

23. CRECIMIENTO Y DESARROLLO VEGETAL.

Introducción. Cinética. Localización de las zonas de crecimiento. Concepto de fitohormona. Interacciones entre fitohormonas. Conceptos de mecanismo y modo de acción.

OBJETIVOS

- Entender el concepto de fitorregulador, comprendiendo como estas sustancias coordinan los procesos de crecimiento y desarrollo
- Explicar los mecanismos de percepción y transmisión de señales hormonales, los mecanismos de control de la respuesta hormonal como: cambios de concentración, sensibilidad.
- Conocer los distintos tipos de hormonas fundamentales en las plantas y la importancia de su interacción.

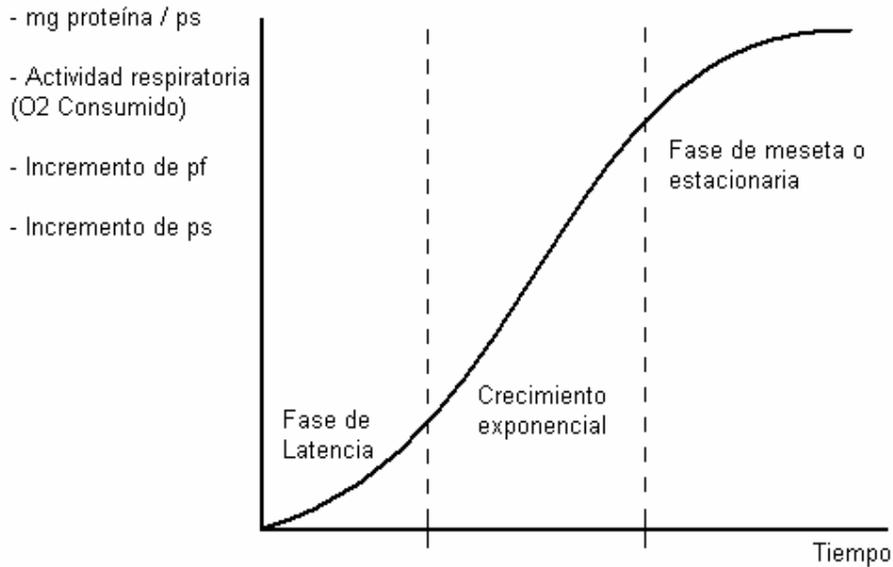
El crecimiento es el desarrollo mas la diferenciación. En sentido estricto es el aumento irreversible de tamaño. Cualquier factor que altere el volumen de la planta de forma reversible no se considera crecimiento. Se cuantifica con el incremento de los componentes citoplasmáticos como proteínas (peso seco), número de células, crecimiento en longitud y en términos generales, de cualquier dimensión siempre que probemos que no sea reversible.

Un mayor crecimiento implica una mayor división celular. Las células meristemáticas concretamente soportan el crecimiento, de manera que siempre que se mantenga el carácter meristemático las células entrarían en ciclo de multiplicación. Pero en sistemas biológicos no se mantendrá este estatus, sino que unas células entrarán en procesos de elongación, otras en diferenciación y en senescencia, apoptosis... de modo que el crecimiento, además de aumentar el tamaño implica también la diferenciación y el desarrollo.

El desarrollo será el conjunto de procesos que determinan el cambio de formas y aptitudes en un ser vivo.

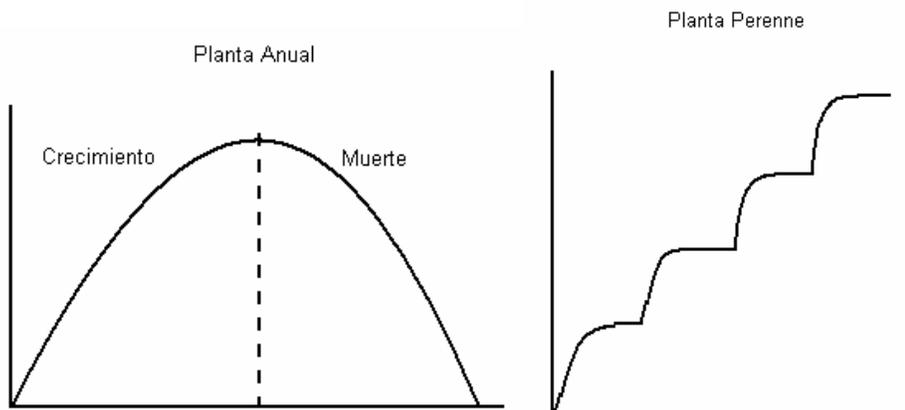
La diferenciación es el compromiso que adquiere la célula a realizar una función. Tendrá como resultado una determinada morfogénesis (origen de una morfología determinada).

Curva de crecimiento



La curva dependerá del tiempo, del órgano, del individuo, y de muchos factores, que producirán periodos de latencia o de crecimiento que se salgan de la curva estándar.

Otro de los factores que cambian la curva será el tipo de planta, pudiendo ser anual o perenne:



La división celular está regulada por el microambiente celular, pero específicamente depende de las ciclinas, que son inducidas

por determinados factores ambientales y son la primera vía de señalización.

El crecimiento estará mediado por el componente genético del sistema en estudio. Pero hay un componente epigenético formado por todos los factores del medio que afectan a las tasas de crecimiento.

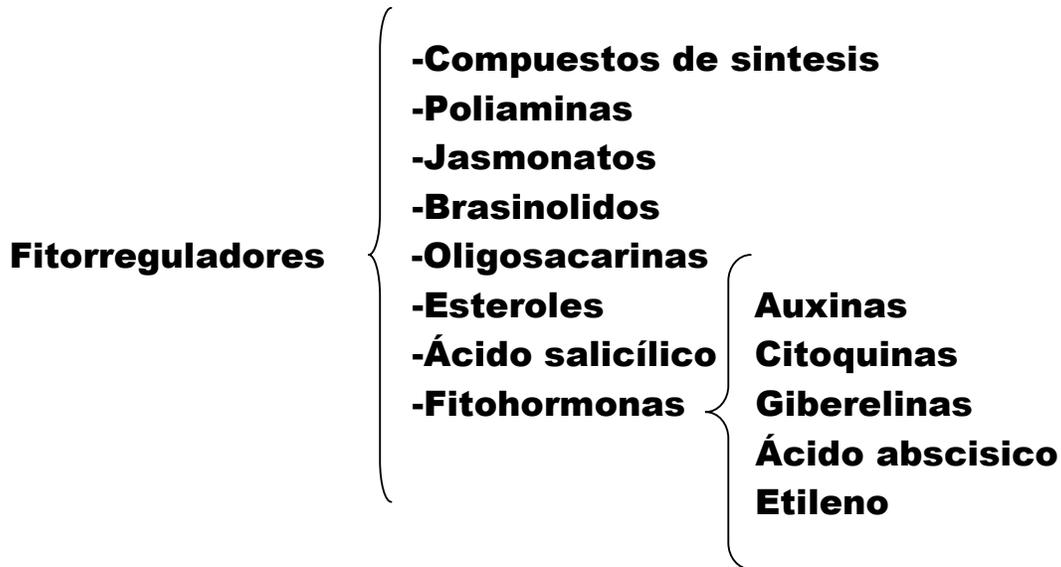
La diferenciación tendrá lugar una vez que exista elongación (donde interviene el trasiego de protones regulado por auxinas) junto con división celular (mediada por ciclinas). Un proceso de diferenciación siempre va unido a una expresión génica diferencial. En plantas, la diferenciación no implica en ningún caso pérdida irreversible del genoma, por lo que siempre se podrá generar un individuo completo a partir de una parte de la planta.

Los reguladores de crecimiento son moléculas con una configuración determinada con la que se pueden unir a receptores específicos, para transmitir a la célula las pautas de desarrollo y diferenciación que deben seguir. Son los encargados de inducir expresiones génicas específicas, y su efecto dependerá no sólo de su presencia o ausencia, sino de su concentración y de la sensibilidad de la propia célula. Esta sensibilidad es la capacidad que tienen las células para reaccionar frente a una cantidad de regulador, dependiendo esto del número de receptores disponibles capaces de captar el estímulo a concentraciones bajas, altas y óptimas.

Las fitohormonas son hormonas vegetales cuya función es regular químicamente el crecimiento de la planta. Se producirán en determinados tejidos del organismo y se transportarán a otros tejidos, donde serán capaces de provocar una respuesta fisiológica.

Cualquier órgano de la planta tiene capacidad de síntesis de hormonas. Estas hormonas serán transportadas, sin que el transportador sea una parte esencial para la acción de las propias hormonas. Las células a las que llegan son las células diana. El control de la respuesta hormonal se lleva a cabo a través de cambios en la concentración y en la sensibilidad de los tejidos a las hormonas, y esta señal se lleva a cabo por proteínas de membrana o solubles.

La clasificación de los fitorreguladores y de las fitohormonas será la siguiente:



Las poliaminas participan en todos los procesos de diferenciación en la planta. Los jasmonatos afectan a procesos de defensa. El resto de fitorreguladores actúan en mecanismos de defensa y en procesos de estrés.

- **AUXINAS:** son fitohormonas que favorecen la elongación de la célula a través de procesos de relajación de la pared.
- **CITOQUINAS:** son fitohormonas que regulan la división celular.
- **GIBERELINAS:** son fitohormonas que afectan a la elongación de tallos.
- **ÁCIDO ABSCISCO:** afecta a los procesos de senescencia y abscisión (caída de las hojas y frutos...)
- **ETILENO:** afecta a la maduración de los frutos.

Las fitohormonas o reguladores de crecimiento se sintetizan en todos los órganos en mayor o menos proporción. La biotecnología es posible gracias a estas moléculas junto con factores de nutrición mineral.

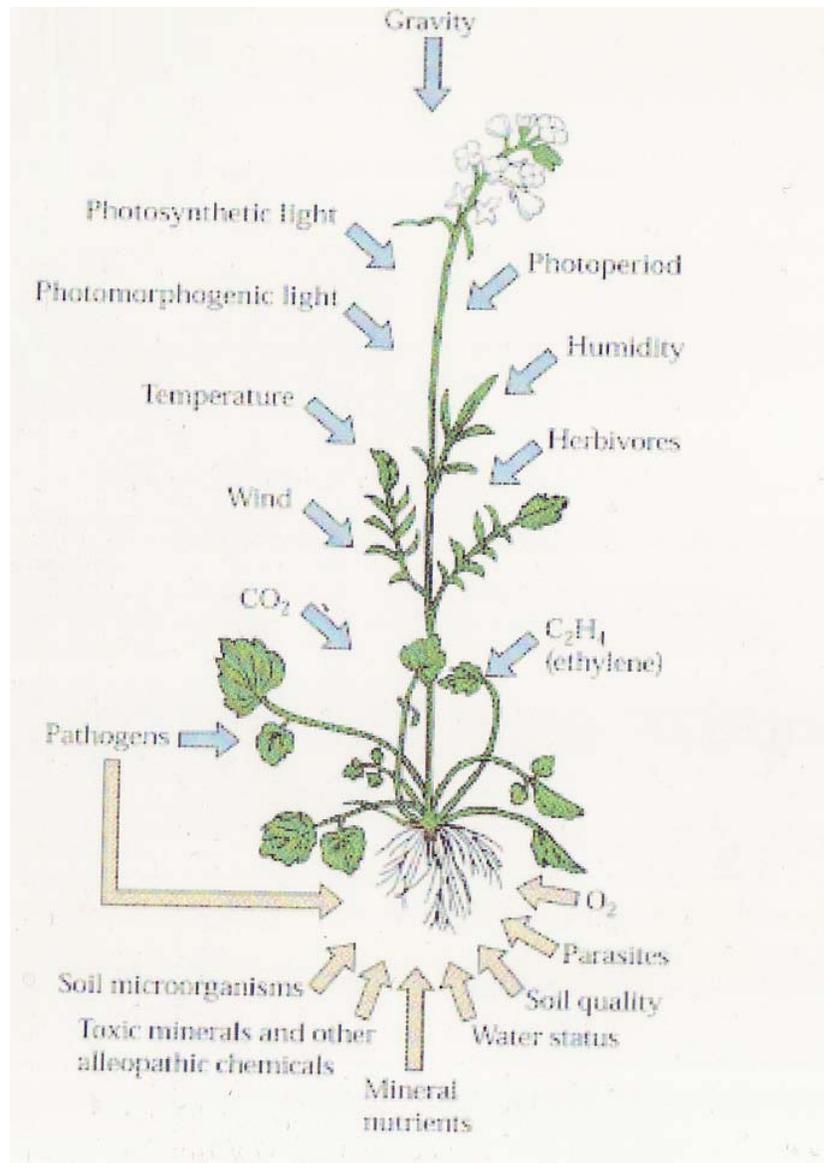
Los compuestos de síntesis de las fitohormonas son brasinólidos, esteroides y ácido salicílico. Estos productos proporcionan fitohormonas o análogos, válidos para los cultivos.

No hay prácticamente ningún efecto que se pueda achacar únicamente a un regulador. Se debe todo a efectos pleiotrópicos, en

los que un efecto desencadena otro, y este a otro hasta producir una respuesta. Cualquier señal producirá una respuesta, y esta señal, sea cual sea, afectará a toda la organización celular.

El crecimiento de las plantas estará mediado por sus características genéticas y por su ambiente, del que asimilará información para regular su crecimiento. Todos los aspectos del ambiente intervienen en la determinación del crecimiento de la planta. Frente a estos estímulos, la planta responde mediante mensajeros primarios que son los reguladores de crecimiento.

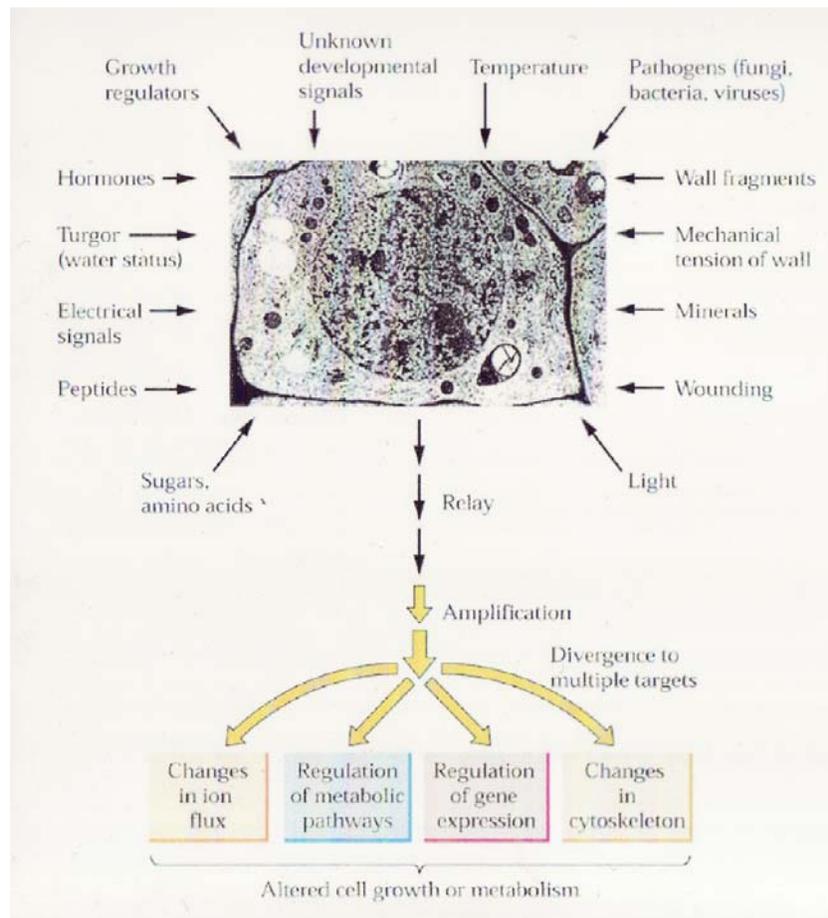
Las señales externas que afectan el crecimiento de la planta y su desarrollo incluyen muchos aspectos físicos, químicos y biológicos del ambiente de la planta.



Los mensajeros primarios y secundarios funcionan a través de una serie de etapas:

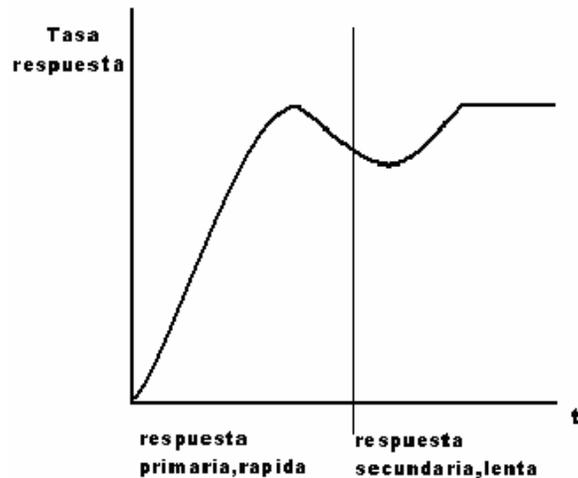
- 1- Percepción del estímulo
- 2- Producción de una señal (biosíntesis y/o liberación de una o varias fitohormonas)
- 3- Transporte al sitio de acción
- 4- Interacción de las señales con las células blanco a través de un receptor
- 5- Transducción celular de la señal
- 6- Modificación de la expresión génica
- 7- Respuesta fisiológica (crecimiento y diferenciación)

Todos los factores serán detectados por las células diana, de manera que se producirá una señal que provocará cambios en la dinámica iónica (flujo iónico, frente a cualquier cambio, la célula intenta mantener la homeostasis y para ello tiene que controlar sus niveles iónicos.), cambios de metabolismo, cambios en la expresión génica, y cambios de citoesqueleto.

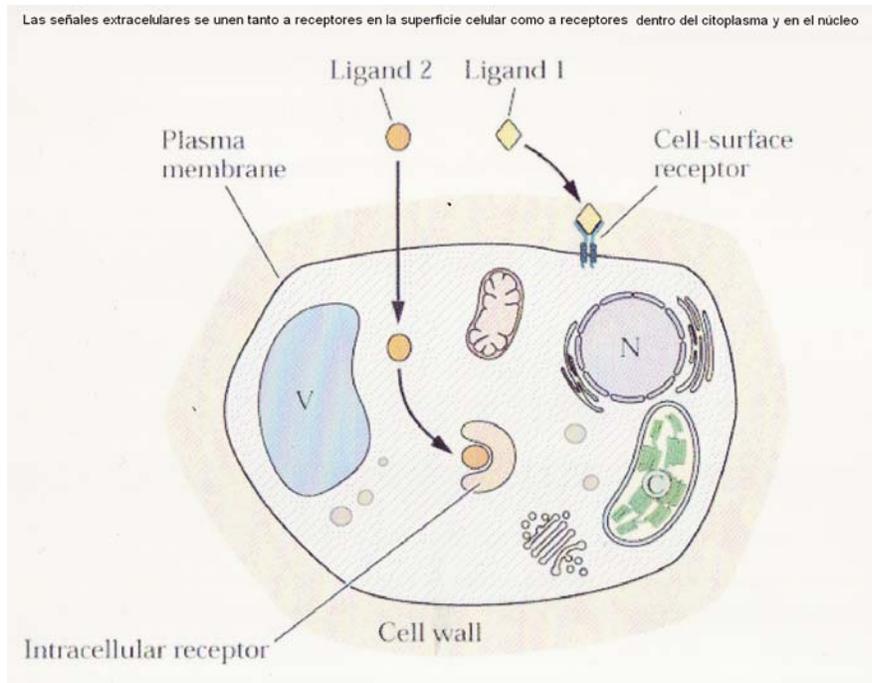


El intermedio entre la señal y la respuesta estará mediada por la efectividad de los reguladores de crecimiento, que tendrán dos vías de acción fundamentalmente en la célula diana:

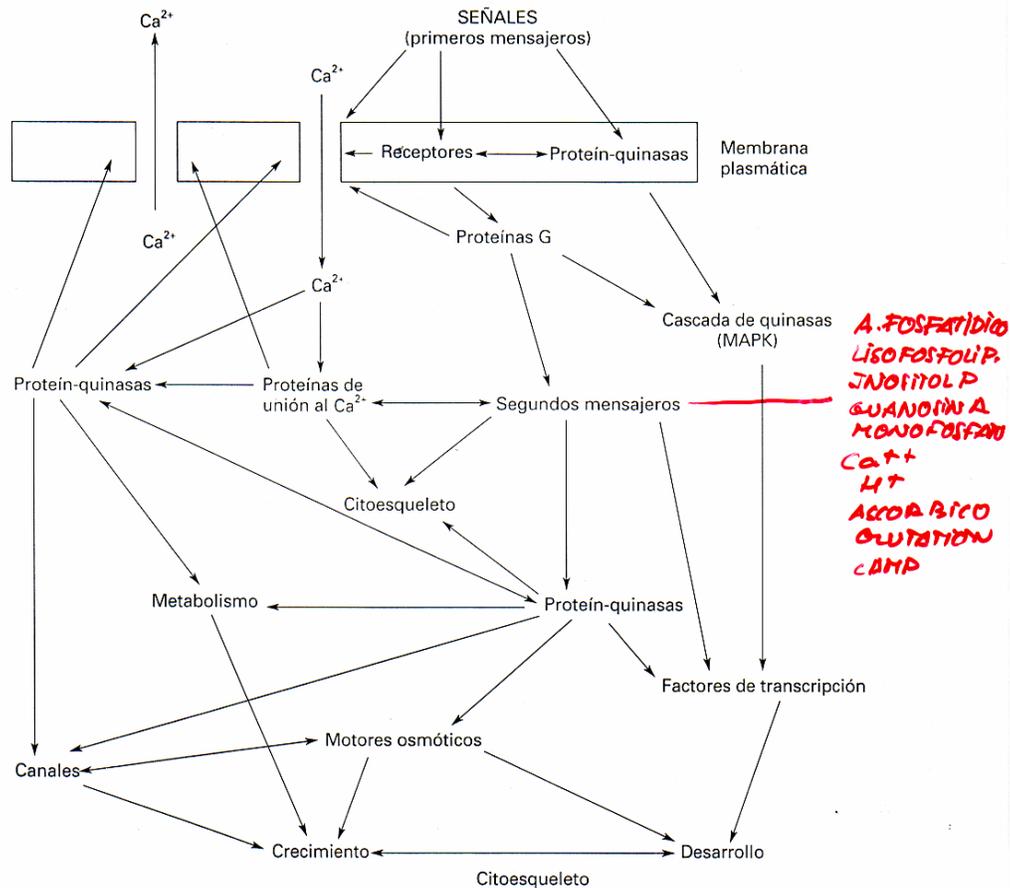
- Corto plazo. Cambios en calcio
- Largo plazo. Actividad de proteínquinas: Variaciones de rutas metabólicas y regulación de expresión génica.



La señal (el regulador o el factor ambiental que provoque cambios) tiene como primer paso la percepción del estímulo. Según cómo sea la señal, puede quedar captada a nivel de pared, o dentro de la célula, con sus receptores correspondientes.



Estos receptores suelen ser proteínas de membrana que se encuentran en gran número para permitir que la respuesta sea eficaz. La misma fitohormona puede desencadenar respuestas distintas, esto se debe a una señalización específica tanto en la unión del receptor como en los procesos de amplificación.



Para que se produzca una respuesta fisiológica (crecimiento mas desarrollo) tiene que tener lugar una serie de procesos de captación del estímulo:

- Percepción del estímulo = unión a un receptor
- Producción de la señal = cambios en la biosíntesis de otros reguladores o aparición de mensajeros secundarios.
- Transporte al sitio de acción.
- Transducción de la señal.
- Modulación de la expresión génica

La percepción de la señal se produce por receptores proteicos en todas las células, que deben tener una estructura muy definida, cambiando la actividad de la molécula según la distancia entre su

polo positivo y negativo. Lo que marca funcionalidad es esa distancia, y habrá receptores específicos para esa distancia.

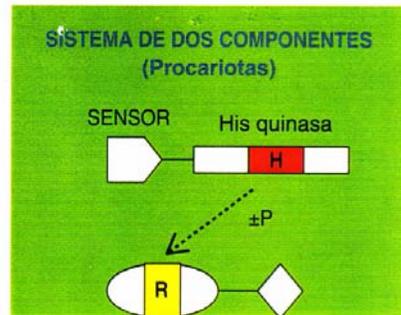
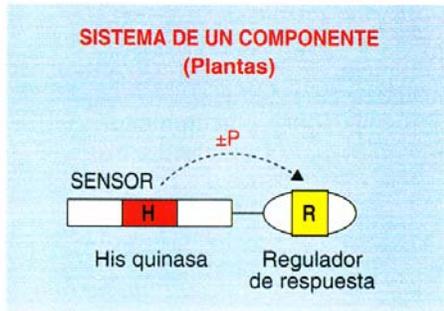
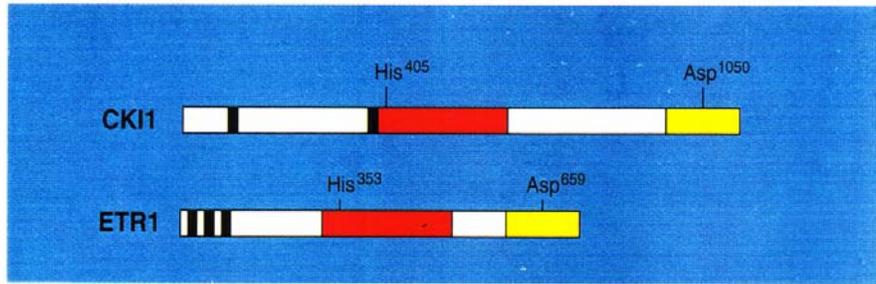
Hasta la fecha sólo se conocen receptores para etileno, ácido abscísico y hay indicios de que determinadas proteínas pueden funcionar como receptores de auxinas.

Hay tres tipos de receptores:

- 1- Canales iónicos: su actuación está acoplada a apertura de canales iónicos. Son proteínas de membrana a las que se une un ligando que provoca la apertura del canal.
- 2- Receptores tipo enzimático, quinasas: dímeros proteicos que disparan procesos de fosforilación al unirse la molécula SON receptores de membrana que se activan cuando se fosforilan.
- 3- Proteínas G: son capaces de unirse al receptor específico liberando una de las subunidades cuando se une a una molécula de GTP, activándose una proteína de membrana que es una enzima secundaria que activa nuevas rutas. que cambia de conformación y se une a otra unidad, produciendo la activación de la proteína que activa y desencadena la respuesta.

Una vez que el receptor capta la señal se desencadenan microambientes distintos para células genéticamente iguales, a través de cambios en la actividad del citoesqueleto, cambios osmóticos y cambio metabólico de la planta.

En las plantas hay solamente un sistema receptor, compuesto de una parte sensora y otra parte de región de respuesta. La parte sensora corresponde a los puntos de anclaje con la membrana. Existen restos de histidina que al captar el mensajero primario se fosforilan y con ello translocan la señal a la región de respuesta cuyos dominios están representados por aspártico.



RECEPTORES DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO. El receptor de etileno (ETR1) y el posible receptor de citoquininas (CKII) agrupan en una misma proteína (sistema de un componente) dos elementos similares al sensor y regulador. Se encuentran en el sensor las secuencias hidrofóbicas (*negro*), que constituyen un dominio transmembrana, donde reside el lugar de unión a etileno, y los dominios histidina quinasa (*rojo*) con los lugares putativos de fosforilación en las histidinas (His) de las posiciones 405 (ETR1) y 659 (CKII). En el regulador de respuesta (*amarillo*) se incluyen los lugares de fosforilación de los ácidos aspárticos (Asp) de las posiciones 1050 (ETR1) y 659 (CKII). La histidina del sensor se fosforila utilizando ATP como donador de fosfato. Este ion se transfiere luego desde los dominios de histidina a los residuos de aspartato de los reguladores respectivos, localizados en la misma proteína (un componente) o en otra proteína distinta (dos componentes).

Las señales, a través de la unión a su receptor, pueden generar cambios en el contenido endógeno de calcio. Las concentraciones de calcio endógenas tienen que ser muy estables, de modo que la planta tiene mecanismos para secuestrar o liberar calcio (bombas). Si de forma transitoria un regulador de crecimiento produce una variación en la concentración de calcio, este cambio será detectado por la célula y provocará a su vez cambios proteicos vía proteínquinasa, que afectan al metabolismo y por tanto al crecimiento.

