

2015

El Movimiento de las Plantas- : Tropismos y Nastias



Ailin Angelina Sotelo

Cátedra de Fisiología Vegetal

Corrección: Ing. Agr. María A. Marassi
Profesor adjunto A/C Fisiología Vegetal- FaCENA

El movimiento de las plantas

Índice

Introducción.....	Pág 2
Tropismos.....	Pág 3
Nastias.....	Pág 7
Bibliografía.....	Pág 10

El movimiento de las plantas

Introducción

Muchos de los aspectos que diferencian a las plantas de los animales; uno de los más destacados es su aparente inmovilidad. La mayoría de las plantas están fijas al suelo, y no pueden escapar cuando las condiciones ambientales son adversas. Sin embargo sorprende comprobar cómo han desarrollado sofisticados sistemas de percepción y respuesta a los cambios ambientales; y éstas respuestas suelen implicar “movimiento”.

Muchos movimientos de vegetales son *inducidos* por variados *estímulos ambientales*: entre ellos uno fundamental es la luz, condicionante absoluto del normal desarrollo de la planta. Existen, sin embargo, movimientos *autónomos* que están bajo el control de señales internas, aun cuando pueden ser modificados por estímulos externos. Tal es el caso de los *movimientos rítmicos* y de la *circumnutación* o movimiento elíptico que describen los ápices de tallos y zarcillos al crecer.

Las respuestas de movimiento pueden afectar a órganos de la planta (hojas, brotes, raíces, etc) que, desplazándose cambian su orientación en el espacio, o producirse a nivel celular.

Atendiendo a su mecanismo fisiológico, tradicionalmente se distinguen dos tipos de movimiento:

- ✓ Los que implican crecimiento del órgano, corresponden:
 - Tropismos
 - Circumnutación
- ✓ Los que no implican crecimiento alguno, corresponde a:
 - Nastias y fenómenos asociados.

Al considerar la fisiología del movimiento hay que tener presentes dos aspectos:

-La planta posee sensores o receptores específicos capaces de percibir el estímulo externo

-Se produce una respuesta específica como consecuencia de acontecimientos bioquímicos desencadenados por la percepción, en los cuales intervienen gravioreceptores, fotoreceptores, termoreceptores y otros, que perciben las señales gravitacionales, luminosas, térmicas, etc. Y cada movimiento tiene su particular sistema de respuesta.

El movimiento de las plantas

Tropismos

Los tropismos son movimientos de curvatura de los órganos vegetales inducidos por estímulos ambientales direccionales:

Como la luz → Fototropismo

La gravedad → Gravitropismo

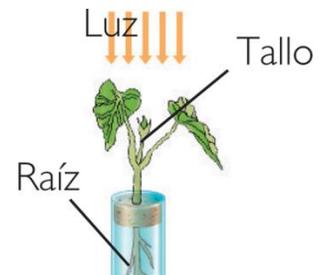
La temperatura → Termotropismo

Gradientes de potencial hídrico → Hidrotropismo

Compuestos químicos → Quimiotropismo

Estímulos mecánicos → Tigmotropismo

La dirección de estos movimientos depende de la dirección del estímulo. La respuesta es positiva o negativa según el órgano se aproxime, o se aleje del estímulo y, en general, se debe a un crecimiento diferencial irreversible entre partes opuestas de un órgano.



Fototropismo

Es la curvatura de un órgano vegetal inducida por un gradiente externo de luz. Se manifiesta en plántulas, brotes y órganos reproductores.

En general, los tallos y órganos aéreos muestran *fototropismo positivo*, mientras que las raíces y los órganos subterráneos presentan *fototropismo negativo* o son insensibles a los gradientes de luz. Sin embargo existen muchas excepciones a esta norma.

En las dicotiledóneas, el fototropismo positivo del eje del brote, orienta los cotiledones y las hojas jóvenes perpendiculares a la radiación incidente, lo cual optimiza la captación de luz. En etapas posteriores a la ontogenia vegetal, la orientación de las hojas es resultado de la interacción de fototropismo, gravitropismo y epinastia (cuando las hojas experimentan una curvatura hacia abajo, debida a un exceso de luz y calor, terminando las hojas por marchitarse rápidamente).

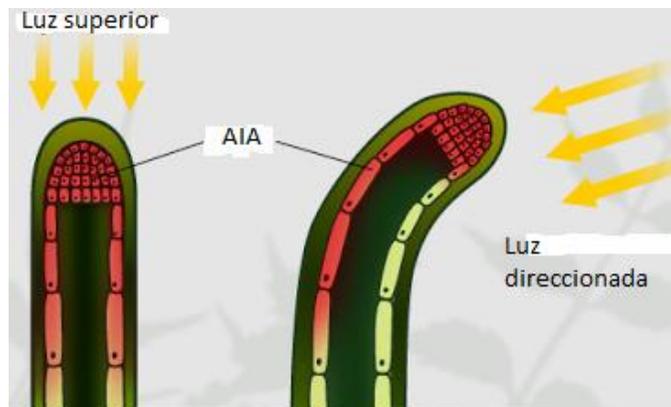
Las plantas perciben la radiación estableciendo un gradiente interno de luz, que puede conseguirse por dos mecanismos:

El movimiento de las plantas

- ✓ La refracción de la luz (efecto lente): es posible en las células transparentes, con un índice de refracción distinto al del medio, que sean lo suficientemente esféricas y grandes para actuar como una lente y enfocar un rayo de luz;
- ✓ La atenuación de la luz: se produce a través de la absorción de la radiación (por el propio sistemas fotoreceptor, por otros pigmentos o por ambos) y de su dispersión.

Durante muchos años ha sido muy debatida la naturaleza del fotoreceptor. Sin embargo, estudios moleculares sobre el fototropismo en plantas mutantes de *A. thaliana* han permitido el descubrimiento de las *fototropinas*. Estos fotoreceptores, con un cromóforo tipo flavina se consideran los responsables de éste fenómeno. También intervienen en otras respuestas fisiológicas, como el movimiento de los cloroplastos y la abertura estomática inducida por la luz azul.

La magnitud y la dirección de la curvatura fototrópica dependen de la energía o el flujo fotónico total del estímulo. Por lo tanto la dosis o energía del estímulo puede variarse alternando la tasa de flujo fotónico o el tiempo de irradiación.



Causa principal: el gradiente hormonal.

La curvatura fototrópica es consecuencia de un cambio en la distribución espacial del crecimiento. En general se produce por una reducción de la tasa de elongación de las células del lado irradiado, mientras que la tasa de crecimiento de las células del lado no irradiado no varía o aumenta.

La *hipótesis de Cholodny-Went* se basa en trabajos realizados en coleóptilos. En éstos, la fotopercepción se da en el ápice, y la curvatura en la zona subapical. Ésta hipótesis supone que una irradiación unilateral induce una distribución asimétrica del ácido indolacético (AIA) en el ápice de los coleóptilos, de manera que ésta hormona se encuentra en mas concentración en el lado no irradiado que en el irradiado. Ésta re-distribución lateral se extiende desde el ápice hasta la zona subapical a causa del trasporte polar de ésta hormona. Puesto que el AIA estimula la elongación celular, las células de lado no irradiado elongan más rápidamente que las del lado irradiado, y éste crecimiento diferencial provoca la curvatura del coleóptilo hacia la luz. Por lo tanto el aspecto clave de ésta hipótesis es el establecimiento de un gradiente asimétrico de AIA.

El movimiento de las plantas

Gravitropismo

El gravitropismo o geotropismo es un movimiento de curvatura de un órgano vegetal respecto a la dirección de la aceleración gravitacional. La respuesta se debe también a un crecimiento diferencial entre partes opuestas del órgano y, por tanto, se presenta en órganos de crecimiento o en órganos maduros que recuperan la capacidad de crecer.



Éste fenómeno se pone de manifiesto al colocar una plántula en posición horizontal. Tras un período de latencia, tanto el brote como la raíz empiezan a curvarse hasta quedar de nuevo en posición vertical (**ortogravitropismo**). El eje del brote muestra ortogravitropismo negativo y se orienta en sentido opuesto a la gravedad. La raíz presenta ortogravitropismo positivo orientándose en el mismo sentido que la gravedad. Los órganos secundarios o laterales se denominan **plagiotrópicos**, ya que forman un cierto ángulo con la fuerza gravitacional.

Esta capacidad de los órganos vegetales de orientarse con respecto a la fuerza de gravedad tiene un claro significado ecofisiológico. Tras la germinación la supervivencia de la plántula depende de que el brote alcance la superficie del suelo para captar la luz e iniciar la fotosíntesis antes de agotar las reservas de la semilla. En cambio la raíz debe penetrar en el interior del suelo para fijar la planta y asegurar el suministro de agua y nutrientes inorgánicos.

El gravitropismo es un fenómeno umbral, es decir, se requiere de un estímulo mínimo para desencadenar la respuesta. La dosis del estímulo gravitatorio es función de la dirección y la magnitud de la aceleración y del tiempo de presentación (tiempo mínimo que debe ser aplicado un estímulo para obtener respuesta).

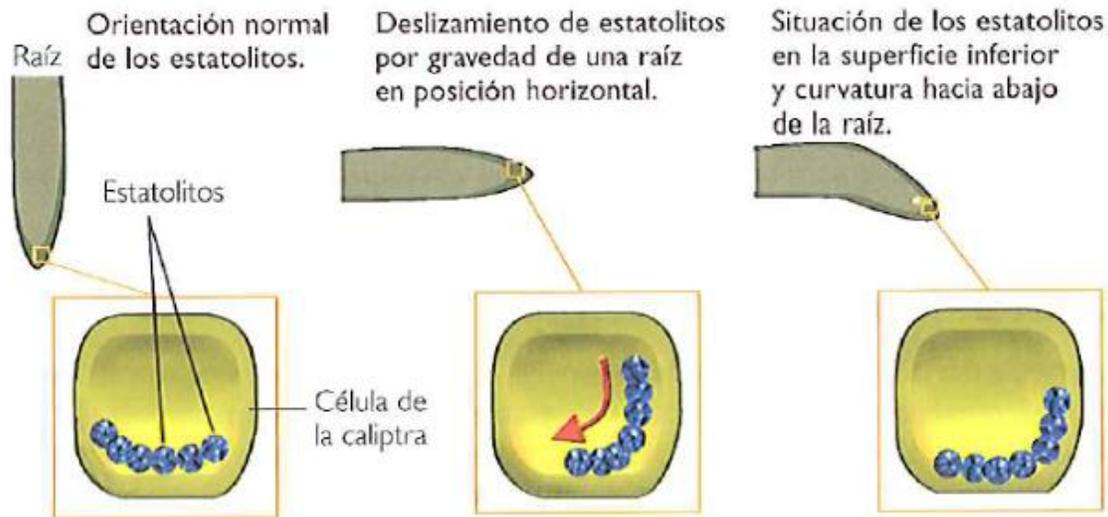
La curvatura gravitropica comprende tres etapas: percepción, transducción y respuesta, que pueden producirse en la misma o en distintas partes del órgano. Así, en los coleóptilos la percepción tiene lugar en el ápice, y la curvatura en la zona subapical. En las raíces la percepción tiene lugar en la caliptra y la respuesta en la zona de elongación.

La vía más efectiva y simple para detectar un estímulo gravitatorio es emplear el desplazamiento de un sensor. Los sensores de éste tipo se conocen como **estatólitos**, que son orgánulos celulares lo suficientemente grandes como para desplazarse en el citoplasma en respuesta a la aceleración gravitacional.

Los amiloplastos son los estatólitos de las angiospermas, y las células que contienen amiloplastos se denominan **estatócitos** y se encuentran agrupadas en zonas graviperceptoras: la columela de la caliptra radicular y las células de la vaina de los tejidos vasculares, que representan la endodermis de los órganos aéreos.

El movimiento de las plantas

Tanto en la raíces como en los brotes, la percepción de la gravedad se inicia con el desplazamiento de los amiloplastos hacia el lado basal de los estatocistos, y en consecuencia varía la presión que éstos ejercen sobre el plasmalema, el tonoplasto o el retículo endoplasmático.

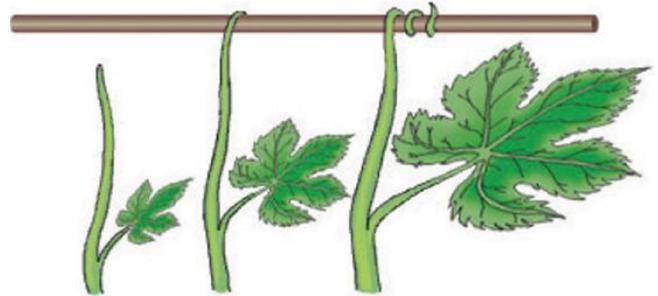


La curvatura gravitropica se relaciona con asimetrías del Ca^{+2} y el AIA. Datos experimentales indican que el Ca^{+2} es necesario para que se produzca la curvatura en raíces, y la adición de Ca^{+2} a la mitad de la caliptra ocasiona una curvatura hacia la zona rica en Ca^{+2} . Dado que el retículo endoplasmático es un reservorio de Ca^{+2} , se ha propuesto la hipótesis de que los amiloplastos, al presionar sobre éste orgánulo, provocan una salida de Ca^{+2} y un aumento local de su concentración citoplasmática. El Ca^{+2} por sí mismo actuaría sobre el sistema de transporte del AIA creando un gradiente de ésta hormona. Así pues, el Ca^{+2} y el AIA tienen una distribución simétrica en la caliptra de una raíz vertical y asimétrica en una raíz horizontal, donde son más abundantes en la parte inferior. El incremento de AIA hasta concentraciones supraóptimas en la parte inferior de una raíz horizontal inhibiría la elongación celular y provocaría su curvatura hacia abajo (ortogravitropismo positivo). Ésta es la base de la hipótesis de Cholodny-Went que atribuye tanto la curvatura gravitropica del brote como la de la raíz a una asimetría de auxinas.

El movimiento de las plantas

Tigmotropismo

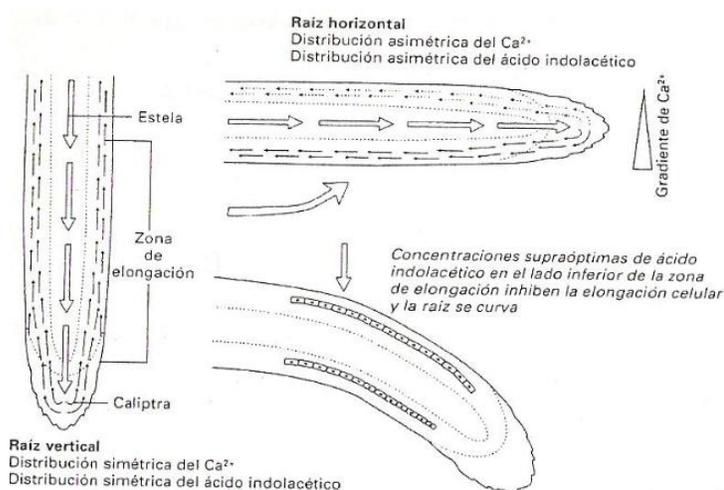
El tigmotropismo o crecimiento como respuesta al contacto, permite a las raíces crecer alrededor de diversos obstáculos y es responsable de la capacidad de los tallos de las plantas trepadoras de enrollarse sobre estructuras como soporte. Poco se sabe acerca de los mecanismos del tigmotropismo, aunque probablemente también implica gradientes diferenciales de auxinas. Cuando las partes aéreas de una planta tienden a crecer en torno a un soporte, poseen tigmotropismo positivo. Las raíces, en cambio, poseen tigmotropismo negativo, ya que les permite eludir obstáculos que se presenten en el terreno, tales como rocas.



Es una cualidad que poseen todas las plantas hasta cierto grado; aunque algunas se han especializado en ello, ganando ventaja en la adaptación.

Nastias

Con esta denominación se conoce una serie de movimientos de órganos inducidos por estímulos ambientales no direccionales y cuya dirección viene determinada por la propia anatomía del órgano. En éste grupo diverso se incluyen:



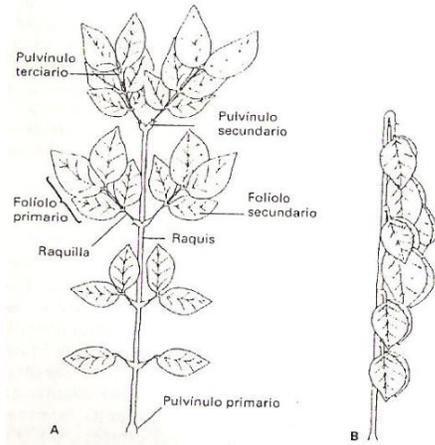
- ✓ Nictinastias: inducidas por transiciones luz-oscuridad
- ✓ Seismonastias: en respuesta al tacto, las descargas eléctricas, etc.
- ✓ Termonastias: si el estímulo es térmico
- ✓ Quimionastias: en respuestas a productos químicos
- ✓ Gravinastias: inducidas por la gravedad, etc.

En general se deben a un cambio reversible de la turgencia celular, aunque algunas resultan de un crecimiento diferencial entre lados opuestos del órgano.

El movimiento de las plantas

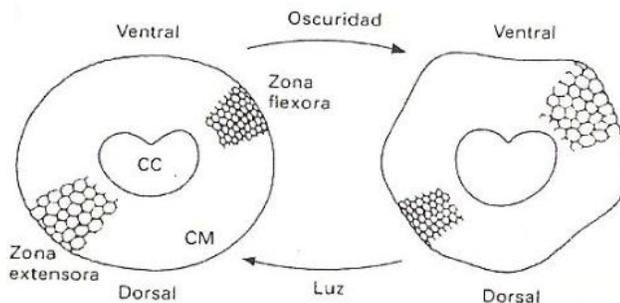
Nictinástias

Las hojas de diversos árboles, en especial de las leguminosas tropicales, están totalmente extendidas o abiertas durante el día, ofreciendo la máxima superficie de captación de luz y se pliegan o cierran sobre sí mismas durante la noche, minimizando la superficie expuesta. Aun cuando existen diversas hipótesis, la explicación más plausible supone que el cierre foliar nocturno evita la pérdida de calor al disminuir la superficie de radiación. En condiciones climáticas de oscilación térmica acentuada, durante la noche y a cielo abierto la temperatura ambiente puede ser muy baja, y la gran diferencia entre la temperatura de la hoja y del aire ocasionaría un enfriamiento de la hoja capaz de dañar sus enzimas, especialmente adaptadas a altas temperaturas en estas plantas de climas cálidos.



Las especies nictinásticas poseen en las bases de sus hojas o folíolos, un pequeño órgano, el **pulvínolo**, responsable del movimiento. Los pulvínolos se asemejan a un cilindro flexible que se mantiene recto y horizontal cuando los folíolos están abiertos y se curva adquiriendo una forma similar a una "U" cuando los folíolos se cierran.

Ciertas células de la corteza pulvinar cambian de forma y tamaño durante el movimiento foliar: son las **células motoras**. Se denominan *células motoras extensoras* a aquellas que incrementan su tamaño gracias a un aumento de la turgencia durante la abertura (o extensión) foliar, mientras que las llamadas *células motoras flexoras*, situadas en la zona opuesta al pulvínulo, son las que aumentan de turgencia durante el cierre o flexión. Durante el cierre nictinástico, es decir durante la transición luz-oscuridad, se producen efectos opuestos en las dos mitades pulvinulares: flacidez en las células extensoras e incremento de turgencia en las células flexoras. Estos cambios de turgencia se deben a flujos de agua dependientes de migraciones iónicas. Estos movimiento ionico, los cambios de turgencia subsiguientes y el movimiento foliar están controlados por dos sistemas fotorreceptores. Uno de ellos responde a la luz azul, y el otro está formado por fitocromos. Una irradiación prolongada con luz azul estimula la abertura foliar. Por el contrario una corta irradiación con luz roja antes de la transición luz-oscuridad potencia el cierre nictinástico, mientras que la irradiación con luz roja lejana lo inhibe.



El movimiento de las plantas

Seismonástias

Algunas leguminosas nictásticas, como *Mimosa pudica*, presentan también rápidos movimientos seismonásticos inducidos por estímulos mecánicos, químicos, eléctricos, cambios de temperatura, heridas o bruscos incrementos de la intensidad luminosa. En condiciones naturales las ráfagas de viento, las gotas de agua, o la acción de los animales puede desencadenar éstos movimientos.

Ésta respuesta es muy rápida, se completa en 1-2 segundos, y la hoja vuelve a la posición inicial a los 8-15 minutos. El cambio de posición del peciolo se debe a una rápida pérdida de turgencia de las células motoras abaxiales del pulvínulo primario. Durante la recuperación, éstas células adquieren de nuevo su turgencia inicial. Si la estimulación se repite cada pocos segundos la planta se habitúa, quedando los folíolos abiertos. Este mecanismo adaptativo evita el cierre foliar por la lluvia y el viento. Si el estímulo es suficientemente intenso, se trasmite a modo de onda en todas las direcciones desde la zona estimulada a las no estimuladas. No existe una teoría adecuada para explicar el mecanismo de percepción y trasmisión del estímulo. Sin embargo algunos autores proponen la transmisión de estímulo a través de una señal química, se han aislado de *Mimosa* y otras plantas ciertas sustancias llamadas *turgoporinas*, derivados glicosilados del ácido gálico, que aplicadas a plantas sensibles actúan como estímulo que se trasmite en forma de potencial de acción al pulvínulo que responde. Así las turgoporinas actuarían de forma similar a un neurotransmisor.

Bibliografía

-Azcon –Bieto, J & M. Talon (2008). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Mc Graw Hill Interamericana, Madrid.

-Gredilla Apolinar, F. Tratado de Citología Vegetal, morfología y fisiología celulares. V. Suárez. 1097

-Jennifer Normanly, Janet P. Slovin, and Jerry D. Cohen* (1995). «Rethinking Auxin Biosynthesis and Metabolism». *Plant Physiology* 107: 323–329

-Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Fisiología vegetal. Editorial Sinauer, USA.