

Liliana Elisabet Mosso – Sergio Hernán Tedesco

BIOLOGÍA III



3^{er} año Secundaria

Muestra distribuida por la editorial



ÍNDICE

PRIMERA PARTE: Las relaciones de los seres vivos con el medio

CAPÍTULO 1: Organismos unicelulares y plantas	11
Un viaje al «Reino del Revés»	12
Adaptaciones fisiológicas o funcionales	13
Adaptaciones etológicas o comportamentales	13
El estímulo y la respuesta	14
Diferentes tipos de estímulos y respuestas	14
El mundo microscópico: la «torre solidaria» y otras cosas sorprendentes	15
Cuando la pluricelularidad complejiza las cosas	17
La respuesta a la auxina a nivel celular. Otras acciones de la auxina	21
Un proyecto para realizar en laboratorio: cultivo hidropónico de plantas	24
Otras hormonas que producen reacciones en los vegetales	25
El crecimiento reproductivo: cuando las hormonas no bastan	26
La hormona del fotoperíodo	29
¿Plantas que duermen o plantas con reloj?	30
Plantas que se mueven...	32
Una última reflexión sobre las plantas	34
CAPÍTULO 2 : Animales	37
Cuando la pluricelularidad complejiza las cosas	38
Las relaciones con el medio en seres con movilidad: los animales	38
De nuevo en el “Reino del Revés”: las conductas o comportamientos	38
¿Cómo y para qué? Dos enfoques del estudio del comportamiento	40
La importancia de los sentidos: distintas formas de percibir cambios del ambiente	41
Para oírte mejor... para oírte mejor... para verte mejor (Y otras cosas que el Lobo Feroz no puede hacer)	43
a) Olores y sabores	43
b) El tacto	45
c) Vibraciones, sonidos y ecos	46
d) ¿De color ultravioleta?	49
e) ¿Un sexto sentido?	52
Los mecanismos de adaptación menos visibles: regulación del medio interno	53
a) La regulación del agua	54
b) Regulación de la temperatura	56
¿De dónde sacan calor los seres vivos?	57
Cómo regula su equilibrio térmico un animal endotermo	58
Del estímulo a la señal: los disparadores de las conductas	60
¿Heredado o aprendido? ¿Innato o adquirido?	62
La importancia de aprender	64
El aprendizaje social	66
Herencia y evolución del comportamiento	67
Comportamiento social	69
Sociedades animales	69

El comportamiento social también incluye a veces vínculos interespecíficos	71
¿Por qué algunos animales aprenden y otros no? El papel del sistema nervioso	73
Cómo huir de un enemigo: la coordinación neuroendocrina	74

SEGUNDA PARTE : Regulación e integración de funciones

CAPÍTULO 3: Las relaciones entre las células de un individuo pluricelular	77
La simple vida de un unicelular, versus la complejidad de los pluricelulares	79
Diferentes estrategias para la supervivencia.....	79
¡Todas para uno... y uno para todas!	81
Todo es cuestión de comunicación	82
Antes de seguir: recordemos las características de la membrana celular	84
Especificidad ligando-receptor: como una llave en su cerradura.....	87
a) El reconocimiento virus-célula	87
b) Otro caso de especificidad: el rechazo de sangre no compatible durante una transfusión (unión antígeno-anticuerpo).....	90
Anticuerpos para combatir enfermedades	93
El viaje de la señal o ligando hasta el receptor: ¿comunicación local o larga distancia?.....	93
¿Cómo responden las células a las señales recibidas?	95

CAPÍTULO 4: Coordinación nerviosa en los seres vivos	101
Allá lejos y hace tiempo.....	102
Cerebro y comportamiento: más enigmas que certezas	104
¿Cuestión de tamaños?	104
Evolución del sistema nervioso en animales	105
Estructura y funciones del sistema nervioso humano	108
a) Sistema nervioso central.....	108
b) El sistema nervioso periférico	110
De la célula al tejido y de éste al órgano: composición del sistema nervioso	112
¿Blanco o gris? ¡Sistema nervioso bicolor!	114
¿Con los «nervios de punta»!.....	115
En síntesis, los nervios se clasifican	116
Neuronas y compañía: el tejido nervioso.....	116
Receptores de estímulos y efectores: componentes fundamentales de la interacción central-periférica	117
Los receptores.....	117
Tacto	117
Oído.....	117
Vista	117
Olfato	117
Gusto.....	118
Los efectores (respuestas motoras).....	118
Esqueleto	118
Músculos	118
Articulaciones.....	118
Funcionamiento integrado del sistema nervioso central- sistema nervioso periférico	121
a) Los actos reflejos: No hay rosas sin espinas.....	121

b) Los actos voluntarios y el protagonismo del cerebro: un camino más largo para una acción más compleja	123
Los hemisferios cerebrales ¿procesan la misma información?	125
Comportamiento innato o adquirido	126
c) Un conjunto de actos reflejos simultáneos: la reacción de pelea y huida y los sistemas simpático y parasimpático	127
La película de terror y el balde de pochoclo.....	128
Un viaje al interior de las neuronas: ¿cómo logran transmitir el impulso nervioso?.....	128
La sinapsis	130
Las drogas y su efecto sobre las sinapsis del sistema nervioso	132
Vamos al laboratorio.....	137
Exploración de la agudeza auditiva	137
¿Qué es la percepción? Cuando nuestros ojos perciben lo que no es: las ilusiones ópticas.....	137

CAPÍTULO 5: Sistema endocrino

Un poco de historia.....	140
La importancia de la glucosa.....	140
Todo es cuestión de comunicación	142
Mensajes, mensajeros y químicos	143
Héroes y villanos	144
El páncreas, un órgano que vale por dos.....	145
Un ejemplo de la vida real	145
Autorregulación	146
Tres son multitud	147
El sistema endocrino: regulación hormonal del organismo	147
Con ustedes, la hipófisis.....	148
El tercer ojo	151
La glándula tiroides	152
Las glándulas paratiroides	152
Un caso para pensar	153
Las gónadas	154
Las hienas que se hacen los machos	154
El ciclo menstrual femenino.....	154
Hecha la ley, hecha la trampa.....	156
Glándulas adrenales o suprarrenales	156
Médula suprarrenal	157

TERCERA PARTE : Del ADN al organismo

CAPÍTULO 6: El papel del ADN

Las moléculas de la vida	160
Otros químicos importantes	160
Las proteínas	160
Y esto, ¿para qué me sirve?	161
Enzimas.....	162
La estructura molecular de las proteínas.....	164

Niveles de organización de las proteínas.....	165
Todo puede cambiar	166
La información genética.....	166
Instrucciones para fabricar una proteína.....	166
Los ácidos nucleicos	166
La molécula que se fabrica a sí misma.....	168
Parecidas pero distintas	171
Tipos de ARN	172
El cocinero, la torta, el ADN, el ARN y las proteínas	173
Transcripción	173
La traducción.....	175
Del ADN a la proteína.....	178
El código secreto.....	179
Las mutaciones, Darwin y los ojos celestes	182
Las mutaciones, Mendel y el tallo de las plantas.....	183
Los mutantes	183
Cuando el hombre manipula los genes: ¿realidad o ciencia ficción?	184
¿Cómo llegó el ser humano a dominar estas técnicas? El origen de la biotecnología.....	186
La biotecnología moderna: nuevas herramientas y nuevos horizontes	187
La manipulación genética.....	187
Los transgénicos.....	187
Las terapias génicas: manipular genes para curar enfermedades	189
Bibliografía.....	191

PRIMERA PARTE:

Las relaciones de los seres vivos con el medio

CAPÍTULO 1

ORGANISMOS UNICELULARES Y PLANTAS



¿Sabías que...?

El *Reino del Revés* es el título de una conocida canción (a la que pertenece la frase «nada el pájaro y vuela el pez») y de un libro cuya autora es María Elena Walsh. Es una escritora, música y cantautora argentina contemporánea que se dedicó de lleno a literatura infantil. Nació en Ramos Mejía (provincia de Buenos Aires) el 1 de febrero de 1930. Otras obras destacables de esta autora fueron *Dailan Kifki*, *Doña Disparate* y *Bambuco*, *Cuentopos de Gulubú*, etc. También creó conocidos personajes como la famosísima tortuga Manuelita.

Un viaje al «Reino del Revés»

Les proponemos comenzar con un viaje imaginario a un lugar en donde la naturaleza se comporta de manera muy extraña. Allí no sólo «nada el pájaro y vuela el pez», sino que también suceden otras cosas no menos intrigantes: las semillas brotan con las raíces hacia arriba, mientras que las hojitas se van hundiendo en el suelo, los pájaros se olvidaron de cómo construir su nido, las arañas se asustan y se alejan cuando algún insecto quedó atrapado en su tela, los ciervos no saben cómo buscar pareja, las chimpancés no saben cómo cuidar a sus crías, las ballenas tiritan de frío en el agua helada y no recuerdan cómo nadar, los gatos no atrapan ratones, las flores nunca se abren... ¿Qué más se les ocurre a ustedes que puede suceder en el Reino del Revés?

¿Les parece posible que estas cosas ocurran en la realidad? ¿Por qué? Considérenlas una a una y discutan acerca de las probables consecuencias que podría sufrir cada ser vivo de acuerdo con su modo de actuar.

Si analizáramos cada una de estas situaciones, llegaríamos a la conclusión de que estos seres vivos... ¡están en serios problemas!

Según lo que sabemos sobre la **Teoría de la Evolución**, que un pez vuele o un ave nade es poco común (sólo se encuentran unos pocos casos como el pingüino –un ave nadadora– y el pez volador, que puede hacer planeos cortos en el aire), dado que las adaptaciones que cada uno adquirió y acumuló durante cientos o miles de años los han preparado para poder sobrevivir en medios muy específicos, que han ejercido **presión de selección** para que se favorecieran ciertas características por sobre otras menos ventajosas. De este modo, como resultado del proceso de **selección natural** sobre las particularidades (o diversidad) en los individuos, se ha llegado a configurar la «forma pez»: cuerpo alargado hidrodinámico, escamas, aletas, respiración por branquias. Lo mismo ocurrió con la «forma ave»: alas, cuerpo emplumado, huesos muy livianos, pulmones para respirar.

Este tipo de modificaciones, llamadas **adaptaciones morfológicas**, se fueron adquiriendo a largo plazo, dado que, en el proceso evolutivo, no todas las características aparecen simultáneamente en un mismo individuo. Un proceso es, justamente, el conjunto de fases sucesivas que

dan lugar a un fenómeno. Los cambios adaptativos se van sumando en el transcurso de varias generaciones.

Pero ¿qué ocurre con los otros casos que vemos en el «Reino del Revés»?

En esas otras situaciones, no hay un problema de formas –o, para expresarnos correctamente, de morfología–, sino con las «reacciones» de los seres vivos, que en nuestro reino imaginario no son las esperadas.

Frente a señales del medio o de otros individuos, todo ser vivo lleva a cabo acciones que tenderán a favorecer la supervivencia a través de la obtención de recursos del ambiente o de la posibilidad de reproducirse en mejores condiciones; es decir, de lograr el **éxito reproductivo**. Este tipo de adaptaciones se clasifican como:

Adaptaciones fisiológicas o funcionales

El ambiente, a través de sus presiones de selección, favorece a aquellos individuos en cuyos órganos se produjo una innovación en lo que hace a su funcionamiento, **no a su forma**, que le otorga ventajas que otros individuos de su misma población no tienen. En los casos descriptos, las semillas, al germinar, poseen mecanismos fisiológicos para detectar hacia dónde deben orientarse el tallo y la raíz a medida que se desarrollan, o para determinar frente a qué señales las flores deben abrirse. En la ballena, se cumple un mecanismo fisiológico de aislamiento que le permite mantener su sangre caliente aun en aguas heladas.

Adaptaciones etológicas o comportamentales

La conducta también puede ser analizada como una característica adaptativa, dado que depende de las presiones ambientales (el tipo de hábitat, el rol en el ecosistema, la presencia de predadores o presas, o el alimento disponible). Son seleccionados positivamente aquellos comportamientos que resultan en el aumento del éxito reproductivo de los individuos que los realicen.

Podrán comprobar que ambos tipos de adaptaciones también son el resultado de la selección natural, la cual no sólo actúa determinando la forma sino también las funciones y acciones que podrán realizar los individuos de una especie.

Selección natural

Mecanismo descrito por Darwin en su Teoría de la Evolución para describir los cambios evolutivos y la adaptación. Los seres vivos poseen variaciones individuales que les permiten a algunos de ellos tener más posibilidades de sobrevivir y reproducirse ante determinadas condiciones del ambiente, denominadas «presiones de selección». Estas variaciones que facilitan la vida de algunos individuos son las adaptaciones que se van acumulando en las poblaciones en las generaciones subsiguientes. De esta manera, se logran cambios de estructuras y conductas que, a lo largo del tiempo, van «moldeando» a los individuos y a las poblaciones en relación con su entorno.

Presión de selección

Instrumento a través del cual actúa la selección natural. Se trata de una fuerza que actúa sobre las poblaciones y que hace que algunos individuos aporten más descendientes que otros a las futuras generaciones; y de este modo dirige el proceso de evolución (en Begon et al., *Ecología*, Barcelona, Omega, 1988).

Actividades



Busquen ejemplos de adaptaciones morfológicas, comportamentales y fisiológicas de tres especies de animales.

Las adaptaciones fisiológicas y comportamentales permiten la interacción permanente de los seres vivos con el medio; para eso, es imprescindible que el individuo desarrolle mecanismos que le permitan captar las señales o los **estímulos** que el ambiente u otros seres vivos le envían. Esta condición es imprescindible para poder elaborar una respuesta. En las próximas páginas veremos muchos ejemplos que exponen la relación entre estímulos y respuestas. Veamos cada concepto por separado.

El estímulo y la respuesta

En primer lugar, es necesario recordar una afirmación que parece obvia: para que exista una respuesta tiene que haber una pregunta previa. Esto vale tanto para la comunicación entre seres humanos como también para la que establecen otras especies del reino natural. Para el caso de los animales o las plantas, aparece alguna señal o **estímulo**, que se define como una alteración del medio externo (proveniente del ambiente o de otro ser vivo), o del medio interno del individuo, y que es capaz de desencadenar en él una **respuesta**. Para que esto ocurra, debe cumplirse con otro requisito: el ser vivo debe poder comprender esta señal; es decir, debe contar con estructuras que le permitan captarla e interpretarla. Un ejemplo de esto son nuestros órganos sensoriales, que nos permiten captar estímulos de diversa índole, que luego se decodifican en zonas específicas del cerebro. Tal es el caso de nuestros ojos, por ejemplo, que nos permiten procesar la luz que recibimos y generar imágenes en nuestro cerebro.

Durante el proceso evolutivo, los seres vivos hemos desplegado diversas estrategias para lograr captar estos estímulos, y también para darles respuesta. Desde los seres unicelulares, pasando por las plantas, hasta los animales más complejos, todos tenemos capacidades desarrolladas en mayor o menor grado para poder procesar estímulos y responder a ellos. Estas capacidades se desarrollan en distintas estructuras, más o menos complejas.

Diferentes tipos de estímulos y respuestas

Los seres unicelulares son muy simples; al estar compuestos por una sola célula, toda ella está en contacto con su entorno, lo cual les facilita la interacción. Por otra parte, los animales cuentan con el importante recurso del desplazamiento; muchos de ellos, además, tienen la posibilidad de generar comportamientos complejos, cosa que no les ocurre a las plantas, que debieron desarrollar estrategias fisiológicas para resolver cuestiones tan elementales como la búsqueda de la luz, elemento esencial para la obtención de alimento.

Los vegetales manifiestan respuestas menos dinámicas, a través de movimientos provocados por el crecimiento de sus células y que, por ello, son lentos, casi imperceptibles; a diferencia de los animales, que llevan a cabo respuestas más activas y variadas.

Hagamos un recorrido por este amplio repertorio de estrategias evolutivas. Comencemos por los seres microscópicos unicelulares.

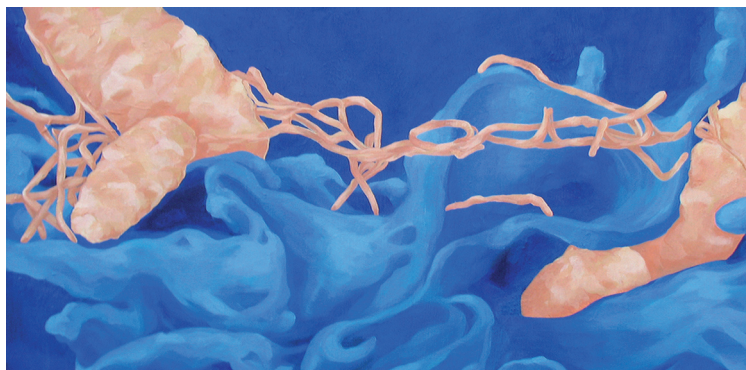
El mundo microscópico: la «torre solidaria» y otras cosas sorprendentes

Un ejemplo muy sencillo de respuesta ante un estímulo lo representa la *Euglena*. Este unicelular perteneciente al reino Protista vive en charcos de agua y posee una mancha pigmentaria (mancha ocular o estigma) sensible a la luz. Con su flagelo se moviliza nadando en espiral hacia la fuente iluminada, y logra así optimizar su rendimiento en la fotosíntesis, dado que esta especie es autótrofa, es decir, fabrica su propio alimento (aunque la *Euglena* es un caso excepcional, porque también puede ingerir alimento, es decir que también puede ser heterótrofa).



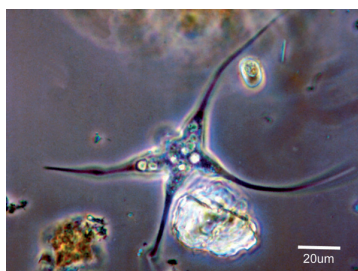
Euglena

Veamos ahora lo que ocurre en el reino Monera. Son seres procariotas, es decir que sus células no poseen núcleo ni organelas complejas. Sus representantes más conocidos son las bacterias y algas azules. Muchos de estos individuos también son flagelados y tienen la capacidad de acercarse ante la presencia de partículas alimenticias, y de retroceder cuando se les interponen moléculas nocivas. Esta sensibilidad se debe a elementos específicos presentes en su membrana celular que son receptores de cada sustancia; aunque aún no les queda claro a los investigadores cómo la percepción de un compuesto químico benéfico o nocivo puede hacerles «decidir» entre dos respuestas motoras diferentes.



Bacterias de *Salmonella* (conocidas por producir enfermedades en el hombre por contaminación en los alimentos), en las que se ven las prolongaciones que usan para desplazarse y atrapar moléculas de las que se nutren

Lo más asombroso que se ha comprobado en seres microscópicos es el comportamiento solidario o **altruismo**, que implica el uso de una acción grupal como estrategia de supervivencia de la especie. Un tipo de ameba (animal unicelular eucariota del reino Protista) llamada *Dictiostelium discoideum* vive en suelos húmedos, donde



Ameba. Se observan cuatro pseudo-podios (prolongaciones oscuras muy alargadas). Fotografía de Gordon Beakes © University of Newcastle upon Tyne. Imagen cortesía del Centro de Biociencia.



Paramecio. Obsérvense las cilias (pequeños pelos) que rodean todo el contorno de este unicelular. El movimiento coordinado de estas estructuras se debe a neurofibrillas presentes en el citoplasma, que las interconectan y posibilitan el desplazamiento del paramecio.

se forman colonias de muchos individuos. Cuando el alimento escasea, se desplazan con movimientos llamados «ameboides»: deforman su membrana celular y emiten prolongaciones citoplasmáticas llamadas **seudopodios**. Así, se reúnen cientos de ellos y trepan uno sobre otro hasta formar una verdadera «torre» que mide unos 2 mm de alto (tengan en cuenta que una ameba mide solo unos 0.025 milímetros...), que continúa moviéndose como si se tratara de una unidad. Las amebas que quedan en el extremo superior secretan una envoltura resistente que les permite sobrevivir en ambientes adversos: se transforman en quistes o **esporas**. Al mismo tiempo, las demás generan una pared celular de celulosa (cosa muy extraña, dado que la cobertura de celulosa es propia sólo de las células vegetales, mientras que las células animales como las de las amebas no tienen pared celular), y así pueden soportar la estructura de la torre en pie. Cuando las condiciones alimentarias mejoran, las amebas enquistadas, únicas sobrevivientes de la comunidad, se desenquistan y refundan la colonia con nuevos individuos a partir de la reproducción.

Esta compleja reacción, propia de animales superiores y de algunos insectos, es desencadenada por una sustancia química que liberan algunas amebas de la colonia al medio y que las demás captan como señal de alarma.



Actividades

- 1) El Paramecio (animal unicelular del reino Protista) es sensible al frío y al calor y detecta el rango de temperatura en el cual su metabolismo es óptimo, que se sitúa entre los 25°C y los 26°C. Este animal es acuático y puede nadar gracias a pequeños pelos o **cilios** que posee en su superficie. Si ustedes tuvieran a disposición una pecera rectangular con Paramecios, ¿cómo demostrarían experimentalmente esta reacción?
- 2) Completen la siguiente tabla para los casos vistos:

Ser vivo	Estímulo	Respuesta	Beneficio
Euglena			
Bacteria caso 1			
Bacteria caso 2			
Ameba			
Paramecio			

¿Qué cosas en común hay entre estos comportamientos?

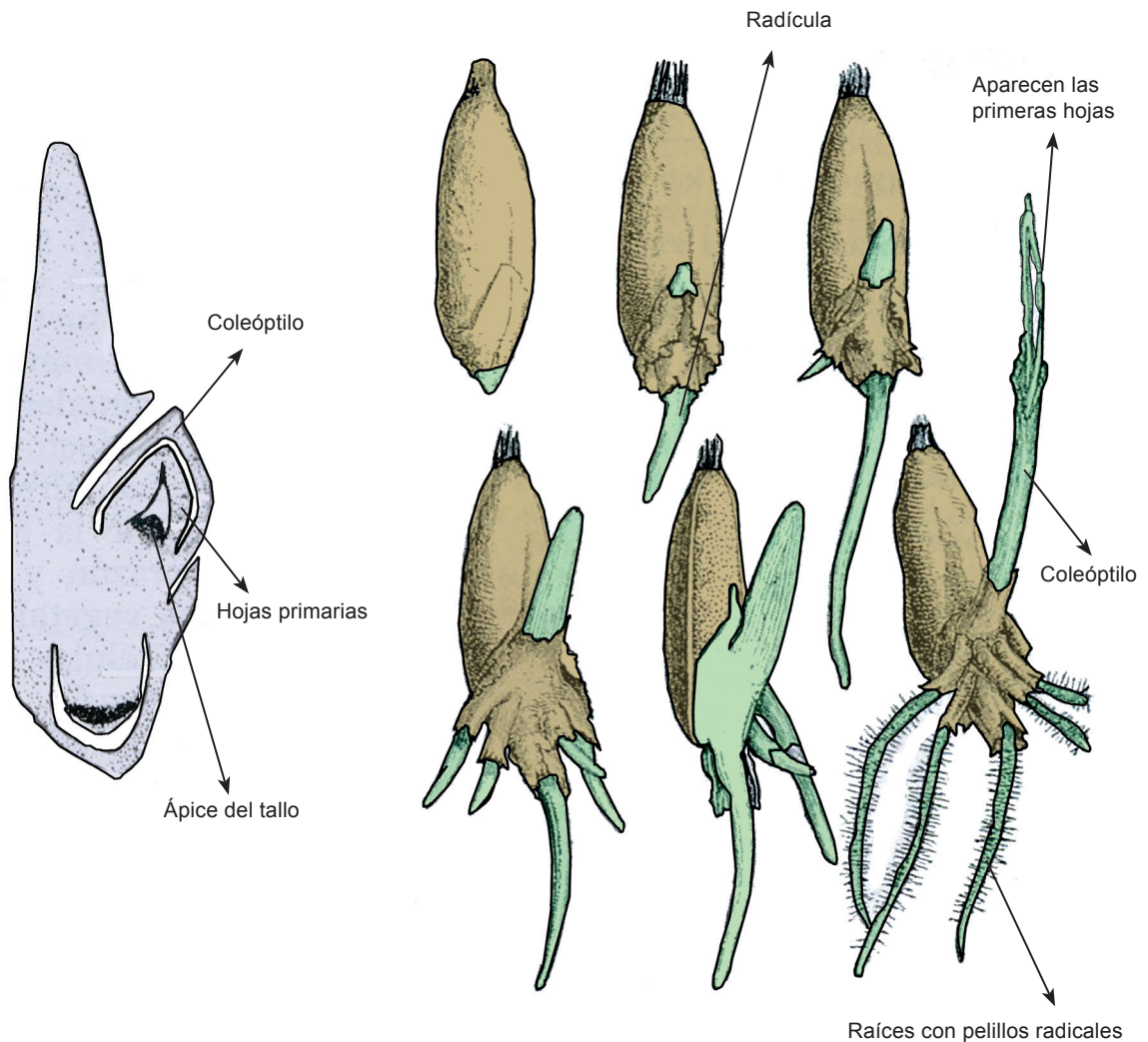
Cuando la pluricelularidad complejiza las cosas:

I) Las reacciones de los seres sin capacidad de trasladarse: las plantas

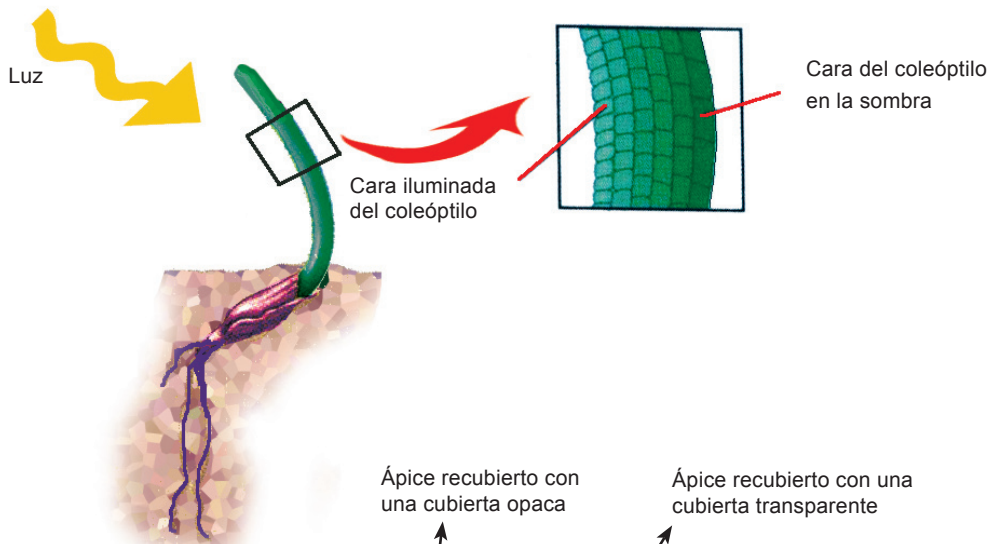
El primero en cuestionarse cómo lograban las plantas el movimiento que las orienta hacia la luz fue el reconocido creador de la Teoría de la Evolución, Charles Darwin. Junto con su hijo Francis, llevaron a cabo en 1880 un sencillo experimento que les permitió descubrir que era el ápice –la parte terminal del tallo– el responsable de la fotosensibilidad de los vegetales. Para esto prepararon varias plantas de gramíneas (del tipo de hierbas que forman el pasto), a las que les aplicaron diferentes tratamientos:

Coleóptilo

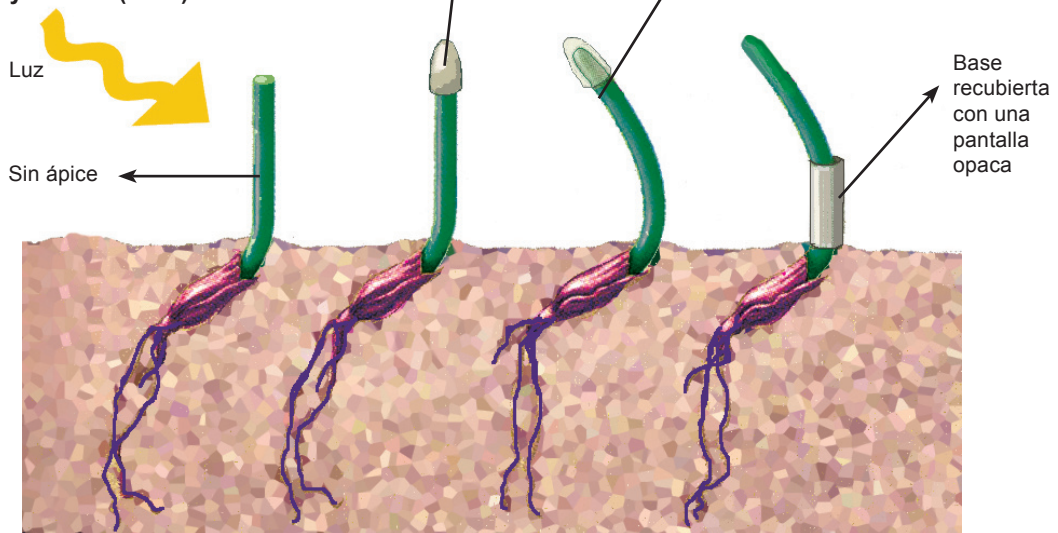
Vaina que poseen por fuera las primeras hojuelas de las gramíneas, la cual es perforada para que éstas y el tallo afloren.



Control



Darwin y Darwin (1880)



Como se puede observar, la reacción de de las dos primeras plantas ante la luz fue nula. En la primera, la ausencia de ápice demuestra que es éste el que desempeña el papel de detector lumínico. ¿Qué se demostrará en el caso de la segunda planta, en contraste con la tercera y la cuarta? ¿Cuál habrá sido la función del capuchón opaco de la segunda planta y el transparente de la tercera? ¿Por qué el comportamiento de ambas fue diferente?

Actividades



Los tropismos: movimientos orientados en plantas

La reacción de las plantas al orientarse hacia la luz es conocida como fototropismo positivo. ¿A qué se debe esta denominación? El prefijo «foto» significa «luz»; por lo tanto, estamos hablando de un tropismo que obedece al estímulo de la luz.

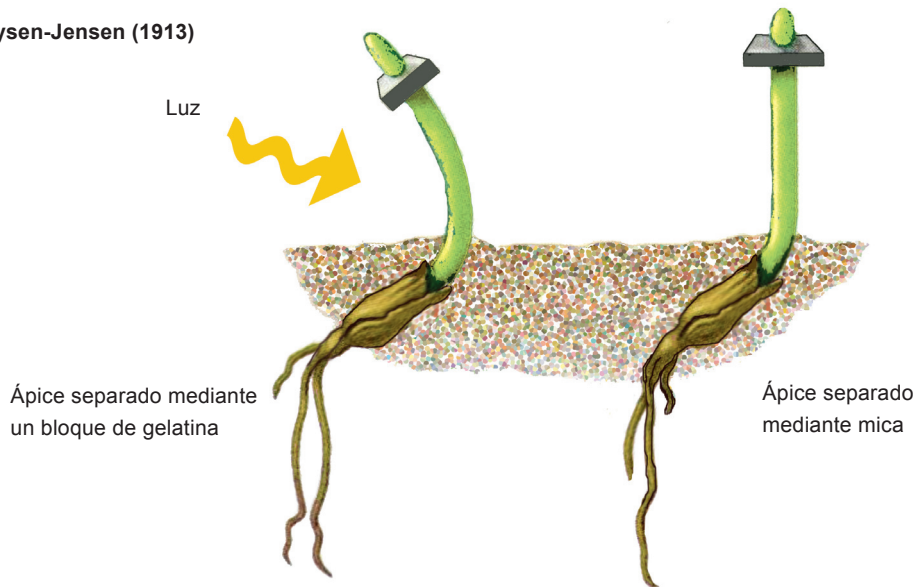
Un tropismo es positivo cuando la orientación se produce hacia el punto desde donde proviene el estímulo.

Determinen ustedes de qué tipo de reacciones se trata en cada caso, uniendo con flechas elementos de las tres columnas.

La raíz de una planta se orienta hacia el lugar donde se colocó sustancia fertilizante.	Tigmotropismo	
La raíz de la planta se orienta a favor de la atracción gravitatoria.	Fototropismo	
La raíz de la planta crece en sentido contrario de la luz.		POSITIVO
	Geotropismo	
Las hojas de la planta de mimosa son sensibles al estímulo táctil.		NEGATIVO
La raíz de la planta se orienta hacia la zona de más humedad.	Higrotropismo	
La parte aérea de una planta crece en sentido contrario a la atracción gravitatoria.	Quimiotropismo	

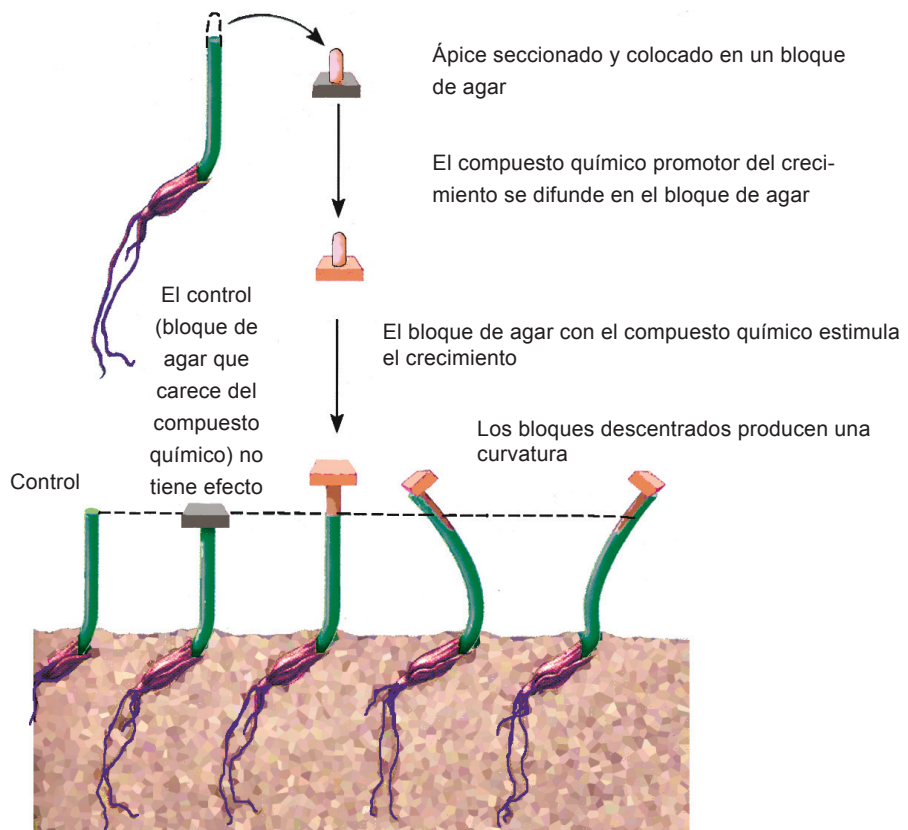
Un paso más en el avance de esta investigación fue el que dio Peter Boysen-Jensen (1883-1959) en 1913, luego de realizar un curioso experimento: tomó plántulas de avena a las que les separó el ápice; en algunas de ellas interpuso un pequeño bloque de una sustancia gelatinosa y permeable llamada **agar**, mientras que en otras intercaló una pieza de un material llamado mica, que es sólido y no posee poros. Al iluminarlas notó, en el primer caso –o sea, entre las que tenían agar– que los tallos se orientaban hacia la luz; en el segundo –es decir, entre las que tenían mica– esto no ocurría. Boysen-Jensen dedujo que había alguna sustancia que se generaba en el ápice y que migraba hacia el resto del tallo, lo que provocaba, en consecuencia, su inclinación; e incluso podía traspasar el bloque de agar. Las plantas con el trozo de mica insertado no se torcían, porque esa sustancia no podía pasar a través del material impermeable.

Boysen-Jensen (1913)



Un experimento posterior, diseñado por el científico holandés Frits Went en 1926, confirmó el mecanismo de acción de dicha sustancia, a la que él denominó **auxina**, que es la que producía la orientación de los pequeños tallos hacia la luz.

Trabajó con coleóptilos en la oscuridad, y luego de dejar algunos como control (con un bloque de agar sin auxina), a otros les colocó agar con auxina pero en diferentes posiciones, como puede verse en la ilustración que sigue:



Aún en la oscuridad, los coleóptilos con agar impregnado en auxina se orientaron torciéndose hacia el lado opuesto. Es decir: si el agar con auxina se encontraba del lado derecho del tallo, el tallo se inclinaba hacia la izquierda. Las plantas que tenían bien ubicado el trocito gelatinoso se mantuvieron verticales. A partir de estos resultados, el científico dedujo que la orientación hacia la luz se debía a una acumulación mayor de la sustancia en cuestión del lado del tallo más alejado de la luz, que producía un crecimiento diferencial en ese sector, que a su vez daba como resultado la inclinación.

Este compuesto químico, la auxina, fue la primera **hormona** vegetal o **fitohormona** (del griego *phyton*: planta) en descubrirse.

Se define como **hormona** a toda sustancia que se elabora en un órgano del cuerpo de un ser vivo para actuar sobre otro órgano a distancia. La acción de las hormonas tiene dos características especiales: se realiza a distancia –motivo por el cual a las hormonas también se las denomina mensajeros químicos– y en concentraciones muy pequeñas y precisas. Quizá los sorprenda que hablemos de hormonas en vegetales, dado que atribuíamos estos compuestos exclusivamente a los animales y los seres humanos, pero en las plantas cumplen muchas funciones en la relación de éstas con el medio, como veremos a continuación.

La respuesta a la auxina a nivel celular. Otras acciones de la auxina

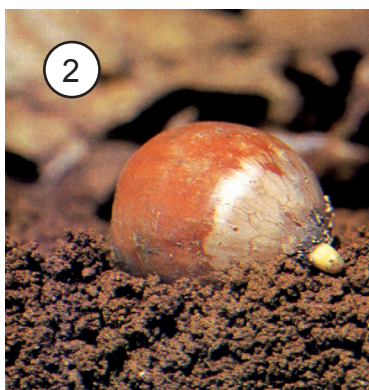
Para resumir el trabajo de los investigadores citados hasta el momento, veamos la siguiente secuencia de acción:

- 1° La planta recibe luz lateral, por ejemplo, desde la derecha (estímulo).
- 2° En el ápice se fabrica la auxina, que comienza a migrar hacia abajo a lo largo del coleóptilo. La sustancia no migra en forma pareja, sino que se acumula en la parte izquierda del coleóptilo.
- 3° Se visualiza la respuesta: el crecimiento del tallo inclinado hacia la derecha, debido a un mayor crecimiento de las células con auxina.

Sin embargo, esta explicación deja todavía puntos oscuros: por ejemplo, cómo logran las células responder rápidamente y generar el crecimiento diferencial (en ciertas plantas, este comportamiento se puede visualizar en menos de una hora). Nos encargaremos de develar esta cuestión más adelante.

La auxina interviene también en otras reacciones de las plantas, como por ejemplo, en el crecimiento de los frutos y la ramificación; también sobre el crecimiento de la raíz, la orientación de ésta y del tallo, en respuesta al estímulo de la fuerza de gravedad.

Observen la siguiente secuencia que muestra la germinación de una bellota para originar un roble.



Ni bien asoma la raíz, ésta se curva buscando el suelo como respuesta positiva a la gravedad. Luego aparece el brote, que originará las primeras hojuelas y tiene una reacción exactamente opuesta: se aleja de la atracción gravitatoria. Si esta semilla estuviera germinando en una maceta, y colocáramos ésta en posición horizontal, ¿qué reacción les parece que tendrían el tallo y la raíz? Hagan un esquema para visualizar cuál sería la nueva orientación de ambas partes de la planta.

Por la acción gravitatoria, al acostar la planta, las auxinas se acumulan en los sectores de la raíz y el tallo más cercanos al suelo. Pero... ¿por qué estos dos órganos tienen reacciones opuestas? Se verificó que, así como en el tallo estimula el alargamiento celular, la auxina en las raíces lo inhibe, por lo cual las células de la raíz que se alarguen serán las que contengan una menor concentración de la hormona.

A experimentar...

... con dos plantas de igual especie y forma, que tengan ramificaciones laterales y un tallo principal. Utilicen una como control y córtenle el ápice a la segunda. Comparen la evolución posterior de cada una y registren los resultados. ¿Se verificó su hipótesis?

¿Sabías que...?

Las auxinas tienen efectos tóxicos

Hay diversas sustancias químicas que fabrican las plantas y a las cuales se las engloba con el nombre de auxinas. La aparición de deformaciones en hojas, tallos y raíces, y la formación de tumores vegetales o la detención del crecimiento son problemas inducidos por dosis altas de auxina. Cabe aclarar que la concentración de esta hormona en la planta debe ser muy precisa, para desencadenar en ella la respuesta correcta. Esto hizo que se intentara su uso como herbicida, es decir, para eliminar las malezas, dado que mostró ser particularmente dañina para hierbas de hoja ancha, que terminan muriendo, aunque deja sanas a las plantas de cultivo de hoja angosta (por ejemplo, la caña de azúcar). La auxina no resulta tan tóxica para las personas como los venenos, ya que es una sustancia natural que forma parte del metabolismo de las plantas y está presente en los vegetales que comúnmente se ingieren.

Actividades



Hagan ustedes un nuevo esquema en el que se visualice este comportamiento y detallen lo que ocurre en las células de la raíz y el tallo: las zonas con mayor auxina y el crecimiento diferencial producido en la parte aérea y en la parte subterránea de la planta.

Una fitohormona llamada **citocinina**, que se elabora exclusivamente en las raíces y sube por el tallo en dirección contraria a la auxina, actúa sobre las ramificaciones laterales y estimula su crecimiento. Por el contrario, la auxina que se sintetiza en el ápice del tallo inhibe el crecimiento de ramas laterales, con lo cual se mantiene la dominancia del tallo principal. Si observamos una planta como la de la imagen, comprobaremos que hay una diferencia de tamaño entre las ramificaciones de la zona más cercana a las raíces con respecto a las más altas. Expliquen las causas de este fenómeno a partir de la acción de estas sustancias. ¿Cómo se ramificará si se le corta el ápice? Elaboren una hipótesis al respecto y justifiquenla.



¿Sabías que...?

La citocinina: fuente de la juventud

Muchos floristas rocían citocinina sobre las flores, puesto que se ha comprobado que este compuesto químico tiene efecto antienvjecimiento: retrasa el deterioro de hojas y flores.

Tulipánero Liriodendron tulipifera. En la imagen puede verse que las ramas inferiores son más grandes que las superiores.



Un proyecto para realizar en laboratorio: cultivo hidropónico de plantas

La **hidroponia** es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en lugar de suelo agrícola. El término proviene del griego, *hydro* = agua, y *ponos* = trabajo. Esta técnica es ideal para cultivar en espacios reducidos, bajo condiciones ambientales controladas de temperatura y humedad y en medios asépticos. Las plantas cultivadas de esta manera no sufren enfermedades ni se ven afectadas por plagas; además, se desarrollan más rápido, con lo cual su obtención es independiente de las variaciones estacionales. En países con escasa extensión territorial, como Japón, esta modalidad de cultivo es un importante sostén en la producción de alimentos.

Para criar una planta hidropónica necesitarán:

- Frascos
- Film plástico o de aluminio
- Fertilizante líquido de disolución lenta
- Esquejes de tallo o de hoja: por ejemplo: hoja con pecíolo de violeta africana, o gajos de malvón, alegría del hogar, *syngonium*, potus, palo de agua, geranio.

Algunos fertilizantes contienen hormonas vegetales que promueven el crecimiento, por ejemplo, la auxina. Deben tener en cuenta, para prepararlo, las proporciones exactas de agua y fertilizante. Lean bien las instrucciones del envase. Recuerden que cuando una hormona actúa de más, perjudica a la planta.

En cada uno de los frascos coloquen agua –preferentemente de lluvia– y la dosis justa de fertilizante, cubran con el film y háganle a éste una perforación en el medio. Allí, ubiquen con cuidado el gajo o el pecíolo de la hoja, tal como se ve en la siguiente imagen.



Esperen unos diez días. Durante este tiempo, mantengan los frascos en un lugar iluminado y con humedad. Registren los resultados.

La etapa que sigue es la de rusticación; es decir, el traspaso de las plantas de las condiciones «in vitro» (artificiales) al ambiente natural. Cuando las raíces se hayan desarrollado bastante, transplanten los gajos a macetas con tierra bien suelta y limpia (es preferible que sea comprada en vivero). Asegúrense de que tengan un drenaje adecuado y riéguelas periódicamente. Déjenlas al aire libre, pero en algún lugar protegido, para que no les dé directamente el sol. Hagan esta aclimatación en forma progresiva. Averigüen qué ambiente necesita cada especie: por ejemplo, el malvón necesita sol directo, pero no así el *Syngonium* o el potus.

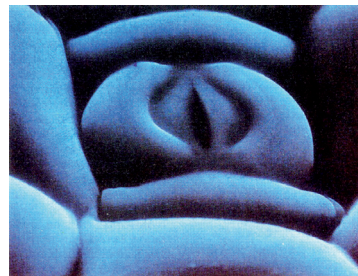
Una vez que tengan las plantas bien desarrolladas pueden colocarlas en el jardín de su escuela o regalarlas.

Un poco más de trabajo lleva la siembra y el cultivo hidropónico de lechuga, porque demanda más pasos y cuidados, pero si se ponen prácticos con el método, pueden intentarlo. Busquen en Internet alguna página que explique el procedimiento con esquemas ilustrativos (hay muchas). ¡A trabajar!

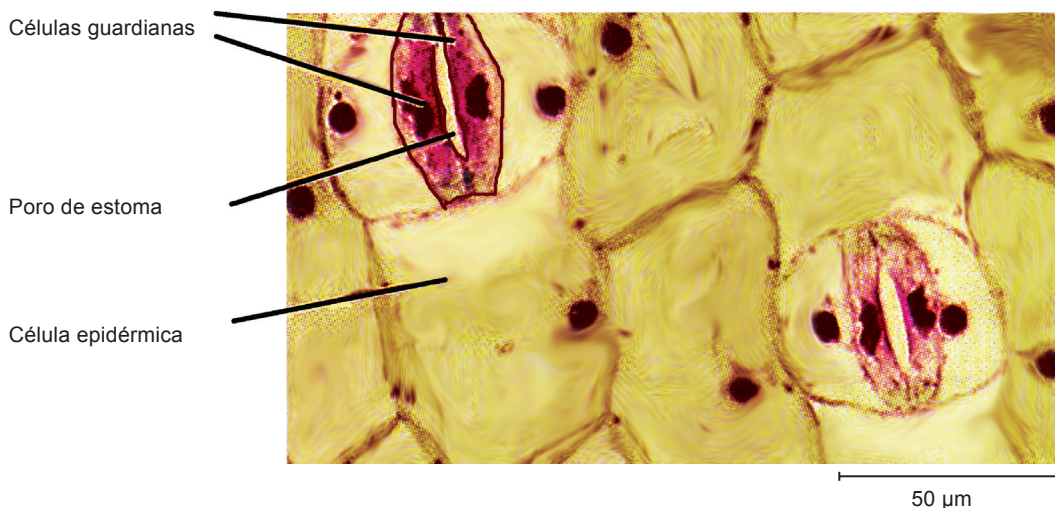
Otras hormonas que producen reacciones en los vegetales

Hay, además de las auxinas, otras hormonas que tienen diversos efectos sobre las plantas. Si volvemos a la bellota, podemos preguntarnos ¿qué la hizo brotar? ¿Por qué ocurre siempre en la misma época?

En este caso, hay dos sustancias involucradas, que provocan efectos opuestos: la primera es la **giberelina**, que estimula la germinación; la otra es el **ácido abscísico**, que funciona como una defensa, puesto que impide que la planta brote en condiciones ambientales no aptas. Esta misma sustancia también induce a que los estomas (poros situados en la cara inferior de las hojas, y por los que las plantas intercambian gases) se cierren en caso de que la planta esté deshidratada, para evitar la evapotranspiración.

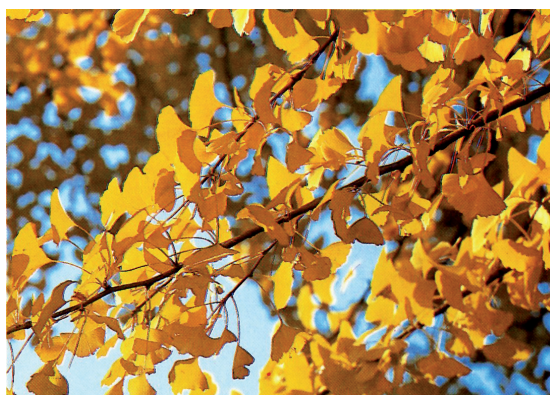


Estoma

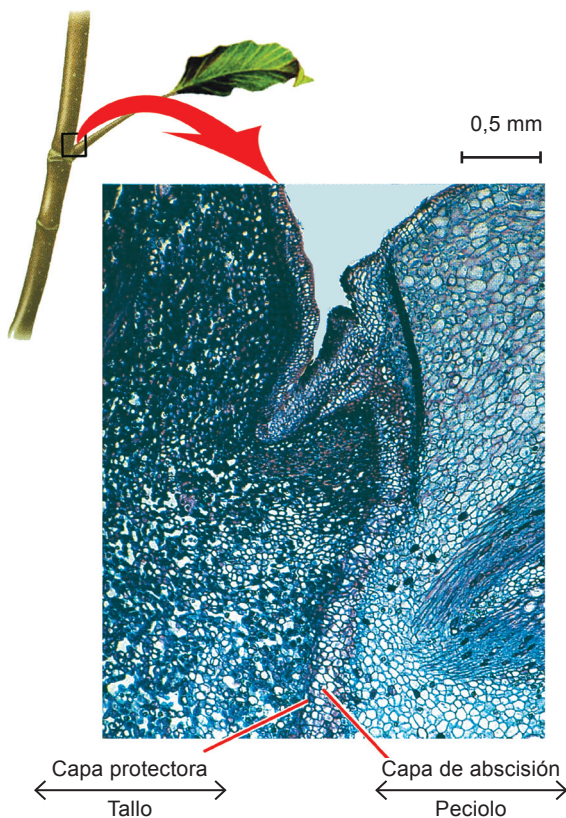


El crecimiento reproductivo: cuando las hormonas no bastan

En la transición entre el crecimiento vegetativo (aumento de tamaño del cuerpo de la planta) a cargo de las auxinas y la citocinina, y el crecimiento reproductivo (su floración y fructificación) intervienen diversas sustancias y, además, factores genéticos y ambientales. La giberelina, por ejemplo, estimula la floración y la aparición del fruto; mientras que, para que éste madure, se produce otra fitohormona que se encuentra en estado gaseoso: el **etileno**.



El etileno se produce también en la base de las hojas de plantas caducas. Esto ocurre en otoño, cuando las condiciones climáticas son adversas y las hojas pueden dañarse con la nieve o las heladas. En el punto de unión de los pecíolos con el tallo se forma una capa de células, llamada **capa de abscisión**, en la que se reduce la cantidad de auxina y se incrementa la concentración de etileno. Esta combinación produce una degradación de las paredes celulares (que son las que dan rigidez y sostén a las células) que vuelve débiles a las hojas, con lo cual se provoca un corte que las hace caer.



¿Sabías que...?

¡Tomates que maduran «a pedido» y manzanas envueltas!

Por medio de la manipulación genética (tema que verán en el último capítulo) se ha logrado producir tomates que no generen etileno. ¿Qué ocurre entonces? Estos tomates nunca maduran, lo cual implica una gran ventaja económica: una vez cosechados y cerca del momento en que se van a comercializar, se les coloca gas etileno; así se induce su maduración. Con este procedimiento se evita que los tomates se descompongan antes de llegar al consumidor. En la actualidad, este método es sumamente cuestionado; además, se está estudiando la magnitud del impacto ambiental causado por la presencia de estas especies modificadas genéticamente en los agroecosistemas. También habrán observado que ciertas frutas como las peras o las manzanas se venden envueltas en papel. Esto sirve para que el etileno que fabrica el fruto (que siempre se cosecha inmaduro) quede encerrado en el envoltorio (recuerden que es una sustancia gaseosa) y lo ayude a terminar de madurar.

Sin embargo, se pudo comprobar que hay un factor clave que también condiciona la floración. Tomemos como ejemplo la planta de Taco de reina o Capuchina, que florece en verano, cuando los días son más largos. El crisantemo, por el contrario, florece en invierno, cuando la cantidad de horas de luz es más reducida. ¿Cómo verificarían experimentalmente esta observación?



Taco de reina. Fotografía de Soledad Comisso.
www.crazyflick.com



Crisantemos

A las plantas como el Taco de reina se las denominó **plantas de día largo**. En este grupo también están incluidas las de espinaca, remolacha, rabanito, trébol, rosa china y papa. Por contraposición, las plantas que florecen con pocas horas de luz se denominan **plantas de día corto**. Son ejemplos de éstas la violeta, el abrojo, la batata y la frutilla. A esta alternancia de luz / oscuridad que determina la floración se la denominó **fotoperíodo**, y también está fuertemente condicionado en algunos casos por factores climáticos como la temperatura. Los viveristas que cultivan plantas de invernadero controlan estrictamente esta variable para lograr la floración.

Más tarde se comprobó que no es la duración del día lo que influye en el proceso de floración, sino las horas de oscuridad. Sabiendo que en la naturaleza los ciclos de luz-oscuridad duran 24 horas, podríamos entonces denominar, al Taco de reina, planta de «noche corta», y al crisantemo, de «noche larga».

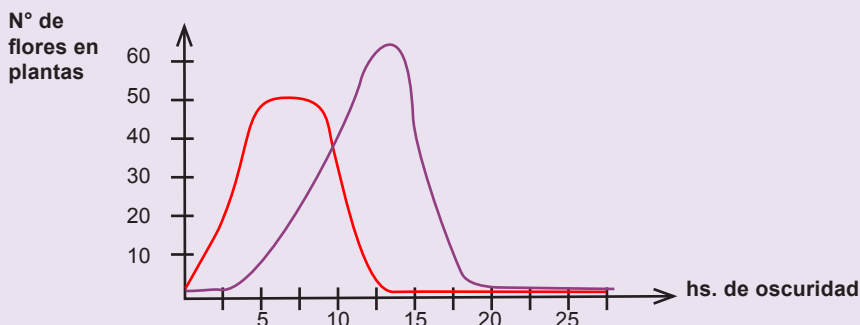
También se verificó que algunos vegetales como el algodón, el tomate y el tabaco son indiferentes al fotoperíodo que reciben.



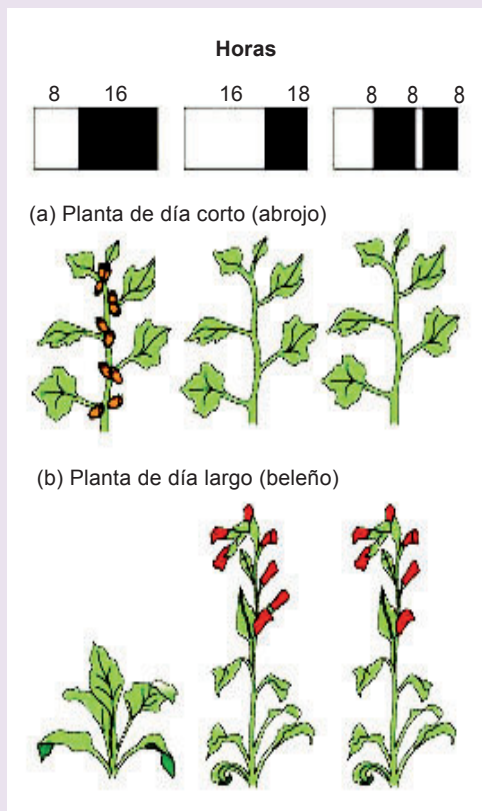
Actividades

- 1) Observen el gráfico que indica el número de flores aparecidas en función de las horas de oscuridad recibidas para dos especies de plantas, a las que llamaremos A y B.

Floración de dos especies diferentes de planta con flor según horas de oscuridad



- a) Determinen cuál de ellas sería de día corto y cuál de día largo. Justifiquen su elección.
 - b) ¿Cuál es la duración óptima de luz-oscuridad para cada especie?
 - c) ¿Qué ocurre si iluminamos ambas plantas sólo durante dos horas diarias? ¿Y si a la planta B la iluminamos durante 22 horas en forma ininterrumpida?
- 2) Observen las siguientes imágenes que muestran los efectos de diferente duración de horas de luz para plantas de abrojo y de beleño.



En la parte superior de la imagen aparecen tres fotoperíodos diferentes a los que fueron expuestas dos plantas: abrojo (de día corto) y beleño (de día largo). Se observa que el abrojo floreció con pocas horas de luz, mientras que el beleño floreció en condiciones opuestas (día largo y noche corta). Expliquen ustedes el motivo por el cual los abrojos no florecieron y los beleños sí, al ser expuestos al tercer fotoperíodo en el cual se interrumpen las horas de oscuridad con un breve período de luz.

- a) Grafiquen estos resultados en un sistema de ejes. Determinen cuál es de día corto y cuál de día largo y justifiquen.

- b) ¿Qué ocurrirá si se intercalan momentos de oscuridad durante el día?

Saquen una conclusión sobre estos resultados.

La hormona del fotoperíodo

Si realizáramos la siguiente experiencia:

Injerto experimental	Resultado luego de varias semanas
Planta expuesta a fotoperíodo correcto que induce floración injertada con otra planta iluminada con fotoperíodo incorrecto.	Ambas florecen
Planta deshojada expuesta a fotoperíodo correcto injertada con otra planta con su follaje intacto iluminada con fotoperíodo incorrecto.	Ninguna florece
Planta con su follaje intacto expuesta a fotoperíodo correcto injertada con otra planta deshojada iluminada con su fotoperíodo incorrecto.	Ambas florecen

¿Por qué, en el primer caso, habrá florecido la planta iluminada con el fotoperíodo incorrecto?

Es posible que alguna sustancia, una fitohormona, se haya activado en la planta iluminada correctamente, que esta sustancia le haya permitido comunicarse con la otra a través del injerto, y que esto promoviera la floración de la segunda planta, aunque ésta estuviera iluminada con fotoperíodo incorrecto. Ese compuesto todavía no ha sido aislado, por lo tanto, no se conoce su estructura química, pero se lo denominó **florigeno**. Muchos científicos sostienen que esta sustancia misteriosa no existe como tal, sino que la planta florece debido a que se realiza una combinación de una serie de hormonas en concentraciones exactas.

Por otra parte, las dos experiencias que incluyen plantas deshojadas demuestran que son precisamente las hojas las encargadas de captar la señal del fotoperíodo. Es por eso que sólo florecen las plantas que, además de ser iluminadas correctamente, conservan el follaje intacto.

Injerto

Parte de una planta con una o más yemas que, al estar adosada a otra, se suelda a ella, y comienza a compartir sus tejidos conductores.

¿Plantas que duermen o plantas con reloj?

Acabamos de ver que las plantas responden cíclicamente a la alternancia de luz y oscuridad, por lo cual su crecimiento reproductivo varía en ciclos estacionales según la duración del día y la noche en cada período. También comprobamos que podemos modificar esta reacción de manera muy simple: basta con alterar artificialmente el fotoperíodo de la planta.



Planta de mimosa, durante el día.



Durante la noche la mimosa repliega sus hojas.



Planta de trébol, durante el día.



El trébol se cierra durante las horas de oscuridad.

Muchas plantas como las que se observan en las fotos sufren marcadas variaciones diarias. Durante la noche, el trébol y la mimosa repliegan sus hojas, mientras que el diente de león cierra sus flores. No podemos evitar hacer la analogía entre esta forma de inactividad nocturna y el sueño, acción típica de los animales superiores, que sienten la necesidad de bajar el nivel de actividad cerebral diariamente durante algunas horas.



Diente de león. Fotografía de José Víctor Castro Ceñal.
www.crazyflick.com.

Endógeno

Cualquier proceso que se origina en el interior de un ser vivo.

Ritmo circadiano:

Actividades o procesos de un individuo que se repiten en ciclos diarios.

Sabemos que las plantas no tienen sistema nervioso, por lo cual no necesitan dormir. Sin embargo, curiosamente –y al contrario de lo que ocurre con el fotoperíodo– esta reacción nocturna se mantiene aún si la planta es aislada de cualquier variable ambiental, incluso de las horas de luz u oscuridad. Si la planta es iluminada constantemente o si está durante todo el día en condiciones de oscuridad total, seguirá manteniendo el mismo comportamiento: respetará ciclos de, aproximadamente, 24 horas.

Esto fue demostrado por primera vez a comienzos del siglo XVIII por el astrónomo francés Jean Jacques Dortous de Mairan, luego de realizar un experimento con plantas de mimosa (*Mimosa pudica*).

Junto con estas características sumamente evidentes, también varían de manera cíclica e independiente del ambiente factores como la apertura y el cierre de estomas, la producción de sustancias necesarias para la fotosíntesis, entre otras.

Estas variaciones se denominan **ritmos circadianos** (del latín, *circa*: aproximadamente, y *dies*: día). Los registran todos los seres vivos cuyas células son eucariotas (células con núcleo y organelas) y se cree que les posibilita anticiparse a variaciones ambientales que les son favorables durante su ciclo de vida. Un siglo después del primer hallazgo de Mairan, se determinó que los agentes que permiten el ajuste a estos ciclos son **endógenos** y constituyen el **reloj biológico** de los seres vivos, que es lo que les posibilita mantener sus ritmos circadianos. En el caso de las plantas, dentro de sus células están los llamados **fitocromos**, constituidos por moléculas de proteínas sensibles a la luz. Estos serían los responsables de las reacciones cíclicas como las que acabamos de mencionar. De todas maneras, todavía hay mucho por investigar para determinar cómo intervienen los fitocromos en el ajuste de estos mecanismos.

También existen variaciones cíclicas en los animales: los latidos cardíacos, la temperatura corporal, el azúcar y colesterol presentes en la sangre, la secreción de hormonas, la producción de orina y la rapidez de reflejos son algunos ejemplos.

Ritmo infradiano

Actividades o procesos de un individuo que se repiten en ciclos menores de 24 horas.

Ritmo ultradiano

Actividades o procesos de un individuo que se repiten en ciclos mayores de 24 horas.

Sin embargo, hay ritmos que registran un período más corto que un día (ritmos **infradianos**). Por ejemplo, si filmamos durante varias horas una planta y luego proyectamos la filmación con velocidad aumentada, podremos visualizar un movimiento oscilatorio del tallo que cumple un ciclo de entre 30 minutos y algunas horas. Por otro lado, existen ciclos que abarcan más de un día (**ultradianos**), como la floración anual de ciertas plantas. La menstruación en la mujer y en los primates también involucra un ciclo, en este caso, de duración mensual.

¿Sabías que...?

La cronobiología: una nueva ciencia

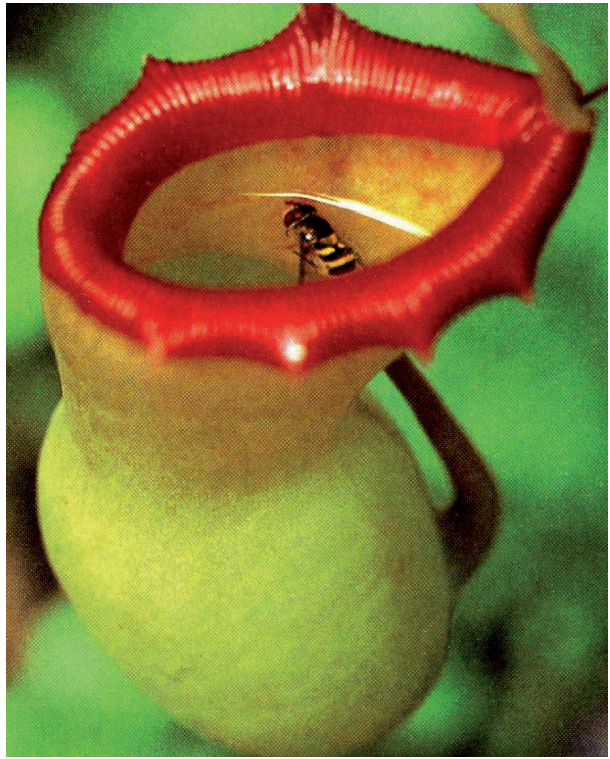
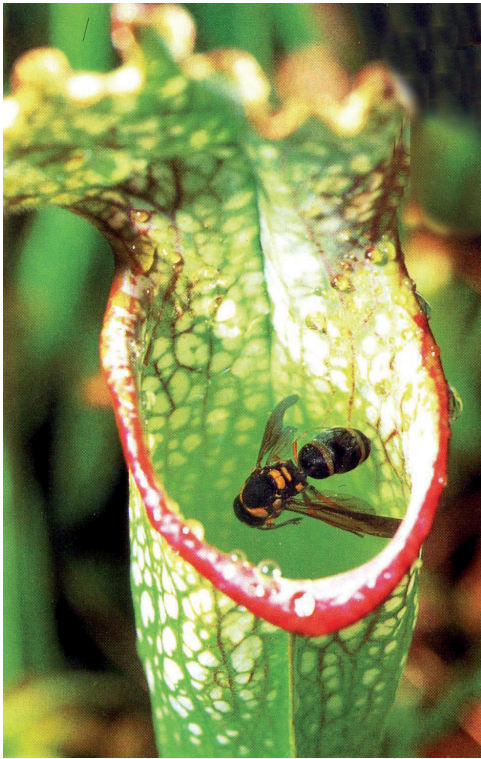
Los investigadores de este campo de la biología –desarrollado especialmente en Alemania– se dedican al estudio de las estructuras temporales de los procesos vitales; es decir, intentan descubrir la totalidad de los mecanismos involucrados en la respuesta de los seres vivos a los ritmos circadianos.

Plantas que se mueven...

Un importante impedimento de las plantas era, como ya señalamos, la imposibilidad de trasladarse. Sin embargo, acabamos de comprobar que, aunque no se trasladen, las plantas obtienen sus recursos vitales, la luz y el agua, realizando diversas estrategias. Más allá de los movimientos cíclicos de hojas y flores, que obedecen a sus ritmos internos, también se registran otros, que se generan como respuesta casi instantánea frente a un estímulo proveniente del exterior.

La planta de mimosa debe su nombre al cierre inmediato de sus pequeñas hojas ante un estímulo táctil. La mimosa se consigue fácilmente en un vivero, así que pueden probar esta reacción ustedes mismos. Intenten tocarla suavemente con un palillo en diferentes partes de las hojas y anoten cuál fue la respuesta en cada caso. Registren el tiempo que tarda en volver a la normalidad. Observen también si la planta reacciona al ser estimulada continuamente.

También existe un grupo de plantas muy particulares. Se trata de las llamadas plantas carnívoras. Quienes hayan leído algún libro o visto películas de aventuras seguramente se habrán topado con algún desafortunado explorador que, en medio de la temible selva, corrió el riesgo de ser devorado por gigantescas plantas comedoras de humanos. Afortunadamente, más allá de los mitos, estas plantas son absolutamente inofensivas para la gente y son muy pequeñas. Sólo se especializan en atrapar insectos, para lo cual sus hojas están transformadas en vistosas y perfumadas trampas. Todos sabemos que las plantas no tienen una boca como para ingerir alimento. Lo que realizan es la absorción de las sustancias orgánicas que hay en las partes blandas del cuerpo de los insectos a los que atrapan. En el caso del atrapamoscas, este proceso dura unas dos semanas, y los restos de esqueleto del animal son desechados.



Sarracenia y Nepenthes: sus hojas tienen la forma de saco alargado, y su interior es ceroso y resbaladizo. Al ser atraído por el néctar que emanan los coloridos bordes, el insecto cae en el interior del saco y se ahoga en el líquido que hay dentro.



Drosera: los extremos de las hojas de esta planta tienen pelos pegajosos que envuelven al insecto y lo dejan atrapado.



Dentro de las hojas modificadas del atrapamoscas hay pelos sensibles que activan células que forman la «bisagra» de la trampa. Estas células se deshidratan instantáneamente, y permiten que ésta se cierre sin darle tiempo al insecto a escapar. La estructura somática es lo que configura el cuerpo de la planta, el conjunto de órganos que la forman. Fotografía de Kriss Szkurlatowski.

Una última reflexión sobre las plantas...

Carl Von Linné (Linneo), notable botánico sueco que vivió en el siglo XVIII, elaboró definiciones distintivas acerca de plantas y animales. Sobre las primeras postuló que son cuerpos organizados y vivos, pero que no sienten. Respecto de los animales, en cambio, señaló que son cuerpos organizados, vivos, y que sienten y tienen movilidad.

Es habitual que se utilicen las expresiones «vegetar» o «en estado vegetativo» cuando una persona permanece un tiempo en estado de coma profundo y cumple con las actividades biológicas estrictamente necesarias para mantener las funciones vitales imprescindibles, como respirar y conservar la automaticidad cardíaca. Es decir, suele hacerse referencia a este estado como a una existencia puramente biológica pero automática y desconectada del mundo exterior, carente de sensaciones; y comparársela con la de un vegetal. Como vemos, aparece nuevamente la concepción linneana entre «no sentir, no moverse» y «sentir y moverse» como distintivo entre plantas y animales.

Una interesante reflexión al respecto fue aportada por Elio Baldacci (profesor de la Universidad de Pavía, Italia), en *La vida privada de las plantas*, Sudamericana, 1964:

«...a esta reducida 'sensibilidad' del mundo exterior, la planta opone el remedio de una individualidad menor. Su **estructura somática** no establece vínculos necesarios y vitales entre uno y otros órganos. Una rama desgajada, una flor arrancada y hasta un tronco derribado no suponen la muerte de la planta. Basta que quede una yema, un pequeño bulbo (...) la planta está pronta para rehacer las partes que le faltan o volver a crear desde luego un nuevo individuo».

(El destacado es nuestro.)

Dicho de un modo más sencillo, las plantas cuentan con sus propios recursos para evitar la muerte (aunque sus estrategias también están presentes en algunos animales, como la estrella de mar, que puede regenerar partes de su cuerpo). Un factor clave es la gran diversidad de estrategias que han desarrollado para garantizar la dispersión de las semillas. El viento y el agua, y también los animales, sirven para colonizar nuevos hábitats y evitar la competencia por la luz y los recursos del suelo con sus propios descendientes. Todo esto, sumado a lo que acabamos de aprender en este capítulo sobre su exitosa interacción con el medio, invalida el antiguo preconceito de que las plantas son seres inferiores y que en su existencia «vegetan» quietas y sin modo alguno de relacionarse ni de captar estímulos. El hecho de que posean un nivel de organización distinto del que presentan los animales no las hace más simples ni menos «vitales»; sino que, a partir de estrategias diferentes a las del resto de los seres vivos, poseen una admirable capacidad de supervivencia. Más aún, pensemos que los miembros del reino de las plantas constituyen el primer ineludible eslabón de la cadena alimentaria y son los únicos productores de todo el oxígeno de la atmósfera que los animales utilizamos para respirar.

**Actividades**

Completen el siguiente cuadro luego de leer atentamente los contenidos desarrollados:

Hormona	Órgano/s donde se produce	Órgano/s sobre el/los que actúa	Acción que produce
Auxinas			
Citocinina			
Giberelina			
Ácido abscísico			
Etileno			
Florígeno			