

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



FISIOLOGIA DE LAS HORMONAS
REGULADORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL

S E M I N A R I O
OPCION II - A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA EL PASANTE

JOSE ALFREDO COLIN GOMEZ

T
QK753
.A8
C5
C.1

MAYO DE 1988

FA-1
1988
C.5

T
QK753
.A8
C6
C.1

FA.1
1988
C.5



1080061161



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



FISIOLOGIA DE LAS HORMONAS
REGULADORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL

S E M I N A R I O
OPCION II - A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA EL PASANTE

JOSE ALFREDO COLIN GOMEZ

MARIN, N.L.

MAYO DE 1988

0442
07824



 Biblioteca Central
 Maema Solidaridad
 UANV
FONDO
TESIS LICENCIATURA
 F. Tesis

040.581
 FA1
 1988
 C.5

INDICE

Introducción.....	1
1.-Auxinas.....	3
1.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.....	3
1.2.-Transporte.....	5
1.3.-Efectos en las Plantas.....	6
1.4.-Mecanismo de Acción.....	8
2.-Giberelinas.....	11
2.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.....	11
2.2.-Transporte.....	13
2.3.-Efectos en las Plantas.....	14
2.4.-Mecanismo de Acción.....	15
Citocininas.....	18
3.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.....	18
3.2.-Transporte.....	19
3.3.-Efectos en las Plantas.....	20
3.4.-Mecanismo de Acción.....	21
Etileno.....	24
4.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.....	24
4.2.-Transporte.....	26
4.3.-Efectos en las Plantas.....	27
4.4.-Mecanismo de Acción.....	29
Acido Abscísico.....	31
5.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.....	31
5.2.-Transporte.....	33
5.3.-Efectos en las Plantas.....	34
5.4.-Mecanismo de Acción.....	36
Resumen.....	39

DEDICATORIAS

Al Señor, Por haberme dado la capacidad
y fuerza de voluntad de terminar mi ca-
rreera y realizar el Presente trabajo.

A mis Padres, que sin su constante amor
estimulo y Paciencia, no hubiese Podido
alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos Por su cariño --
y comprensión.

A los maestros que a lo largo de mi ca-
rreera me brindaron su apoyo y consejo.

Amigos y compañeros, quienes compartiaron
conmigo alegrías y tristezas en el trans-
curso de mis estudios.

A mi asesor, Ing.M.C. J.Manuel Garza B.
Por su valiosa colaboración en el pre-
sente trabajo.

....A TODOS, INFINITAS GRACIAS.

INTRODUCCION

Desde que germina la semilla, y durante todo su ciclo de vida, la planta tiene crecimiento. Gran parte del desarrollo de las plantas esta mediado por estímulos generados en el interior de sus órganos o como resultado de la organización que han avanzado. Esta clase de control es un resultado, y a la vez -- una causa, del crecimiento organizado.(2)(10)

Uno de los importantes sistemas de control del crecimiento en las plantas lo proporcionan las llamadas hormonas reguladoras del crecimiento u hormonas vegetales.(3)

Con el descubrimiento de la primera hormona vegetal, la auxina, en los albores de este siglo, se ha venido investigando en torno al enigma de estas. En las plantas a diferencia de -- los animales, la falta de glándulas endocrinas especializadas, ha puesto en dificultad el determinar los sitios exactos de su síntesis.(6)(8)

El termino de hormona vegetal se puede fijar como una sustancia organica que es sintetizada en el interior de una planta y que, a bajas concentraciones, puede activar, inhibir o modificar cualitativamente el crecimiento, ejerciendo normalmente esta acción en un lugar distinto al de origen.(3)

Actualmente muchos aspectos desconocidos de la regulación hormonal estan todavia siendo investigados por los fisiólogos -- vegetales, sin embargo, existe un conocimiento suficiente para garantizar un modelo conceptual general de regulación hormonal.

En el presente trabajo se intenta dar un análisis sobre las cinco principales hormonas vegetales: las auxinas(IAA), gi-

berelinas(GA), citocininas(K), etileno(C₂H₄) y ácido abscísico(ABA). Este análisis será en cuanto a los más importantes aspectos que conocemos en referencia a ellas, como lo son: biosíntesis y sitios de síntesis, transporte, efectos en las plantas, y mecanismos de acción.

Las hormonas actúan como mensajeros cuyo papel sería un intermediario entre el estímulo(generalmente la luz o la temperatura) y la respuesta de la planta(germinación, floración, etc.) conforme al siguiente esquema:

Estímulo--Sensor--Intermediario--Efector--Respuesta.
 (molécula receptora) (hormona) (molécula operativa)

Es importante mencionar que existen otras sustancias no consideradas hoy hormonas que sin embargo influyen, algunas de ellas marcadamente, en el crecimiento y desarrollo. Entre ellas tenemos a la acetilcolina que puede ser la causa de los efectos del fitocromo en las membranas. Es posible que algunas drogas de origen vegetal(como la PoligarPina, muscarina, nicotina, atropina, eserina, solanina, escopolamina y arecolina) desempeñen un papel en la regulación del crecimiento o en la mediación de efectos ya conocidos.(2)

1.-AUXINAS

1.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.

La auxina típica, general de todos los tejidos vegetales, es el ácido indolacético (IAA) que la planta sintetiza a partir del aminoácido triptófano. Se considera que para que la molécula tenga actividad auxínica debe presentar en su estructura: un anillo, un radical ácido o fácilmente convertible en ácido, y entre 1 y 4 carbonos entre el anillo y el radical ácido. La auxina es sintetizada por la planta en las células del meristemo apical del tallo, tallo y ramas, y en las yemas foliares que están en desarrollo. (Ver fig. 1 y 11) (10)

El control hormonal puede lograrse por la operación de la hormona de manera específica o general, o bien por el establecimiento de gradientes de concentración polarizados en los tejidos. El crecimiento parece ser un requisito para la biosíntesis de IAA y este parece producirse en los ápices en desarrollo, hojas en expansión y tejidos con igual actividad meristemática. (2)

Las auxinas son sintetizadas en los meristemas del retoño y en las hojas en expansión, así es transportada en direcciones opuestas en toda la planta; participando en la imposición de dominancia apical en el brote, promoviendo así la ramificación. (6)

Las máximas concentraciones de auxinas se encuentran en los ápices de crecimiento, es decir, en la punta del coleóptilo en las yemas y en los ápices en crecimiento de las hojas y raíces de todas las plantas. Sin embargo, en donde más se encuentran es en las plantas etioladas. (6)

Se tiene información de que el IAA también es sintetiza--

do en anteras, tubos Polínicos, ovarios y embriones. ()

La síntesis del IAA Puede operarse en los SPICES y teji-- dos en crecimiento a Partir de varios Precursores, en Particular del triptófano y del indolacetonitrilo. El triptófano Puede des-- aminarse por la acción de una desaminasa. y dar lugar a la forma ción de ácido indolpirúvico. Mediante una descarboxilasa, es-- te derivado indol se descarboxila y genera indolacetaldehído, el que se oxida fácilmente y produce IAA. (Ver fig.1). Debe des-- tacarse que la aplicación de triptófano a tejidos vegetales en crecimiento determina la aparición de IAA. (7)

Uno de los medios de regular el nivel de auxinas es contro-- lando la biosíntesis in situ. Como se mencionó, el triptófano -- es considerado como el precursor de su biosíntesis. En un Pri-- mer vía, el triptófano es convertido en ácido indolpirúvico por una reacción transaminasa la cual requiere un ácido α-keto fosfa-- to Pirodoxal agregado a la enzima. Una segunda vía involucra-- se inicia con una descarboxilación del triptótano a una forma de triptamina. Catalizada por una amina oxidasa convirtiéndose de -- nuevo una triptamina a indolacetaldehído, la cual es un regreso, oxidando al IAA. (4)

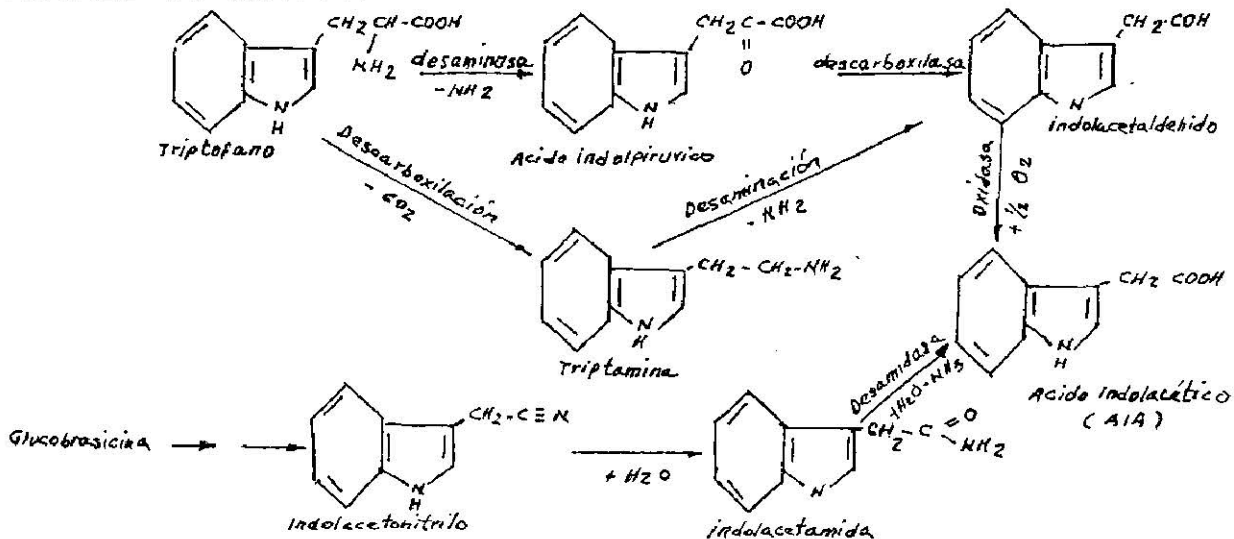


Figura 1 Vías metabólicas de la síntesis del AIA a partir de los precursores triptófano e indolacetonitrilo. (Tomado de Sivori, 1980)

1.2.-Transporte.

Las auxinas son transportadas de las regiones meristemáticas en forma basipétala por difusión a través de las células en las plántulas al principio de su desarrollo o por el floema en plantas ya desarrolladas. El movimiento por el floema se hace con los productos de la fotosíntesis. El movimiento en tallos muy jóvenes se hace en forma basipétala y es determinado por diferencias en el potencial eléctrico del tallo, que es predominantemente positivo en la base y negativo en el ápice; como el IAA es un ácido, resulta electronegativo, por lo que es repelido por las células apicales y atraído por las basales. (10)

Sin embargo, las razones de que el transporte sea polar no están del todo claras, pero pueden relacionarse, como se dijo anteriormente, con los gradientes eléctricos o iónicos y la permeabilidad diferencial del IAA en forma iónica o como ácido libre. La auxina también se transporta por medio de la gravedad. Se mueve con extrema lentitud; su movimiento, además no es totalmente basipétalo; recientes estudios han demostrado que si se aplica IAA radioactivo se mueve de modo acropétalo con velocidad considerable. Desafortunadamente no es posible determinar que proporción del complejo total móvil de IAA está involucrado. (2)

Otro aspecto contrario a lo anteriormente dicho, es de que a diferencia de otras hormonas, las auxinas no son transportadas directamente en el tejido vascular, pero en cambio parecen ser transportadas en células asociadas al floema. (6)

En contraste al movimiento de azúcares, iones y otros solutos, el IAA comúnmente no es translocado a través de los tu-

bos del floema. Este transporte tiene diferentes rasgos para su translocación. Primero, la auxina tiene movimiento lento, tan sólo de 0.5 cm/hr en las raíces y tallos. Segundo, el transporte es polar en los tallos preferentemente, y siempre en dirección basipetal; el transporte en las raíces es también polar, sin embargo, es en dirección acropetal. Tercero, este movimiento es un proceso activo. (11)

Como se ha citado, el transporte del IAA es de clase polar y esto es muy evidente. La polaridad es manifestantemente más marcada en algunos tejidos que otros; en los coleóptilos usualmente es más marcada, en cambio, en algunos tallos y peciolo es en menor grado. En las raíces, el transporte de auxina es mucho menor, teniendo una velocidad de 0.1 a 0.2 cm/hr, y el movimiento de polaridad es hacia los extremos de la raíz. (5)

El movimiento polar basipétalo no solo ocurre en el segmento de los coleóptilos de los tejidos del sistema vascular de los Coleos, sino también, en vainas y hojas. Los tejidos vasculares y del parénquima son capaces de aparecer en el transporte polar. Hay evidencias indirectas de que el movimiento polar basipétalo ocurre en el cambium de los árboles; el movimiento polar basipétalo disminuye en las partes viejas de los tallos, coleóptilos y peciolo. El transporte acropétalo es menor en los dos sistemas de brotación, tanto del coleóptilo de avena, como del peciolo en frijol, y aparentemente no metabólico apareciendo en la difusión. (7)

1.3.-Efectos en las Plantas.

En forma general el IAA encontrado en las plantas puede -

Producir gran variedad de efectos en el desarrollo, desde la supresión de yemas laterales o tallos secundarios, a la estimulación del alargamiento del tallo o raíz en diferentes partes de la planta. Además, la auxina estimula o inhibe otros eventos, -- actuando sola o en conjunto con otras hormonas; estos van desde reacciones enzimáticas individuales hasta la división celular y formación de órganos. (2)

Más concretamente, el IAA estimula el alargamiento de la célula a bajas concentraciones. El aumento de tamaño de las células se produce en dos etapas; primeramente, ocurre un aflojamiento de las paredes celulares (proceso que requiere la presencia de auxinas y oxígeno), y por último, existe una absorción de agua y una expansión de las paredes. (2)(10)(13)

Así mismo, hay numerosas evidencias que han puesto de manifiesto que las auxinas pueden afectar el crecimiento por estimular la síntesis de RNA y por lo tanto la síntesis de proteína que deben acompañar necesariamente al crecimiento. Esta síntesis puede ser un requisito previo del crecimiento provocado por las auxinas; aunque los efectos de las auxinas en la síntesis de RNA parecen ser cuantitativos y no cualitativos, un RNA que sea específico del crecimiento provocado por auxinas, puede encontrarse presente en las células. (2)(11)

Se puede decir que los dos anteriores fenómenos: alargamiento celular y síntesis de RNA y proteínas son la base de muchos otros efectos auxínicos, entre los cuales tenemos los siguientes: (Ver fig 2)(6)(10)(12)(13)

*Dirección del transporte

*Producción de etileno.

*Respuestas násticas y tropicas

*Dominancia apical

*Prevención de la abscisión de hojas jóvenes(a altas [1])

*Estimula la abscisión en hojas maduras(a bajas [1])

*Estimula la rizogénesis

*Inducción e inhibición de la floración

*Estimula la epinastia

1.4.-Mecanismo de Acción.

En el curso de los años se han elaborado numerosas teorías a fin de explicar los mecanismos de acción de las auxinas en la inducción de la expansión celular, sin haber llegado hasta la fecha a ninguna que resulte totalmente satisfactoria. Una de las primeras teorías, la de que la auxina incrementa la plasticidad de las paredes celulares, sigue siendo la más satisfactoria. Cuando se incrementa la flexibilidad de las paredes disminuye la presión de esta alrededor de la célula y la presión de turgencia causada por las fuerzas osmóticas en la savia vascular, hace que el agua entre a las células, causando expansión. (13)

Resulta cada vez más evidente que las auxinas, al igual que otras hormonas, puede actuar controlando el tipo de enzimas producidas en las células. Las auxinas pueden funcionar mediante la activación de un tipo de RNA mensajero, que produce la síntesis de enzimas específicas. Dichas enzimas generan la inserción de nuevos materiales en las paredes celulares, lo cual da por resultado su expansión. (13)

Por otra parte, inhibidores de la síntesis de proteína y

de ácidos nucleicos afectan el crecimiento inducido por auxinas en coleóptilos y segmentos de tallo de guisante. En los últimos años, se ha visto que el conjunto del RNA sintetizado como resultado del tratamiento con auxinas, no es RNAm sino robosómico aunque también aumentan los niveles de RNAm. Otros experimentos han demostrado que se puede, mediante bajas concentraciones de inhibidores de la síntesis de RNA, inhibir dicha síntesis sin prácticamente inhibir el crecimiento inducido por el IAA. (3)

La respuesta todavía no se conoce con certeza. Sin embargo, por lo menos algunos de los efectos de las auxinas en las células de las plantas pueden provenir de la influencia que tales sustancias ejercen sobre los propios genes. Se ha podido establecer que el efecto estimulante de la auxina sobre el crecimiento del coleóptilo y del tallo puede ser inhibido considerablemente por el antibiótico actinomicina D. La actinomicina D ejerce su efecto letal sobre las células de modo notablemente preciso. Se enlaza con las moléculas de DNA del núcleo de la célula e impide la separación de las hélices de DNA. Des esta manera la molécula de DNA no puede servir de patrón para la síntesis, ya sea de nuevas moléculas de DNA o de RNAm. La inhibición de la acción de la auxina por medio de actinomicina D, hace suponer que al menos un efecto de la auxina se ejerza en la transcripción del código contenido en el DNA de la célula. No se sabe todavía de que manera la auxina interactúa con el código genético para descifrar los genes; existe evidencia de que la auxina actúa en el interior de la célula, siempre y cuando esté unida a una molécula de proteína. (4)

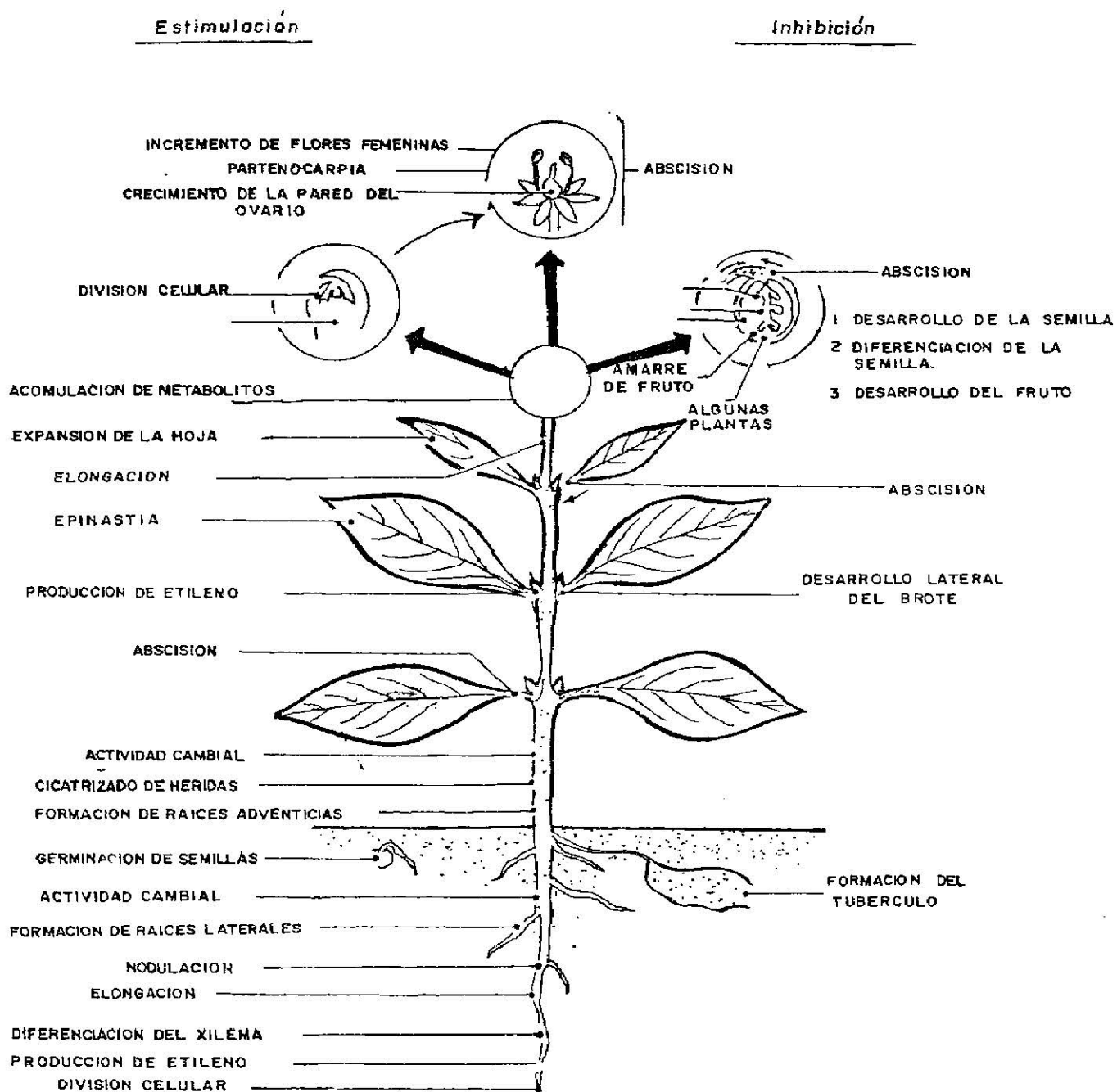


Figura 2. Acido Indolacético=Auxinas (IAA). (Tomado de Matthyse and Scott, 1984)

2.-GIBERELINAS

2.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.

Existen más de 50 giberelinas(GA) conocidas, todas ellas tienen la misma estructura anillada básica derivada de la vía de síntesis de terpenoides. Ninguna Planta tiene todas las GA - Pero toda Planta, Gimnosperma o angiosperma, tiene una o varias de ellas.(2)

Se supone fundamentalmente que proceden del ácido mevalónico. Las GA parecen sintetizarse en muchas partes de la Planta Pero más especialmente en las áreas de activo crecimiento como los embriones o los tejidos meristemáticos o en desarrollo. Una parte considerable de las GA de la Planta puede encontrarse ligada o compartimentada e inactiva en un momento dado; la rápida producción de GA que ocurre en las semillas en germinación es, probablemente, una liberación de GA ligada y que fue sintetizada mucho antes, quizá durante el periodo de frío que a menudo necesitan las semillas para germinar, o poco después. Su síntesis es autocontrolada por retroacción, inhibiendo la GA la oxidación del kaureno.(Ver fig.3 y 11)(2)

Existen evidencias de que las GA también son sintetizadas en la raíz, al menos en algunas plantas pues están presentes en la savia que fluye de las plantas cuyo tallo es cortado.(8)

Igualmente, las GA se sintetizan por acción de las bajas temperaturas y se destruyen por las altas temperaturas, es decir, son termolábiles. Sin embargo, el precursor, es un ácido que se forma en la respiración llamado ácido mevalónico.(7)

Cabe mencionar que es importantísimo el efecto que ejerce

el ambiente en la síntesis de GA; así tenemos que los días largos y cortos en las hojas maduras de algunas Plantas, estimulan la síntesis de GA, además, los días largos en las yemas de algunas Plantas también la estimulan; la luz roja en las hojas jóvenes estimula igualmente la síntesis de GA. En algunas semillas la luz roja promueve esta síntesis; así mismo, la imbibición la estimula. En cambio, los daños mecánicos (heridas) y el calor en la zona apical de la raíz tiende a inhibir este proceso. (7)

Sin embargo, antes de 1975 los sistemas de enzimas para la biosíntesis de GA estuvieron conceptuados al mecanismo citoplasmático, aunque una subsecuente discusión revelaría que ahora está claro que algunos sistemas, pero no todos, de la biosíntesis de GA del ácido mevalónico son sintetizados en los Plastidios. (5)

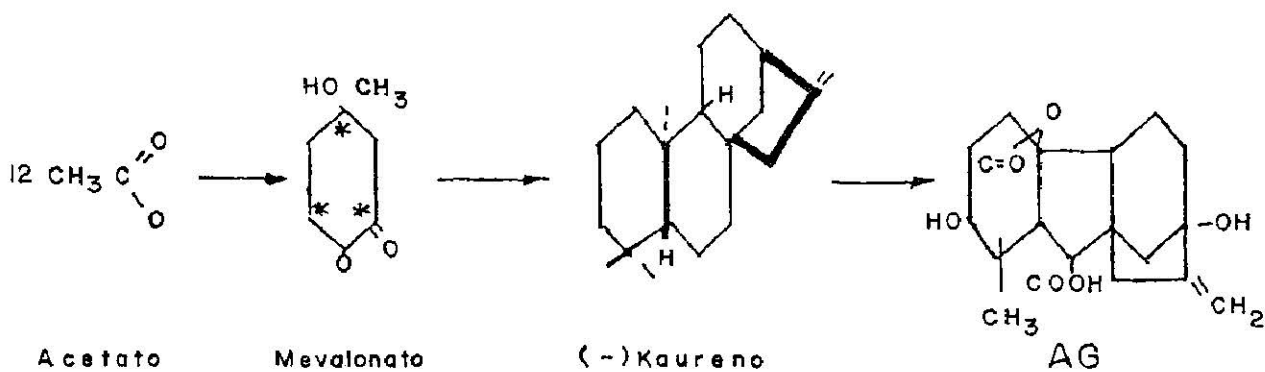


Figura 3 Vía metabólica simplificada de la síntesis de AG y probablemente de otras giberelinas. (Adaptado de Paleg, 1965.) (Tomado de Sivori et al 1980)

2.2.-Transporte.

Las giberelinas son compuestos estables y de rápida distribución por el floema, junto con otros compuestos del fotosintetizado; el transporte es en forma basipétala, pero puede dirigirse hacia el ápice.(10)

Las GA son transportadas con facilidad en la planta moviéndose aparentemente en forma pasiva con la corriente de transporte del floema o por el xilema.(2)

Más concretamente, las GA se mueven desde la raíz hacia el retoño en el xilema, y también se mueven hacia fuera de las hojas jóvenes por el floema.(6)

Algunas GA, seguramente, se transportan libremente en la planta (por ejemplo, están presentes en la savia del xilema que asciende desde las raíces) pero, en algunos casos, parecen estar muy localizadas. Aun no se conocen los motivos de este hecho, y tampoco se sabe del movimiento de las GA de una parte de la planta a otra, en recorridos de corta distancia.(3)

Es necesario mencionar que las GA manifiestan un movimiento apolar, diferente al manifestado por las auxinas. Otros autores, por el contrario, han mencionado en el caso del tipo de movimiento pasivo, referido anteriormente, que este no es así, sino del tipo activo, pues depende de la actividad metabólica de la planta, además, parece ser independiente del movimiento de la corriente de los productos de la fotosíntesis.(12)

Cabe referir, que las GA están almacenadas en las semillas en forma abundante y son transportadas en el floema. Sin embargo, en general, la dirección del flujo de estas no es polar.(11)

2.3.-Efectos en las Plantas.

Las GA Presentan una serie espectacular de efectos sobre las Plantas, a continuación se daran algunos de ellos.

Las GA inducen la Producción de la amilasa, que pone la energía a disposición de la célula.(3)

Tambien tienen acción sobre el enanismo, al Producir un crecimiento normal de las Plantas Geneticamente enanas e incluso de especies cuyo natural desarrollo del tallo hace que nunca Pasen del estado de roseta, como la col, Pues el tratamiento con GA alarga los entrenudos y rompe su hábito de roseta.(13)

Del mismo modo, las GA tienen efectos enérgicos en la inducción del tallo floral y de las flores en muchas Plantas, Pues es una de las dos Principales hormonas que constituyen el florígeno. Se ha sugerido que la iniciación de las flores es una mera consecuencia del rápido crecimiento causado Por el GA y no, realmente, un efecto directo de la hormona. La respuesta a este problema aún no está clara.(2)(10)

Incluso las GA actúan sobre la floración e induciendo así la partenocarpia y buen desarrollo del fruto, cuando las plantas no tratadas fallan en fructificar. Un interesante efecto del GA es en la sexualidad, aumentando el porcentaje de flores masculinas (Por ejemplo en Pepino).(6)(12)

Otro efectos importantes muestran que hay interacciones del GA con el fitocromo Pues el tratamiento con GA Provoca en ocasiones la germinación de semillas y brotación de yemas, rompiendo el letargo, y la floración de especies de días largos en días cortos.(10)

Cabe mencionar que las GA tienden a inhibir los Procesos tales como la formación de granos almacenados, la dormancia, y la senescencia, si estas se Ponen en movimiento o en Proceso. (Ver fig.4). (2)

2.4.-Mecanismo de Acción.

A las GA no se les conoce su modo de acción exacto; Parece un tanto posible que las GA actúen de modo similar a las de la ecdisona (hormona de la muda de los insectos). Se sabe que -- actúan en la desrePresión Genica estimulando la síntesis de RNA. Parece Probable que están ligadas a los sitios de reacción por fuerzas debiles de manera similar a las auxinas. (2)

Actualmente se acepta que la GA actúa sobre el RNAm actuando sobre un locus específico en el que se lee el Gene Para la α -amilasa. Esto se ha demostrado porque cuando se aplica GA a un cultivo se detecta la Presencia de gran cantidad de amilasa.

El sistema que ha sido utilizado de forma mas amplia Para el estudio del mecanismo de acción de la GA es la síntesis de α -amilasa inducida por GA en granos de cebada. El GA₃ puede reemplazar a un factor productor de α -amilasa, generando la germinación de semillas de cebada. Los embriones de la cebada producen una giberelina natural que se traslada al interior de las capas de aleuronas de los endospermos, donde se produce la síntesis de enzimas. Estas enzimas descomponen rápidamente las paredes celulares de los endospermos e hidrolizan despues los almidones y Proteínas, liberando así, los nutrientes y la energía necesarios Para el desarrollo de los embriones. (3) (13)

Además, se ha encontrado que la actividad enzimática re-

sultante de las GA no se debe a la liberación de enzimas de alguna forma de enlace, sino al incremento de la actividad celular. En la actualidad se cree que las GA modifican el RNA producido en los núcleos, y así este ejerce su control sobre la expansión celular, así como sobre las actividades de crecimiento y desarrollo vegetal.(13)

Las GA actúan sobre las células que rodean al endospermo y promueve en ellas la producción de una variedad de enzimas hidrolíticas (por ejemplo amilasa) que digieren el almidón y las proteínas del endospermo y de este modo se liberan y quedan disponibles los azúcares y aminoácidos para el crecimiento del embrión. Las mismas enzimas rompen la testa de la semilla; este efecto de las GA puede ser suprimido por la actidionisina D, la cual sugiere que las GA activan los genes de las células que rodean al endospermo; en efecto si se aplica GA a estas células, se produce la síntesis masiva de RNAm, esto es seguido por la síntesis de varias enzimas hidrolíticas.(8)

Finalmente, el nivel de un solo efecto en las plantas intactas, tales como aumentar la elongación del tallo, es el resultado de los siguientes tres eventos. Primero, la división celular es estimulada en el ápice del tallo. Segundo, las GA estimulan el crecimiento celular, porque estas incrementan la hidrólisis de almidón, fructuosa y sacarosa hacia el interior de las moléculas de glucosa. Tercero, las GA a veces incrementan la plasticidad celular.(11)

Estimulación

Inhibición

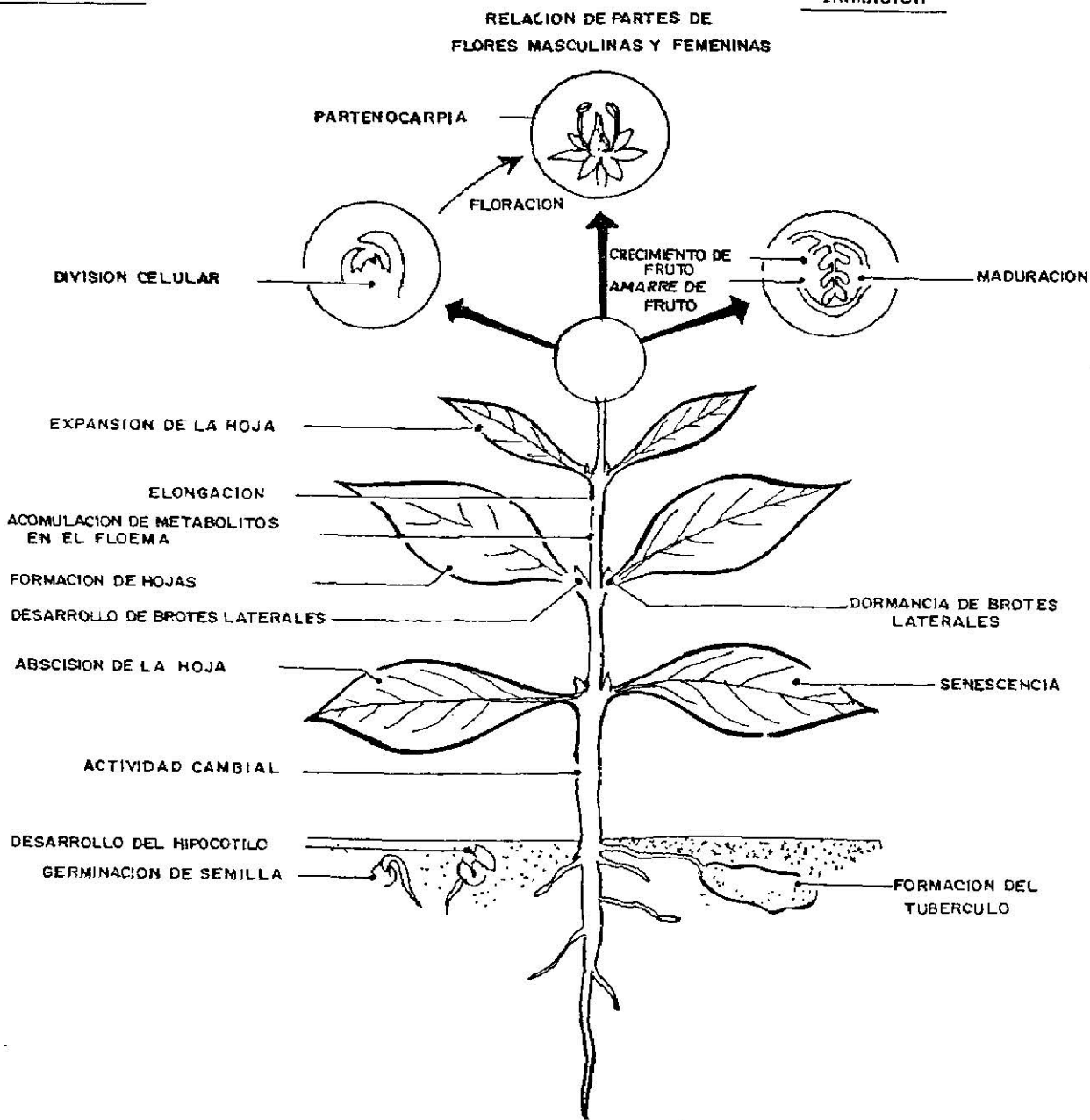


Figura 4. Acido Giberélico (GA). (Tomado de Matthysse and Scott, 1984)

3.-CITOCININAS

3.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.

La biosíntesis natural de citocininas(K) no se conoce, Pero químicamente basta con sustituir con ciertos grupos del N₆ - de la adenina, compuesto que se encuentra en todas las células, y que es de gran importancia biológica por conferirle actividad citocinica.<Ver fig.5 y 11>.(10)

Sin embargo, se cree que algunas de las K se liberan como consecuencia de la degradación de RNAt a las que a veces parecen estar ligadas.(12)

Otros autores, por el contrario, han demostrado que la K se sintetiza a partir de la degradación de DNA porque el grupo Purínico es común al menos en las cuatro sustancias análogas - que se conocen: adenina, Guanina, hipoxantina y xantina.(8)

Las K se sintetizan en los tejidos en proceso de división activa y esto lo ratifica el hecho de que la mayor cantidad de K producidas han sido obtenidas a partir de estos tejidos. Según principalmente en forma endógena en las raíces de muchas especies, y migrando hacia los ápices a través del xilema, posiblemente bajo la forma de nucleótidos; también pueden sintetizarse en el cambium en actividad y en hojas, semillas, frutos y tubérculos en activo crecimiento.(6)(7)(12)

Es trascendental la influencia del ambiente en la síntesis de K; teniendo así que, la luz roja promueve la síntesis de K en las semillas. En tanto que los días cortos, la deficiencia de agua y el calor y frío en el ápice de la raíz tienden a inhibir la síntesis de estas.(6)

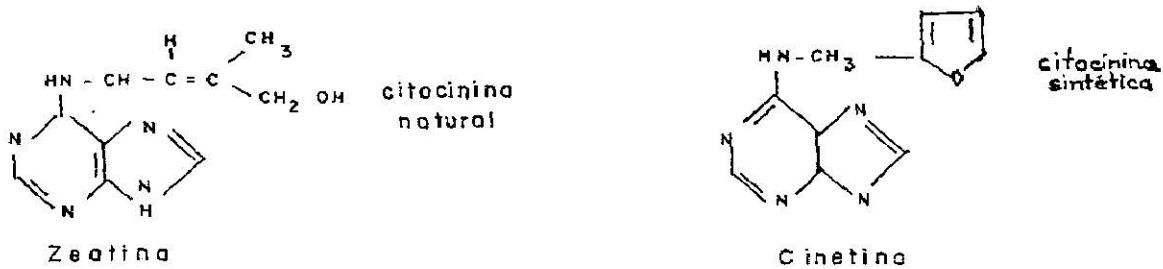
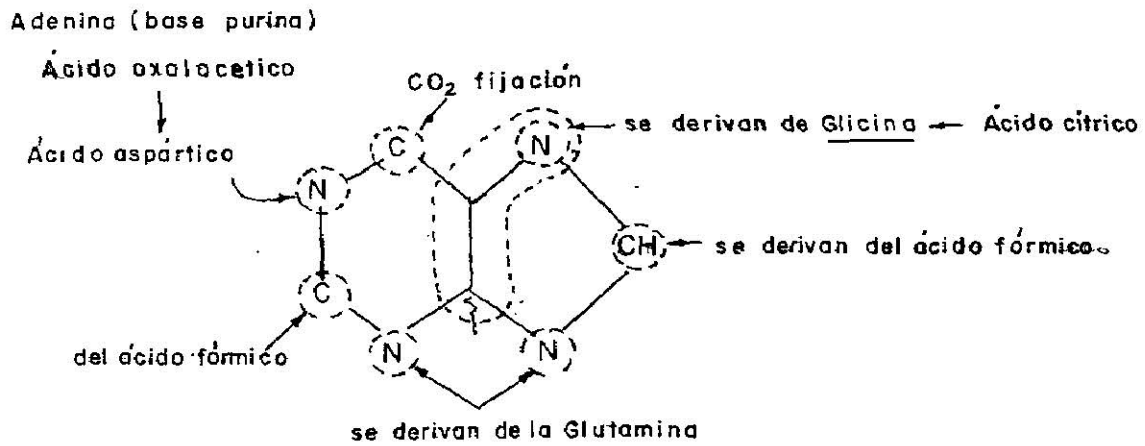


Figura 5 Posible origen del grupo adenina y estructura de citocininas (tomado de Pimiento B,E 1982)

3.2.-Transporte.

Se sabe poco acerca del mecanismo de transporte de las K, aún cuando se ha demostrado que dichas hormonas sintetizadas en los ápices radicales migran vía xilema hacia los ejes caulinares. Cuando se aplican en las hojas, las K demuestran una acción localizada debido a que prácticamente no se translocan. (7)

Las K no se mueven en la planta como las GA e IAA; sin embargo, hay evidencia de que se forman en las raíces y se transportan a las hojas y tallos. La hormona parece transportarse por el xilema, aunque otros autores mencionan que se mueve a través del floema. Existe cierta evidencia de que la K se mueve hacia la fuente de auxina al igual que otros nutrientes y que el carbono fijado en la fotosíntesis. (2) (10)

La K endógena parece tener transporte Polar basipétalo, pero se desconocen con certeza el movimiento y la velocidad. ()

Se sabe que se encuentran K en la savia del xilema de varias plantas. Este hecho ha llevado a sugerir que las K necesarias para el control del crecimiento en el vástago de la raíz, se sintetizan en esta y son transportadas hacia arriba en el flujo creado por la transpiración. (3)

El transporte de estas hormonas hacia hojas jóvenes, semillas y frutos es bastante restringido, y el movimiento a través de las partes no vasculares del tallo también es muy lento. Las K, especialmente como glucosidos, pueden transportarse a través de las hojas y tallos si estas penetran al sistema de transporte del floema. (11)

3.3.-Efectos en las Plantas.

Un efecto típico y fundamental de la K es la de producir una mayor actividad en el ritmo de las mitosis celulares, por cual se le ha llamado la hormona de la división celular; aunque esta caracterización no es absoluta pues también promueve un poco el alargamiento. Este último efecto lo causan en algunas hojas y segmentos de tallos etiolados, debido en gran parte, a la expansión celular. (10)(13)

Otro efecto, también típico, es el de retrasar la senescencia de los tejidos vegetales y los fenómenos a la que esta da lugar, como el amarillamiento y caída de las hojas, sea por acción sobre el DNA o porque la presencia de K hace fluir auxina y nutrientes a las hojas. El efecto integral probablemente es el resultado de por lo menos dos acciones bastante diferentes de la K. Se sabe que previenen la formación de enzimas hidrolíticas como nucleasas y proteasas así que interfieren en la

desintegración de Polimeros, esto Previene los cambios de degradación que se cuentan entre los Principales en la senescencia; el otro factor que actúa Para Prevenir la senescencia es que las K causan una inmovilización de los nutrientes o bien su transporte a las áreas tratadas con estas hormonas. (2)(10)

En ocasiones las K afectan la Germinación; las semillas de ciertas variedades de lechuga, cuya germinación requiere de luz, Pueden germinar en la oscuridad aplicándoles cinetina. (13)

Es importante citar otros efectos que causan las K, y entre ellos tenemos los siguientes: (2)(3)(6)(10)(13)

*Inducen la floración en algunas Plantas de días cortos.

*Son importantes en el fenómeno de movilización de nutrientes

*Estimulan la formación de tubérculos en estolones de Papa

*Estimulación de la Pérdida de agua Por transpiración, en algunas Plantas, debido a la apertura estomática.

*Inducción de Partenocarpia en algunos frutos

*Desempeñan una función importante en la regulación de división celular de frutos de manzano y ciruela, y quizá también de la mayoría de los demás

3.4.-Mecanismo de Acción.

No se conoce bien el mecanismo de acción de la K; de manera bien fundamentada se supone que se adhiere al RNAt y, cuando esto sucede en determinados sitios, Provoca el funcionamiento de varios codones, controlando la síntesis de algunas Proteínas o enzimas. Otros autores Postulan que tiene efecto sobre la síntesis de DNA. En cualquier forma, está comprobado que induce a g

tividad de la amilasa, Proteasas, la síntesis de la tiamina y la auxina. (10)

También, se ha observado que en Preparados de RNAt extraídos de Plantas como animales contienen K y se ha señalado con mucha seguridad que el componente Purínico de la molécula de K es en realidad un componente de la molécula de RNAt. Además las K que se encuentran formando Parte de la molécula de RNAt están situadas en Posición adyacente al anticodón, es decir, un lugar en donde es máxima la Probabilidad de estar relacionadas con el enganche de RNAt con el complejo ribosoma-RNAm durante la síntesis de Proteína. (7)

Del mismo modo, ha existido un gran interés en los estudios sobre la manera exacta en que las K actúan en el interior de la célula, desde que se descubrieron Por Primera vez sus Propiedades de inducción de la división celular. No ha sido Posible hasta el momento, como se ha dicho, descifrar del todo su mecanismo de acción en los diferentes Procesos; no obstante, Parece cierto un Paso importante, fundamental quizás, en la acción de las K esta asociado con la síntesis de RNA y de Proteínas de la célula. A causa de esta relación, se despertó un gran interés en torno al descubrimiento de que se Podían aislar algunas K a Partir del RNAt (ya referido antes) de unos aminoácidos Particulares y de que, además, dichas hormonas Parecían estar localizadas en estos RNAt en un lugar Proximo al anticodón, es decir, la Parte de la molécula que reconoce el código del RNAm y Permite que el aminoácido sea incorporado a la molécula de Proteína en la situación correcta. Ciertamente se Puede decir que

Estimulación

Inhibición

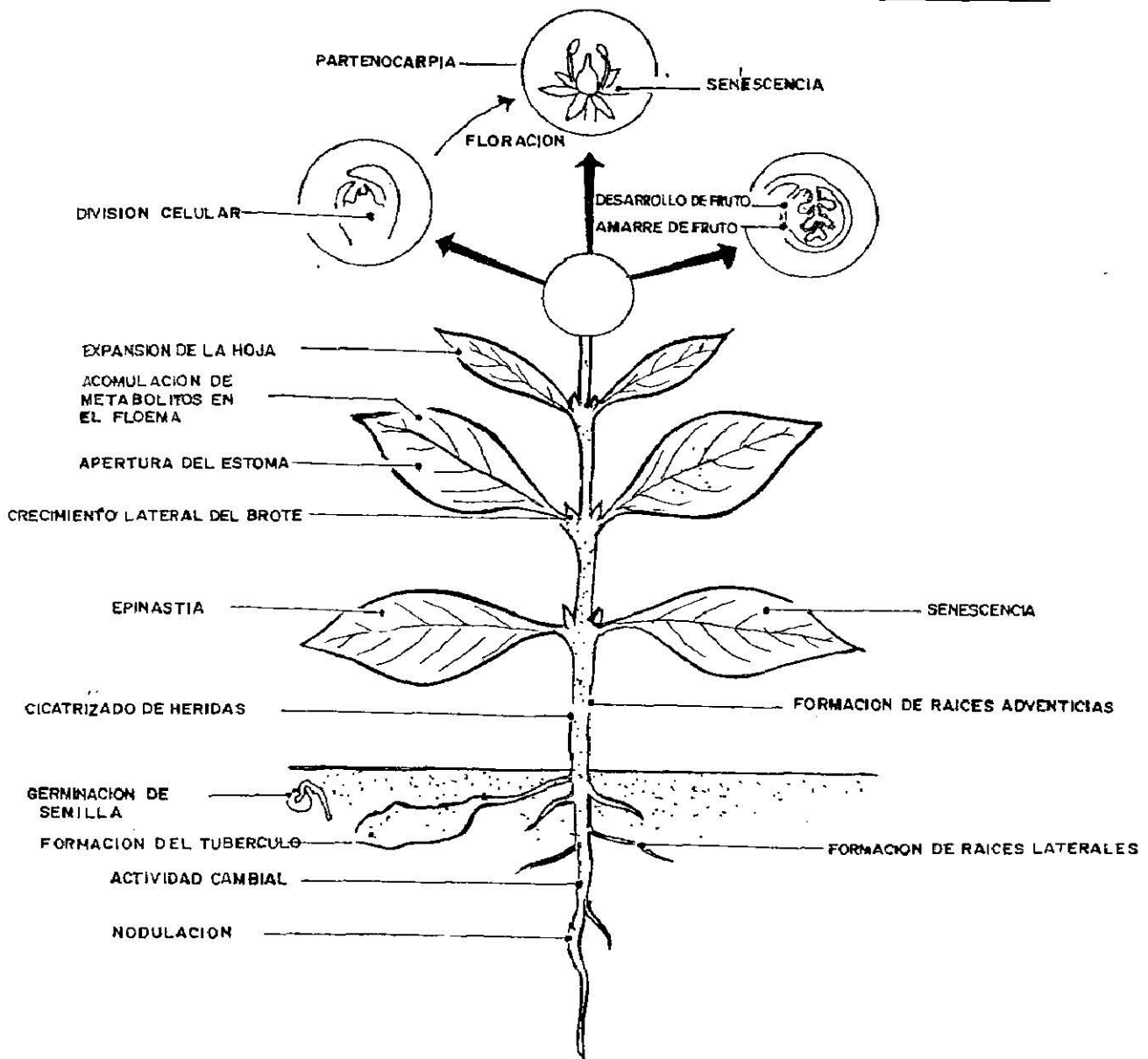


Figura 6. Citocininas (K). (Tomado de Matthysse and Scott, - 1964)

en el momento actual todavía los fundamentos del mecanismo de acción de las K siguen siendo un enigma. (3)

Algunos fisiólogos han sugerido, independientemente, un posible mecanismo de acción de las K que se relaciona con la presencia en el RNAt. Sugieren que el RNAt carente de la cadena lateral de isopentil en la adenina que sigue al anticodón es inactivo, así que la adición de dicha cadena lo activaría, pero si una nucleasa está presente puede desactivarlo hidrolizando la cadena lateral. Las K solubles actúan protegiendo al RNAt formando un complejo con dicha enzima e inhibiendo su acción y permitiendo así que ocurra la síntesis de proteína. Debe enfatizarse que este mecanismo es hipotético; es posible postular otros. No obstante, parece probable que la solución al problema deba tomar en consideración la reconocida presencia de las K en el RNAt así como el hecho de que se ha demostrado que frecuentemente facilitan e incrementan la tasa de síntesis de RNA y de las proteínas. (2)

4.-ETILENO

4.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.

El etileno (C_2H_4) lo sintetizan las plantas a partir del aminoácido metionina. No hay duda de que el etileno se produce de modo natural por las plantas y que tiene efectos hormonales en el curso normal del desarrollo; sin embargo, es un hecho que muchos tejidos que normalmente forman poco etileno elevan la síntesis en 3 a 10 veces más si se les daña mecánicamente, quemando con ácidos o bases, o se les sujeta a otra forma de stress. En general, las plantas bajo stress muestran una mayor concen-

tración de ácido abscísico y etileno y menor de citocinina que la planta normal. (10)

Gracias a la cromatografía de gases se han podido estimar las cantidades de etileno presentes en algunos órganos vegetales y demostrar como varía la producción de etileno de una parte de la planta a otra. Por ejemplo, las hojas jóvenes del algodon produce mucho más etileno que las hojas más viejas. Otro órgano que parece producir mucho etileno es la flor; después de la polinización las flores de las orquídeas *Vanda* producen gran cantidad de etileno. Los frutos también producen etileno, pero en este caso la cantidad suele ser pequeña al principio y aumentar al ir madurando el fruto. (3)

La síntesis del etileno es fuertemente estimulada por las auxinas y se ha sugerido que muchos de los efectos de malformación de estas, particularmente en la raíz, se deben realmente a la producción de etileno causada por el estímulo auxínico. (2)

Así mismo, se ha probado que puede quedar aumentada la producción de etileno en varios tipos de situaciones críticas, tales como heridas, exposición a radiaciones ionizantes, enfermedades y restricciones físicas. Además, algunos microorganismos patógenos e insectos producen sustancias idénticas a las hormonas vegetales naturales, entre ellos tenemos algunos que producen etileno, causantes del envejecimiento o senescencia al tejido huésped. (2)(4)

Por último, la síntesis del etileno, como se refirió al principio, es a partir del aminoácido metionina. Tan pronto como la metionina es marcada en diferentes átomos del ^{14}C es cam-

madura en etileno, CO_2 , NH_3 , HCOOH y metil tioadenosina. Ambos, el NH_3 y el grupo metilo pueden ser metabolizados hacia el interior de la metionina, de tal modo, que el nitrógeno y el sulfuro conservado, permita que la síntesis de etileno continúe. (Ver fig 7). (11)

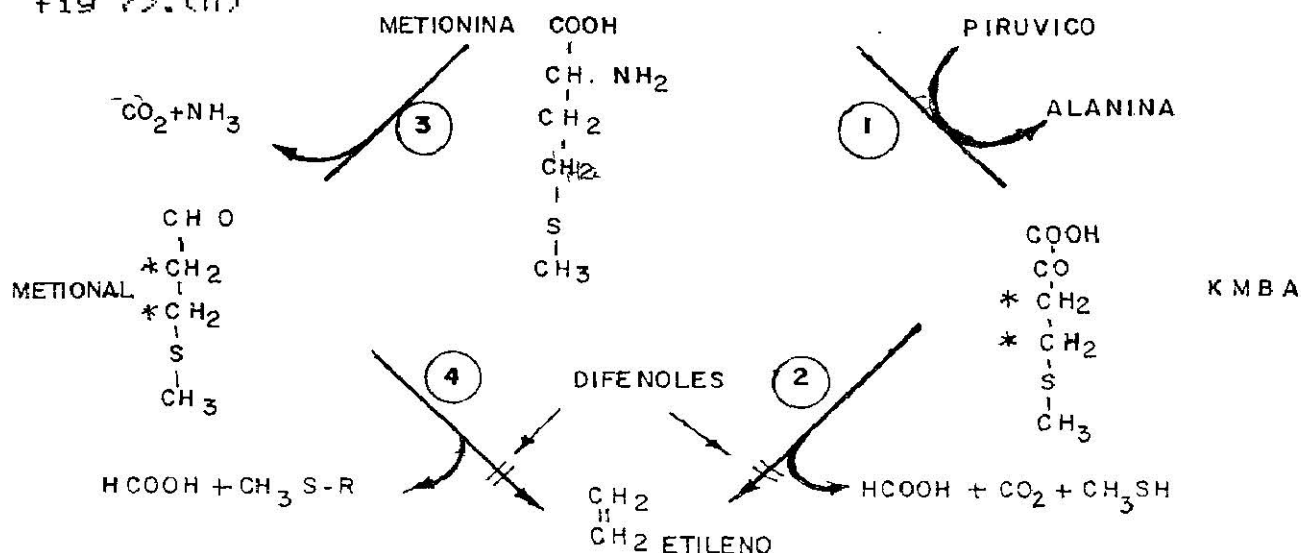


Figura 7 Vías alternativas para la biosíntesis de etileno en tejidos vegetales

Reacción	Enzima	Cofactores	Sustrato	Producto
1	Transaminasa	Piridoxal fosfato	Metionina	KMBA
2	Peroxidasa	* H_2O_2 * $\text{R}\cdot\text{SO}_2\text{H}$ * Monofenoles	KMBA	Etileno CO_2 $\text{CH}_3\cdot\text{SH}$ Fórmico
3	Amino oxidasa	FMN	Metionina	Metional
4	Peroxidasa	* H_2O_2	Metional	Etileno Fórmico $\text{CH}_3\text{S-R}$

* Normalmente estos compuestos no se consideran cofactores, pero actúan oxidándose o reduciéndose en forma similar a FMN.

Referencias de la figura: KMBA = α -ceto- γ metiltiobutirato. las reacciones 2 y 4 son bloqueadas por difenoles. Los carbonos marcados con asteriscos son los que darán etileno (Tomado de Sivori et al 1980)

4.2.-Transporte.

Se cree que el etileno producido en el ápice de un brote puede difundirse hacia abajo. Quizas el etileno producido en la porción central se desplace hacia el exterior, en la misma dirección que la maduración de muchos frutos (del centro hacia afuera), estimulando la maduración de tejidos inmaduros. (13)

Su forma de acción es por simple difusión, por lo que no requiere de un transporte dirigido o activado a través de la célula o del sistema vascular. (2)

Sin embargo, el transporte del etileno posee un problema especial, ya que este es un gas difusible. Más aún, su precursor, el 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC), es transportado desde la raíz hacia el retoño en el xilema. Por lo tanto, usando el concepto tradicional de que una hormona es un mensajero de química translocada, el ACC puede ser más apto considerarlo una hormona, que al etileno. Es decir, a de las dificultades inherentes en el transporte de un gas difusible, el etileno no puede actuar generalmente como segundo mensajero, al cual, es producido localmente en respuesta a un signo hormonal en cualquier otra parte de la planta. Es necesario mencionar que la anegación de la raíz incrementa el transporte del ACC en el xilema de la hojas donde su conversión a etileno resulta en marchitez. (6)

4.3.-Efectos en las Plantas.

El etileno tiene frecuentemente efectos inhibidores pero, como el ácido abscísico, está involucrado en respuestas de largo plazo, las cuales son concernientes principalmente con cambios en el desarrollo de etapas de la planta. El proceso efectuado incluye todo el ciclo de vida, desde la germinación de la semilla, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y últimamente la senescencia. El etileno no es solamente una hormona inhibidora, sus efectos sobre el proceso como la germinación de la semilla y la formación de raíces adventicias usual-

mente son estimulatorias. La formación y acción del etileno en algunos, pero no todos los casos, esta ligada a la presencia -- continua de IAA; el ejemplo clásico es la inhibición del crecimiento alargado por altas concentraciones de auxinas, las cuales resultan en la producción de etileno. (6)

Uno de los primeros efectos observados del etileno fue el de estimular la germinación, y el crecimiento de brotes. Los tubérculos de papa en reposo, se ven estimulados a germinar cuando se les aplica etileno; también se estimula el crecimiento de varios granos, bulbos, estacas de madera dura y raíces, al igual que la germinación de algunas especies. Otros de los efectos del etileno es provocar la abscisión prematura de las hojas, frutos jóvenes y otros órganos. El etileno puede inducir también la floración, por ejemplo, realiza la formación de flores pistiladas en las plantas cucurbitáceas. (13)

Así mismo, el etileno tiene efectos morfo-genéticos para -- producción de epinastia en las hojas de tomate. Es también, bien conocido su gran efecto sobre la maduración de los frutos activandola de modo que puedan llegar un poco a tiempo a sobremadurez. (10)

Por otra parte, los efectos del IAA en la floración de la piña pueden deberse al etileno producido de esa forma; recientemente se ha sugerido que la respuesta geotrópica esta mediada -- por el IAA inducido al formarse etileno, así que la floración -- de la piñas estimuladas geotrópicamente puede ser un efecto -- colateral del etileno producido en respuesta a la acumulación de IAA en el lado inferior de la planta. (2)

4.4.-Mecanismo de Acción.

Ciertamente se sabe poco acerca de la acción del etileno, el hecho de que el etileno se inhibe competitivamente por el CO_2 (otra molécula pequeña) y de que es muchísimo más activo que cualquier otro de sus homólogos en la serie de las olefinas. El etileno tiene efectos sobre la síntesis de algunas enzimas y de ácidos nucleicos, pero algunos de sus efectos son tan rápidos que la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas no parecen estar implicadas en primer lugar. (3)

Hay varios mecanismos posibles mediante los cuales el etileno puede estimular la germinación y la brotación; por ejemplo puede estimular el desplazamiento de enzimas hidrolíticas en los tejidos de almacenamiento; también es posible que el etileno producido durante el crecimiento de una yema, pueda servir para controlar la movilización de reservas alimenticias en los tejidos circundantes. (13)

Todavía no se conoce la función precisa que desempeña el etileno en el proceso de abscisión, debido en parte a que la fisiología de la abscisión resulta generalmente muy compleja. (13)

Quizá el etileno desempeñe una función importante en la transcripción y traducción del código genético del DNA al RNA a las proteínas y pueda incorporarse en el RNA, al igual que algunas de las otras hormonas. Si es así, contribuiría también a la regulación de otros fenómenos del desarrollo, como son la floración, abscisión y maduración de los frutos. (13)

Sin embargo, el mecanismo de acción parece ser sobre las membranas celulares (plasmalema y membranas intracelulares, adhi

Estimulación

Inhibición

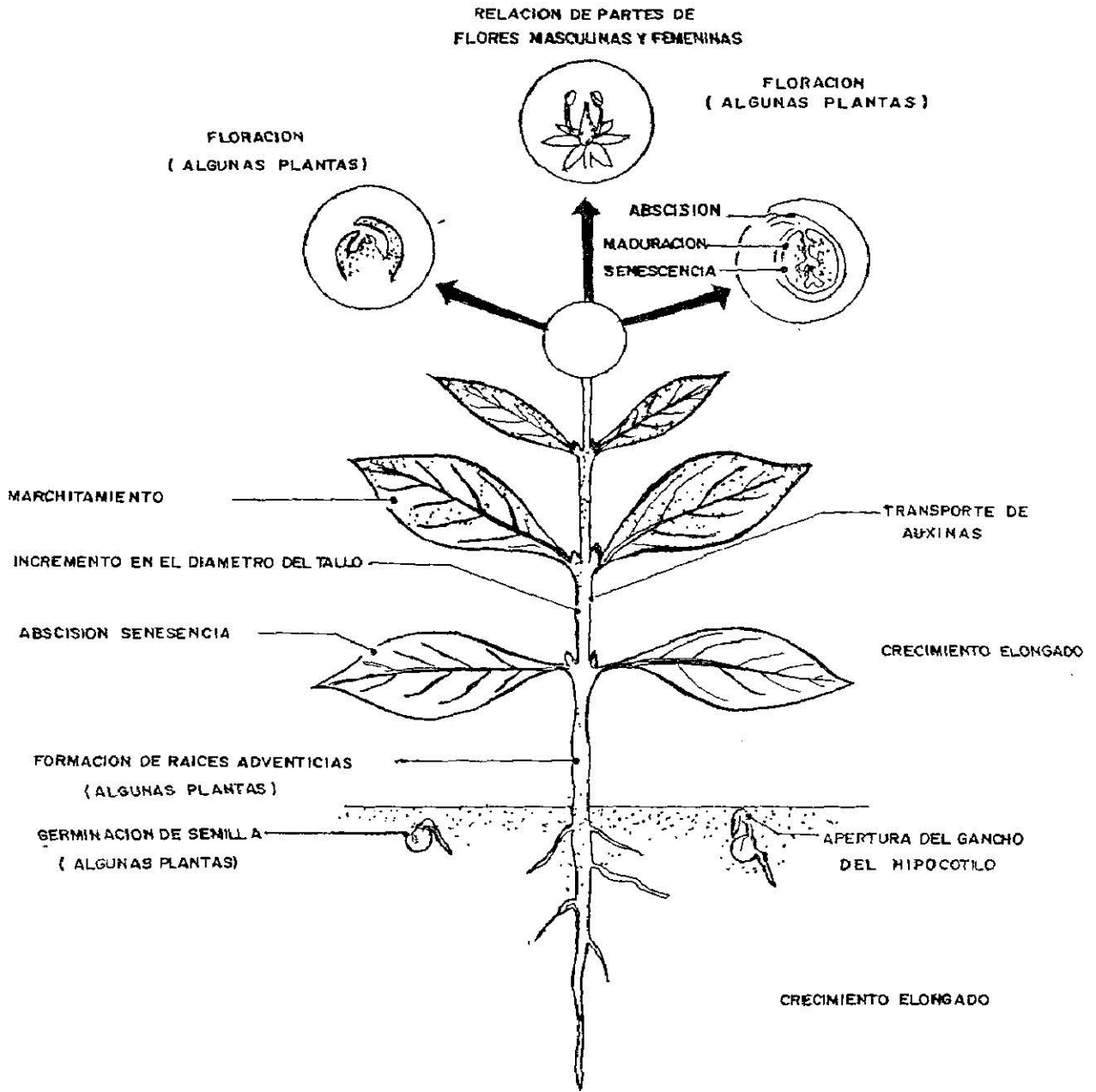


Figura 8. Etileno (C₂H₄). (Tomado de Matthyse and Scott, - 1984)

riendose a un receptor desconocido). Se ha Propuesto el siguiente mecanismo: el etileno determina, de modo no conocido la concentración de Peroxidasas, las que, a su vez, aumentan la hidroxiprolina en la Pared celular, Produciendo esta su elasticidad. Ultimamente, se ha Propuesto la existencia de una molécula receptora, el ACC, que desencadenaría una serie de reacciones y estaría sujeta a una rápida disociación.(2)

Una de las consecuencias del Proceso de mecanismo de acción del etileno sobre las membranas celulares consiste en que cierta enzima que destruye la clorofila Puede Penetrar a los cloroplastos. La descomposición de la clorofila torna visibles los pigmentos rojo y/o amarillo Presentes en las células del fruto, adoptando este color en la madurez.(4)

5.-ACIDO ABSCISICO

5.1.-Biosíntesis y Sitios de Síntesis.

El ácido abscísico(ABA) es un sesquiterpeno de 15 carbonos sintetizado del farnesol Pirofosfato(FPP), el cual se deriva de los carbonos en tres unidades de isopentil Pirofosfato. Así las Primeras reacciones en la síntesis del ABA son idénticas a aquellas de las Giberelinas, esteroides, carotenoides y otros compuestos isoprenoides.<Ver fig.9>. La síntesis del ABA ocurre en los cloroplastos, ya sea en hojas, tallos y frutos verdes, donde son sitios importantes de formación de ABA. El endospermo de trigo y las raíces también sintetizan ABA, así esta hormona puede acumularse en muchos tejidos y órganos, Pudiendo ser esto en Plastidios o Proplastidios. Ciertas condiciones de stress estimulan la síntesis de ABA en las hojas, incluyendo sequía, falta

de nutrientes minerales, y daños mecánicos. Existe evidencia de que el ABA aumenta la resistencia a tales condiciones de stress.

El Precursor del ABA, al igual que las GA, es el ácido mevalónico; sin embargo, algunos investigadores afirman que el ABA es también un producto resultante de la descomposición por fotooxidación de las xantofilas tales como la violaxantina. Siendo sintetizado en la hojas maduras principalmente, ya sea en el otoño para inducir el letargo invernal o en el verano para inducir el letargo estival.(5)

El ABA en forma general es sintetizado en la raíz y en las hojas marchitas. Las respuestas rápidas a estímulos ambientales es mediada en forma importante por el ABA; así tenemos que las respuestas gravitropicas en las raíces resultan principalmente en la redistribución lateral del ABA (y/u otros inhibidores) y la inhibición resultante del crecimiento. Esa respuesta tropica generalmente ha sido medida usando almácigos de plantas en las cuales se podría esperar relativamente una rápida respuesta al estímulo de cambios ambientales. Los cambios en el balance de agua también requieren de ajustes rápidos en las plantas para sobrevivir y adaptarse a condiciones de stress envolviendo incrementos en la producción de ABA especialmente en las hojas, las cuales en torno causan la clausura del estoma. La síntesis de ABA en la raíz es incrementada por el stress de agua o inundación. Es necesario mencionar, además, otros efectos del ambiente para la síntesis de ABA; así tenemos que, el marchitamiento de las hojas maduras, los daños mecánicos (ocasionados por heridas) y el stress de agua en la raíz estimulan es-

timulan esta síntesis. ()

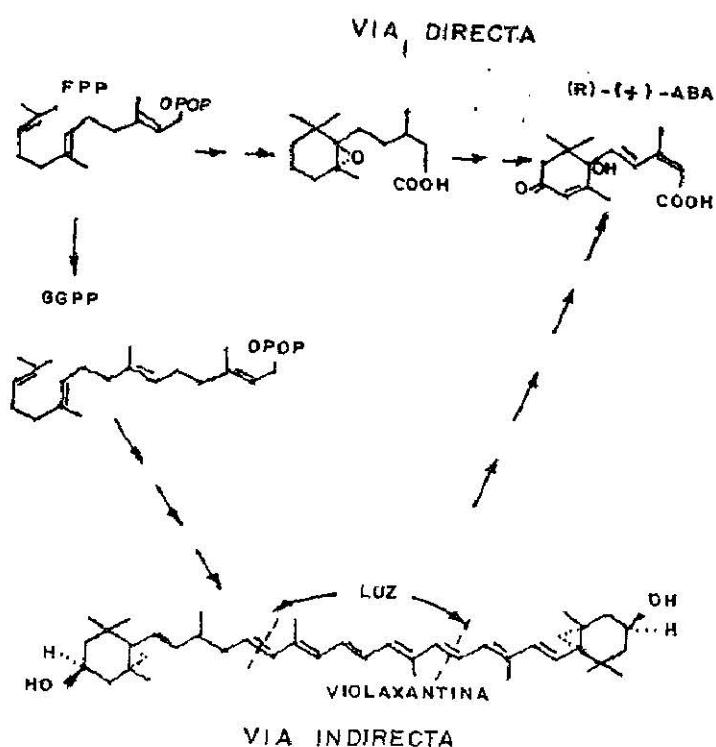


Figura 9 Esquema con las vías directa e indirecta de biosíntesis de ácido abscísico

5.2.-Transporte.

El ABA es transportado desde la raíz hacia el rebotoño a través del xilema; también es transportado hacia afuera de las hojas marchitas en el floema. (6)

Al parecer, este transporte no es Polar, sino que dependiendo del sitio de síntesis. Es posible que también el transporte sea a través de las células vivas que están por fuera del haz vascular. (10) (11)

Después de producirse en las hojas es translocalizado hacia el ápice del brote, pasando por el pecíolo y el tejido del tallo, principalmente a través del floema. La intensidad de esta circulación, por lo menos en algodón, es de 30 $\mu\text{m}^2/\text{hr}$. (1)

La translocación del ABA a través de la Planta debe ser examinada en experimentos similares concernidos con el transporte de IAA a través del tallo o secciones del Pecíolo; teniendo que el movimiento del ABA es mayor que el de la velocidad de la auxina, con un rango de 30 mm/hr. El movimiento de estas hormonas al parecer carecen de consistencia direccional o de clase Polar.(5)

5.3.-Efectos en las Plantas.

En forma general, el ABA es un inhibidor del crecimiento y la germinación de la semilla. Ya que estimula la dormancia de la yema y el tubérculo. Además, causa la abscisión de la hoja y senescencia de frutos junto con su maduración.(6)

Aparentemente el ABA actúa como agente inductivo de la senescencia en general. Durante muchos años, los investigadores obtuvieron de las hojas y los frutos de muchas especies vegetales, sustancias difundibles que aceleran la abscisión; gran parte de la actividad de esos difusatos es el resultado de la presencia de ABA y otros compuestos relacionados; sin embargo, aún no se comprueba la teoría de que el ABA es el agente normal que acelera la abscisión de las hojas. Pero, algunos autores han afirmado que el ABA es el responsable mayor de este efecto.(3)

Acerca del punto anterior, es bien conocido que en muchos árboles de hoja caduca, el nivel de inhibidores del crecimiento aumenta en las hojas al irse acortando los días en el otoño (en el Hemisferio Norte); este aumento de materiales inhibidores (de los cuales se ha demostrado que el ABA es el compuesto más abundante) está relacionado con una disminución de la velocidad de

de crecimiento en el vástago y con la consiguiente formación de yemas en reposo.(3)

El ABA Prolonga el reposo de muchas semillas cuyo Período de reposo ha terminado. Por otra Parte, estudios recientes - han demostrado que el marchitamiento de las hojas tiene un efecto espectacular sobre su contenido de ABA.(3)(13)

El ABA tiene un interesante efecto sobre las respuestas - de floración. Una hipótesis es de que el ABA actúa como inhibidor de la floración en Plantas de día largo que crecen durante días cortos; también el ABA Puede inducir floración en algunas Plantas de día corto que crecen bajo condiciones no inductivas. Algunos de estos efectos Pueden explicarse en base al retraso del crecimiento, que hace disminuir la competencia de las Partes vegetativas, de modo que se produce una mayor inducción floral.(2)(13)

El ABA es también el agente que media el cierre de estomas bajo el efecto de sequía. Cuando se produce una ligera reducción del agua, se forma una pequeña cantidad de ABA y los estomas se cierran ligeramente; al mismo tiempo la acción del ABA hace a los estomas mucho más sensibles a las necesidades de CO_2 , así que la fotosíntesis no precisa ser obstaculizada. Al producirse un severo déficit de agua se forman grandes cantidades de ABA y los estomas se cierran. Experimentalmente, el ABA está presente en mayor cantidad en las variedades resistentes a la sequía, como maíz y sorgo, pero no en trigo; dada la diversidad de maneras como las plantas resisten la sequía, no sería de esperarse que el ABA jugara un papel crítico en todas ellas(2)(13)

Por último, otros efectos del ABA incluyen la Pérdida de clorofila y aparición de Pigmentos de senescencia de los entrenudos de las Gramíneas. (10)

5.4.-Mecanismo de Acción.

Todos los efectos mencionados, estimularon a los investigadores a determinar el mecanismo de acción del ABA. El ABA Previene la hidrólisis del almidón; se ha buscado el por que influye sobre el desarrollo de ciertas enzimas sin afectar apreciablemente a otras. Se ha reportado que bloquea la síntesis de DNA específico y aunque no ha sido confirmado, varios trabajos muestran la inhibición de la síntesis de RNA. Cuando no hay abscisión el ABA estimula la división celular y la lisis de la lámina intermedia y constituyentes de la pared celular. En la inducción de la hoja en secretud el ABA tiene algun efecto degenrativo sobre la ultraestructura de la hoja. Pero no se ha investigado. (1)

Se han dedicado muchos esfuerzos por estudiar los posibles mecanismos de acción del ABA y, en especial, han habido numerosos intentos de demostrar que el ABA inhibe la síntesis de ácidos nucleicos específicos o de las enzimas producidas por estos. (3)(13)

En contraste con el IAA, GA, y K, el ABA parece ser un represor de la actividad del gen. Al parecer, inhibe la síntesis de RNA (también del DNA), pero este podría ser un efecto secundario: si se reduce la traducción, normalmente decae la síntesis de RNA. No parece afectar la desrepresión del DNA pero incluso en situaciones en las que no ocurre síntesis de RNA, inhibe la

síntesis proteica. Esto es consistente con un efecto del ABA a nivel del ribosoma, sobre la traducción y síntesis de proteínas Pero no a nivel nuclear donde está formado el RNAm. Sin embargo se ha podido revertir esta inhibición por la presencia de K⁺ -- Probablemente el ABA sea un corepresor que cuando se une a una proteína, impide la acción del gen. Por otra parte, la K⁺ se utiliza como inductor dentro del mismo sistema. Aun no se conoce ningún mecanismo de operación, se necesitan más experimentos antes de poder adelantar mecanismos, incluso hipotéticos.(2)(4)

No obstante, actualmente se acepta que el ABA es un anti-seberélico porque revierte muchos efectos de esta hormona.(7)

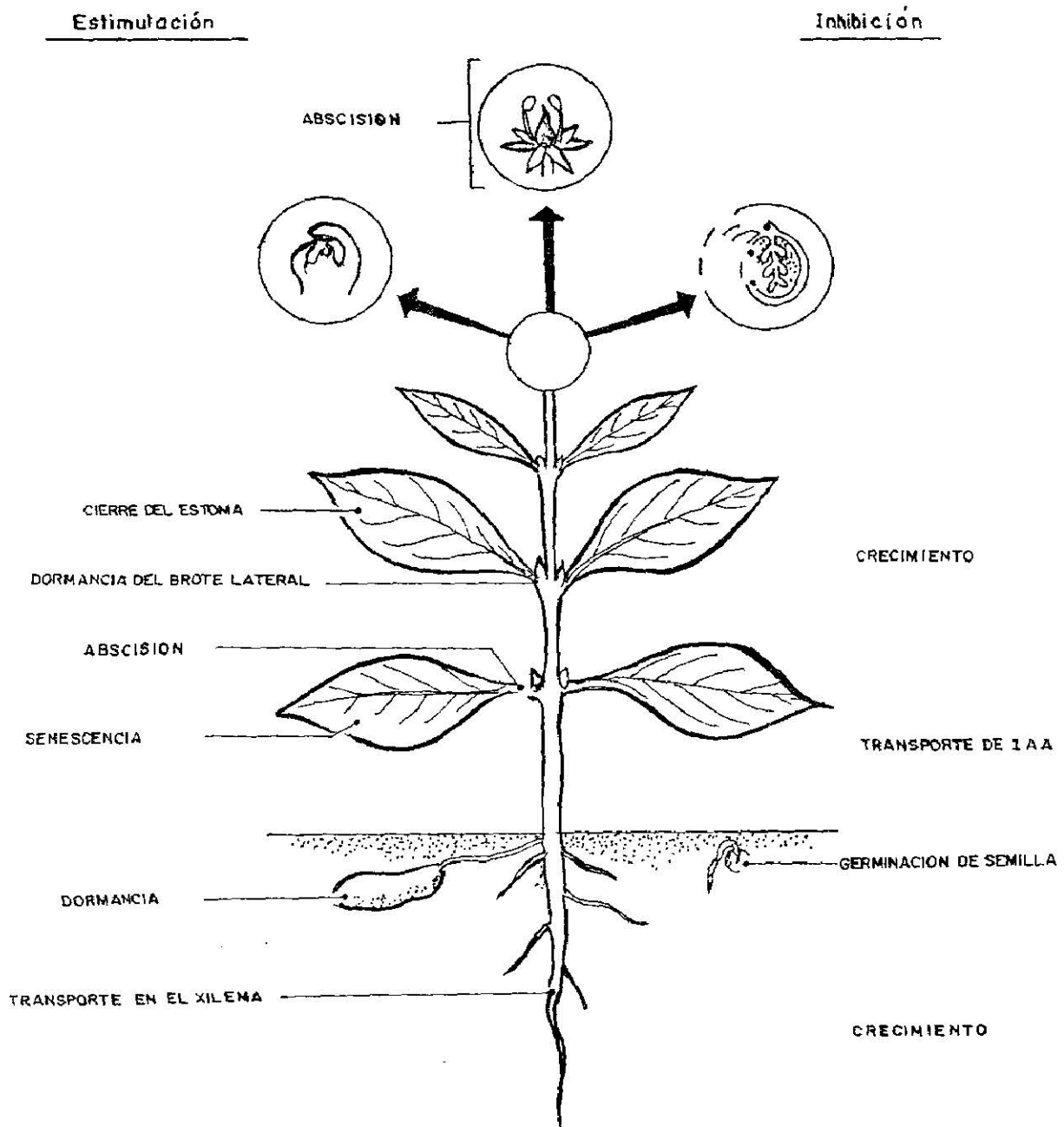


Figura 10. Acido Absísico (ABA). (Tomado de Matthysse and - Scott, 1984)

RESUMEN

En los últimas décadas se ha Prestado gran atención a las sustancias que regulan el crecimiento de las plantas. Teniendo cinco entre las principales hormonas naturales: auxinas (IAA), giberelinas (GA), citocininas (K), etileno (C₂H₄) y ácido abscísico (ABA). Cada una de estas sustancias ejerce complejos y variados efectos en el crecimiento, dependiendo de la especie de planta, de la parte de esta a la que es proporcionada, de otras condiciones internas en la planta y de las condiciones ambientales.

Se sabe con cierta certeza cuales son los sitios de síntesis de cuatro de las cinco hormonas de las plantas. El papel de IAA, K y GA en la planta está bien establecido; lo mismo que el papel del etileno en la regulación de la maduración del fruto. Sin embargo, el papel del ABA, con la excepción de su respuesta al stress de agua, aún no está claro. (Ver fig. 11)

Se desconocen los mecanismos de acción precisos de la mayoría de las hormonas. La información está limitada, en gran parte, a sus efectos sobre órganos determinados de ciertas especies de plantas, bajo ciertas condiciones ambientales. Algunos tipos de efectos ocurren con la frecuencia suficiente como para permitir generalizaciones, pero estas, están sujetas a excepciones o dificultades de interpretación.

Existen otras sustancias, que no son hormonas, que influyen grandemente en el crecimiento y desarrollo. Como lo son algunas drogas de origen vegetal y otros compuestos fisiológicamente activos; tales como: nicotina, atropina, solanina, etc.

Transporte

Síntesis

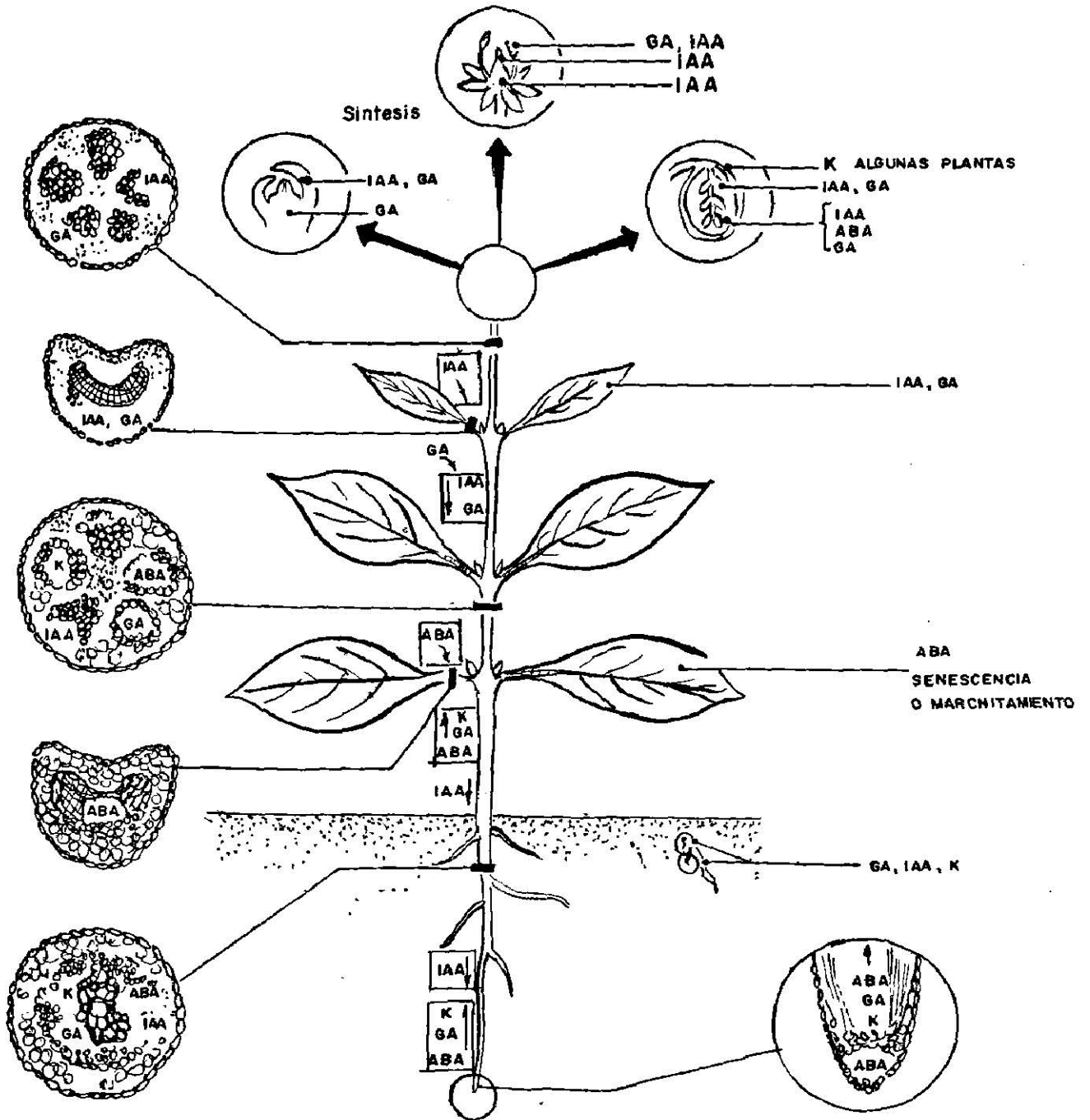


Fig 11. Transporte y Síntesis de las Hormonas Reguladoras del Crecimiento Vegetal. (Tomado de Matthyse and - Scott, 1984).

BIBLIOGRAFIA

1. ADDICOTT, F. T. T. and J. L. LYON. 1969. Physiology of abscisic acid and related substances. Ann Rev. Plant Physiol. USA. 20:239-64
2. BIDWELL, R. G. 1983. Fisiología Vegetal. A. G. T. Editor. México. 784P
3. HILL, T. A. 1977. Hormonas Reguladoras del Crecimiento Vegetal. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, Esp. 74P.
4. KIMBALL, J. W. 1984. Biología. Fondo Interamericano. México. 762P.
5. LEOPOLD, A. C. 1975. Plant Growth and Development. McGraw-Hill. New York, USA. 545P.
6. MATTHYSE, A. G. and T. K. SCOTT. 1984. Functions of Hormones at - The Whole Plant level of Organization. Encyclopaedia of - Plant Physiology, New Series, Vol. 10. Hormonal Regulation - of Development. Ed. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio. pp219-241
7. MOORE, T. C. 1979. Biochemistry and Physiology of Plant Hormones Ed. Springer-Verlag. New York, Heidelberg, Berlin. 274P.
8. OTTO, J. H. y TOWLE, A. 1982. Biología Moderna. Ed. Interamericana. México. 685P.
9. PIMIENTA B. E. 1982. Apuntes de Fisiología de Arboles Frutales. GEN. 645. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.
10. ROJAS G. M. y M. ROVALD. 1985. Fisiología Vegetal Aplicada. Ed McGraw-Hill, S. A. México. 289P.
11. SALISBURY, F. B. and C. W. ROSS. 1979. Plant Physiology. Wadsworth Publishing, California, USA. 422P.
12. SIVORI, E. M.; E. R. MONTALDI, E. R. y O. H. CASO. 1980. Fisiología -- Vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Arg. 698P.
13. WEBER, R. J. 1975. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Ed. Trillas. México. 622P

