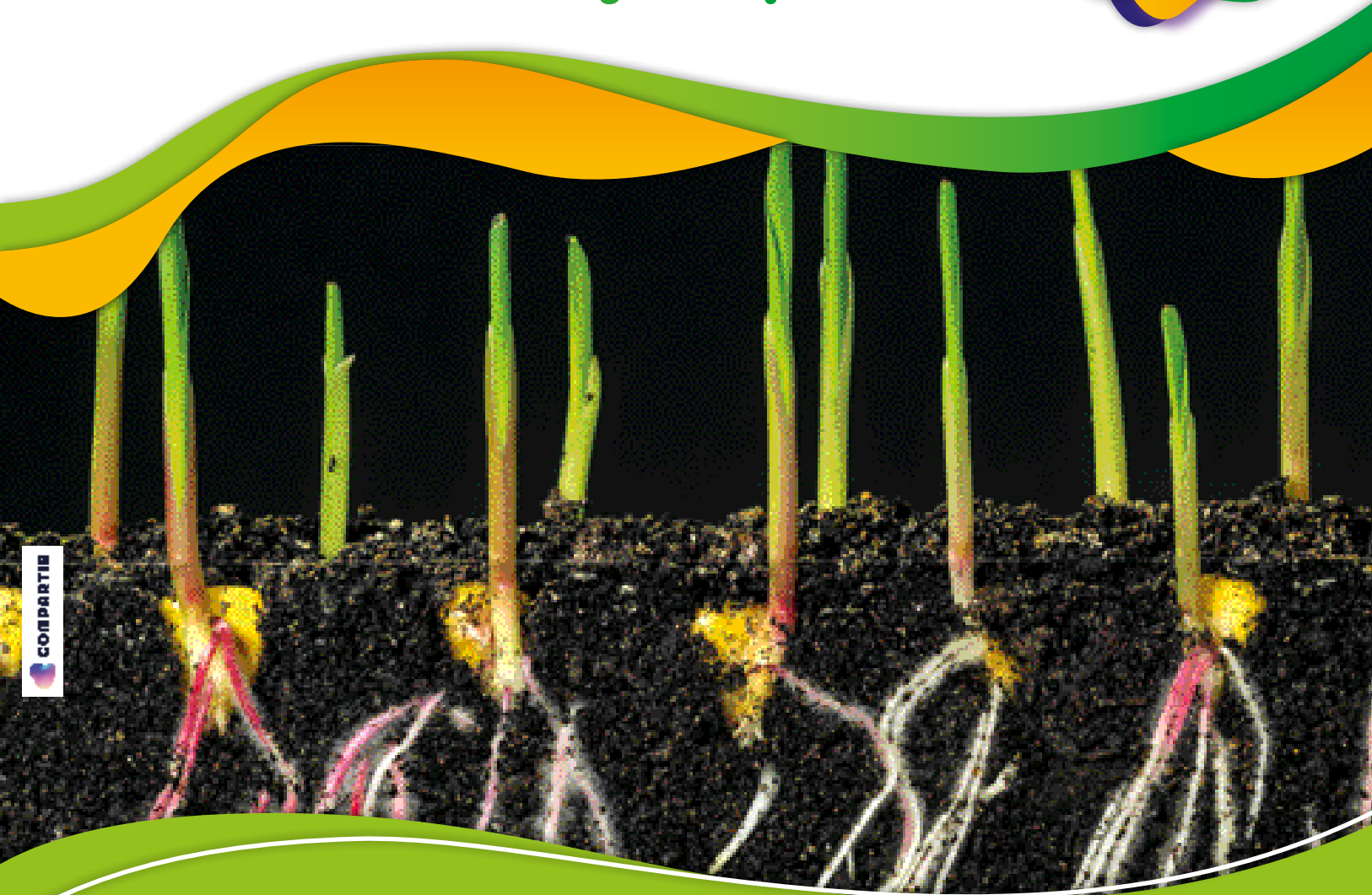


Las plantas: estímulos y respuestas



Problematizar



Cuando una semilla germina, suele encontrarse bajo tierra, en plena oscuridad. Sin embargo, sus raíces crecen hacia el interior del suelo y su tallo avanza hacia la superficie. ¿Cómo logra orientarse? ¿Qué señales del ambiente le indican en qué dirección debe crecer?

MI HIPÓTESIS en acción

A partir de la imagen y de lo que sabés, ¿cómo responderías a las preguntas? Al terminar la unidad, podrás revisar tu hipótesis.



MI PREGUNTA estrella

Escribí en una hoja aparte cuatro preguntas que se te ocurran sobre la foto o el tema de la unidad. Copiá aquí la que te invite a pensar, reflexionar o investigar más.



Los seres vivos como sistemas

De los seres vivos ya escuchaste hablar muchas veces y sabés que se los puede caracterizar de varias maneras diferentes. Hasta mediados del siglo xx, se los estudiaba "por partes". Se suponía, por ejemplo, que saber cómo funciona una célula permitía entender cómo funciona el organismo completo al que pertenece.

En esa época, el biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy planteó la teoría general de sistemas. En ella tenía en cuenta no solo los componentes aislados de un organismo, sino también las posibles relaciones entre ellos. A partir de ese momento, se comenzó a estudiar a los seres vivos como sistemas. ¿Qué significa esto?

Se considera **sistema** a un conjunto de componentes que se relacionan entre sí. Cada componente posee una función particular, pero actúa coordinadamente como parte de un todo. Y esa acción conjunta le confiere al sistema algunas propiedades que no tienen sus componentes por separado, las llamadas **propiedades emergentes**. Pensemos, por ejemplo, en nuestro sistema circulatorio. El corazón tiene la propiedad de contraerse y relajarse, y así impulsa la sangre. Los vasos sanguíneos son canales por los que circula la sangre. Solo la acción coordinada de ambos permite que la sangre circule por todo el cuerpo. Esta es una propiedad emergente del sistema circulatorio.

Otro ejemplo es el sistema digestivo, que transforma en nutrientes los alimentos que ingerimos. Su función cobra sentido en el marco del funcionamiento general de nuestro cuerpo, ya que al liberar los nutrientes permite que el sistema circulatorio los transporte a cada una de sus células, que a su vez los utilizarán para cumplir sus funciones.

Cualquier ser vivo es un sistema y, como tal, presenta propiedades emergentes que surgen de la interacción entre sus componentes. Las plantas, como verás en esta unidad, no son la excepción.

Al estudiar un sistema, no solo es importante analizar las relaciones entre sus componentes, sino también los intercambios que establece con el ambiente que lo rodea. En ciencias, llamamos **entorno** o **ambiente** a todo aquello que se encuentra fuera del sistema.



La homeostasis

Los seres vivos tienden a adaptarse a los cambios en el ambiente y a mantener sus condiciones internas, como la cantidad de agua o la temperatura, dentro de ciertos rangos a pesar de dichos cambios. La **homeostasis** es el conjunto de procesos que mantienen el equilibrio interno del organismo. Se trata de mecanismos que varían según el tipo de ser vivo de que se trate. En esta unidad, veremos características generales de estos mecanismos y luego estudiaremos las plantas en particular.

Sistemas: según los intercambios de materia y energía que ocurren entre el sistema y el entorno, se distinguen tres tipos.

SISTEMA ABIERTO

Intercambia materia y energía con el entorno.



Por ejemplo, una taza de café caliente. El calor se transfiere al ambiente (intercambio de energía) y parte del agua se evapora en forma de vapor (intercambio de materia).

SISTEMA CERRADO

Intercambia energía, pero no materia, con el entorno.



Un ejemplo es una botella de agua cerrada. El agua puede calentarse o enfriarse según la temperatura del ambiente, pero la cantidad de agua permanece constante porque la botella impide el intercambio de materia.

SISTEMA AISLADO

No intercambia ni materia ni energía con el entorno.



Un termo bien cerrado se aproxima a este tipo de sistema, ya que reduce al mínimo el intercambio de calor y evita el intercambio de materia. En la práctica, no existen sistemas perfectamente aislados.

La función de relación y control

Como nosotros, todos los seres vivos captan información de su entorno a través de diferentes canales y producen cambios en consecuencia. Esta capacidad se conoce como **función de relación**.

Esa información es imprescindible para el desarrollo de sus actividades y para su supervivencia. Se vincula tanto con las características físicas del ambiente (por ejemplo, la luz, la temperatura o el agua) como con el comportamiento de los restantes seres vivos que se encuentran en el mismo entorno. Las plantas que orientan sus hojas según la dirección de la que proviene la luz, los insectos que se reúnen en sitios húmedos, las aves que emprenden largos viajes hacia zonas de mayor temperatura debido a la disminución de las horas de luz en el lugar que están habitando o las gacelas que escapan en grupo cuando advierten la presencia de un depredador son claros ejemplos de

cómo los seres vivos responden a cambios en su ambiente.

Al mismo tiempo, los seres vivos, como vimos, controlan y regulan sus funciones a fin de mantenerse en condiciones estables y en correcto funcionamiento. Se trata de la **función de control**, que se ejerce en los animales a través de los sistemas nervioso (que regula actividades que se desencadenan y terminan rápidamente) y endocrino (que actúa en procesos de desarrollo lento y prolongado), y en las plantas mediante la producción de hormonas.

Estímulos y respuestas

Toda información del ambiente constituye un **estímulo**. Los seres vivos cuentan con mecanismos que les permiten captar esos estímulos mediante diversas estructuras llamadas **receptores** y responder a ellos mediante **efectores** que producen una **respuesta**.

El tipo de respuesta producido es muy variable, pero, en principio, vamos a estudiar algunas de las más comunes en animales y plantas.



Los gaviotines migran a lugares cálidos para tener cría.



Muchos animales, como los bichos bolita, buscan lugares húmedos y oscuros.



Las plantas crecen en dirección a las fuentes de luz.

ANALIZAR Y COMPRENDER



1. Elegí dos de los ejemplos mencionados en el texto (por ejemplo, una planta que orienta sus hojas hacia la luz o una gacela que huye de un depredador). En cada caso: identificá el estímulo, describí cuál es la respuesta del organismo y explicá de qué manera esa respuesta favorece su supervivencia.
2. Armá un cuadro con ejemplos propios, que incluya estas columnas: Organismo - Estímulo - Respuesta. ¿Cómo favorece su supervivencia?
3. Explicá con tus palabras cuál es la diferencia entre la función de relación y la función de control. ¿Por qué ambas son necesarias para que un ser vivo pueda sobrevivir?

Tipos de respuestas en los animales

Existen diversos modos en que los animales pueden responder a los estímulos del ambiente. Para eso se requiere la acción de diferentes órganos efectores.

RESPUESTAS SECRETORAS

Los órganos efectores se llaman *glándulas* y producen sustancias específicas ante determinados estímulos. Las glándulas endocrinas producen hormonas que, a través de la circulación sanguínea, llegan a diferentes partes del cuerpo, donde provocan algún efecto, como veremos luego. Las glándulas exocrinas, en cambio, producen sustancias que vierten hacia alguna cavidad del cuerpo o al exterior, como las lágrimas producidas por las glándulas lagrimales, que permiten mantener humectada y limpia la superficie de los ojos, y cuya producción aumenta ante la presencia de un cuerpo extraño o una sustancia irritante.

RESPUESTAS INMUNOLÓGICAS

La entrada en el organismo de un agente extraño, como un virus o una bacteria, es un estímulo que desencadena un mecanismo de defensa. Los efectores varían según de qué animales se trate. En los vertebrados, los efectores son un tipo particular de células de la sangre denominadas glóbulos blancos, que pueden destruir directamente a los agentes extraños, o bien hacerlo a través de proteínas llamadas *anticuerpos*.

RESPUESTAS MOTORAS

Son las que involucran movimiento. En este caso, los efectores que manifiestan la respuesta son los músculos, por medio de su capacidad de contracción y relajación.



Suricatas atentos

Tipos de respuestas en las plantas

Aunque las plantas no se desplazan, también responden, a su manera, a los diferentes estímulos.

RESPUESTAS QUE INCLUYEN MOVIMIENTO

Las plantas se mueven, aunque muchas veces no somos conscientes de ello. Algunas plantas realizan movimientos con efectos permanentes, como el crecimiento de alguna de sus partes hacia un estímulo o en contra de él. En otros casos, se observan movimientos de efecto temporario, como la rotación de las flores siguiendo el trayecto del sol, o la apertura y cierre de las hojas ante determinados estímulos.

RESPUESTAS SECRETORAS

Las plantas no poseen glándulas, pero sí células o estructuras que segregan sustancias ante determinados estímulos. Un ejemplo es la secreción de néctar que atrae a hormigas que a su vez defienden a las plantas de otros insectos herbívoros.



Zarcillo de una enredadera

Estímulo-procesamiento-respuesta

Sabemos que cuando los científicos quieren estudiar un fenómeno complejo recurren con frecuencia al uso de modelos.

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.

El modelo en los animales

Ya mencionamos a qué llamamos *estímulo* y a qué *respuesta*. La mayoría de los animales, incluso los seres humanos, poseemos, además de receptores para los estímulos y mecanismos efectores, centros de procesamiento de la información: el cerebro o los ganglios nerviosos. Es allí donde los datos que proceden del ambiente externo o interno se interpretan, y donde se elabora la información que se traducirá en una respuesta. Los centros de procesamiento se comunican luego con los efectores, que responden efectivamente al estímulo.

Los **modelos** son representaciones simplificadas de un proceso, un objeto, un fenómeno, etc., que utilizan los científicos para describir de forma simple la realidad y trabajar sobre ella.

Veamos un ejemplo de este modelo representado en el esquema. Cuando los receptores ubicados en los ojos de una gacela reciben el estímulo de la presencia de su depredador, la información llega al centro de procesamiento, en este caso, el cerebro de la gacela, que interpreta la información y elabora un mensaje. Este mensaje viaja en forma de estímulos nerviosos hasta los músculos, que provocan el movimiento a gran velocidad, una respuesta adecuada al estímulo.

Otro ejemplo podría ser cuando hace mucho calor, los receptores de temperatura ubicados en la piel de un animal reciben el estímulo representado por el aumento de temperatura. Esa información se procesa, se interpreta y se elabora un mensaje en forma de impulsos nerviosos: la liberación de sudor que refresca la piel.

Las estructuras de procesamiento varían enormemente en complejidad entre los distintos grupos animales, pero el modelo es aplicable a todos ellos.



El modelo en las plantas

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, 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. Como vimos, las respuestas pueden incluir movimientos, con o sin crecimiento de la planta, secreción de sustancias por tejidos especializados y también mecanismos de defensa ante el ingreso de microorganismos nocivos, como la producción de resinas que impiden la entrada de estos o de sustancias antimicrobianas, o incluso la muerte programada de células infectadas.

En este ejemplo, el receptor puede ser un pigmento que reacciona frente a la luz. La percepción del estímulo produce una alteración en la fisiología (funcionamiento) de algunas células, por ejemplo, cambios en la polaridad de membranas o producción y liberación de sustancias químicas. Este cambio se transmite a otras células y provoca en la planta el movimiento de tallos y flores en una dirección determinada.

ESTÍMULO

EJ.: LUZ DEL SOL



RECEPTOR

PIGMENTO QUE REACCIONA
FRENTE A LA LUZ



**CAMBIOS
FISIOLÓGICOS**



RESPUESTA

LA FLOR SE ORIENTA A LA LUZ



EFECTOR

TALLO Y FLOR

El modelo en los microorganismos

Las bacterias son capaces de responder a la presencia de sustancias nutritivas o tóxicas acercándose y alejándose, respectivamente. El estímulo, representado por estas sustancias, actúa sobre receptores de la membrana celular.

En la *Escherichia coli*, como en muchos otros microorganismos, los receptores de membrana envían una señal al interior de la célula y activan proteínas que actúan sobre el sentido de giro de los flagelos, lo que a su vez determina la dirección del movimiento de la bacteria. Este tipo de respuesta se denomina **taxis** o **taxismo**. Puede ser provocada por distintos estímulos y su nombre varía de acuerdo con estos. Por ejemplo, la quimiotaxis ocurre en respuesta a un estímulo químico, como la presencia de sustancias tóxicas en el ambiente; la fototaxis, ante un estímulo lumínico, en especial, en organismos fotosintéticos, y el geotaxismo es provocado por la gravedad terrestre.

Los numerosos flagelos de la *Escherichia coli* le permiten moverse en respuesta a los estímulos.



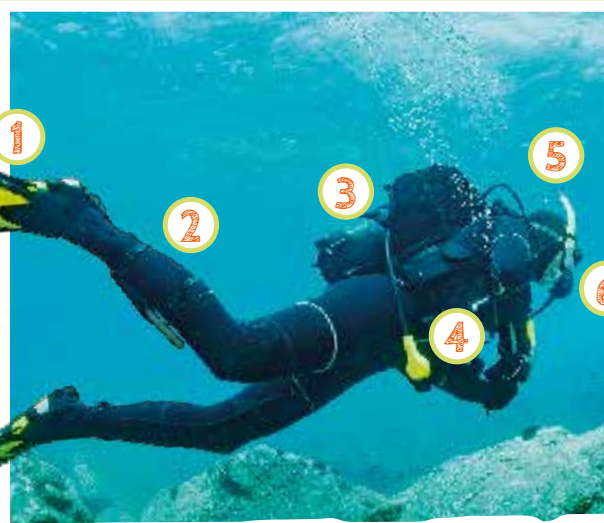
ANALIZAR Y COMPRENDER



1. Compará la forma en que animales, plantas y bacterias responden a los estímulos del ambiente. ¿Qué componentes del modelo de función de relación están presentes en los tres casos? ¿Qué diferencias existen en la forma en que cada grupo procesa la información y produce la respuesta?
2. Las raíces de una planta crecen hacia las zonas del suelo con mayor humedad. Explicá cómo se produce esta respuesta utilizando los términos *estímulo*, *receptor*, *señal* y *efector*.
3. Explicá qué son la quimiotaxis, la fototaxis y el geotaxismo. Escribí un ejemplo para cada caso.



1. En grupos pequeños, imaginen por un momento que salen de viaje con su curso y en la excursión está incluida una experiencia de buceo. ¡Todos están entusiasmados! Sin embargo, como tienen un poco de miedo, lógico antes de emprender una aventura semejante, se ponen a investigar las características del traje de buceo y su uso.



1. Aletas: facilitan el movimiento en el agua.
2. Traje de neoprene protege del frío.
3. Tanque de aire comprimido y regulador: permiten respirar bajo el agua.
4. Chaleco: ayuda a regular la flotabilidad.
5. Snorkel: permite respirar aire directamente del ambiente, cuando el buzo está a poca profundidad.
6. Máscara: posibilita ver bajo el agua y protege las fosas nasales del ingreso de agua.

- a) ¿Dirían que el buzo es un sistema aislado, cerrado o abierto? ¿Por qué? Incluyan en su argumento también las explicaciones acerca de por qué no es otro tipo de sistema.
- b) Diferentes partes del traje tienen que ver con la relación que establece el sistema con el ambiente. ¿Cuáles son? ¿Cuál es la relación que se establece?
- c) Elaboren una lista de afirmaciones que permitan convencer a los adultos acerca de que el buceo es seguro. Así podrían conseguir las autorizaciones para ir a la excursión.
- d) Imaginen que finalmente la excursión se realiza y mientras nadan tranquilamente por un jardín submarino, aparece sorpresivamente

una orca en las inmediaciones. ¿Qué les parece que harían? ¿Qué estímulos intervienen? ¿Qué procesamiento? ¿Qué respuestas? Elaboren un esquema explicativo del ejemplo, similar al que aparece en la página anterior.

2. Los astronautas utilizan trajes espaciales especialmente diseñados para sobrevivir en un ambiente donde no hay aire, la temperatura puede variar cientos de grados entre la luz y la sombra, existe radiación intensa y la presión es muy diferente de la terrestre.

- a) Respondé los puntos a) y b) de la actividad anterior pensando en el caso de un astronauta que realiza una caminata espacial fuera de la nave.
- b) Buscá imágenes de un traje espacial y elaborá un afiche, en formato papel o digital, donde identifiques sus principales componentes (casco, visor, mochila de soporte vital, guantes, botas, sistema de comunicación, etc.). Incorporá referencias que expliquen qué problema del ambiente resuelve cada uno y cómo contribuye a la supervivencia del astronauta.
- c) Compará el traje de buceo y el traje espacial. ¿Qué desafíos del ambiente tienen en común y cuáles son diferentes? ¿Qué soluciones tecnológicas comparten y cuáles son exclusivas de cada uno?



3. De a dos, intercambien sus ideas acerca de las actividades anteriores:
 - a) ¿Les pareció importante saber interpretar las imágenes? ¿Por qué? ¿Qué utilidad tienen las referencias en la imagen?
 - b) ¿Compartieron información con otro estudiante para resolver las actividades?
 - c) ¿Creés que es útil hacer este tipo de intercambios? ¿Por qué?

Los receptores de estímulos en las plantas

Como vimos, las plantas también captan estímulos y responden a ellos, aunque sus respuestas no puedan percibirse con tanta facilidad.

Están expuestas a una gran variedad de estímulos ambientales: la luz, la temperatura, la gravedad, el agua, sustancias químicas disueltas en el aire, el agua o la tierra, o el contacto con objetos u otros organismos.

Los estímulos no son otra cosa que distintas formas de energía que desencadenan reacciones en el organismo. Por otro lado, la energía requerida para llevar adelante la respuesta es aportada por el organismo mediante su metabolismo y no por el estímulo en sí mismo. Las plantas, como los restantes seres vivos, requieren receptores que puedan captarlos. Cada tipo de receptor está especialmente preparado para recibir una forma de energía. Veamos algunos ejemplos:

- Los que detectan el estímulo de la energía lumínica (luz) son los fotorreceptores.
- Los que perciben la energía térmica (temperatura de un cuerpo) son los termorreceptores.
- Los que detectan la energía que se libera en las reacciones químicas con sustancias que provienen del agua, los nutrientes o sustancias tóxicas producidas por el propio individuo, por otros de su misma especie o por individuos de distintas especies se llaman quimiorreceptores.



Las plantas detectan la energía lumínica y la térmica que provienen del sol mediante fotorreceptores y termorreceptores.



La venus atrapamoscas posee mecanorreceptores que producen el cierre de sus hojas especializadas cuando detectan el movimiento de una presa.

- Los que dan cuenta de la energía mecánica que produce el contacto con otros individuos u objetos se denominan mecanorreceptores.

Como estudiaremos luego, un tipo de receptor puede estar incluido en estructuras diferentes, y las respuestas que induce un estímulo determinado suelen variar mucho según la especie de que se trate y aun dentro de la misma especie.

En ocasiones, lo que en apariencia es un estímulo único contiene una variedad de estímulos diferentes. La energía lumínica, por ejemplo, es una forma de energía electromagnética que se manifiesta como ondas de distinta frecuencia que abarcan un espectro amplio, el espectro electromagnético. La luz que los seres humanos percibimos representa solo una porción de este amplio espectro.

Las plantas pueden detectar también radiaciones de longitudes de onda mayores o menores a las que nosotros percibimos. Diferentes longitudes de onda de la luz pueden representar distintos estímulos y serán captados por diferentes fotorreceptores.

ANALIZAR Y COMPRENDER



1. ¿Por qué una misma forma de energía, como la luz, puede representar distintos estímulos para una planta?
2. Un ambiente presenta luz, temperatura, humedad y sustancias químicas. Explicá por qué una planta necesita diferentes tipos de receptores para responder a estos estímulos.
3. En esta página no hay palabras resaltadas. Marcá cuáles creés que deberían estar en negrita.

La variedad de respuestas

Ante un mismo estímulo, las plantas pueden responder de diversas maneras. En una misma planta, por ejemplo, se puede modificar el patrón de crecimiento de un órgano para acercarse a un estímulo (respuesta positiva) mientras otro órgano crece en dirección contraria (respuesta negativa), como ocurre con tallos y raíces ante los estímulos lumínicos.

Del mismo modo, como vimos, distintas especies pueden desarrollar respuestas diferentes a un mismo estímulo. Por ejemplo, algunas plantas requieren pasar por un período prolongado de frío para florecer; este proceso de desarrollo, regulado genéticamente a largo plazo, se conoce como vernalización. Esto se diferencia de una respuesta térmica inmediata, ya que prepara internamente a la planta para su posterior floración. En cambio, en otras especies, las bajas temperaturas impiden de forma directa que florezcan.

Muchos de esos movimientos son posibles por cambios en el contenido de agua de algunas células estratégicamente ubicadas en los distintos órganos, como veremos más adelante.

Cuando las plantas reciben estímulos, en su interior entran en acción mecanismos a nivel celular y molecular cuya acción se traduce en una respuesta que puede afectar órganos cercanos al sitio donde se recibió el es-

Otra forma en que las plantas responden a los estímulos es la variación en el crecimiento.

Para las plantas, el crecimiento es un modo de movimiento.



La mimosa y otras especies desarrollan movimientos que podemos observar. Sus hojas se cierran cuando algo las toca.

tímulo o a otros más distantes. Los mecanismos mediadores pueden involucrar, por ejemplo, cambios en el transporte a través de la membrana de algunas células o la producción de sustancias con capacidad regulatoria del crecimiento. A estas sustancias reguladoras se las llama **hormonas vegetales** o **fitohormonas** (las estudiaremos con más detalle en la unidad 7).

En las plantas hay dos tipos de respuestas que ocurren con mayor frecuencia.

- **Tropismos**, que son movimientos de curvatura de una parte de la planta que responden a la dirección de un estímulo, ya sea a favor o en contra.
- **Nastias**, que son movimientos de partes de la planta que se realizan de un modo predeterminado, siempre igual, sin importar la dirección desde la que se recibe el estímulo.



Mientras el tallo de una planta crece hacia la luz (fototropismo positivo), sus raíces se hunden en la tierra, alejándose de la luz (fototropismo negativo).

Gerbera

La gerbera florece cuando las temperaturas aumentan en primavera y verano. Por el contrario, el ciclamen o violeta de los Alpes requiere de un período previo de bajas temperaturas (vernalización) para activar los genes que le permiten florecer durante la época fría.



Ciclamen



¿Qué produce el movimiento de las plantas hacia la luz?

Siempre fui muy curioso. Para desarrollar mi teoría sobre la evolución de las especies tuve que estudiar un poco de todo: zoología, botánica, geología...

Pero las plantas siempre me encantaron. Muchos botánicos influyeron en mi vida, mis ideas y mis conocimientos, como mi querido profesor John Henslow y mi mejor amigo, Joseph Hooker.

Estudié y publiqué sobre orquídeas y sobre plantas trepadoras. Aunque no escribí este texto, seguramente podría haberlo hecho.

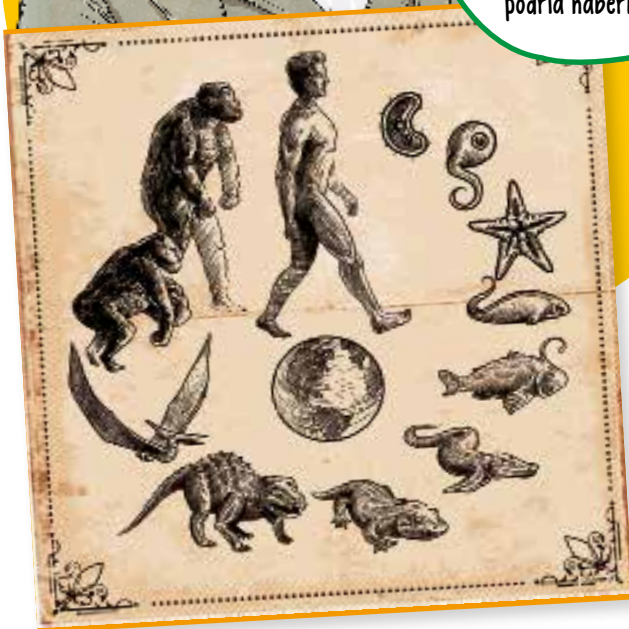
En 1880, mi hijo Francis, un botánico muy reconocido, y yo decidimos realizar experiencias para comprobar qué producía el movimiento de las plantas hacia la luz.

Sembramos semillas de alpiste en varios recipientes que pusimos en una habitación oscura con una sola fuente de iluminación ubicada a tres metros de los recipientes.

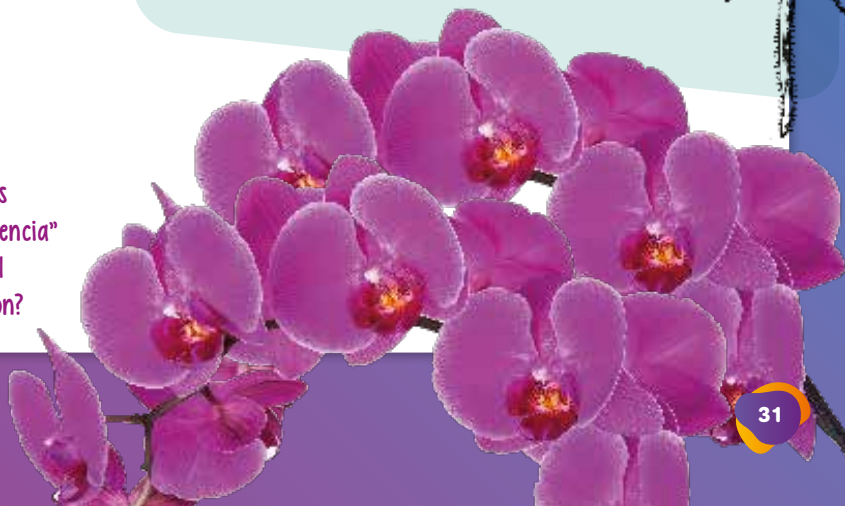
Después de unos días salieron unos tallitos, los coleóptilos, que crecieron curvándose hacia la fuente de luz. La pregunta que nos hicimos Francis y yo fue: ¿qué parte de la planta percibe la luz y hace que se curve hacia ella?

Se nos ocurrió cubrir los ápices (las puntas) de los coleóptilos para ver qué pasaba. ¡Y sí! Cuando los tapamos con tubitos pintados de negro, vimos que no se curvaban más, mientras que si los tapábamos con tubitos transparentes, seguían creciendo igual hacia la luz. Lo mismo que si tapábamos otra parte del tallito con algo oscuro.

Y escribimos: "Debemos concluir, por tanto, que cuando las plántulas son expuestas libremente a una luz lateral se transmite cierta influencia desde la parte superior a la parte inferior, que obliga a la planta a encorvarse". Claro que todavía no sabemos cómo ocurre esto. Alguien más adelante tendrá que averiguarlo. Yo ya estoy un poco viejito. Pero voy a publicar este descubrimiento en mi próximo libro.



Al finalizar el experimento, Darwin escribió que otros investigadores deberían averiguar cuál era la "influencia" responsable del curvamiento. ¿Qué característica del trabajo científico pone de manifiesto esta afirmación?



Las respuestas a los estímulos lumínicos

Como vimos, las respuestas de las plantas al estímulo de la luz varían de una a otra. Pueden ser tropismos o nastias. Analicemos algunas con más detalle.

Seguramente habrás observado alguna vez que los tallos y las hojas de plantas que crecen en ambientes poco iluminados tienden a curvarse hacia el lugar de donde proviene un estímulo lumínico. Esta respuesta se llama **fototropismo positivo**. El crecimiento en contra de la luz o **fototropismo negativo** se presenta, por ejemplo, en las raíces.

El fototropismo tiene un valor muy importante para la supervivencia de las plantas: ¡sin captar la luz no producen su alimento! En la página anterior leíste acerca de los experimentos de Charles y Francis Darwin. Otras experiencias permitieron definir que las longitudes de onda correspondientes a la luz azul son las que estimulan a las plantas para producir los fototropismos.

El **heliotropismo** es un tipo de fototropismo. En este caso, las hojas o las flores, por ejemplo las del girasol, rastrean la dirección de la que les llegan los rayos del sol y se van moviendo en el mismo sentido, con lo que reciben

siempre el máximo de luminosidad. En el caso del trébol y del rayito de sol ocurre un tipo de respuesta especial a la estimulación lumínica, la **nictinastia**. Estas especies detectan la transición de la oscuridad a la luz o de la luz a la oscuridad, independientemente de la dirección desde donde provenga el estímulo. El movimiento se debe a cambios en el tamaño de células motoras ubicadas en la base de las hojas, ocasionados por la entrada de agua a través de sus membranas. Algunas de estas células provocan la apertura de las hojas y otras, el cierre, ambas por el mismo mecanismo y de acuerdo con su disposición.

Cuando el movimiento de las hojas y las flores se produce de modo que los rayos solares caen sobre ellas en forma perpendicular, este fenómeno se denomina *diaheliotropismo* y optimiza la captación de la luz solar.

A lo largo de un día, la disposición de las hojas y flores sigue el recorrido del sol. Al atardecer, las hojas están dispuestas casi verticalmente, apuntando hacia el lugar en el horizonte donde se oculta el sol. En las dos horas siguientes, las hojas se disponen perpendicularmente a sus tallos, en posición de "descanso", y una o dos horas antes del amanecer vuelven a moverse para ubicarse mirando hacia el punto del horizonte donde asoman las primeras luces.

EL TRÉBOL TIENE LAS HOJAS ABIERTAS DURANTE EL DÍA Y LAS CIERRA EN LA NOCHE, IGUAL QUE OTRAS PLANTAS, COMO LA MARGARITA COMÚN.

EL GIRASOL PRESENTA UN MARCADO HELIOTROPISMO, POR LO QUE SUS FLORES SIGUEN MUY VISIBLEMENTE EL RECORRIDO DEL SOL.



Las respuestas a los estímulos químicos

El agua es un elemento de importancia vital para las plantas. Cuando se exponen las raíces de algunas plantas a ambientes con distintos porcentajes de humedad relativa, cambia la dirección del crecimiento del extremo de la raíz en el sentido de las zonas más húmedas. Esto se denomina **hidrotropismo positivo**. Experimentalmente, se vio que la respuesta hidrotrópica tiene prioridad por sobre la respuesta a otros estímulos. Es decir que, cuando además del gradiente de humedad hay otros estímulos que afectan a la raíz, como el de la gravedad o estímulos mecánicos, la respuesta que se observa en primer lugar es el hidrotropismo. Esto refleja la importancia que la disponibilidad de agua tiene para la supervivencia de las plantas.

La **hidronastia** es la respuesta de las plantas frente a la escasez de agua. Si el ambiente es muy seco, las hojas se pliegan o se enrollan, y los estomas (pequeños orificios en el envés de las hojas por donde entran y salen los gases) se cierran. De este modo reducen la superficie expuesta al aire seco y la pérdida de agua. El plegamiento de las hojas se debe a la presencia de las llamadas células buliformes, que poseen una cubierta muy delgada: pierden agua más rápido que otras células epidérmicas, se “arrugan” y producen así el cierre de la hoja. El pasto azul (*Poa pratensis*) presenta este tipo de respuesta.

Si bien no es muy conocida ni fácil de observar, las plantas también poseen **quimiorrecepción**. Algunas plantas sintetizan compuestos químicos que permiten la in-



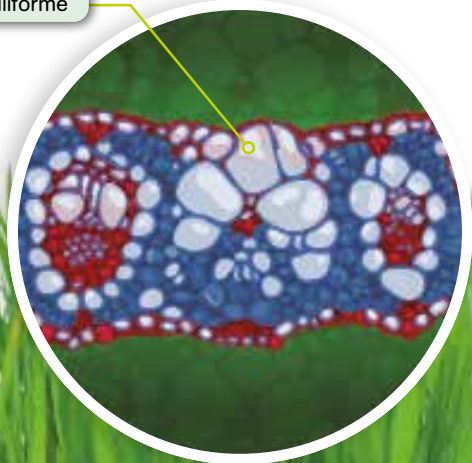
Las raíces presentan un marcado hidrotropismo positivo

teracción entre plantas; son los llamados *aleloquímicos*, y los estudiaremos más adelante. Para que sean efectivos, las plantas deben poseer quimiorreceptores. El tabaco, por ejemplo, tiene la capacidad de detectar aleloquímicos que están presentes en el suelo o que se desplazan por el aire.

Célula buliforme



Células buliformes entre otras células que forman la epidermis de una planta.



APLICAR Y TRANSFERIR



1. Un jardinero coloca una maceta junto a una pared. Un lado del suelo recibe agua de una pérdida de una caña permanece húmedo. De a dos, piensen cómo crecerán las raíces y hagan un esquema que incluya los conceptos de estímulo, receptor y respuesta.
2. Durante una ola de calor, observás que las hojas del césped aparecen enrolladas al mediodía, pero recuperan su forma al atardecer. Explicá qué tipo de respuesta presenta la planta y cómo contribuye a disminuir la pérdida de agua.

Las respuestas a los estímulos mecánicos

Muchas especies de plantas son estimuladas por el contacto con una superficie y producen una respuesta lenta y duradera, llamada tigmotropismo, o bien una respuesta rápida y pasajera, la tigmonastia.

El **tigmotropismo positivo** se observa en plantas trepadoras o epífitas que crecen sujetándose a objetos como troncos o tallos de otras plantas, paredes, varillas, etc. El contacto con el objeto es el estímulo para la respuesta, que se manifiesta con una variación en el patrón de crecimiento, mediante zarcillos o circunmutaciones.

El **tigmotropismo negativo** se observa en las raíces. Si el extremo de una raíz durante su crecimiento se topa con un objeto que lo obstaculiza, responde alejándose del estímulo. En este caso, incluso ignora el estímulo de la gravedad y puede crecer en contra de ella. En los árboles o plantas que crecen en las veredas de las ciudades, por ejemplo, este tipo de respuesta dirige las raíces para per-

mitir que esquiven los cimientos de las casas, los caños subterráneos y los postes del alumbrado público.

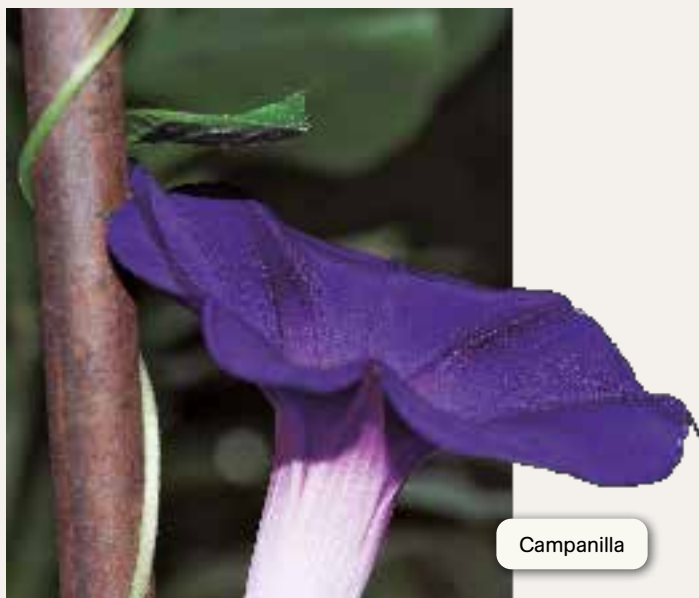
En algunas plantas puede observarse el fenómeno de **tigmonastia**. Es una respuesta rápida ante el estímulo del tacto, y cuando ocurre, la planta se mueve en forma evidente. Sin embargo la dirección del movimiento no guarda relación con la dirección del estímulo mecánico aplicado. La respuesta se da por cambios en la turgencia de algunas células particulares, que reciben el nombre de células motoras. Un ejemplo es la mimosa que mencionamos en la página 30. Ante la presencia del estímulo mecánico representado por el toque, se abren canales iónicos en las células motoras ubicadas en la base de las hojas de la planta. Como se modifica la permeabilidad de la membrana, el agua sale de la célula y esta se "arruga" o colapsa. Así se modifica la posición de las hojas. La ventaja adaptativa de la tigmonastia para la mimosa podría ser la protección contra el ataque de insectos o contra la desecación.

En plantas adultas, solo se requiere que el estímulo alcance un umbral mínimo para provocar la respuesta completa. Un pequeño toque basta para que las hojas se "cierren" sobre el tallo.

Tigmotropismo positivo

MOVIMIENTOS DE CIRCUNMUTACIÓN

El tallo completo se enrolla en forma helicoidal sobre el objeto. De este modo, muchas plantas, como la campanilla, el ojo de poeta y el poroto, se sostienen y trepan sobre otras plantas u objetos.



Campanilla



Pasionaria

Zarcillo

ZARCILLOS

Son tallos u hojas modificadas que, al entrar en contacto con cualquier objeto, responden enrollándose sobre este. Cuando el extremo de un zarcillo toca alguna superficie, las células que establecen el contacto se contraen ligeramente, mientras que las del lado contrario se alargan, por lo cual el zarcillo se tuerce paulatinamente, creciendo en forma de espiral. La pasiónaria y la vid, entre otras plantas, presentan este tipo de respuesta de enrollamiento.

Diseñar experimentos

Una investigadora quiere poner a prueba la hipótesis de que los zarcillos permiten que las plantas de calabaza respondan al contacto con un soporte.

- ¿Cuál creen que es la pregunta que intenta responder?
- ¿Qué variable debería modificar para comprobar su hipótesis?
- ¿Qué otras variables debería mantener constantes para que los resultados sean confiables?
- ¿Cuáles son los resultados esperados?



Realizar **experimentos** es un procedimiento científico útil para explorar un fenómeno y para poner a prueba una hipótesis.

Al **diseñar un experimento**, primero debemos identificar cuál es el objeto de estudio y establecer las condiciones o variables que se van a medir, por ejemplo, temperatura, tiempo, crecimiento, etc. Según el objetivo, algunas variables se mantendrán fijas, mientras que otras se irán modificando en el transcurso del ensayo.

Por último, se deben elegir los materiales adecuados y un procedimiento riguroso y confiable que nos garantice un resultado válido.

INVESTIGAR Y COMPRENDER



1. En grupo, diseñen un experimento para investigar la respuesta de las plantas ante un estímulo, por ejemplo, la luz. Pueden usar semillas de porotos o lentejas y, como sustrato, tierra o algodón húmedos. Cajas, tijeras y cinta adhesiva pueden ser algunos materiales útiles. En el diseño deberán tener en cuenta todo lo que necesita la planta para crecer. Piensen cuál será la variable a ensayar, planteen una hipótesis y compruébenla experimentalmente. ¿Qué resultados esperan obtener?

Habitualmente, al realizar una experiencia surgen nuevas preguntas que requieren respuestas y comprobaciones. Anoten las preguntas y las respuestas. Elijan alguna para plantear una hipótesis y diseñar una experiencia que la compruebe.



Seguimos experimentando

- ¿Cómo diseñarían un experimento para probar el tigmotropismo negativo de la raíz? ¿Qué variables tendrían en cuenta?
- Si el obstáculo está por debajo de la raíz, ¿qué estímulo será más determinante: responder a la gravedad (gravitropismo positivo) o al obstáculo (tigmotropismo negativo)? Planteen su hipótesis e intenten diseñar un experimento para ponerla a prueba.
- Armen un informe con todo lo que experimentaron.



1. Lee el siguiente texto y luego resolvé las consignas para ordenar la información.

LA CAPTACIÓN DE CAMBIOS ESTACIONALES

Las plantas son capaces de adaptarse a los cambios estacionales mediante la detección de la longitud relativa del día y la noche. Este fenómeno se conoce como fotoperiodicidad. La longitud relativa del día y la noche determina cuándo florecerán muchas especies. Las plantas de día largo florecen en verano, cuando la duración de la noche es inferior a un punto crítico. Las plantas de día corto, en cambio, florecen solo cuando los períodos de oscuridad son mayores que cierto tiempo crítico, en otoño o comienzos de primavera.

Según los investigadores, el pigmento fitocromo es el responsable de la detección de la duración del ciclo luz-oscuridad. Tiene una forma inactiva y otra activa y es la luz, en particular su fracción roja, la que hace que pase de una a otra forma y produzca su efecto biológico.

- a) Definí el término *fotoperiodicidad*.
- b) El abrojo florece cuando el día dura ocho horas y la noche abarca dieciséis. ¿En cuál de los dos grupos de plantas lo ubicarías?
- c) ¿Dentro de cuál de los grupos de respuestas que estudiamos en esta unidad ubicarías la fotoperiodicidad? ¿Por qué?
- d) Prepará un mapa conceptual que relacione todas las respuestas a estímulos estudiadas hasta aquí. Incluí también la fotoperiodicidad.
- e) Escribí un texto breve para explicarle el concepto de fotoperiodicidad a un chico de séptimo grado.

2. Una empresa quiere producir flores durante todo el año en un invernadero. Para lograrlo, puede controlar el tiempo que las plantas permanecen iluminadas y el tiempo que permanecen a oscuras. Elaborá una propuesta para asesorar a la empresa. En tu respuesta:

- explicá qué información necesitarías conocer sobre la especie que desean cultivar;
- describí cómo modificarías los períodos de luz y oscuridad para favorecer la floración;
- argumentá tus decisiones utilizando los conceptos trabajados en esta unidad.

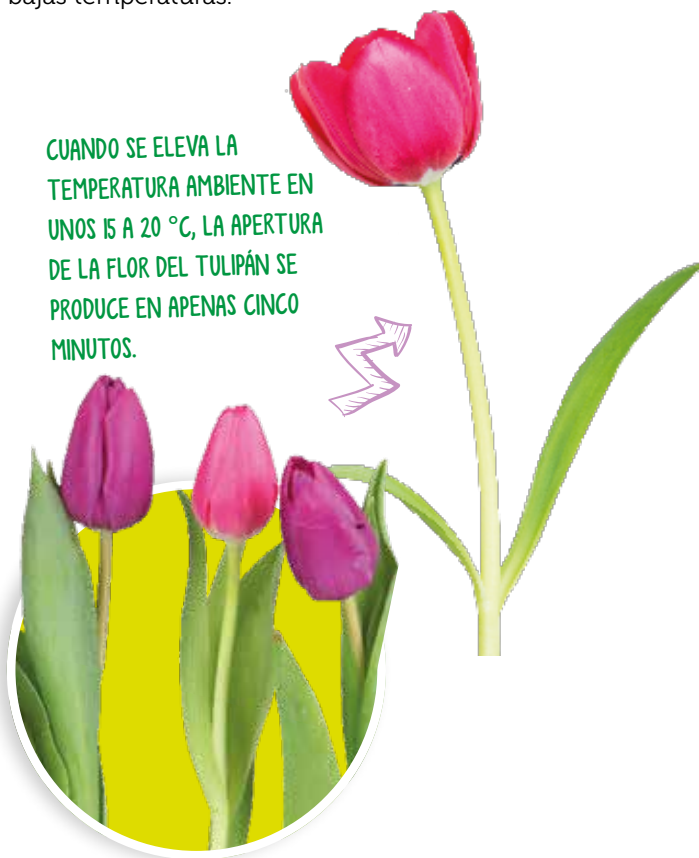
Las respuestas a otros estímulos

Existe otro gran número de estímulos que producen respuestas en las plantas. Por ejemplo, el denominado **gravitropismo** o **geotropismo** es la capacidad de responder a la fuerza de gravedad. Cuando la planta comienza a crecer, la raíz crece en dirección al estímulo y el talluelo se aleja de este. Entonces, la raíz presenta geotropismo positivo, y el tallo, geotropismo negativo.

En algunas especies existe una respuesta al estímulo de la oscuridad a la que se suele llamar **escototropismo**. Se observa en plantas trepadoras de zonas boscosas que deben encontrar un árbol sobre el que trepar para llegar a la luz que se encuentra en la zona superior. Los talluelos recién nacidos buscan la zona oscura cercana al tronco para luego crecer hacia la luz.

La **termonastia** es una respuesta a los cambios de temperatura, que provoca, por ejemplo, la apertura de las flores cuando hace más calor y su cierre cuando hace más frío, como ocurre con el tulipán. Las semillas también se ven afectadas por la temperatura: muchas solo germinan después de pasar un período expuestas a bajas temperaturas.

CUANDO SE ELEVA LA TEMPERATURA AMBIENTE EN UNOS 15 A 20 °C, LA APERTURA DE LA FLOR DEL TULIPÁN SE PRODUCE EN APENAS CINCO MINUTOS.



La comunicación en las plantas

Sabemos que ciertas sustancias de algunas plantas, como la ortiga, pueden causar irritación en la piel. 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. Como vimos, 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.

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

- Cuando se comunican plantas de la misma especie, decimos que es una **interacción intraespecífica**.



- ▲ La alfalfa, en especial sus raíces y partes envejecidas, libera sustancias que inhiben el crecimiento de otras plantas de la misma especie. Hay que tener en cuenta este efecto cuando se quiere volver a cultivar un terreno con alfalfa inmediatamente.

Muchas utilizan la autotoxicidad: inhiben la germinación y el desarrollo de otros individuos, con lo que se limita la competencia por los recursos del ambiente. En otros casos, las sustancias volátiles liberadas ante el ataque de insectos inducen una respuesta defensiva en otros individuos de la misma especie que todavía no fueron atacados, un “aviso de peligro”.

- Cuando se trata de plantas de diferentes especies, ocurren **interacciones interespecíficas**, y también pueden provocar efectos positivos o negativos, de modo que promueven o evitan el crecimiento de otras especies. Esto tiene mucha importancia en la agricultura. El uso de abono verde disminuye el uso de herbicidas. Consiste en la utilización de plantas para proteger el suelo, incorporar nutrientes y disminuir el crecimiento de malezas por efecto alelopático.



- ▲ Las pequeñas plantas de flores violeta son facelias, que se plantan entre las vides de un viñedo como abono verde. Evitan la invasión por parte de las malezas, además de incorporar al suelo nutrientes útiles para la vid.

CUIDAR ES LA CLAVE • El mundo que perciben las plantas

Como estudiaste, las plantas detectan la luz, el agua, la gravedad, la temperatura y muchas otras señales del ambiente. A partir de esos estímulos, pueden modificar su funcionamiento. Cada cambio en el ambiente puede afectar la forma en que responden. Muchas veces somos las personas las que transformamos los ambientes: urbanizamos, cultivamos, desmontamos, regamos, iluminamos o contaminamos distintos lugares. Comprender cómo las plantas se relacionan con su entorno nos ayuda a reconocer que nuestras acciones también modifican las condiciones de vida de otros seres vivos y que cuidar el ambiente implica cuidar la red de relaciones de la que formamos parte.

- Para hablar, escuchar y pensar en grupos pequeños:
 - a) Elijan un espacio cercano (el patio de la escuela, una plaza o una vereda). Identifiquen algunos estímulos que reciben las plantas de ese lugar (luz, agua, temperatura, viento, contacto, sustancias químicas, etc.). ¿Cuáles son naturales y cuáles son consecuencia de la actividad humana?
 - b) ¿Qué responsabilidades cotidianas tenemos respecto del crecimiento y la supervivencia de las plantas allí? Elaboren una propuesta con tres acciones concretas que puedan llevarse a cabo para cuidar ese espacio.





Vuelvo a MI HIPÓTESIS en acción



Al inicio de esta unidad escribí una primera idea. Ahora vuelvo a pensarla:.

¿Sigo estando de acuerdo con la hipótesis?

☐ Nada de acuerdo. ☐ Parcialmente de acuerdo. ☐ Totalmente de acuerdo.

¿Cómo respondería ahora a las mismas preguntas?

Reviso MIS APRENDIZAJES

Pienso sobre lo que aprendí al estudiar esta unidad.

¿Qué sabía sobre el tema antes de empezar?

¿Qué cosas nuevas aprendí?

¿Cómo ME EVALÚO a lo largo de este recorrido?

Elijo la estrategia que más me sirvió y explico por qué.



RELEER.



HACER ESQUEMAS.



TRABAJAR CON OTROS.



PREGUNTAR.



OTRA:

¿Por qué me ayudó?
