

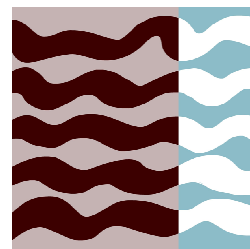
# Fisiología Vegetal

## Tema X Giberelinas

Ingeniería agrónoma grado en hortofruticultura y  
jardinería



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**ETSIA**  
Cartagena

Jorge Cerezo Martínez

## Índice

1. Introducción.....	Pág. 3
2. Descubrimiento.....	Pág. 3
3. Estructura.....	Pág. 3
4. Actividad.....	Pág. 3
5. Biosíntesis y metabolismo.....	Pág. 3-5
6. Efectos fisiológicos.....	Pág. 5
7. Rutas de señalización.....	Pág. 6
8. Aplicaciones comerciales.....	Pág. 7
9. Bibliografía.....	Pág. 7

## 1. Introducción

Las Giberelinas (GAs) son compuestos naturales que actúan como reguladores endógenos esenciales del crecimiento y el desarrollo en los vegetales superiores. Los efectos más evidentes se observan en la estimulación del **crecimiento del tallo**, la inducción del **desarrollo del fruto** y la **germinación** de las semillas.

## 2. Descubrimiento

El descubrimiento de las GAs en los vegetales superiores fue un hallazgo inesperado en la ciencia. Este grupo de hormonas fue descubierto en 1955 por 100 investigadores japoneses que estudiaban una enfermedad que provocaba crecimiento excesivo de los tallos de arroz, pero que formaba menos semillas, conocida como (bakanae) “planta tonta o loca”.

Su nombre proviene del hongo *Gibberrella fujikuroi* de donde fueron extraídas originalmente (Kurosawa, 1926).

Hasta 1950 no se supo de su existencia en occidente por el aislamiento de la 2ª guerra mundial.

## 3. Estructura

Desde el punto de vista químico, las GAs constituyen una familia de diterpenos tetracíclicos ácidos, cuya estructura básica está constituida por un anillo de ent-giberelano. Sin embargo, y a nivel fisiológico, en este grupo solamente se pueden distinguir unos pocos miembros con una capacidad intrínseca para influir en el crecimiento de los vegetales (giberelinas activas). Los cuatro aspectos básicos de la estructura química de las giberelinas son:

- Las GAs poseen un esqueleto que puede ser de 20 o 19 átomos de carbono.
- Las GAs  $C_{20}$  se metabolizan mediante oxidaciones continuas del C-20 hasta acabar en carboxílico (COOH).
- Tienen un grupo carboxilo en la posición C-7
- La inserción de grupos hidroxilos en las posiciones C-3 y C-2 determina la actividad biológica del GAs.

## 4. Actividad

La mayor parte de las giberelinas **no posee capacidad per se** para regular el desarrollo de las plantas. De hecho, casi todas las giberelinas son precursores o productos inactivados, laterales o finales, de las rutas que sintetizan GAs activas.

Los estudios mencionados pusieron de manifiesto que las GAs  $C_{19}$  que portan grupos hidroxilo en la posición  $3\beta$ , como  $GA_1$ ,  $GA_4$ ,  $GA_3$  y  $GA_7$ , exhiben una actividad biológica muy elevada. Los estudios anteriores indican que solamente las estructuras  $C_{19}$  que portan grupos hidroxilo muestran actividad biológica.

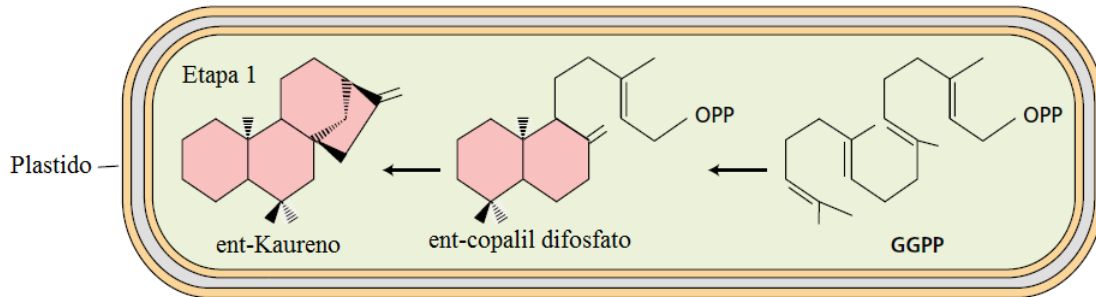
Las giberelinas activas, y en algunos casos también los precursores de las giberelinas activas, son finalmente desactivadas con carácter irreversible. El mecanismo más común de desactivación es la incorporación de un grupo hidroxilo en la posición  $2\beta$ . Son, por tanto, productos finales de la ruta sintética sin actividad biológica. Así, las GAs  $2\beta$ -hidroxilasas, las GAs tricarboxílicas, los conjugados de GAs y los catabolitos de GAs tienden a acumularse in vivo, mientras que los intermediarios permanecen en niveles bajos.

## 5. Biosíntesis y metabolismo

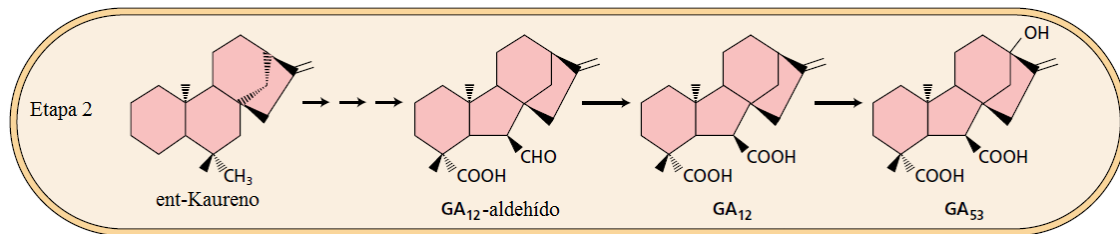
Los primeros pasos en la ruta de síntesis de GAs son comunes al resto de los terpenoides. Un terpenoide es una sustancia compuesta por unidades de cinco átomos de carbono denominada isoprenos. Todas las giberelinas derivan del **anillo gibano**.

La biosíntesis de GAs se inicia con la formación de kaureno y termina mediante reacciones sucesivas de oxidación, con la conversión de las distintas GAs en la que se distinguen distintas etapas:

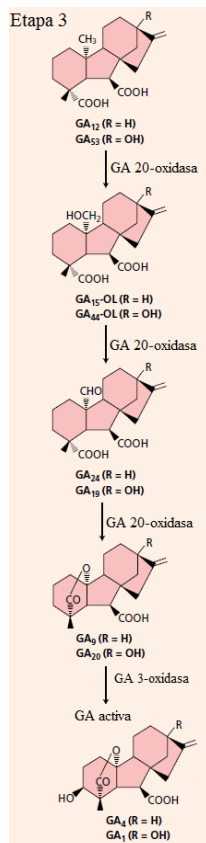
- **Etapa 1:** Desde geranylgeranyl difosfato a ent-kaureno. Se localiza en los **proplastidios** de los tejidos meristemáticos de los brotes, pero no en los cloroplastos maduros.



- **Etapa 2:** Desde ent-kaureno hasta GA<sub>12</sub>-aldehído. Las enzimas implicadas en esta serie de reacciones oxidativas se ubican en la membrana del **retículo endoplasmático**.



Retículo endoplasmático



- **Etapa 3:** Desde GA<sub>12</sub>-aldehído a GAs. Las enzimas de esta etapa son dioxigenasas solubles localizadas en el **citoplasma**. El metabolismo posterior puede variar entre especies, el producto resultante posee elevada actividad biológica.

Los factores ambientales, como la **temperatura** y, sobre todo, las **condiciones luminosas** en que se desarrollan las plantas, modifican profundamente la síntesis de giberelinas. Los efectos mejor estudiados se han relacionado con la duración del fotoperíodo y la cantidad de luz. En relación con el fotoperíodo, las especies de día largo experimentan elongación del tallo en estas condiciones; las especies de día corto muestran elongación del tallo en día corto, y las especies neutras no presentan requerimientos de fotoperíodo. En las primeras, la elongación inducida por el día largo está mediatizada por las GAs.

En algunas especies, el efecto del fotoperíodo sobre el contenido de giberelinas también afecta a procesos reproductivos como la floración.

La luz roja también promueve la germinación de semillas mediante el aumento de la biosíntesis de giberelinas y la modificación de la respuesta de los tejidos de éstas. Los fitocromos median en estos procesos a través de cambios en la biosíntesis, en la degradación de intermediarios proteicos, o en ambos procesos.

También se modifica como consecuencia de cambios en el ambiente. El contenido en GAs se reduce o atenúa como respuesta a diversos tipos de **estrés** tanto bióticos como abióticos. La respuesta a estos cambios conduce, en general, a una detención del desarrollo como primera medida de defensa frente a las condiciones adversas.

La biosíntesis de GAs también está regulada **por mecanismos de retroalimentación** positiva y negativa. Los niveles de GAs activas se regulan mediante complejos mecanismos de control. Si la planta percibe que posee niveles elevados de GAs activas, tiende a reducir los niveles de GA  $C_{19}$  y aumentar los de los precursores  $C_{20}$ . Ello implica la existencia de un **control homeostático** que regula los niveles de GAs bioactivas mediante la retroalimentación de las enzimas finales en la ruta sintética.

Así en condiciones de insuficiencia de GA los transcritos de las 20-oxidosas aparecen elevados; este tipo de retroalimentación es negativa porque la abundancia del producto final reduce las actividades enzimáticas que regulan que regulan su propia síntesis.

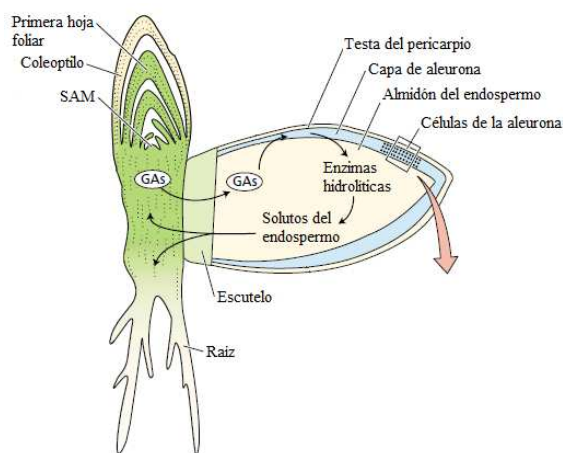
## 6. Efectos fisiológicos

Durante el crecimiento de las plantas, las GAs producen numerosos efectos pleiotrópicos<sup>1</sup>, puesto que regulan un amplio y variado conjunto de procesos fisiológicos. Estas respuestas afectarán prácticamente a todas las fases del desarrollo, tanto al crecimiento vegetativo como al reproductivo. Las GAs son los factores hormonales determinantes en el control de la elongación del tallo, y en algunas plantas puede causar la reversión desde la fase de adulto a la fase juvenil.

Las GAs también modifican substancialmente los procesos reproductivos de los vegetales, participando en el control de la inducción de la floración, en el crecimiento y la producción de flores, en el cuajado, y en el desarrollo y maduración de los frutos. Las GAs, asimismo, suplen los requerimientos de luz o frío que precisan muchas semillas para germinar, y en los cereales, regulan la hidrólisis de las substancias de reserva de las semillas.

Mediante la generación de plantas transgénicas que expresan en diferente grado los genes de la síntesis de giberelinas, se ha estudiado el efecto de la manipulación de la producción de GAs. Los resultados obtenidos con distintos genes y especies confirman, en gran medida, los efectos tradicionalmente atribuidos a las GAs en el control y la regulación del crecimiento. Las plantas que sobreexpresan este gen muestran un fenotipo enano realmente acusado, sin apenas desarrollo del tallo.

En algunas plantas, las GAs pueden participar en los procesos de inducción floral; se han presentado datos de la función reguladora de las GAs en los procesos de inducción floral. La elongación y la floración se estimulan con la aplicación de GAs. Las giberelinas parecen más claramente implicadas en la promoción de diversos aspectos del desarrollo floral, como la identidad de los órganos del meristemo floral, el crecimiento de anteras, o el desarrollo y la pigmentación de la corola.



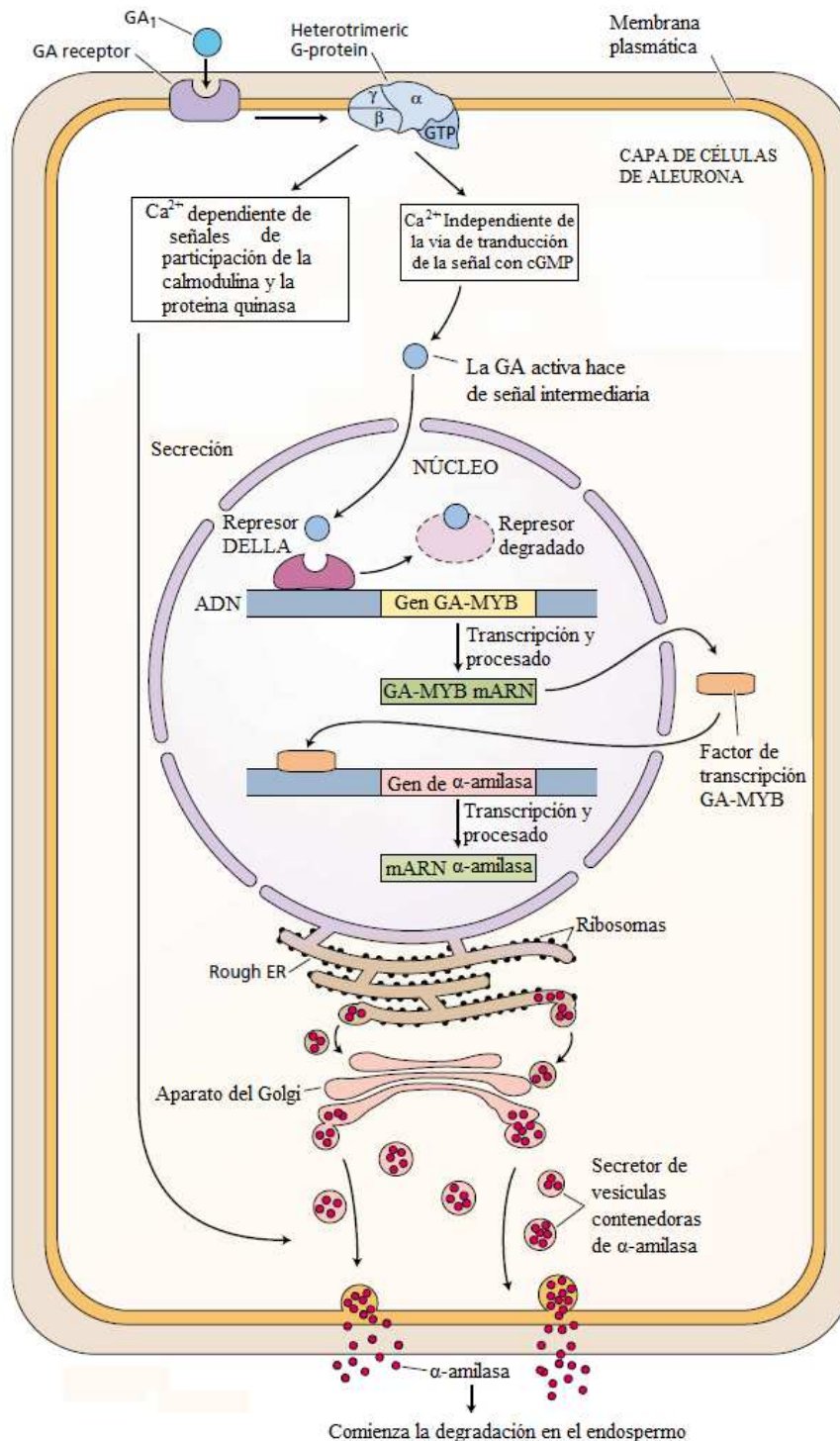
La regulación del crecimiento también depende, en gran medida, de las hormonas sintetizadas en la semilla, y en particular de las GAs. En muchas especies se ha demostrado que el número de frutos que cuajan, e incluso el tamaño de éstos, se correlacionan con el número de semillas. En los frutos con semillas, la ausencia de polinización y de semillas detiene el crecimiento del fruto y provoca su abscisión. La aplicación de  $GA_3$  a frutos no polinizados suple el efecto de la polinización y de las semillas y estimula el crecimiento partenocárpico del fruto.

Se han presentado numerosas pruebas del papel de las giberelinas en el proceso de germinación. En primer lugar, en algunas especies las GAs suplen los requisitos de luz o frío que precisan muchas semillas para germinar. La inducción de la germinación por estratificación se asemeja mucho conceptualmente al efecto de la vernalización en la floración, y también está mediatizada por las GAs.

## 7. Rutas de señalización

Durante mucho tiempo se han buscado los receptores de GAs, los elementos iniciales de la señal inducida por las GAs, entre las proteínas de membrana con mayor o menor capacidad de unión a las GAs. Diversos estudios han demostrado que, en el proceso de transporte de la señal desde la membrana plasmática al núcleo, intervienen las proteínas G, heterotriméricas, que actúan como reguladores positivos.

Se localiza en el núcleo, y se une a GAs en muy bajas concentraciones, actuando como un regulador positivo de señalización. Por consiguiente, y según el modelo actual, en primera fase las GAs serían percibidas por un receptor de la membrana plasmática y, posteriormente por un GID1 en el núcleo.

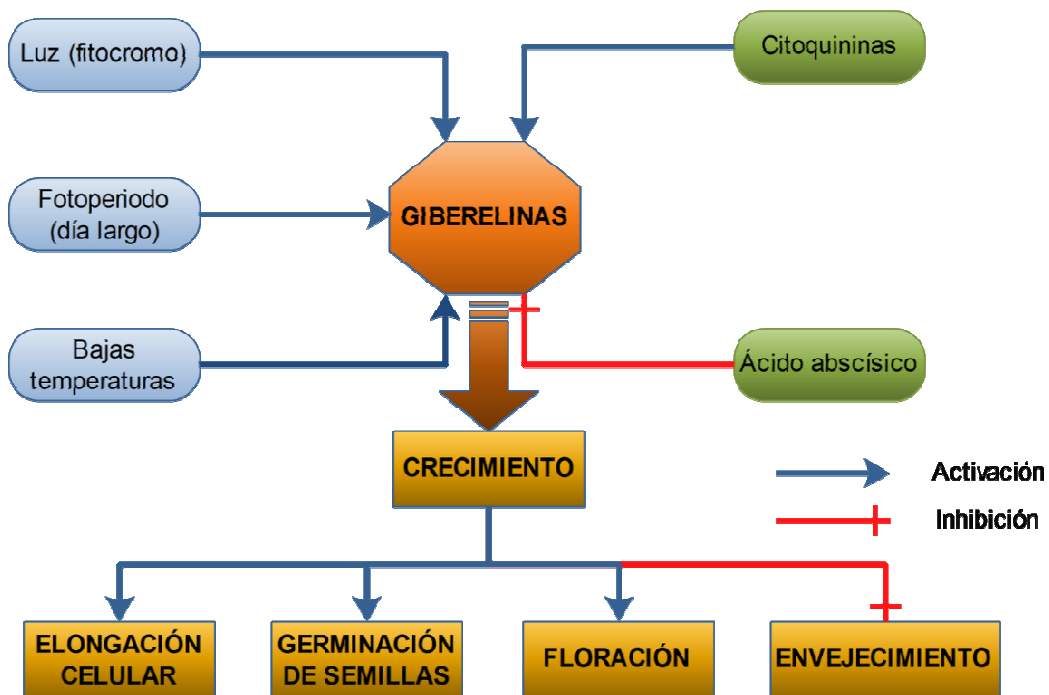


## 8. Aplicaciones comerciales

La giberelina disponible comercialmente es el ácido giberélico. Las GAs se emplean en la producción para aumentar su tamaño y calidad o incrementar el cuajado del fruto. En general las GAs son capaces de estimular el cuajado de especies que contienen un número reducido de óvulos. También se utilizan para estimular el desarrollo del tallo en la caña de azúcar y en la alcachofa. Las GAs se usan, asimismo, para romper la latencia de los tubérculos de patata o como inductores de la germinación del arroz y de variedades enanas.

### Factores exógenos

### Factores endógenos



## 9. Bibliografía

- Fisiología vegetal Lincoln Taiz y Eduardo Zeiger universitat Jaume I, 3ª edición.
- Fundamentos de la fisiología vegetal, Joaquín Azcón-Bieto y Manuel Talón Mc Graw Hill, 2ª edición.
- Biology, Campbell Reece, Seventh Edition, informatic version.

<sup>i</sup> Pleiotrópico: Capacidad que tiene una sustancia de acción en distintos locus del genoma.