

Fitohormonas

Alan Avalos

Universidad Autónoma de Nuevo León,
Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Biología Vegetal
Ave. Pedro de Alba s.n., Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L., México. 66455

*Autor para correspondencia: alan.avalosx@uanl.edu.mx

Resumen

Las fitohormonas o también conocidas como hormonas vegetales actúan como mensajeros químicos capaces de regular el crecimiento, desarrollo, defensa y adaptación de las plantas ante factores bióticos y abióticos. Las primeras observaciones fueron por Darwin y su hijo sobre el fototropismo, seguida por los experimentos de Boysen-Jensen y Paál que demostraron la existencia de sustancias móviles responsables de la curvatura vegetal. Además existe una variedad de fitohormonas con distintos funcionamientos las auxinas, que promueven el enraizamiento y la formación de frutos; las giberelinas, relacionadas con la germinación y el alargamiento de tallos y frutos; el etileno, implicado en la maduración y caída de órganos; las citoquininas, promotoras de la división celular; el ácido abscísico, regulador de la dormancia y el estrés; los brasinosteroides, vinculados a la elongación celular; los jasmonatos, que activan defensas químicas, y las estrigolactonas, asociadas a la arquitectura radicular y la simbiosis con micorrizas. No obstante, también se ha descubierto recientemente una nueva fitohormona, siendo Dinor-OPDA en plantas no vasculares. Por último, las fitohormonas han tenido un gran impacto y relevancia la agricultura, la producción de frutos sin semillas, la prolongación de la vida de flores, la agricultura vertical y la biorremediación de suelos contaminados.

Palabras clave

Fitohormonas, hormonas vegetales, crecimiento vegetal, defensa de plantas, regulación hormonal, agricultura moderna, fototropismo.

Abstract

Phytohormones, also known as plant hormones, act as chemical messengers capable of regulating plant growth, development, defense, and adaptation to both biotic and abiotic factors. The

first observations were made by Darwin and his son on phototropism, followed by the experiments of Boysen-Jensen and Paál, which demonstrated the existence of mobile substances responsible for plant curvature. Moreover, there is a wide variety of phytohormones with different functions: auxins, which promote rooting and fruit formation; gibberellins, related to germination and the elongation of stems and fruits; ethylene, involved in ripening and organ abscission; cytokinins, which promote cell division; abscisic acid, a regulator of dormancy and stress; brassinosteroids, associated with cell elongation; jasmonates, which activate chemical defenses; and strigolactones, linked to root architecture and symbiosis with mycorrhizal fungi. Recently, a new phytohormone has also been discovered, Dinor-OPDA, present in non-vascular plants. Finally, phytohormones have had a major impact and relevance in agriculture, including the production of seedless fruits, the extension of flower longevity, vertical farming, and the bioremediation of contaminated soils.

Keywords

Phytohormones, plant hormones, plant growth, plant defense, hormonal regulation, modern agriculture, phototropism.

Las fitohormonas, también conocidas como hormonas vegetales, sustancias químicas producidas naturalmente por las plantas, forman parte del fascinante espectáculo de la vida vegetal, estas se caracterizan por ser consideradas como mensajeros químicos que permiten a las plantas tomar “decisiones” sin tener un cerebro, como es regular su crecimiento, su desarrollo e incluso una forma de responder ante el ambiente, estas sustancias son las encargadas de transformar una simple y diminuta semilla en un majestuoso árbol, también les ayudan a las plantas a

“saber” cuándo florecer o defenderse de los depredadores, porque sí, son capaces de defenderse de los depredadores, pero no nos adelantemos, volvamos al inicio de todo, su descubrimiento.

Los primeros indicios sobre la existencia de las fitohormonas comenzaron con una simple observación en donde las plantas y como estas “buscaban” la luz solar, a este fenómeno se le llamó fototropismo, que es un efecto producido por las fitohormonas, que se puede observar en los girasoles, los cuales hacen esa “danza” lenta, pero impresionante de seguir al sol de este a oeste. En 1880, Charles Darwin (sí, el mismo de la teoría de la evolución) y su hijo Francis publicaron “The Power of Movement in Plants” artículo donde documentaron un experimento crucial. Notaron que cuando las plántulas de césped estaban expuestas a la luz lateral, estas se curvaban hacia ella (Figura 1), pero lo verdaderamente revolucionario fue descubrir que, si cubrían la punta del brote, la plántula ya no respondía a la luz pese a estar el resto del tallo iluminado (Figura 2). Ante esto, Darwin concluyó una intuición brillante: “Podemos inferir que cuando las plántulas están expuestas a la luz lateral, alguna influencia es transmitida desde la parte superior a la inferior, causando que esta última se curve.”

Entre 1907 y 1913, otros investigadores, como Boysen-Jensen y Arpad Paál desarrollaron experimentos ingeniosos para comprender esto: Boysen realizó mutilaciones a las puntas de los brotes y las volvió a colocar con una pequeña barrera entre ellas y el resto del tallo, pudo observar que, al utilizar una mica impermeable, el efecto de movimiento desaparecía, pero cuando utilizó una gelatina permeable, dicho efecto continuaba (Figura 3).

Por su parte, Arpad Paál, demostró que, si colocaba la punta cortada de forma asimétrica sobre el tallo decapitado, la planta se curvaba alejándose del lado donde estaba la punta. Estas interesantes observaciones sugerían que alguna sustancia química se desplazaba desde la punta hasta la base.

Otros investigadores en años posteriores realizaron hallazgos importantes como los siguientes:

En 1920, científicos japoneses investigaban una enfermedad en las plantas de arroz, dicha enfermedad se le dio el nombre de “bakanae” (que se refería a una plántula tonta), ya que esta enfermedad causada por el hongo *Fusarium proliferatum* provocaba

distintas alteraciones en el desarrollo de las plantas, como es un crecimiento anormalmente alto con hojas pálidas y delgadas, aparición de manchas de color marrón en el tallo, raíces nuevas emergiendo desde nodos altos (punto donde surgen las hojas), entre muchas anomalías más. No fue hasta 1935 que Tejiro Yabuta logró aislar la sustancia del hongo que causaba este desarrollo anormal en las plantas, a dicha sustancia se le llamó **giberelina**, una de las primeras fitohormonas en conocerse.

Por otra parte, mientras los científicos japoneses investigaban dicho hongo en las plantas de arroz, los agricultores chinos decidieron optar por medidas menos cautelosas, incineraban incienso para aterrorizar a las plantas y también para madurar peras, fue en el año 1934 cuando Rober Gane tras investigar esta forma tan peculiar de intimidar plantas, reconoció el **etileno** como una hormona vegetal gaseosa, capaz de difundirse rápidamente a través de los tejidos vegetales e iniciar respuestas fisiológicas con cantidades mínimas. Si bien el Dr. Herbert Henry Cousins ya especulaba su existencia en 1910 mediante observaciones e influencia en el crecimiento de las plantas, no fue hasta la contribución clave de Gane (y los chinos) que se logró un entendimiento más claro respecto a la producción endógena del Etileno, siendo el etileno el principal responsable de la maduración de los frutos, así como de su caída.

Posteriormente, Skoog y Miller (1955) al investigar factores que promovían el movimiento de la división celular en cultivos de tejidos vegetales, lograron aislar una sustancia del ADN del esperma de arenque que estimulaba la división celular, dicha sustancia se denominó **citocinina**, fitohormona encargada de fomentar la producción de hojas nuevas, hacer que crezcan los tallos e incluso capaz de retrasar la senescencia.

Si bien, algunas fitohormonas son descubiertas por uno o más investigadores, el caso del **ácido abscísico** (ABA) es diferente, este fue identificado independientemente no

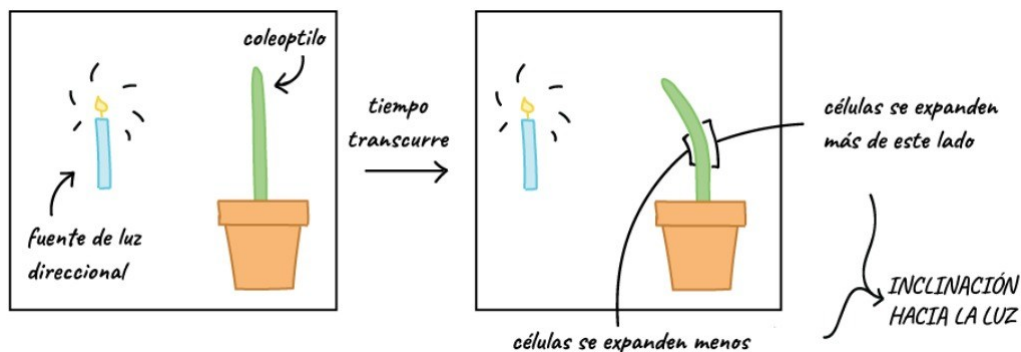


Figura 1. Efecto del fototropismo positivo de una planta, que es el efecto de inclinarse a favor de una fuente de luz (Figuerola et al., 2017).

en uno, ni dos, sino en tres laboratorios en los años 60's, investigando la latencia en semillas (que es el equivalente botánico de los osos que hibernan). Esta fitohormona es capaz de regular varios procesos metabólicos en las plantas, siendo capaz de inhibir la germinación de la semilla hasta que las condiciones sean favorables y también es crucial para la adaptación de las plantas a condiciones adversas, regulando procesos de crecimiento de raíces y la senescencia (una manera elegante y sofisticada de referirse al envejecimiento de las plantas).

Una fitohormona considerada única debido a su estructura química, fue identificada en 1979 por Mitchell, investigador estadounidense, quien descubrió que esta hormona es importante para la elongación celular, que se traduce en un crecimiento más robusto de las plantas, esta hormona también es capaz de interactuar con otras fitohormonas formando sinergias para regular una variedad de procesos en las plantas, además de ayudar a las plantas a adaptarse y enfrentarse a sustancias estresantes. Estas fitohormonas fueron denominada **brasinosteroides**.

Otra fitohormona descubierta en 1990 y nombrada como **jasmonatos**, fue descubierta por un grupo de científicos que trabajaban con aceite de jazmín de la planta *Jasminum grandiflorum*, lo que los encaminó al descubrimiento de la estructura molecular de los Jasmonatos, se podría decir que, por accidente, ya que los científicos querían conocer por qué el jazmín olía tan rico. Es la fitohormona encargada principalmente de la defensa de la planta, ya que esta activa respuestas de defensa cuando las plantas son dañadas por animales, insectos o patógenos, dichas defensas consisten principalmente en la producción y liberación de compuestos químicos para ahuyentar a los

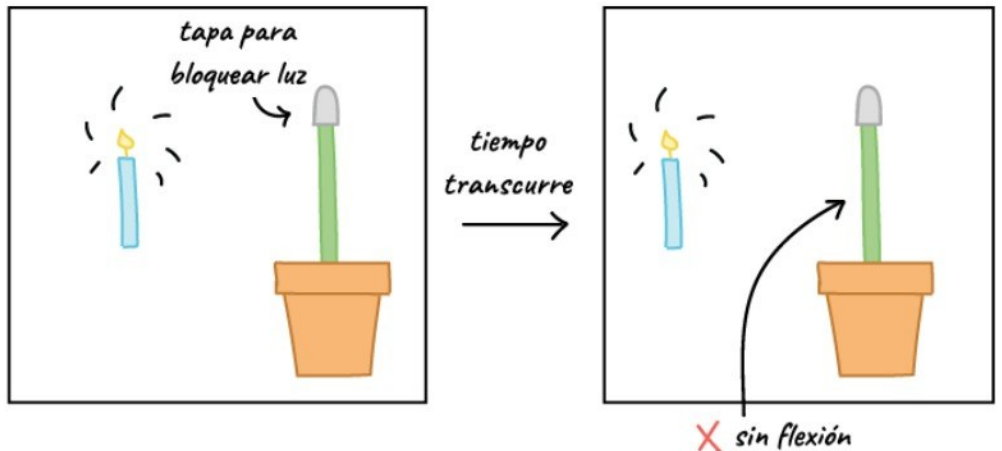


Figura 2. Nula inclinación de la planta ante el recubrimiento de la punta pese al recibimiento de luz en el resto del tallo (Figuerola et al., 2017).

herbívoros e incluso oler bien para atraer depredadores de los herbívoros (esto también aplica para los insectos). Además, libera compuestos volátiles que avisan de forma temprana a las plantas cercanas del peligro, y les da tiempo para preparar sus defensas ante una posible amenaza.

La clase más recientemente de fitohormonas, las **estrigo-lactonas**, identificadas como hormona vegetal en el 2008 por Bouwmeester y Beveridge, quienes averiguaron que esta fitohormona se produce únicamente a partir de carotenoides, que es un tipo de pigmento encontrado en las plantas, cumpliendo el papel crucial de comunicación entre la planta y su entorno. Una de las principales funciones de esta fitohormona es inhibir la formación de yemas laterales, lo que ayuda a un crecimiento más vertical, también cuentan con una simbiosis con micorrizas, esto al fomentar asociaciones simbióticas con hongos micorrícicos, lo que favorece una mejor absorción de nutrientes. También tiene la función de regular el desarrollo radicular y estimular la formación de raíces adventicias, las cuales son las encargadas de absorber agua y nutrientes del suelo.

Si bien la investigación de nuevas fitohormonas no ha ce-

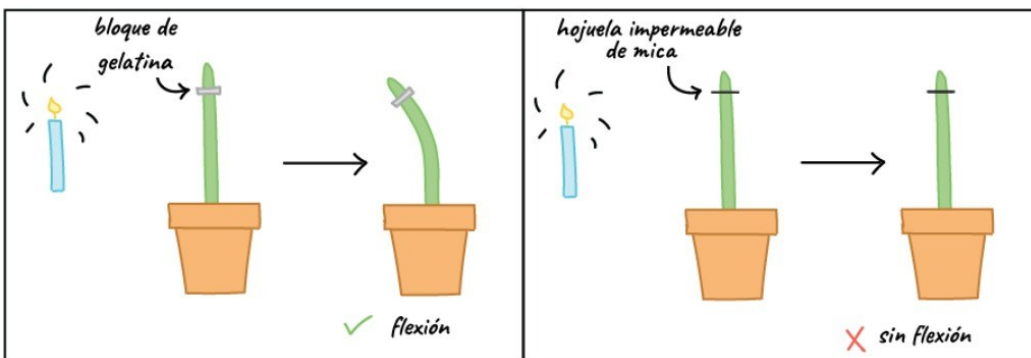


Figura 3. Pese al corte, hay una flexión de la planta siempre y cuando el paso de luz sea posible, mientras que su bloqueo o ausencia anula este efecto (Figuerola et al., 2017).

sado, siendo la más reciente la **Di-nor-OPDA** como una nueva fitohormona que permite a las plantas no vasculares (como las briofitas), defenderse de agresiones externas (muy similar a los jasmonatos), esto mediante la activación de mecanismos similares a las plantas vasculares, las cuales utilizan jasmonatos. Hoy en día gran parte del esfuerzo dedicado a las fitohormonas se ha inclinado más

a sus aplicaciones prácticas, principalmente en el sector agrícola.

La revolución de las fitohormonas en la agricultura moderna se basa en “programar” a las plantas para que crezcan más rápido, produzcan mayor cantidad de frutos e incluso resistan mejor a las sequías, esto es logrado gracias a las **auxinas**, ya que se utiliza auxinas sintéticas en los viveros, para que los esquejes desarrollen raíces más rápido, aumentando su propagación, también se ha logrado que las auxinas puedan inducir la formación de frutos sin semillas, por ejemplo brindándonos deliciosas uvas y sandías, los cuales pueden disfrutarse sin preocuparse por las semillas. Por su parte, las giberelinas que se utilizan para acelerar la germinación, también son usadas para aumentar el tamaño de los frutos individuales, alargar los racimos para una mayor producción e incluso inhibe la formación de semillas en las uvas grandes y dulces.

También se ha descubierto que el etileno es el responsable de acelerar la maduración de las frutas, esto se puede observar en plátanos y manzanas, debido a que cuando una manzana alcanza su madurez, y estimula a las que están a su alrededor, por lo que se han creado almacenes especializados para inhibir la liberación del etileno y que los frutos tengan más vida de anaquel.

Otra manera en que los investigadores han logrado aplicar a mayor escala las fitohormonas ha sido en los sistemas de agricultura vertical, utilizando cocteles precisos de fitohormonas para maximizar el crecimiento en espacios reducidos, mejorar la calidad nutricional de los vegetales, además de acelerar los ciclos de cosecha. También se han utilizado fitohormonas en la biorremediación, por ejemplo, al utilizar auxinas para estimular el crecimiento de raíces en plantas que absorben contaminantes del suelo.

Pero, probablemente te has preguntado, si ¿las fitohormonas/hormonas vegetales tienen alguna similitud con las hormonas animales? Tanto plantas como animales “resolvieron” el problema de la comunicación celular a larga distancia, pero lo hicieron de maneras que reflejan perfectamente sus estilos de vida. Los animales desarrollaron sistemas rápidos y específicos para la acción inmediata, mientras que las plantas desarrollaron sistemas versátiles y graduales para la adaptación a largo plazo, ambos sumamente eficientes y acordes a su estilo de vida.

Por último, existe una gran diversidad de estudios en los que se ha descubierto que la combinación de una o varias fitohormonas puede producir resultados interesantes,

pero en algunos casos pudieran ser cuestionables, por ejemplo, el uso excesivo de Auxinas y Giberelinas en la calabaza, para que esta pueda alcanzar hasta 20 kilogramos por día durante su pico de crecimiento. Por otra parte, se sabe que las citocininas se utilizan en las flores cortadas, prolongándoles su “vida” por semanas e incluso meses. Las citocininas también siguen ritmos circadianos, pudiéndole hacer “saber” a la planta que hora es, lo que ayuda a la producción de hormonas. Posiblemente has escuchado hablar sobre “La paradoja del tamaño”, esto hace referencia a que las mismas fitohormonas que fomentan el crecimiento de las flores, pueden hacer crecer un árbol de hasta 100 metros, como es el caso de las sequoyas, es decir, utilizan las mismas moléculas básicas. Este tipo de investigaciones no solo muestran el mundo químico sofisticado y dinámico en el que viven las plantas, sino que también resaltan lo fascinante de como las fitohormonas orquestan la vida vegetal.

Referencias

- Balada F. (2021). Qué son las hormonas vegetales y cómo se clasifican. Ciencias Naturales.
- Borjas-Ventura R., Julca-Otiniano A., Alvarado-Huamán L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere* 8(2): 150-164.
- Fichet L.T. (2020). Guía de estudio de hormonas vegetales. Departamento de Cultivo Vegetal.
- Fichet Lagos T. (S.F.). Fitohormonas y reguladores del crecimiento vegetal. Intagri S.C. Departamento de Cultivo Vegetal.
- Figuroa I., Kane E., Queirolo J., Northard C., Spence S., Lehman A., Stenoien C., Larry J., Nioi P. (2017). Fototropismo y fotoperiodicidad, *Biología vegetal*.
- Hernández-Domínguez E.M., Álvarez-Cervantes J., López-Vázquez E., Asunción-Cruz E., Villa-Torres J.A. (2021). Función, identificación e importancia de fitohormonas: una revisión. *Biotecnología Vegetal* 21(4): 178-192.
- Jácome R.A. (2009). Historia de las hormonas. *Medicina* 31 (1).
- Jácome R.A. (2007). Historia de las hormonas. Academia Nacional de Medicina.
- Redagráfica. (2017). Fitohormonas: reguladores de crecimiento y bioestimulantes. Redagráfica.
- William M.G.G. (2004). Regulación hormonal del crecimiento y desarrollo vegetal. *Biol.* 2(9).
- Zacaría C.C., Covián N.J.F. (2024). Hormonas en las plantas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Zárate A., Saucedo R. (2005). El centenario de las hormonas: Un recuerdo de Ernest H. Starling y William M. Bayliss. *Gaceta Médica de México* 141(5).