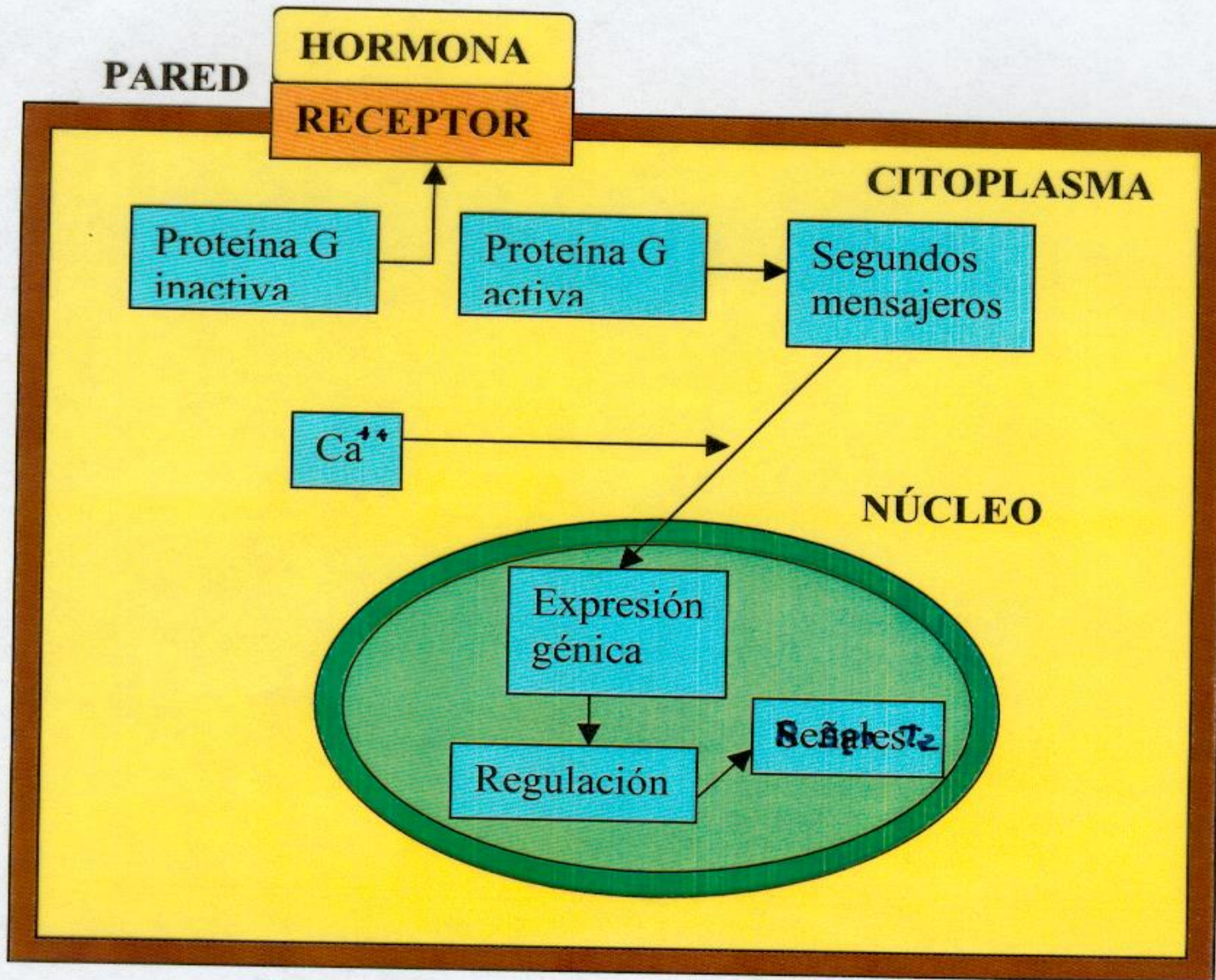


**USO DE REGULADORES EN
CULTIVOS EXTENSIVOS,
INTENSIVOS, PASTURAS Y
FORESTALES**



GUIA DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS PARA LA REPUBLICA ARGENTINA.

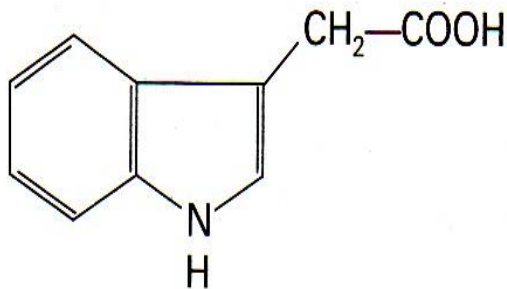
– CASAFE:

- CAMARA DE SANIDAD AGROPECUARIA Y FERTILIZANTES. REPUBLICA ARGENTINA.**

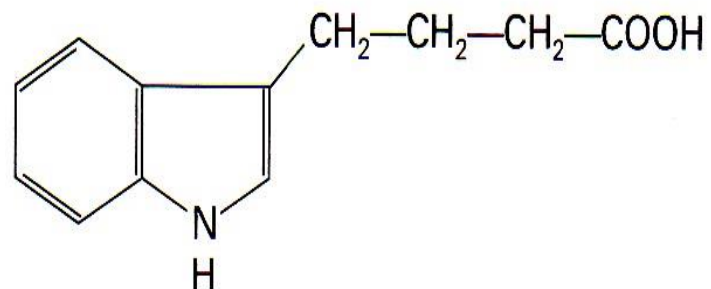
**[https://guiaonline.casafe.org/index.php/ms_session
_manager](https://guiaonline.casafe.org/index.php/ms_session_manager)**

La primera hormona descubierta fue el ácido indol-3-acético

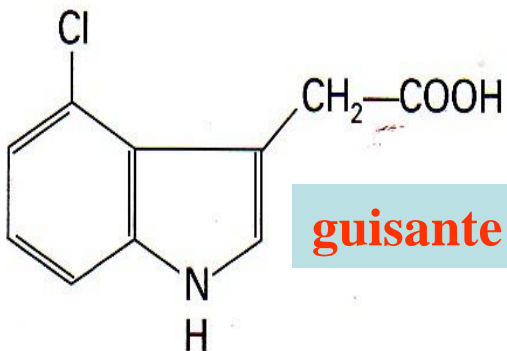
Auxinas naturales



Ácido indolacético (AIA)

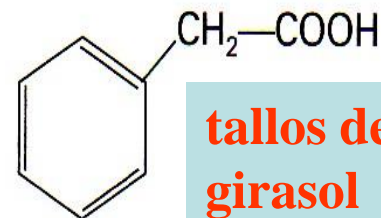


Ácido indolbutírico (IBA)



guisante

Ácido 4-cloro-indolacético



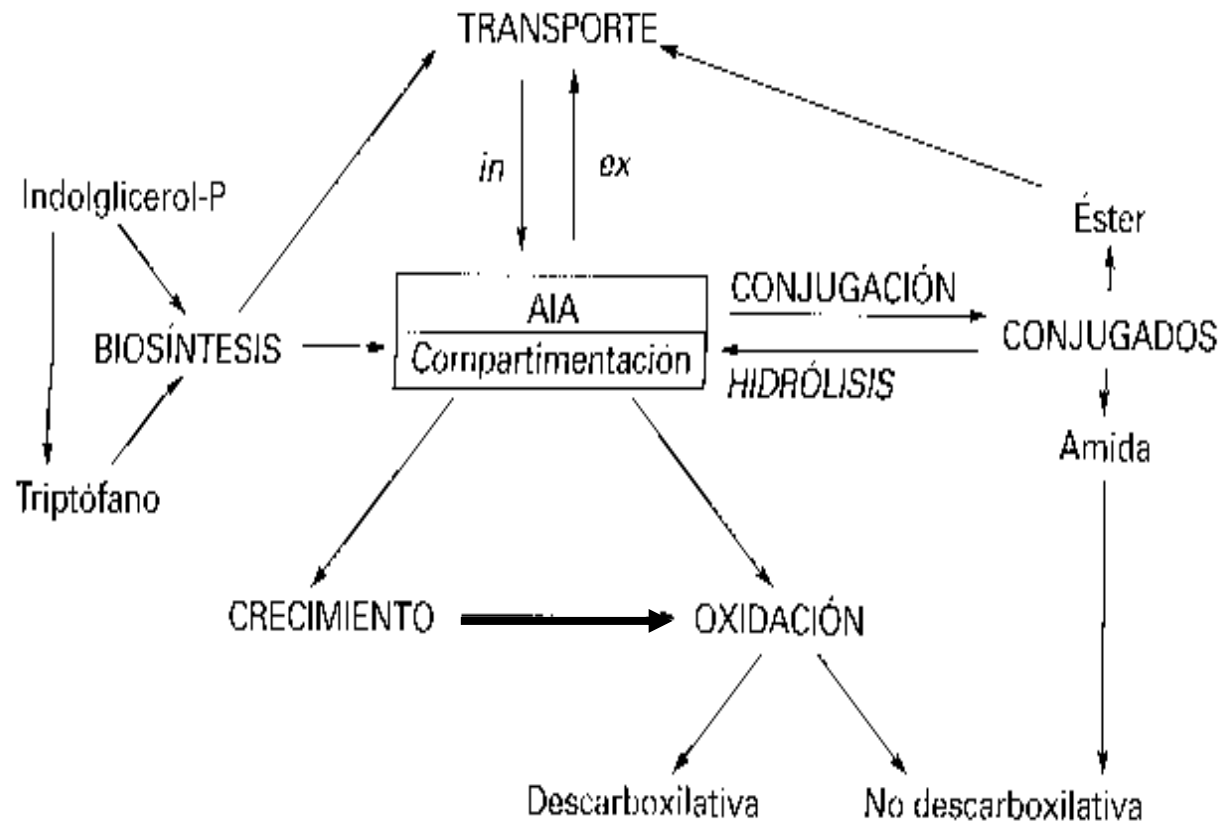
tallos de tomate y girasol

Ácido fenilacético (PAA)

Biosíntesis y transporte Auxinas

- Las Auxinas son sintetizadas en las zonas meristemáticas del tallo, hojas jóvenes, embriones en formación, ápices de coleoptilos
- Una vez sintetizadas son distribuidas en forma polar, en células parenquimáticas del floema con gasto de ATP (lento), y en los tubos cribosos del floema.

Regulación en la concentración de AIA



Modelo quimiosmótico de transporte

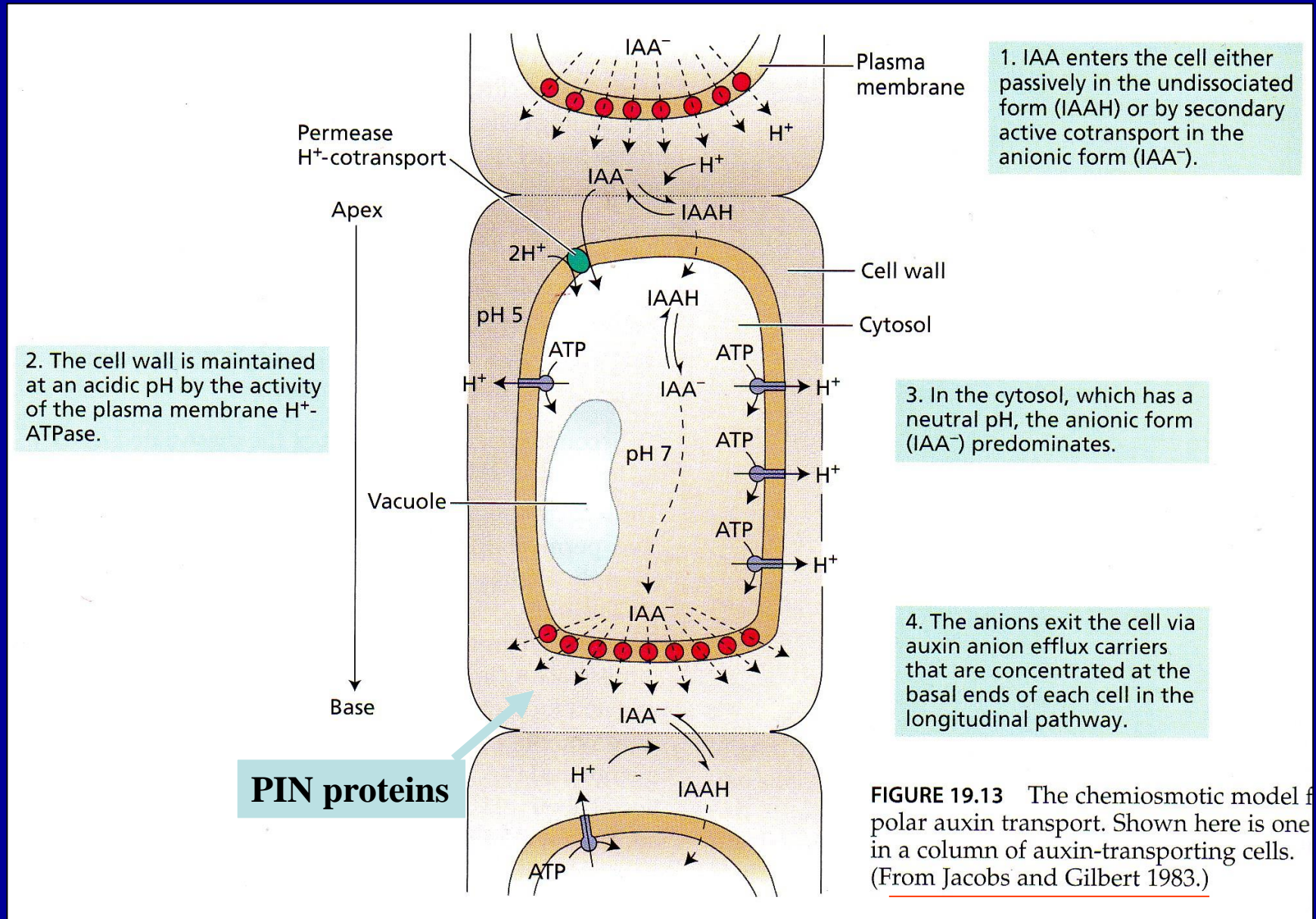
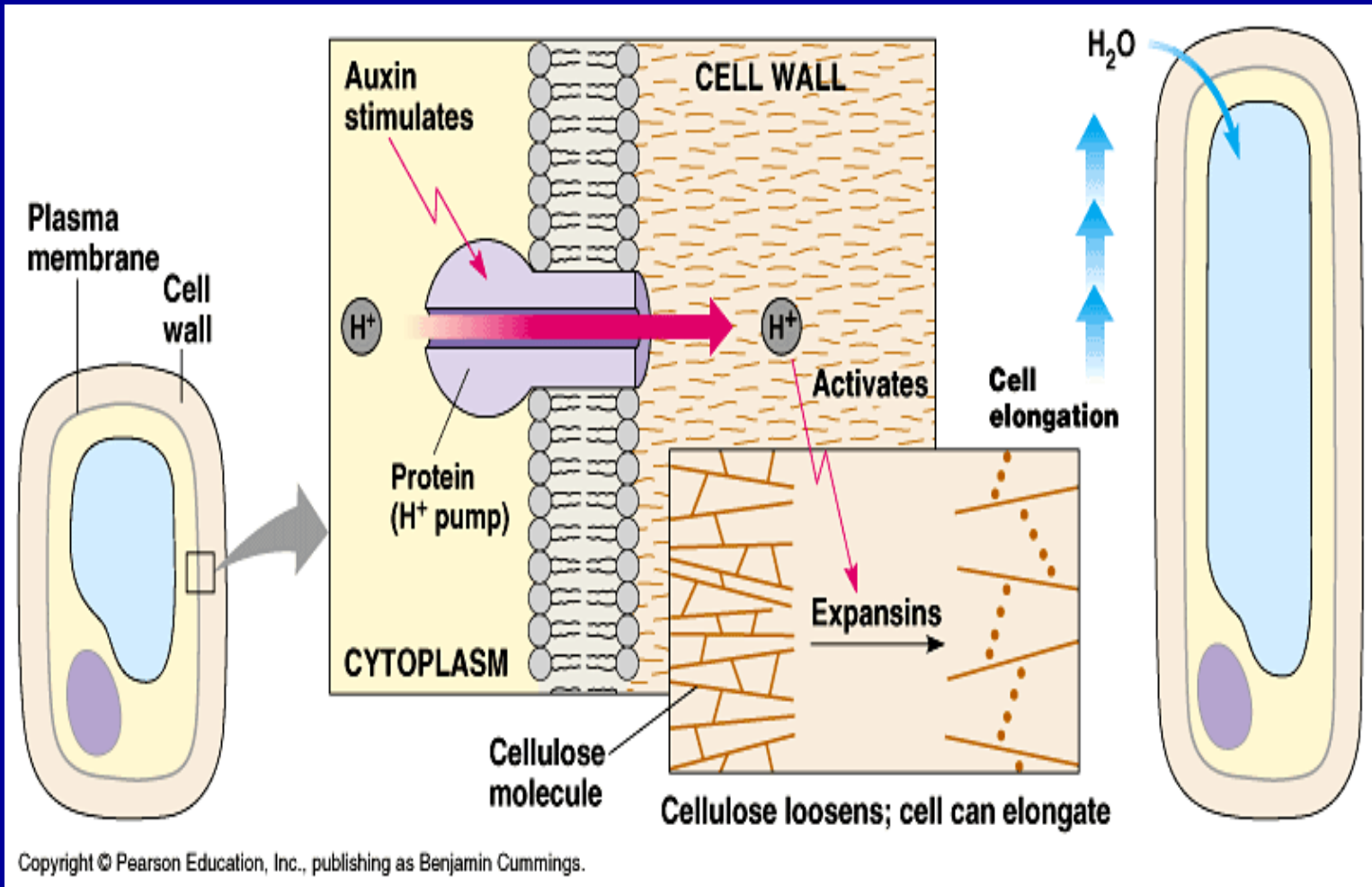


FIGURE 19.13 The chemiosmotic model for polar auxin transport. Shown here is one cell in a column of auxin-transporting cells. (From Jacobs and Gilbert 1983.)



$$\Psi_{sol} = \Psi_c = \Psi_s + \Psi_p$$

$$-0,1 = -0,1 = -1,1 + 1 \text{ MPa}$$

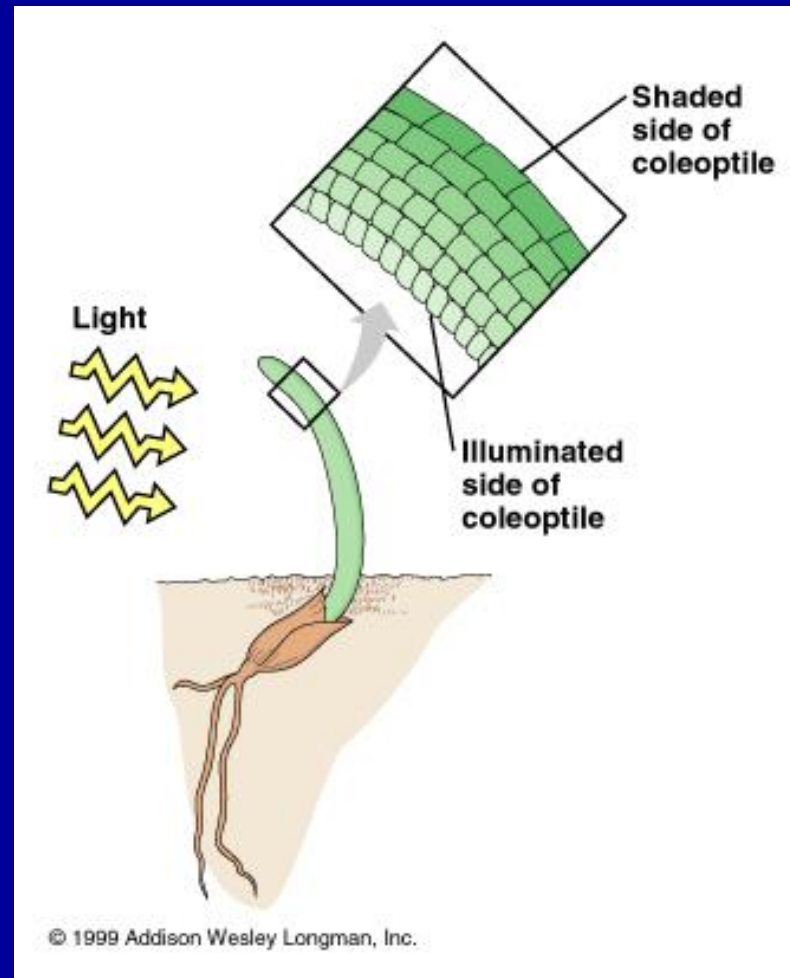
$$-0,1 = -0,6 = -1,1 + 0,5 \text{ Mpa}$$



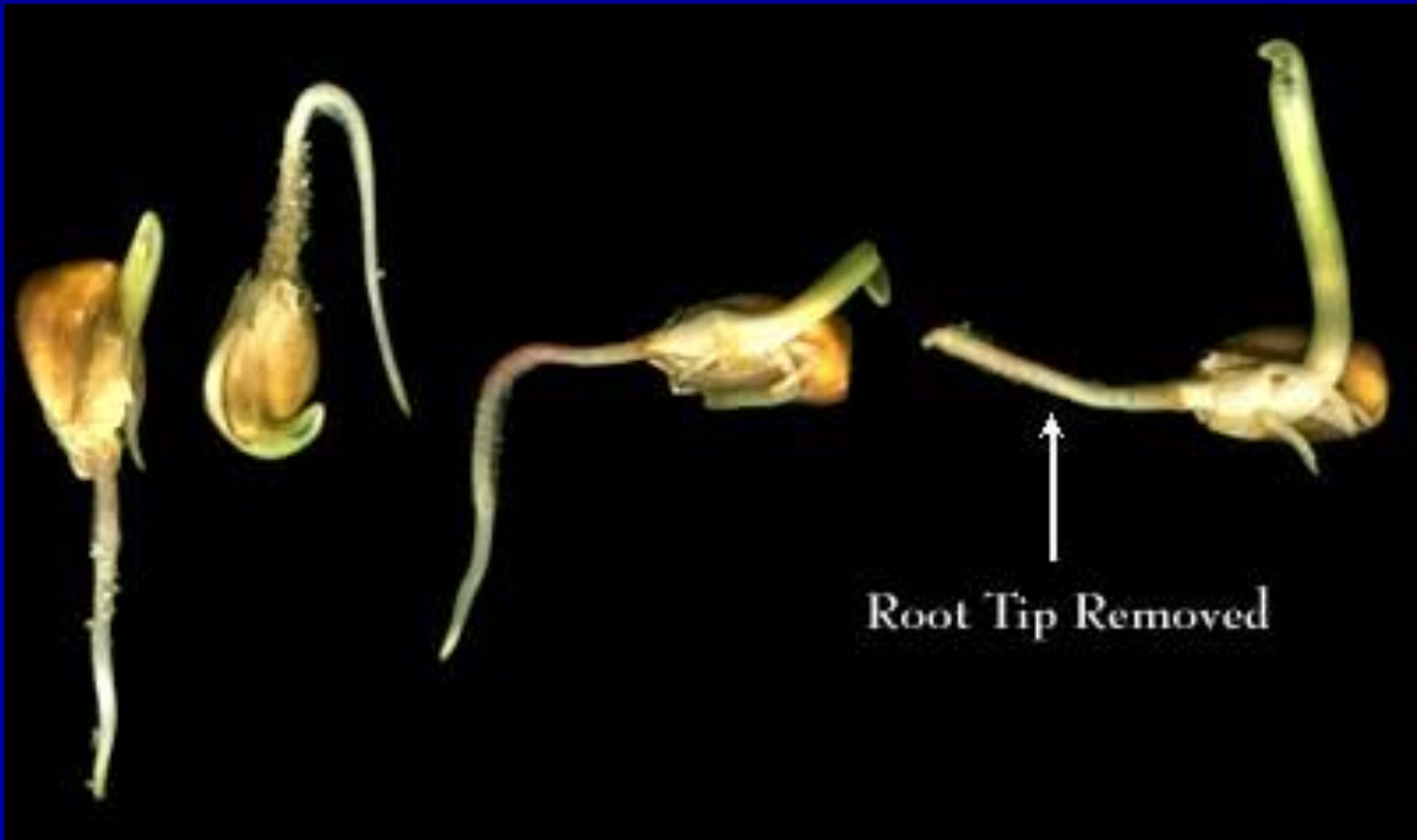
Auxinas

- Fototropismo y gravitropismo.

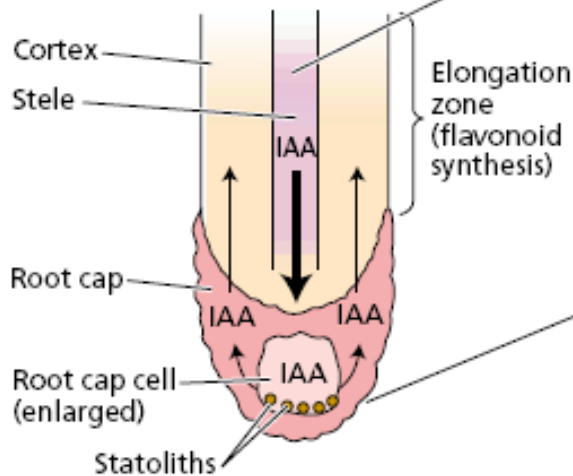
Growth movement



Geotropism



(A) Vertical orientation



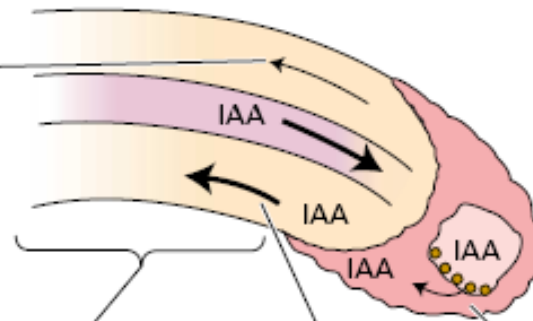
1. IAA is synthesized in the shoot and transported to the root in the stele.

FIGURE 19.33 Proposed model for the redistribution of auxin during gravitropism in maize roots. (After Hasenstein and Evans 1988.)

2. When the root is vertical, the statoliths in the cap settle to the basal ends of the cells. Auxin transported acropetally in the root via the stele is distributed equally on all sides of the root cap. The IAA is then transported basipetally within the cortex to the elongation zone, where it regulates cell elongation.

(B) Horizontal orientation

6. The decreased auxin concentration on the upper side stimulates the upper side to grow. As a result, the root bends down.



5. The high concentration of auxin on the lower side of the root inhibits growth.

4. The majority of the auxin in the cap is then transported basipetally in the cortex on the lower side of the root.

3. In a horizontal root the statoliths settle to the side of the cap cells, triggering polar transport of IAA to the lower side of the cap.

Efectos Fisiológicos

- AUXINAS:

Tienen aplicaciones en la AGRICULTURA:

- Herbicidas y arbusticidas
- Enraizamiento de estacas leñosas
- Evitar la caída de frutos
- Raleo de flores y frutos pequeños.
- Partenocarpia, es decir formación de frutos sin necesidad de que se produzca la fecundación.
- Inhibición de brotación lateral en forestales.
- Cultivo in vitro de tejidos

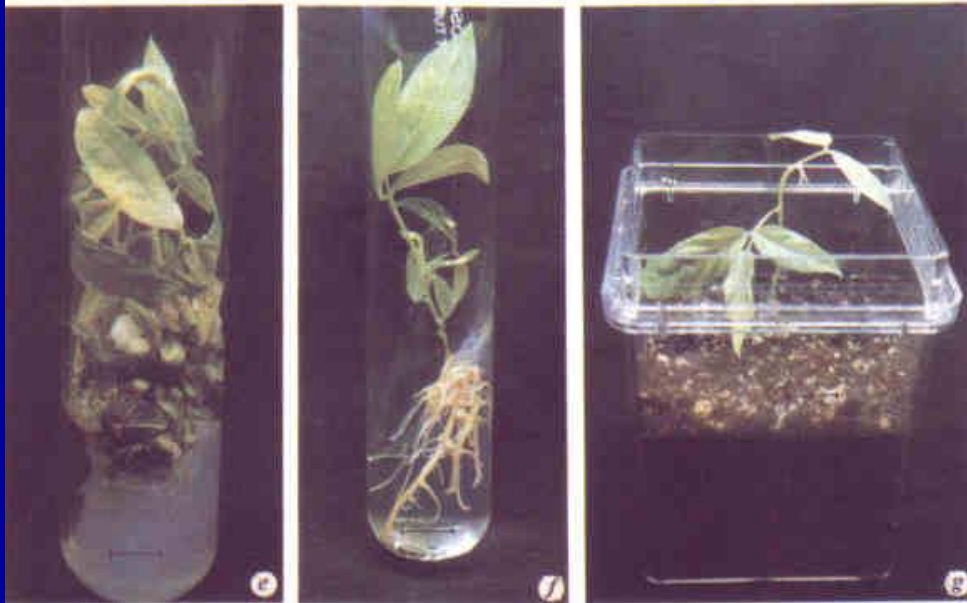
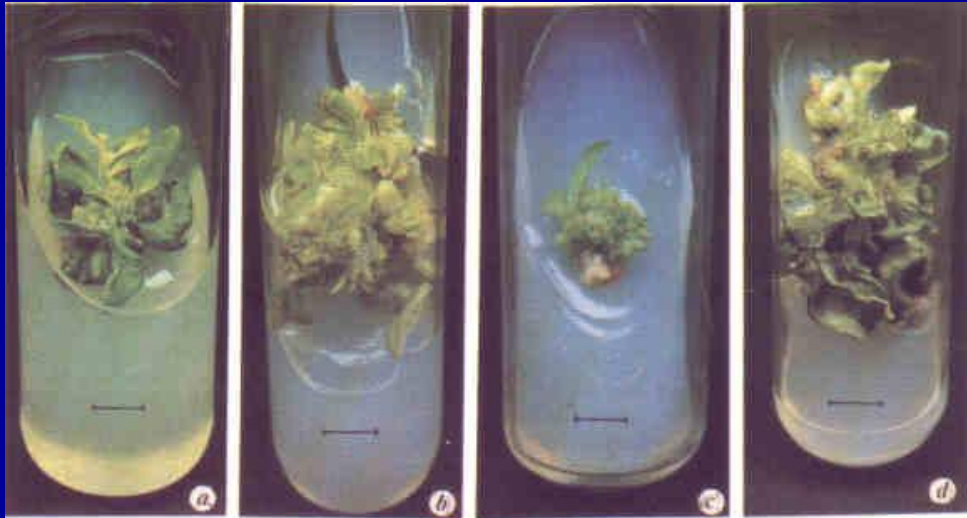
También Actúan en la Mitosis, Alargamiento celular, Formación de raíces adventicias, Dominancia Apical, Gravitropismo, Diferenciación de xilema, Regeneración del tejido vascular en tejidos dañados, Inhibición del crecimiento radical en concentraciones bajas, Floración, senectud, Retardan o provocan la caída de hojas, flores y frutos jóvenes según dosis.

Auxinas (IAA)

- Reguladores vegetales:
 - Ácido indol butírico (IBA)(sintético),
 - Ácido naftalen-acético (NAA)(sintético),
 - Ácido 2,4-diclorofenoxiacético(2-4D)(sintético)
- Hormona – ácido indolacético (IAA)(natural).

Aplicaciones comerciales de las auxinas

<u>Nombre químico</u>	<u>Aplicaciones</u>
Acido Indol-3-Butírico (AIB)	Enraizamiento
Acido Naftalenacético (ANA)	Enraizamiento
Acido 4-clorofenoxiacético	Cuajado de frutos
Acido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4 D)	Modificar el aspecto de los frutos
Acido 2-(1-Naftalen)acetamida	Aclareo frutos



Parthenocarpy

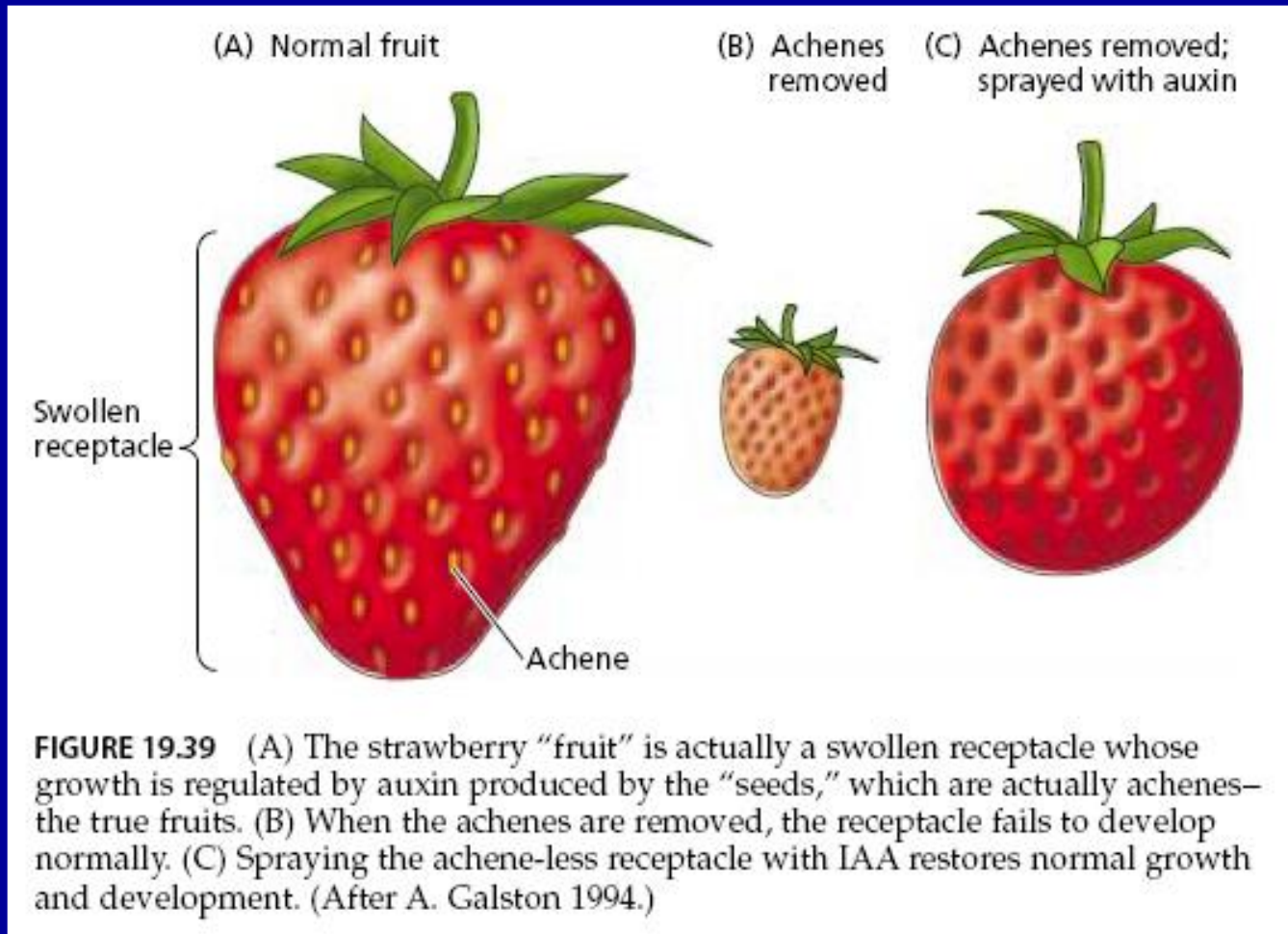
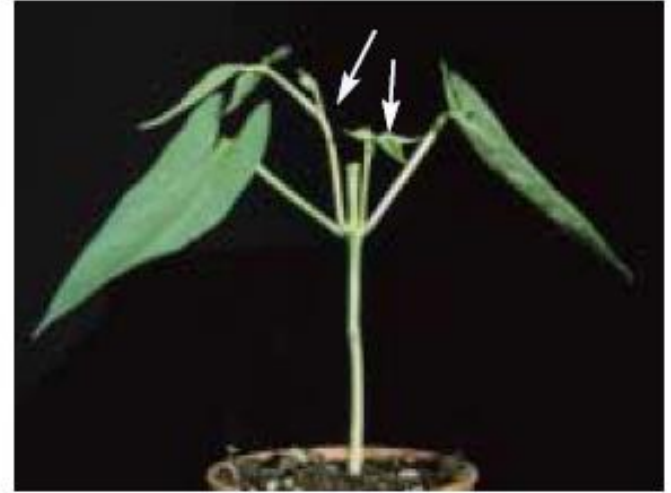


FIGURE 19.36 Auxin suppresses the growth of axillary buds in bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. (A) The axillary buds are suppressed in the intact plant because of apical dominance. (B) Removal of the terminal bud releases the axillary buds from apical dominance (arrows). (C) Applying IAA in lanolin paste (contained in the gelatin capsule) to the cut surface prevents the outgrowth of the axillary buds. (Photos ©M. B. Wilkins.)

(A)



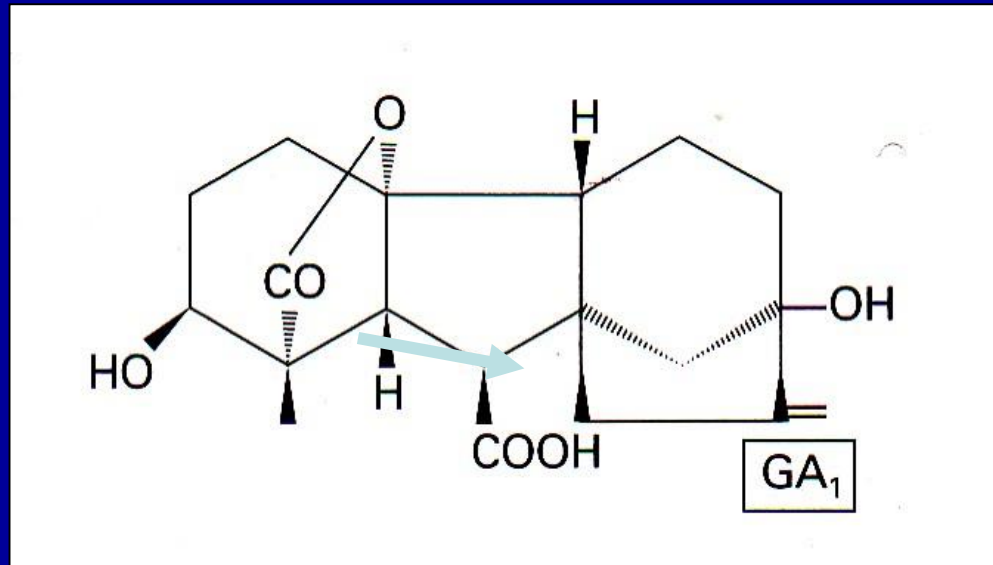
(B)



(C)



Giberelinas



Síntesis de Giberelinas

- **Ápices de tallos y raíces**
- **Hojas en expansión**
- **Frutos y semillas en desarrollo**

Transporte Giberelinas

- **Floema y xilema**
- **No existe transporte polar**
- **Se transportan en forma libre y conjugada.**
- **Sin gasto de ATP**

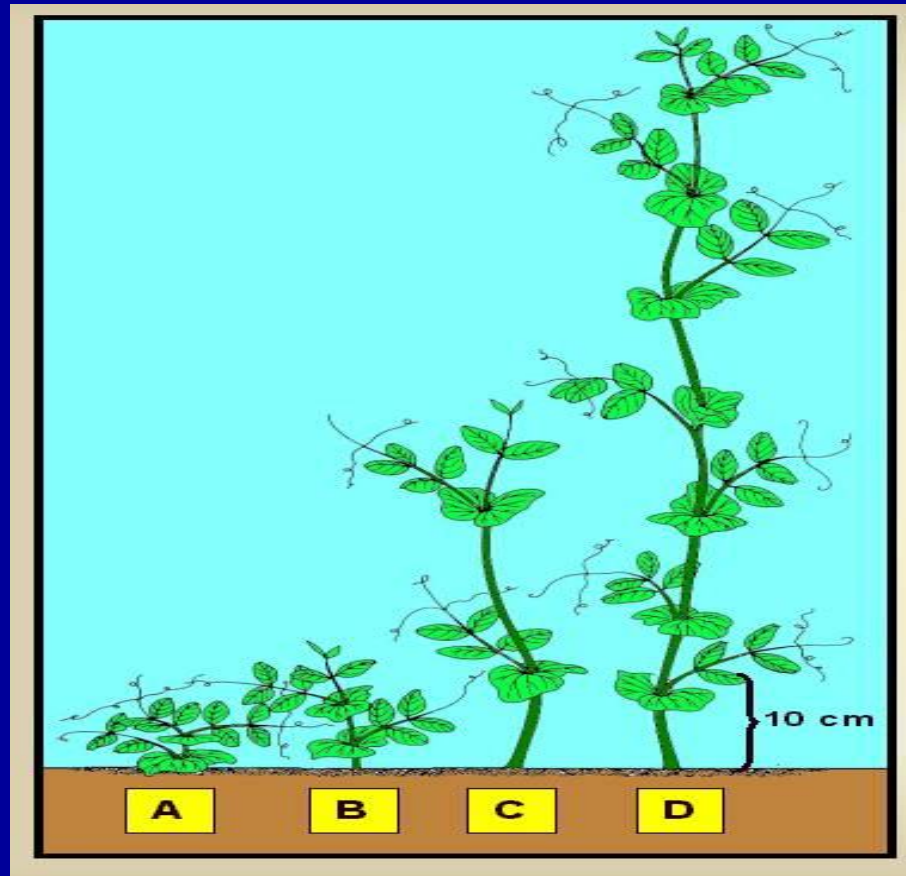
- **GIBERELINAS:**

- El Acido giberélico (las giberelinas) se utilizan en la AGRICULTURA como:
 - En alcaucil para producir agrandamiento y alargamiento del escapo floral
 - En perejil para aumentar crecimiento (en épocas de frío principalmente)
 - En cítricos retarda la senescencia de los frutos
 - En vid para alargar de los pedúnculos florales para evitar enfermedades fúngicas, obtener bayas de mayor tamaño sin semillas
 - En manzano para aumentar tamaño y calidad de la fruta
 - En Coníferas, para incrementar la producción de semillas induciendo la floración precoz
 - En caña de azúcar para aumentar rendimiento en sacarosa
 - Romper latencia en tubérculos de papa y dormancia en semillas.
 - En malterías para aumentar la hidrólisis del almidón del endosperma de cebada.

- **GIBERELINAS:**
- El Acido giberélico (las giberelinas) se utilizan en la AGRICULTURA como:
- También cumplen funciones de:
- Controlan el crecimiento y elongación de los tallos, Elongación del escapo floral, que en las plantas en roseta es inducido por el fotoperíodo de día largo,
- Inducción de floración en plantas de día largo cultivadas en época no apropiada,
- Crecimiento y desarrollo de frutos, Estimulan germinación de numerosas especies, y en cereales movilizan reservas para crecimiento inicial de la plántula, Inducen formación de flores masculinas en plantas de especies diclinas,
- Reemplaza la necesidad de horas frío (vernalización) para inducir la floración en algunas especies (hortícolas en general).

Efectos fisiológicos GAs

GA₁ controla el crecimiento y elongación del tallo



Aspecto de plantas de poroto (*Phaseolus vulgaris*) mutantes y normales. (A) Mutante ultra-enano que no produce GAs. (B) Mutante enano que sólo produce GA₂₀. (C) Planta normal que produce GA₁. (D) Planta mutante enana a la que se añaden GAs exógenas

GAs inducen la floración

Solamente en las plantas que requieren frío (vernalización) para florecer.

Remplazan los DL, en plantas de días largos DL, mantenidas en días cortos DC

Inducción de floración en plantas bienales: GA3



- Hortalizas de hoja que requieren un tratamiento en frío o días largos para florecer, responden a las giberelinas.
- Se induce a florecer por medio de giberelinas a plantas bienales: zanahoria, remolacha, col, lechuga, acelga, achicoria.
- Los resultados indican que los requisitos de bajas temperaturas en la floración de plantas bienales, pueden reemplazarse parcial o totalmente, por medio de una o varias aspersiones foliares de giberelinas en concentraciones de 100 a 1000 ppm.

Las Gas controlan el crecimiento y desarrollo del fruto, Partenocarpia.

Una aplicación de las GAs es en la producción de uvas de mesa (*Vitis vinifera*). Tratamientos con GAs producen racimos mas laxos y uvas de mayor tamaño.



Gibberellins in agriculture and horticulture



Dwarf

Tall

High yielding semi-dwarf rice has reduced endogenous gibberellin

-GA



+GA



Fewer flowers and larger fruit

Delayed fruit harvest

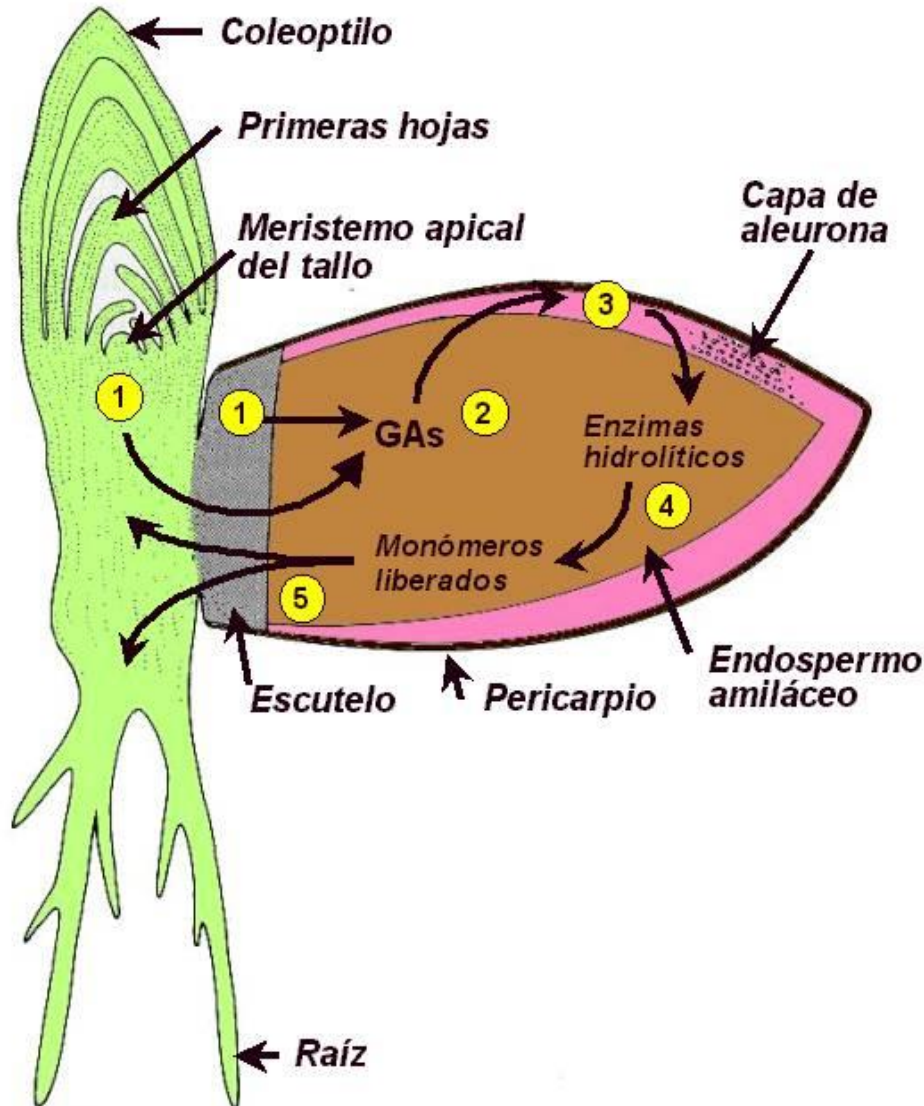
Increased fruit size

GAs are used commercially to increase fruit size in table grapes and to regulate citrus flowering and rind maturation

Las GAs estimulan la germinación

- Las GAs aumentan al inicio de la germinación e inducen el crecimiento de los primeros entrenudos de la plántula.
- Las GAs pueden sustituir los requerimientos de frío o luz para germinar.
- Las GAs intervienen en la movilización de reservas que sustenta el crecimiento inicial de las plántulas.

Acción del GA3 en semillas de cebada.



1. Las giberelinas son sintetizadas por el embrión y liberadas en el endospermo a través del escutelo
2. Las giberelinas difunden hacia la capa de aleurona
3. Aquí inducen la síntesis de enzimas (amilasas y otras hidrolasas) que degradan el endospermo amiláceo.
4. Los solutos liberados (monómeros) van al embrión donde son absorbidos y utilizados para el desarrollo del embrión.

ABA antagoniza los cambios inducidos por GAs

Aplicaciones comerciales de GA

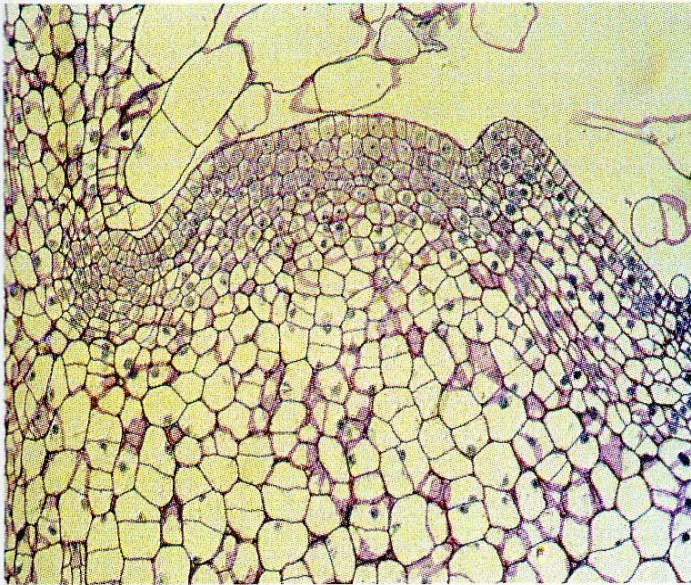
- Alcaucil. Alargamiento escapo floral.
- Perejil. Acelera crecimiento.
- Producción de uvas sin semilla
- Aumentar el tamaño y calidad de uvas y manzanas
- Aumenta el cuajado de frutos en cítricos
- En cítricos, el cambio de verde a naranja se retrasa con GA, senescencia.
- Estimula el desarrollo del tallo en la caña de azúcar
- Rompen la dormición de tubérculos de papa.
- Inducen la germinación de arroz y otras sp.

Biosíntesis y transporte Citocininas

- Las citocininas son sintetizadas en las zonas meristemáticas de la raíz, embriones en formación y zonas de gran actividad.
- Una vez sintetizadas son distribuidas por la planta a través del xilema y floema (zeatin ribósidos), sin gasto de ATP.

Las citoquininas regulan el ciclo celular

(A)

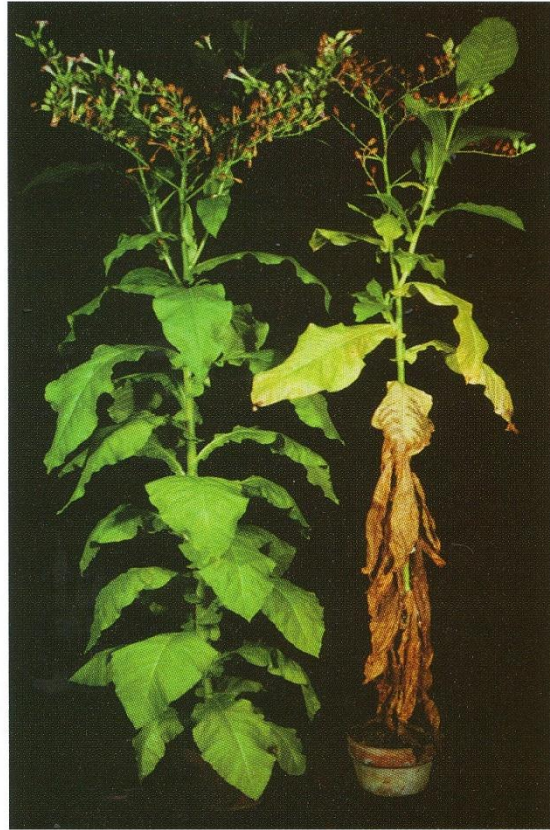


(B)



FIGURE 21.9 Cytokinin is required for normal growth of the shoot apical meristem. (A) Longitudinal section through the shoot apical meristem of a wild-type tobacco plant. (B) Longitudinal section through the shoot apical meristem of a transgenic tobacco over-expressing the gene that encodes cytokinin oxidase (*AtCKX1*). Note the reduction in the size of the apical meristem in the cytokinin-deficient plant. (From Werner et al. 2001.)

Las citoquininas retrasan la senescencia



Plant expressing *ipt* gene remains green and photosynthetic

Age-matched control: advanced senescence, no photosynthesis

FIGURE 21.18 Leaf senescence is retarded in a transgenic tobacco plant containing a cytokinin biosynthesis gene, *ipt*. The *ipt* gene is expressed in response to signals that induce senescence. (From Gan and Amasino 1995, courtesy of R. Amasino.)

La relación auxina/citocinina regula la morfogénesis en cultivos de tejidos

(Skoog & Miller 1965)



Las citoquininas modifican la dominancia apical y promueven el crecimiento de yemas laterales

- **El AIA sintetizado en el ápice caulinar se transporta en sentido basípeto y suprime el crecimiento de yemas laterales.**
- **La aplicación exógena de CKs promueve el desarrollo de las yemas axilares**
 - **Se propone que el ápice del tallo actúe de sumidero de CKs, limitando su distribución por la planta.**
- **Las plantas transgénicas superproductoras de auxinas exhiben más dominancia apical que las superproductoras de CKs.**

Aplicaciones comerciales de CKs

- En la industria de la micropropagación para promover brotes de las yemas axilares y tallos adventicios
- Reducen la dominancia apical en manzano, rosales, etc.
- En combinación con las Gas controlan el tamaño y forma de los frutos (Partenocarpia).

- **CITOCININAS o CITOQUININAS:**

- Estimulan la mitosis. Produce aumento de la síntesis de ADN, ARN y proteínas.
- Favorece la formación de yemas laterales, estimulan la división celular en tejidos no meristemáticos.
- Las citoquininas se sintetizan en las raíces y son translocadas a través del xilema hasta el brote. También son producidas en las zonas de crecimiento, como los embriones y frutas jóvenes.
- La presencia de altos niveles de citoquininas puede facilitar su habilidad de actuar como un fuente demandante de nutrientes.

- **CITOCININAS o CITOQUININAS:**

- En la AGRICULTURA tiene las siguientes aplicaciones:

- - Retardo de la senescencia de flores y hortalizas de hojas, manteniendo por más tiempo el color verde
- - En manzanos, rosas o claveles promueve la ramificación lateral
- - En combinación con giberelinas controla forma y tamaño de algunos frutos (manzano)
- - Promueven la formación de vástagos en el cultivo in vitro.

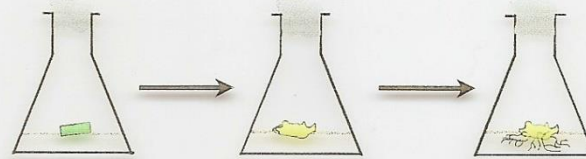
- Como derivan de una purina estimula el estado de transición del estado G2 en la mitosis,

- Actúan en la traducción del ARN, Incrementan la rapidez de síntesis de proteínas,

- Retardo de la senescencia (debido a su propiedad de generar alta división celular son fuente de nutrientes, por lo que realizan su efecto de retardo de la senescencia),

- Desarrollo de yemas adventicias.

INTERACCION AUXINAS/CITOCININAS

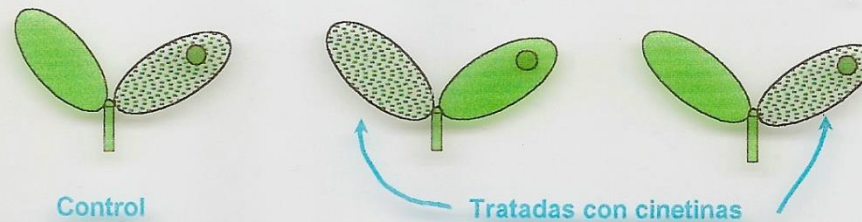


AIA (ppm)	0,0	2,0	2,0
Cit (ppm)	0,01	0,2	0,02



AIA (ppm)	0,0	0,3
Cit (ppm)	2,0	1,0

MOVILIZACION DE NUTRIENTES



● a. a. marcado

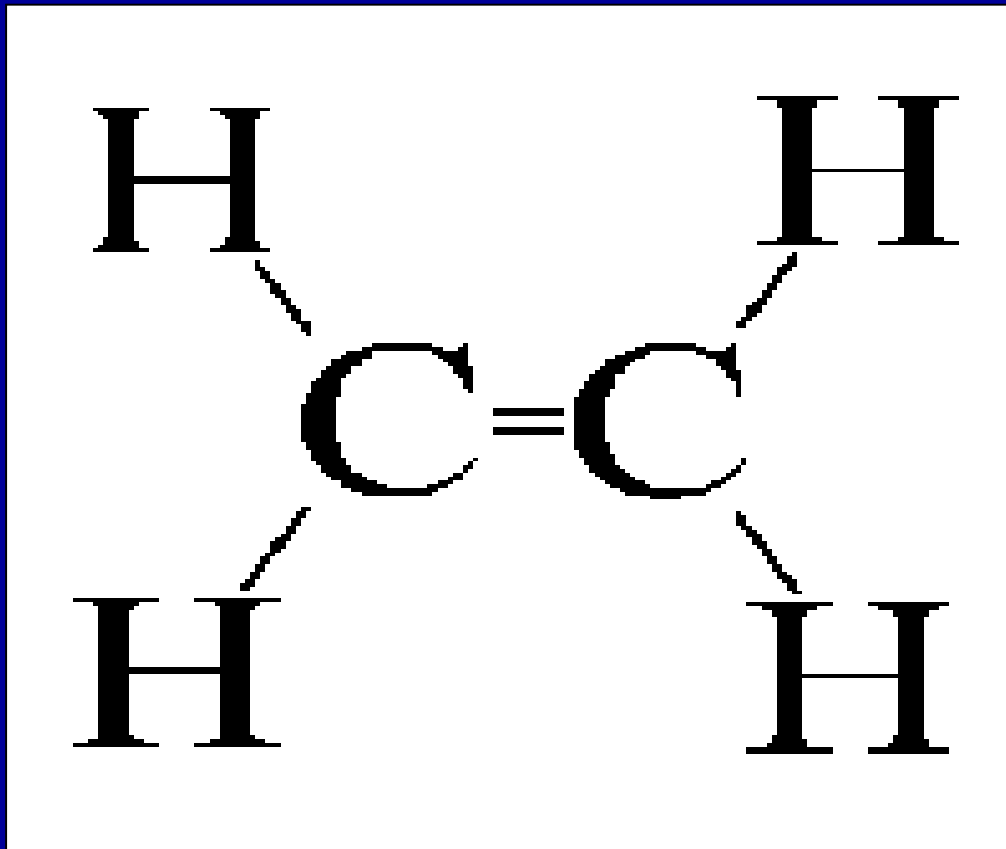
▨ a. a. movilizados

Cotiledones de zapallo

Acción Fisiológica de las Citocininas

- Promueve la Citocinesis e induce mas hojas en los ápices.
- Morfogénesis en cultivos de tejidos, yemas adventicias (Relación Auxinas/Citocininas).
- Inducen la formación de yemas adventicias en tallos.
- Retraso en la Senescencia de Plantas, Hojas, Flores y Frutos e inducción de la movilización de nutrientes.
- Promueve el agrandamiento celular en hojas y cotiledones.
- Promueve la actividad del Cambium.
- Promueve el desarrollo de cloroplastos y la síntesis de Clorofila.
- Promueve la Partenocarpia de frutos.
- Interactúa con las Auxinas en la Dominancia Apical.
- Crean centros de gran actividad metabólica en sitios de hojas donde se aplican.

Etileno

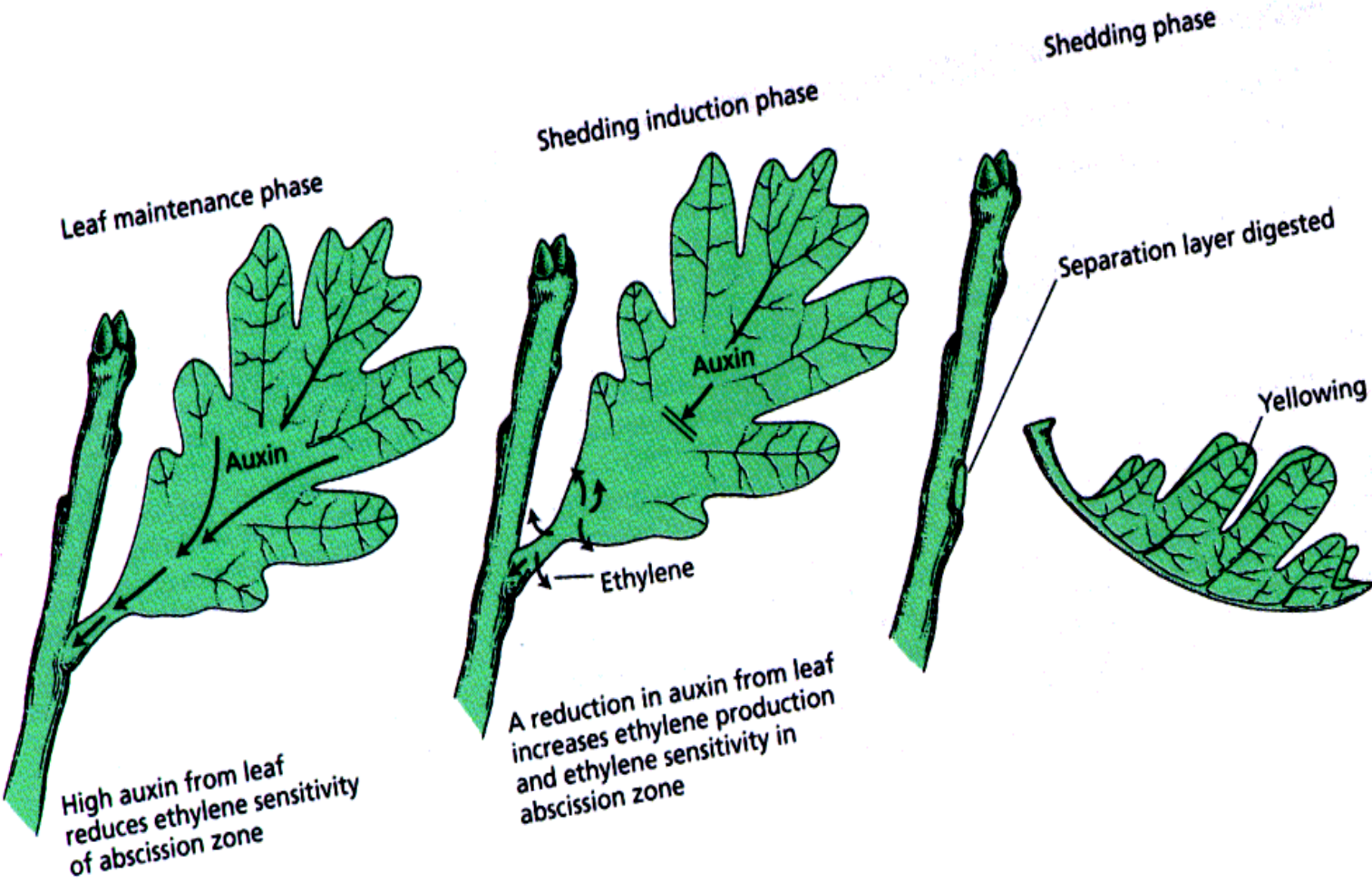


Triple respuesta del etileno



Un incremento en la concentración de etileno produce sobre la plántula del guisante (*Pisum sativum*) un acortamiento, un engrosamiento, y una tendencia al crecimiento horizontal del tallito de la misma a medida que la concentración de la hormona aumenta.

AUXIN-ETHYLENE LEAF SENESCENCE



Efectos fisiológicos etileno

- Estimula la germinación de semillas
- Inhibe el crecimiento del tallo y de la raíz
- Controla las respuestas al estrés
- Induce epinastias en las hojas
- Participa en la diferenciación radical
- Controla la maduración de frutos

- Durante la época de maduración de muchos frutos hay un gran incremento en la respiración celular, manifestado por una mayor producción de CO₂ y de etileno. Esta fase se conoce como *climaterio*, y los frutos que la desarrollan, *frutos climatéricos*. Los frutos que muestran una maduración gradual, tales como los cítricos, uvas, y fresas, se denominan *frutos no climatéricos*.

CLIMATÉRICOS	NO CLIMATÉRICOS
MANZANA	CEREZA
ALBARICOQUE	CALABAZA
AGUACATE	UVA
PLÁTANO	POMELO
CHIRIMOYA	PIÑA
HIGO	LIMÓN
MELÓN	NARANJA
MELOCOTÓN	MANDARINA
PERA	FRESA
TOMATE	
SANDÍA	

Etileno y maduración

Un uso importante del etileno es en la maduración de tomates y pimientos (morrones) recolectados verdes y almacenados en ausencia de etileno y tratados con éste justo antes de su comercialización con Ethrel o en camiones frigoríficos con el gas.

El etileno y la epinastia

- La curvatura hacia abajo y el enrollamiento que se produce en algunas hojas cuando el lado adaxial (haz) crece más que el lado abaxial (envés) se denomina epinastia.
- El etileno y altas concentraciones de auxina inducen epinastia.

Aplicaciones comerciales

- Es una de las fitohormonas más ampliamente utilizadas en agricultura.
- El compuesto químico más ampliamente utilizado es el ethephon o ácido 2-cloroetilfosfónico (nombre comercial Ethrel), en solución acuosa, fácilmente absorbible y transportado al interior de la planta. Libera etileno lentamente, por el pH alcalino del citoplasma, y produce la maduración de manzanas y tomates, así como el cambio de color en cítricos, y acelera la abscisión de flores y frutos.
- AVG y AOA inhiben la síntesis de etileno y retardan la maduración de frutos, sales de Ag^+ y Metil ciclo propano, inhiben la acción actuando en el receptor, también el CO_2 , pero este es inhibidor competitivo, los otros alostéricos.

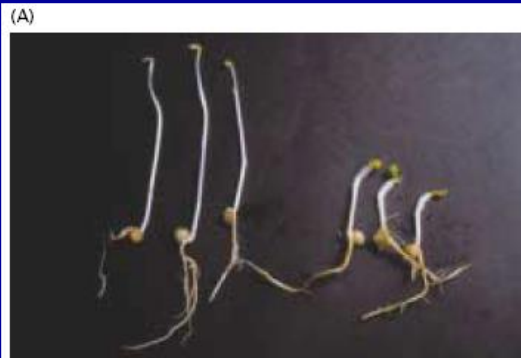
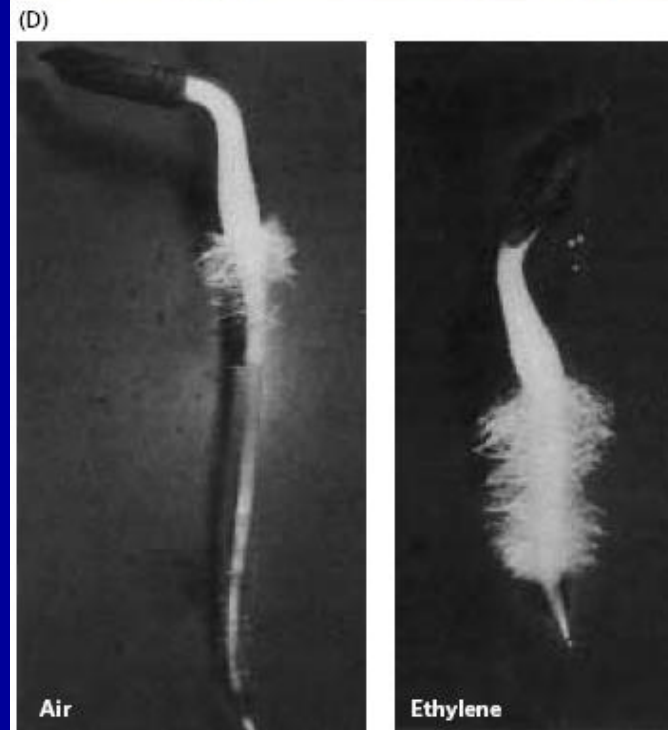


FIGURE 22.5 Some physiological effects of ethylene on plant tissue in various developmental stages. (A) Triple response of etiolated pea seedlings. Six-day-old pea seedlings were treated with 10 ppm (parts per million) ethylene (right) or left untreated (left). The treated seedlings show a radial swelling, inhibition of elongation of the epicotyl, and horizontal growth of the epicotyl (diagravitropism). (B) Epinasty, or downward bending of the tomato leaves (right), is caused by ethylene treatment. Epinasty results when the cells on the upper side of the petiole grow faster than those on the bottom. (C) Inhibition of flower senescence by inhibition of ethylene action. Carnation flowers were held in deionized water for 14 days with (left) or without (right) silver thiosulfate (STS), a potent inhibitor of ethylene action. Blocking of ethylene results in a marked inhibition of floral senescence. (D) Promotion of root hair formation by ethylene in lettuce seedlings. Two-day-old seedlings were treated with air (left) or 10 ppm ethylene (right) for 24 hours before the photo was taken. Note the profusion of root hairs on the ethylene-treated seedling. (A and B courtesy of S. Gepstein; C from Reid 1995, courtesy of M. Reid; D from Abeles et al. 1992, courtesy of F. Abeles.)



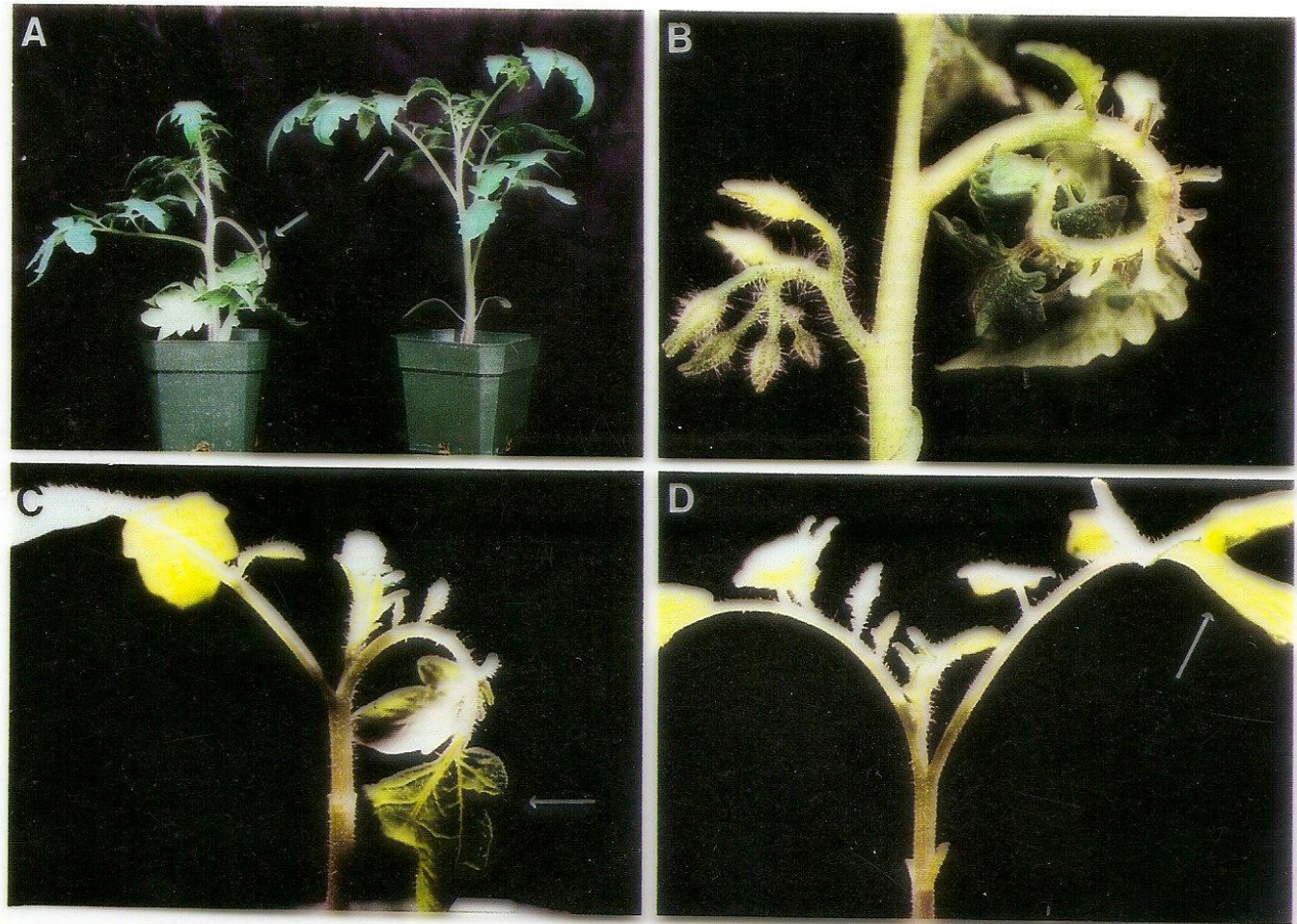


Figure 2. The Epinastic Response to Ethylene Is Inhibited in *Nr* Petioles.

(A) Leaflets of UC82B (left) and line 5673, which expresses ACC deaminase (right), that were infiltrated with 20 μ L of 20 mM ACC and photographed 16 hr later (arrows indicate infiltrated leaves).

(B) UC82B plant that expresses the ACC synthase gene constitutively (line 7776).

(C) Pearson *nr/nr* plant that was infiltrated with 20 μ L of 20 mM ACC (in leaf indicated by arrow) and photographed 16 hr later.

(D) Pearson *Nr/Nr* plant that was infiltrated with 20 μ L of 20 mM ACC (in leaf indicated by arrow) and photographed 16 hr later.

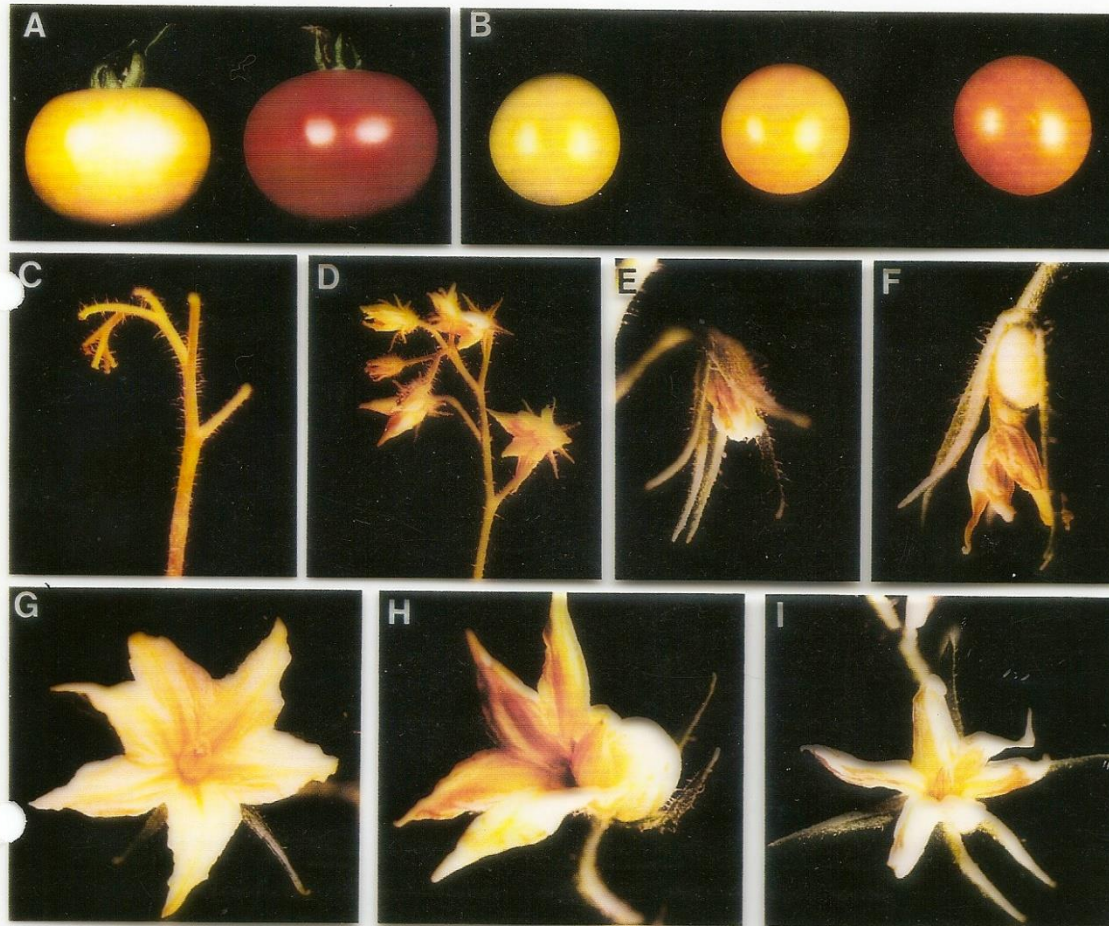
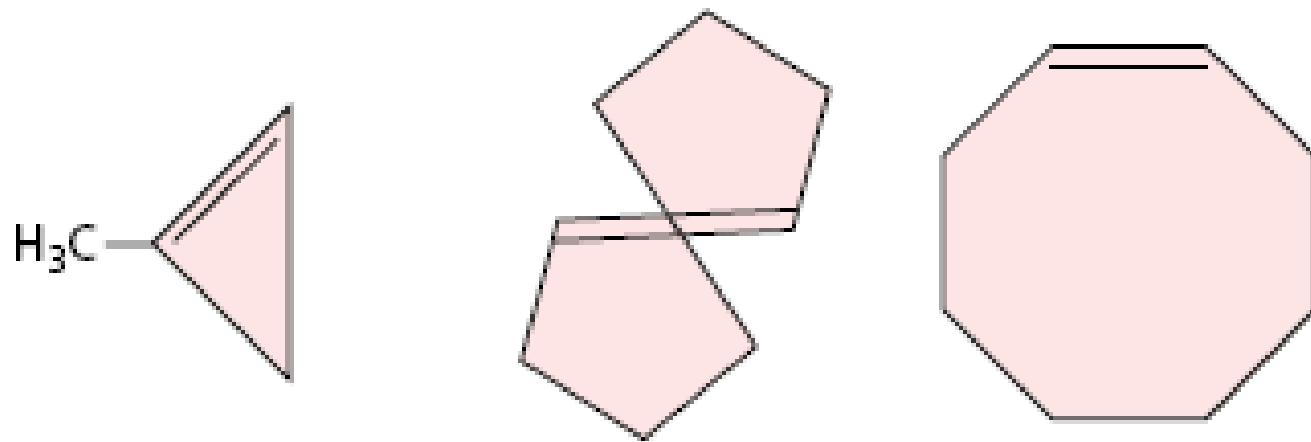


Figure 4. The Effects of Ethylene on Abscission and Senescence in Tomato.

- (A) Tomato fruit from Pearson *Nr1Nr* (left) and Pearson *nr1nr* (right) plants ~3 and 2 weeks, respectively, after breaker stage.
- (B) Tomato fruit from Ailsa Craig *Nr1Nr* (left), Ailsa Craig *Nr1Nr* (middle), and Ailsa Craig *nr1nr* (right) plants 7 days after breaker stage.
- (C) Tomato inflorescence from a Pearson *nr1nr* plant after 3 days of exposure to 50 μL/L ethylene.
- (D) Tomato inflorescence from a Pearson *Nr1Nr* plant after 3 days of exposure to 50 μL/L ethylene.
- (E) A 6-day-old senescent Pearson *nr1nr* flower.
- (F) A 9-day-old senescent Pearson *nr1nr* flower with a small developing fruit.
- (G) An 11-day-old Pearson *Nr1Nr* flower showing no signs of senescence.
- (H) A 13-day-old Pearson *Nr1Nr* flower (a sepal was removed for clarity) with a developing fruit showing limited signs of senescence.
- (I) A Pearson *Nr1Nr* flower (>15 days old) showing the type of petal senescence characteristic of unfertilized flowers of the mutant.



1-Methylcyclopropene
(MCP)

trans-Cyclooctene

cis-Cyclooctene

FIGURE 22.3 Inhibitors that block ethylene binding to its receptor. Only the *trans* form of cyclooctene is active.

The RAN1 protein is required to assemble the copper cofactor into the ethylene receptor.

In the absence of ethylene, ETR1 and the other ethylene receptors activate the kinase activity of CTR1. This leads to a repression of the ethylene response pathway, possibly through a MAP kinase cascade. The binding of ethylene to the ETR1 dimer results in its inactivation, which causes CTR1 to become inactive.

The inactivation of CTR1 allows the transmembrane protein EIN2 to become active.

Activation of EIN2 turns on the EIN3 family of transcription factors, which in turn induce the expression of ERF1. The activation of this transcriptional cascade leads to large-scale changes in gene expression, which ultimately bring about alterations in cell functions.

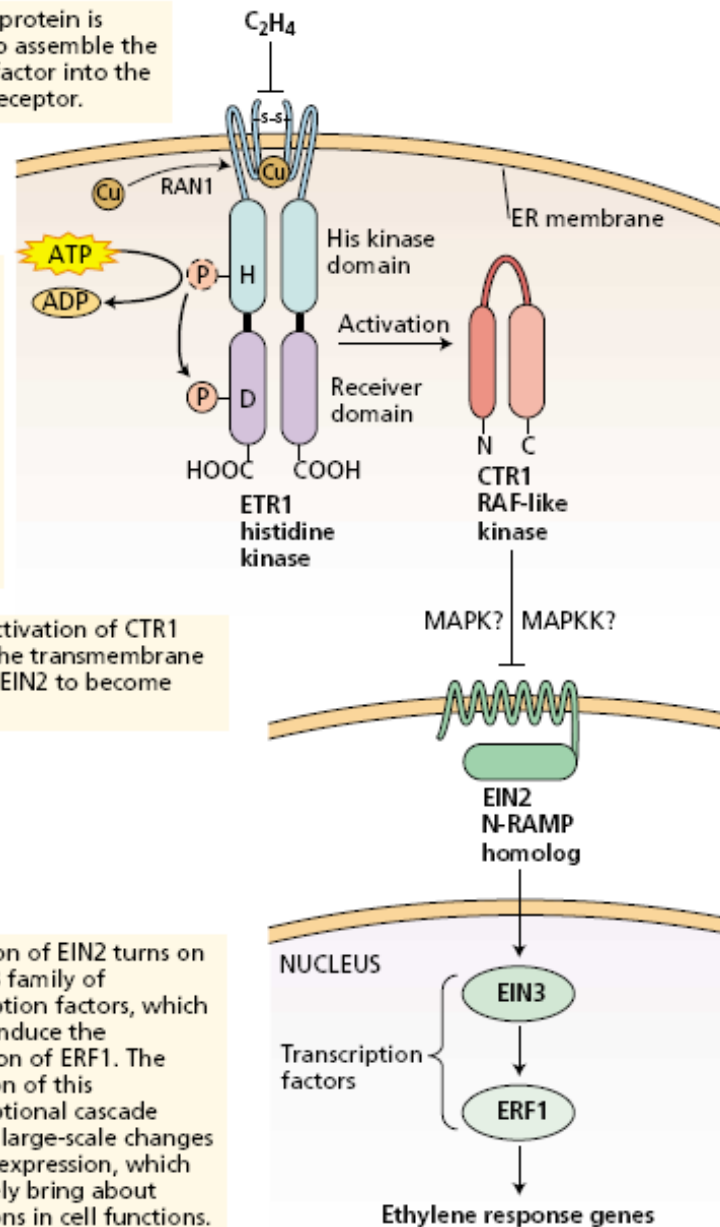
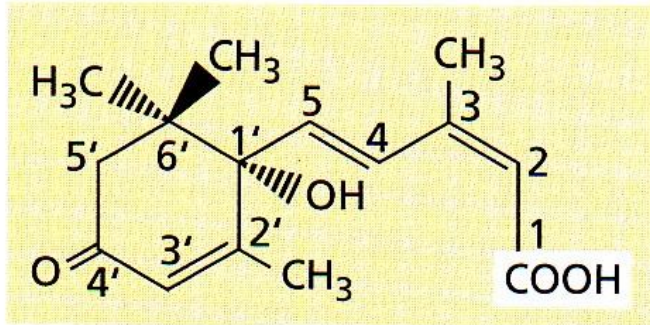
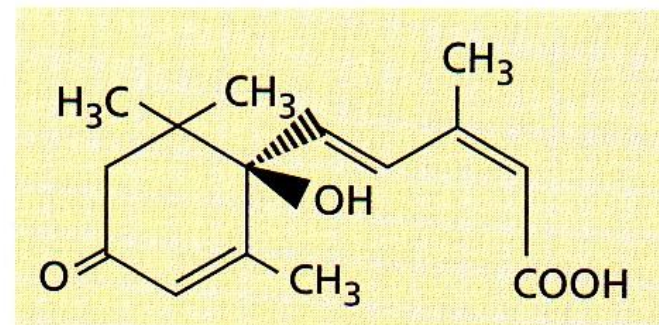


FIGURE 22.16 Model of ethylene signaling in *Arabidopsis*. Ethylene binds to the ETR1 receptor, which is an integral membrane protein of the ER membrane. Multiple isoforms of ethylene receptors may be present in a cell; only ETR1 is shown for simplicity. The receptor is a dimer, held together by disulfide bonds. Ethylene binds within the trans-membrane domain, through a copper co-factor, which is assembled into the ethylene receptors through the RAN1 protein.

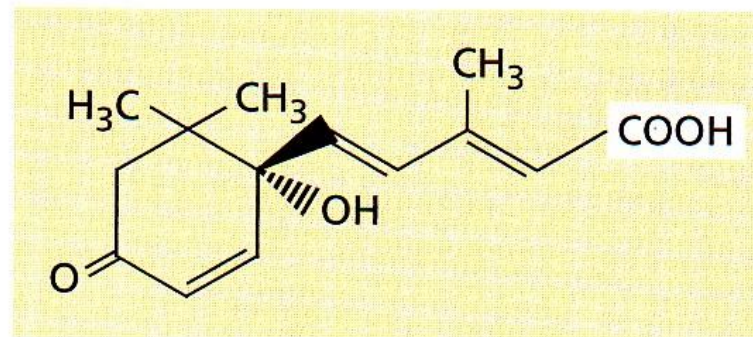
Acido Abscísico



(S)-cis-ABA
(naturally occurring
active form)



(R)-cis-ABA
(inactive in stomatal closure)

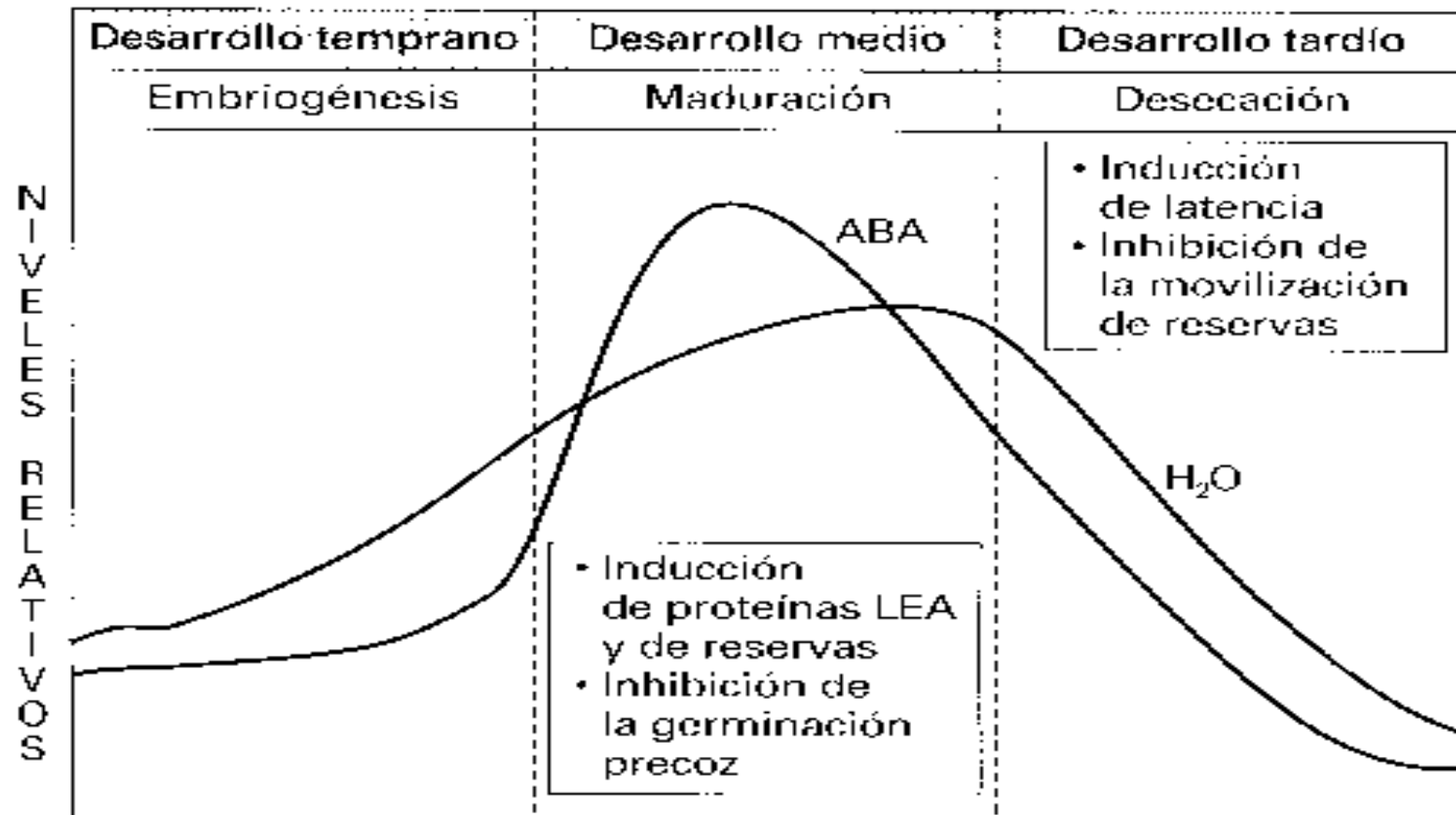


(S)-2-trans-ABA (inactive, but
interconvertible with active
[cis] form)

Efectos fisiológicos ABA

- Incrementa frente al estrés hídrico e induce el cierre de los estomas
- Incrementa también frente al estrés salino, térmico o por lesiones
- Controla el desarrollo embrionario de las semillas
- Inhibe la germinación
- Promueve la dormición de semillas
- Inhibe el desarrollo vegetativo
- Participa en la abscisión de hojas, flores y frutos

Evolución del contenido hídrico y ABA durante el desarrollo de la semilla



Aplicaciones comerciales

- **ABA Es una de las fitohormonas no utilizadas comercialmente en agricultura.**
- **Si otros inhibidores del crecimiento. CCC, ALAR, AMO 1618. Estos Inhiben la síntesis de Giberelinas en las plantas.**

REGULADORES DEL CRECIMIENTO

Promotores

Auxinas
Giberelinas
Citocininas
Etileno
Otros

Inhibidores

Inhibidores

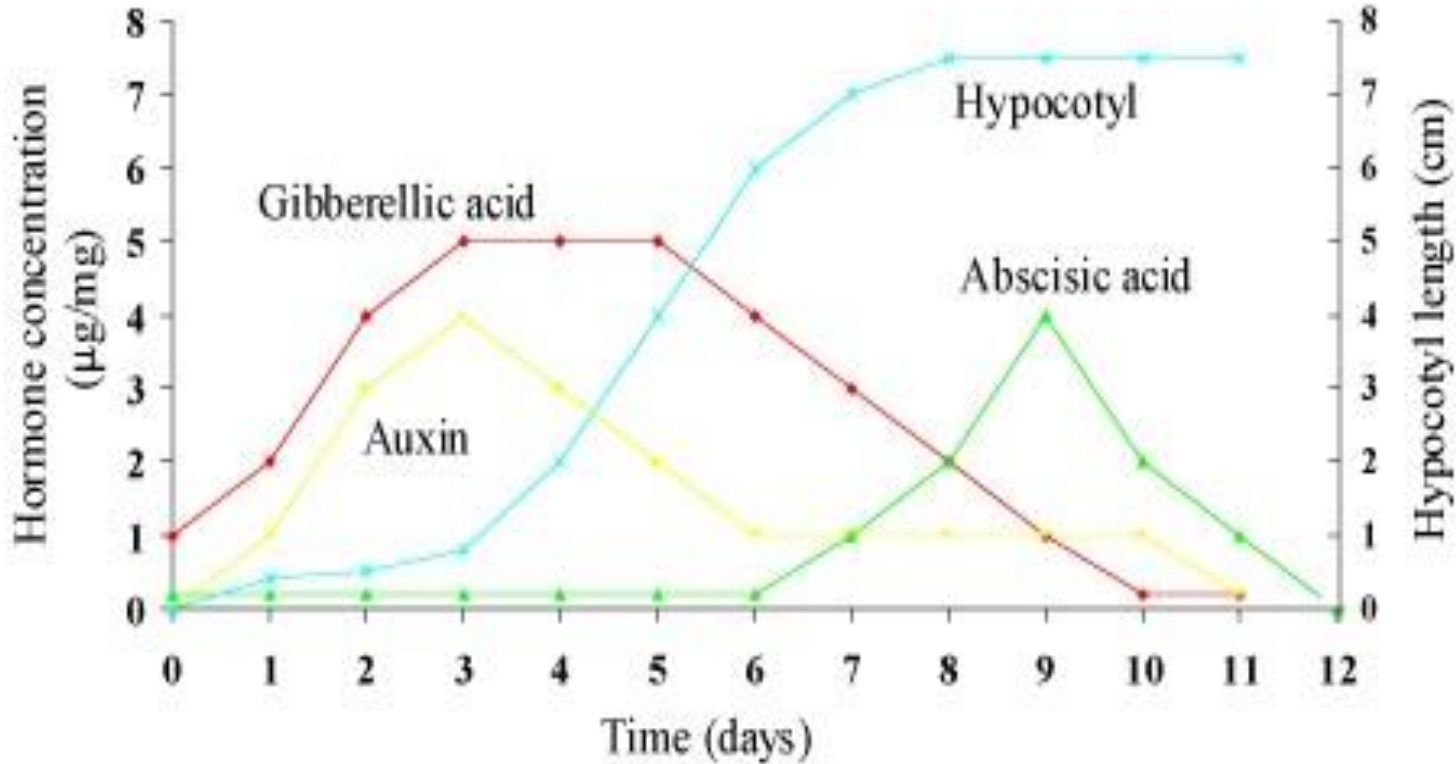
ABA

Otros

Retardantes del crecimiento

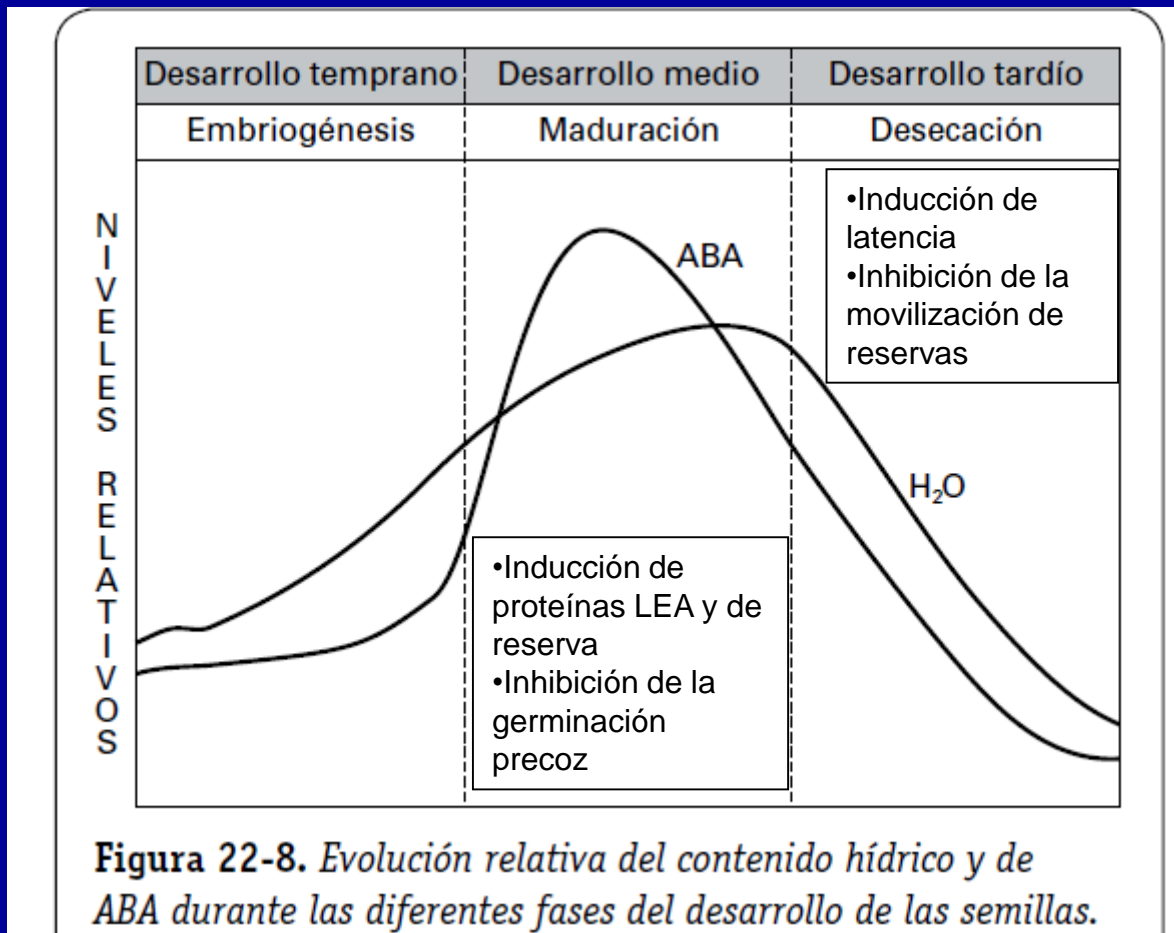
USO DE REGULADORES EN CULTIVOS EXTENSIVOS, INTENSIVOS, PASTURAS Y FORESTALES

- **Enraizamiento de estacas, hojas y raíces**
- **Dormición de semillas y yemas.** Los reguladores que se utilizan para romper la dormición de las yemas son principalmente **giberelinas y citocininas**.
- **Prolongación del reposo de yemas inhibidores**, dependiendo del costo de aplicación, o con antigiberelinas (CCC, Phosfon-D, Alar).
- **Dormición y brotación en papa**



Plant hormones play a role in regulating seed germination. The graph below shows changes in hormone concentrations (left axis) and hypocotyl growth (right axis) over time for mung bean. Which hormone(s) most likely regulates hypocotyl (bean sprout) growth during mung bean germination?

ABA, Controla el desarrollo embrionario de las semillas.

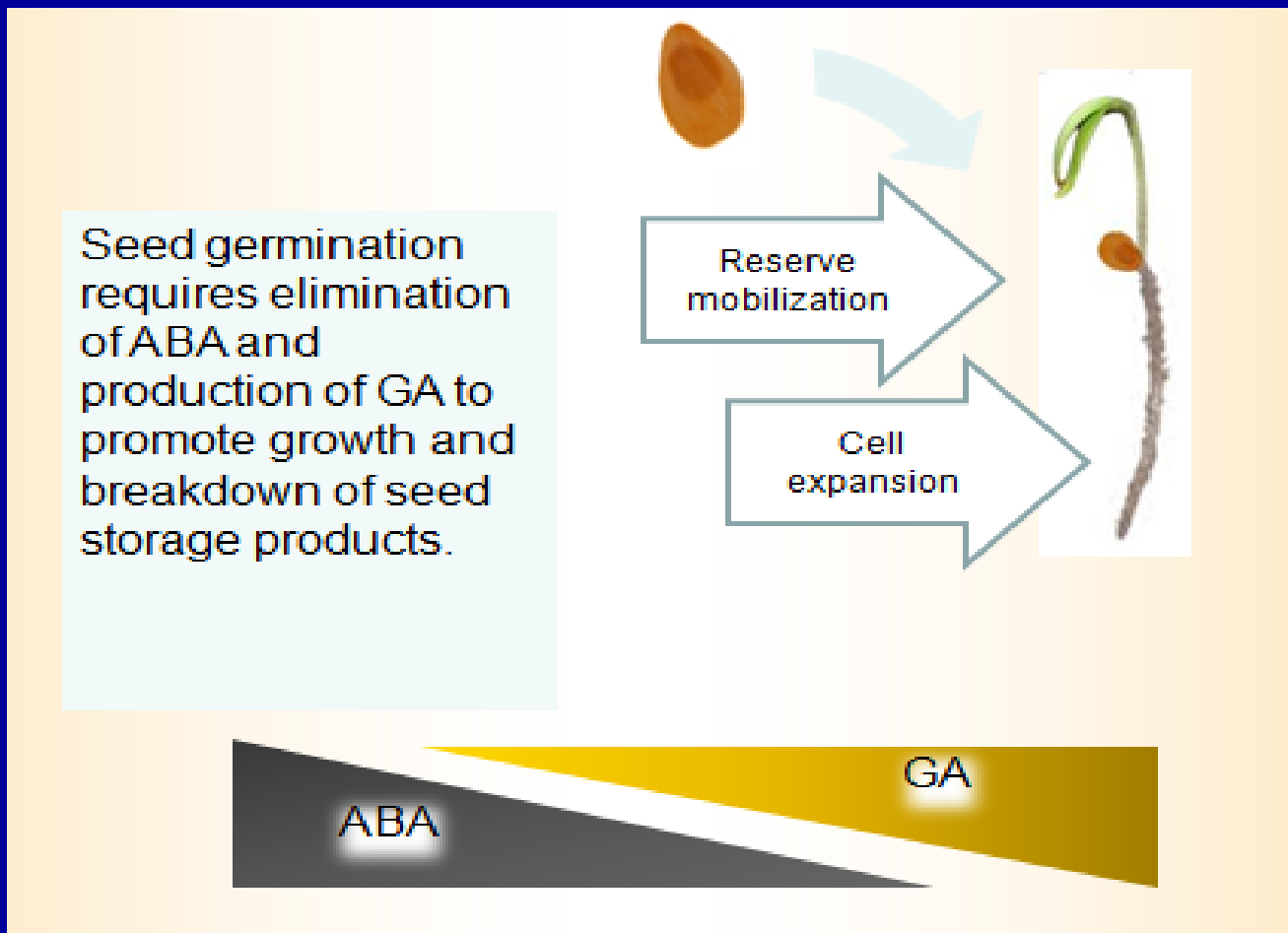


El ABA favorece la acumulación de reservas y la tolerancia a la desecación de las semillas.

Figura 22-8. Evolución relativa del contenido hídrico y de ABA durante las diferentes fases del desarrollo de las semillas.

GA es requerido para la germinación y para la brotación de yemas.

Página 154 “Propagación de Plantas”, Hartmann/Kester





Dormición y brotación en papa

- Cuando los tubérculos deben almacenarse por períodos prolongados con destino al consumo fresco o para la industria, deben ser conservados a temperaturas entre 6 a 10 °C, pero a la vez se deberá evitar la brotación.

Dormición y brotación en papa:

Inducción de Dormición:

- **CIIPC** se aplica como producto comercial al 50 % sobre los tubérculos almacenados a razón de 100 ml.Tn-1 de tubérculos.
- **Ester metílico del α -ANA** que se aplica a razón de 25 mg.Tn-1 de tubérculos.
- **Hidrazida maleica (HM)** Inhibidor de brotación que se aplica sobre el follaje entre 10 a 15 días, previo a la senescencia o entrega de la planta, el cual se traslada a los tubérculos e inhibe su brotación posterior. La HM se aplica a razón de 1000-2500 ppm. ha-1 hasta goteo.

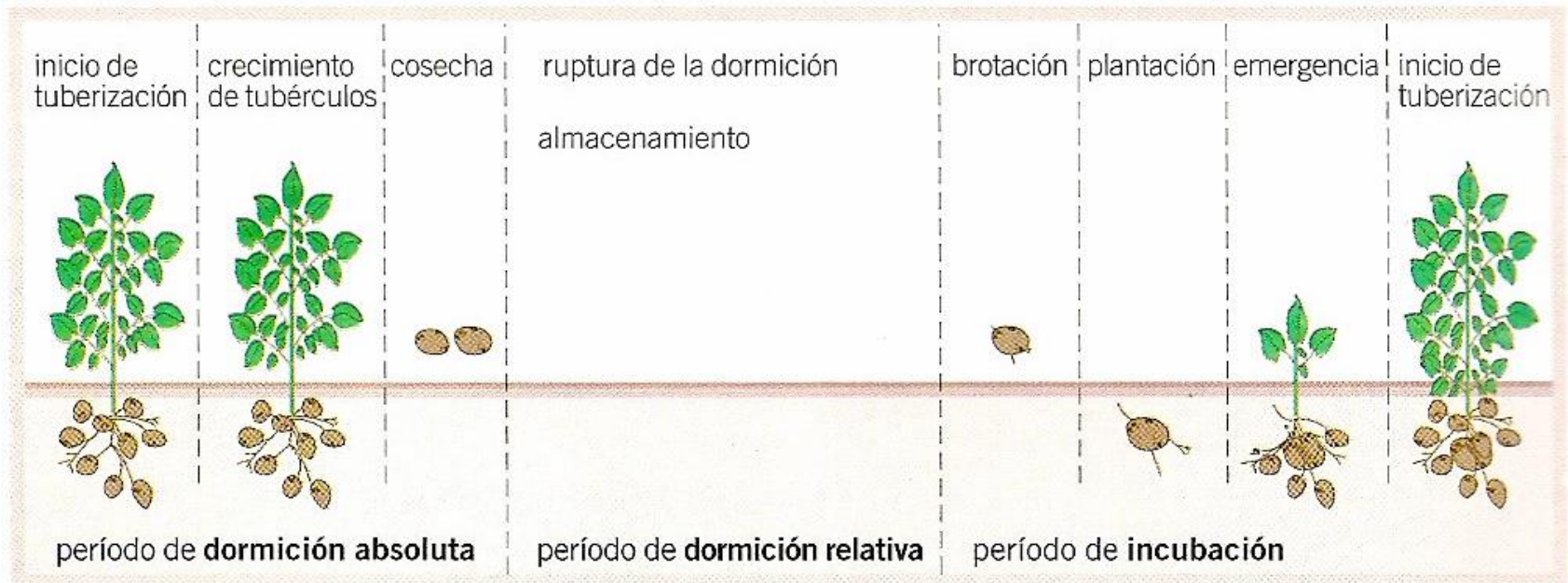
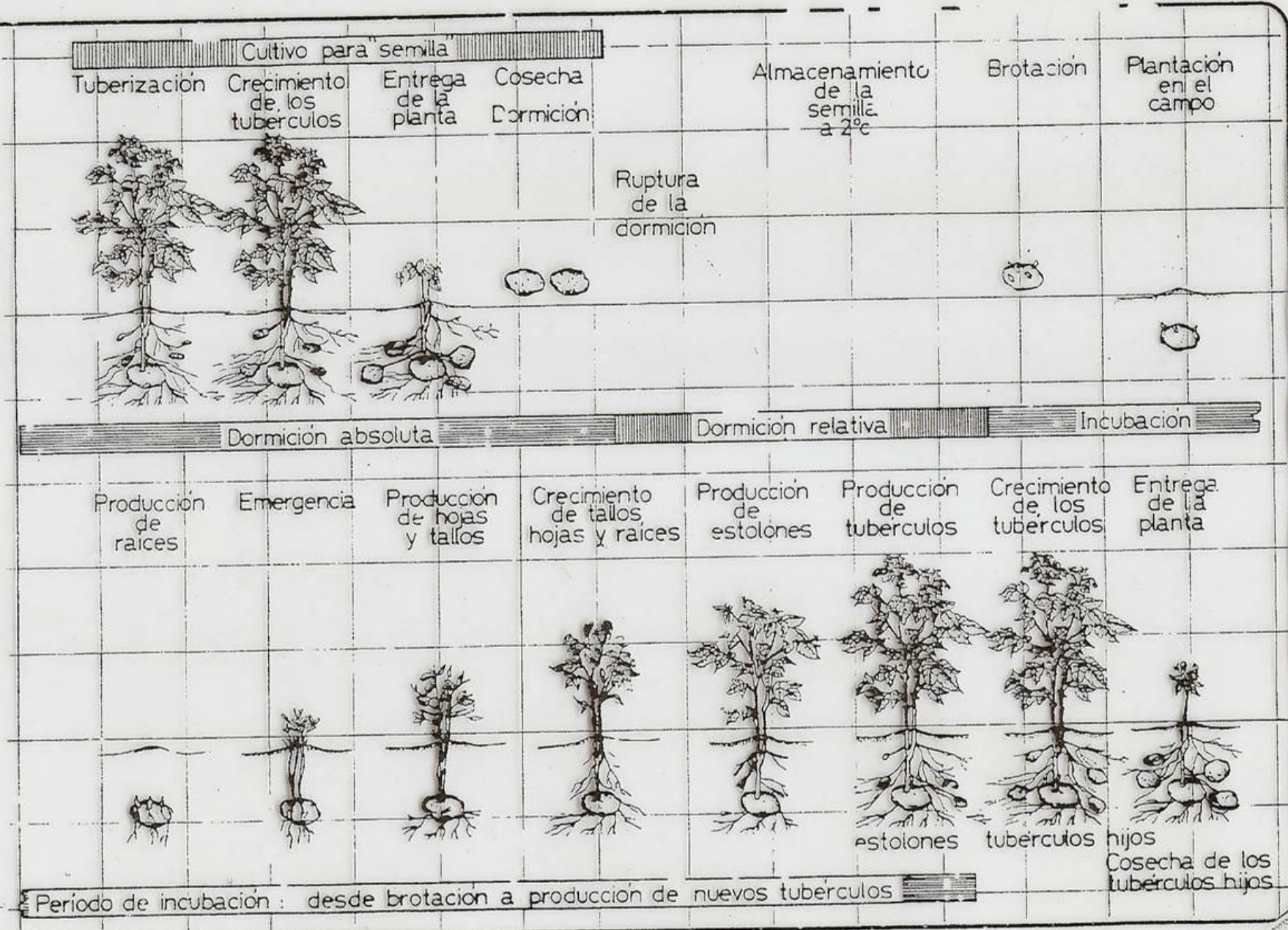
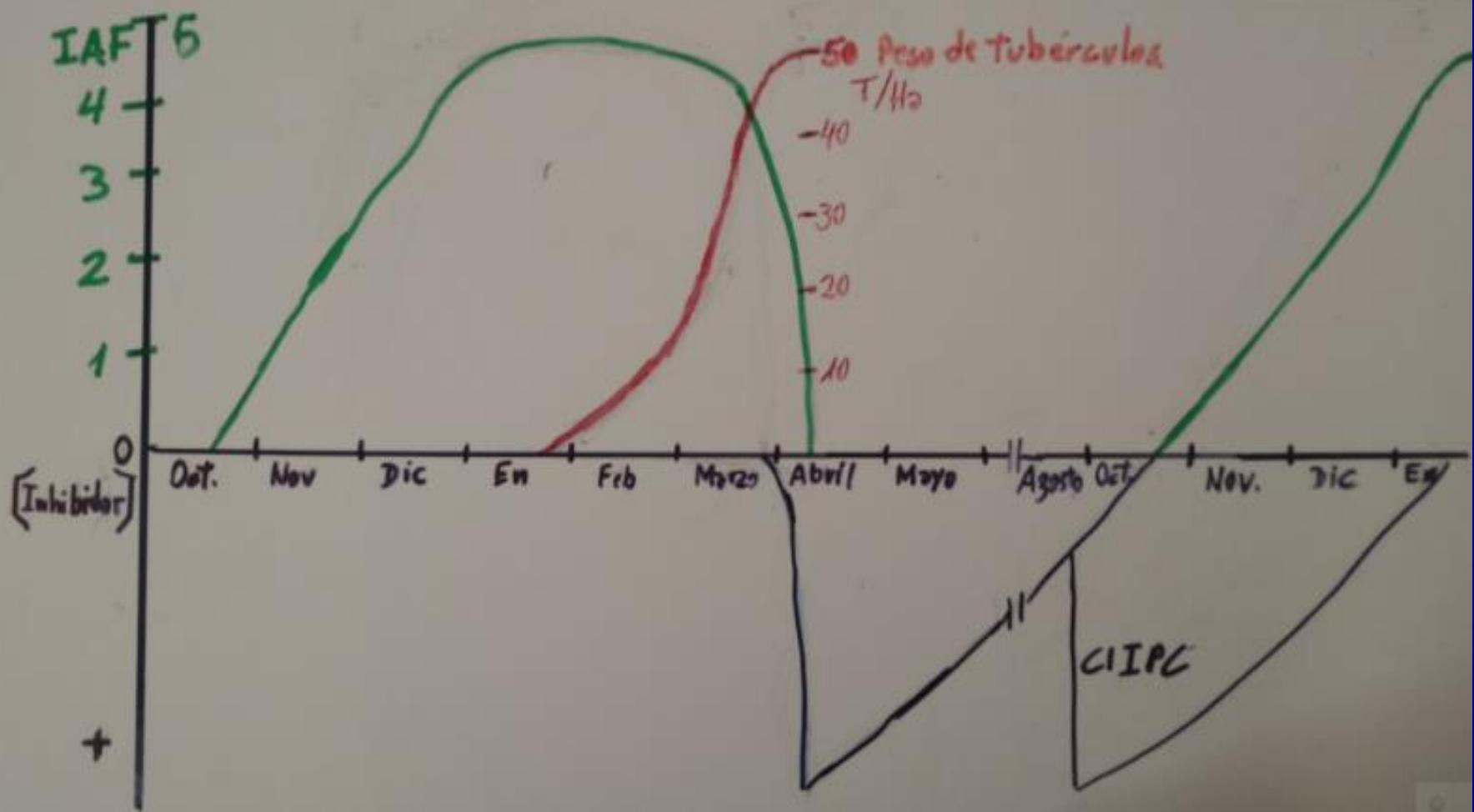


Fig. 5.7. Ciclo de vida de un tubérculo de papa con indicación de la duración de los períodos de dormición absoluta y relativa e incubación. Adaptado de Caldiz (1994).

Figura 1. Ciclo de vida de un tubérculo de papa.





HM (Hidrazida maleica). Inhibidor de la brotación

- **CEBOLLA**

- Antes de la cosecha (aproximadamente 15 días) inhibe la posterior brotación de los bulbos. La HM se aplica a razón de 1000-2500 ppm hasta goteo.

- **PAPA**

- La HM se aplica a razón de 1000-2500 ppm hasta goteo, sobre el follaje entre 10 a 15 días, antes de la cosecha. Estos tubérculos no podrán utilizarse como papa semilla.

CIIPC: Inhibidor de la brotación

- **PAPA:**
Como producto comercial al 50 % sobre los tubérculos almacenados a razón de 100 ml.Tn-1 de tubérculos.
- **BATATA:**
Como producto comercial al 50 % sobre los tubérculos almacenados a razón de 100 ml.Tn-1 de tubérculos.

Ruptura de la Dormición:

Aplicaciones de GA3 en concentraciones de 50 a 100 ppm.

Tratamientos de citocinina entre 10 a 100 ppm.

INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN: ANANA

- **Pequeñas concentraciones de auxinas inducen la floración mientras que altas la inhiben.**
- **La única auxina que no es efectiva es el AIA, esto se explica dado que enzimas, como la AIA oxidasa, y la luz la destruyen.**
- **Se utiliza la sal sódica de ANA en concentraciones de 20 ppm.**
- **El 2,4-D se usa en concentraciones entre 5 a 10 ppm.**
- **El etileno en agua da mejores resultados. Tratamientos con ethefon da buen resultados.**

INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN: CONIFERAS

- **GA3 en *Cupressus arizonica* a los 88 días de germinado.**
- **En otras especies de este género fue inducida la floración con GA3, en concentraciones de 100 a 200 ppm, dos veces por semana, a los 15 días los meristemas en estado reproductivo.**
- **Varias especies del género *Thuja* también fueron inducidos por las giberelinas.**
- **En la familia de las pináceas no tuvieron éxito los tratamientos.**
- ***Sequoia sempervirens* florece a los 20 años, con tratamientos hasta 50 ppm de GA3, cada semana, floreció a los 4 meses.**
- **La *Sequoia gigantea*, que florece a los 70 años, con el mismo tratamiento floreció al año.**

Inducción de floración en plantas bienales: GA3

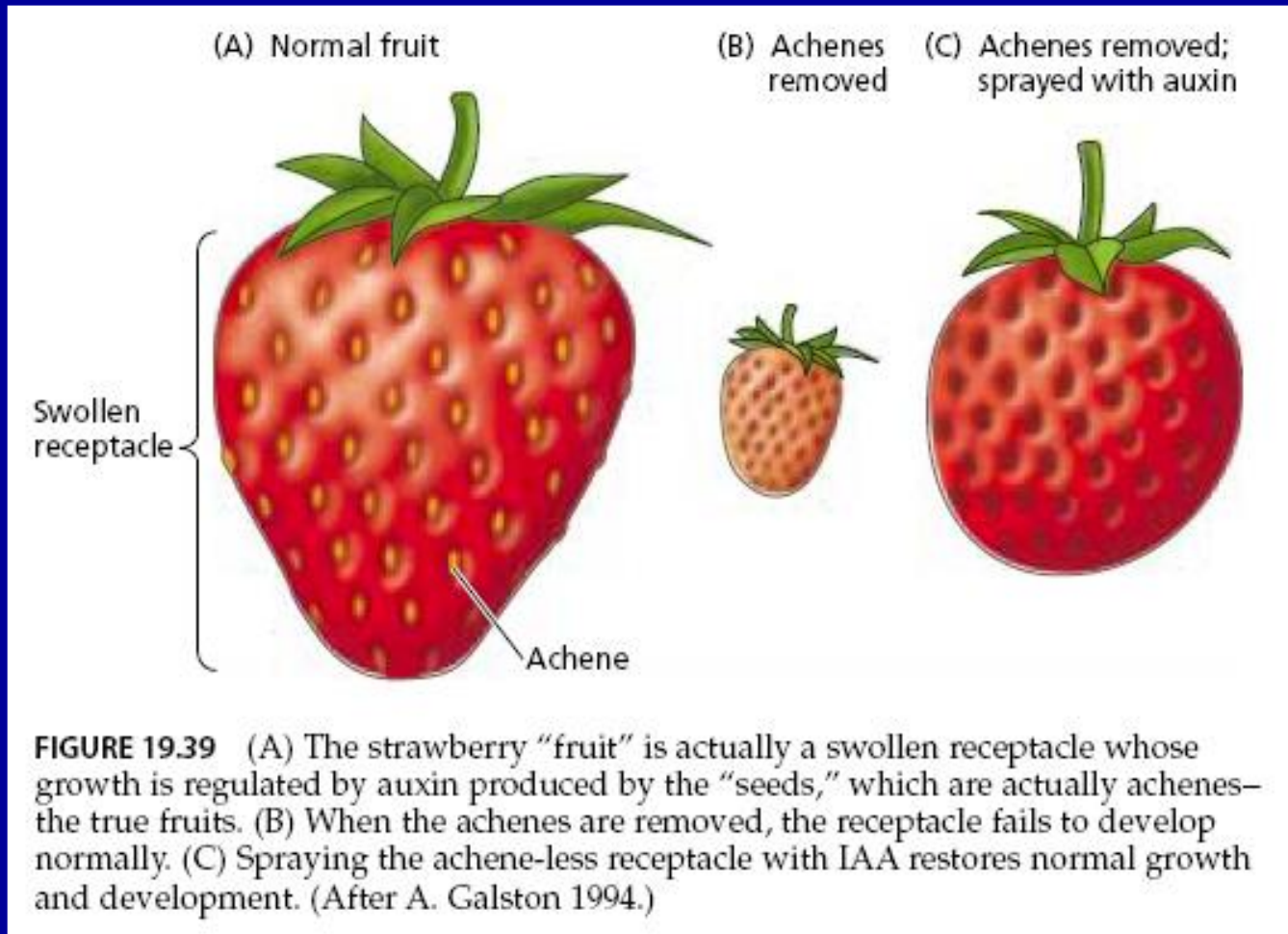


- Hortalizas de hoja que requieren un tratamiento en frío o días largos para florecer, responden a las giberelinas.
- Se induce a florecer por medio de giberelinas a plantas bienales: zanahoria, remolacha, col, lechuga, acelga, achicoria.
- Los resultados indican que los requisitos de bajas temperaturas en la floración de plantas bienales, pueden reemplazarse parcial o totalmente, por medio de una o varias aspersiones foliares de giberelinas en concentraciones de 100 a 1000 ppm.

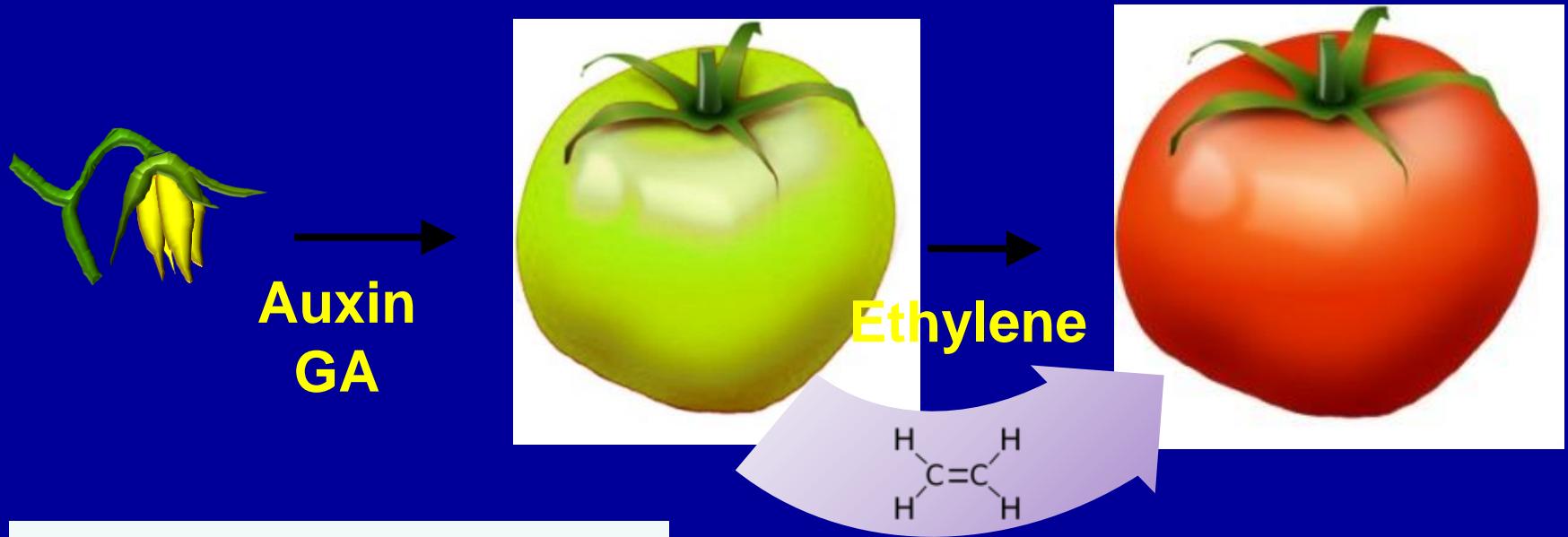
Inducción de floración en plantas anuales de DL cultivadas en DC: GA₃

- **Todas las especies de DL cultivadas en DC responden al tratamiento con GA. En algunos casos requieren varias aplicaciones.**
- **Concentraciones. Varían entre 100 y 1000 ppm.**

Parthenocarpy



Maduración de frutos



Ethylene is a gaseous hormone that promotes fruit softening and flavor and color development

ABSCISIÓN

- **Control hormonal de la abscisión de las hojas en cultivos agrícolas. Algodón, PARAQUAT como defoliante. 300 g/ha.**
- **En frutales manzanas, durazno, pera, ciruela, ETHEFON antes de la cosecha 500-2000 ppm.**
- De flores y frutos cuajados o pequeños, para mejorar el tamaño e impedir las cosechas alternadas.
- Un año muchos frutos pequeños y al otro año ninguno o muy pocos grandes.

Naturales

Sustancias orgánicas aromáticas

Sustancias derivadas de lactonas

Sintéticos

Inhibidores

Hidrazida maleica

Morfactinas

Retardantes del crecimiento

Carbamatos (Amo 1618)

Derivados fosfónicos

(Fosfón D)

Análogos de la colina

(CCC)

Ácidos succinámicos y maleánicos (Alar o B9)

Clasificación	Clasificación según riesgo	Color de la banda	Leyenda
Clase Ia Producto sumamente peligroso	Muy Tóxico	Rojo	Muy Tóxico
Clase Ib Producto muy peligroso	Tóxico	Rojo	Tóxico
Clase II Producto moderadamente Peligroso	Nocivo	Amarillo	Nocivo
Clase III Producto poco peligroso	Cuidado	Azul	Cuidado
Clase IV Producto que normalmente no Ofrece peligro		Verde	Cuidado

HERBICIDAS AUXÍNICOS



DICAMBA, Auxinico



La presencia de malezas en pasturas, cultivos, montes frutales o bosques forestales provoca perjuicios por la disminución de la producción y por las erogaciones que se tienen que hacer para controlarlas.

El productor sabe que combatiéndolas contribuye a un mejor rendimiento, tanto cuantitativo como cualitativo, en cultivos extensivos o intensivos (hortícola, florícolas, montes frutales) y asegura la implantación de bosques forestales. Aquel que descuida su control pronto ve invadido sus cultivos o sus potreros por plantas que compiten con las cultivadas o que desalojan a las buenas forrajeras; sus campos se desvalorizan, su producción disminuye, los montes y bosques implantados no progresan, sus semillas y ganado pierden calidad y precio.

Por lo tanto, es de interés para el productor, como para el Ingeniero Agrónomo o Ingeniero Forestal, conocer la biología de las malezas para utilizar el método apropiado en el momento mas adecuado para su erradicación o control.

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

- **Características de las malezas**
 - **COMPITEN POR RECURSOS:** Luz (irradiancia), Agua , Nutrientes Minerales y espacio físico.
 - **ESTRATEGIAS DE INVASIÓN** (papus la semilla, estolones, rizomas, etc.) o **PERPETUACIÓN.**
 - **Semillas FOTOBLASTICAS.**
 - **ALELOPATÍA**

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

- Definición de Maleza

Del latín *Malitia* (*maldad*)

- • “Abundancia de hierbas malas que perjudican a los sembrados” Barcia 1902.
- • “Planta que crece donde no es deseada o planta fuera de lugar” Klingman 1961.

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

- **Definición de Maleza**
- “...término genérico antrópico, que califica o agrupa aquellas plantas que, en un momento o lugar dado y en un número determinado, resultan molestas, perjudiciales o indeseables en los cultivos o en cualquier otra área o actividad realizada por el hombre” Rodríguez 1988

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

- **Malezas**

- Son una de las principales causas de la disminución de rendimientos de los cultivos, debido a que compiten por agua, luz, nutrientes y dióxido de carbono; segregan sustancias alelopáticas; son albergue de plagas y patógenos, dificultando su combate y, finalmente, obstaculizan la cosecha, bien sea ésta manual o mecanizada.

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

Las malezas

- No constituyen una clase botánica particular
- Son una población vegetal espontánea
- Exhiben características propias para un sistema, en determinado lugar y tiempo

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

- 250.000 especies vegetales existentes
- 8.000 (3%) son consideradas malezas
- 250 sps. (0.1%) son problemáticas

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

Clasificación de la malezas.

- • **Por ciclo de vida:**
 - – Anuales
 - – Bienales
 - – Perennes
- • **Por su morfología**
 - – Hoja ancha = Dicotiledóneas
 - – Hoja angosta = Monocotiledóneas

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

- **Algunas características biológicas y fisiológicas de las malezas**
 - 1.Facilidad de dispersión
 - – Semillas similares a las de los cultivos (ej.: Avena guacha en cereales, Cuscuta en Alfalfa)
 - – Estructuras que permiten dispersión por viento, agua, etc.
 - 2.Capacidad de persistencia
 - -Elevada producción de semillas
 - -Prolongado período de viabilidad
 - -Germinación escalonada
 - -Plasticidad fisiológica y genética

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

- **Capacidad de competencia**
- -Elevada densidad, superioridad numérica
- -Germinación sincronizada con el cultivo
- -Rápida acumulación de materia seca
- -Morfología y fisiología (Arquitectura, C3 vs C4, Alelopatía)

Bases Fisiológicas de la Acción de los Herbicidas

• <i>MALEZA</i>	<i>Semillas/planta</i>	<i>Viabilidad en suelo/años</i>
• <i>Chenopodium album</i>	130.000 -500.000	>39
• <i>Solanum nigrum</i>	17.800	>39
• <i>Stellaria media</i> (Capiquí)	15.000	
• <i>Portulaca oleracea</i> (Verdolaga)	10.000	30 -40
• <i>Capsella bursa-pastoris</i>	3.500 -4.000	16 -35
• <i>Senecio vulgaris</i>	1.100 -1.200	
• <i>Avena fatua</i>	100 - 450	3 -8
• Rama negra	0,5 – 1 . 10 ⁶	

MÉTODOS DE CONTROL

- Métodos preventivos. Calidad de semilla, maquinarias, rutinas de control previo.
- Métodos de control. Maleza ya instalada.
 - ROTACIÓN DE CULTIVOS
 - BARBECHOS
 - LABORES MECÁNICAS
 - **APLICACIÓN DE HERBICIDAS. GUÍA FITOSANITARIA.**

Herbicidas.

Son productos químicos que en concentraciones fitotóxicas se utilizan para matar las plantas, inhibir el crecimiento o la germinación de semillas.

Cualquiera de estos tres efectos le permiten al cultivo ganar en la competencia a las malezas.

Clasificación de los herbicidas

Por su acción sobre distintas especies

A. SELECTIVOS

B. TOTALES



Gota de agua, con tensión superficial





Por su traslado en la planta

A. De contacto: no se trasladan en la planta.

B. Sistémico

Penetran y se trasladan en la planta pudiendo producir efectos metabólicos, en el lugar de aplicación o lejos en otros tejidos.

A. **Apoplásticos**: Son absorbidos por hojas, tallo o raíz y se trasladan por el apoplasto.

B. **Simplásticos**: Son absorbidos por hojas, tallo o raíz y se trasladan por el simplasto.

B. **Aposimplásticos**: se trasladan por las dos vías.

- **Por el momento de aplicación**
 - **pre-siembra: se aplican antes de sembrarse o plantarse.**
 - **pre-emergencia: se aplican después de la siembra pero antes que emerjan las plántulas.**
 - **post-emergencia: Se aplican después que emerge el cultivo.**

ABSORCIÓN

El ingreso y traslado de los herbicidas se lleva a cabo por el apoplasto o por el simplasto.

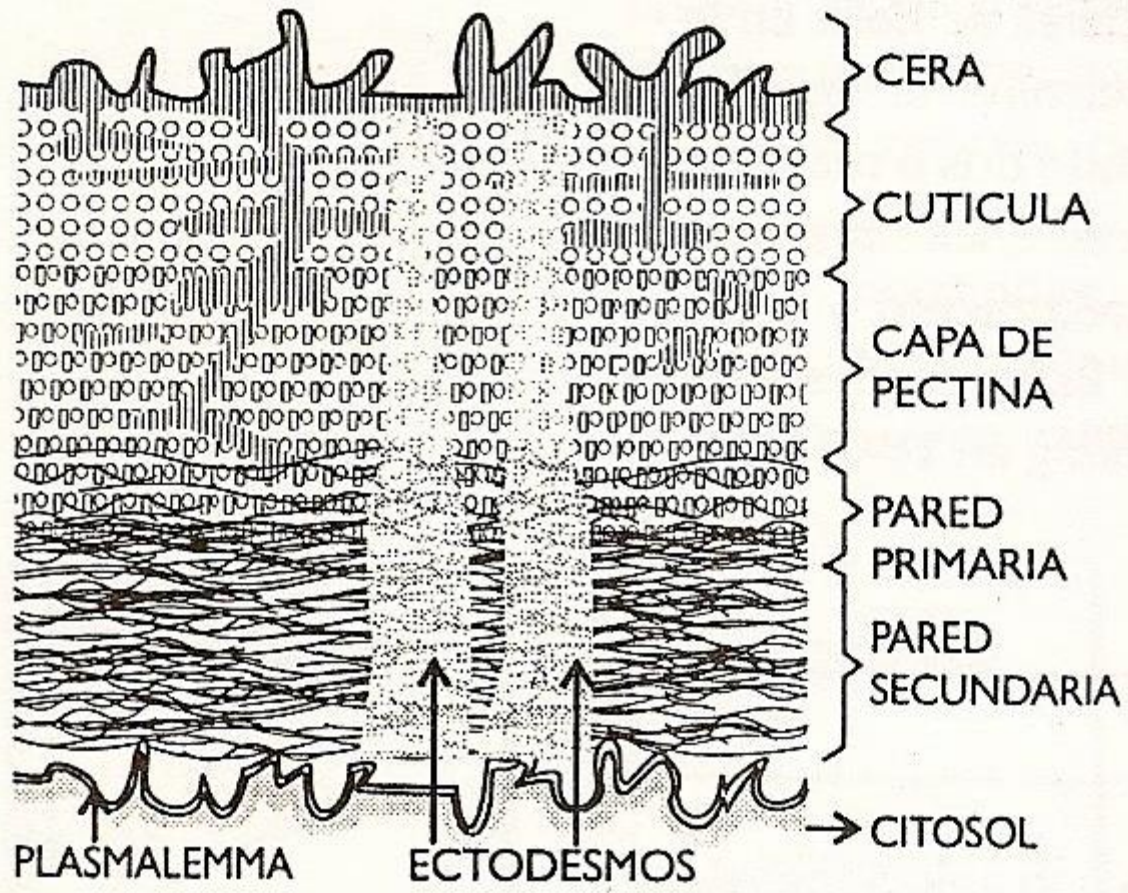
El apoplasto es un sistema de paredes celulares y espacios intercelulares interconectadas y saturados de agua.

El simplasto constituye la parte restante de la planta, es un continuo de protoplasmas interconectados.

Los herbicidas dañan o matan a las plantas, por su actividad dentro del simplasto.

Absorción por el Follaje

- El herbicida llega a la superficie foliar, para penetrar la hoja debe atravesar una serie de barreras.
 - cera epicuticular cuyo carácter, composición y espesor varía con la especie, la edad y las condiciones de crecimiento,
 - la cutícula propiamente dicha, que es una capa de cutina, que cubre las paredes celulares epidérmicas exteriores y se compone de alcoholes y ácidos grasos polimerizados de cadena larga,
 - La cutícula está atravesada por canales que se denominan ectodesmos, que conectan la plasmalemma con la superficie foliar.
 - Los ectodermos se encuentran con mayor densidad en las nervaduras y en las células oclusivas de las estomas. Estos constituyen una vía muy importante de penetración de los herbicidas a la hoja, atribuyéndose la alta correlación observada entre la densidad de estomas y la facilidad de penetración de herbicidas, al doble hecho de la falta de cera en las células oclusivas y la elevada densidad de ectodesmos que poseen.



Absorción por el Follaje

La absorción depende de su capacidad para atravesar la cutícula, la laminilla media y la pared celular.

Los compuestos solubles en lípidos atraviesan con facilidad la cutícula,

El agua y los solutos polares atraviesan con facilidad las porciones pépticas y celulósicas, herbicidas formulados como ésteres solubles en lípidos pueden penetrar a las hojas a través de la epidermis, aún cuando no haya estomas presentes.

La cutícula es permeable a las moléculas polares como son los iones de compuestos Clorofenoxi, Dalapón, HM (Hidrácida Máleica) y Glifosato.

TRASLADO

- Las vías por las que se mueven los herbicidas son las mismas por las que lo hacen los nutrientes y los azúcares, el apoplasto o el simplasto.
- Hay herbicidas que se mueven sólo por el **simplasto**, los ejemplos típicos son el 2,4 D y otros del tipo auxínico, su movilidad se ve favorecida por el flujo de fotosintatos pero no es muy rápida.
- Las Triazinas y las Ureas sustituidas se mueven por el **apoplasto**.
- El Dalapón lo hace por el xilema o el floema, **aposimplasto**, al igual que el Glifosato, el Piclorán (auxinico) y los Clorobenzoicos.

DESTOXIFICACION

- Además de ser absorbidos y trasladarse hasta el sitio de acción, los herbicidas deben alcanzar cantidades tóxicas de producto activo en las células para producir la muerte de la planta.
- La mayoría de los herbicidas se metabolizan o descomponen en sustancias no tóxicas y de esta forma se reduce la cantidad de producto activo.
- La pérdida de la actividad como herbicida dentro de la planta se conoce como destoxificación.
- La destoxificación puede ocurrir por varias formas, alteraciones en la molécula activa que la transforman en inactivas, por rotura de ligaduras, desprendimiento de átomos, agregado de nuevos átomos o grupos, hidrólisis, reducción, oxidación, etc.
- Pueden formar sustancia ligadas, al igual que las auxinas, otras hormonas y reguladores en la planta, en estos casos con **glutación**
- Pueden ser adsorbidos en coloides (laminilla media y pared celular) y también se pueden acumular en las vacuolas, algunos autores consideran a la vacuola como apoplasto.

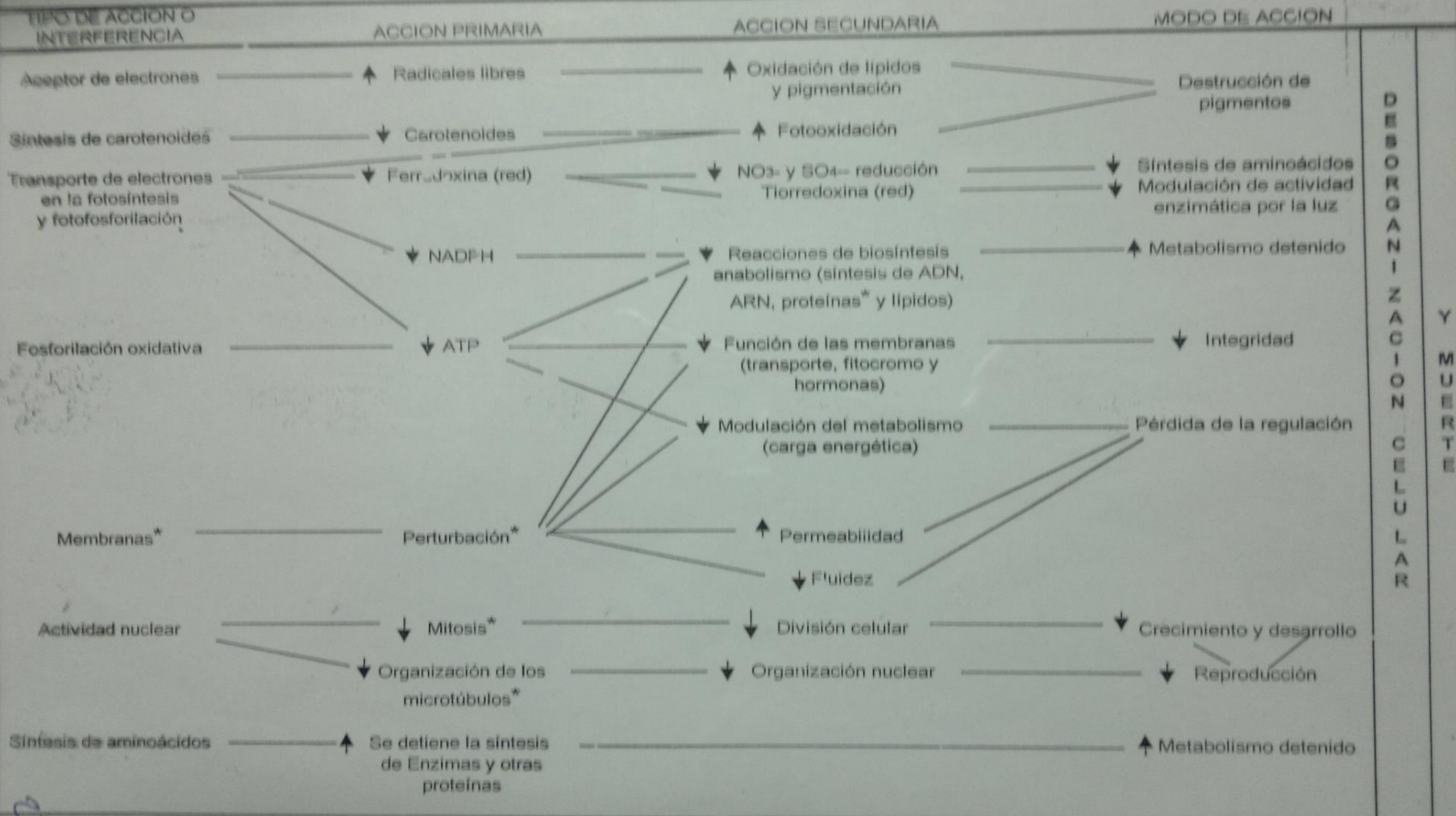
Los “antídotos” utilizados inducen la síntesis del tripeptido glutation (en forma diferencial) el cual se conjuga con el herbicida inactivándolas.

MECANISMOS DE ACCION

- **1) Interfieren en el proceso fotosintético**
 - **Desviadores o aceptores de electrones:** Ej.: Paraquat y Diquat.
 - **Inhibidores de transporte de electrones:** Ej.: Simazina, Atrazina, etc.
 - **Desacoplantes de la fotofosforilación:** Ej. : Bromoximil, Ioxinil, Diclobenil.
 - **Inhibidores de la ATP sintetasa:** No comerciales.
 - **Síntesis de carotenoides e indirectamente por el desarrollo de los cloroplastos:** Ej.: Metilfluorazona.
- **2) Alteran el transporte de electrones y la fosforilación oxidativa en las mitocondrias. Fenilcarbamatos.**
- **3) Alteran la composición, permeabilidad e integridad de las membranas. Bromoxinil. Triazinas.**
- **4) Interfieren en la división celular, producen aberraciones mitóticas, vacuolización y alargamiento celular. Trifluralinas.**
- **5) Compuestos de acción auxínica. 2-4-D**
- **6) Afectan enzimas específicas de la síntesis de aminoácidos. Glifosato.**



Mecanismos de acción



DESORGANIZACIÓN CELULAR Y MUERTE

↓ Disminución ↑ Aumento

*acción primaria de la síntesis de aminoácidos

Photosynthesis: The Light Reactions

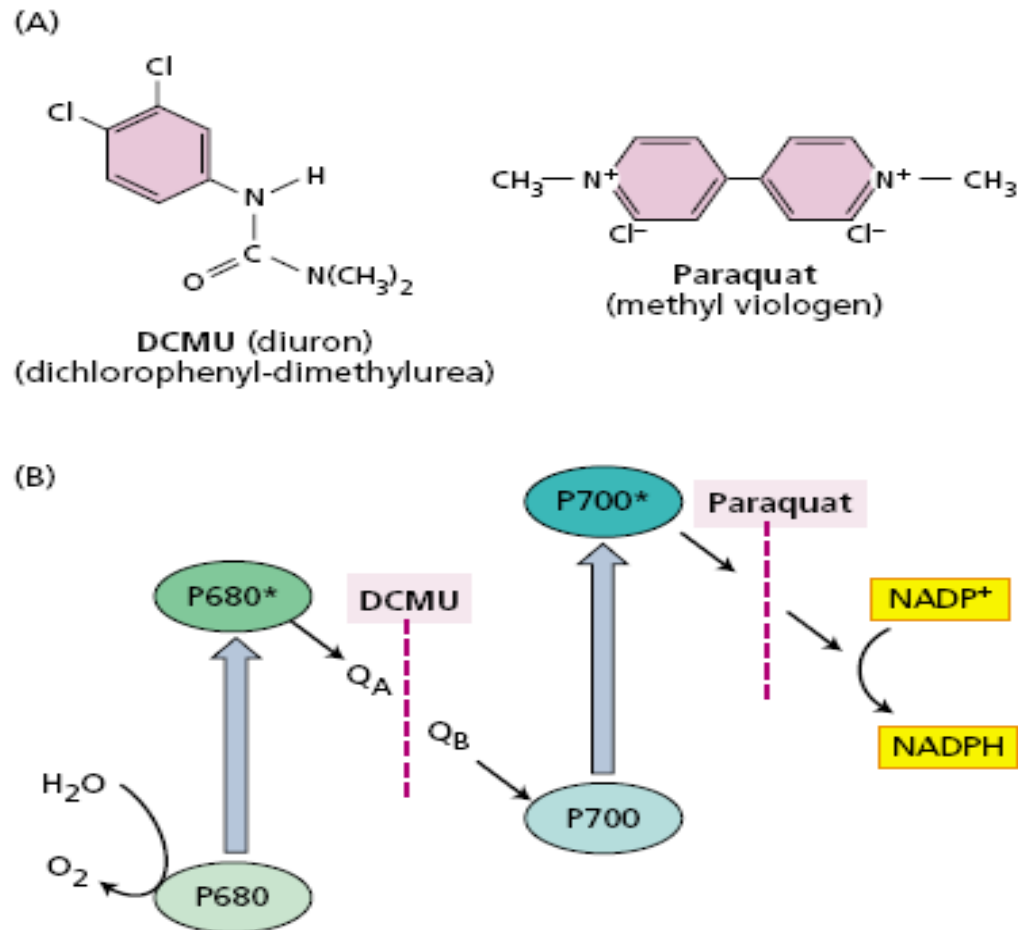
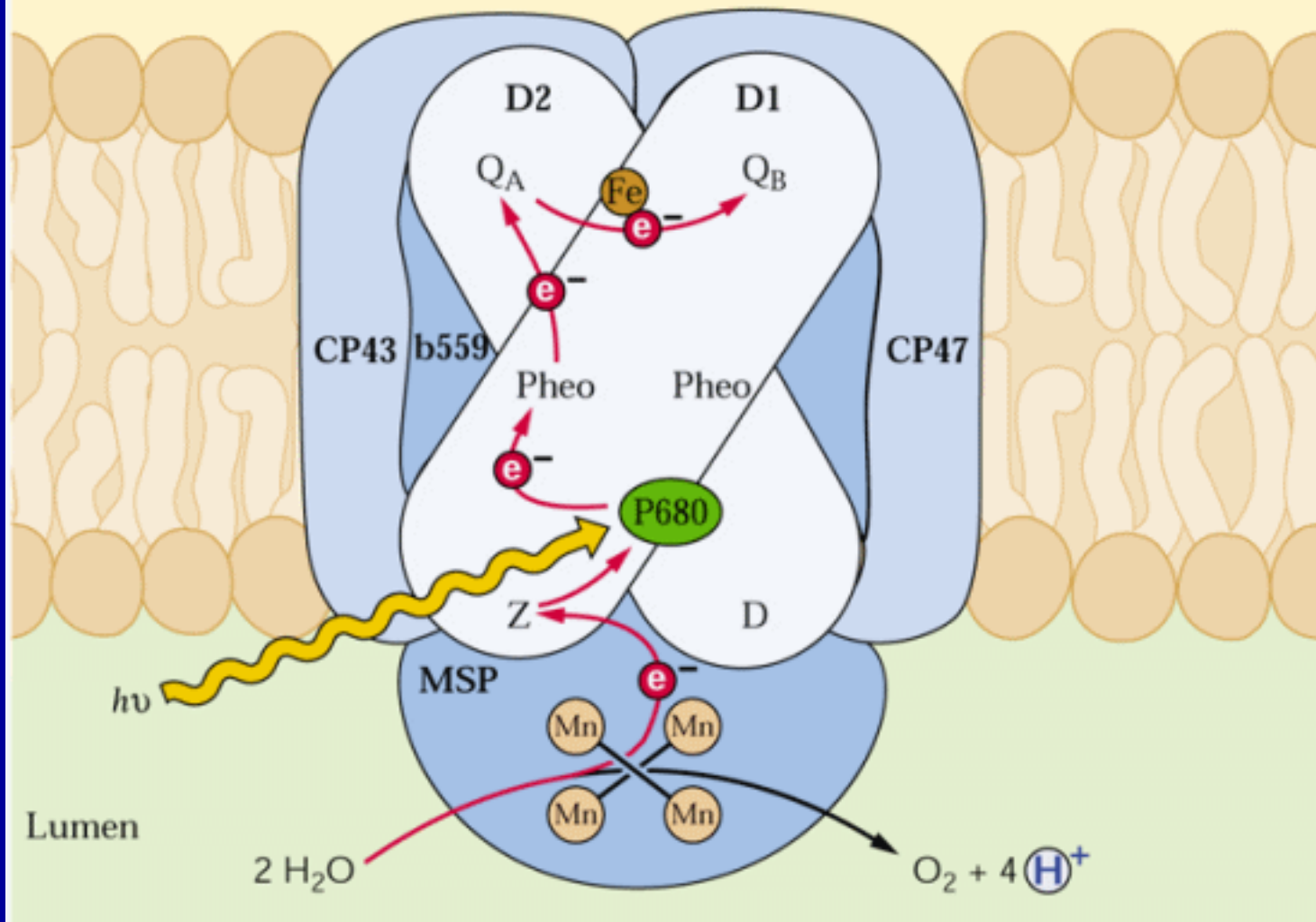
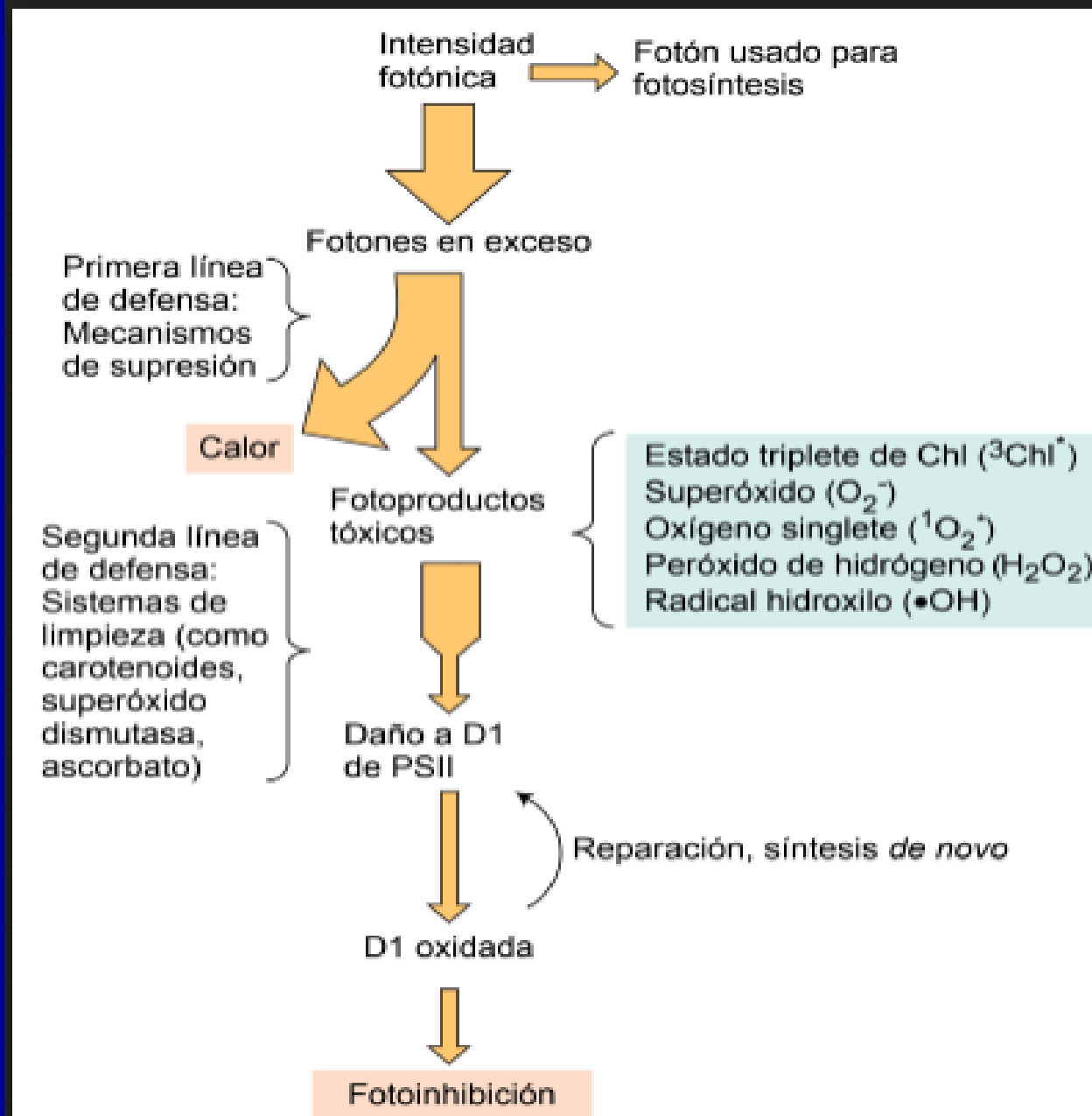


FIGURE 7.31 Chemical structure and mechanism of action of two important herbicides. (A) Chemical structure of dichlorophenyl-dimethylurea (DCMU) and methyl viologen (paraquat), two herbicides that block photosynthetic electron flow. DCMU is also known as diuron. (B) Sites of action of the two herbicides. DCMU blocks electron flow at the quinone acceptors of photosystem II, by competing for the binding site of plastoquinone. Paraquat acts by accepting electrons from the early acceptors of photosystem I.

Stroma



ESTRÉS LUMINICO



MOMENTOS DE APLICACIÓN

- Las condiciones climáticas tienen que ser aquellas que favorecen una alta actividad metabólica, de esta forma los efectos se producen rápidamente resultando más efectivos, disminuyendo además la factibilidad de detoxificación.
- La radiación favorece el traslado del herbicida por el floema conjuntamente con los fotoasimilados, el 2,4D y los que lo hacen por simplasto. También favorece a los herbicidas que actúan en la fotosíntesis y los que son aceptores de electrones.
- La humedad favorece la hidratación de la cutícula y de esta forma la penetración de herbicidas con grupos polares; también el flujo transpiratorio y traslado de los herbicidas que lo hacen por el apoplasto.
- La temperatura aumenta el metabolismo.
- Las lluvias lixivian el producto tanto de la hoja como del suelo. El 2-4,D en 6 h se absorbe todo.
- Viento, distancia a otros cultivos, de acuerdo a su velocidad y al equipo utilizado (terrestre o aéreo).
- También tiene que coincidir con el momento de menor sensibilidad del cultivo con el Herbicida, ej: 2-4,D durante el macollaje en trigo (300 g ea/ha), en plántula y encañazon es muy sensible.
- CULTIVOS TRANSGÉNICOS.

FACTORES MORFOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS DE LA SELECTIVIDAD

- Posición de las hojas y las yemas. Planófilas o erectófilas. Pubescencia.
- Absorción: estado de desarrollo, cutícula, número de estomas,
- Translocación
- Conversión de productos inactivos en activos. 2-4, DB, se transforma en activo a 2-4, D, por la enzima Beta oxidasa de los ác. Grasos, dando 2-4, D y Acetil CoA, que entra al ciclo de Krebs.
- Destoxificación
- Antídotos: Son compuestos capaces de proteger un cultivo de la acción de un herbicida, permitiendo la acción fitotóxica sobre las malezas. Se comercializan junto con el herbicida, que activan la síntesis de glutatión y su conjugación con el herbicida, perdiendo de esta forma su actividad, de manera diferencial con el cultivo y no con las malezas.
- MON-13900 induce la síntesis de glutatión en cultivos de maíz, sorgo y otras gramíneas. CGA-123407 en arroz. R-29148 en maíz.
- Inducen la síntesis de enzimas que destoxifican a los herbicidas como el Flurazole en cultivos de sorgo.
- CGA-185072 induce la hidroxilación del herbicida CGA-184.927 y su posterior conjugación con la glucosa. Protege a los cultivos de trigo, centeno y triticale.
- HOE-70542 en cultivos de trigo, centeno y triticale, acelera la destoxificación del herbicida Fenoxaprop, el que actúa inhibiendo la enzima clave del metabolismo de los lípidos Acetil Co A Carboxilasa (ACCase).

MECANISMOS DE SELECTIVIDAD DE LOS CULTIVOS TRANSGENICOS UTILIZADAS EN LA ACTUALIDAD.

- **BROMOXIMIL**
- **Algodón, tabaco, canola y trébol rojo.**
- **El herbicida actúa sobre Fotosistema II. Proteína D1 impidiendo la unión de la Plastoguinona B (QB). Corta el flujo de electrones.**
- **La resistencia se logra al transferir el gen de una bacteria (bxn) que degrada al grupo nitrilo impidiendo la unión con la Proteína D1.**

MECANISMOS DE SELECTIVIDAD DE LOS CULTIVOS TRANSGENICOS UTILIZADAS EN LA ACTUALIDAD.

- **GLUFOSINATO**

- Algodón, arroz, maíz, soja, remolacha azucarera y canola.
- El herbicida actúa inhibiendo la glutamina sintetasa, que es la enzima que convierte al glutamato más amonio en glutamina, acumulándose amonio, que es **un desacoplante** de la fotosíntesis y de la respiración.
- La tolerancia está dada por un gen que codifica una enzima que acetila al Glufosinato convirtiéndolo en no tóxico.

MECANISMOS DE SELECTIVIDAD DE LOS CULTIVOS TRANSGENICOS UTILIZADAS EN LA ACTUALIDAD.

- **GLIFOSATO**
- Algodón, maíz, soja, remolacha azucarera, canola y hay otras especies pero todavía no se logra una variedad comercial de tomate, zanahoria, achicoria y petunia.
- El herbicida es no selectivo, se traslada por aposimplasto y actúa inhibiendo la síntesis de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina y fenil alanina).
- La tolerancia está dada por un gen simple que degrada al Glifosato a ácido amino metil fosfonio. También por ponerle una enzima de *Agrobacterium* y un polipeptido de transferencia al cloroplasto del plastido de petunia. Los cultivares RR tienen dos enzimas, la de la especie y la de *Agrobacterium* que no la inhibe.

MECANISMOS DE SELECTIVIDAD DE LOS CULTIVOS TRANSGENICOS UTILIZADAS EN LA ACTUALIDAD.

- **SULFONILUREA**
- **Algodón y soja.**
- **Actua inhibiendo la aceto lactosintasa (ALS) enzima clave en la síntesis de los aminoácidos isoleucina, leucina y valina.**
- **La tolerancia esta dada por una destoxificación que modifica la unión del herbicida con la enzima.**

- PROCESOS FUNDAMENTALES EN LA VIDA DE UN VEGETAL -

