



**“Reguladores del crecimiento de las plantas (PGRs)”  
Fihormonas**



**AGROPRODUCTORES**





Con el término “**reguladores del crecimiento de las plantas (PGRs)**” (llamados también fitorreguladores) nos referimos a aquellas sustancias que, en **muy pequeña cantidad, afectan el desarrollo de las plantas**. Los principales reguladores del crecimiento en plantas son las fitohormonas u hormonas vegetales.

Hormonas vegetales: Son pequeñas moléculas químicas que afectan al desarrollo y crecimiento de los vegetales a muy bajas concentraciones. Q Son sintetizados por las plantas. Q En las hormonas animales, su definición incluye el hecho de que son sintetizados en un lugar del organismo y transportados a otro distinto donde ejercen su acción. En las hormonas vegetales esto no es necesariamente cierto.





En las plantas sólo 5 tipos de sustancias se reconocen oficialmente como hormonas vegetales:

**Auxinas,**  
**Citoquininas,**  
**Giberelinas,**  
**Ácido Abscísico**  
**Etileno.**

Todas son moléculas que se encuentran en un rango de PM entre 28 Da (etileno) y 346 Da (GA). todas son activas entre  $10^{-6}$  y  $10^{-8}$  M.





Otras sustancias que eventualmente pueden clasificarse como fitohormonas son:

**los brasinosteroides,  
el ácido salicílico,  
los jasmonatos,  
la sistemina,  
las poliaminas,  
el óxido nítrico (NO), y  
los péptidos señal.**





**Definición de fitohormona:** Compuesto orgánico sintetizado en una parte de la planta y que se transloca a otra parte donde, a muy bajas concentraciones, elicitaba una respuesta fisiológica.

No todas las fitohormonas son **necesariamente translocadas** (el etileno, p.e.).

Algunos compuestos inorgánicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ) producen respuestas fisiológicas y pueden moverse por la planta pero por **no ser sintetizados** por ello no se consideran hormonas vegetales.

**Lo mismo podemos decir** de algunos fitorreguladores sintéticos el 2,4-D (análogo auxínico).

La sacarosa no es una hormona aunque la fabrica la planta, se transloca y **produce efectos en el desarrollo** debido a que se necesita en grandes cantidades. Lo mismo respecto a otros metabolitos (>1 mM - 50 mM o más )





## ¿Cómo actúan las hormonas vegetales?

### Dos mecanismos generalmente aceptados:

La hormona **atraviesa la membrana celular** de la célula diana y alcanza el citoplasma.

Allí **se une a una molécula adecuada** (receptor) y forma un **complejo hormona-receptor**. A partir de aquí, el complejo puede disociarse o puede entrar en el núcleo como tal y **afectar a la síntesis de los ARNm**. Este efecto sobre la transducción es lo que produce la respuesta fisiológica.

La hormona se une a un receptor de **membrana en la célula diana**.

La unión hormona-receptor produce en este último un cambio conformacional **que conduce a una cascada interna de reacciones citoplásmicas** que pueden producir efectos muy variados: nuevas actividades enzimáticas, modificación de procesos metabólicos, inducción de síntesis de ARNm, etc.





## Los brasinosteroides

Los brasinosteroides (BRs) son esteroides vegetales químicamente similares a los esteroides animales.

El primero que se encontró fue el brasinólido.

Descubierto en 1973 en *Brassica napus*.

Inducía el alargamiento del vástago y las divisiones celulares, inicialmente se llamo Brassina.

Peso Molecular: 480 kD.

Actualmente se conocen unos 70 compuestos.





## Los brassinosteroides

Biosíntesis:

A partir del campesterol.

Lugares de síntesis: sin determinar (¿todos los tejidos?)

Actúa a corta distancia aunque es posible a larga distancia (acropetal).







## Los brasinosteroides

### Funciones

Promueven la **expansión y el alargamiento de las células**.

Plantas **deficientes** en estos compuestos **sufren enanismo**.

Presentan un papel confuso en la división celular y en la regeneración de la pared celular.

Promueven la **diferenciación vascular**.

Son necesarios para la formación y el **alargamiento del tubo del polínico**.

**Aceleran la senescencia y la muerte** en cultivos celulares de tejidos; el retraso de la senescencia en mutantes del BR sugieren que esta acción puede ser biológicamente relevante.

Pueden **proporcionar una cierta protección** a las plantas durante períodos de estrés por frío y por sequía.

Inhiben la **abscisión**





## El ácido salicílico

El ácido salicílico (SA) es una fitohormona ubicua en las plantas y que genera un impacto significativo sobre: **el crecimiento y el desarrollo vegetal, la fotosíntesis, la transpiración, el intercambio iónico y el transporte, e induce cambios específicos en la anatomía de las hojas y en la estructura del cloroplasto. Su molécula es un derivado fenólico.**





## El ácido salicílico

El SA se reconoce como señal endógena, **mediando en mecanismos de defensa de la planta contra patógenos.**

Induce la producción de “**proteínas relacionadas con la patogenia**” (PRPs).

Está implicado en **resistencia sistémica adquirida [SAR]** en las cuales un ataque patógeno contra hojas más viejas causa el desarrollo de la resistencia en hojas más jóvenes.

El SA es una sustancia **calorigénica que causa termogénesis** en flores de Arum.





## Los jasmonatos

Los jasmonatos (JAs) son un grupo de hormonas vegetales que ayudan a **regular el crecimiento de las plantas y su desarrollo.**

Los jasmonatos incluyen el **ácido jasmónico (JA)** y sus **ésteres**, como el **metil jasmonato (MeJa).**

Biosíntesis:

Son derivados de la **ciclopentanona** que derivan biosintéticamente de los ácidos grasos. Son biosintetizados a partir del **ácido linolénico por la vía octadecanoida.**





## Los jasmonatos

El nivel de JAs en las plantas varía en función: **del tipo de células y tejidos, etapa de desarrollo, y en respuesta a diferentes estímulos ambientales.**

Los niveles de JAs también **aumentan rápidamente en respuesta a situaciones de estrés bióticos y abióticos.**



El ácido giberélico controla la división celular en la región subapical.

La auxina regula la diferenciación.

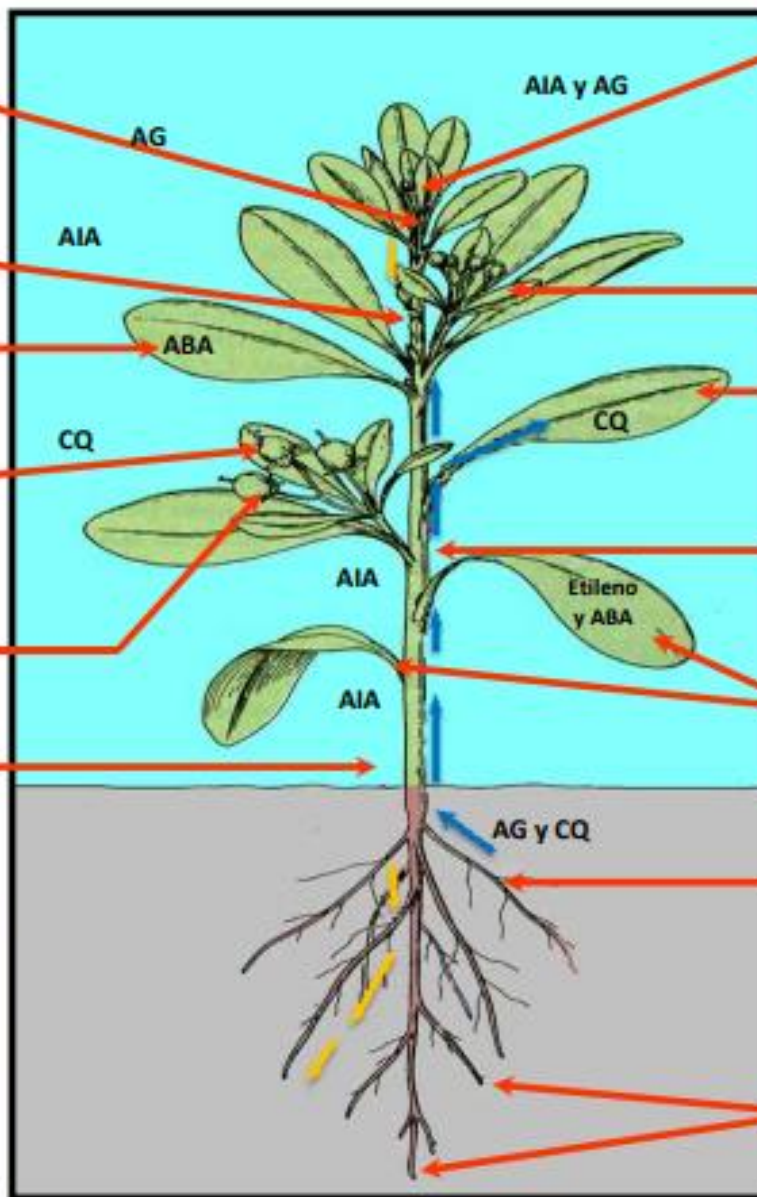
El ácido abscísico que se produce en las hojas en respuesta al déficit hídrico cierra los estomas y así reduce la pérdida de agua por la planta.

Las citoquininas que son producidas por los frutos jóvenes son necesarias para el crecimiento

El etileno se acumula en los frutos maduros para inducir la maduración.

La auxina se desplaza hacia el extremo de la raíz.

**Esquema que muestra algunas de las interrelaciones hormonales típicas entre los diferentes órganos de la planta.**



Las auxinas y el ácido giberélico que son sintetizados por las hojas y yemas jóvenes se desplazan por el tallo para controlar la elongación.

El estímulo de la floración se desplaza de las hojas a las yemas para iniciar la floración.

Las citoquininas se desplazan de las raíces a las hojas para mantener en equilibrio el crecimiento de las raíces y la planta.

Las auxinas y el ácido giberélico promueven la actividad del cámbium en la formación de los tejidos vasculares secundarios.

El etileno y el ácido abscísico que se producen en las hojas senescentes promueven el desarrollo de la zona de abscisión.

El ácido giberélico y las citoquininas sintetizadas en las raíces se desplazan hacia las hojas y el tallo.

Un factor producido por la cofia de la raíz controla el geotropismo de esta última.





# Hormonas Vegetales

<b>Auxinas</b>	Meristemos de yemas apicales. Embriones de semillas, hojas jóvenes.	Estimula la elongación de los tallos. Dominancia apical. Fototropismo y geotropismo. Diferenciación vascular. Inhibición de la abscisión. Estimulación de la síntesis de etileno. Estimula el desarrollo de los frutos. Induce raíces adventicias en esquejes.
<b>Citokininas</b>	Sintetizada en raíces y transportada a otros órganos.	Estimula la división celular. Invierte la dominancia apical. Crecimiento del tallo. Retraso de la senescencia foliar.
<b>Giberelinas</b>	Yemas apicales y raíces (meristemos), hojas jóvenes, embriones.	Estimulan la floración en plantas de día largo y en bienales. Elongación del brote. Regula la producción de enzimas hidrolíticas en semillas.
<b>Etileno</b>	Frutos en maduración. Nudos de tallos. Hojas y flores senescentes.	Estimula la maduración de los frutos (especialmente los climatéricos). Induce senescencia en hojas y flores, así como la abscisión.
<b>Ácido Abscisico</b>	Hojas, tallos y frutos verdes	Cierre de estomas. Abscisión y latencia.





## Bibliografía :

Francisco José García Breijo Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, Universidad Politécnica de Valencia

