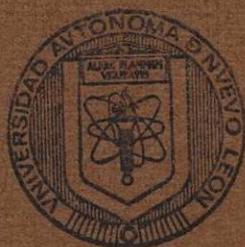


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



ASPECTOS Y CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS  
REGULADORES EN PLANTAS

SEMINARIO  
(OPCIÓN II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

BENITO SANTOS GARZA LOPEZ

T  
QK731  
G3  
c.1

MARZO DE 1984

T

QK731

G3

C.1

581



1080062454



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



ASPECTOS Y CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS  
REGULADORES EN PLANTAS

S E M I N A R I O  
(OPCIÓN II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

BENITO SANTOS GARZA LOPEZ

T/  
QK 731  
.G3

  
Biblioteca Central  
Maana Solidaridad  
F. Tesis

  
BU Raúl Rangel Fajó  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

040 581  
FA 1  
1984

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION . . . . .	1
1. AUXINAS . . . . .	5
1.1. Concepto . . . . .	3
1.2. Antecedentes históricos . . . . .	3
1.3. Naturaleza química . . . . .	5
1.4. Métodos generales de obtención e identificación . . . . .	7
1.5. Principales efectos . . . . .	13
1.6. Mecanismos de acción . . . . .	14
2. GIBERELINAS . . . . .	15
2.1. Concepto . . . . .	15
2.2. Antecedentes históricos . . . . .	15
2.3. Naturaleza química . . . . .	16
2.4. Métodos generales de obtención e identificación . . . . .	20
2.5. Principales efectos . . . . .	23
2.6. Mecanismos de acción . . . . .	23
3. CITOCININAS . . . . .	24
3.1. Concepto . . . . .	24
3.2. Antecedentes históricos . . . . .	24
3.3. Naturaleza química . . . . .	25
3.4. Métodos generales de obtención e identificación . . . . .	26
3.5. Principales efectos . . . . .	27
3.6. Mecanismo de acción . . . . .	28

4. INHIBIDORES . . . . .	29
4.1 Concepto . . . . .	29
4.2 Antecedentes históricos . . . . .	29
4.3 Naturaleza química . . . . .	30
4.4 Métodos generales de obtención e identificación . . .	32
4.5 Principales efectos . . . . .	33
4.6 Mecanismos de acción . . . . .	34
5. ETILENO . . . . .	35
5.1 Concepto . . . . .	35
5.2 Antecedentes históricos . . . . .	35
5.3 Naturaleza química . . . . .	36
5.4 Métodos generales de obtención e identificación . . .	37
5.5 Principales efectos . . . . .	38
5.6 Mecanismos de acción . . . . .	38
COMENTARIOS . . . . .	40
RESUMEN . . . . .	41
BIBLIOGRAFIA . . . . .	42

## INTRODUCCION

Ha sido demostrado que procesos tales como la iniciación de raíces, establecimiento y terminación de los períodos de letargo y reposo, floración, dormación y desarrollo de los frutos, abscisión, senescencia y ritmo de crecimiento en las plantas, son controlados por hormonas o inhibidores de la acción hormonal.

Así, las hormonas pueden definirse como aquellas sustancias orgánicas sintetizadas por la planta, originadas en un lugar, (lugar de producción) que generalmente se desplazan a otro (sitio de acción), donde a muy bajas concentraciones pueden activar, inhibir o modificar cualitativamente los procesos fisiológicos de las plantas, al producir o causar efectos fisiológicos definidos. Por otra parte, el término fitoregulador se aplica a los compuestos químicos naturales o sintéticos, distintos de los nutrientes, que en bajas concentraciones promueven, inhiben o regulan de cualquier modo con modificaciones cualitativas o sin ella, al crecimiento o a algún proceso del desarrollo de la planta (Devlin, 1980; Hill, 1977; Rojas, 1979; Salisbury, 1978; Sívori, 1980; Weaver, 1975).

Como nutrientes se define a aquellos materiales que proporcionan energía o elementos minerales esenciales a los vegetales (Weaver, 1975).

De acuerdo a lo anterior, podemos sintetizar que el término hormona es aplicable solo a los productos naturales de las plantas, no así el término fitoregulador que no se limita a éstos, sino que puede incluir también sintéticos.

Las primeras nociones registradas acerca de éstas sustancias, fueron hechas por Carlos Darwin en colaboración con su hijo Francisco, en la obra "El Poder del Movimiento en las Plantas", publicado en 1880. En este trabajo, Darwin concluye que alguna "influencia" debía operar desde el ápice de los tallos,

lo cual hacía que la planta respondiera a la luz (R.L. Wain, -- 1980).

A partir de la identificación de las primera hormonas ve getales (las auxinas), fueron posibles notables avances en ésta disciplina, conllevando a la identificación o obtención poste-- rior de otras fitohormonas como las giberelinas, citocininas, - etileno, así como también de inhibidores del crecimiento hormo-- nal.

Dado el conocimiento que tenemos actualmente sobre los - fitoreguladores ha sido posible clasificarlos en base a su modo de acción: como promotores (auxinas, giberelinas y citocininas) e inhibidores (ácido absícico, xanthoxina, etileno) (Guzmán, 1982)

En el presente trabajo, se estudian conceptos, anteceden-- tes históricos, composición química, algunos métodos generales de obtención e identificación, principales efectos sobre algu-- nas plantas y mecanismos de acción de los siguientes cinco ti-- pos de hormonas: Auxinas, giberelinas, citocininas, inhibidores y etileno.

## 1. AUXINAS

### 1.1. Concepto:

En forma general, el término auxina se puede aplicar al grupo de compuestos o sustancias químicamente relacionadas con el ácido Indolacético (AIA) caracterizados por su capacidad para inducir la extensión o crecimiento de las células de los brotes (Hill, 1977 Weaver, 1975 Rojas, 1974).

No obstante que muchos compuestos indólicos tienen efectos similares a los del AIA, también los tienen muchas sustancias sintéticas reguladoras del crecimiento que no poseen estructura indólica (Ej: El ácido 2, 4- dicloro fenoxiacético, empleado comunmente como 2, 4-D). Como observamos, existen auxinas naturales y otras sintéticas (Weaver, 1975)

### 1.2. Antecedentes históricos:

Diversos autores en la actualidad coinciden en aceptar que las investigaciones modernas sobre las Fitohormonas fueron realizadas por Darwin hacia el año 1880, al estudiar el efecto de la luz en plantas herbáceas jóvenes, concretamente en Phalaris canariensis y Avena sativa, sobre las que concluyó que la curvatura fototrópica era consecuencia de una respuesta en una parte del órgano a un estímulo recibido en otra parte.

Estos experimentos condujeron, cincuenta años después aproximadamente, al descubrimiento de las Fitohormonas conocidas actualmente como auxinas (Wain, 1980).

Posteriormente, Rothert (1884) confirmó y amplió los experimentos de Darwin y demostró que el estímulo fototrópico se conduce através del tejido parenquimatoso del coleotipilo.

En 1907, Fitting demostró que la velocidad de crecimiento de -- los coleoptilos de Avena sativa no se ve afectada cuando se realizan incisiones unilaterales (éstos trabajos se realizaron en un local saturado de humedad, evitando que las superficies cortadas no secan ni antes ni después de que les presionara conjuntamente; de haberlas dejado secar, se obtendrían resultados diferentes) además, este investigador demostró que las incisiones laterales no afectaban la respuesta fototrópica, sin importar sus posiciones respecto a la luz. Por lo observado, concluyó que el estímulo se trasmite a través del material vivo y rodea a las incisiones.

Hacia, 1913; Boysen-Jensen demostró que el estímulo fototrópico puede transportarse a través de material no vivo o a través del hueco de una herida (Weaver, 1975)

Paal en 1918, confirmó los experimentos de B. Jensen y demostró que el crecimiento desigual bajo iluminación unilateral podría simularse aplicando estímulo químico de forma desigual desde el ápice. En 1925, Soding amplió los trabajos de Paal, aplicando pruebas de crecimiento recto, tomó medidas precisas del crecimiento y demostró que si colocan la punta cortada del coleoptilo en su lugar, el coleoptilo reanudaba un crecimiento casi normal (Hill, 1977)

En base a los estudios, Stark en 1921, colocó pequeños bloques de agar que contenían varios extractos de tejido, por un lado de la superficie cortada de un coleoptilo decapitado y casi invariablemente obtuvo curvaturas positivas (es decir hacia el bloque de agar). Sin embargo, en otros experimentos el mismo autor, utilizando savia exprimida de coleoptilo de Avena sativa no obtuvo curvatura.

Seubert, en 1925, aplicando la técnica empleada por Stark, demostró que bloques de Agar conteniendo diastasa, saliva, o extractos de malta, producían una curvatura negativa (o sea, una estimulación del crecimiento) y quedó demostrado por vez primera, la existencia de sustancias de crecimiento fue-

ra de las plantas.

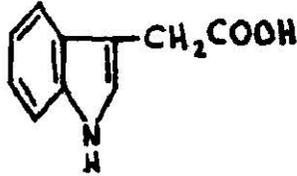
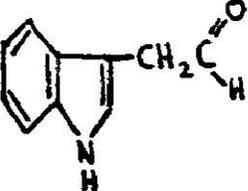
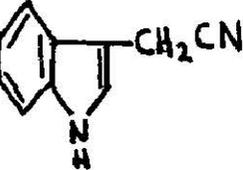
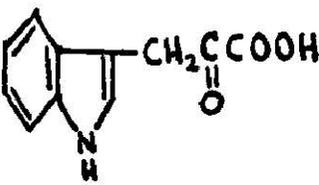
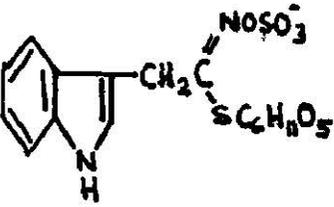
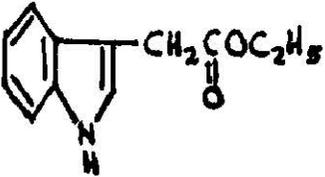
Posteriormente, Went en 1928, contribuye con ésta técnica, al desarrollar una prueba hormonal cuantitativa, llamada prueba de curvatura de la Avena. En ésta prueba, indica que las curvaturas eran proporcionales, dentro de ciertos límites, a la cantidad de sustancias hormonales activas. Went aisló el mensajero químico al dejarlo difundirse a un medio agar, que luego colocó de forma asimétrica sobre la plántula deprovista de ápice y provocando una curvatura.

En base a los trabajos de Went, fué posible evaluar la cantidad de hormonas que contenían diversas partes de la planta.

Ocho años después Kogl, descubre que el ácido 3-Indolacético (AIA) es capaz de promover el alargamiento de las células de las plantas, ahora, el AIA se reconoce como el más importante de su tipo dentro del grupo de hormonas conocidas como auxinas. Cabe señalar que el AIA había sido descubierto 50 años antes en la orina humana, pero no fue sintetizado químicamente hasta 1904. Parece ser que el AIA es sintetizado a partir del triptófano por una serie de reacciones enzimáticas y se encuentra ampliamente distribuido en las plantas (Wain, 1980)

### 1.3. Composición química:

En la actualidad se sabe que todos los compuestos que tienen actividades auxínicas son orgánicos; todos ellos poseen carbón, hidrógeno y oxígeno en proporciones y disposiciones diferentes, además algunos contienen nitrógeno y cloro; la mayoría tiene estructuras complejas y algunas estructuras simples. A continuación se describen algunas fórmulas de auxinas naturales, mencionando algunas plantas que lo contienen.

<u>FORMULA ESTRUCTURAL</u>	<u>FORMULA QUIMICA</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>FUENTE</u>
	R.CH <sub>2</sub> -COOH	Acido indolacético	-En una gran variedad de especies vegetales. Asociado comúnmente con proteínas vegetales.
	R.CH <sub>2</sub> CHO	Indolacetaldeido	-Plántulas ahiladas y otras fuentes.
	R.CH <sub>2</sub> -CN	Indolacetonitrilo	-Muchas plantas de la familia Crucíferas. -Parece ser que forma a partir de la descomposición de la glucobrasicina.
	R.CH <sub>2</sub> -C(=O)-COOH	Acido Indolpirúvico	-Endospermos de maíz -En <u>Nicotina</u> y <u>Salix</u> -Otras fuentes.
	R.CH <sub>2</sub> -C(=O)-NO-HSO <sub>3</sub> S-C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>5</sub>	Glucobrasicina	-Muchas plantas crucíferas. -Sirve como precursor de otras auxinas.
	R.CH <sub>2</sub> -C(=O)-OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	Etilindolacetato	-Granos inmaduros de maíz. -Semillas de uva. -Tubérculos de papa. -Sauces llorones. -Etc.

(Hill, 1977; Weaver, 1975).

Con respecto a las Auxinas Sintéticas, después de observar que el AIA era la auxina más frecuente en plantas superiores se procedió a la síntesis de compuestos de constitución química y actividad de inducción del crecimiento similares. Así Zimmerman et al, 1936, investigan varios compuestos sintéticos como el Acido indolbutírico (IBA), Acido naftalenacético (NAA); Acido naftalenacético; Acido fenilacético y Acido Autracenacetico.

Posteriormente, hubo otros investigadores que realizaron estudios diversos sobre otras auxinas sintéticas, destacando la década de 1940 en la que se sintetizaron un gran número de nuevas auxinas (Devlin, 1980; Hill, 1977; Weaver, 1975)

#### 1.4. Métodos generales de obtención e identificación:

1.4. A. Métodos de Extracción: Como se ha señalado anteriormente, las fitohormonas se hallan presentes en ínfimas cantidades (mg) y ésto presenta serios obstáculos para su estudio, por ello mismo, los extractos llegan a contener tan solo microgramos de éstas y algunas veces solamente fracciones de éstas cantidades.

Por lo tanto, la mayoría de las técnicas químicas usuales poseen una sensibilidad bastante baja como para cuantificar cantidades hormonales de este orden, recomendándose sustituir por ensayos biológicos una vez extraídas éstas sustancias de los tejidos estudiados. A continuación se describen dos técnicas usadas para la extracción de auxinas.

##### a). Técnicas de Difusión:

Esta técnica es empleada para obtener auxinas de tejidos intactos o partes de plantas. El método consiste en cortar el organo sujeto a estudios colocandose la superficie seccionada sobre el gel de agar

y ésta puede removerse de vez en cuando. Al emigrar cualquier sustancia fuera del te jido, ésta se extrae del agar mediante otro método (Weaver, 1975)

Esta técnica fue empleada por Went en 1949 para demostrar la difusibilidad de auxinas. Esta técnica presenta la ventaja que puede usarse para estimar el ritmo real de producción hormonal en pequeños trozos de tejido. Las desventajas son que sólo pueden utilizarse pequeñas cantidades de te jido y de que no hay manera de estimar las pérdidas de actividad que pueden tener lugar debido a la acción química en la superficie seccional (Hill, 1977)

b). Extracción con Disolventes:

Para la descripción de esta técnica a continuación se presenta un esquema general:



entre las que destacan: cromatografías, (de papel, de capa fina, de columna, etc.), espectrofotofluorimetría, desplazamiento y absorción de carbón y algunos otros (Weaver, 1975)

1.4. B. Métodos Fisicoquímicos: Estos métodos son relativamente recientes y a medida que van adquiriendo importancia, adquieren mayor precisión y flexibilidad. Aquí sólo describimos 2 métodos:

a). Uso de Marcadores Radiactivos:

El ácido indolacético, marcado por el isotopo de Carbono 14, es usado generalmente en estudios sobre el movimiento del AIA en las plantas.

Este método tiene la ventaja de detectar pequenísimas cantidades; sin embargo, también presenta el inconveniente de que siempre se debe estar seguro de que el material cuya radioactividad se esta midiendo es el mismo que el material introducido en la planta en un principio.

b). Cromatografía gas-líquido (CGL)'

Existe el método fluorimétrico, el cual es exacto y sensible para derminar la presencia del AIA, en soluciones. Esta se basa en la producción de fluorescencia al agregar  $H_2S_4$  y  $CuSO_4$  a la solución. El método fue desarrollado por Ebert en 1955 y lo describe detalladamente (Weaver, (1975).

1.4. C. Ensayos Biológicos: También conocido como bio-

ensayos, bioanálisis o pruebas biológicas, son sistemas que nos permiten estimar la cantidad de una sustancia, aplicada a un organismo, midiendo la magnitud de la respuesta del organismo a dicha sustancia (Hill, 1977; Weaver, 1975).

Mediante la elaboración de una "curva standard" obtenida de la relación, comportamiento del organismo-dosis aplicada, nos permitirá estimar cualquier concentración de estas sustancias, para ser aceptables, los bioensayos deben reunir ciertas características tales como:

1. Sensibilidad: Debe ser suficiente una cantidad pequeña de la hormona para detectar una respuesta.
2. Especificidad: Son más útiles aquellos que dan respuesta a un solo tipo de hormona.
3. Insensibilidad a condiciones ambientales. Son más útiles aquellos que dan resultados similares en un rango amplio de condiciones ambientales.
4. Fácil realización: Son preferibles aquellos fáciles de realizar en comparación de aquellos que requieren de gran habilidad técnica.
5. Tiempo: Son inconvenientes aquellos trabajos que requieren largos períodos de tiempo.
6. Asequibilidad del material: Son más recomendables los bioanálisis sobre plantas regionales que aquellas cultivadas a grandes distancias.
7. Linealidad de la respuesta: La interpretación será más fácil en las que la relación respuesta-dosis sea lineal y si la porción lineal de la curva de la respuesta cubre un margen amplio de dosis (Hill, 1977).

Es raro que algún trabajo sobre hormonas cumpla con todas las anteriores condiciones; sin embargo, es conveniente apegarse lo más posible a éstos lineamientos para obtener una prueba aceptable.

A continuación se describen algunos bioensayos importantes sobre auxinas.

a). Prueba de Alargamiento de Coleoptilos (de Avena o Trigo):

En la presente prueba, plántulas de avena o trigo se hace crecer en la obscuri--dad ( sólo la avena se expone a luz rojo brevemente con el propósito de inhibir el crecimiento del mesocotilo ) lo suficiente para que los coleoptilos alcancen de 2 a 3 cm. de altura. Después se separan tres o cuatro milímetros del ápice de los coleoptilos y en la parte restante se corta un segmento de longitud estandard que hace flotar sobre la solución problema. El alargamiento de dicho segmento (después de aproximadamente 24 hrs.) en la obscuridad se cuantifica en función de la actividad auxínica. Generalmente éste experimento se desarrolla bajo una temperatura de 25°C. (Hill, 1977)

b). Prueba de Inhibición de las Raíces:

En esta prueba, se pueden utilizar raíces de maíz, pepino o berro. Como se sa--be, el crecimiento de la mayoría de las raíces se inhibe (aún en muy bajas concentraciones de auxinas). Swanson en 1946, (citado por Weaver, (1975) esterilizó semillas de maíz del híbrido Silver King, en una so-

lución de hipocloruro durante tres minutos enjuagándolas después completamente en agua corriente. Se colocan las semillas en papel filtro húmedo, con el embrión hacia abajo, dejándolas germinar en la oscuridad.

Cuando las raíces han alcanzado de 15 a 25 mm de long, se miden y transfieren a nuevas cajas petri (25 por plato) y se cubren con papel filtro húmedo, que contengan 15 ml de la solución auxínicas. Después de 48 horas en la oscuridad se vuelve a medir la longitud de las raíces y se determina el porcentaje de prolongación o retraso comparando con el de los testigo.

Existen otros ensayos que pueden consultarse en Mitchell y Livingston (1973) - Weaver ( 1975) y otros.

#### 1.5. Principales efectos:

Entre los principales efectos ejercidos por las auxinas con su aplicación exógeno sobre las plantas, tenemos que una de las funciones importantes es la expansión de las células de los tallos y coleoptilos. Asimismo afecta a las respuestas trópicas, y en condiciones adecuadas afecta el crecimiento de segmentos seccionados de coleoptilo de trigo de avena. En algunos casos provoca el aumento del tamaño celular en cultivos de tejidos y además, junto con los citoquininas, controla la diferenciación en cultivos de tejido. También se reporta que estimula la iniciación de raíces en los esquejes, estimula la división del cambium, afecta la diferenciación del xilema y afecta a la abscisión de las hojas y de los frutos. En el caso de la piña, se ha comprobado que activa la floración y otros trabajos mos-

traron que aplicaciones apicales mantienen la dominancia apical en diversas plantas. Por otra parte, la aplicación de estas hormonas a frutos jóvenes y en desarrollo, aumenta su tamaño y también se ha encontrado que adelanta la maduración de algunos frutos, como los higos (Hill, 1975; Wain, 1980; Weaver, 1977).

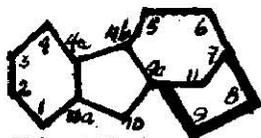
#### 1.6. Mecanismos de acción:

Hasta ahora, ninguna teoría que explique los mecanismos primarios de acción de las auxinas, ha sido totalmente satisfactoria, aunque en 1931, Heyn citado por Weaver (1975), desarrolló una de las primeras teorías que en la actualidad sigue siendo la más comunmente aceptada. Esta teoría explica que cuando se incrementa la flexibilidad de las paredes, disminuye la presión de ésta alrededor de la célula y la presión de turgencia causada por las fuerzas osmóticas en la savia vacuolar, hace que el agua entre a las células, provocando su expansión.

## 2. GIBERELINAS

### 2.1. Concepto:

Este término se aplica a aquellas sustancias capaces de inducir el alargamiento y/o división celular, provocando con ello, un aumento considerable de prolongación de brotes y tallos en muchas especies vegetales. Estas sustancias están químicamente relacionadas con el ácido giberélico (Producto metabólico del Hongo Gibberella fujikuroi) y posee un esqueleto estructural del gibano (Figura ). Pruebas sensibles a la aplicación de esta hormona han sido desarrolladas principalmente sobre variedades enanas de maíz y chícharo (Hill, 1975; Wain, 1980; Weaver, 1975).



gibane

### 2.2. Antecedentes Históricos:

El estudio de estas sustancias dió comienzo con el descubrimiento hecho por el Fitopatólogo japonés Kuruosawa en 1926, de que el filtrado estéril de un extracto de células del hongo Gibberella fujikuroi, produjo una significativa estimulación del crecimiento al ser aplicado a plántulas de arroz y algunos pastos. Esto fué el resultado de estudiar la enfermedad conocida como "Bakanae" (enfermedad del arroz en que las afectadas superaban en altura, en un 50% o más a las plantas sanas (Wain, 1980)

Hacia 1935, Yabuta, obtuvo una preparación activa y le dió el nombre de Giberelina. En Estados Unidos, los primeros trabajos reportados fueron hechos por Mitchell y Angel en 1950, en Maryland y en 1955 en Inglaterra, Borrow et al, desarrollaron trabajos de investigación similares, los primeros trabajos sobre chícharos enanos fueron realizados por Brian y Hemming en

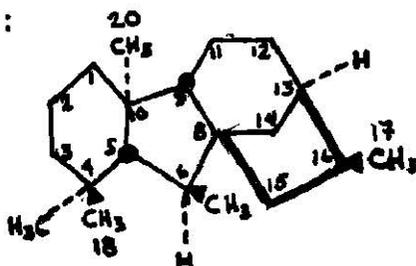
1955, quienes demostraron que al aplicar  $GA_3$ , las plantas enanas crecen hasta alcanzar su nivel normal de crecimiento.

Phinney en 1956, hizo pruebas similares sobre el maíz enano de gene simple, encontrando resultados similares (Weaver, 1975)

A la fecha, han sido identificadas cuando menos 37 giberelinas diferentes de Gibberella, o de plantas superiores. Conforme se descubren estas Giberelinas, se le van asignando números que corresponden a un orden cronológico aproximado, según su descubrimiento. (aunque no todos obedecen a ésta observación.) (Hill, 1975; Weaver 1975)

### 2.3. Composición química:

Actualmente, la International Union of Pure and Applied Chemistry Committee on Organic Nomenclature, establece que las giberelinas contienen el esqueleto del enantiómetro de giberelano (Ent-giberelano):



este esqueleto tiene la ventaja de utilizar un sistema de numeración que corresponde al de otros diterpenos cíclicos, ya que estas sustancias están químicamente relacionadas con los compuestos naturales llamados terpenoides, quienes en gran número se encuentran en las plantas (Ej: esteroides, carotenoides, etc.)

Las principales diferencias entre giberelinas son:

- a). Algunas tienen 19 átomos de carbono y algunas otras 20.
- b). Hay grupos de hidroxilos que pueden encontrarse

trarse presentes o ausentes en las posiciones 3 y 13 (del esqueleto estructural anterior).

Además, se ha observado que todas las giberelinas de 19 átomos de "C" son ácidos monocarboxílicos, tienen el grupo COOH en la posición 7 y un anillo de lactona.

Dada la compleja estructura química de las giberelinas (principalmente su insomerización) es poco probable su síntesis comercial en un corto plazo.

Enseguida, se señalan las principales giberelinas y sus respectivas fuentes:

<b>GIBERELINA</b>	<b>FUENTE</b>
GA <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>G. fujikuroi</u></li> <li>- <u>Pharabitis nil</u></li> <li>- Bulbos de tulipán</li> <li>- Semillas de pepino</li> <li>- Maíz, cebada, trigo</li> <li>- <u>Phaseolus coccineus</u>, etc.</li> </ul>
GA <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>G. fujikuroi</u></li> <li>- <u>P. nil</u></li> </ul>
GA <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>G. fujikuroi</u></li> <li>- <u>P. nil</u></li> <li>- Brotes de vid y cítrico</li> <li>- Semillas inmaduras de manzano</li> <li>- <u>P. coccineus</u></li> </ul>
GA <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>G. fujikuroi</u></li> <li>- <u>P. nil</u></li> </ul>

**GIBERELINA****FUENTE**

- Vid
  - Semillas inmaduras de manzano
  - Ph. coccineus
- 
- GA<sub>5</sub>
    - P. nil
    - Bulbos de tulipán
    - Ph. coccineus
    - Caña de azúcar
- 
- GA<sub>6</sub>
    - Ph. coccineus
    - G. fujikuroi
- 
- GA<sub>7</sub>
    - P. nil
    - Vid
    - Banano
- 
- GA<sub>8</sub>
    - Bulbos de tulipán
    - Semillas inmaduras de manzano
    - Ph. coccineus
- 
- GA<sub>9</sub>
    - G. fujikuroi
    - P. nil
    - Bulbos de Tulipán
    - Rudbeckia bicolor

**GIBERELINA****FUENTE**

GA <sub>10</sub> , GA <sub>11</sub> , GA <sub>12</sub> , GA <sub>14</sub> , GA <sub>15</sub> , GA <sub>16</sub> , GA <sub>24</sub> , GA <sub>25</sub> , GA <sub>36</sub> .	- <u>G. fujikuroi</u>
GA <sub>13</sub>	- <u>G. fujikuroi</u> - Bulbos de tulipán - <u>Ph. coccineus</u>
GA <sub>14</sub> , GA <sub>15</sub> , GA <sub>16</sub> .	- <u>G. fujikuroi</u>
GA <sub>17</sub>	- <u>Ph. coccineus</u>
GA <sub>18</sub>	- Brotes de Bambú - Brotes <u>luteus</u>
GA <sub>19</sub>	- <u>P. nil</u> Brotes de tulipán
GA <sub>20</sub>	- <u>P. nil</u> - Brotes de tulipán - <u>Ph. coccineus</u>
GA <sub>21</sub> y GA <sub>22</sub>	- Frijol sable

GIBERELINA	FUENTE
GA <sub>23</sub> y GA <sub>28</sub>	- <u>Lupinus luteus</u>
GA <sub>26</sub> , GA <sub>27</sub> y GA <sub>28</sub>	- <u>P. nil</u>
GA <sub>30</sub> , GA <sub>31</sub> , GA <sub>33</sub> y GA <sub>34</sub>	- Semillas de <u>Calonyction aculeatum</u>

Además de éstas, existen otras sustancias que han sido extraídas de vegetales diversos, que poseen cierta actividad similar a las giberelinas, pero no poseen la estructura del gibante, por lo que no se les clasifica como tales (Hill, 1977; Wain, 1980; Weaver, 1975).

## 2.4. Métodos generales de obtención e identificación

### 2.4. A. Métodos de Extracción

#### a) Técnicas de difusión:

En 1964, Jones y Phillips, citados por Weaver (1975) demostraron que las giberelinas difunden con facilidad de las yemas apicales y que este principio puede aplicarse para cuantificar el contenido de giberelina. La difusión en agar permite estimar la producción hormonal a lo largo de un período determinado, no así la extracción que solo indica el contenido de giberelina, de la parte vegetal extraída, en un momento dado.

b). Extracción con disolventes:

Los dos solventes más comunes que se utilizan para la extracción de giberelinas son la acetona y el alcohol metílico.

Weaver (1975) cita que en 1961, West y Reilly desarrollaron el siguiente método para extraer sustancias similares a las giberelinas sobre semillas inmaduras de pepino silvestre: Las semillas inmaduras se extrajeron con partes iguales de acetona y agua, después de la evaporación, dos litros del extracto viscoso de endospermo se ajustaron a pH 3, con ácido sulfúrico. Luego, con acetato etílico se extrajo varias veces la suspensión. Los extractos que se combinaron y concentraron contenían la mayor parte de los materiales biológicamente activos, según lo determinaron los bioanálisis efectuados con mutantes enanos de maíz. Los extractos combinados se extrajeron con solución acuosa al 5 % de carbonato de sodio, con el objeto de eliminar las sustancias ácidas. El material biológicamente activo se retiró de la fase acuosa, después de acidular ésta a pH 3, extrayendo las sustancias similares a las giberelinas, con acetato etílico. El residuo de la capa de acetato etílico (2.5 g) se cromatografió en una columna de carbón-celita (1:2) elaborada con concentraciones mayores de acetona y agua. Los cromatogramas en papel de proporciones de 1 a 100 mg de los sólidos biológicamente activos, obtenidos de la columna de carbón, se revelaron en alcohol n-butílico 1.5 N amonio hidroxido (3:1) (Fase superior)

como solvente revelador.

McMillan et al en 1961 y Sembdner y Schreiber en 1965, hicieron ensayos similares sobre Phaseolus multiflorus y Nicotiana tabacum respectivamente; estas pruebas son resumidas por Weaver (1975).

2.4. B. Metodos Físico-Químicos: Una vez extraída las giberelinas, es necesario su separación e identificación. Para tal propósito existen los métodos de cromatografía de capa fina; cromatografía de gas y espectrometría de masa; cromatografía de columna y otros que son descritos por Weaver (1975) y Mitcher y Livingston (1973).

2.4. C. Ensayos Biológicos: Algunos bio-ensayos importantes para giberelinas se mencionan a continuación:

- Bioensayos de chicharo enano, el cual mide la longitud del tallo.
- Bioensayos sobre el maíz enano, en el cual se mide la longitud de las vainas foliares.
- Bioensayos sobre lechuga, en el que el órgano estudiado es el hipocotilo, éste fué desarrollado por Fankland y Wareing (1960).
- Ensayo biológico sobre el hipocotilo del pepino.
- Bioensayos de endospermas de cebada, la cual se basa en la inducción por las giberelinas de un aumento de los niveles del enzima amilasa en semillas de esta, partidas a la mitad con el objeto de eliminar el embrión.  
(Hill, 1977; Weaver, 1975)

## 2.5. Efectos principales

El principal efecto de la aplicación de giberelinas es la estimulación del crecimiento, además provoca un efecto contrario a la inhibición que induce la luz en el crecimiento de tallo, también induce la partenocarpía, principalmente en el melocotonero y ciruelo; así mismo pueden provocar la floración en muchas especies que requieren horas frías (como zanahoria, col, nabo, etc.).

Por otro lado, pueden romper el reposo de las semillas de muchas especies y en cuanto a enfermedad se ha encontrado que en el amarillamiento de las cerezas, esta puede atacarse mediante la aplicación de estas hormonas.

Estos y otros efectos son descritos por diversos autores (Devlin, 1976; Hill, 1977; Wain, 1980; Weaver, 1975)

## 2.6. Mecanismos de acción

Osborne en 1965, enuncia su teoría, en la que sostiene que quizá las giberelinas provocan cambios a nivel genético que estimulan a su vez la síntesis enzimática en las células. Por su parte Varner y Chandra en 1964, enuncian que las giberelinas provocan la estimulación de la síntesis de RNA en las capas de aleurona, que pueden requerir la expresión de los efectos giberélicos, en semillas (Weaver, 1975)

Actualmente, se cree que las giberelinas modifican el RNA producido en los núcleos y así puede éste ejercer su control sobre la expansión celular, así como también sobre otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal. (Hill, 1977). La expansión celular puede estar provocada por la inducción de enzimas que debilitan las paredes celulares, según McLeod y Millar, citados por Weaver (1975).

### 3. CITOCININAS

#### 3.1. Concepto

Como hemos observado anteriormente, tanto auxinas como giberelinas, son hormonas que promueven la expansión o alargamiento celular fundamentalmente, en tanto que las hormonas que inducen a la división celular mediante la cual se producen nuevas células, son las denominadas citocininas.

Las citocininas son sustancias derivadas de la adenina (base nitrogenada de purina) y caracterizadas por su capacidad para inducir la activación de la división celular de las plantas y más específicamente por su propiedad de afectar las vías de diferenciación que se dan en cultivos de células vegetales crecidos sobre medios artificiales (Hill, 1977; Weaver, 1975)

#### 3.2. Antecedentes históricos

A pesar de que Haberlandt en 1913, percibió la existencia de tipos de hormonas diferentes de las auxinas en tubérculos de papa, y el mismo investigador en 1921, demostró que la división celular puede ser influenciada en plantas suculentas mediante asperciones de tejido triturado de otras hojas, fué hasta 1955, que fué descubierto el primer compuesto con actividad de citocinina, fué la 6-furfuriladenina, conocida hoy como cinetina, aislado del DNA del esperma de arenque esterilizado por autoclave. Y fue hasta 1964, que la zeatina, primer citocinina natural, fue encontrada por Letham en granos de maíz. Ahora se sabe que tanto la zeatina como su ribosido se encuentran distribuidos en las especies vegetales.

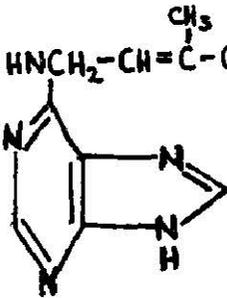
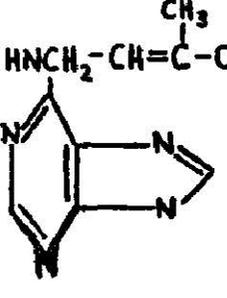
Antes, en 1957, Shoog y Miller demostraron que la cinetina resultaba eficaz en la formación de yemas en cultivos de tejidos de meristemo de tabaco. Wickson y Thimann en 1958, demostraron a su vez, que aplicaciones de cinetina sobre chícharos (Pisum sativum) vence la dominancia apical.

Así mismo, fue posible la síntesis de otras citocininas más activas. en las principales se encuentran, la G-bencilaminopurina; éste compuesto era eficaz prolongador de la vida en almacenamiento de vegetales frondosos. Actualmente han sido descubiertas otras citocininas naturales (Hill, 1977; Weaver, 1975).

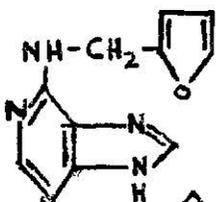
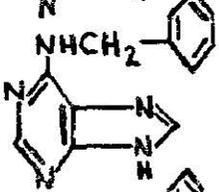
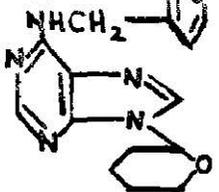
### 3.3. Naturaleza química

A continuación se mencionan algunas citocininas naturales y sintéticas, con su respectiva fórmula estructural y sus principales fuentes.

#### CITOCININAS NATURALES

FORMULA ESTRUCTURAL	NOMBRE	FUENTE
$\text{HNCH}_2\text{-CH}=\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}\text{-CH}_2\text{OH}$ 	Zeatina	- Granos de maíz.
$\text{HNCH}_2\text{-CH}=\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}\text{-CH}_3$ 	6(γ,γ-dimetilali (amino)purina (2iP)	- <u>Corynebacterium fascians</u> - Varios RNA de transferencia.

## CITOCININAS SINTETICAS

FORMULA ESTRUCTURAL	NOMBRE	FUENTE
	6-furfurilamina purina(cine tina)	- A partir del DNA envejecido
	-bencilamino purina (BA)	- Sintetizado por la Shell Development Company
	6-(bencilamino)-9-(2-tetrahidropiranyl)-94-purina(PBA)	(Weaver, 1975)

### 3.4. Métodos generales de obtención e identificación

#### 3.4. A. Métodos de extracción.

El método desarrollado por Miller en 1961 fué el siguiente: Extrajo callos de tabaco con metanol al 95 %. La sustancia activa se precipitó con sales de plata bajo condiciones ácidas. Después, con éter etílico extrajo una pequeña fracción del material precipitado. La cromatografía del extracto de éter, dió por resultado una fracción activa con un máximo de absorción en alcohol etílico a 268 mm. El resultado obtenido fué que la presencia o ausencia de la fracción activa siempre estuvo correlacionado con la actividad hormonal (Weaver, 1975).

#### 3.4. B. Método físico-químico.

En 1970, Upper et al, encontraron que de la extracción con acetato de etilo, de RNA de transferencia de levadura hidrolizada y de filtrados de cultivos de Agrobacterium tumefaciens se obtiene concentraciones naturales suficientes para la cromatografía inmediata de gas-líquido (CGL) (Weaver, 1975).

3.4. C. Ensayos biológicos: Algunos bio-ensayos comunes para las citocininas se describen a continuación:

- Un bio-ensayo eficaz es el que utiliza explantes de médula de tabaco en un medio estéril con agar, los testigos tienen todos los nutrientes necesarios, elementos minerales y sustancias de crecimiento, exceptuando citocininas; en ellos, la división celular no se lleva a cabo y por lo tanto no hay crecimiento. Pero cuando este medio contiene citocinina existe división y expansión celular, dando como resultado un tejido calloso indiferenciado.
- Bio-ensayos de senescencia en hojas consiste en hacer flotar secciones o discos de hojas de plantas sobre soluciones de citocinina en un ambiente oscuro, éstas retrazan la pérdida de clorofila de la hoja. Específicamente en discos de hojas de rábano o trigo, la cantidad de clorofila puede determinarse mediante espectrofotometría, después de tres o cuatro días (la cantidad de clorofila está en función de la concentración de citocinina. (Weaver, 1975).

### 3.5. Principales efectos

Los principales efectos de estas fitohormonas son la de provocar la división celular y además regular la diferenciación en los tejidos 'cortados'. Junto con las auxinas (en interacción) muestra expresiones diferentes de crecimiento en los

cultivos. También pueden aplazar el envejecimiento celular (una hoja de rábano tratada con una citocinina, conserva el ver dor en el área tratada, no así el resto de la hoja, que se torna amarillenta).

Dado lo anterior, estas hormonas pueden emplearse para conservar frescas algunas verduras, así como de flores cortadas y así mismo, puede romper la latencia de ciertas semillas. (Hill, 1977; Wain, 1980; Weaver, 1975).

### 3.6. Mecanismos de acción

Actualmente, se desconoce el mecanismo de acción de es tos reguladores de crecimiento; sin embargo, se cree que la acción de las citocininas está asociado con la síntesis de "novo" de RNA y de proteínas en la célula. Estas hormonas parecen estar localizadas en los RNA en un lugar próximo al anticodón (parte de la molécula que reconoce el código del RNA mensajero) y permite que el aminoácido sea incorporado a la molécula de proteína en la forma correcta. Pero como se señaló, aún quedan fuertes dudas al respecto (Hill, 1977; Weaver, 1975).

## INHIBIDORES

### 4.1. Concepto

Los tres tipos de hormonas mencionadas anteriormente, (auxinas, giberelinas y citocininas), están involucradas de una manera u otra en el crecimiento de plantas. Sin embargo, existen sustancias que se caracterizan por inhibir o retrasar los procesos biológicos y/o bioquímicos de especies vegetales, éstas se conocen como inhibidores. Estos, desde el punto de vista hormonal, tienen gran similitud en estructura y propiedades al ácido abscísico (AAB) (Hill, 1977; Weaver, 1975).

### 4.2. Antecedentes históricos

Hacia 1964, en Inglaterra, Wareing et al, aisló un inhibidor relacionado con el control del reposo de las yemas en árboles caducifolios, a la que llamó dormín. En 1969, Carns y Addicott, en California realizando estudios sobre la abscisión del algodónero, aisló de las bellotas un inhibidor relacionado con este fenómeno, llamándolo abscicín II.

Estas sustancias resultaron idénticas y posteriormente se les denominó como ácido abscísico (AAB).

Este compuesto se encuentra en plantas en muy bajas concentraciones y por esto, se tienen relativamente pocos datos sobre sus efectos en cultivares (Hill, 1977; Weaver, 1975)

Además del AAB, los fenoles y flavonoides son inhibidores que se encuentran distribuidos en una amplia diversidad de especies vegetales y tienen su importancia fisiológica, además, existen otras sustancias inhibitoras que más adelante se

describen.

#### 4.3. Naturaleza química

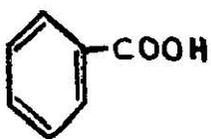
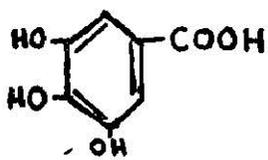
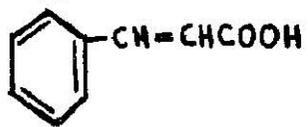
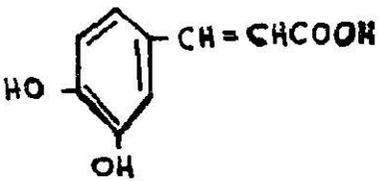
En la actualidad, existen inhibidores naturales y se han desarrollado inhibidores sintéticos.

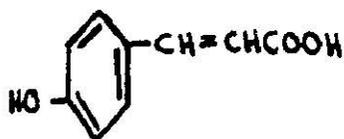
Los inhibidores naturales más comunes, son sustancias orgánicas aromáticas, de las que muchas de ellas son compuesto de fenil, incluyendo fenoles, ácidos benzoicos y otros de cadena más larga.

Los inhibidores sintéticos han ido adquiriendo importancia significativa en la agricultura, algunos usos son en la eliminación de crecimiento excesivo, estimulación del inicio floral, retraso de madurez y otros.

A continuación se describen algunos inhibidores naturales y sintéticos, con sus respectiva estructura química y principales efectos:

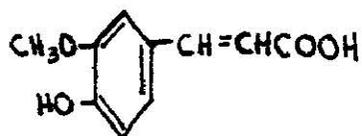
#### INHIBIDORES NATURALES

FORMULA ESTRUCTURAL	NOMBRE	FUENTE
	Acido benzoico	- Yemas latentes. - Otras fuentes.
	Acido gálico	- Frutos en maduración.
	Acido cinámico	- Derivado del ac. benzoico.
	Acido caféico	- Derivado del ac, benzoico.

FORMULA ESTRUCTURALNOMBREFUENTE

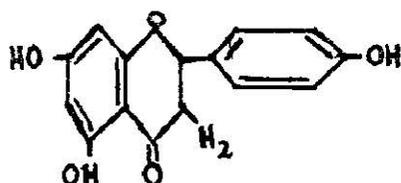
Acido p-cumarico

-Cofactor de la oxidasa de AIA.



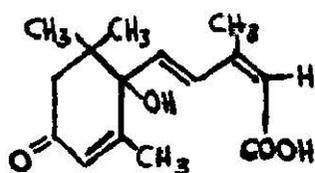
Acido Ferúlico

-Cofactor de la oxidasa de AIA.



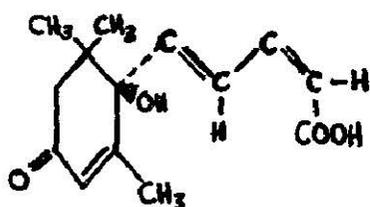
Naringenina

-Fenol vegetal que aparece como éster glucósido con azúcares.



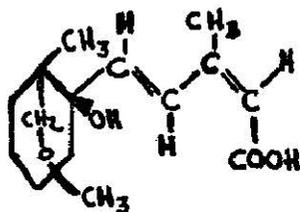
Acido abscisico

- Frutos de algodónero.
- Frutos de altramuç.
- Vainas de guisante.
- Tubérculos de camote.
- Otras fuentes.

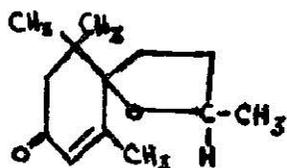


Acido (5)-abscisico

-Tejidos maduros y senescentes de papa, frijol, manzana, aguacate, helecho, rosas, durazno, coque y muchas más.



Acido faséico

-Semillas de Ph. multiflorus.

Teaspirona

-Constituyente importante del sabor de las hojas de té.

(Hill, 1977; Weaver, 1975).

# INHIBIDORES SINTÉTICOS

FORMULA ESTRUCTURAL	NOMBRE
$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{CH}_2 - \text{C} - \text{NH} - \text{N} \begin{array}{l} / \text{CH}_3 \\ \backslash \text{CH}_3 \end{array} \\    \\  \text{CH}_2 - \text{COOH}  \end{array}  $	<p>Acido succínico-2,2 dimetilhidracida (SADH; B-995; B-9 Aler).</p>
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{Cl} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{N}^+ - \text{CH}_3 \cdot \text{Cl}^- \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $	<p>Cloruro de (2-cloroetil)terimetilam<sub>o</sub> nio (CCS; Cycocel).</p>
$  \begin{array}{c}  \text{C}_4\text{H}_9 \\    \\  \text{Cl} - \text{C}_6\text{H}_3(\text{Cl})_2 - \text{CH}_2 - \text{P}^+ - \text{C}_4\text{H}_9 \cdot \text{Cl}^- \\    \\  \text{C}_4\text{H}_9  \end{array}  $	<p>Cloruro de 2,4 diclorobenciltributil- fosforina (Phosphon-D)</p>
$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{N} - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_2 - \text{N}^+ - \text{CH}_3 \\    \quad \quad \quad   \quad \quad \quad   \\  \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \quad \quad \quad \text{CH}_3 \quad \quad \quad \text{CH}_3 \quad \quad \quad \text{Cl}^-  \end{array}  $	<p>Cloruro de piperidina corboxilato de 5-hidroxicarvacril)trimetil amonia (AMO-1618).</p>

(Hill, 1977; Weaver, 1975).

## 4.4. Métodos generales de obtención e identificación

2.4. A. Métodos de extracción; Para la extracción del AAB, pueden utilizarse muchos disolventes orgánicos, y éstos varían según sea el tejido vegetal en estudio.

Después de la extracción se realiza un fraccionamiento de ácido base para la obtención de ácidos orgánicos, luego una levigación de gradiente, de cromatograma de columna de carbón y/o ácido silícico. Al final se usa una cromatografía de papel o de capa delgada y posteriormente la cristalización del producto levigador.

Seelby y Powel (1970), demuestran que mediante un detector de captura de electrones en la cromatografía de gas, se puede detectar pequeñas cantidades de AAB de las sustancias pre

viamente extraídas y purificadas (Weaver, 1975).

4.4. B. Ensayos biológicos: Es difícil encontrar bio-ensayos válidos para la determinación de fitoreguladores inhibidores del crecimiento y ninguna que sea específica para grupos de sustancias conocidas.

Un bio-ensayo al respecto, puede ser la aplicación de una variante de la prueba para auxinas, con coleoptilo de avena o de trigo al medir el grado de inhibición de la germinación en semillas o el crecimiento del hipocotilo en plántulas. (Hill, 1977; Weaver, 1975)

#### 4.5. Principales efectos

Se ha comprobado que el AAB, está involucrado en la inhibición del crecimiento de algunas partes de las plantas (hojas, raíces, hipocotilos, radículas, etc.), en la inhibición de la síntesis de clorofila y en la inducción del cierre de los estomas en algunas especies vegetales.

En forma específica, se ha demostrado que el AAB actúa como sistema de defensa en las plantas contra los efectos del stress fisiológico. Una prueba de ellos es que al suprimir el suministro de agua a una planta de tomate, ésta al marchitarse produce AAB en sus hojas en cantidades de hasta 50 veces más del nivel normal. Esto provoca primeramente una inhibición del crecimiento de la planta (lo cual ayuda a conservar la energía) y en seguida, se induce el cierre estomatal de la hoja, reduciéndose la pérdida de agua por transpiración.

Otras sustancias como el SADH, Phosphon-D, CCC y AMO-1618, retrasan la prolongación de tallos y tienen otros efectos específicos sobre actividades meristemáticas apicales, extensión y división subapical, iniciación floral. y otros según

sea el compuesto y la especie vegetal (Hill, 1977; Wain, 1980; Weaver, 1975).

#### 4.6. Mecanismos de acción

En forma general, puede decirse que no existen datos precisos acerca de los mecanismos de acción de éstas sustancias. Sin embargo, se ha demostrado que éstas tienen efectos sobre proteínas y ácidos nucleicos (solo tras un lapso de tiempo considerable para que se produzcan cambios químicos secundarios) y por ello, se prevee que en un lapso no previsible se podrá precisar el mecanismo de acción exacto de éstas sustancias (Hill, 1977; Weaver, 1975).

## 5. ETILENO

### 5.1. Concepto

El etileno, es un hidrocarburo gaseoso insaturado, estrechamente relacionado con las senescencia y abscisión de hojas, además de la maduración de algunos frutos y otras respuestas del crecimiento vegetal (Abeles, 1973; Hill, 1977; Weaver, 1975).

### 5.2. Antecedentes históricos

La influencia del etileno sobre el comportamiento geotrópico de tallos y raíces, provocando un desarrollo atrofiado además de un aumento de crecimiento radial del tallo en el chicharo, se demostró a principios del presente siglo. Así mismo, en Alemania y Estados Unidos de Norte América, fue detectada su presencia en las plantas de los alrededores donde ocurrieron fugas de gas. También se había observado como desaparecía el color verde en limones y naranjas en los almacenes al quemar aceite o queroseno.

Sin embargo, fué hasta la década de 1960, en que el etileno fue aceptado como hormona y en la actualidad, se cree que el etileno producido en el apice de un brote, puede difundirse hacia abajo, lo que es un atributo de las fitohormonas.

Con el conocimiento y manejo de nuevas técnicas para la detección de pequeñas cantidades de éste, se ha despertado un gran interés sobre el estudio de esta hormona vegetal (Abeles, 1973; Weaver, 1975).

### 5.3. Naturaleza química

Como se señaló anteriormente, el etileno es un hidrocarburo gaseoso y se puede sintetizar en cualquier área de la planta. Se ha demostrado que los frutos de maduración son fuentes potenciales del etileno y ha sido demostrado también que el Penicillium digitatum lo es, al infectar limones almacenados y provocar la maduración de los frutos adyacentes.

En relación a productos sintéticos como fuentes de etileno, el Etefón (Acido 2-cloroetilfosfórico), el cual se degrada a etileno al ser aplicado a tejidos vegetales, ha adquirido gran interés en la agricultura comercial, al producir efectos similares al etileno, pudiéndose aplicar mediante técnicas sencillas,

En seguida, se describe el etileno y el estefón con sus respectivas fórmulas estructurales y fuentes principales:

FORMULA ESTRUCTURAL	NOMBRE	FUENTE
$  \begin{array}{c}  \text{H} & & \text{H} \\  & \diagdown & / \\  & \text{C} = \text{C} & \\  & / & \diagdown \\  \text{H} & & \text{H}  \end{array}  $	Etileno	-Frutos de maduración - <u>Penicillium digitatum</u> -Otras fuentes.
$  \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{P} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \\ \text{OH} \end{array}  $	Etefón	-En la descomposición de tejidos vegetales.

(Weaver, 1975).

#### 5.4. Métodos de obtención e identificación

5.4. A. Métodos de extracción; El etileno por ser gaseoso y tener capacidad de difundirse al aire ambiental, no requiere métodos para extraerlo, si no solamente algún sistema de captación y control.

#### 5.4. B. Métodos físico-químicos.

a). Métodos radioactivos; Mediante la síntesis de muestras radioactivas en etileno, es posible detectar la presencia o movimiento del etileno en las plantas.

b). Otra forma de detectar al etileno, con facilidad, es empleando el método de cromatografía gas-sólido.

5.4. C. Ensayos biológicos; No existen actualmente bioensayos satisfactorios para ésta fitohormona, aunque con anterioridad se ha empleado un bioensayo llamado "Respuesta triple" de plántulas de guisante. Estas presentaban una respuesta a la aplicación exógena de etileno, induciendo a una disminución del crecimiento del tallo, una pérdida del geotropismo y un crecimiento radial significativo en el área interior del ápice.

Al incluir la técnica de cromatografía de gas, ha sido posible medir pequeñas cantidades de esta hormona y además estudiar las variaciones de esta (en el tiempo) en la producción de etileno por los vegetales y su cantidad variante de un lugar a otro (Hill, 1977; Weaver, 1975).

### 5.5. Principales efectos

Se ha observado que el etileno estimula la germinación y crecimiento de brotes en algunas especies (tuberculos de papa en reposo son inducidos a germinación) sólo cuando se hacen aplicaciones breves, ya que mayores aplicaciones la inhiben. También al aplicarlo como pre-tratamiento breve, estimula el crecimiento de granos, bulbos, estacas de madera dura, raíces y algunos otros órganos en diversas especies.

Los principales efectos al aplicar etefón (comercialmente no resulta práctico aplicar etileno a cultivares en campo abierto debido a su volatilidad) son la inducción a floración, maduración de frutos y abscisión.

Particularmente, la aplicación de etefón en árboles de caucho sobre una franja de corteza pulida bajo el corte de sangría, estimula el flujo de latex de caucho.

Además, acelera la madurez y el desarrollo temprano de tomates y cítricos. Así mismos, se ha encontrado que induce a la floración uniforme de la piña y en el cultivo de cebolla, induce el hinchamiento de las bases de las hojas e inicia la formación de bulbos en este cultivo durante días con duraciones de fotoperíodo no inductivo (Abeles, 1973; Hill, 1977; Wain, 1980; Weaver, 1975)

### 5.6. Mecanismos de acción

Se ha observado que el etileno se inhibe competitivamente por el  $\text{CO}_2$  y además de que el etileno es más activo que sus homólogos de la serie de las olefinas (entre 60 y 100 veces más activo que el propileno; el siguiente compuesto más activo

del grupo), por ésto se ha estimado que su sitio de acción sea uno pequeño. Se ha determinado que tiene efectos sobre la síntesis de algunas enzimas y ácidos nucleicos, sin embargo son tan rápidos algunos de sus efectos sobre las plantas que estos hechos no parecen estar involucrados en primer lugar. Dado éstos análisis, se duda acerca del mecanismo de acción de éste fitoregulador (Abeles, 1973; Hill, 1977; Weaver, 1975).

## 6. COMENTARIOS

Aunque en ultimas fechas, el estudio sobre los reguladores en plantas ha sido intensivo, es importante observar la incertidumbre que aún perduran acerca del mecanismo exacto de actuar de estas substancias. Así mismo, existen serias dudas en cuanto a la síntesis y degradación de éstas y sus posibles interacciones dentro de la fisiología vegetal.

Podemos observar además, que existen numerosos estudios sobre hormonas y sus efectos sobre las partes aéreas de los vegetales, pero son relativamente pocos los realizados sobre las partes que normalmente no son vistas, es decir, sobre las raíces.

Sin embargo, con el notable avance tecnológico y el desarrollo de nuevas técnicas fisiológicas y bioquímicas más sofisticadas, se irán despejando estas incógnitas alrededor de las sustancias mencionadas.

Por otra parte, generalmente los productos agroquímicos comerciales que se venden son sintéticos, entre los que destacan: El 2, 4-diclorofenoxiacetico (2, 4-D); el ácido naltalenacetico (ANA); el ácido indolbutírico ( AIB); el cloruro de (2-Cloroetil) trimetilamonio ( CCC: Cycocel ) y otros.

Por último, podemos señalar que la técnica de mejoramiento genético de plantas ( que es a largo plazo ) y el conocimiento y manipulación de fitoreguladores (resultados a corto plazo) pueden significar una dualidad extratécnica en contra de la crisis alimentaria mundial.

## RESUMEN

A partir de las primeras observaciones sobre sustancias que influyen sobre el crecimiento vegetal registradas por Darwin hacia el año de 1880 y aún más, a partir de la identificación de la auxina como la primer hormona vegetal, el conocimiento sobre reguladores de plantas y sus fenómenos inherentes a los procesos fisiológicos, ha permitido a investigadores de esta disciplina lograr notables avances.

En el presente trabajo se señalan algunos aspectos generales tales como: conceptos, antecedentes y evolución histórica acerca de los principales fitoreguladores, así como sus características principales de éstos como su naturaleza química, método de obtención, efectos y mecanismo de acción.

Los fitoreguladores estudiados corresponden a cinco tipos, que son: Auxinas, giberelinas, citocininas, inhibidores y etileno.

En cuanto a su composición química, se proporcionan sus fórmulas estructurales y principales fuentes, de los métodos de obtención, se señalan los principales métodos así como también algunos bioensayos importantes.

Por último, cabe destacar la incertidumbre que actualmente existe en torno a los mecanismos de acción de una gran cantidad de estas sustancias reguladoras de las plantas.

## BIBLIOGRAFIA

- ABELES, F.B. 1973. Ethylene in Plant Biology. Academic Press, Londres, Inglaterra.
- BIDWELL, R.G. 1974. Plant Physiology. Mc Millan, New York.
- DEVLIN, R.M. 1980. Fisiología Vegetal. 3a. Edición. Ed. Omega. Barcelona, España.
- GUZMAN, F.C. 1982. Apuntes de Fisiología Vegetal Avanzada. Colegio de Graduados, FAUANL.
- HILL, T.A. 1977. Cuadernos de Biología. Ed. Omega. Barcelona, España.
- HILLMAN, W.S. 1967. The Physiology of Flowering. Biology Studies. Inglaterra.
- MITCHELL, J.W. y G.A. LIVINGSTON. 1973. Métodos para el estudio de Hormonas Vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento. Ed. Trillas. México.
- ROJAS, G.M. 1979. Fisiología Vegetal Aplicada. 2a. Edición Ed. Mc Graw Hill, México.
- SALISBURY, F. and C. ROSS. 1979. Plant Physiology. Wadsworth Publishing. California, U.S.A.
- SIVORI, E.M.; MONTALDU, E.R. y CASO, O.H. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina.
- STEWART, F.C. and A.D. KRIKORIAN. 1971. Plant, Chemicals and Growth. Academic Press. England.
- WAIN, R.L. 1980. Los Reguladores de las Plantas y los Insectos. CONACYT. México.
- WEAVER, R.J. 1975. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Ed. Trillas, México.

