiente texto. Luego resolvé las consignas.

- Subrayá las palabras o frases que expresen errores sobre el tema.
- Reemplazá las palabras y frases subrayadas por las correctas, y reescribí el texto.

Las proteínas son micromoléculas formadas por aminoácidos que actúan en importantes funciones celulares. Los aminoácidos son compuestos inorgánicos constituidos por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, entre otros elementos. El ADN contiene la información que dirige la síntesis de aminoácidos. Cada célula contiene miles de proteínas iguales, que realizan una única función. Los aminoácidos se encuentran en un mismo orden en todas las proteínas.

Las enzimas se activan cuando funcionan a temperatura y pH elevados, y no se recuperan al terminar el proceso, para volver a actuar.

27. Asociá, según lo estudiado en este capítulo, las palabras y frases de las dos columnas. Completá el cuadro de abajo.

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| a) Fibras elásticas. | I) Uñas. |
| b) Enzimas. | II) Elastina. |
| c) Colágeno. | III) Anticuerpos. |
| d) Insulina. | IV) Coagulación de la sangre. |
| e) Fibrina. | V) Proteína fibrosa. |
| f) Células blanco. | VI) Transducción. |
| g) Miosina. | VII) Glucemia. |
| h) Sistema inmunitario. | VIII) Receptores. |
| i) Queratina. | IX) α -hélice. |
| j) Señalización celular. | X) Contracción muscular. |
| k) Estructura secundaria. | XI) Hemoglobina. |
| l) Grupo prostético. | XII) Sitio activo. |

a		b		c	
d		e		f	
g		h		i	
j		k		l	

28. Elegí la oración que, a tu criterio, sea la correcta.

- Las proteínas contráctiles...
 - ...actúan en las células del aparato digestivo.
 - ...actúan en las fibras musculares.
 - ...actúan en las neuronas.
- Las proteínas conjugadas funcionan...
 - ...con ayuda de un grupo no proteico.
 - ...por sí solas.
 - ...con ayuda de un grupo proteico.
- Las proteínas fibrosas cumplen una función...
 - ...de almacenaje.
 - ...de transporte.
 - ...estructural.
- Los receptores de las señales hormonales están...
 - ...en la membrana nuclear.
 - ...en el citoplasma de la célula.
 - ...en la membrana plasmática.

29. Escribí un breve texto en el que incluyas los términos siguientes, de acuerdo con lo que ya estudiaste:

célula blanco, transducción, hormona, receptores, insulina, glucosa, mensaje químico.

30. Lee el siguiente texto. Explicá con qué característica fundamental de las proteínas se relaciona.

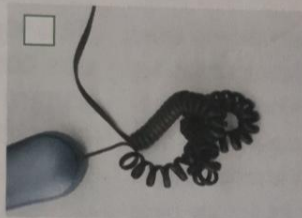
Algunas bacterias son microorganismos patógenos, es decir que causan enfermedades. Sus proteínas están activas en la forma de estructura terciaria.

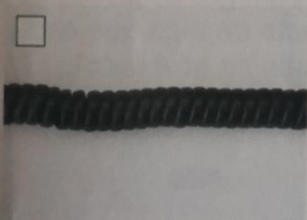
Algunos de los antibióticos que se les dan a los animales, incluidas las personas, rompen las uniones que mantienen estable la estructura terciaria de esas proteínas, las cadenas polipeptídicas se reducen hasta la estructura primaria y las proteínas se inactivan. Las bacterias dejan de ser tóxicas para el organismo hospedador y mueren.

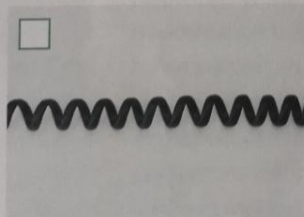


31. Observá las siguientes fotografías. Se trata de un modelo... ¿de qué? Teniendo en cuenta que están desordenadas, analizalas y establecé un orden de secuencia. Luego explicá qué es lo que se muestra. ¿Cuál sería el título?









32. En grupo, lean el siguiente texto y, luego, resuelvan las consignas.

La química verde

La industria química es la que libera la mayor cantidad y variedad de sustancias tóxicas al medioambiente. Contra esta situación, la "química verde" o "química sustentable" desarrolla e implementa procesos que buscan eliminar el uso y generación de sustancias peligrosas para la salud o el medio ambiente.

En la actualidad, los investigadores desean que la síntesis de compuestos químicos tenga aplicaciones en la industria, buscando desarrollar métodos más económicos y eficientes en la producción de medicamentos y otros productos.

Un grupo de científicos del laboratorio de Biocatálisis de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales se dedica a lo que llaman la "síntesis verde", en la que aplican postulados de la química verde usando catalizadores biológicos, o sea, enzimas, sobre diferentes sustratos.

La química verde desarrolla procesos que, además de realizarse con reactivos no tóxicos para el ambiente, generan menos residuos y ahorran energía.

Mientras los catalizadores tradicionales suelen ser metales tóxicos y hay que hacer el tratamiento de los efluentes, las enzimas son biodegradables. Además, se reciclan, se pueden usar varias veces, con lo que disminuye el costo del proceso, y como las reacciones se hacen casi a temperatura ambiente, el gasto de energía también es menor.

Fuente: "El Cable", N° 693, publicación editada por la Oficina de Prensa de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN), 15 de julio de 2008.
http://www.fcen.uba.ar/prensa/cable/2008/pdf/Cable_693.pdf
 [consultado en diciembre de 2009]

- ¿Qué diferencia hay entre una síntesis de compuestos químicos tradicional y una síntesis "verde"?
- En el texto se habla de que las enzimas se reciclan y de que las reacciones químicas se realizan "casi a temperatura ambiente". Respondan en grupo: ¿por qué les parece que esto significa un ahorro?

■ Libros

Vázquez, Martín. *La intimidad de las moléculas de la vida: de los genes a las proteínas*. Colección Ciencia Joven, Buenos Aires, Ministerio de Educación, 2005.

Libro de fácil lectura, que te va a ayudar a interpretar la biología como una ciencia abierta, integradora, en la que hay, todavía, mucho por descubrir. Te prepara para entender el mundo de la biología de sistemas. Interesante y didáctico.

■ Internet

<http://biomodel.uah.es/model3j/inicio.htm>

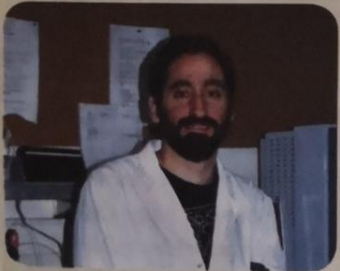
Es un sitio interactivo que te permite aclarar tus conocimientos. Si hay un sitio que no podés dejar de conocer al momento de estudiar las proteínas, es este.



Por Alejandro Balbiano.

Con proteínas en las venas

La sangre contiene células de varios tipos, y sustancias disueltas. Entre ellas, proteínas. Cuando nos hacemos un análisis de sangre y nos dan los resultados, nos parecen escritos en otro idioma, ¿no? Aquí intentaremos "traducir" ese idioma, para entender lo que significan ciertos datos sobre algunas proteínas. Entrevistamos al doctor en Bioquímica Alejandro Ferrari para que nos cuente de qué se trata y qué podemos averiguar a partir de estos estudios. Si tenés un análisis, podés buscarlo, ¿estaría bueno que lo tuvieras a mano!



Alejandro Ferrari es bioquímico y doctor de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA. Es docente de la cátedra de Inmunología y trabaja en el Laboratorio de Inmunología Básica, Aplicada y Patológica (LIBAP) y en el Instituto de Estudios de la Inmunidad Humoral del Conicet. Además, es autor y editor de libros educativos de editorial Santillana.

■ Ya sea para un chequeo de rutina o porque no nos sentimos muy bien, es probable que el médico nos indique un análisis de sangre. ¿Para qué? ¿Por qué es importante hacerlo?

La sangre es como si fuera un "tejido disperso". No es estrictamente un tejido en el sentido de que no tiene una organización concreta, particular y localizada. Pero es un conjunto de células, estructuras y funciones. Cuando se mira un análisis de sangre, se pueden pensar dos cosas. Primero, que la sangre en sí tenga alguna alteración, por ejemplo, no tener la cantidad normal de glóbulos rojos. Segundo, que la sangre es un reflejo indirecto de algo que está pasando en otro lado. La razón por la cual la sangre puede ser un reflejo indirecto es porque baña todos los órganos y transporta nutrientes, oxígeno, desechos. Es un buen reflejo de lo que está pasando en distintos lugares del cuerpo.

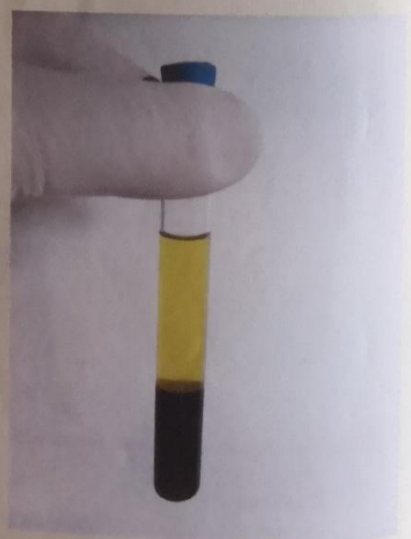
■ ¿Por qué tenemos que hacer ayuno antes de sacarnos sangre?

Las razones son varias. En principio, pueden pasar tres cosas si no vamos en ayunas. La primera es que uno coma un alimento que sea grasoso, y entonces esa grasa aparece en la muestra de sangre. Como la mayor parte de las mediciones implican mirar alguna reacción que desarrolla color, si esa sangre está turbia, esa reacción se verá interferida. La segunda razón es que, a veces, la medición que se hace implica reacciones de laboratorio complejas, que tiene reactivos delicados y algunas cosas interfieren. Es el caso del té, el café y el mate. La tercera es que uno justo ingiera lo que le quieren analizar. Por ejemplo, si el médico necesita saber cuál es el nivel de azúcar en sangre, no es bueno comerse un alfajor antes del análisis.

■ En un análisis de rutina aparecen varios datos relacionados con las proteínas. Comencemos por las proteínas totales. ¿Qué son?

Las proteínas totales son las que están disueltas en el plasma sanguíneo. Hay un montón de proteínas. Las más típicas son la albúmina y las inmunoglobulinas. La albúmina es la responsable principal de mantener la cantidad de sustancias disueltas que hay en la sangre.

"Cuando se mira un análisis de sangre, se pueden pensar dos cosas. Primero, que la sangre en sí tenga alguna alteración, por ejemplo, no tener la cantidad normal de glóbulos rojos. Segundo, que la sangre es un reflejo indirecto de algo que está pasando en otro lado".



"La sangre es un fluido muy complejo que tiene células y líquido. El líquido tiene muchas sustancias solubles, entre ellas, azúcares, sales, minerales y, por supuesto, las proteínas. Decimos que todo lo que es soluble es el plasma".

Los resultados de un análisis de sangre solo pueden ser interpretados por un médico.

Es una molécula perfectamente soluble, y cuando hay una molécula insoluble que circula por la sangre, la albúmina tiene la capacidad de adosarse a ella y ayudar en su transporte. Eso pasa con un montón de sustancias, como fármacos y alimentos. Las inmunoglobulinas son los anticuerpos, principales proteínas que forman nuestro sistema inmunológico. Si disminuyen sensiblemente, quiere decir que esa persona tiene una patología de su sistema de defensas.

■ ¿Y la hemoglobina?

Los glóbulos rojos tienen varias funciones, pero la principal es transportar una proteína denominada "hemoglobina". Esta proteína tiene un rol vital, ya que es la encargada de llevar el oxígeno hasta las células del cuerpo. La función de la hemoglobina depende del hierro. Se une a las moléculas de hemoglobina y recién ahí puede cumplir su función. Entonces, el organismo debe mantener constantes los niveles de hemoglobina y hierro, y, en consecuencia, las cantidades de glóbulos rojos. Cuando hay una alteración en la hemoglobina, en general se alteran los glóbulos rojos. Cualquier alteración en las cantidades de hemoglobina (por ejemplo, en la anemia por deficiencia de hierro) o en su "estructura" (por ejemplo, en enfermedades hereditarias, como la talasemia) conduce a anomalías en los glóbulos rojos.

■ ¿Qué nos indica un aumento de las transaminasas?

Como ya mencionamos, la sangre es un líquido que está en contacto con



Algunas muestras biológicas se guardan en tanques de nitrógeno líquido a -196°C .

todos los órganos. El de las transaminasas es un ejemplo típico. Son proteínas (enzimas) que tienen que ver con la degradación de los aminoácidos. Normalmente, están dentro de las células propias del hígado, los hepatocitos. Cuando hay un daño en ese órgano, por ejemplo, por un proceso inflamatorio, se rompen los hepatocitos y liberan su contenido interior al torrente sanguíneo. Es una medida indirecta. Un hepatocito puede romperse por razones traumáticas, intoxicaciones, infecciones virales, cirrosis tóxicas o alcohólicas.

■ ¿Qué nos indica la creatinina que circula por la sangre?

La creatinina sirve para evaluar la función del riñón, que es el órgano encargado de depurar la sangre de las sustancias que nuestro organismo debe eliminar. Es un filtro fantástico, pero es muy complejo, y hay montones de factores que lo afectan. Por ejemplo, su función depende de que la sangre llegue a él correctamente, de que lo haga con la presión adecuada y de que los filtros no estén ni rotos ni tapados. Un aumento de la creatinina en la sangre nos indica que el riñón no está funcionando bien.

Alejandro nos cuenta...

...cuándo surgió su interés por la bioquímica.

En Biología, tuve en 2.º año del secundario un profesor biólogo que era superentusiasta. Nos traía materiales de todo tipo. Incluso llegamos a diseñar con él un proyecto, que consistía en buscar bacterias en los suelos de los basurales, intentando buscar aquellas que fueran capaces de degradar materiales raros, como algunos tipos de plásticos. Me quedó grabado siempre el entusiasmo que ponía para enseñar y hacer cosas. A mí siempre me gustaron la química y la biología. Cuando terminé el secundario hice una combinación de las dos. Elegí y me fui derecho a estudiar Bioquímica.

...cómo se lleva con la música, el cine y la literatura.

La música me encanta. Fui tocando distintos instrumentos. De chico tomé clases de guitarra. Ahora estoy entusiasmado con los instrumentos de viento, sobre todo los andinos: sikus, flautas y queñas. Colecciono instrumentos musicales. Actualmente estoy tocando también la trompeta. Toco jazz. Apenas agarro la trompeta, mi hijo Lucas se empieza a reír. No sé por qué, pero le encanta y festeja cuando toco. Me gustan las películas de Tarantino, los clásicos de ciencia ficción, tipo *Blade Runner*, y me encanta leer la prosa de José Saramago y de Abelardo Castillo, entre otros.

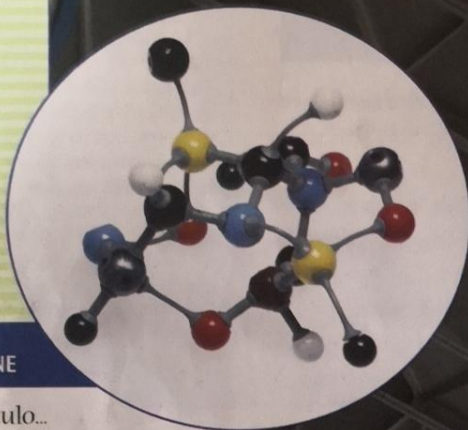
■ Por último, ¿existen daños en otros órganos que puedan ser identificados por otras proteínas en sangre?

La más típica es la lesión del músculo cardíaco. Se hace analizando ciertas enzimas que se liberan por la ruptura de las células que forman el corazón (células musculares). Una de ellas es la creatinquinasa. Los niveles de esta enzima permiten hacer una estimación de la gravedad del daño y de la recuperación del paciente.

“Cualquier alteración en las cantidades de hemoglobina (por ejemplo, en la anemia por deficiencia de hierro) o en su “estructura” (por ejemplo, en enfermedades hereditarias, como la talasemia) conduce a anomalías en los glóbulos rojos”.

10

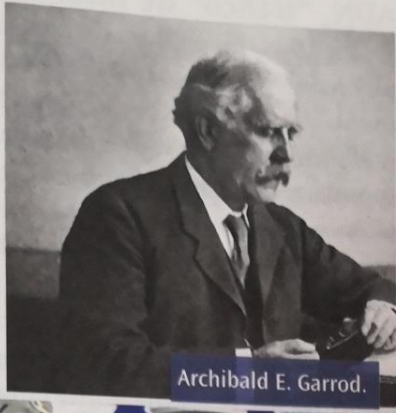
El ADN, portador de información



LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

- Conocerás la estructura del ADN.
- Reconocerás el ADN como la molécula portadora de la información genética y analizarás cómo se duplica.
- Distinguirás un gen como un segmento de ADN que codifica proteínas.
- Interpretarás la diferencia entre código genético y genoma.
- Conocerás la posibilidad de que se produzcan anomalías en la información genética.
- Analizarás comparativamente dos fragmentos de textos científicos.



Archibald E. Garrod.

Culpables: ¿los genes?

A principios del siglo xx, el gen era considerado la unidad fundamental de la herencia, pero se sabía poco acerca de cómo funcionaba y cuál era su estructura. En aquel tiempo, se trataba de encontrar una relación con las anomalías visibles en el paciente, por ejemplo, cambios en el color del pelo. Uno de los intereses del mundo científico estaba puesto en investigar las razones por las que se producían errores en la información genética. Los científicos pensaron que había una relación entre los factores hereditarios (genes) y las enzimas (proteínas).

En 1908, Archibald E. Garrod publicó su libro *Errores congénitos del metabolismo*, en el que explicaba que, si se alteran los procesos bioquímicos de las células, se producen errores en su metabolismo. Garrod estaba convencido de que los genes normales producían las enzimas y suponía que los errores en la información genética originaban fallas en el metabolismo celular. Como resultado, se bloqueaba el proceso normal, y la síntesis de proteínas fallaba. De esta manera, relacionó la genética con la bioquímica (genes con enzimas y reacciones químicas), y confirmó con su investigación la existencia de una base genética en los errores del funcionamiento celular.

LO QUE SABÉS

1. ¿Cómo se identificaban los genes a principios del siglo xx?
2. ¿Qué investigó Garrod en relación con la información genética?
3. Buscá en el texto que leíste cuál es la suposición o hipótesis de la cual partió Garrod.
4. ¿Cómo explicarías la relación que existe entre los genes y las proteínas?
5. ¿A qué conclusión llegó el científico con su investigación?
6. Antes de avanzar en el contenido de este capítulo, repasá estos conceptos: aminoácidos, proteínas, hormonas, enzimas. ¿En qué capítulos los estudiaste?

Maqueta de una molécula de ADN en el Museo de las Ciencias Príncipe Felipe, Ciudad de las Artes y la Ciencia, Valencia, España.

El material genético

Ya sabés que las proteínas se han ganado la categoría de importantes moléculas biológicas porque intervienen en todas las funciones celulares. Recordarás que cada tipo de célula sintetiza proteínas con estructura determinada y que esa estructura le permitirá cumplir con su función biológica. En el capítulo anterior planteamos una pregunta: ¿cómo se enganchan los aminoácidos en un orden preciso y adoptan una estructura particular, y distinta, para cada tipo de proteína? ¿Te acordás? ¿Dónde se encuentran las “instrucciones” para su síntesis? Y también comenzamos a aclararlo: la información está en el ADN. Llegó el momento de dedicarnos a esta macromolécula. Primero necesitamos recordar algunos temas que viste en años anteriores. Hací memoria.

En 1933, Thomas Morgan demostró una hipótesis que ya había entrado en escena en 1902 de la mano del biólogo Walter Sutton y el embriólogo Theodori Boveri, quienes afirmaban que en los cromosomas se encontraban los factores hereditarios de Mendel (en 1909 esos factores fueron rebautizados por Wilhelm Johannsen como “genes”). Así se postuló la **teoría cromosómica de la herencia**, según la cual los factores hereditarios se encuentran en los cromosomas. Pero los científicos no podían responder si estos factores eran proteínas o ADN. ¿Por qué? Porque ambos tipos de biomoléculas aparecían en los cromosomas en proporciones parecidas. Fueron los científicos Frederick Griffith y Oswald Avery quienes aportaron las pruebas: es el ADN la molécula portadora de la información genética.

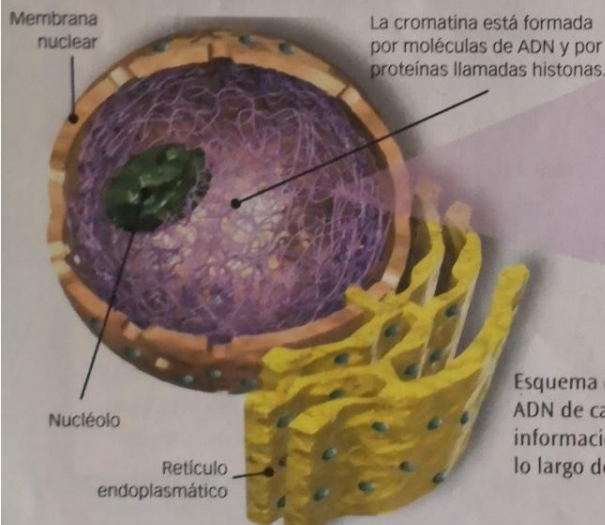
ADN, “banco” de información

En 1928, Griffith realizó experimentos con grupos o cepas de neumococos, bacterias causantes de la neumonía. En una de las cepas, las bacterias tenían cápsula y podían matar a los ratones del experimento; las otras, sin cápsula, resultaban inofensivas. Cuando Griffith inoculó ratones con bacterias muertas con cápsula, los animales no morían; sin embargo, si les colocaba una mezcla de bacterias con cápsula que estaban muertas y sin cápsula pero vivas, muchos ratones morían. Griffith dedujo que en las bacterias virulentas muertas había algo, a lo que llamó **factor transformante**, que se transmitía a las bacterias vivas no virulentas y las transformaba.

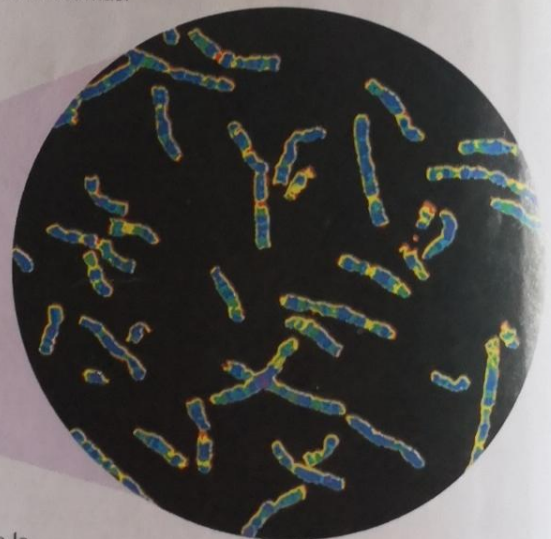
La explicación de este fenómeno llegó en 1943, cuando Oswald Avery, Colin McLeod y Maclyn McCarty descubrieron que la sustancia responsable de la transformación de las bacterias inofensivas en virulentas era el ADN, que determinaba si se producía o no la cápsula bacteriana.

Posteriormente, varios experimentos demostraron que el ADN es el material genético en todos los seres vivos, el que contiene la información para la constitución y el funcionamiento de cada organismo. Está presente en todas las células y allí están las “recetas” para que seamos lo que somos.

Cuando comienza la división celular, la cromatina se condensa y se compacta, y forma los cromosomas.



Esquema del núcleo celular. En el ADN de cada especie está contenida la información genética que se transmite a lo largo de generaciones.



Estructura del ADN

El ADN es una macromolécula que dirige la síntesis de las proteínas específicas para el funcionamiento de cada tipo de célula. El ADN se sintetiza en el núcleo celular y es un **ácido nucleico**. Cada macromolécula está formada por una sucesión de cientos y miles de moléculas más pequeñas, los **nucleótidos**. A su vez, cada nucleótido está constituido por la unión de:

- ▶ una pentosa, azúcar de cinco átomos de carbono: la **desoxirribosa**;
- ▶ una **base nitrogenada**: puede ser adenina (A), guanina (G), citosina (C) o timina (T), y
- ▶ un **grupo fosfato**: compuesto por fósforo y oxígeno.

El estudio de la estructura del ADN – como podrás ver en “El detalle” – permitió elaborar un modelo molecular de ADN de **doble hélice**. Veamos sus características.

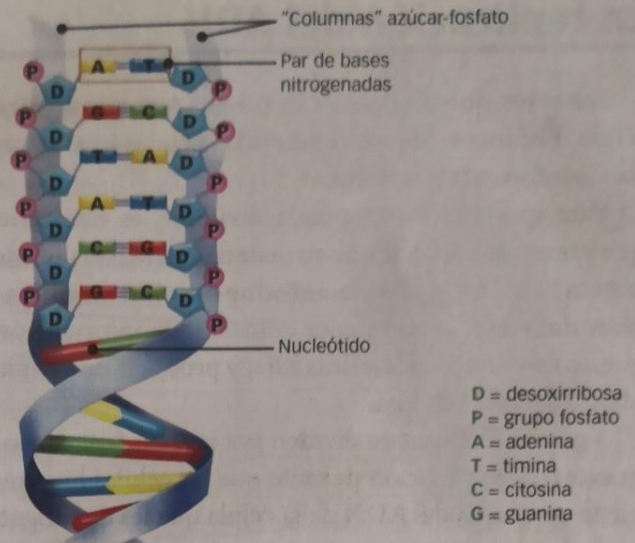
- ▶ Cada molécula de ADN está constituida por dos largas cadenas, enrolladas en espiral alrededor de un eje imaginario, formando una doble hélice. Las pentosas y los grupos fosfato forman el esqueleto externo de la hélice, y las bases nitrogenadas se disponen hacia el interior.

- ▶ Las dos cadenas son **antiparalelas**, lo que significa que se disponen en forma paralela pero siguen sentidos opuestos.

- ▶ Las cadenas se mantienen unidas mediante enlaces que se establecen entre las bases nitrogenadas de ambas. Además, son **complementarias**, lo que significa que se unen de a pares: la adenina *siempre* queda enfrentada con la timina, y la guanina, con la citosina. De esta manera, la secuencia de bases nitrogenadas de una de las cadenas determina la secuencia de la otra.

Esta última característica es muy importante. ¿Por qué? Porque *la secuencia de los nucleótidos en cada hebra es la que va a determinar el orden de los aminoácidos en una proteína*, es decir, codifica la información genética para sintetizarla. ¿Cómo? Vas a tener que esperar a llegar a la página 194.

Ahora bien, solo existen cuatro nucleótidos distintos en la molécula de ADN que se distinguen por sus bases nitrogenadas y ¡es aquí donde está la clave! Al ordenarse en sucesión, pueden hacerlo de muchísimas maneras; el número de variaciones es impresionante y sin duda es el responsable de la variedad de seres vivos. Es el orden específico de los nucleótidos del ADN el que determina el **código genético** de cada organismo.



Molécula de ADN con estructura de cadena doble helicoidal.

EL DETALLE

¿Quién descubrió la estructura del ADN?

Francis Crick nació en Inglaterra a principios del siglo xx. Se graduó primero como licenciado en Física, y luego estudió Biología en la Universidad de Cambridge, donde cursó su doctorado en Ciencias. James Watson nació en Chicago, Estados Unidos, una década después. Logró el doctorado en Zoología en la Universidad de Indiana.

En 1951, ambos científicos coincidieron en los laboratorios Cavendish, de Cambridge, y comenzaron a investigar juntos la estructura del ADN. Basándose en los estudios previos de difracción de rayos X realizados por Maurice Wilkins (físico neocelandés) y Rosalind Franklin (biofísica inglesa), construyeron una representación de la molécula de ADN a gran escala. Tras meses de prueba y error, lograron un modelo que tenía forma de doble hélice y una larga escalera cuyos peldaños eran secuencias de pares de bases nitrogenadas.

En 1953, Watson y Crick determinaron la estructura del ADN. Sus investigaciones aportaron información para comprender cómo se copia la información hereditaria. Por este descubrimiento, los dos científicos y Wilkins obtuvieron el Premio Nobel de Medicina, en 1962.

ACTIVIDADES

7. ¿A qué se refiere la expresión “información hereditaria” y dónde se encuentra?
8. Explicá cuál es la relación entre el ADN, los cromosomas y las proteínas.

La replicación del ADN

Sabemos que una célula se origina a partir de otra célula. Entonces, ¿de qué manera las células hijas heredan la información genética?

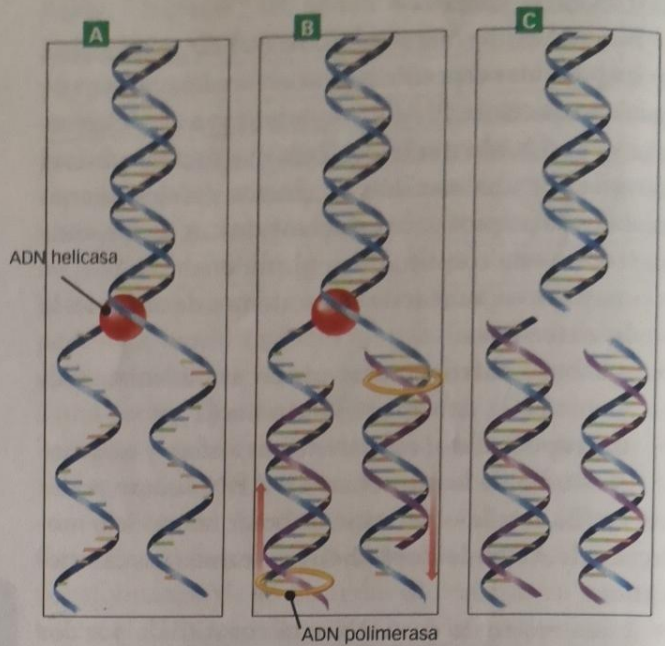
Para que una célula pueda dividirse, es necesario que previamente duplique su material genético. ¿Te das cuenta? La finalidad de la **autoduplicación o replicación del ADN** es mantener constante la información que se traspa a cada célula hija, y producir una copia idéntica para cada una.

En las células que se dividen por mitosis (células somáticas), la replicación permite que las células hijas reciban una copia del ADN de la célula que les dio origen y, por lo tanto, que tengan las mismas características. En las células que se dividen por meiosis (células sexuales: óvulos y espermatozoides), la duplicación, seguida por dos divisiones celulares consecutivas, permite que la mitad del ADN llegue a los gametos. Así, cuando los gametos se unen en la fecundación, las características se transmiten a la descendencia.

Para que la replicación ocurra, la célula necesita las moléculas que constituyen los diferentes nucleótidos y una serie de enzimas que controlan el proceso en todo momento. Pero ¿cómo se realiza?

- 1.º La replicación comienza con la rotura de los enlaces que unen las bases nitrogenadas complementarias de ambas cadenas. De esta forma, las dos hebras empiezan a desenrollarse. En este proceso intervienen enzimas que permiten la separación.
- 2.º Cada cadena va a servir de "molde" para la síntesis de una nueva cadena complementaria. Cuando ambas se separan, enzimas específicas van leyendo la información y uniendo los nucleótidos complementarios.
- 3.º Así, quedan formadas dos nuevas cadenas dobles. Ahora, cada una de las nuevas cadenas de doble hélice contiene una de las hebras del ADN de origen y otra nueva, por eso se dice que la replicación es **semiconservativa**.

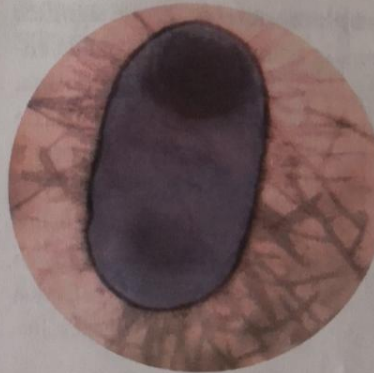
El tiempo que tarda el ADN en replicarse es de alrededor de siete horas. En realidad, semejante proceso tendría que durar mucho más si la duplicación se realizara de una punta a la otra de cada cromosoma. Sin embargo, esto no ocurre. La célula utiliza "estrategias" mediante las cuales el material genético se duplica en períodos más cortos. La replicación del ADN ocurre en varios puntos a la vez, en distintos tramos de la molécula.



Modelo de replicación del ADN.

- A. Las enzimas separan las dos hebras de la cadena helicoidal de ADN en puntos específicos. Las enzimas ADN helicasa desenrollan cada hebra de ADN.
- B. La enzima **ADN polimerasa** lee cada hebra y fabrica una nueva uniendo los nucleótidos complementarios. La lectura de la cadena molde avanza hacia un lado en una hebra y hacia el otro, en la otra.
- C. Finalmente, se obtienen dos cadenas nuevas de ADN, una por cada hebra del ADN original.

Microfotografía de una bacteria.



El ADN de los procariontes es cerrado y circular. La duplicación es similar a la de los eucariontes, es decir, semiconservativa y bidireccional.

ACTIVIDADES

9. ¿Qué sucedería si la célula no duplicara su ADN antes de dividirse?
10. ¿Qué tipos de proteínas fundamentales intervienen en la duplicación del ADN? ¿Qué sucedería si no estuvieran?

Los genes y el genoma

Seguramente escuchaste muchas veces la frase "lo tiene en los genes". Pero ¿sabés bien qué es un gen? Un **gen** es un fragmento de ADN, una "unidad funcional de información" que contiene el material genético proveniente de nuestros antecesores.

El conjunto de todos los genes y la secuencia de nucleótidos que forman los cromosomas de una célula constituye el **genoma**. En los organismos procariontes, el genoma está formado por un solo cromosoma circular. Algunas bacterias, además, poseen plásmidos, que son moléculas de ADN circulares que se replican en forma independiente del cromosoma bacteriano.

En los organismos eucariontes, la mayor parte del genoma constituye la cromatina, localizada en el núcleo de la célula. Pero ¿sabías que otra parte del ADN se encuentra en los cloroplastos y en las mitocondrias?

En el genoma nuclear, alrededor del 30% son genes que se encuentran separados por **regiones intergénicas** en las que el ADN no tiene una función conocida. Se calcula que solo el 5% de nuestro genoma tiene información para codificar proteínas.

El ADN que está en la matriz de las mitocondrias constituye el **genoma mitocondrial**. Representa el 1% del genoma total y no presenta regiones inactivas, como tiene el genoma nuclear. Se transmite solo por vía materna, ya que, en la gestación, es el óvulo el que aporta las mitocondrias al cigoto. El ADN mitocondrial se utiliza en la actualidad para obtener pruebas de identidad de la vía hereditaria materna. Por ejemplo, para averiguar el parentesco con personas fallecidas, en caso de no contar con ADN nuclear.

El Proyecto Genoma Humano

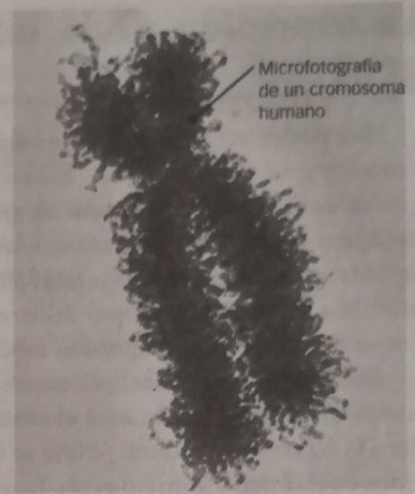
El **Proyecto Genoma Humano** nace en la década de 1980 con el fin de identificar los genes humanos, conocer el orden en que se disponen los nucleótidos que los forman y determinar la función que cumple cada gen.

Veamos algunos de los conocimientos que se obtuvieron hasta el momento.

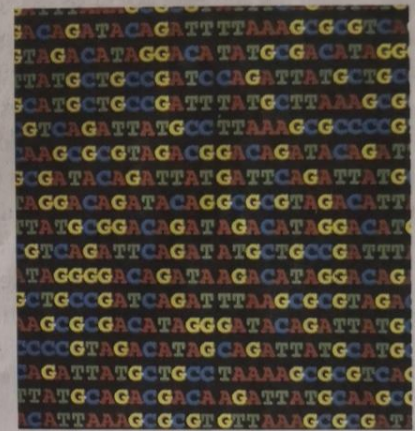
- ▶ Nuestro genoma tiene más de 28.000 genes, muchos menos que lo que en un principio se estimaba. De aquí se llegó a la conclusión de que no existe una relación directa entre la complejidad de un organismo y la cantidad de ADN.

- ▶ Muchos de los genes que poseemos parecen proceder, en gran parte, de microorganismos primitivos, como virus y bacterias.
- ▶ Los seres humanos somos genéticamente muy semejantes. El 99,9% de los datos genéticos son comunes a todas las personas, por lo que no existe base genética para el concepto de "raza".
- ▶ Cada gen está implicado en la síntesis de más de una proteína.
- ▶ Los genes que codifican proteínas son pocos y se encuentran alejados entre sí. La mayor parte del ADN la constituyen interrupciones en la secuencia génica, secuencias repetidas o ADN de función aún desconocida.

En la actualidad se sabe que el número de proteínas que sintetiza un individuo supera el número de genes que posee; por eso, los trabajos se centran en la proteómica (ver el capítulo 9).



Cada cromosoma tiene genes (o porciones de la molécula ADN) en lugares específicos y con información para sintetizar al menos una proteína determinada.



Secuenciación de ADN realizada por una computadora.

ACTIVIDADES

11. ¿Cómo se constituye el genoma humano?
12. ¿Para qué suele utilizarse el ADN mitocondrial?
13. ¿Por qué el concepto de "raza" no tiene una base científica? (Podés espiar la página 200).

La expresión de la información genética

Para poder avanzar, repasemos algunas cuestiones. Sabemos que el ADN es un "banco" de información que se conserva y se transmite de generación en generación. Ahora bien, en cada célula esa información es leída e interpretada para la fabricación o síntesis de proteínas específicas. Por eso decimos que las proteínas son producto de la expresión del ADN.

Ahora sí, continuemos. ¿Cómo es entonces que se sintetizan las proteínas? Llegó el momento de responder a la siguiente pregunta: ¿cómo se unen los aminoácidos en el orden y número específico para cada proteína? Veamos.

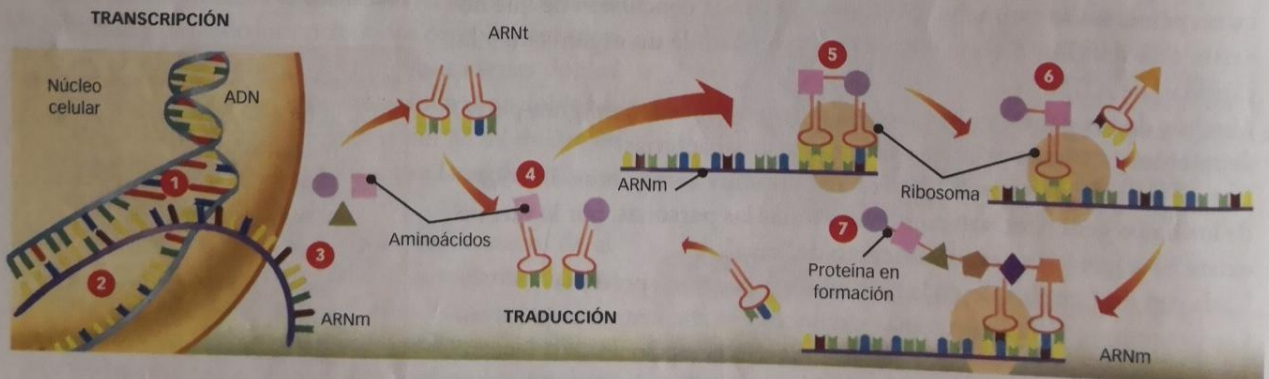
Cuando los científicos comenzaron la búsqueda del mecanismo que permitiera la expresión del ADN, descubrieron otra biomolécula muy parecida, el **ARN** (**ácido ribonucleico**). Este ARN se fabrica en el núcleo y, como veremos, es una copia de una pequeña parte del ADN. Observá su estructura en la página siguiente.

El proceso de síntesis de proteínas es similar en todas las células y puede resumirse en dos fases, a medida que vayas leyendo, observá la imagen de abajo.

► **Transcripción:** consiste en copiar la información genética contenida en el ADN a una molécula de **ARNm** (mensajero). (1) La doble hélice de ADN se abre y una de sus cadenas constituye el molde para sintetizar una molécula de ARNm. (2) Los nucleótidos libres de ARN que están en el nú-

cleo se aparean con las bases expuestas del ADN siguiendo las reglas de complementariedad de bases: la base complementaria de la adenina (A) es el uracilo (U), en lugar de la timina (T), y se forma una molécula de ARNm. (3) El ARNm sale hacia el citoplasma y se dirige a los ribosomas.

► **Traducción:** consiste en traducir el mensaje del ARNm al lenguaje de las proteínas. Es como copiar primero un texto en el núcleo y luego traducirlo a otro idioma en el citoplasma. ¿Y el traductor? Se trata de otra molécula de ARN llamada "de transferencia", el **ARNt**, capaz de "leer" la información en forma de **tripletes de bases** del ARNm (es decir, cada tres bases) y de identificar el aminoácido al que equivale. Su capacidad de traducir se debe a la estructura de la molécula: uno de sus extremos reconoce y se une a un solo tipo de aminoácido y el otro está formado por tres bases complementarias con el ARNm. (4) Los ARNt "cargan" los aminoácidos y los transportan hasta el lugar correspondiente en el ARNm que está pegado al ribosoma. (5) Las tres bases del ARNt se acoplan con el triplete del ARNm que corresponde al aminoácido transportado y lo ubica en esa posición. El siguiente aminoácido encaja de la misma manera y se une al anterior. (6) Los aminoácidos se van ubicando uno a uno. (7) Los ARNt se separan de su aminoácido y quedan libres en el citoplasma. El proceso continúa hasta que hayan sido ensamblados todos los aminoácidos que forman la proteína.



Síntesis de las proteínas. En el esquema se muestra de manera simplificada el proceso de transcripción en el núcleo y el de traducción en el citoplasma.

El código genético universal

El código genético es el lenguaje de los genes. Las bases nitrogenadas que forman las moléculas de ADN y ARN son como letras con las cuales se escriben las instrucciones para que las células sinteticen proteínas.

Cada uno de los tripletes del ARNm se llama **codón** y, como vimos, se “traducen” al lenguaje de las proteínas siguiendo un código. Cada molécula de ARNt porta en uno de sus extremos un aminoácido concreto; además, tiene un triplete de nucleótidos, llamado **anticodón**, complementario de un codón determinado del ARNm. De esta manera, si el codón del ARNm

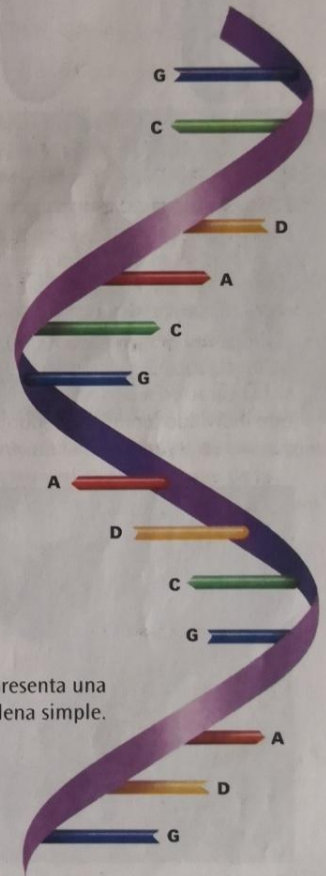
es UGG, el anticodón complementario del ARNt será ACC, y el aminoácido que portará será el triptófano (Trp). Así, los ARNt van añadiendo aminoácidos a la cadena polipeptídica en formación, según el orden de los codones del ARNm.

El **código genético es universal**, esto significa que es el mismo para todos los seres vivos. Así, por ejemplo, el codón GCC codifica para el aminoácido alanina en cualquier organismo.

Tenemos que aclarar que se han descubierto unas pocas excepciones a esta universalidad; al ser mínimas, se sostiene un origen único para todos los seres vivos.

		SEGUNDA LETRA								
		U		C		A		G		
PRIMERA LETRA	U	UUU	Fenilalanina	UCU	Serina	UAU	Tirosina	UGU	Cisteína	U C C A G
		UUC		UCC		UAC	UGC			
		UUA	Leucina	UCA		UAA	Código de parada	UGA	Código de parada	
	UUG		UCG	UAG		UGG	Triptófano			
C	CUU	Leucina	CCU	Prolina	CAU	Histidina	CGU	Arginina	U C C A G	
	CUC		CCC		CAC	CGC				
	CUA		CCA		CAG	CGA				
CUG	CCG	CAA	Glutamina	CAG	CGG					
A	AUU	Isoleucina	ACU	Treonina	AAU	Aspargina	AGU	Serina	U C C A G	
	AUC		ACC		AAC	AGC				
	AUA	ACA	AAA		Lisina	AGA	Arginina			
AUG	Metionina (iniciación)	ACG	AAG		AGG					
G	GUU	Valina	GCU	Alanina	GAU	Ácido aspártico	GGU	Glicina	U C C A G	
	GUC		GCC		GAC	GGC				
	GUA		GCA		GAA	GGA				
	GUG		GCG		GAG	GGG				

Código genético universal. Algunos codones, como el UAA, no codifican ningún aminoácido, sino que marcan el final del proceso de la traducción. El codón AUG actúa como una señal de inicio para que comience la traducción, y además, una vez que la traducción ha comenzado, codifica para el aminoácido metionina.



La molécula de ARN presenta una estructura de cadena simple.

¿Cómo son los ribosomas?

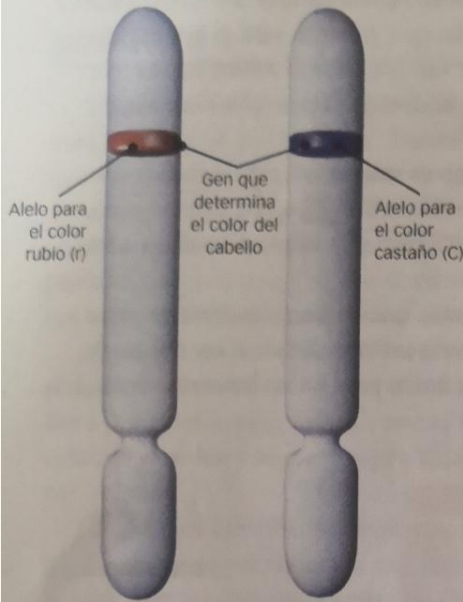
Los ribosomas son orgánulos formados por ARN y proteínas. Se encuentran dispersos en el citoplasma y, también, adheridos al retículo endoplasmático rugoso. Cada ribosoma está formado por dos subunidades: una mayor y otra menor. En la subunidad mayor, las proteínas ribosómicas forman una especie de túnel por el que salen las proteínas a medida que se sintetizan. En la subunidad menor hay un “centro decodificador” que reconoce las bases nitrogenadas, controla posibles errores y asegura la precisión en la síntesis de proteínas.

ACTIVIDADES

- Si te hablan de un ácido ribonucleico “adaptador”, ¿a cuál se estarían refiriendo y por qué con ese término?
- Explica con tus palabras qué significa que la información genética “se copia” y “se traduce”.

Genotipo, ambiente y fenotipo

Cromosoma paterno Cromosoma materno



Ambos cromosomas del par tienen un fragmento de ADN en la misma ubicación que determina una característica. Ambos fragmentos o alelos constituyen el gen. En este caso está integrado por dos alelos diferentes: el materno determina el color castaño del cabello (C) y el paterno, el color rubio (r). Entonces, para esta característica el individuo tiene un genotipo heterocigótico. Suponiendo que castaño sea la característica dominante, entonces, este individuo tendrá ese fenotipo.



La expresión de la información genética, es decir, cómo se manifiestan los caracteres que "dicta" el ADN, depende también de factores ambientales. La pigmentación de un gato siamés es el resultado de la acción de la temperatura.

Como viste en años anteriores, durante la reproducción, los progenitores transmiten a sus hijos parte de su material genético, que determina sus características. Los organismos que se originan por reproducción sexual, como nosotros, reciben dos variantes o **alelos** para cada gen, uno que aporta el padre y otro que aporta la madre en la fecundación. Es decir que, por ejemplo, para el gen que determina el color del cabello, en un cromosoma puede estar la variante para el color castaño, y en el otro, para el rubio. Entonces, las células tienen información duplicada de todas las características de un individuo.

Ahora podemos decir que: el tipo de genes y sus alelos que determinan una o varias características de un individuo se denomina **genotipo**, mientras que el **fenotipo** es el aspecto o la característica que se expresa.

Pero ¿todas las características de un individuo están determinadas por los genes? La respuesta es "no". El fenotipo de cualquier organismo es el resultado de la interacción entre los genes y el ambiente. Prestá atención a estos ejemplos. La temperatura puede afectar la expresión genética de los colores en los gatos siameses. La pigmentación oscura del gato siamés en las partes más frías de su cuerpo (extremidades, cola, orejas, hocico) se debe a un grupo de enzimas que participan en las reacciones que dan color al pelaje. En las regiones del cuerpo donde la temperatura es mayor, la acción de una de estas enzimas cesa y la coloración oscura desaparece.

Un niño nace con información genética que indica una probable altura de 1,90 m en la adultez, pero debido a una alimentación inadecuada, no logra alcanzar más de 1,70 m. ¿Te das cuenta? En estos casos, los genes no determinan por sí solos los fenotipos de los organismos.

Existen factores que codeterminan la expresión de los genes, como la temperatura o la alimentación inadecuada. Ambos forman parte del ambiente de cada individuo. Entonces, para que un gen logre expresar su información, a veces es necesario que se den ciertas condiciones ambientales. Analizá el siguiente esquema. Es importante que tengas en cuenta que el signo más (+) no implica una simple suma y el signo igual (=) no significa un resultado estático; es decir que esta ecuación para representar lo visto no es tan sencilla como parece.



Alteraciones de la información genética: mutaciones

Cuando se expresa un gen, se forma una clase de proteína con alguna estructura y función particular. En el capítulo 9 te adelantamos que pueden existir problemas en la transmisión de la información. Aunque el mecanismo de copia es muy eficaz, durante la replicación pueden ocurrir errores de lectura y colocación de bases. Si el gen no se manifiesta correctamente, puede llevar a diferencias en la secuencia de aminoácidos que forman la proteína en cuestión y la síntesis puede fracasar. Por ejemplo, la **anemia del Mediterráneo** o **talasemia** es una enfermedad hereditaria que afecta la síntesis de la hemoglobina y, como consecuencia, falla el transporte de oxígeno a las células. Recordemos que la estructura de esta proteína está formada por cuatro cadenas polipeptídicas y un grupo hemo. En esta enfermedad, por mutaciones genéticas, se alteran las cadenas de la proteína globina porque respondieron a una codificación genética equivocada. La estructura normal de la hemoglobina es una sola. Cuando existe un desequilibrio en la síntesis de una de sus cadenas, se produce la talasemia alfa o beta, según qué cadena esté alterada.

Entonces, una **mutación** se define como un cambio casual en la secuencia de ADN, que puede producir un cambio en la proteína para la cual el gen codifica. Las mutaciones pueden ocurrir durante la replicación del ADN cuando, por error, un nucleótido se cambia por otro, o se agregan o se pierden nucleótidos de la secuencia.

Quizá la modificación de un nucleótido por otro no parecería ser tan problemática. En definitiva, es una pequeña parte del ADN. Lo cierto es que, a veces, estos cambios pasan inadvertidos, dado que no todos los nucleótidos de la inmensa cantidad que contiene el ADN forman parte de un gen y, por lo tanto, sus alteraciones no traen consecuencias. Por otro lado, a veces los cambios de un nucleótido suelen terminar en el mismo aminoácido, ya que varios tripletes codifican para el mismo aminoácido. A estas mutaciones se las llama **silenciosas**. En la sección "La Posta" de este capítulo vas a encontrar una entrevista muy interesante sobre todos estos temas.

¿Sabías que existen **enzimas de reparación**? Se encargan de detectar los nucleótidos incorrectamente apareados, los retiran y los reemplazan por los correctos. De esta manera, la cantidad de mutaciones es muy baja.

Ante alguna enfermedad por un defecto genético, la ciencia muchas veces recurre a la **terapia génica**, técnica mediante la cual, por ejemplo, se insertan genes seleccionados en el genoma de un individuo para sustituir otros defectuosos o anormales. Este tema lo verás con más profundidad en el capítulo siguiente.



Una mutación en la mosca del vinagre puede ocasionar la pérdida de las alas o su curvatura. Estas mutaciones son perjudiciales, ya que le impiden volar.



En el albinismo falla la síntesis de una enzima que interviene en el metabolismo de la melanina, pigmento que le da color a la piel.

ACTIVIDADES

16. Repasá cuál es la importancia de la estructura de una proteína y explicá con tus palabras cómo se relaciona esta característica con una posible mutación.

Variabilidad y evolución

¿Pensás que todas las mutaciones son perjudiciales? No, en realidad pueden provocar un cambio beneficioso, perjudicial o inocuo en una característica del individuo. De hecho, como seguramente viste el año pasado, los cambios que se generan en los seres vivos a partir de las mutaciones han constituido un factor esencial en el proceso de la evolución. Pero vayamos por partes.

La reproducción sexual y las mutaciones son dos causas por las cuales se pueden producir cambios en los genes de una población o especie, es decir, puede ocurrir **variabilidad genética**.

Comencemos por analizar la reproducción sexual, en la que cada individuo (a través de la división celular denominada "meiosis"), origina una gran diversidad de gametos que pueden contener muchas combinaciones de alelos, es decir, una variabilidad de información hereditaria. Además, durante la fecundación, un gameto cualquiera de cada progenitor se unirá con otro gameto para dar origen a un nuevo individuo.

En cuanto a las mutaciones, sabés que un gen puede mutar. Esto significa que una parte del material hereditario localizado en los cromosomas se modifica y pueden aparecer cambios en el individuo, que luego se transmitirán a su descendencia. Pero ¿cualquier gen que ha mutado pasará de generación en generación? No, solo las mutaciones que ocurran en los gametos son las que pueden pasar a la descendencia.

Y una pregunta más... ¿todos los individuos de una familia tendrán esa mutación? No necesariamente; solo la tendrán aquellos que hayan heredado el gameto con el ADN alterado.

Para la **teoría de la selección natural**, las mutaciones son la fuente principal del cambio evolutivo que ocurre en las especies. ¿Qué significa esto? Que se producen variaciones permanentemente, pero solo algunas son "seleccionadas" y perduran en el tiempo, pasando de una generación a la siguiente. Observá la ilustración de esta página. En una población dada hay variabilidad, es decir, diversidad de características que son transmitidas a la descendencia. En determinados ambientes y

momentos, algunas de estas características pueden ser más ventajosas que otras; por ende, los individuos que las poseen tienen mayores posibilidades de aprovechar los recursos del ambiente, de sobrevivir, y de dejar descendencia a la cual le transmiten ese rasgo ventajoso.

Entonces las mutaciones son una de las causas de la variabilidad, luego de la cual existe la evolución. Incluso, la selección natural necesita de la variabilidad genética para que las especies estén adaptadas a los diferentes ambientes y situaciones.



1. Algunas garzas tienen patas más largas que otras. Las garzas de patas largas pescan en aguas más profundas, donde acceden a mayor cantidad de alimento y es más probable que se reproduzcan.



2. Los hijos de las garzas de patas largas heredan ese carácter de sus padres.



3. Con el tiempo, las garzas de patas cortas han sido "eliminadas" a favor de las de patas largas.

ACTIVIDADES

17. ¿Qué relaciones encontrás entre la variabilidad genética, las mutaciones y la selección natural?

Ciencia en tus manos

Análisis comparativo de textos

En ciencia nunca está todo resuelto. Incluso hay debates entre los científicos sobre cómo deben evaluarse los descubrimientos. En el tema referente a las investigaciones sobre el ADN, también hay distintas interpretaciones y surgen discrepancias, debido a que es muy controvertido por sus implicancias biológicas, sociales y éticas. Por eso, cuando nos encontramos frente a dos textos con ciertas posturas diferentes, es interesante hacer un buen **análisis comparativo** de ellos.

ACTIVIDADES

18. Leé los siguientes textos.

"[...] Los partidarios del Proyecto Genoma Humano están de acuerdo en que, conociendo la secuencia de todos los genes humanos, será posible identificar y aislar las secuencias de ADN de muchísimos defectos humanos que entonces podría corregir la terapia génica. [...]"

Sin embargo, la implantación de genes puede afectar no solo a las células de nuestros cuerpos físicos, nuestras células somáticas, sino también a los cuerpos de generaciones futuras a través de cambios accidentales en las células germinales de nuestros órganos reproductores. Incluso si nuestra intención fuera solo proporcionar genes con el adecuado funcionamiento al cuerpo inmediato del paciente, algunos de los ADN implantados podrían penetrar en el futuro espermatozoides y las células reproductoras y provocar su transformación [...] y cualquier cálculo erróneo de los efectos del ADN implantado recaería en nuestros descendientes hasta los tiempos más remotos [...]"

Lewontin, Richard. El sueño del genoma humano y otras ilusiones. Barcelona, Paidós, 2001.

"[...] Gran parte de las investigaciones en genes humanos están impulsadas por la urgente necesidad de descubrir el remedio de las enfermedades hereditarias, así como de otras mucho más comunes como el cáncer y la enfermedad cardíaca, en cuyo origen participan los genes induciéndolos o intensificándolos [...]. No me cabe duda de que los años venideros nos depararán sorpresas asombrosas. Por primera vez, estamos cayendo en la cuenta de lo poco que sabemos de nosotros mismos. [...] creo que el conocimiento es una bendición, no una maldición, y esto es especialmente cierto en el caso del conocimiento genético [...]. Es cierto que la genética también conlleva la amenaza de nuevos peligros –primas de seguros desiguales, nuevas formas de guerra microbiana, efectos secundarios imprevistos de la ingeniería genética–, pero la mayoría de ellos o bien se resuelven con facilidad o son sumamente inverosímiles. De modo que no puedo suscribir el pesimismo en boga sobre la ciencia, ni tampoco puedo entusiasmarme con la idea de un mundo que vuelve la espalda a la ciencia y al ataque interminable a nuevas formas de ignorancia".

Ridley, Matt. Genoma. Madrid, Punto de Lectura, 2001.



- Reúnete con tu grupo y expliquen cuáles creen que son las coincidencias o las diferencias de posiciones entre ambos autores.
- Reflexionen entre todos sobre la importancia de hacer este tipo de análisis con los textos.
- En el capítulo siguiente, como ya les anticipamos, verán en profundidad de qué se trata la ingeniería genética. Les proponemos que cuando terminen ese capítulo vuelvan a leer esta actividad y redacten una opinión sobre ambos textos.

¿Existen las razas humanas?

Todos somos seres humanos. Para algunos existen varias razas. Para otros, solo una... El artículo que presentamos a continuación es un texto extraído del manifiesto sobre racismo que encabezaron y firmaron la científica Rita Levi Montalcini y representantes de la ciencia. Esta investigadora nació en Italia y recibió el Premio Nobel de Medicina en 1986. Debido a sus raíces judías, se vio obligada a emigrar a los Estados Unidos antes de la Segunda Guerra Mundial.

I. Las razas humanas no existen. La existencia de las razas humanas es una abstracción que se deriva de una falsa interpretación de pequeñas diferencias físicas, que nuestros sentidos perciben, erróneamente asociadas a diferencias 'psicológicas' e interpretadas sobre la base de prejuicios [...]. Estas abstractas subdivisiones, fundadas en la idea de que los humanos constituyen grupos biológica y hereditariamente muy distintos son puras invenciones que siempre se han utilizado para clasificar arbitrariamente hombres y mujeres en 'mejores' y 'peores' y, de esta manera, discriminar a los últimos (siempre los más débiles), después de haberles achacado que son la clave de todos los males en todos los momentos de crisis.

II. La humanidad no está formada por grandes y pequeñas razas. Es, sin embargo y ante todo, una red de personas vinculadas. Es verdad que los seres humanos se juntan en grupos de individuos, comunidades locales, etnias, naciones y civilizaciones. Pero esto no sucede porque tengan los mismos genes sino porque comparten historias de vida, ideales y religiones, costumbres y comportamientos, formas y estilos de vida, incluso culturales [...].

III. El concepto de raza no tiene significado biológico en la especie humana. El análisis de los ADN humanos ha demostrado que la variabilidad genética en nuestra especie [...] está representada sobre todo por diferencias entre personas de la misma población, mientras que

son menores las diferencias entre poblaciones y continentes diversos. Los genes de dos individuos de la misma población son, como promedio, ligeramente más similares entre ellos que los de aquellas personas que viven en continentes diversos. Precisamente a causa de estas reducidas diferencias entre poblaciones incluso los científicos racistas nunca definieron cuántas razas constituyen la especie humana, estableciendo unas estimaciones que oscilan entre dos y doscientas razas.

[...]

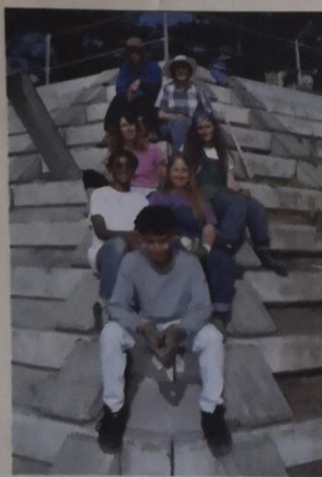
VII. El racismo es simultáneamente homicida y suicida [...]. El racismo es suicida porque no solo golpea a los que pertenecen a pueblos distintos sino a los mismos que lo practican. La tendencia al odio indiscriminado que lo alimenta se extiende por contagio de ideas a toda alteridad externa o extraña con respecto a una definición cada vez más estrecha de la 'normalidad'. Agrede a quienes están 'fuera de la raya', los 'locos', los 'pobres de espíritu', los *gays* y lesbianas, los poetas, los artistas, los escritores alternativos, todos los que no son homologables a tipologías humanas estándar, aunque sean quienes permiten realmente a la humanidad cambiar continuamente y vivir. Todo sistema viviente se mantiene tal si solo es capaz de cambiar, y nosotros, los seres humanos, cambiamos cada vez menos con los genes y siempre más con los inventos de nuestros 'benévolutamente desordenados' cerebros.

VIII. El racismo discrimina, niega las relaciones, introduce amenazas en los pensamientos y comportamientos diversos [...]. Desde el punto de vista paleontológico y genético, están absolutamente demostradas las teorías que sostienen el origen africano de los pueblos de la Tierra, comprendidos todos en una única raza [...].

Firmantes: Rita Levi Montalcini, neurobióloga (Premio Nobel de Medicina), y otros. Madrid, diario digital independiente *La Insignia*, 21 de julio de 2008. En http://www.lainsignia.org/2008/julio/cul_005.htm. [consultado en noviembre de 2009]

ACTIVIDADES

19. ¿Sabés qué es un "manifiesto"? Buscá las palabras que no conozcas en el diccionario.
20. ¿Por qué el manifiesto afirma que la única raza es la humana?
21. ¿Qué pensás del concepto de "raza" y qué interpretación se hace de la variabilidad genética humana y las diferencias entre personas? ¿Cuál es la idea del racismo según este comunicado?
22. ¿Recordás algún episodio discriminatorio que te haya sucedido a vos o a algún conocido? ¿De qué se trató? Luego de haber leído este manifiesto, ¿qué le dirías a esa persona que discriminó? ¿Y a la que sufrió la discriminación?



A pesar de las diferencias fenotípicas de los grupos humanos que habitamos la Tierra, hoy se habla de que todos tendríamos un ancestro común, es decir, un mismo origen.

Intimidades del ribosoma

Aunque no los veamos y pocos sepan de su existencia, ahí están, en los rincones más íntimos de la biología humana, funcionando todos los días en el corazón de las células. Sin gremialistas ni sindicatos, sin jefes abustivos ni despedidos, los ribosomas son algo así como microfábricas, estructuras bioquímicas que producen en masa los ladrillos de la vida, esto es, proteínas como la hemoglobina, que transporta el oxígeno a los tejidos a través de la sangre, los anticuerpos del sistema inmunitario u hormonas como la insulina. Su estudio salpica la vida cotidiana más de lo que se supone: conocer cómo funcionan implica avanzar en la lucha ancestral entre células humanas y bacterias y sobre todo ayuda a diseñar nuevos antibióticos para atacar a los organismos patógenos e invasivos. La cristalografía israelí Ada E. Yonath (Instituto Weizmann), el biofísico estadounidense Thomas A. Steitz (Universidad de Yale) y el biólogo estructural indio nacionalizado inglés Venkatraman Ramakrishnan (Universidad de Cambridge, Reino Unido) son tres de los científicos pioneros en desmenuar -trabajando en forma independiente entre 1980 y 1998- uno de los enigmas más profundos de la bioquímica, el funcionamiento de los ribosomas, cruciales para la vida: con la misma técnica que permitió a Watson y Crick (y a Rosalind Franklin, valga agregar) resolver en 1953 la estructura del ADN -la cristalografía de rayos X- generaron modelos de tres dimensiones y develaron su estructura a nivel atómico, abriéndole la puerta al desarrollo de antibióticos y nuevas terapias médicas.



Y ahora tienen cada uno un tercio de Nobel (en total 1,4 millones de dólares) para contarlo. En palabras oficiales de la Academia Sueca de Ciencias: "El Nobel de Química de 2009 premia los estudios sobre uno de los procesos centrales de la vida. Los ribosomas convierten el código del ADN en vida. A partir de la información genética que les llega del ADN, sintetizan proteínas que controlan la química de todos los organismos. Los ribosomas son un objetivo importante para la elaboración de nuevos antibióticos. Los tres galardonados son verdaderos combatientes en la lucha contra la resistencia a los antibióticos".

Kukso, Federico.

Crítica de la Argentina. Sección "Ciencia y Tecnología". Buenos Aires, 8 de octubre de 2009.

ACTIVIDADES

23. ¿Por qué creés que en este artículo se comparan los ribosomas con microfábricas?
24. Explicá la metáfora que usa el autor para referirse a las proteínas como "ladrillos de la vida".
25. ¿Qué implicaciones tiene el estudio de los ribosomas y las proteínas en la vida cotidiana?
26. Hacé una secuencia, uniendo con flechas los siguientes conceptos aparecidos en este artículo: células - ribosomas - ADN - proteínas - control químico del organismo - antibióticos - nuevas terapias.
27. ¿Te surgieron preguntas mientras leías el texto y no pudiste encontrar las respuestas en él? ¿Cuáles? Charlalo con un compañero y traten de encontrar la respuesta.
28. Cuando leíste el texto, ¿qué aprendiste sobre el trabajo de los científicos? ¿Podemos decir que el conocimiento se logra por el trabajo de una sola persona?



Modelo de ribosomas.

Actividades finales

29. A continuación encontrarás afirmaciones falsas e imprecisiones conceptuales. Lee con detenimiento y corregí lo que encuentres mal.

- a) En el núcleo celular se produce la traducción de los distintos ARNm y, posteriormente, la transcripción a proteínas en el citoplasma.
- b) El ARN es una gran molécula que dirige la síntesis de las proteínas específicas para el funcionamiento de cada célula.
- c) El 50% del genoma nuclear codifica proteínas.
- d) Conocer la secuencia de todo el genoma humano no implica saber dónde se encuentran todos nuestros genes.
- e) En las células eucariotas, solo en el núcleo encontramos material genético.
- f) Cada gen está implicado en la síntesis de una sola proteína.
- g) Para la teoría de la selección natural, la variabilidad genética es causa de mutaciones.

30. Volvé a leer las páginas 193 y 197.

- a) Subrayá las palabras y frases que para vos corresponden a las ideas principales.
- b) Hacé una lista aparte y armá un texto con oraciones que las incluya. Luego, explicá brevemente por qué las elegiste.
- c) Por último, entre todos, comparen y resuman en un solo texto para presentar a la profesora o al profesor.

31. Buscá en todo este capítulo los hechos históricos que se mencionan.

- a) Anotalos en tu carpeta.
- b) Ordenalos cronológicamente.
- c) Reunite con un compañero y conversen sobre si tuvieron en cuenta el momento histórico al estudiar cada tema. ¿Creen que es importante conocer en qué época sucedieron los hechos? ¿Por qué?

32. El siguiente texto es un pequeño extracto de un artículo escrito por el periodista Federico Kukso. Leelo y luego respondé a las preguntas. El artículo completo podés encontrarlo en www.criticadigital.com/revistacifiles/revista_c15_para_web.pdf [consultado en noviembre de 2009].

La lotería interior

"[...] Y ahora, como si fuera poco, el ser humano amaneció con la noticia de que todo lo que es (color de piel, de ojos, altura, inteligencia, creatividad) y será (enfermedades a desarrollar, expectativa de vida, tendencias de ser) está escrito en máquinas mínimas [...] llamadas 'genes', dentro de un libro-receta que uno tiene prohibido leer. Hasta ahora [...]. En la Era del Genoma se institucionaliza una lotería o, lo que es lo mismo, el destino anunciado a partir de dosis triviales de información. Resulta curioso pero el Proyecto Genoma Humano no hizo más que potenciar cierta idea que flotaba en el aire desde los albores de la genética a principios del siglo xx: los genes son exhibidos siempre como las claves para entender el pasado, el presente y el futuro del individuo, en un arranque reduccionista que deja afuera al ambiente y a la cultura. Conformado así el panorama, aparece en ciernes una suerte de 'horóscopo genético' [...]. El conocimiento del destino -como si tal cosa tuviera algún grado de seriedad y de factibilidad- ya no está en las estrellas sino en los genes [...]"

Kukso, Federico. "El gen del futuro". En: Revista C. Diario Crítica de la Argentina. Buenos Aires, 8 de junio de 2008.

- a) En este texto aparecen palabras que quizá desconozcas. Te proponemos que, antes de intentar responder a las siguientes preguntas, busques en el diccionario el significado de esos términos.
- b) ¿Qué interpretación podés hacer del título de esta nota, o sea, por qué te parece que el autor usa el término "lotería"?
- c) ¿Qué diferencias pensás que podría haber entre este texto y uno escrito por un científico?
- d) ¿Por qué el autor habla de "un arranque reduccionista"? ¿En relación con qué?
- e) ¿Qué opinás sobre la frase "horóscopo genético"? ¿Te parece una expresión científica? ¿Por qué?
- f) Comentá con tu grupo lo que hayas interpretado del texto y, luego, elaboren juntos una conclusión.

33. Escribí el concepto que corresponde a cada una de las definiciones siguientes.

- a) Estructuras donde se encuentran los genes, formadas por ADN y proteínas, en el núcleo celular.
- b) Porción de ADN con la información que ordena la síntesis de las proteínas.
- c) Sustancias químicas nitrogenadas cuyas estructuras están formadas por cadenas de aminoácidos.
- d) Alteración en la información genética de un individuo que puede provocar cambios en las características de una especie.
- e) Etapa que se cumple en la célula durante la cual se produce la replicación del ADN.

34. Elegí una de las siguientes opciones para pensar y desarrollar en una página. Explicá por qué la elegís. Luego, conversen en grupo sobre lo que eligió cada uno y confronten opiniones.

a) Banco de datos de genomas. ¿Qué opinarías si el genoma de cada uno de nosotros estuviera registrado en un banco de datos a nivel nacional?

b) Manipulación genética para crear individuos especiales. Pensá si sería igual hacerlo con seres humanos que con animales, y fundamentá tu opinión.

c) Estudio genético para decidir matrimonios. ¿Te parece que esto garantizaría un buen matrimonio? ¿Qué problemas podría acarrear?

d) Reproducción con genes seleccionados. ¿Considerás ético que el día de mañana las parejas puedan elegir los genes que determinen las características que tendrá su hijo? Hacé un análisis crítico.

35. Ya estudiados los temas correspondientes a este capítulo, reúnanse en grupo y elijan el que les haya gustado más. Presten atención a las condiciones siguientes.

- a) Lean otra vez el tema que eligieron y decidan qué punto o aspecto, referente a ese tema, les resulta problemático y desearían profundizar.
- b) Comiencen individualmente a buscar material que les permita encontrar respuestas y explicaciones a ese punto conflictivo. Determinen un tiempo para esta búsqueda individual.
- c) Tomen nota de la información que hayan encontrado y vuelvan a reunirse.
- d) Lean sus apuntes ante el grupo e intenten, en conjunto, redactar una solución al problema planteado.

■ Libros

Capozzo A. y Fernández A. *El fluido de la información genética*. Cuaderno de Biología 5. Buenos Aires, Eudeba, 1997. Vas a encontrar un contenido didáctico sobre cómo fluye la información genética a través de las moléculas, de acuerdo con las necesidades de las células.

Ridley, Matt. *Genoma*. Madrid, Punto de Lectura, 2001. Es un paseo por cada uno de los cromosomas humanos para conocer los detalles de algunos de los genes que se encuentran en ellos. Interesante y de agradable lectura, tiene un contenido lleno de anécdotas y datos históricos que hacen que sea entretenido y fácil de entender.

Watson, James D. *ADN. El secreto de la vida*. Madrid, Taurus, 2003.

Relato completo sobre el ADN y su historia de la mano del propio Watson, uno de los ganadores del Premio Nobel en 1962.

■ Internet

www.portalplanetasedna.com.ar/genoma.htm

Sitio muy interesante en el que, además de encontrar información y videos sobre el genoma, vas a poder indagar sobre otros temas relacionados. Algo que no podés dejar de ver es el video sobre el Proyecto Genoma Humano.

Cromosomas que traen problemas

La
posta

Por Alejandro Balbiano.

Los seres humanos tenemos 46 cromosomas, es decir, 23 que recibimos de nuestra madre y 23 que recibimos de nuestro padre. Pero ¿qué ocurre cuando tenemos cromosomas de más o de menos? ¿Y cuando perdemos información genética? Para responder a estas y otras preguntas, entrevistamos en su laboratorio del Hospital Garrahan a la Dra. Marta Gallego, especialista en citogenética humana.



Marta Susana Gallego es licenciada y doctora en Ciencias Bioquímicas de la Universidad de La Plata. Actualmente es bioquímica principal a cargo del Laboratorio de Citogenética del Servicio de Genética Médica del Hospital Garrahan.

■ Para comenzar, ¿puede contarnos qué estudia la citogenética?

La citogenética es la ciencia que estudia la estructura y la función de los cromosomas. Los cromosomas son los pequeños bastones en que se organiza el material genético, el ADN, asociado a determinadas proteínas. En el mundo, es una ciencia que comenzó a fines de la década del cincuenta. En la Argentina, en la década del sesenta hubo pioneros como el Dr. Roberto Coco, quien fue mi maestro, que comenzaron con esta especialidad.

■ ¿Y qué es el cariotipo?

El cariotipo es la ordenación de los cromosomas de a pares. Se los ordena en grupos por tamaño, y es una forma de poder visualizarlos. Existen cromosomas sexuales, X e Y, y autosomas, que son 22 pares, y que se numeran del 1 al 22. El cariotipo humano tiene 46 cromosomas. La mujer es 46 XX y el hombre, 46 XY. Hacemos el análisis en el microscopio y utilizamos un equipo computarizado que, a través de un *software*, arma el cariotipo. Al observador le corresponde detectar dónde hay anomalías en los cromosomas, ya sean alteraciones de número, es decir, si faltan o sobran cromosomas, o de estructura.

■ ¿Qué hace que los cromosomas estén “alterados”?

Los cromosomas pueden sufrir alteraciones en su “viaje de división”. Las divisiones pueden ser mitóticas o meióticas. En la meiosis se reducen los números cromosómicos a la mitad (se forman las células sexuales: óvulos y espermatozoides), y en las mitosis se conserva el número. En esas divisiones los cromosomas pueden sufrir alguna mala separación o

“La citogenética es la ciencia que estudia la estructura y la función de los cromosomas”.

rearrreglo, que conduzca a que el resultado final sea alterado. Por ejemplo, en el síndrome de Down, el individuo tiene tres cromosomas del par 21. Esto se llama “trisomía”. Por un error en la meiosis, el óvulo o el espermatozoide, en lugar de aportar cada uno 23 cromosomas, uno de ellos aporta 24, lo que da un individuo alterado. Así como hay cromosomas en exceso, también puede haber en defecto, y en ese caso se llama “monosomía”. También puede haber anomalías en la estructura, como las traslocaciones, en las que un segmento de un cromosoma se traslada a otro y de este al primero.

“Los cromosomas pueden sufrir alteraciones en su ‘viaje de división’. Las divisiones pueden ser mitóticas o meióticas”.

■ ¿Cuándo comenzó a funcionar el Laboratorio de Citogenética del Hospital Garrahan?

En 1988, junto con otro profesional, el Lic. Jorge Herrera, armamos el laboratorio, y en 1992 pude realizar un entrenamiento en el Hospital St. Jude en Memphis, Tennessee, de los Estados Unidos, donde me especialicé en citogenética aplicada al diagnóstico de enfermedades hematológicas, fundamentalmente en leucemias agudas de la infancia.

■ ¿Qué estudian, en particular, en su laboratorio?

Nosotros en el laboratorio estudiamos a los pacientes que son derivados

por los médicos genetistas. La mayoría son pacientes que tienen retardo mental, asociados o no a malformaciones. En la población general, el 0,6% de los recién nacidos vivos tienen alguna anomalía cromosómica. El resto de los pacientes son los que nos llegan del Servicio de Hematología que tienen leucemias o algunos otros desórdenes de la sangre. Efectuamos un promedio anual de 1.500 cariotipos en pacientes con retardo mental o dismorfias y 100 con algún tipo de leucemias agudas.

■ **¿Podemos destacar las diferencias entre enfermedades genéticas, hereditarias y congénitas?**

Las enfermedades genéticas son aquellas que se producen por daño en el ADN, ya sea en los genes o en los cromosomas y pueden ser heredadas o no. Por ejemplo, el síndrome de Down. Las enfermedades hereditarias son un conjunto de enfermedades genéticas en las cuales el gen o los genes que las predisponen o determinan se transmiten de generación en generación, es decir, de padres a hijos. Cabe aclarar que el progenitor portador del gen puede ser afectado si el gen es dominante o sano si es recesivo. Son ejemplos la acondroplasia y la fibrosis quística. Una enfermedad congénita es aquella que se produce por un trastorno durante el desarrollo embrionario que puede estar presente o no en el momento del nacimiento. Por ejemplo, el síndrome alcohólico fetal provocado por el consumo de alcohol por parte de la madre du-

“Las enfermedades genéticas son aquellas que se producen por daño en el ADN, ya sea en los genes o en los cromosomas y pueden ser heredadas o no”.

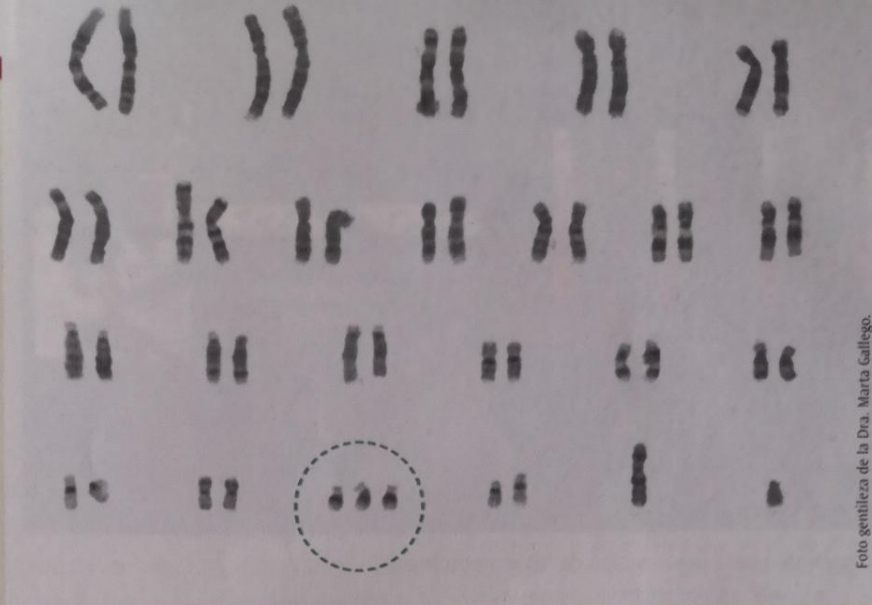


Foto gentileza de la Dra. Marta Gallego.

El cariotipo humano muestra los 46 cromosomas agrupados en 23 pares. En la imagen, cariotipo bandeado G de un varón con trisomía del par 21.

rante el embarazo. Llamamos anomalías congénitas a un defecto que ocurre mientras un bebé se desarrolla dentro del útero de su madre. La mayoría de las anomalías o defectos congénitos ocurren durante los primeros tres meses del embarazo.

■ **¿Qué técnicas se utilizan para hacer los análisis cromosómicos?**

Para estudiar los cromosomas es necesario extraer sangre del paciente y procesarla en el laboratorio. De la sangre se utilizan los linfocitos y de ellos se analizan los cromosomas. El procedimiento consiste en sembrar sangre en un frasco con medio de cultivo y suero, con el agregado de una sustancia, fitohemaglutinina, que hace que el linfocito que está en un estado maduro pase a un estado inmaduro y se empiece a dividir. A los tres días se detiene la división celular, en metafase, con colchicina, que interfiere en la formación del huso acromático deteniendo la división celular en estadio de metafase. Para poder ver los cromosomas hay que teñirlos. Si solo se los colorea, se ven todos uniformes y no se pueden distinguir los que son del mismo tamaño y morfología,

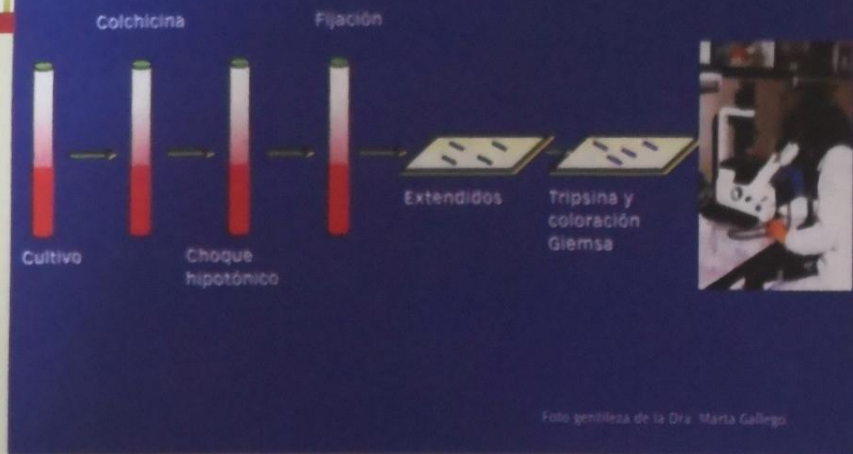
por eso es necesario realizar técnicas de bandeo cromosómico o bandeo G.

■ **¿Qué es el bandeo G?**

Es una técnica muy sencilla en la que el “preparado” de linfocitos de la sangre ya fijado se pasa por una solución de tripsina, y posteriormente se colorea con Giemsa, de ahí el nombre de “bandeo G”, por el nombre del colorante. Los cromosomas se ven en metafase y tienen bandas claras y oscuras. El análisis se hace con aproximadamente 500 bandas. La observación se hace con un microscopio óptico común de buena resolución. Actualmente disponemos en nuestro laboratorio de un equipo computarizado conectado al microscopio que tiene *softwares* adecuados para realizar el cariotipo y visualizar otras técnicas de citogenética molecular. El cromosoma tiene una región central, llamada “centrómero”, un brazo corto (p) y un brazo largo (q), y los extremos o regiones teloméricas.

■ **¿Hay nuevas técnicas que se han desarrollado en los últimos tiempos?**

Sí, por ejemplo la técnica de hibridación *in situ* con fluorescencia (FISH, por



Procedimiento para la obtención de los cromosomas.

su nombre en inglés). Es una técnica de la década del ochenta (en nuestro país comenzamos en los noventa) en la cual se usan sondas de ADN (son fragmentos de ADN marcados). Se desnaturaliza por calor, es decir, se separan las dos cadenas, tanto el ADN de los cromosomas como el de la sonda, y luego se les permite que se unan (hibridación). Las sondas marcadas van directamente al gen o región en cuestión. Pueden ser dirigidas para ver los centrómeros o para detectar la presencia de una determinada secuencia génica. Con esta técnica se hace diagnóstico.

■ ¿Para qué sirve?

Sirve para ver, entre otras cosas, microdeleciones o rearrreglos de genes, que no se ven con las técnicas clásicas. La ventaja es que es rápida, se hace de un día para el otro y se pueden ver células no necesariamente en división. Su desventaja es que, a diferencia del cariotipo, solo da información de la región del cromosoma que se está buscando. Es una técnica complementaria del bandeado G. Con la técnica de FISH, las sondas de ADN van directamente al gen o región que se quiere estudiar. Se puede ver si hay delección o traslocación. También se puede determinar a qué cromosoma pertenece el material

adicional en el cariotipo utilizando sondas de pintado.

■ ¿De dónde se obtienen las muestras para los estudios cromosómicos?

Las muestras pueden ser de sangre, de médula ósea, de líquido amniótico, pero también pueden ser de células de la piel. En sangre lo que se usan son los linfocitos, ya que los glóbulos rojos maduros no tienen núcleo. Acá hay un concepto interesante, que es el de mosaicos genéticos. Hay individuos que tienen anomalías genéticas en algunos tejidos y en otros no. A veces en sangre el cariotipo es normal, y al buscar en otros tejidos aparecen los problemas. Por ejemplo, la sangre y la piel tienen distintos orígenes embrionarios. Hay pacientes que tienen diagnóstico de síndrome de Turner (son mujeres con un solo cromosoma X) y al estudiarlas en sangre la muestra da normal, pero a veces en piel o en mucosa bucal aparece la anomalía. Es raro, pero ocurre.

■ ¿Existen alteraciones cromosómicas que estén asociadas con determinados tipos de cáncer de la sangre?

Sí. La primera que se describió fue el cromosoma Filadelfia, que se llama así porque se descubrió en la ciudad de Filadelfia, en los Estados Unidos, en la

década del sesenta. Se vio que estaba asociado a la leucemia mieloide crónica (LMC). Había un pequeño cromosoma, que parecía ser un cromosoma 21 o un 22, pero más cortito. Luego, con el bandeado, se vio en la década del setenta que era el cromosoma 22, y el segmento que le faltaba estaba traslocado con otro cromosoma, el 9. Entre el 95% y el 98% de los pacientes con LMC tienen el cromosoma Filadelfia, y está asociado a muy buen pronóstico en LMC. Los pacientes responden muy bien a los tratamientos. Pero si se encuentra en otros tipos de leucemias, como linfoblástica o mieloblástica aguda, es de mal pronóstico. En leucemias agudas, algunas anomalías definen protocolos de tratamientos a seguir.

■ ¿Las pérdidas naturales de embarazo pueden estar relacionadas con los problemas en los cromosomas?

Las causas pueden ser múltiples, genéticas, endocrinas, inmunológicas o infecciosas, pero las primeras son las más frecuentes. El 25% de los embarazos terminan en abortos espontáneos. La mayoría ocurre en etapas tempranas del primer trimestre de gestación, y las anomalías cromosómicas son la causa del 60% de ellos. Las parejas que han tenido pérdidas de embarazo a repetición deben ser evaluadas clínicamente, y entre los estudios a solicitar debe estar el análisis citogenético para descartar que alguno de los miembros de la pareja tenga un problema cromosómico.

“Hay individuos que tienen anomalías genéticas en algunos tejidos y en otros no. A veces en sangre el cariotipo es normal, y al buscar en otros tejidos aparecen los problemas”.

■ **Tener cromosomas de más o de menos ¿siempre trae problemas?**

Sí, pero no todos son de la misma gravedad, depende de si se trata de los autosomas o de los cromosomas sexuales. Las personas que tienen dos cromosomas XX, y un cromosoma Y (XXY) son en su gran mayoría individuos normales y suelen consultar por problemas de esterilidad en algún momento de la vida. Una paciente a la que le falta un cromosoma X (XO) tendrá baja talla y algunos problemas a nivel de desarrollo durante la pubertad y posterior esterilidad.

■ **En algún momento se habló de síndromes en los que la existencia de más de un cromosoma Y (XYY) estaban ligados con comportamientos violentos ¿Esto es un mito o es verdad?**

Es un mito. Hace muchos años se hicieron estudios con personas que estaban en prisión y algunas tenían ese cariotipo, pero en realidad no tienen un cuadro clínico definido.

■ **¿Cuál es la importancia de los estudios cromosómicos, hoy?**

Un estudio cromosómico es para los médicos una herramienta muy valiosa porque les sirve como elemento de diagnóstico y para el asesoramiento familiar, pero, en algunos casos, también tiene valor pronóstico. En los chicos que tienen algunos tipos de leucemias agudas, si son menores de un año, tienen un determinado tipo de tratamiento, de acuerdo con el tipo de patología. La citogenética no solo mide el riesgo, sino que también nos sirve como orientadora del tratamiento. En un hospital como el Garrahan, lo bueno es que no se trabaja solo. Desde el médico hasta el bioquímico, todos contribuimos a un diagnóstico. El paciente siempre es

recibido por un médico que también es el que le da el resultado final. El bioquímico es el que contribuye con el médico al darle el resultado certero de un estudio.

■ **¿Cuál es el futuro de la citogenética?**

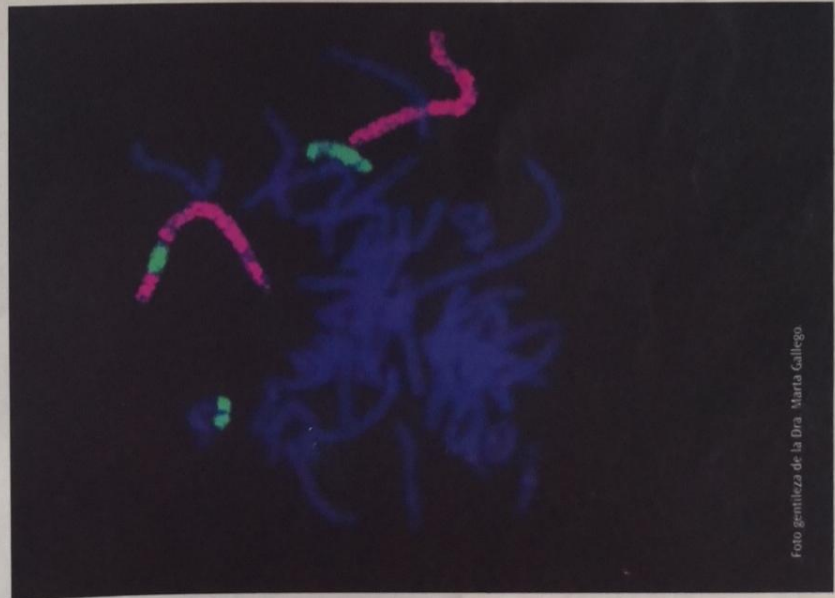
En la década del setenta se hacía el diagnóstico básico con la técnica de bandedo G, que sigue vigente. Pero en la década del ochenta, con la aparición de la citogenética molecular, como el FISH, se nos abrió un campo muy amplio a los citogenetistas, porque nos permitió hacer diagnóstico de muchas cosas que la citogenética clásica no podía resolver. Pienso que la citogenética todavía tiene futuro, a pesar del éxito de las técnicas de biología molecular, algunas de las cuales son muy costosas para países como el nuestro.

...cómo llegó a encontrar una profesión que le fascina.

De chica, siempre me gustaban mucho las ciencias exactas, sobre todo la matemática. Me gustaba investigar, pero lo que más me atraían eran los juegos exactos, y encontré en la citogenética, años después, esa cosa de la matemática ligada al juego. El contacto que tuve con la citogenética en primer año en biología me hizo parecer que armar el cariotipo iba a ser como jugar. A pesar de que a veces protesto y me enojo, creo que si uno sigue haciendo algo es porque tiene algo de fascinante. Es como armar un rompecabezas, y para mí eso es atractivo. También me gustaba mucho la docencia, quizás porque mi mamá era maestra. Soy muy maestra de la gente joven que viene acá al servicio. Así surgió, al momento de elegir, la bioquímica como una ciencia exacta aplicada a la biología.

...qué otras cosas le hacen bien.

A mí me gusta mucho el teatro, pero más que verlo, actuarlo, es mi segunda gran vocación. Cuando era becaria del Conicet, como soy medio payasa y me gusta el humor, empujada por mis amigos y siguiendo los pasos de mi padre, que era muy chistoso, empecé a estudiar teatro en el San Martín y luego continué con otros maestros. El año pasado hice un espectáculo de *stand up* basado en la bioquímica. Me gusta mucho la música clásica y Serrat. Me gustan mucho los libros de María Esther de Miguel relacionados con la historia. Lo mismo las películas como *Camila*. Para los deportes soy muy mala, desastrosa. Este año voy a tomar mi cuarto curso de natación. Soy hinchada de Quilmes, eso lo heredé de mi padre.



Con la técnica de FISH, las sondas de ADN van directamente al gen o región que se quiere estudiar.

Foto gentileza de la Dra. Marta Gallego

11

La biotecnología moderna



Medusas.

LO QUE SE VIENE

En este capítulo...

- Distinguirás la biotecnología tradicional de la moderna.
- Aprenderás qué es un organismo transgénico y cómo se obtiene.
- Reconocerás las utilidades de los organismos transgénicos.
- Conocerás los avances de la ingeniería genética en nuestro país.
- Reflexionarás sobre las diferentes posiciones en relación con el uso de los organismos transgénicos.
- Analizarás las características que tiene un problema científico.

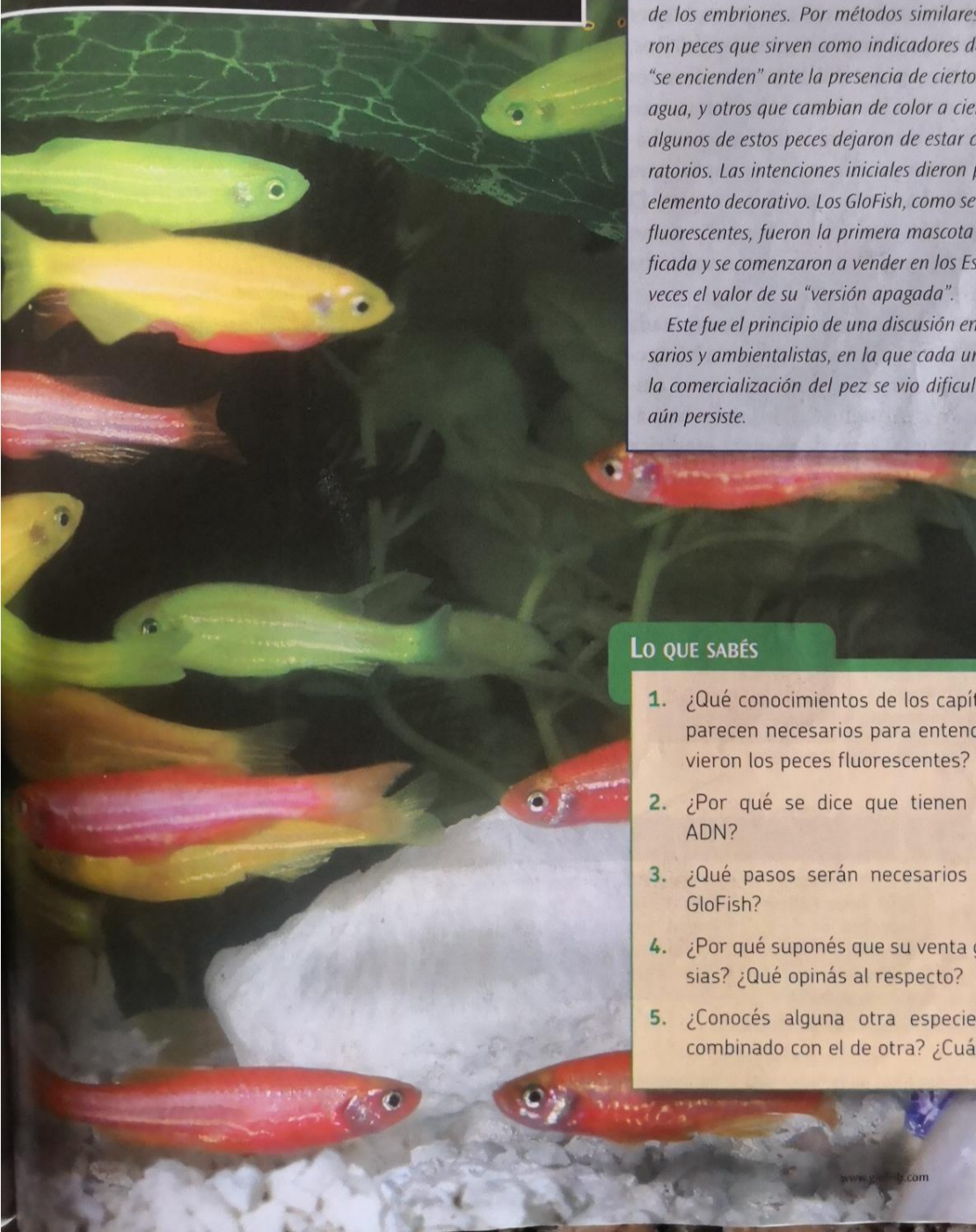


GloFish es una marca patentada de peces fluorescentes que pueden ser mantenidos en una pecera como mascotas.



GFDL-5001480

Pez cebra a partir del cual se obtuvieron los GloFish.



¿Peces fluorescentes?

En 2001, investigadores de la Universidad de Singapur combinaron el material genético de los denominados "peces cebra" con un gen extraído de una medusa, que contenía información para la producción de una proteína fluorescente. Los peces obtenidos con esa "combinación" de ADN comenzaron a brillar bajo la luz a través de su piel translúcida. Esta característica resultó de gran utilidad para ciertas investigaciones, ya que la fluorescencia facilitaba la ubicación de los órganos. Así se lograron importantes avances en el estudio del desarrollo de los embriones. Por métodos similares también se obtuvieron peces que sirven como indicadores de contaminación, que "se encienden" ante la presencia de ciertos contaminantes en el agua, y otros que cambian de color a cierta temperatura. Pero algunos de estos peces dejaron de estar confinados a los laboratorios. Las intenciones iniciales dieron paso a su venta como elemento decorativo. Los GloFish, como se denominó a los peces fluorescentes, fueron la primera mascota genéticamente modificada y se comenzaron a vender en los Estados Unidos a veinte veces el valor de su "versión apagada".

Este fue el principio de una discusión entre científicos, empresarios y ambientalistas, en la que cada uno tenía sus razones y la comercialización del pez se vio dificultada. La controversia aún persiste.

LO QUE SABÉS

1. ¿Qué conocimientos de los capítulos anteriores te parecen necesarios para entender cómo se obtuvieron los peces fluorescentes?
2. ¿Por qué se dice que tienen "combinación" de ADN?
3. ¿Qué pasos serán necesarios para obtener los GloFish?
4. ¿Por qué suponés que su venta generó controversias? ¿Qué opinás al respecto?
5. ¿Conocés alguna otra especie cuyo ADN esté combinado con el de otra? ¿Cuál?

La biotecnología

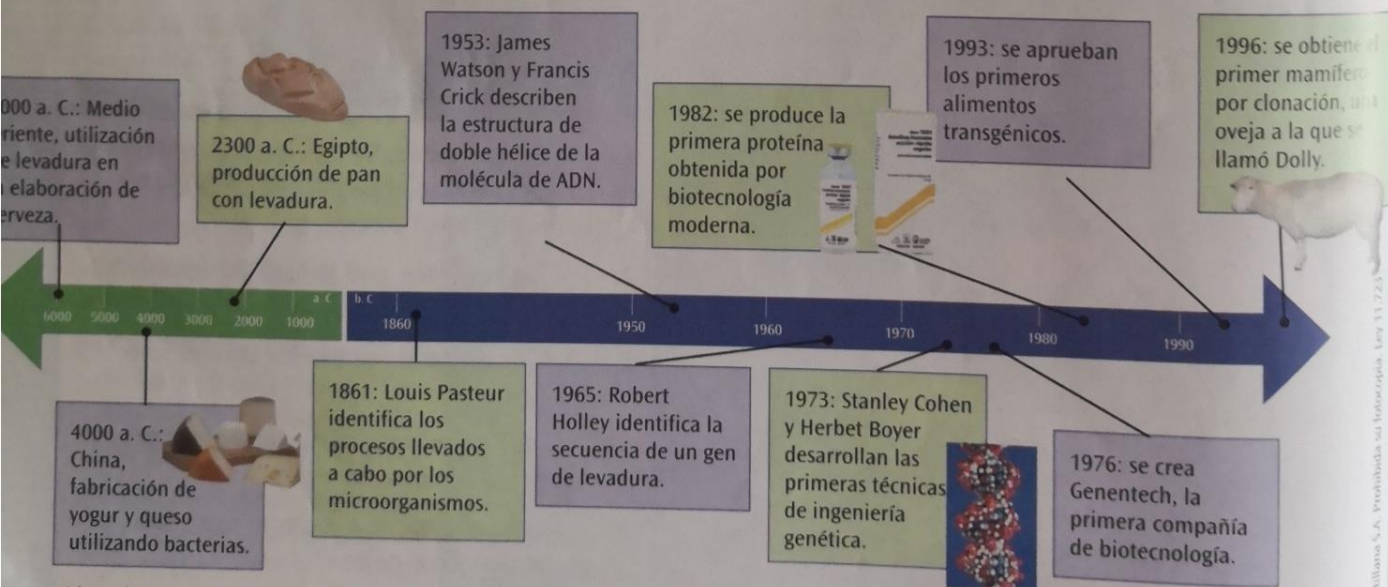
Seguramente escuchaste hablar de tecnología. Se trata del conjunto de técnicas, conocimientos y procesos que permiten diseñar y construir productos para satisfacer necesidades humanas. ¿Qué es entonces la biotecnología? También implica el empleo de técnicas, pero para sacar provecho de los seres vivos en beneficio humano.

A pesar de que el ingeniero húngaro Karl Ereky habló de biotecnología por primera vez en 1917, las prácticas relacionadas con el uso de seres vivos para obtener beneficios a partir de ellos datan de hace miles de años. Desde la Antigüedad se aprovechó la acción de seres vivos microscópicos como levaduras y bacterias, aun mucho antes de saber de su existencia. La base para hacerlo era el conocimiento práctico; por ejemplo, para obtener cerveza se dejaba arroz o bambú en agua. El proceso de **fermentación** que ocurría era visto como un "acto divino", por lo que la cerveza se consideraba una bebida sagrada.

Hoy, esas técnicas forman parte de la denominada **biotecnología tradicional**, que convive con la **biotecnología moderna**. ¿Qué marca la diferencia entre ambas? Como dijimos, en la Antigüedad, los seres humanos hicieron biotecnología, pero de manera empírica y sin fundamentos científicos. Luego, el conocimiento acerca de los microorganismos permitió entender, por ejemplo, los procesos por los cuales las levaduras au-

mentaban el volumen de la masa y producían alcohol al fabricar la cerveza. Pero la ciencia fue aportando nuevos conocimientos, algunos de los cuales estudiaste en los capítulos 9 y 10: la existencia del ADN, la estructura de su molécula y su función como portador de información genética, la producción de proteínas a partir de dicha información. Y, tal vez lo más importante, a partir de estos conocimientos se supo que todos los seres vivos tenemos un código genético común, es decir que la información genética de un organismo puede ser interpretada y expresada por las células de cualquier otro. ¿Era posible, entonces, manipular la información genética de los seres vivos, tomar un gen de un organismo e introducirlo en otro y que este expresara la información de ese gen? Estas preguntas iniciaron el camino hacia la biotecnología moderna, basada en una nueva rama de la ciencia llamada **ingeniería genética**, que comenzó a dar sus frutos en 1973 de la mano de los investigadores Stanley Cohen y Herbert Boyer.

Por medio de la ingeniería genética se transfiere ADN de un organismo a otro, de modo que este adquiere nuevas características. A esos organismos que contienen un gen de otra especie se los denomina **organismos genéticamente modificados (OGM)** o también **organismos transgénicos**. ¿Para qué hacer todo esto? Si bien iremos desarrollando a lo largo del capítulo las aplicaciones de la ingeniería genética, podemos decir que la intención es que otras especies sean aún más beneficiosas para la humanidad.



Línea de tiempo con algunos hitos en la historia de la biotecnología, tanto tradicional como moderna.

Las técnicas de ingeniería genética

¿Cómo se llegó al desarrollo de las técnicas de ingeniería genética? Varios hallazgos científicos aportaron las herramientas necesarias. Para entenderlo mejor, pensemos qué se necesita para obtener un organismo transgénico:

- ▶ Identificar en un organismo un gen que tenga la información para sintetizar una proteína de interés.
- ▶ Separar el gen del resto del ADN.
- ▶ Introducir el gen en otro organismo para que este pueda expresarlo, es decir, sintetizar la proteína.

Uno de los hallazgos importantes fue el de las **enzimas de restricción**. Estas proteínas están presentes naturalmente en algunas bacterias, y cada una de ellas corta el ADN en lugares con secuencias específicas. De este modo, los fragmentos de ADN cortados por la misma enzima de restricción tienen en sus extremos secuencias complementarias, que pueden unirse cuando se juntan esos fragmentos. Esto es posible gracias a otra enzima, llamada **ligasa**.

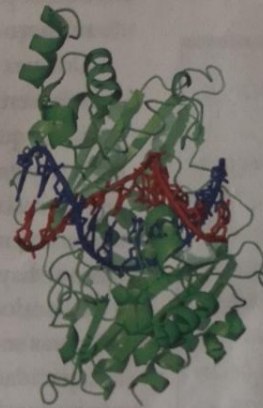
Con estas herramientas era posible aislar un gen del resto del ADN de un organismo. También se podía cortar con la misma enzima el ADN de otro organismo, en el que se quería insertar el gen de interés, y luego reunirlos para que se unieran. Pero ¿cómo introducir el gen de un organismo en las células de otro? Aquí lo importante fue el hallazgo de los **plásmidos**, que son moléculas circulares de ADN presentes en las bacterias. Con estas herramientas disponibles se logró obtener **ADN recombinante**, formado por material genético de diferentes organismos. Por ejemplo, una bacteria transgénica se obtiene con los siguientes pasos:

- 1.º Se extraen los plásmidos de las bacterias y se cortan con una enzima de restricción.
- 2.º Se corta con la misma enzima el ADN de otro organismo y se separa el gen de interés.
- 3.º Se reúnen el plásmido cortado y el gen, que se unen por sus extremos.
- 4.º Se introduce en la bacteria el plásmido con el gen insertado.

Esta técnica permitió obtener bacterias transgénicas que producían diferentes proteínas de interés. Estos avances en la manipulación del material genético hicieron que las industrias comenzaran a interesarse, y para 1976 se creaba la primera empresa de biotecnolo-

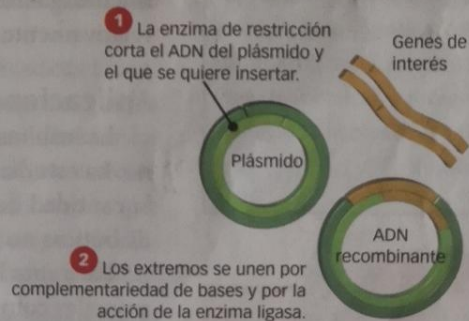
gía. Ya no solo era un tema de investigación, sino que se generó todo un desarrollo comercial.

En la actualidad existen muchas proteínas generadas biotecnológicamente. En algunos casos, se emplean como vacunas y fármacos. También se producen enzimas para disolver manchas, como la de los jabones en polvo, o sustancias para la industria alimentaria. Además, se obtienen organismos transgénicos, como plantas resistentes a enfermedades. En las páginas siguientes veremos cómo se obtienen microorganismos, plantas y animales transgénicos, y también cuáles son sus aplicaciones. Podés conocer una aplicación médica de la ingeniería genética en “La Posta” al final del capítulo.



GFDL-Richard Wheeler

Representación en computadora de una enzima de restricción (en verde) que permite el corte de una molécula de ADN (en rojo y azul).



El ADN que se obtiene al insertar en el plásmido de una bacteria una porción de ADN de otro organismo se llama “ADN recombinante”, y “proteína recombinante” la que se sintetiza a partir de su información.

ACTIVIDADES

6. ¿Qué utilidad tienen los plásmidos, las enzimas de restricción y la ligasa como herramientas para la ingeniería genética?



Los microorganismos transgénicos

En la página anterior ejemplificamos las técnicas de ingeniería genética con la obtención de una bacteria transgénica. Como dijimos, para obtenerla es necesario que el gen de interés, el que contiene la información para sintetizar una determinada proteína, se incorpore en un plásmido. Analicemos ahora algunos aspectos vinculados con la obtención de microorganismos genéticamente modificados. Por ejemplo, ¿qué ventajas tiene el uso de los plásmidos?

- ▶ Son fáciles de manejar en tubos de ensayo, para “cortar y pegar” fragmentos de ADN.
- ▶ Luego de insertarles el gen de interés, pueden colocarse de nuevo en la bacteria.
- ▶ Son copiados en cada duplicación celular, lo que permite obtener gran número de copias del gen.

Una vez que se tienen los plásmidos recombinantes, es necesario introducirlos en las bacterias. Para eso se los incuba juntos en condiciones especiales, que favorecen la entrada de los plásmidos. ¿Cómo se sabe en qué bacterias entraron y en cuáles no? Los plásmidos también contienen algún gen de resistencia, por ejemplo, a un antibiótico. Entonces, se cultivan las bacterias en un medio que contiene ese antibiótico, y solo sobreviven aquellas que hayan recibido el plásmido.

Cuando hablamos de microorganismos transgénicos, en la mayoría de los casos se trata de bacterias o levaduras. ¿Por qué? Estos seres vivos tienen la capacidad de reproducirse rápidamente y, como son pequeños, se almacenan en grandes cantidades sin generar mayores inconvenientes. Así, los microorganismos transgénicos producen proteínas de interés a un costo relativamente reducido.

Aplicaciones de los microorganismos transgénicos

La insulina es una hormona importantísima en el metabolismo humano. La estudiaste en el capítulo 7 al analizar cómo participa en el control de la cantidad de glucosa en la sangre. También sabés que algunas personas diabéticas no producen insulina, por lo que tienen que inyectársela. Hasta no hace muchos años, esta hormona se obtenía a partir del páncreas de animales como las vacas y los cerdos. Su uso solía ocasionar problemas, ya que, al no ser idéntica a la humana, en algunas personas provocaba reacciones alérgicas. En 1982 se aprobó el uso como medicamento de la insulina obtenida a partir de bacterias transgénicas. La utilización de esta proteína recombinante inició el camino para que se produjeran otras con aplicaciones médicas. Por ejemplo, la hormona de crecimiento que se utiliza en el tratamiento de ciertas enfermedades, como el enanismo. Otros microorganismos transgénicos producen anticuerpos y vacunas.

Los microorganismos transgénicos tienen otras aplicaciones. En la industria alimentaria se emplean para producir aditivos como edulcorantes artificiales y aminoácidos. También para producir enzimas que se utilizan en la fabricación de pan, cerveza y queso.

EL DETALLE

¿Bacterias que sobreviven a los antibióticos?

Tal vez te haya sucedido. Tenés una infección, tomás un antibiótico que no da resultado y el médico dice que las bacterias son resistentes al medicamento. Los plásmidos suelen contener genes de resistencia, algunos de ellos son los que les confieren a las bacterias resistencia a los antibióticos, es decir, evitan que las maten. Al estudiar los plásmidos se identificaron diversos genes de resistencia, entre otros, a la acción de insectos y de pesticidas, que se emplean en la obtención de organismos transgénicos.

ACTIVIDADES

7. Indicá todos los pasos para obtener una bacteria transgénica.
8. Explicá por qué la resistencia a los antibióticos que presentan algunas bacterias es útil para la obtención de bacterias transgénicas?

Las plantas transgénicas

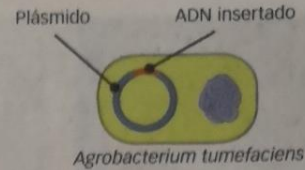
Ya sabés cómo se obtienen bacterias transgénicas. Como se trata de organismos unicelulares, una vez insertado el gen solo resta que las bacterias se multipliquen. Así, todas las descendientes llevarán el plásmido recombinante.

En cambio, en la obtención de organismos transgénicos pluricelulares, como las plantas, además de insertar el gen de interés, es necesario asegurar que esté presente en todas sus células. Para lograr la técnica que permitiera obtener plantas transgénicas, fue de gran importancia el conocimiento acerca de una bacteria llamada *Agrobacterium tumefaciens*, que naturalmente tiene la capacidad de introducir parte de su ADN en células vegetales y desarrollar tumores en las plantas. Esto podía aprovecharse si previamente se incorporaba un gen de interés en el plásmido de la bacteria. Por otro lado, todas las células vegetales tienen la capacidad de generar una planta completa. Ambos hechos permitieron desarrollar una técnica que consta de dos etapas: la **transformación** y la **regeneración**.

- ▶ **Transformación.** Es la etapa en la cual se inserta el gen de interés en el material genético de una célula de la planta.
- ▶ **Regeneración.** Incluye la obtención de la planta completa a partir de la célula vegetal transformada.

En la ilustración se muestran los pasos de la obtención de una planta transgénica por transformación con *Agrobacterium*, que es el método más utilizado. Primero se inserta el gen de interés en la bacteria, por ejemplo, el que confiere resistencia al ataque de un insecto. Luego, la bacteria se pone en contacto con las células de la planta y, en ciertas condiciones, se transfiere el gen de la bacteria a la célula vegetal. Finalmente, las células vegetales transformadas se colocan en un medio adecuado. En él se desarrollan y se obtienen los plantines transgénicos.

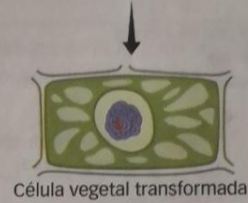
La obtención de plantas transgénicas tiene diferentes aplicaciones, muchas para mejorar los cultivos. Por ejemplo, la introducción de genes que les confieren resistencia a ciertos pesticidas permite fumigar para destruir las malezas sin afectar a los cultivos. El gen que confiere resistencia a insectos permite que las plantas produzcan sustancias que matan a los insectos que se alimentan de ellas. También se obtienen plantas transgénicas que pueden desarrollarse en condiciones ambientales adversas, como poca humedad.



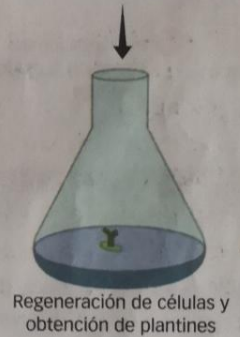
1



2



3



4



5

Obtención de plantas transgénicas por transformación con *Agrobacterium tumefaciens*.

EL DETALLE

¿Qué son las olas transgénicas?

La obtención de cultivos transgénicos tiene tres objetivos, a los cuales se denominan "olas". La primera ola tiene el objetivo de mejorar la agronomía obteniendo plantas que crecen más rápido, son más grandes, resisten a ciertas enfermedades, toleran pesticidas y condiciones extremas del ambiente. Así pueden lograrse mejores resultados en un cultivo. La segunda ola busca obtener cultivos que aporten alimentos más sanos y nutritivos, como arroz que contenga mayor cantidad de vitamina A. La tercera ola pretende usar los cultivos para la producción de medicamentos, vacunas y otras sustancias de interés. Por ahora solo se producen y se comercializan las plantas transgénicas correspondientes a la primera ola. El resto aún se encuentra en etapa de investigación.

ACTIVIDADES

9. ¿Qué proceso natural se aprovecha para introducir genes en células vegetales?
10. ¿Qué característica de las plantas resulta ventajosa para la obtención de transgénicos?

Los animales transgénicos

En 1982, el mundo científico conoció a los súper ratones. Se trataba de los primeros animales transgénicos obtenidos, y les dieron ese nombre porque eran enormes comparados con los ratones normales. ¿A qué se debía? Esos ratones tenían incorporado un gen obtenido de ratas, que codifica la producción de hormona de crecimiento. En consecuencia, al sumarse ambas hormonas, una producida a partir del gen del ratón y otra a partir del gen insertado, se sumaban sus efectos.

Al igual que en las plantas, en los animales transgénicos el gen que se incorpora debe encontrarse en todas las células del cuerpo. ¿Cómo lograrlo? El camino más seguro resultó ser incorporarlo en el cigoto. ¿Recordás a qué se da este nombre? Es la primera célula que se forma luego de la fecundación, es decir, de la unión de un óvulo y un espermatozoide.

Como siempre, lo primero es aislar el gen de interés a partir del ADN del organismo que lo posee. En el caso de los ratones mencionados, aislar el gen que tiene la información para producir la hormona de crecimiento a partir del ADN de la rata. Luego, con la ayuda de un capilar (un tubo de vidrio delgado como un cabello) y bajo el microscopio, se introduce la porción de ADN aislada en el núcleo del cigoto. Finalmente, se implanta en un animal receptivo que actuará como madre, es decir que gestará el embrión transgénico. Este es un proceso muy parecido al de fertilización in vitro.

En la ilustración se muestra la aplicación de esta técnica para obtener cabras transgénicas que contienen una proteína humana en su leche. Pero ese es solo un ejemplo. Por técnicas similares se obtienen diferentes animales transgénicos, algunos con beneficios evidentes para la sociedad y otros que no tienen aplicaciones tan claras. Por ejemplo, existen lechones transgénicos que producen ácidos grasos beneficiosos para el organismo humano, como el omega 3. Hasta el momento, las únicas fuentes de estos ácidos grasos eran pescados como el atún o el salmón. Si se aprueba el consumo de estos cerdos, al comer su carne estaríamos incorporando los ácidos grasos que contiene, los cuales previenen muchos problemas cardiovasculares.



Ratón transgénico (izquierda), notoriamente más grande que el normal.



Pasos en la obtención de proteínas de interés a partir de cabras transgénicas.

¿Cerdos luminosos?

Hace unos años, científicos de Taiwán obtuvieron cerdos que resplandecen en la oscuridad gracias a la introducción de un gen de medusa fluorescente en embriones de cerdo normal. Es un claro ejemplo de la obtención de organismos transgénicos que no tienen aplicaciones evidentes para beneficio del ser humano. Sin embargo, los científicos sostienen que investigaciones de este tipo pueden ser el camino para hallar el tratamiento de algunas enfermedades.

ACTIVIDADES

11. ¿Qué dificultades presenta la obtención de un organismo transgénico pluricelular como una planta o un animal en comparación con la obtención de bacterias transgénicas?
12. Luego de leer esta página, quizás tengas más claras algunas cuestiones que te mencionamos en la apertura acerca de los GloFish.
 - a) Realizá un esquema con las etapas que habrá incluido la obtención de esos peces.
 - b) ¿Qué diferencia habrá en esta técnica en comparación con la obtención de las cabras, teniendo en cuenta el tipo de reproducción de ambos organismos?

El desarrollo de la ingeniería genética en la Argentina

Los cerdos fluorescentes se desarrollaron en Taiwán y los GloFish, en Singapur. Estas investigaciones parecen estar siempre alejadas de nuestro país, sin embargo aquí también se realizan muchas investigaciones relacionadas con la biotecnología moderna. Hay empresas nacionales e internacionales residentes en la Argentina que están elaborando productos innovadores. Las áreas que más crecen día tras día son las vinculadas con la actividad agrícola, y con las industrias alimentaria y farmacéutica.

Un ejemplo es el llevado a cabo por la empresa Bio Sidus. En 2003 publicó que, dentro su proyecto denominado "tambo farmacéutico", creó una ternera llamada Pampa Mansa, capaz de producir en su leche la hormona de crecimiento humano. Un acontecimiento como este colocó a la Argentina dentro de un grupo selecto de países que generan adelantos biotecnológicos. Hoy, nuestro país es uno de los principales en Latinoamérica en cuanto al desarrollo de transgénicos en la industria agropecuaria. Existen más de ochenta empresas dedicadas a este tema y los avances son constantes.

Por todo esto se hace necesario que las empresas y las universidades se mantengan en contacto. La Universidad de Buenos Aires, por ejemplo, desarrolla desde 2003, dentro de la Secretaría de Investigación Científica y Tecnológica, el Incubacen (Incubadora de Empresas de Base Tecnológica). Su objetivo es conectar a la industria con la universidad, para que colaboren en el desarrollo de proyectos biotecnológicos.

La actividad agrícola es uno de los ámbitos importantes en el uso de transgénicos en nuestro país. En particular, durante los últimos años, la superficie cultivada con soja fue en aumento. En la campaña 2008/2009, casi el 100% de la superficie cultivada con soja empleó la variedad transgénica, que tolera la acción del herbicida glifosato. El maíz transgénico, por su parte, ocupó el 83% de la superficie destinada a ese cultivo, y el 94% del área de cultivo de algodón es del genéticamente modificado.

Si bien la extensión de estos cultivos continúa en aumento, como veremos en la página siguiente, su empleo genera posiciones encontradas. Algunos están a favor y otros tienen sus reparos en cuanto al empleo de transgénicos.

Cultivo	Característica introducida
Soja	Tolerancia al herbicida glifosato.
Maíz	Resistencia a insectos lepidópteros. Tolerancia al herbicida glufosinato de amonio. Tolerancia al glifosato.
Algodón.	Resistencia a lepidópteros. Tolerancia al glifosato.

Cultivos transgénicos aprobados en la Argentina, entre 1996 y 2008, para su siembra, consumo y comercialización.



Evolución de la superficie total sembrada con cultivos transgénicos en la Argentina. Fuente: ArgenBio 2009.



Pampa Mansa, la primera vaca transgénica obtenida en la Argentina.

ACTIVIDADES

- ¿Cómo explicarías el gran aumento en los últimos años de la superficie destinada a los cultivos transgénicos?

Las controversias en torno a los OGM

Cuando una rama de la ciencia avanza tan rápido como lo hizo la ingeniería genética, es posible que en la sociedad surjan temores en cuanto a sus aplicaciones. La mayoría de la gente no tiene en claro hacia dónde se dirigen los avances y puede temer que tengan consecuencias peligrosas.

La incursión de los organismos genéticamente modificados en la vida cotidiana es un hecho. Tal vez lo que más preocupa es el consumo de alimentos. Con respecto a estas y otras aplicaciones de los transgénicos existen posturas encontradas, y los partidarios de ambas tienen sus argumentos. Veamos los principales en el siguiente cuadro.

En contra de los transgénicos:	A favor de los transgénicos:
<ul style="list-style-type: none"> Al ser las plantas más resistentes a ciertos químicos, existe el riesgo de que se permita la aplicación de herbicidas más concentrados y esto contamine ríos y lagos. La ocurrencia de accidentes y la falta de controles adecuados podría provocar el escape de organismos transgénicos, por ejemplo, bacterias, que se reproduzcan y muten, con consecuencias negativas para el ambiente y la salud. Los genes insertados podrían no desarrollar el carácter de la forma esperada, con resultados no deseados. El consumo de transgénicos podría ser peligroso para las personas. 	<ul style="list-style-type: none"> Gracias a los transgénicos podremos obtener cantidades prácticamente ilimitadas de sustancias nunca antes utilizadas. Podremos consumir alimentos con más vitaminas, minerales y proteínas, y menores contenidos de grasas. Al generar cultivos más resistentes a los ataques de virus, hongos o insectos, no habrá necesidad de emplear productos químicos, lo que supone un ahorro económico. Al generar cultivos tolerantes a ambientes extremos, como suelos con altos contenidos de sales, se puede mejorar la producción de alimentos y reducir el hambre en algunos países.

ACTIVIDADES

- ¿Cuáles suponés que son los argumentos a favor y en contra del cultivo de soja transgénica?
- Buscá información acerca de las consecuencias negativas sobre el ambiente que se atribuyen a esos cultivos y discutí con tus compañeros la relación entre sus ventajas y sus desventajas.

La regulación de la biotecnología

Con el fin de establecer un orden en la utilización de productos obtenidos a partir de organismos genéticamente modificados, se requieren mecanismos para controlar las actividades relacionadas con las aplicaciones de la ingeniería genética. Estos mecanismos son necesarios en todas las áreas en las cuales se utilizan transgénicos, ya sea en el ámbito médico, el agropecuario o el alimentario.

¿Quién lleva a cabo este control? En nuestro país, en el área de agronomía y ganadería existe la Conabia (Comisión Asesora de Biotecnología Agropecuaria), que depende de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Está integrada por especialistas en diferentes áreas, quienes discuten cuáles son las mejores decisiones para cada tema. Entre otras acciones, establecen las normas para evaluar si los productos derivados de organismos genéticamente modificados son confiables. También deciden si ciertos alimentos pueden liberarse al mercado.

Por otra parte, a nivel internacional existe la FAO (sigla en inglés de la Organización para la Alimentación y la Agricultura) perteneciente a la ONU (Organización de las Naciones Unidas). Esta impone controles en relación con la biotecnología, para que no existan riesgos a la hora de consumir alimentos genéticamente diseñados.



Manifestación en contra de los alimentos transgénicos realizada en Madrid en 2008.

La comunicación de resultados: el informe científico

Cuando los científicos hacen un descubrimiento, es importante que lo comuniquen al resto de la sociedad. ¿Cómo lo hacen? En general, escriben informes, a los que denominan *papers*. Para que todos se entiendan entre sí, se establecen acuerdos y una determinada manera de comunicar los resultados. ¿Cuáles son las partes de un informe científico?

- **Objetivos.** Se incluyen las expectativas que se tienen respecto de la investigación, aquellas cuestiones que se quieren resolver.

- **Materiales y métodos.** Se enumeran los materiales empleados en el estudio y se describe el experimento, para que cualquier científico pueda repetirlo.
- **Resultados.** Se comentan los datos obtenidos al realizar el experimento. En este punto no se realizan inferencias ni se elaboran conclusiones, solo se describen las observaciones realizadas.
- **Conclusiones.** Se trata de responder a los objetivos planteados al principio, a partir del análisis de los resultados obtenidos.

ACTIVIDADES

16. En grupo, lean la siguiente descripción de una investigación científica y resolvé las consignas.

El éxito del método de captura que utilizan las arañas se debe a la perfección del material que fabrican y a cómo lo tejen. Se trata de fibras elásticas y muy resistentes que son actualmente el objeto de estudio de muchos científicos. Algunos consideran posible usar este material para fabricar hilo quirúrgico, fibras ópticas, chalecos antibalas y ropa deportiva. ¿Cómo conseguir grandes cantidades de hilo de araña? Una opción sería criarlas en cautiverio, pero parece que, en esas condiciones, las arañas adoptan un comportamiento agresivo, y las granjas para su cría no resultan una buena inversión. Entonces, surgió la idea de usar la ingeniería genética, aislando los genes de la araña que llevan información para fabricar las proteínas que componen la fibra. Una vez aislados los genes, se introdujeron en células de una oruga empleando un virus transgénico. Eligieron una oruga porque existe cierta similitud entre los genes de los insectos y los de los arácnidos, y el experimento funcionó mejor gracias a esta cuestión. Luego de dos días, las células de oruga comenzaron a producir la proteína del hilo. Sin embargo, el hilo crecía en el interior de la célula hasta que reventaba, y la longitud máxima que alcanzaba nunca superaba los 0,5 mm.

Así, los investigadores desarrollaron un segundo método. Se introdujeron los genes de la araña en bacterias, y estas produjeron la sustancia y la liberaron al exterior. Con esta proteína y otras sustancias que se agregaron a la solución se formaron los hilos. Este método permitió obtener hilos cuya longitud resultó ser prácticamente ilimitada.



Las telas de araña están formadas por fibras elásticas y son de las más resistentes que existen en la Naturaleza.

- A partir de la información del texto intenten elaborar las diferentes partes de un informe.
- ¿Qué nuevos conocimientos se transmiten a través de este informe?
- ¿Qué dificultades se presentaron en el primer experimento? ¿Cómo se resolvieron?
- ¿Esta situación puede llevar a pensar nuevos problemas científicos? ¿Cuáles podrían ser las nuevas investigaciones?
- ¿Cuáles son los potenciales usos del hilo de araña obtenido?

Organismos transgénicos: un nuevo servicio de limpieza

¿Cuántas veces escuchaste acerca de la necesidad de limpiar ríos y lagos contaminados? En la Ciudad de Buenos Aires, las aguas más contaminadas pertenecen a la cuenca Matanza-Riachuelo. En algunos tramos no es posible el desarrollo de la vida, y el estado actual de sus aguas y del fango del fondo no permite realizar ninguna actividad.

¿De dónde proviene todo ese material contaminante? El desarrollo industrial provocó que la producción de basura fuera cada vez mayor, y generó un problema que hoy parece bastante difícil de resolver. Además, no se conoce cual es el destino más adecuado para esa basura. Como consecuencia, termina acumulándose y convirtiendo fuentes de recursos naturales en inmensos basureros. Muchas industrias químicas liberan sustancias que no son biodegradables, es decir que no se convierten en otras a través de procesos naturales. Por lo tanto, permanecen contaminando diferentes zonas de nuestro planeta.

Muchas veces las autoridades gubernamentales anunciaron proyectos de limpieza del Riachuelo. Una idea fue remover el fango de la cuenca, pero pronto se advirtió que dragar el río pondría a flote gran cantidad de metales pesados que se encuentran sepultados, y los resultados serían devastadores.

¿Existe alguna solución alternativa? Se encuentran en estudio ciertos métodos denominados de **biorremediación**, que consisten en la aplicación de estrategias físicas, químicas y biológicas para evitar el daño del ambiente. A partir de la ingeniería genética se busca obtener organismos transgénicos que tengan la capacidad de biorremediar al consumir las sustancias tóxicas.

La biorremediación con bacterias transgénicas es una de las mayores esperanzas para recuperar ambientes contaminados con metales pesados como el cobre, el cinc y el plomo. También las plantas transgénicas son posibles herramientas para la biorremediación. Un grupo de investigación logró introducir un gen proveniente de una bacteria en células de alamo amarillo. Este gen produce una proteína capaz de neutralizar el mercurio, que es un metal altamente tóxico. Luego, se logró la regeneración de esas células, que terminaron por convertirse en vigorosos árboles capaces de capturar y neutralizar el mercurio en su interior. En el futuro, plantar estos árboles en las playas de los ríos contaminados podría ayudar a descontaminarlos.



El Riachuelo y su evidente contaminación. Esta y otras cuencas del país podrían ser beneficiadas con el uso de organismos transgénicos biorremediadores.

ACTIVIDADES

17. ¿Qué consecuencias negativas podría tener el uso de transgénicos para la biorremediación?
18. Relacioná alguna parte de este tema con el de "El detalle" de la página 213. ¿A qué ola te parece que pertenece el uso de transgénicos para biorremediación?

De la tabla de madera al baja espuma

En las propagandas de jabón en polvo de la actualidad parece que las manchas difíciles tienen los días contados. Siempre nombran unas "enzimas" que cumplen con la destrucción de las manchas por las que siempre nos retan cuando llegamos a casa. Y hasta parece que hay enzimas diferentes para cada tipo de manchas: algunas para los aceites, otras para las manchas producidas por los raspones del pasto, etcétera.

¿De dónde salieron todas esas sustancias? ¿Siempre estuvieron allí y no las conocíamos? La ropa no siempre se lavó de la misma manera. Basta con mirar las películas ambientadas en los tiempos de tus bisabuelos para recordar que se usaban tablas de madera, jabón en pan y agua de río. En aquellas épocas, la única forma de sacar las "manchas difíciles" era fregar mucho y confiar en la acción del sol. ¿Cómo deberían doler las manos y la espalda luego de semejante tarea!

Con el tiempo, los adelantos científicos comenzaron a dar sus frutos y a modificar las actividades diarias relacionadas con el lavado. Por supuesto, alguien debe de haber inventado el primer lavarropas. Pero ¿quién descubrió las enzimas?

El alemán Otto Roohm observó, en 1939, que una enzima extraída del páncreas de ciertos animales digería proteínas y que, a partir de ella, era posible mejorar el proceso de lavado de la ropa. Este hallazgo fue el puntapié inicial para la aparición del primer **jabón enzimático**. Luego, las investigaciones continuaron. A mediados del siglo xx comenzó la producción masiva de enzimas con estos fines, a través del proceso de fermentación producido por bacterias y hongos. En la actualidad hay hongos y bacterias transgénicos que las producen. Así, las enzimas de interés industrial se producen a gran escala a través de cultivos muy simples de controlar. Por ejemplo, la **cutinasa** es una enzima producida por el hongo denominado *Fusarium*. Esta enzima degrada grasas, es decir que manchas como las que dejan las papas fritas se quitan sin mayores problemas. Gracias a la ingeniería genética se transfirieron genes de cutinasa a levaduras, que se pueden cultivar en laboratorio en condiciones muy simples y menos problemáticas. Se producen, de esta manera, grandes cantidades de la enzima. Parece que la biotecnología está involucrada en muchas más cosas de las que podríamos imaginarnos.



Mujer lavando ropa en 1910. En esa época no se usaba más que el clásico jabón blanco.



Muchos jabones para la ropa contienen actualmente enzimas de origen transgénico.

ACTIVIDADES

19. Observá las etiquetas de diferentes jabones para la ropa. ¿Qué información presentan sobre el origen de esas sustancias?
20. ¿Te parece importante que se informe en las etiquetas si se trata de enzimas obtenidas a partir de organismos transgénicos? ¿Por qué?

Actividades finales

21. Redactá una oración utilizando cada uno de los siguientes pares de términos.

- a) Biotecnología – Ingeniería genética.
- b) Organismo transgénico – Gen.
- c) Enzimas de restricción – Ligasas.
- d) Plásmido – Bacteria.
- e) Transformación – Regeneración.

22. ¿En qué se diferencian los siguientes pares de términos?

- a) Biotecnología tradicional – Biotecnología moderna.
- b) Ingeniería genética – Material genético.
- c) Alimento transgénico – Alimento.
- d) Biorremediación – Biotecnología.

23. Observá la figura y respondé.



Gen de resistencia a la sequía



- a) ¿Qué organismo aporta el gen de interés y cuál lo recibe?
- b) ¿Qué característica se esperará que tenga el organismo transgénico obtenido?
- c) ¿Cuál te parece que puede ser la ventaja de obtener ese organismo transgénico?

24. Leé el siguiente fragmento, correspondiente al artículo 4 de la Ley 24.240 de Defensa del Consumidor, y respondé.

“Quienes produzcan, importen, distribuyan o comercialicen cosas o presten servicios, deben suministrar a los consumidores o usuarios, en forma cierta y objetiva, información veraz, detallada, eficaz y suficiente sobre las características esenciales de los mismos”.

- a) ¿Te parece importante que las etiquetas de los alimentos informen si estos tienen origen transgénico? ¿Por qué?
- b) ¿Qué relación encontrarás entre estos temas y las controversias planteadas al respecto? Expresá tu opinión y compartila con tus compañeros.

25. En grupos de diez personas, organicen un juego de roles en el que se discuta la siguiente situación:

En la ciudad de Quinquivilva hay un importante arroyo que comenzó a contaminarse por el desarrollo industrial, y en este momento es imposible utilizar sus aguas para consumo. La concentración de plomo es tan alta que directamente se ha prohibido bañarse en el río. Se encuentran a discutir el problema en una asamblea los siguientes grupos:

Grupo A (dos personas): representan a Los Dragadores, empresa que pretende vender un programa de saneamiento según el cual, dragando el río, se reducirá la cantidad de plomo en las aguas.

Grupo B: (dos personas): representan a la industria Inge-néticos. Se trata de una empresa que pretende usar organismos transgénicos como biorremediadores, pero para eso necesitan primero investigar, porque todavía no tienen preparada la especie adecuada.

Grupo C (dos personas): representan a la agrupación Los Vecinos de Quinquivilva, que tienen miedo de usar elementos transgénicos para sanear el río, porque dicen que después va a empeorar la situación. Además, no quieren cerrar la fábrica que contamina, porque todos trabajan en ella.

Grupo D (dos personas): representantes de Federación Quinquivilvense de Regulación de Transgénicos, que vienen a participar de la reunión y cumplir su función.

Grupo E (dos personas): representan a los dueños de la fábrica La Plomera, que no quiere invertir en tecnología libre de plomo.

- a) ¿Qué argumentos presenta cada grupo en la reunión para defender su posición? Escríbilos en tu carpeta.
- b) ¿Te parece posible que se resuelva el problema? ¿Cómo? Pensá en más de una opción y luego compartila con tus compañeros de grupo.
- c) Redactá un “Acta de reunión” en la cual se establezca un acuerdo en este tema y una posible vía de solución al problema.

26. Lee el siguiente texto y resolvé:

Maíz resistente a insectos

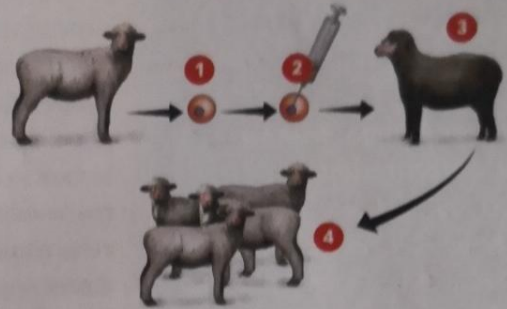
La biotecnología ofrece en la actualidad una solución efectiva contra el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*). Las larvas de este insecto se alimentan de las hojas y los tallos del maíz, y constituyen la principal plaga de esos cultivos en la Argentina. Mediante técnicas de ingeniería genética se ha logrado que las plantas de maíz produzcan una proteína insecticida que elimina a las larvas. Este maíz transgénico, que tiene propiedades insecticidas, se denomina maíz Bt porque contiene el gen que codifica para la proteína insecticida, que proviene de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, un microorganismo que habita normalmente el suelo. Las proteínas insecticidas, denominadas Cry, se activan en el sistema digestivo de la larva, que deja de alimentarse y muere a los pocos días. En resumen, el maíz Bt es un maíz transgénico que produce en sus tejidos las proteínas Cry. Así, cuando las larvas del barrenador del tallo intentan alimentarse, mueren. Las toxinas Cry son consideradas inocuas para mamíferos, pájaros y otros insectos que no sean el barrenador del tallo.

Fuente: <http://www.porquebiotecnologia.com.ar> [consultado en octubre de 2009].

- Elaborá un diagrama en el que indiqués todos los pasos para obtener el maíz Bt.
- ¿Qué ventajas tendrá este maíz transgénico desde el punto de vista de las personas que lo cultivan?
- ¿Qué aspectos pueden generar controversias en relación con el uso de este cultivo?

27. La hemofilia es una enfermedad que impide la correcta coagulación de la sangre debido a la falta de una proteína denominada factor IX de coagulación. Por manipulación

genética se obtuvieron ovejas transgénicas que contienen ese factor en su leche. Observá el dibujo y resolvé:



- Redactá los textos que permitan explicar los pasos numerados en la obtención de las ovejas transgénicas.
- ¿Qué aporta en el procedimiento la primera oveja de la ilustración, y qué la correspondiente al paso 3?
- ¿De dónde se obtiene el material contenido en la jeringa del paso 2? ¿Cómo se obtiene?
- ¿Cuál sería el paso 5?

28. En este capítulo analizaste muchas especies transgénicas. Elaborá una lista con diez de ellas e indicá qué utilidad se le podría dar a cada una según la biotecnología. También aclará si se trata de animales, plantas o microorganismos transgénicos.

29. Confeccioná una lista con los diez conocimientos más importantes que te aportó este capítulo. Luego, ponelos en común y entre todos los compañeros construyan un afiche con los que consideren más relevantes.

Revista

"Mozo, hay un gen en mi sopa". En revista *Exactamente*, Año 7, N.º 19. Buenos Aires, diciembre de 2000.

Artículo debate que explica qué son y cómo se obtienen los alimentos transgénicos. También analiza las ventajas y desventajas de su consumo, y las principales controversias al respecto.

Libro

Muñoz de Malajovich, María Antonia. *Biotecnología*. Buenos Aires, Universidad Nacional de Quilmes, 2007.

Destinado a un público diverso, aunque no tengan una for-

mación científica profunda, que necesita entender qué es la biotecnología y discutir los beneficios que puede generar y los límites que hay que imponer.

Internet

<http://www.argenbio.org> Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología

Sitio destinado a profesionales y docentes, medios y público en general. Tiene por objetivo responder a la demanda de información clara y transparente acerca de la biotecnología y sus aplicaciones, sus beneficios y su seguridad.

Los reparadores de genes

La terapia génica intenta curar enfermedades genéticas, que en la mayoría de los casos se deben a genes defectuosos, mediante la introducción de genes sanos. La técnica incluye el uso de virus, que los investigadores "domesticar" para convertirlos en vehículos del ADN o vectores que no afecten al organismo. Para saber cómo se pueden curar enfermedades con esta terapia entrevistamos al Dr. Federico Prada, especialista en terapia génica y uno de los pioneros en la "construcción" de vectores virales en nuestro país.



Federico Prada es biólogo y doctor en Ciencias de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Trabajó durante doce años en el Laboratorio de Terapia Génica del Instituto Leloir. Es profesor asociado-investigador en el Departamento de Biotecnología y Tecnología Alimentaria, y director de la Licenciatura en Bioinformática de la Universidad Argentina de la Empresa (UADE).

■ ¿Los avances de la medicina están solucionando todos los problemas?

A pesar de lo mucho que avanzó la ciencia médica, y cuando digo "avances" me refiero a nuevos medicamentos, anestias, antibióticos, diagnósticos por imágenes y operaciones en lugares limpios y controlados, entre otras cosas, hay enfermedades que aún no tienen cura. Algunas de ellas son el cáncer, la diabetes y la fibrosis quística. Esta última provoca la acumulación de moco espeso y pegajoso en los pulmones y el tubo digestivo. Es uno de los tipos de enfermedad pulmonar crónica más común en niños y adultos jóvenes, y puede ocasionar la muerte prematura.

■ Entonces, ¿qué podemos hacer?

Más importante que preguntarse qué enfermedades no tienen cura es preguntarse qué no funciona bien en esas enfermedades. Y la respuesta es la información que nuestras células tienen adentro. Cuando digo "información que no funciona bien" me refiero a cambios en la molécula de ADN. Si la información está mal, lo que hay que hacer es modificarla. Por más drogas que uno le dé a un paciente, lo puede mejorar, pero no logra la cura. No se logra solucionar el problema de raíz porque lo que genera la patología sigue estando.

■ ¿De qué manera puede ayudarnos la terapia génica?

La terapia génica, de alguna manera, aborda eso. Trata de agregarle un plus a la medicina que tenemos hoy, a través de un acercamiento molecular que intenta curar mediante el cambio, el agregado o la quita de la información genética que está mal.

■ ¿Cómo se introduce "ADN sano" en una célula con problemas?

Para empezar, uno sabe que tiene que modificar el ADN que está dentro de la célula y la primera pregunta es cómo se hace. Pero antes de ver cómo, es muy importante ver con qué se puede hacer. Lo mejor es recurrir a la Naturaleza. La pregunta es "¿quién conoce mejor a las células de nuestro organismo?". Y los entes que mejor las conocen son los virus. Ellos coexisten con los hombres desde su aparición. Evolucionaron juntos durante cientos de miles de años. Entonces está muy bien recurrir a los virus para aprovechar todos los "secretos" que fueron adquiriendo a lo largo de toda esa evolución.

■ ¿Pero los virus no nos provocan enfermedades?

Lo que nosotros tenemos que hacer es "domesticar" al virus que vamos a utilizar. Hacer que el virus, que es sinónimo de algo malo, sea sinónimo de terapia. Sacarle las moléculas que generan una enfermedad y ponerle la información que queremos llevar a las células. Esas cosas, de nuevo, son la información. Siempre la moneda de cambio es la información, y la molécula que permite hacer esto es el ADN. Hay algo muy importante que tenemos que entender. Cuando uno utiliza un virus para hacer terapia génica está usando un vector, es decir, el virus modificado para que no genere la enfermedad.

■ ¿Todos los vectores son virus?

No, también existe la terapia génica que utiliza bolitas o capsulitas de lípidos llamadas "liposomas". Esas membranas de lípidos son muy prácticas y no generan efectos adversos, pero no son tan

eficientes como un virus. Un virus tiene la capacidad de entrar en la célula y meter su información. La bolita de lípidos es una herramienta interesante, pero va a costar mucho más introducir con ellas el ADN en forma eficiente en las células.

■ ¿Qué virus se utilizan como vectores?

Casi todos los virus que se conocen fueron probados como herramientas de terapia génica. Hoy hay como un "monopolio" liderado por los adenovirus y los retrovirus, que son virus que generan infecciones respiratorias muy comunes en todos los humanos. El 95% de los humanos fue infectado en algún momento de su vida por un adenovirus. El segundo grupo que se utiliza es el de los retrovirus, especialmente los lentivirus, que son derivados del virus del sida. Aunque parezca mentira, los vectores más eficientes que se conocen son los modificados a partir del virus salvaje del sida.

■ ¿Algunos vectores virales son mejores que otros?

Los virus hay que tomarlos como si fueran "cajas de transporte". Hay cajas de distintos tamaños. El adenovirus, por lo general, puede llevar poca información, pero el herpes virus es una caja muy grande y se pueden meter en él muchísimos genes.

■ ¿Podría mencionar algunas ventajas y desventajas del uso de estos vectores para terapia génica?

Los virus tienen sus mecanismos de acción. Por ejemplo, un adenovirus que genera resfriós tiene la particularidad de "meter" la información dentro de la célula, pero ese ADN no se incorpora al genoma, no se inserta. Esto es bueno y es malo. Es bueno porque toda la información que se inserte en el geno-

"Aunque parezca mentira, los vectores más eficientes que se conocen son los modificados a partir del virus salvaje del sida".

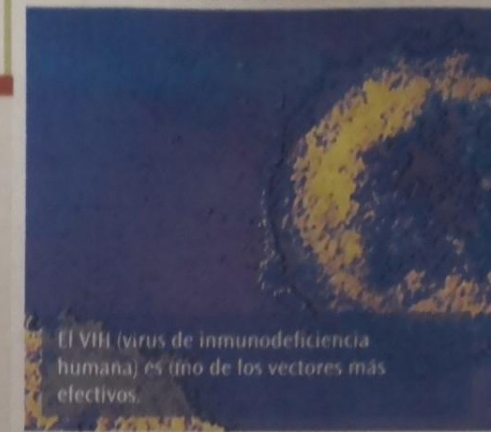
ma podría ser fuente de variaciones, es decir, generar una mutación. Y es bueno que eso no suceda. Pero, a su vez, el paquete de información que entra en la célula y no se incorpora en el genoma se va perdiendo a medida que la célula se divide. Entonces, los tratamientos prolongados es mejor hacerlos con vectores que inserten su material genético en el genoma, en lugar de que ese material quede "flotando" en el interior del núcleo de las células.

■ ¿Y qué ventajas y desventajas tiene el uso de liposomas?

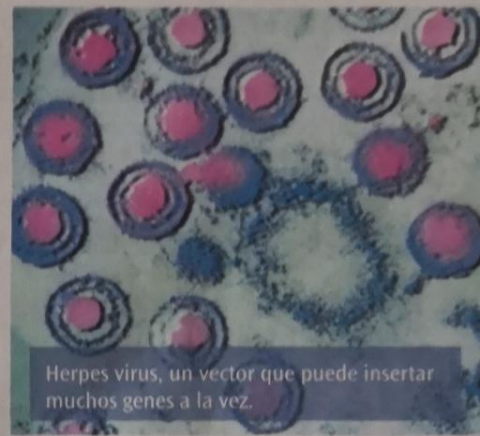
Los liposomas tienen algo muy bueno. Cuando entran en el organismo no son reconocidos como cosas extrañas, y no son atacados por el sistema de defensas de nuestro cuerpo. En cambio, en el caso de los adenovirus, el sistema inmunológico lo que hace es "plantarles bandera", algo así como si el sistema dijera "guarda que llegó el adenovirus". El problema de los liposomas es que tienen baja eficiencia. Su capacidad para hacer que el material genético entre en el citoplasma y que luego vaya al núcleo es muy baja.

■ ¿La terapia génica sirve para curar los defectos en un solo gen?

Hay enfermedades que están causadas por la mutación en un solo gen. Por ejemplo, la fibrosis quística, que se da en una de cada 20.000 personas caucásicas. En esta enfermedad, como consecuencia de la mutación, cambia un aminoácido, un solo eslabón de la cadena de una proteína. Esa molécula



El VIH (virus de inmunodeficiencia humana) es uno de los vectores más efectivos.



Herpes virus, un vector que puede insertar muchos genes a la vez.

de proteína está enclavada en la membrana celular, y permite la entrada y la salida de cloro. Cuando cambia ese eslabón de la proteína, ya no funciona y genera toda la patología típica de la fibrosis. Esta enfermedad parece hecha para ser tratada con terapia génica, porque alcanza con cambiar solamente la información que permite formar una proteína que está mal para que se forme otra que está bien y restablecer la función normal.

"[La fibrosis quística] parece hecha para ser tratada con terapia génica, porque alcanza con cambiar solamente la información que permite formar una proteína que está mal para que se forme otra que está bien y restablecer la función normal".

■ **¿Y cuando son varios los genes afectados?**

Un buen ejemplo es el cáncer, que es una enfermedad multigénica. Es decir que cuando uno va a buscar qué mutaciones hay en una persona que tiene cáncer, no solo encuentra que hay muchas, sino que, además, son diferentes en cada persona estudiada. Puede tener muchas moléculas alteradas o estar alteradas las instrucciones para la producción de esas moléculas. Por eso abordar el cáncer con terapia génica es más difícil. Sin embargo, cuando se miran las estadísticas de los experimentos, se observa que el 60% de los ensayos realizados con terapia génica apunta a curar el cáncer. La apuesta es la más complicada, pero se hace por la cantidad de vidas que se salvarían.

■ **Usted participó en una investigación que utilizó la terapia génica para intentar curar un tipo de cáncer de piel. ¿En qué consistió?**

En el Laboratorio de Terapia Génica del Instituto Leloir, junto a otros investigadores, comenzamos a construir o diseñar los primeros vectores virales que se hicieron en el país. El laboratorio tenía mucha experiencia en melanoma, un tipo de cáncer de piel. Decidimos comenzar a usar adenovectores, es

“Cuando se miran las estadísticas de los experimentos, se observa que el 60% de los ensayos realizados con terapia génica apunta a curar el cáncer. La apuesta es la más complicada, pero se hace por la cantidad de vidas que se salvarían”.

decir, usar adenovirus como vectores, para tratar de curar ese tipo de cáncer. La estrategia que me tocó llevar adelante a mí fue trabajar con el vector que en lugar de llevar información llevaba “antiinformación”. Es decir que en lugar de llevar ADN mensajero con la información para fabricar algo, llevaba la información opuesta, por eso se lo llama “mensajero antisentido”. Se buscaba que ese ADN, en lugar de fabricar algo, inhibiera la fabricación dentro de la célula. El mensajero de la célula se unía con el “mensajero antisentido” que se introducía y así se anulaba. Con eso, lo que uno logra es que no se fabrique la proteína que causa los problemas. Se trabajó en ratones y se vio que mejoraban notablemente.

■ **A nivel mundial ¿las terapias génicas aún están en etapas de investigación o ya se aplican para algunas enfermedades?**

Hoy hay una sola terapia génica aprobada en el mundo para humanos. Se aprobó en China, y actualmente está siendo aprobada en los Estados Unidos. Es para un cáncer especial de cuello y cabeza, y se aplica junto con la quimioterapia y los rayos. Se usa un adenovirus que lleva un gen sano o normal, el gen p53, que está mutado en las personas con el cáncer, y se lo restablece. Al restablecerlo, lo que sucede es que la célula

tumoral se “suicida”. La proteína que se fabrica a partir del gen p53 lo que hace en una persona normal es “controlar” a una célula que se descontrola. Se llama gen “guardián del genoma” y controla que todo esté en orden. Cuando algo se descontrola en la regulación, le ordena a la célula que deje de dividirse o la manda a “suicidarse”.

■ **¿Qué enfermedades se trataron con terapia génica?**

El primer tratamiento con éxito que se hizo en humanos fue a una chiquita de cuatro años llamada Ashanti De Silva, que tenía una enfermedad llamada “inmunodeficiencia combinada severa”. Es la que padecen los famosos “chicos de la burbuja”, que tienen que estar encerrados en una burbuja estéril, porque cualquier contacto con microorganismos los puede llevar a la muerte. Lo que se hizo en esa oportunidad fue usar un retrovirus, que entró en las células y dejó en el genoma de la paciente la información genética para fabricar la proteína que estaba faltando. Cuando falta esta proteína, se acumulan toxinas y se mueren las células del sistema inmunológico: los linfocitos T y B. El tratamiento fue un éxito, se hizo en 1990 y se repitió varias veces. Hoy Ashanti es una adulta sana.

■ **¿Hubo problemas al usar tratamientos basados en terapia génica?**

Siguiendo con esa línea para tratar a los “chicos burbuja”, se trataron en

“El primer tratamiento con éxito que se hizo en humanos fue a una chiquita de cuatro años llamada Ashanti De Silva, que tenía una enfermedad llamada ‘inmunodeficiencia combinada severa’”.



Las células que van a ser tratadas con terapia génica se almacenan y se mantienen congeladas en nitrógeno líquido.

Francia con un retrovirus varios chicos. Lo que ocurrió es que en dos de ellos se generó leucemia. Se curaron de la inmunodeficiencia combinada severa, pero el virus se insertó en una región donde generó una leucemia. No murieron, se recuperaron, pero para eso tuvieron que ser tratados con quimioterapia. Esto llevó a que se analizara cuidadosamente el uso de vectores que se insertan en el genoma. La moraleja es que hay que tener cuidado de en dónde se insertan. En los humanos, la información genética está separada, como islas, dentro de un océano de ADN. La probabilidad de que la información que uno inserta caiga dentro de una de esas islas es baja, pero puede ocurrir.

■ Dentro de las posibles terapias génicas, ¿qué son las vacunas de ADN?

Cuando se vacuna contra un virus se inyectan algunas proteínas de ese virus, para que el sistema inmunológico las reconozca. Así, si luego el virus completo entra en el cuerpo, lo puede atacar. Las vacunas de ADN van un poco más allá, porque en lugar de inyectar proteínas, se inyecta el ADN que tiene la información para fabricarlas. Lo que se busca es que ese ADN sea reconocido por el sistema inmunológico. Esto permitiría hacer vacunas contra el cáncer, y lo que tienen de interesante es que se podría lograr que el sistema de defensa atacara al tumor en momentos en los que normalmente no lo hace. Porque el tumor frena el sistema de defensa, lo "apaga", para que no lo destruya. Estas vacunas, entre otras cosas, podrían "encenderlo" para que empezara a atacar a las células tumorales.

■ ¿Hay algún límite ético para introducir genes en un organismo humano?

Hay varios puntos que se tienen que

"Soy partidario de que la terapia génica se utilice solo en células somáticas, que tratan de curar al individuo y no a su descendencia".

tener en cuenta, en términos de limitaciones. Una de las más importantes es que se desconoce qué gen o genes están dañados en todas las enfermedades genéticas. Si uno no sabe qué es lo que está mal, no lo puede corregir. Entonces, la terapia génica necesita esta información básica previa. Otra de las limitaciones o cuestionamientos es si debe utilizarse solo en células somáticas, que son las células del individuo que no van a dar origen a otro individuo, o si debe utilizarse también en células germinales, que son aquellas que sí van a dar origen a un nuevo individuo. En este último caso, soy partidario de que la terapia génica se utilice solo en células somáticas, que tratan de curar al individuo y no a su descendencia. Ahora bien, para mí, ante todo, siempre está la posibilidad de curar a la persona. Si yo quiero el bienestar de una persona enferma y además sé que, como ella, hay muchas que están necesitando algo y ese algo no aparece, de ninguna manera voy a ver la introducción de un gen como algo poco ético.

■ ¿Alguna otra consideración final?

Algo que me parece importante es qué pasa con la utilización de vectores derivados del virus del sida. Cabe preguntarse si está bien avanzar sobre estas cosas, que parecen tan peligrosas. Opino que está bien en la medida en que uno esté seguro de que lo que se está usando es inocuo. Antes de demostrar que todas las drogas y los vectores de terapia génica pueden servir para curar, hay que demostrar que no hacen mal.

...cómo eligió hacer investigación en biología.

Con respecto a la biología, tuve una influencia muy grande de un profesor en los últimos años de la secundaria. Y con respecto a la ciencia, lo que más me marcó fue Carl Sagan y su serie *Cosmos*. Durante la primaria y la secundaria me la pasé mirando *La Aventura del Hombre* y *Cosmos*. Esos documentales fueron "chispas" que me abrieron el camino. Quería estudiar genética, pero se estudiaba en Misiones y no quería ir. Por suerte alguien me dijo que para dedicarme a la investigación lo mejor era estudiar biología en Exactas [Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA], y ahí me fui.

...qué le gusta hacer, además de investigar.

Me encanta la nieve, ir a conocer lugares con nieve, a pesar de que solo pueda hacerlo un fin de semana. Ahora voy con mis hijos, que son más grandes. Me gustan muchos estilos musicales y tengo una gran discoteca. Leo muchos libros de divulgación científica, como los de Stephen Gould y Stephen Hawking. Me gusta mucho el director de cine Quentin Tarantino. Vi todas sus películas. También soy fanático de la saga de *La Guerra de las Galaxias*.

Primero tenemos que estar seguros de que no generan toxicidad. Luego, si es así, podremos ver si sirven para curar.

"Antes de demostrar que todas las drogas y los vectores de terapia génica pueden servir para curar, hay que demostrar que no hacen mal".



La identificación de los genes que provocan las enfermedades es la base para el desarrollo de terapias génicas.

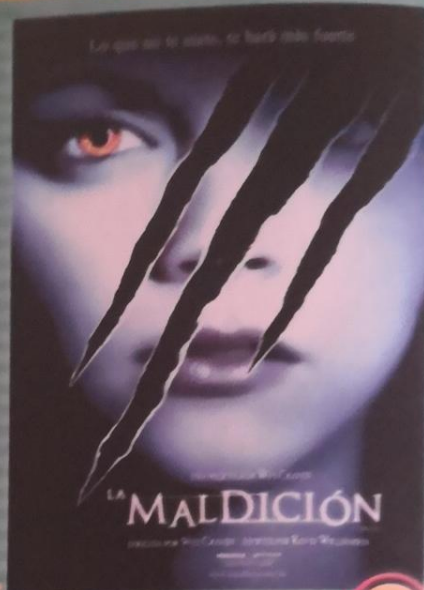
Una sección de película

Las películas nos causan asombro, alegría, miedo, tristeza... muchas nos divierten y otras pueden llegar a aburrirnos muchísimo. Sea como fuere, el Séptimo Arte provoca nuestros sentidos; de alguna manera, nos emociona. Y, como si esto fuera poco, muchas películas también nos dejan pensando... ¿Qué pasa cuando la ficción “toca” temas científicos? Los resultados pueden ser sorprendentes... aunque a veces son un tanto exagerados; otras, disparatados, y muchas otras veces, directamente, ¡imposibles!

Mirar el mundo (y las películas) con “ojos científicos” implica hacerse preguntas y tratar de encontrar respuestas: ¿existen seres humanos con sentidos tan desarrollados como los de otros animales?, ¿es posible convivir con gorilas y estudiarlos para llegar a conocer mejor su comportamiento?, ¿cómo vive una persona con graves problemas en su sistema nervioso central?, ¿podrá un análisis de ADN develar nuestro destino?, ¿son los mutantes seres extraños y peligrosos?

Esta sección te invita a “mirar películas” con ojos científicos. ¿Estás listo? ¡Que comience la función!

Para las películas calificadas como AM13 (“solo aptas para mayores de 13 años”), se recomienda que los padres de niños menores de esa edad sean quienes decidan la conveniencia de verlas.



Superolfato y superoído
al caer la noche

La maldición (AM13)

Para trabajar con los temas
del capítulo 2 (captación de estímulos).

Página
228



¿Encerrado en el cuerpo
o en la mente?

La escafandra y la mariposa (AM13)

Para trabajar con los temas del
capítulo 5 (funcionamiento del sistema
nervioso central).

Página
232

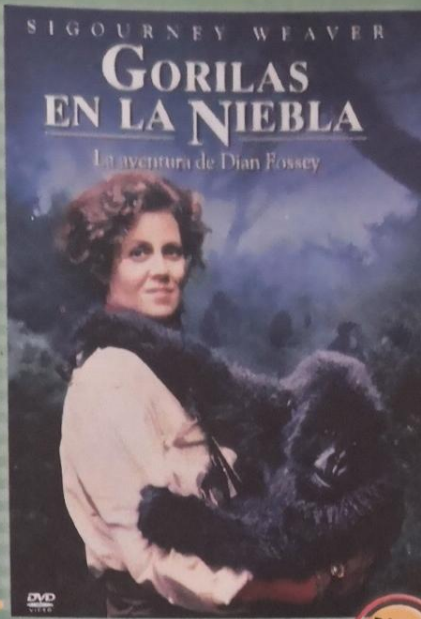


Superolfato y superoído al caer la noche

Crepúsculo (AM13)

Para trabajar con los temas del **capítulo 2** (captación de estímulos).

Página 229

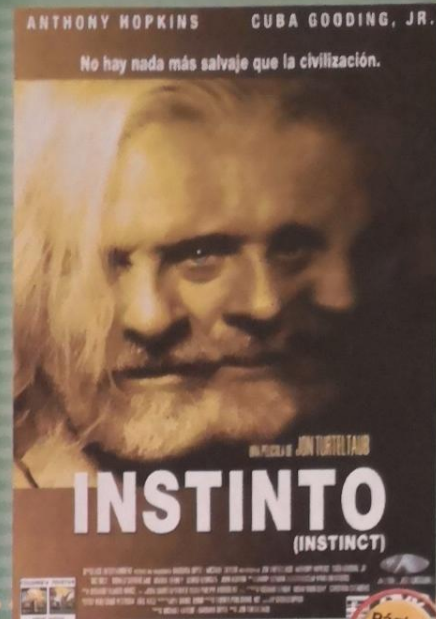


Gorilas en el cine

Gorilas en la niebla (ATP)

Para trabajar con los temas del **capítulo 3** (comportamiento).

Página 230

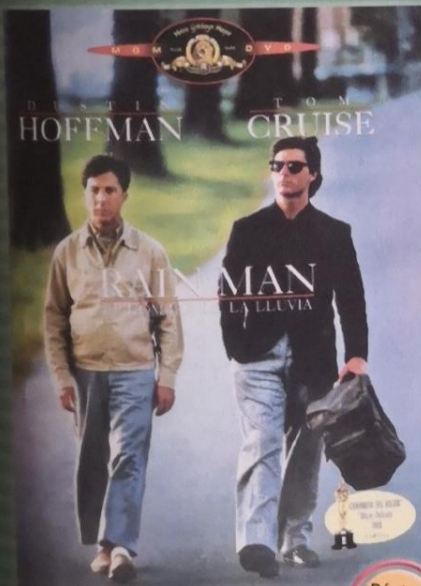


Gorilas en el cine

Instinto (AM13)

Para trabajar con los temas del **capítulo 3** (comportamiento).

Página 231

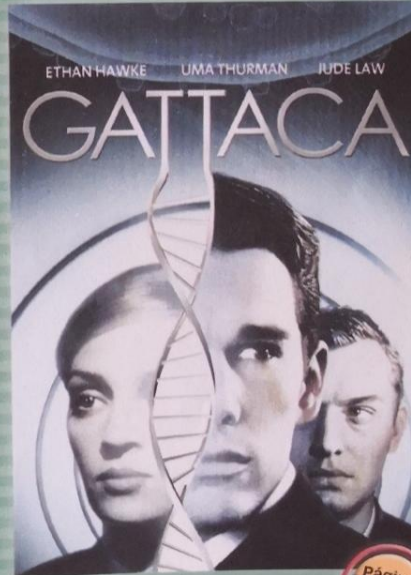


¿Encerrado en el cuerpo o en la mente?

Rain Man (AM13)

Para trabajar con los temas del **capítulo 5** (funcionamiento del sistema nervioso central).

Página 233



Unidos por el ADN

Gattaca (AM13)

Para trabajar con los temas del **capítulo 9** (fenotipo y genotipo) y del **capítulo 10** (ADN, genes y genoma).

Página 234



Unidos por el ADN

X-Men (AM13)

Para trabajar con los temas del **capítulo 9** (fenotipo y genotipo) y del **capítulo 10** (ADN, genes y genoma).

Página 235

Superolfato y superoído, al caer la noche

ancia
UB



Título	La maldición (Original: Cursed)
Año	2005
Dirección	Wes Craven
País	Estados Unidos y Alemania
Idioma	inglés
Género	terror

Sinopsis

Mientras viajan en su coche por Los Ángeles en una noche de luna llena, los hermanos Ellie y Jimmy tienen un accidente. Salen ilesos, pero sus vidas cambian. Poco a poco se van dando cuenta de que sus cuerpos están sufriendo transformaciones inexplicables. Descubren que poseen una fuerza sobrehumana, que sus sentidos se han desarrollado al máximo y que logran atraer poderosamente la atención del sexo opuesto. Con el paso de los días, sus nuevos poderes son cada vez más incontrolables y tienen impulsos que los desbordan. Comienzan a pensar que, tal vez, el accidente del coche no fue tal. Tienen que descubrir qué les pasa y deshacerse de la "maldición" o acabarán convirtiéndose en licántropos u hombres lobo.

Hay muchas películas que tienen hombres lobo y vampiros como protagonistas. La mayoría nos atrapan y nos cautivan, y no precisamente por los actores. Lo que nos atrae de estas historias son las habilidades especiales que tienen ciertos personajes. Analicemos una de hombres (y mujeres) lobo y otra de vampiros.

En la película *La maldición*, Jimmy recorre una ruta junto a su hermana Ellie cuando imprevisiblemente tienen un accidente. Es de noche y, por tratar de esquivar lo que parecía ser un perro, chocan contra un auto. Intentan rescatar al otro conductor, que sorpresivamente es arrastrado y devorado por "algo". Como era de esperarse, ese algo, que también muerde a Jimmy y a Ellie, es un hombre lobo. A partir de ese momento, los dos hermanos comienzan a sentirse más fuertes y atractivos, y notan que sus sentidos están más desarrollados, sobre todo el olfato. En las pelis de hombres lobo se destaca el tema del olfato, ya que en la Naturaleza los lobos verdaderos tienen un olfato cien veces superior al del ser humano. Al igual que en el cine, los lobos utilizan este sentido para localizar a su presa, con la ventaja de que pueden olerla antes de verla, incluso a un kilómetro de distancia. El interior de la nariz de un lobo tiene superficies húmedas que "atrapan" olores del suelo y del aire. La trufa (punta del hocico) posee receptores del olfato muy desarrollados, incluso más que en los perros; y la mucosa que tapiza el interior de las fosas nasales de los lobos presenta numerosos pliegues, que aumentan la superficie de contacto con las moléculas olorosas. Recientemente se ha encontrado que la hendidura que tienen tanto los lobos como los perros al final de su hocico tendría otros receptores olfativos, y que el lobo los pondría en juego para detectar

señales muy antiguas, y animales heridos o enfermos. Para activarlos, en lugar de olfatear, "soplan" sobre la superficie, así provocan que las moléculas vuelen y se metan en esos receptores. Hay que recordar que para los lobos es un gran esfuerzo cazar una presa grande como un búfalo. Saber cuál de ellos está enfermo o débil antes de iniciar la persecución (que puede durar días) sería una gran ventaja para evitar un gasto de energía extra.

En la película, los hermanos se sienten más fuertes durante la noche, y esto tampoco es casual. Los lobos tienen una vida nocturna muy activa y pueden cazar tanto de día como de noche gracias a su agudísimo sentido del olfato y a su visión nocturna. Además, Ellie escucha conversaciones a grandes distancias, y no solo eso, también en medio del ruido de una discoteca. En eso, los creadores del film no exageran, ya que los lobos pueden reconocer fácilmente de dónde proviene el sonido girando las orejas de un lado a otro. Un lobo puede oír el aullido de otro a casi diez kilómetros de distancia, y aislar la voz de un individuo del coro de la manada. También puede percibir algunos sonidos de alta frecuencia, imperceptibles para el ser humano. En comparación con nuestra especie, los lobos poseen un oído mucho más agudo. Mientras que nosotros percibimos sonidos de entre 20 y 20.000 ciclos por segundo, los lobos captan sonidos de entre 40 y 46.000 ciclos por segundo.

Los otros protagonistas de la noche son los vampiros. En *Crepúsculo*, el protagonista vampírico es Edward, quien también vive y estudia de día, pero es en la húmeda y fría noche cuando se siente más cómodo. Además, al salir el sol, su piel adquiere un "brillo de diamante". Como eso delataría su origen, Edward





crepúsculo

Título Crepúsculo (Original: Twilight)

Año 2008

Dirección Catherine Hardwicke

País Estados Unidos

Idioma inglés

Género ficción / romance

Sinopsis

Cuando Isabella Swan se muda a Forks, una pequeña localidad del estado de Washington en la que nunca deja de llover, piensa que es lo más aburrido que le podía haber ocurrido. Pero su vida da un giro excitante y aterrador cuando se encuentra con el misterioso y seductor Edward Cullen. Hasta ese momento, Edward se las ha arreglado para mantener en secreto su identidad vampírica, pero ahora nadie se encuentra a salvo, sobre todo Isabella, la persona a quien más quiere Edward.

vive junto a su extraña familia en el lluvioso pueblo de Forks, donde casi nunca sale el sol. ¿Será por eso que es tan pálido? También es de noche cuando se alimenta, pero no de seres humanos, sino de animales salvajes. Pertenece a una familia de vampiros glamorosos, que se llevan bien con los seres humanos. Tanto es así que Edward se enamora de Isabella, una chica melancólica recién llegada

al pueblo. En un momento, en el estacionamiento de la escuela, está a punto de ser atropellada, cuando Edward aparece repentinamente y detiene el vehículo con la mano. Obviamente, la chica también se enamora de él perdidamente.

Los vampiros de la peli, como los hombres lobo, tienen poderes especiales: más fuerza, más velocidad y un oído muy agudo. Los verdaderos murciélagos (grupo al que pertenecen los vampiros) ¿también tienen supersentidos? El murciélago de orejas largas tiene un oído tan sensible que puede oír a un escarabajo que anda sobre la arena a tres metros de distancia. Además de tener oídos muy sensibles, el murciélago ha desarrollado un sistema especial, que utiliza para capturar insectos en vuelo, a menudo en total oscuridad. Es un sonar, con el cual emite un sonido que rebota al encontrar un obstáculo, y luego analiza el eco recibido. Los sonidos que emiten son de alta frecuencia, van de los 20.000 a los 120.000 ciclos por segundo. Los producen con su laringe (esencialmente igual a la humana, pero más grande en relación con el tamaño del cuerpo) y los modifica con extrañas formaciones en su boca y en su nariz. Cuando los ecos retornan, alcanzan sus tímpanos, y las vibraciones se dirigen hacia los huesos del oído interno e informan al cerebro sobre los ecos recibidos. De esa forma detectan los objetos que hay a su alrededor, y pueden percibir

insectos del tamaño de un mosquito u objetos tan finos como un pelo humano. El sonar biológico es distinto del oído. Es más, cuando el sonar está "encendido", el murciélago emite un grito y automáticamente se contrae un músculo de su oído (cierran sus oídos momentáneamente), por lo que solo puede captar el eco.

Si Edward se queda con Bella, o si los hermanos Jimmy y Ellie logran vencer su "maldición", no te lo vamos a contar, pero te dejamos una última reflexión. No es casual que estas películas estén protagonizadas por adolescentes. En ese momento de la vida, están atravesando situaciones de "cambios", a veces dolorosas y traumáticas, como las transformaciones de estos seres. Además, la noche tiene un encanto y un misterio especiales. Con menos luz, es el momento en que tenemos que usar otros sentidos. La vista ya no es tan útil, y entonces el olfato y el oído se convierten en predominantes. Pero con la luz del sol retorna todo a la normalidad, por lo menos hasta que vuelva a salir la luna llena... ¡¡¡AUUUUU!!!

ACTIVIDADES

1. ¿Cuál es el supersentido de los lobos y cuál el de los murciélagos?
2. ¿Qué rangos de frecuencias perciben los oídos de seres humanos y lobos? Teniendo en cuenta estos datos, ¿cuál de las dos especies podría escuchar los sonidos emitidos por los murciélagos?
3. ¿Por qué es tanto más agudo el olfato del lobo que el de los seres humanos?
4. ¿Cómo funciona el sonar biológico de los murciélagos?
5. ¿Es lo mismo el sonar que el oído? ¿Por qué?



Título	Gorilas en la niebla (Original: Gorillas in the Mist)
Año	1988
Dirección	Michael Apted
País	Estados Unidos
Idioma	inglés
Género	biográfica / drama

Sinopsis

Dian Fossey llega a África para confeccionar un censo sobre gorilas de montaña en peligro de extinción. Acompañada de un nativo rastreador, comienza su trabajo, y queda fascinada por la vida de esos animales, a los que se acerca y estudia. En su afán por proteger la especie, la doctora Fossey tiene serios problemas con las autoridades y los cazadores furtivos, que venden las crías a los zoológicos y matan a los adultos para comérselos y fabricar artesanías.

No tengas miedo, que no te estamos invitando a ir al cine con un gorila, sino a ver dos películas en las que el tema central es el encuentro entre dos especies diferentes, pero emparentadas, el ser humano y el gorila. A diferencia de *King Kong*, película que originó el mito del gorila violento y carnívoro, los gorilas reales son vegetarianos y tranquilos, salvo que tengan que defenderse.

El film *Gorilas en la niebla* está basado en la vida de la investigadora Dian Fossey, quien estudió durante

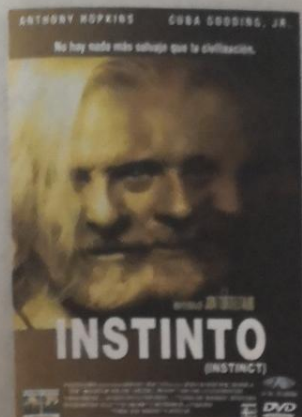
dieciocho años una especie de gorila que vive en las selvas de montaña que comparten tres países africanos: Ruanda, Uganda y República Democrática del Congo. La zona está coronada por ocho majestuosos volcanes, varios de los cuales superan los 3.000 metros de altura. En medio de sus densos y húmedos bosques, cubiertos de niebla, viven los únicos gorilas de montaña que quedan en el planeta. Si bien se trata de una película, se asemeja tanto a la vida de Dian Fossey que parece un documental. De hecho, se filmó apenas tres años después de su muerte. Con este dato, ya conocés el final, como en *Titanic*, pero igual vale la pena verla.

Con una paciente y meticulosa observación de los gorilas, Dian pudo comprender e imitar sus comportamientos, y ganar paulatinamente la aceptación en varios grupos. Uno de los métodos de estudio que utilizó fue darle un nombre propio a cada gorila, para diferenciarlos y conocer sus relaciones



de parentesco y su comportamiento, de acuerdo con el lugar que cada uno ocupaba dentro de la jerarquía familiar. Llegó a tener con ellos una relación de confianza y afecto. Incluso, imitaba sus sonidos y comía ruidosamente apio salvaje al igual que ellos. Pero los esfuerzos de Dian no solo se limitaron a estudiarlos, también se dedicó a crear conciencia en contra de la caza furtiva, la cual estaba acabando con los gorilas. Muchos opinan que si ella no hubiera dedicado su vida a esto, la especie sería otra de las actualmente desaparecidas.

Con uno de los gorilas, al que llamó Digit, fue con el que logró mayor comunicación, a tal punto que le permitía jugar con sus crías y le daba la mano. Digit murió en una emboscada de cazadores furtivos defendiendo a su grupo familiar. Este hecho desencadenó una furia incontenible en Dian, quien luego de la terrible pérdida se abocó a la persecución de esos cazadores, a quienes odiaba con toda su alma. Les ponía trampas y llevó al extremo sus estrategias para salvar a sus amados gorilas. Se ganó muchos enemigos, incluso entre la población local. En ocasiones apelaba a la superstición de la gente, presentándose como una bruja que castigaría a quienes hicieran daño a los gorilas. Más tarde creó la fundación Digit, para recaudar fondos que ayudaran a la conservación de esos animales. Finalmente, en 1985 fue asesinada por cazadores furtivos por su defensa de los gorilas de montaña, y la enterraron en el cementerio que había construido para gorilas, cerca de su vivienda. Dian censó apenas 220 ejemplares. Hoy, aunque siguen en peligro de extinción, hay 700 gorilas. Esos volcanes boscosos son el último refugio del mayor de los primates y el último descubierto por la ciencia.



Título	<i>Instinto</i> (Original: <i>Instinct</i>)
Año	1999
Dirección	John Turteltaub
País	Estados Unidos
Idioma	inglés
Género	suspense / drama

Síntesis

El antropólogo Ethan Powell esconde un terrible secreto, no resuelto por su familia ni por los agentes de la Ley que lo han arrestado por una serie de crímenes ocurridos en las junglas de Ruanda. La verdad de Powell se oculta tras años de estudio de los gorilas de montaña, hasta el punto de haber convivido con ellos en plena Naturaleza. Ahora, cautivo en una prisión brutal para enfermos mentales con tendencias criminales, Powell, que no ha hablado una sola palabra durante años, es sometido a tratamiento por parte del psiquiatra Theo Caulder. Ambos hombres se embarcan en un extraordinario viaje mental, empujados por la búsqueda de la verdad.

En la película *Instinto*, el Dr. Ethan Powell es un antropólogo que estudia gorilas en la selva africana. En su intento por fotografiarlos, se acerca a un grupo de ellos. Cautivado por su belleza y por su forma de organización, decide aproximarse más, hasta que descubre en los monos una mirada nerviosa. "Por un momento —dice Ethan— creí que mi presencia los ponía nerviosos. Pero no era yo, era la cámara". Para poder unirse a

los gorilas, Powell abandona la cámara y duerme esa noche con ellos.

Igual que Dian Fossey, convive bastante tiempo con estos animales, pero, a diferencia de la científica real, Powell se integra tanto con los gorilas que se "convierte" en uno más. Responde a su "instinto", tanto es así que, al "volverse gorila", se despoja de la norma humana que dice que ante la lluvia hay que cubrirse para no mojarse. Deja a un lado la hoja que había cortado para taparse la cabeza y se abandona a la lluvia torrencial. Aquí hay una licencia cinematográfica, ya que Dian Fossey había observado que al gorila de montaña no le gusta mojarse.

Al ver esta peli, nos preguntamos si en los seres humanos existe el instinto, definido como un conjunto de pautas de conducta que se transmiten genéticamente, y que contribuyen a la conservación de la vida del individuo y de la especie. Algunos científicos distinguen el instinto de supervivencia y el de reproducción, pero según Sigmund Freud, padre del psicoanálisis, el ser humano carecería de instintos, y en su lugar tendría lo que se denominan "pulsiones". Las pulsiones humanas fundamentales serían la de autoconservación y las sexuales.

En un momento de la película, Ethan mata a dos cazadores y golpea violentamente a otros dos. ¿Por qué lo hace? Al estar rodeado por personas armadas, un gorila "espalda plateada" se acerca a defenderlo y los guardias le disparan dos balazos. Mientras el gorila agoniza, le alcanza el tiempo para mirar a Powell y dedicarle una tenue sonrisa. Powell, desde el piso, llora la muerte de la que había sido su familia. "Yo los llevé. Me rastrearón. Vinieron a quitarles la vida. Y lo lograron", dice, desesperado. Un gorila "espalda plateada" es un macho adulto, usualmente

mayor de doce años y llamado así por la distintiva mancha de pelo plateado en la espalda. Tiene caninos largos que nacen con la madurez. Son fuertes y líderes, dominan un grupo de cinco a treinta gorilas y son centro de atención. Toman todas las decisiones, median en conflictos, deciden los movimientos del grupo, llevan a los demás a sitios donde alimentarse y toman la responsabilidad de la seguridad y el bienestar del grupo.

Las autoridades de Ruanda ponen preso a Powell, y él, luego de ser deportado a los Estados Unidos, es recluso en una cárcel para enfermos mentales con tendencias criminales. Powell, que no ha hablado una sola palabra durante años, es sometido a un tratamiento por parte del psiquiatra Theo Caulder, quien trata de saber qué pasó en África. Pero es inútil, Powell no habla, se ha convertido en un "gorila humano".

Si Powell logra salir de la cárcel no te lo vamos a contar, pero, al igual que Fossey, sentía una extraña fascinación por estas magníficas criaturas, sin embargo, usaron sus sentimientos de manera diferente: Fossey se acercó a los gorilas para estudiarlos y Powell, para convertirse en uno de ellos.

ACTIVIDADES

1. ¿Dónde viven los gorilas que estudió Dian Fossey?
2. Si un gorila "espalda plateada" es más fuerte que el resto de su grupo, ¿por qué es más probable que muera en un enfrentamiento con cazadores armados?
3. ¿Cómo te parece que terminará la película *Instinto*? Plantea dos finales alternativos.
4. ¿En qué se diferencia la fascinación de los gorilas por parte de Fossey y de Powell?

¿Encerrado en el cuerpo o en la mente?

encia
LUB



Título	La escafandra y la mariposa (Original: <i>Le scaphandre et le papillon</i>)
Año	2007
Dirección	Julian Schnabel
País	Francia y Estados Unidos
Idioma	francés
Género	biográfica / drama

Síntesis

En 1995, Jean-Dominique Bauby, redactor jefe de la revista francesa *Elle*, sufre una embolia masiva. Después de pasar varios días en coma, descubren que es víctima del síndrome de cautiverio, por el que queda totalmente paralizado, sin poder moverse ni hablar. Jean-Dominique es prisionero de su propio cuerpo, y es solo capaz de comunicarse con el exterior mediante el parpadeo de su ojo izquierdo. Forzado a adaptarse a esta situación, Bauby crea un nuevo mundo a partir de su imaginación y su memoria.

El sistema nervioso, y el cerebro humano en particular, es complejo e intrincado. No conocemos aún las causas de algunos problemas que lo afectan ni la forma de evitarlos. Estas dos películas encaran, de manera diferente, estos temas. Y, como sospecharás, son dramas, así que busca los pañuelos de bolsillo y prepárate para emocionarte.

Aunque parezca mentira, el mensaje de ambas es positivo. La primera película se llama *La escafandra y la mariposa*. En ella, Jean-Dominique, un periodista de

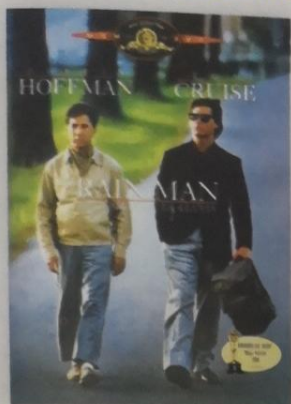
42 años que trabajaba como jefe de redacción de la revista *Elle* y lleva una vida superficial y frívola, sufre un accidente cerebrovascular. Al despertar del coma, descubre que no puede moverse, comer ni hablar. El médico neurólogo que lo trata le dice que su tronco cerebral, la principal vía de comunicación entre el cerebro y la médula espinal, ha quedado totalmente inutilizado. El problema que sufre el protagonista se conoce como "síndrome de cautiverio". Esta extraña enfermedad es causada generalmente por una lesión cerebrovascular que daña porciones importantes del tronco cerebral sin dañar los hemisferios, y se preservan la conciencia, la visión, la audición y la respiración. Se la llama así porque, aunque la mente está bien, el cuerpo no responde: el paciente no puede moverse, pero siente; no puede hablar, pero escucha. El protagonista, entonces, tiene pleno uso de sus facultades mentales, pero no puede mover sus brazos ni sus piernas, y solo puede abrir y cerrar el párpado del ojo izquierdo.

En ese momento desgarrador, Jean piensa en dejarse morir, pero una terapeuta del hospital le enseña a comunicarse con su ojo, indicando sí con un parpadeo, y no, con dos. Luego lo capacita con un código basado en un abecedario y en el

uso de las letras más comunes del alfabeto. Es en ese momento cuando Jean se siente "prisionero" dentro de una escafandra de buzo que flota en el mar. Pensarás que los realizadores del film exageraron un poco la tragedia. Sin embargo, la historia está basada en un hecho real; es más, el guión proviene del libro que Jean-Dominique Bauby "escribió", dictándole a una secretaria, letra por letra, con su ojo izquierdo.

El "encierro" obligó a Jean a concentrarse en su libro, y lo llevó a valorar su memoria y su imaginación por sobre todas las cosas. Eso era lo que le permitía "volar como una mariposa". El protagonista de la película, al igual que el de la vida real, nunca se resignó a quedar atrapado en su cuerpo inmóvil, sino que dio libertad a su mente y, sin necesidad de utilizar la palabra, dejó escrito un gran testimonio que nos enseña a luchar por la vida. Es más, en ese testimonio destaca que a partir de su accidente comenzó a vivir plenamente, sin miserias, egoísmos ni frivolidades. Casi toda la película está enfocada en el ojo de Jean, única ventana y contacto con el exterior, y la voz en *off* del actor nos introduce en la mente de un hombre al que solo le queda eso, su mente. La magnitud de esta historia se debe a la valentía y voluntad de la persona que la inspiró.





Título	<i>Rain Man</i>
Año	1988
Dirección	Barry Levinson
País	Estados Unidos
Idioma	inglés
Género	drama

Sinopsis

Charlie Babbitt, un joven egoísta que esperaba heredar una fortuna de su difunto padre, se entera de que el beneficiario será su desconocido hermano Raymond, un hombre autista con una habilidad especial para temas relacionados con la memoria y los números. Al principio Charlie no sabe cómo manejar a Raymond, pero luego aprenderá a conocer a su hermano durante un viaje, en el que juntos atraviesan los Estados Unidos.

En la película *Rain Man*, Charlie Babbitt, un joven lleno de deudas, espera recibir la herencia que dejó su padre y solucionar todos sus problemas financieros. Sin embargo, no sabe que el dinero viene acompañado de una sorpresa. Para recibirlo, debe hacerse cargo de su hermano mayor, Raymond, cuya existencia desconocía y que está recluido en una institución médica. Raymond tiene una capacidad mental limitada en algunos aspectos, pero con dotes de genio en otros. Charlie lo secuestra y, durante un largo y accidentado viaje en coche de regreso a Los Ángeles, los hermanos

se van conociendo. En un momento de la peli se cae una caja de fósforos y Raymond dice el número exacto de fósforos desparramados, seguido de su clásica muletilla: ¡Oh! ¡Oh! A Charlie se le ocurre entonces una “idea genial”: Llevar a su hermano al casino. Por supuesto que ganan, ya que Ray recuerda todas las cartas que salieron y estima las probabilidades de las que faltan. Pero él apenas puede valerse por sí mismo, no sabe viajar y le cuesta mucho relacionarse con las personas, incluso con su hermano.

La peli toca un problema real, el autismo, un trastorno severo del desarrollo y la comunicación que fue definido por primera vez en 1943. Desde entonces se han realizado muchas investigaciones en busca de sus causas, que aún se desconocen. Actualmente, la mayoría de los investigadores están de acuerdo en que su origen no es psicológico o familiar, como se creía antes, sino biológico. Los niños autistas permanecen ajenos al medio, absortos en sí mismos, poco sensibles a las personas y a las cosas que los rodean. Muchas veces se los describe como “encerrados en una campana de cristal”. Su inteligencia es muy variable, oscilan desde la genialidad hasta una deficiencia profunda.

El personaje de Raymond está inspirado en Kim Peek, un autista “genio” que recordaba de memoria 9.000 libros. Él nació con una deformidad en el cerebelo y sin cuerpo calloso, el grueso manojito de nervios que conecta los dos hemisferios cerebrales. De chico se pensó que sufría un retraso mental grave, pero después de mucho tiempo se descubrió que su condición era bastante más compleja. Tenía capacidades superlativas para la aritmética, pero no podía resolver las abstracciones de las

matemáticas. Además, tenía una mala coordinación física, pero una considerable capacidad de memoria, y en los últimos años logró convertirse en un pianista consagrado. Una clave para entender el estado de Kim es que sus hemisferios cerebrales no estaban conectados. Nuestro hemisferio izquierdo, que controla la destreza lingüística, tiende a dominar al derecho. Sin embargo, esto no sucedió en el caso de Kim, lo que sugiere la posibilidad de que su hemisferio derecho haya podido desarrollarse libremente. Kim Peek falleció en diciembre de 2009, a la edad de 58 años.

En este tipo de películas lo que menos importa es el final. Son historias de vida que nos muestran que a veces “nos preocupamos por pavadas”. Si bien la adolescencia es una época de la vida en la que eso está “permitido”, también es bueno reflexionar acerca de que un problema puede no ser tal, sino el inicio de un cambio y, quizás, de una nueva oportunidad que no habíamos tenido en cuenta. Todo depende de nosotros. ¡Oh! ¡Oh!

ACTIVIDADES

1. ¿Por qué se dice que Jean Bauby estaba encerrado en su cuerpo y Raymond en su mente?
2. ¿Por qué la película lleva el nombre *La escafandra y la mariposa*?
3. ¿Cuál fue el “problema anatómico” en el cerebro de Kim Peek que originó su “genialidad”?
4. Tomá como base ambas películas y armá un cuadro en el que se destaquen las diferencias entre el síndrome de cautiverio y el autismo.

Unidos por el ADN

ciencia
LUB

Título	Gattaca
Año	1997
Dirección	Andrew Niccol
País	Estados Unidos
Idioma	Inglés
Género	ciencia ficción

Sinopsis

La película cuenta la lucha de Vincent, una persona concebida naturalmente, para demostrar que puede ser tan bueno como todos los "válidos", personas creadas a través de la manipulación genética, que elimina los "posibles errores" en su información genética. Vincent hace lo imposible con tal de entrar a trabajar en Gattaca y cumplir con su sueño: volar al espacio exterior.

Vincent es el protagonista de la película *Gattaca*. Al nacer le toman una muestra de sangre para realizarle un análisis genético, es decir, de su ADN. Podríamos pensar que es para saber si tiene alguna enfermedad y curarlo, pero no. Es para conocer la probabilidad de que tenga algún problema en el futuro. Las noticias para él resultan terribles: un 99% de probabilidad de tener problemas cardíacos y morir a los treinta años. Cuando sus padres deciden tener otro hijo lo hacen a través de la selección de embriones. ¿El objetivo? Poder elegir sus características.

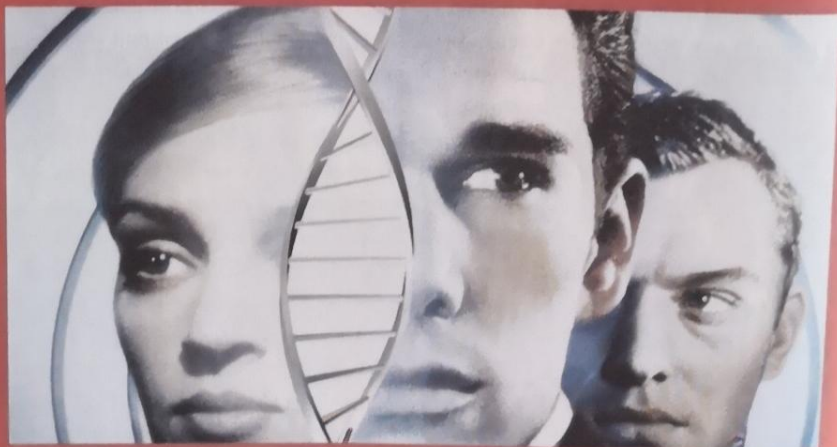
A Vincent le encanta leer historietas de viajes espaciales y quiere ser astronauta, algo que sus padres le dicen que nunca

podrá. Según parece, no tiene futuro, pero igual él decide luchar por su sueño. Para eso se va de su casa y luego de tener varios empleos destinados a gente "no válida", es decir, sin futuro genético, encuentra una solución. Conoce a Jerome, quien es genéticamente perfecto, pero por un accidente quedó lesionado y está en una silla de ruedas. Surge así una extraña simbiosis. Vincent cuida a Jerome y, a cambio, este le prepara muestras de piel, de sangre y de orina, que le permiten a Vincent pasar los controles genéticos para entrar en Gattaca, la base de donde se lanzan naves espaciales. Con su voluntad de hierro, Vincent demuestra que es mejor y más capaz que el resto de los aspirantes.

¿Es posible, como muestra la peli, hacer pronósticos genéticos de este tipo? Aunque está totalmente secuenciado el genoma humano, es decir que sabemos cuántos genes lo componen, aún no se puede "predecir" cómo guiarán nuestra vida. Además, no todo es genética, también están el modo de vida y el ambiente que nos rodea, que influyen sobre nuestro ADN. Por suerte aún no se ha descubierto "el gen del destino", es decir, aquel que nos diga qué nos pasará en el futuro. Mirá si a Amadeus Mozart le hubieran dicho que no

podría componer música porque tendría fiebre reumática, o al genial físico Stephen Hawking, que la esclerosis (una enfermedad neuronal motora) que le diagnosticaron a los 21 años no lo dejaría doctorarse en Física. Los médicos le habían pronosticado que no viviría más de dos o tres años, pero por motivos desconocidos es de las pocas personas que han sobrevivido muchos más. Hoy está postrado en una silla de ruedas, pero tiene 68 años y su mente brillante explicó la teoría del Big Bang y el origen de los agujeros negros.

Todo esto que nos parece tan lejano no lo es tanto. La investigación del genoma humano es la puerta para lograr la cura de una gran cantidad de enfermedades, pero permite también investigar de forma inquietante nuestro interior. Hace años que el Reino Unido prohibió el uso de análisis genéticos a la hora de contratar seguros de vida o enfermedad. Es bueno que la investigación genética avance para curar enfermedades genéticas como el cáncer o la diabetes, ¿pero dónde está el límite? Quizás, donde comienza nuestro libre albedrío, la libertad que permite que los seres humanos tengamos el poder de elegir y de tomar nuestras decisiones.





Título	X-Men
Año	2000
Dirección	Bryan Singer
País	Estados Unidos
Idioma	inglés
Género	fantástico / acción

Sinopsis

En un futuro cercano, la humanidad ve aparecer una nueva raza: los mutantes. Dotados de extraños y variados poderes, están agrupados en dos bandos: los que luchan por la integración y el entendimiento con la humanidad, encabezados por el doctor Charles Xavier, y los que buscan el enfrentamiento con una raza que consideran inferior y que los odia, dirigidos por Magneto, un peligroso mutante con extraordinarios poderes.

Otra peli en la que se mencionan circunstancias relacionadas con la información genética es *X-Men*. En ella, los protagonistas son los "mutantes", según el film, el próximo paso en la evolución del hombre. Algunos niños nacen con un gen especial que se manifiesta en la pubertad mediante poderes sobrenaturales. Xavier, quien tiene poderes telepáticos, es el director del Instituto para Niños Superdotados, y les enseña cómo controlar sus poderes y usarlos para el bien de la humanidad. Otro grupo de mutantes, liderados por Magneto, quien tiene el poder de atraer y controlar los metales, dice que la humanidad

es el mal de este planeta. Como te imaginarás, se desata una guerra entre los dos bandos. En medio de ella está el senador Robert Kelly, quien se opone a la existencia de los mutantes argumentando que son una amenaza y un peligro para la seguridad pública, así como para el planeta. Veamos si en realidad existen los mutantes y si son una amenaza para nuestra Tierra.

Hay seres humanos que tienen alteraciones en su material genético, ya sea por adición, por supresión de genes o por la sustitución de unos genes por otros. Por lo tanto, son mutantes. Esas alteraciones pueden tener diferentes causas: la acción de agentes externos como radiaciones, la exposición a determinados productos químicos e incluso agentes biológicos como virus o bacterias. También pueden deberse a errores ocurridos de manera natural durante la duplicación del ADN. Algunas mutaciones producen cambios que pueden ser perjudiciales, pero otras pueden dar lugar a la variación de un determinado aspecto del individuo que mejore su capacidad de supervivencia y su perpetuación. De esta forma, las mutaciones son la base del proceso evolutivo de las especies.

Un grupo de dieciséis científicos de China y el Reino Unido han descubierto que los seres humanos tienen de cien a doscientas mutaciones acumuladas en su ADN, muchas de las cuales no tiene efectos evidentes. Han demostrado que la mayoría son inofensivas y no afectan la salud ni el aspecto físico. Científicos de las Universidades de Wisconsin y California, en los Estados Unidos, dicen que en los últimos 40.000 años, sobre todo desde la última glaciación, que terminó hace 10.000, el

ritmo evolutivo de la especie humana ha sido vertiginoso debido a la adaptación a nuevos entornos y al aumento de las poblaciones.

Los seres humanos actuales somos tan distintos de los de hace tan solo 1.000 años que para los científicos eso puede explicar, desde un enfoque genético más que desde uno cultural, la diferencia entre la belicosidad de los antiguos vikingos y el espíritu pacífico de los actuales escandinavos. Gregory Cochran, uno de esos investigadores, dijo que "la historia parece cada vez más una novela de ciencia ficción en la que los mutantes desplazaron a los humanos normales, a veces sobreviviendo mejor al hambre y a la enfermedad, o a veces como hordas conquistadoras. Nosotros somos esos mutantes".

Ser diferentes nos distingue del resto y aumenta la variabilidad cultural de la humanidad. Además, lo importante no es ser el mejor, sino hacer lo mejor que uno puede.

ACTIVIDADES

1. ¿Cuáles son las diferencias entre ambas películas en cuanto a los temas relacionados con el ADN?
2. ¿Qué otros factores influyen en lo que nos puede suceder a lo largo de nuestras vidas, además de la predisposición genética?
3. ¿Cuáles son las principales causas que provocan alteraciones en nuestra información genética?
4. Las mutaciones ¿son siempre perjudiciales? ¿Por qué?
5. ¿Por qué algunos científicos dicen que "todos somos mutantes"?

Glosario

Las palabras destacadas en VERSALLETAS, dentro de cada definición, están incluidas también en el glosario.

Abono verde

Consiste en la utilización de plantas alelopáticas en el control de las malezas, fenómeno también conocido como ALELOPATÍA.

Ácido abscísico

HORMONA vegetal que se sintetiza fundamentalmente en los CLOROPLASTOS. El aumento de su concentración en la hoja causa el cierre de los ESTOMAS, disminuye la transpiración, inhibe el crecimiento de la planta y el desarrollo de las semillas y los frutos.

Ácido nucleico

BIOMOLÉCULA cuyas unidades o MONOMEROS SON LOS NUCLEÓTIDOS. En los seres vivos se encuentran dos tipos de ácidos nucleicos: desoxirribonucleico (ADN) y ribonucleico (ARN).

Acto reflejo

RESPUESTA rápida, automática e involuntaria del sistema nervioso, que se elabora en estructuras denominadas ARCOS REFLEJOS.

Adaptación

Toda característica (fisiológica, anatómica o de comportamiento) de un SER VIVO, resultado de un largo proceso evolutivo, que aumenta sus posibilidades de supervivencia en un ambiente.

ADN

Ácido desoxirribonucleico, un tipo de ÁCIDO NUCLEICO. Molécula que guarda la INFORMACIÓN HEREDITARIA, que determina las características de los SERES VIVOS. Contiene las instrucciones para la síntesis de las PROTEÍNAS específicas de cada tipo de CÉLULA.

ADN recombinante

Material genético que combina ADN de dos organismos diferentes.

Adrenalina

HORMONA secretada en situaciones de alerta por las GLÁNDULAS SUPRARRENALES.

Alelos

Variantes de un mismo GEN.

Alelopatía

Fenómeno de liberación de sustancias químicas presente en plantas, que impide la germinación y el crecimiento de otras plantas, sean estas de la misma o de diferente especie.

Amiloplasto

Órgano presente en CÉLULAS vegetales que contiene sustancias de reserva.

Aminoácido

Molécula orgánica que constituye las PROTEÍNAS. Dos aminoácidos se

unen por medio del ENLACE PEPTÍDICO. La unión de dos aminoácidos constituye un dipéptido; de tres, un tripéptido; de unos pocos, un oligopéptido; y de más de diez, un polipéptido.

Ampollas de Lorenzini

Órganos sensoriales presentes en tiburones y especializados en la captación de ESTÍMULOS eléctricos.

Antagónico

En biología, que realiza acciones contrarias.

Antibiótico

Fármaco que se utiliza para combatir BACTERIAS PATÓGENAS.

Anticuerpo

PROTEÍNA secretada por los linfocitos o GLÓBULOS BLANCOS, capaz de reconocer ANTÍGENOS específicos.

Antígeno

Sustancia o agente extraño que tiene la capacidad de desencadenar la RESPUESTA inmunitaria y la producción de ANTICUERPOS específicos.

Aparato vestibular

Órgano presente en los animales vertebrados que se ubica en el oído interno.

Ápice

Extremo o punta de los tallos y las raíces.

Aprendizaje

RESPUESTA que conlleva a una modificación del COMPORTAMIENTO INNATO frente a un ESTÍMULO como resultado de la experiencia. Puede ser reversible (habituación) o irreversible (impronta).

Arco reflejo

Unidad funcional constituida por al menos un RECEPTOR, una NEURONA sensorial, una neurona motora y un EFECTOR, que trabajan en conjunto y dan como respuesta un ACTO REFLEJO.

ARN

Ácido ribonucleico, un tipo de ÁCIDO NUCLEICO constituido por cadenas simples de NUCLEÓTIDOS unidos y dispuestos linealmente. Copia el mensaje del ADN y lo traduce en el citoplasma durante el proceso de síntesis proteica. Hay tres tipos de ácidos ribonucleicos: ARN MENSAJERO, ARN RIBOSÓMICO y ARN DE TRANSFERENCIA.

ARN de transferencia

Tipo de ÁCIDO RIBONUCLEICO que transporta los AMINOÁCIDOS que toma del citoplasma y los lleva a los RIBOSOMAS, proceso que culmina con la síntesis de las PROTEÍNAS.

ARN mensajero

Tipo de ÁCIDO RIBONUCLEICO que copia la información genética del ADN, en el núcleo celular.

ARN ribosómico

Tipo de ÁCIDO RIBONUCLEICO presente en los ribosomas.

Auxinas

Grupo de FITOHORMONAS que regulan el crecimiento vegetal.

Axón

Prolongación larga de una NEURONA por la que se transmiten IMPULSOS NERVIOSOS a otra neurona, a una CÉLULA muscular o a una CÉLULA glandular.

Bacterias

Organismos microscópicos, unicelulares, sin núcleo definido.

Biomoléculas

Principales moléculas que forman a los SERES VIVOS; se denominan también "moléculas de importancia biológica" por las funciones esenciales que desempeñan en los organismos. Son el agua, las vitaminas, los minerales, las PROTEÍNAS, los HIDRATOS DE CARBONO, LOS LÍPIDOS y LOS ÁCIDOS NUCLEICOS.

Biorremediación

Procedimiento que busca resolver problemas de contaminación mediante el uso de SERES VIVOS (microorganismos y plantas) o SUS ENZIMAS para degradar compuestos contaminantes y transformarlos en otros menos tóxicos o inocuos.

Biotecnología moderna

Empleo de organismos vivos para la obtención de un bien o servicio útil mediante técnicas de INGENIERÍA GENÉTICA, que permite obtener PROTEÍNAS RECOMBINANTES (HORMONAS, ENZIMAS, ETC.), mejorar vegetales, animales y otros organismos con diversas aplicaciones.

Biotecnología tradicional

Conjunto de técnicas que emplean SERES VIVOS o SUS componentes para obtener bienes y servicios.

Bomba de sodio-potasio

Conjunto de PROTEÍNAS presentes en la membrana celular de los animales que mantienen un GRADIENTE DE CONCENTRACIÓN de iones sodio y potasio, bombeando iones sodio hacia afuera de la célula y iones potasio hacia adentro. En las CÉLULAS nerviosas este gradiente de concentración permite la propagación de IMPULSOS NERVIOSOS.

Cabeceo

Cambio en la dirección de movimiento de las BACTERIAS ante un ESTÍMULO.

Caliptra

Cobertura que rodea al ÁPICE de la raíz.

Campo visual

Parte del entorno que capta el ojo animal.

Carácter dominante

Aquel que predomina en el FENOTIPO cuando el GENOTIPO es heterocigoto (formado por un ALELO dominante y uno recesivo). Un individuo producto de la reproducción sexual recibe dos copias de cada gen (dos ALELOS), uno que aporta el padre y otro, la madre. Uno de los ALELOS podrá ser dominante o recesivo con respecto al otro, en relación con su expresión.

Carácter recesivo

Aquel que solo se manifiesta cuando el GENOTIPO es homocigoto recesivo, y queda "oculto" ante la expresión del ALELO dominante.

Carrera

Movimiento de avance presente en las BACTERIAS. La rotación de los flagelos es en sentido de las agujas del reloj.

Catalizador

Sustancia que modifica (acelera) una reacción química, sin afectar el resultado final de la reacción. Las ENZIMAS son catalizadores biológicos.

Cefalización

Término que se utiliza generalmente en relación con invertebrados, que hace referencia al agrupamiento de NEURONAS en el extremo anterior del cuerpo o cabeza, y que forman una masa compacta denominada ganglio cefálico o "cerebro".

Célula

Mínima porción de materia que cumple con las funciones vitales. Las células se clasifican en procaríotas y eucaríotas, según la presencia de un núcleo definido.

Célula blanco

CÉLULA sobre la que ejerce su efecto una HORMONA. Contiene RECEPTORES específicos a los que puede unirse.

Célula ciliada

Unidad elemental de los órganos sensitivos presentes en vertebrados. Están especializadas en la captación de ESTÍMULOS mecánicos.

Célula fotosensible

CÉLULA especializada en la captación lumínica en plantas.

Célula neurosecretora

CÉLULA nerviosa con la capacidad de producir y liberar sustancias que actúan como HORMONAS. Por ejemplo, las células del HIPOTÁLAMO.

Ciclo menstrual

Proceso mensual que abarca la MENSTRUACIÓN, la OVULACIÓN, los cambios en el ovario y en el útero, regulado por las HORMONAS hipofisarias y ováricas.

Cilio

Estructura corta y delgada presente en algunas CÉLULAS. Participa en la loco-

en algunas células. Participa en la locomoción y el movimiento de sustancias a través de la superficie celular.

Cloroplasto

Órgano presente en las células de las plantas y de algunas algas que contiene ADN, además de contar con el pigmento clorofila por medio del cual se realiza la fotosíntesis.

Código genético

Conjunto de "instrucciones" contenidas en el material genético que dirige la síntesis de proteínas, y determina la secuencia de aminoácidos.

Coevolución

Fenómeno de adaptación evolutiva mutua producida entre dos o varias especies de seres vivos como resultado de su influencia recíproca.

Coleóptilo

Estructura característica del embrión de las plantas gramíneas, que forma una especie de capuchón en el extremo del tallo.

Comportamiento

Manera de proceder que tienen los organismos en relación con su entorno.

Comportamiento innato

Comportamiento que está presente desde el nacimiento.

Control endocrino

Mecanismo de regulación de las actividades corporales por medio de mensajes químicos que se conducen a través de la sangre.

Control nervioso

Mecanismo de regulación de las actividades corporales por medio de mensajes eléctricos y químicos, que se conducen a través de los nervios.

Cordón nervioso

Agrupamiento de cuerpos neuronales o sus prolongaciones en cadenas o cordones que se sitúan dorsal o ventralmente a lo largo del cuerpo del animal.

Criptocromo

Fotorreceptor presente en plantas sensibles a longitudes de onda que se corresponden con la luz azul y la luz ultravioleta.

Cromosoma

Forma particular que adopta el ADN en la división celular. Cada cromosoma está constituido por una molécula de ADN enrollada y por proteínas.

Cuerpo lúteo

También llamado "cuerpo amarillo". Aparece en el ovario luego de la ovulación, tiene función endocrina y produce estrógenos y progesterona.

Cuerpos cetónicos

Sustancias producidas en las células del hígado. Su función es suministrar energía al corazón y al cerebro en ciertas situaciones excepcionales. En la diabetes pueden acumularse en exceso en la sangre y producir cetoacidosis diabética.

Dendrita

Prolongación corta y ramificada de las neuronas que capta los estímulos.

Desarrollo

Cambios que acompañan el crecimiento.

Difusión

Paso de sustancias pequeñas a través de la membrana de las células desde un medio muy concentrado hacia otro poco concentrado.

Diploide

Célula que contiene la dotación completa de cromosomas de la especie (número diploide = 2n). Las células del cuerpo o somáticas son diploides.

Dormición

Período durante el cual la semilla de una planta no puede germinar.

Droga

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en sentido amplio, es toda sustancia química que, introducida en el organismo, puede producir modificaciones de diversa índole en su funcionamiento.

Ecdisona

Hormona que participa en la metamorfosis de los insectos. Favorece el crecimiento y la aparición de las características del adulto.

Efecto

Músculo o glándula que ejecuta la respuesta ante un estímulo determinado.

Embrión

Individuo en sus primeras etapas de desarrollo.

Encefalización

Proceso evolutivo que involucra la concentración de células nerviosas especializadas en una zona de gran capacidad funcional, el encéfalo, que suele estar ubicado en el extremo anterior de algunos animales.

Endocitosis

Proceso por el que la célula introduce moléculas grandes o partículas: las engloba en una invaginación de la membrana y forma una vesícula que termina por incorporarse al citoplasma.

Endometrio

Cubierta interna del útero de los mamíferos que se engrosa en respuesta a la secreción de estrógenos y progesterona.

Está formado por dos capas, una de las cuales se desprende durante la menstruación.

Endosoma

Vesícula que se forma durante el mecanismo de endocitosis, sea esta específica o inespecífica.

Enlace peptídico

Enlace químico entre dos aminoácidos.

Enzima

Proteína que cumple la función de catalizador y permite que las reacciones metabólicas se cumplan en forma eficiente. Actúa en forma específica sobre una sustancia o sustrato.

Enzimas de restricción

Enzimas que catalizan (aceleran) la degradación del ADN en secuencias particulares de nucleótidos.

Epífita

Se refiere a cualquier planta que crece sobre otra usándola solamente como soporte.

Espectro electromagnético

Banda de radiación que incluye diferentes longitudes de onda.

Estatocisto

Órgano del equilibrio más simple en los animales.

Estatolito

Material sólido en el interior de los estatocistos.

Esteriotipada

Tipo de respuesta que involucra movimientos repetitivos y fijos desencadenados por un estímulo señal.

Estímulo

Cualquier cambio en las características del entorno (luz, sonido) o del interior del organismo (presión sanguínea, concentración de la glucosa en la sangre) o de una célula.

Estímulo señal

Estímulo que desencadena un patrón fijo de acción.

Estomas

Pequeños poros de las plantas localizados en la superficie de las hojas, que regulan los intercambios de gases y la pérdida de agua.

Estrés

Reacción fisiológica del organismo, natural y necesaria para la supervivencia, en la que entran en juego diversos mecanismos de defensa para afrontar una situación amenazante o de demanda incrementada.

Estro

También llamado "celo", es el período de disponibilidad sexual y de mayor

fertilidad en las hembras de los mamíferos, a excepción de los seres humanos.

Estrógenos

Hormonas sexuales femeninas secretadas por el ovario que participan en la determinación de los caracteres sexuales secundarios y en el engrosamiento del endometrio durante el ciclo menstrual.

Evolución

En biología, conjunto de cambios que han ocurrido, y ocurren, en los seres vivos en el transcurso de la historia de vida en la Tierra.

Fagocitar

Englobar un microorganismo, una célula o una partícula alimenticia. La fagocitosis se realiza emitiendo unas prolongaciones del citoplasma llamadas pseudópodos.

Fagocitosis

Acción de fagocitar.

Fenotipo

Expresión de las características, visibles o no, que resultan de la interacción entre el genotipo y el ambiente.

Feromonas

Señales químicas que liberan algunos organismos.

Fitocromo

Fotorreceptor presente en plantas sensibles a longitudes de onda que se corresponden con la luz roja y la luz roja lejana.

Fitohormonas

También llamadas hormonas vegetales. Son sustancias químicas producidas por ciertas células vegetales que regulan los fenómenos fisiológicos de las plantas.

Flagelo

Estructura presente en algunas células eucariotas, como las de los espermatozoides, y procariotas, como las de las bacterias. Participa en la locomoción.

Floema

Tejido vegetal de conducción que transporta nutrientes orgánicos, especialmente azúcares, producidos por la parte aérea fotosintética, hacia las partes subterráneas no fotosintéticas.

Foco

Punto donde convergen los rayos de luz.

Fotomorfogénesis

Cambios que experimenta la forma de una planta ante el estímulo lumínico. Produce la activación de fotorreceptores.

Fotoperíodo

Medición de la proporción de luz y oscuridad en el transcurso de 24 horas.

Glosario

Fototropinas

PROTEÍNAS sensibles a longitudes de onda que se corresponden con la luz azul. Intervienen en el FOTOTROPISMO.

Fototropismo

RESPUESTA de un vegetal frente al estímulo luminoso. Implica un crecimiento de la planta, puede ser positivo (crecimiento orientado hacia la luz) o negativo (en contra de la luz).

FSH

HORMONA foliculo estimulante producida por la HIPÓFISIS. Actúa sobre el ovario y produce la maduración de los óvulos.

Gameto

CÉLULA SEXUAL propia de los SERES VIVOS con reproducción sexual.

Ganglio nervioso

Agrupamiento de cuerpos neuronales.

Gen

Fragmento de ADN que contiene la información para la síntesis de PROTEÍNAS. Los genes se encuentran en los CROMOSOMAS. Cada gen tiene una copia en el cromosoma homólogo.

Genética

Ciencia que estudia cómo están determinadas las características en el ADN, cómo se expresan en el organismo y cómo se transmiten de un individuo a otro.

Genoma

Conjunto de secuencias de ADN que caracterizan a un individuo y, por extensión, a su especie.

Genotipo

Tipo de GENES y SUS ALELOS que determinan las características de un individuo. Incluye toda la información contenida en los CROMOSOMAS, tanto la que se expresa como FENOTIPO como la que no se expresa.

Giberelinas

HORMONAS vegetales que participan en el desarrollo de las plantas. Según su presencia en el sitio y el momento adecuados, pueden estimular o inhibir el crecimiento de diferentes partes de las plantas.

Glándula

Órgano con función secretora, es decir, que produce y libera una determinada sustancia. Puede ser exocrina, como las glándulas mamarias, que liberan sus productos mediante un conducto fuera del organismo o en alguna cavidad del cuerpo, o endocrinas, como la tiroidea, que lo hacen directamente en la sangre. Existen también glándulas mixtas, como el páncreas, que pueden actuar como exocrinas o como endocrinas.

Glóbulo blanco

Un tipo de CÉLULA de la sangre, tam-

bién llamado "leucocito" o "linfocito", que participa en la defensa del organismo.

Glucagón

HORMONA producida por el páncreas que aumenta la cantidad de GLUCOSA en la sangre.

Glucemia

Concentración de GLUCOSA en la sangre.

Glucógeno

HIDRATO DE CARBONO formado por la unión de numerosas moléculas de GLUCOSA. Se almacena en el hígado y en los músculos y constituye una reserva de energía.

Glucosa

HIDRATO DE CARBONO simple, fuente primaria para la obtención de energía a través del proceso de respiración celular.

Gónada

Órgano de los animales especializado en la reproducción. En su interior se forman los GAMETOS o CÉLULAS reproductoras y las HORMONAS sexuales. Las gónadas masculinas son los testículos, y las femeninas, los ovarios.

Gonadotropinas

HORMONAS producidas por la HIPÓFISIS que controlan el funcionamiento de las GÓNADAS femeninas y masculinas.

Gradiente de concentración

Variación continua de concentración de una determinada sustancia entre dos extremos, cuando en una parte de la solución la concentración de las moléculas es más elevada que en la otra.

Gravitropismo

Crecimiento direccional de los organismos en RESPUESTA a la gravedad. Puede ser positivo, como en las raíces, o negativo, como en los tallos.

Haploide

CÉLULA que contiene la mitad del número de cromosomas de la especie (número haploide = n). Las células sexuales son haploides.

Hemoglobina

PROTEÍNA que contiene hierro, presente en los glóbulos rojos de los vertebrados y de algunos invertebrados. Transporta el oxígeno en la sangre y lo lleva a todas las CÉLULAS.

Hemolinfa

Líquido circulatorio de algunos invertebrados como artrópodos y moluscos, análogo a la sangre de los vertebrados.

Hidrato de carbono

Tipo de BIOMOLÉCULAS constituidas por carbono, hidrógeno y oxígeno, y, en

algunos casos, también por nitrógeno y azufre. Ejemplos: GLUCOSA, SACAROSA, almidón. También se los denomina "carbohidratos", "glúcidos" o "azúcares", aunque no todos son dulces.

Hipófisis

GLÁNDULA endocrina de los vertebrados, productora de HORMONAS que controlan el funcionamiento de otras GLÁNDULAS endocrinas.

Hipotálamo

Región del encéfalo situada en la base del cerebro, unida por un tallo nervioso a la HIPÓFISIS, y que contiene CÉLULAS NEUROSECRETORAS.

Histona

PROTEÍNA unida al ADN de las CÉLULAS EUKARIOTAS.

Homeostasis

Característica de los organismos mediante la cual se regula el ambiente interno para mantener sus condiciones estables y constantes.

Hormona

Sustancia, en general PROTEÍNA o ESTEROIDE, producida por los animales y los vegetales, que actúa en concentraciones muy pequeñas. Las hormonas regulan las actividades corporales, como el crecimiento, y la concentración de diferentes sustancias, tanto dentro como fuera de las CÉLULAS. Funcionan como señales químicas que llegan a los RECEPTORES de diferentes órganos y tejidos para estimular y/o regular su actividad y producir una respuesta fisiológica.

Hormona juvenil

HORMONA que participa en la METAMORFOSIS de los insectos. Mantiene las características del estado de LARVA.

Impronta

Proceso de APRENDIZAJE en los animales jóvenes que se realiza durante determinada fase de receptividad.

Impulso nervioso

Corriente eléctrica que recorre las NEURONAS y transmite información. Se origina por un cambio transitorio de la permeabilidad en la membrana plasmática, como consecuencia de la llegada de un ESTÍMULO.

Inducción

Acción de estimular a una CÉLULA.

Información hereditaria

Rasgo que se transmite a través de sucesivas generaciones.

Ingeniería genética

Conjunto de técnicas que permiten cortar y empalmar GENES o fragmentos de ADN de organismos distintos, lo que da lugar a organismos TRANSGÉNICOS que contienen ADN RECOMBINANTE.

Insulina

HORMONA producida por el páncreas. Disminuye la cantidad de GLUCOSA en la sangre.

Irritabilidad celular

Facultad que posee una CÉLULA para percibir los ESTÍMULOS del ambiente y responder a ellos de maneras muy diversas.

Larva

Estado inmaduro que presentan algunos animales cuando han dejado el huevo, pero con una estructura muy diferente del adulto.

Lente

Cuerpo transparente limitado por dos superficies, de las que al menos una es curva, ya sea cóncava o convexa.

LH

HORMONA luteinizante producida por la HIPÓFISIS. Actúa sobre el óvulo maduro y produce la OVULACIÓN.

Ligasa

ENZIMA que permite la unión de fragmentos de ADN.

Lípido

Nutriente orgánico que, además de proporcionar energía, contribuye a la formación de estructuras, actúa como material aislante y constituye la reserva de los animales y vegetales.

Locus

Lugar (posición) en el que se encuentra cada gen en un CROMOSOMA (plural: loci).

Luz polarizada

Fenómeno en el cual la onda electromagnética oscila en un plano determinado.

Luz visible

Parte del ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO que es captada por los fotorreceptores humanos y permite ver en colores.

Macrófago

Tipo de GLOBULO BLANCO que envuelve y degrada cualquier agente extraño al que reconoce como tal.

Mancha de pigmento

Estructura especializada en la captación de luz, presente en BACTERIAS y otros seres unicelulares.

Mancha ocular

Estructura primitiva unicelular, especializada en captar intensidad de luz y que no está acompañada de otras CÉLULAS de soporte. Puede estar dispersa o concentrada en alguna región.

Materia blanca

Porción del cerebro y de la médula espinal integrada por axones neuronales cubiertos por MIELINA.

Materia gris

Parte exterior del encéfalo y región interior de la médula espinal constituida por interneuronas, somas de neuronas motoras y células gliales.

Menstruación

Eliminación cíclica del endometrio. Es parte del ciclo menstrual, controlado por la acción de hormonas de la hipófisis y de los ovarios.

Metabolismo

Conjunto de reacciones químicas que ocurren en el organismo. Incluye reacciones de degradación o catabólicas, y reacciones de síntesis o anabólicas.

Metamorfosis

Conjunto de cambios en muchos animales, desde que salen del huevo hasta que se convierten en adultos; por ejemplo, del renacuajo a la rana.

Mioglobina

Proteína globular que transporta y almacena oxígeno. Se encuentra en las fibras musculares.

Mielina

Sustancia de naturaleza lipídica que forma vainas alrededor de los axones de las neuronas. Permite la transmisión de los impulsos nerviosos entre distintas partes del cuerpo gracias a su efecto aislante.

Mitosis

Proceso de división celular por el que una célula "hija" recibe una copia completa del ADN y resulta idéntica a la célula que le dio origen y a sus células "hermanas". Ocurre en las células somáticas (todas las células excepto las sexuales) de los seres pluricelulares. En los organismos que se reproducen asexualmente, como las bacterias, da origen a un nuevo ser.

Modalidad sensorial

Forma de energía a la que es sensible un receptor sensorial.

Modelo

Imagen abstracta, simplificada y analógica de un fenómeno que se postula para explicarlo y trabajar sobre él. El modelo se representa mediante diversos lenguajes.

Monómero

Molécula pequeña que se encuentra repetidamente en otra más grande (polímero). Son monómeros, por ejemplo, los aminoácidos y los nucleótidos.

Muda

Renovación del tegumento o recubrimiento del cuerpo que se produce en muchos animales, típicamente en artrópodos como arañas e insectos.

Mutación

Cambio casual en el ADN que podría determinar una transformación en una característica del organismo.

Nastia

Respuesta de las plantas en la que se produce un movimiento pasajero y sin orientación, luego del cual el vegetal vuelve a su posición inicial al cabo de un tiempo.

Nervio

Órgano en forma de cordón, conductor o transmisor de impulsos nerviosos. Los nervios están compuestos de fibras nerviosas reunidas en haces, que a su vez resultan de las asociaciones de los axones envueltos por una vaina.

Neurona

Célula nerviosa especializada, considerada la unidad estructural y funcional del sistema nervioso, formada por un cuerpo celular o soma, y prolongaciones denominadas dendritas y axón.

Neurotransmisor

Sustancia, almacenada en vesículas, liberada por una neurona en la sinapsis, que se une a receptores de la membrana postsináptica de otra neurona o de un músculo o de una célula glandular.

Nucleótido

Molécula orgánica constituida por la unión de una base nitrogenada, un azúcar y un grupo fosfato. La reunión de miles de nucleótidos forma un ácido nucleico.

Ocelo

Concentración de manchas oculares en alguna región del cuerpo del animal, que informa sobre la intensidad de la luz.

Ojo compuesto

Estructura formadora de imagen presente en artrópodos y constituido por omatidios.

Ojo en cámara

Estructura formadora de imagen presente en vertebrados y cefalópodos.

Ojo en copa

Receptores ubicados en el interior de una cavidad abierta y tapizada por moléculas pigmentarias. Informa sobre la dirección de la que procede la luz.

Ojo simple

Receptor ubicado en el interior de una cavidad abierta tapizada por moléculas pigmentarias en el que se interpone una lente.

Omatidio

Unidad sensorial formada por células fotorreceptoras capaces de distin-

guir entre la presencia y la falta de luz y, en algunos casos, capaces de distinguir colores. El conjunto de omatidios forma los ojos compuestos presentes en algunos invertebrados como los insectos y los crustáceos.

Órgano blanco

Órgano sobre el que actúa una hormona específica, ya que contiene células blancas.

Osmorregulación

Regulación de la cantidad de agua en el interior del cuerpo.

Ovulación

Liberación de uno o más óvulos por el ovario.

Papila gustativa

Receptor sensorial gustativo ubicado en la lengua.

Parasitismo social

Relación que se establece entre diferentes especies de insectos sociales. Una especie se beneficia y la otra se perjudica.

Patógeno

Organismo capaz de producir enfermedades, como determinadas bacterias, hongos unicelulares y protozoos.

Patrón fijo de acción

Movimientos coordinados o secuencias de comportamientos fijos y complejos.

Péptido

Molécula orgánica formada por la unión de varios aminoácidos.

Percepción

Proceso que incluye no solo la captación de estímulos por medio de los receptores, sino también la interpretación de estos a nivel cerebral.

Período crítico

Tiempo específico durante el cual se presenta la impronta.

Placenta

Tejido formado por células de la madre y del embrión que comunica a ambos y permite el intercambio de sustancias y desechos.

Planta de día corto

Planta que florece ante proporciones de luz y oscuridad inferiores a un determinado valor.

Planta de día largo

Planta que florece ante proporciones de luz y oscuridad superiores a un determinado valor.

Planta parásita

Se trata de aquella que obtiene de otra planta alguna o todas las sustancias nutritivas que necesita para su desarrollo.

Plántula

Etapas del desarrollo de las plantas que se inicia cuando la semilla sale de su dormición y germina, y finaliza con la aparición de las primeras hojas.

Plásmido

ADN circular que se encuentra en las bacterias. Se emplea en biotecnología molecular como herramienta para la transferencia de genes.

Plasmodesmo

Especie de túnel que atraviesa la gruesa pared que separa las células de las plantas. Cada uno está recubierto por membranas plasmáticas fusionadas entre sí.

Plexo nervioso

Grupo de neuronas interconectadas en forma de red y orientadas en un plano que constituye una capa de tejido nervioso. La conducción del impulso nervioso puede darse en cualquier dirección.

Poder de acomodación

Mecanismo que permite la visión de objetos que se acercan y se alejan.

Polímero

Molécula compuesta por muchas subunidades idénticas o similares llamadas monómeros. Son ejemplos de polímeros los ácidos nucleicos y las proteínas.

Polinización

Proceso por el cual los granos de polen, que contienen los gametos masculinos, son transportados desde los estambres de una flor hasta los carpelos de la misma flor o de otra, que contienen los óvulos con los gametos femeninos.

Polipéptido

Molécula formada por una cadena de más de diez aminoácidos unidos por enlaces peptídicos.

Potencial de acción

Cambio rápido y transitorio en el potencial eléctrico negativo a través de la membrana celular. En las células nerviosas permite la conducción del impulso nervioso, y en células musculares produce la contracción.

Potencial de reposo

Potencial eléctrico negativo en células nerviosas no estimuladas, debido a la diferencia de potencial entre ambos lados de la membrana celular.

Potencial eléctrico

Potencial producido por diferencias en la concentración de iones dentro y fuera de la célula y por diferencias en la permeabilidad de la membrana celular a esos iones.

Progesterona

Hormona producida por el ovario que

Glosario

prepara el útero para la implantación del EMBRION; también es producida por la PLACENTA durante el embarazo.

Prolactina

HORMONA segregada por el lóbulo anterior de la HIPÓFISIS, que estimula la producción de leche en las GLÁNDULAS MAMARIAS y la síntesis de PROGESTERONA en el CUERPO LÚTEO.

Propiedades emergentes

Características nuevas que surgen a partir de la interacción de los diferentes componentes de un SISTEMA.

Proteína

BIMOLECULA constituida por más de diez AMINÓCIDOS (POLIPEPTIDO), que adopta una estructura espacial definida. Tiene funciones estructurales, transportadoras, contráctiles y reguladoras en los organismos.

Proteínas integrales

PROTEÍNAS que atraviesan la membrana celular, una o más veces, o están unidas fuertemente a ella.

Proteínas periféricas

PROTEÍNAS unidas débilmente a la superficie externa o interna de la membrana celular.

Proteínas recombinantes

Las que se sintetizan a partir de la información que porta el ADN recombinante.

Pupa

Estado por el que pasan algunos insectos en el curso de la METAMORFOSIS que los lleva del estado de larva al de adulto.

Receptor

Estructura especializada en captar ESTÍMULOS, tanto internos (interceptores) como externos (exteroceptores).

Receptor celular

PROTEINA que suele estar completamente incluida en la membrana citoplasmática, o bien, en el citoplasma celular.

Receptor sensorial

CÉLULA especializada en la captación de ESTÍMULOS externos. Según el tipo de estímulo que captan, se distinguen: fotorreceptores (luz), mecanorreceptores (movimientos), termorreceptores (cambios de temperatura), quimiorreceptores (sustancias químicas).

Replicación del ADN

Proceso por el cual se fabrica una copia de la molécula de ADN.

Respuesta

Actividad llevada a cabo ante un ESTÍMULO por un organismo unicelular o multicelular.

Respuesta inmunológica

Tipo de RESPUESTA que se manifiesta con la producción y liberación de sustancias o la formación de CÉLULAS que atacan y destruyen a agentes extraños al organismo.

Respuesta motora

Tipo de RESPUESTA que se manifiesta como contracción muscular.

Respuesta secretora

Tipo de RESPUESTA que se manifiesta con la producción y liberación de sustancias.

Retroalimentación

Término que significa "control hacia atrás", y hace referencia al mecanismo por medio del cual la acción de un órgano controla su funcionamiento. Puede ser positiva, si aumenta o estimula el funcionamiento, o negativa, si lo disminuye o inhibe.

Ribosoma

Órgano compuesto por ácido ribonucleico ribosómico (ARN RIBOSÓMICO) y PROTEÍNAS. Se encuentra en el citoplasma de las CÉLULAS. Es el lugar de TRADUCCIÓN en la síntesis de PROTEÍNAS.

Rotación de cultivos

Técnica que implica la siembra de especies diferentes en forma alternada.

Secretina

HORMONA que se libera en el duodeno cuando llega el ácido proveniente del estómago. Su acción principal es la de estimular la secreción pancreática.

Sensilias

Prolongaciones huecas en la superficie de algunas partes del cuerpo de los insectos, también llamadas pelos sensitivos.

Ser vivo

Organismo que cumple con determinadas funciones y propiedades, como la de estar constituido por una o más CÉLULAS, intercambiar materia y energía con el entorno, mantener la HOMEOSTASIS, crecer y reproducirse.

Sudópodo

Prolongación transitoria del citoplasma de ciertas CÉLULAS, que permite la locomoción o la nutrición celular.

Sinapsis

Sitio de comunicación entre CÉLULAS nerviosas. Puede ser química o eléctrica, excitatoria o inhibitoria.

Sistema

Conjunto de componentes que se relacionan entre sí y actúan de manera coordinada.

Sistema abierto

SISTEMA que intercambia materia y energía con su entorno. Los cambios en el entorno afectan al sistema y, a

su vez, el entorno es afectado por la actividad del sistema. LOS SERES VIVOS son un ejemplo de sistema abierto.

Sistema aislado

SISTEMA que no intercambia materia ni energía con su entorno.

Sistema cerrado

SISTEMA que intercambia energía pero no materia con su entorno.

Sistema endocrino

Conjunto de GLÁNDULAS que segregan HORMONAS que son vertidas en la sangre y llegan así a otras glándulas y a los ORGANOS BLANCO regulando su actividad.

Somatostatina

HORMONA producida por las CÉLULAS delta del páncreas. Interviene indirectamente en la regulación de la GLUCEMIA, e inhibe la secreción de INSULINA y GLUCAGÓN.

Somatropina

HORMONA que regula el crecimiento del tejido óseo. Su falta provoca enanismo, y su exceso, gigantismo.

Sustrato

Sustancia sobre la que actúa una ENZIMA.

Taxismo

RESPUESTA locomotora presente en animales, que se orientan continuamente con respecto a un ESTÍMULO del ambiente.

Termorregulación

Mecanismos que regulan la temperatura corporal y la mantienen constante, a pesar de los cambios en la temperatura ambiental.

Testosterona

HORMONA secretada por los testículos en los vertebrados superiores. Estimula el desarrollo y el mantenimiento de las características sexuales masculinas y la producción de ESPERMATOZOIDES.

Tímpano

Membrana elástica, semitransparente y un poco cóncava que comunica el canal auditivo externo con el oído medio. Se mueve como consecuencia de las vibraciones del aire que llega a través del canal auditivo externo.

Tiroxina

HORMONA producida por la tiroides. Su función es estimular el metabolismo de LOS HIDRATOS DE CARBONO y LOS LÍPIDOS, activando el consumo de oxígeno, así como la degradación de PROTEÍNAS dentro de la CÉLULA.

Traducción

Etapa de la síntesis de PROTEÍNAS en la cual la CÉLULA fabrica una secuencia de AMINÓCIDOS a partir de la información genética del ARN MENSAJERO.

Transcripción

Etapa de la síntesis de PROTEÍNAS en la cual se fabrica una molécula de ARN complementaria a una de las hebras del ADN.

Transducción

Conversión de una señal extracelular en una señal intracelular.

Transgénico

Tipo de organismo que contiene en su material genético un GEN proveniente de otro organismo, y que le confiere una nueva característica.

Tropismo

RESPUESTA de las plantas a un determinado ESTÍMULO (mecánico, lumínico, etc.) en la que se producen cambios en la dirección del crecimiento.

Ultrasonido

Sonido con frecuencia mayor de 20,000 Hz, que no es detectado por el oído humano. Los ultrasonidos pueden ser escuchados por algunos animales, como delfines, murciélagos o perros. Se utilizan en diversas aplicaciones, como la ecografía o el sonar.

Uniones de hendidura

Canales entre las membranas celulares que conectan directamente los citoplasmas de dos CÉLULAS adyacentes. También llamadas uniones gap.

Vector

BACTERIA o VIRUS, no patógeno, que se utiliza para transportar un GEN de un organismo a otro.

Visión binocular

Tipo de visión animal con gran superposición de campos visuales. Producen sensación de imagen en 3D.

Visión en mosaico

Tipo de visión presente en invertebrados con ojo compuesto.

Visión monocular

Tipo de visión animal en la cual un solo ojo envía información para tener noción de distancia.

Xilema

Tejido vegetal leñoso de conducción, que transporta líquidos de una parte a otra de las plantas. Junto con el FLOEMA, forma una red continua que se extiende a lo largo de toda la planta.