Tema 14: Reguladores del Crecimiento.

4. El etileno

ÍNDICE

- El Etileno:
  - Historia
  - Estructura química
  - Efectos fisiológicos
- Iconos

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

Historia (1)

- El etileno, es un compuesto que se conocía desde antiguo y se sabían sus efectos sobre el crecimiento mucho antes de que se le relacionase con la auxina; era considerado ya como una fitohormona.
  - El etileno fue usado en la práctica desde el antiguo Egipto, en donde se trataban con gas los higos para estimular su maduración.
  - En la antigua China se quemaba incienso en locales cerrados para incrementar la maduración de las peras.

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

Historia (2)

- La *historia botánica* del etileno se remonta al siglo XIX, cuando las ciudades se iluminaban con lámparas de gas. En Alemania, se demostró que el gas que se perdía desde las lámparas de gas era el principal causante de la defoliación que ocurría en los árboles que se encontraban en las calles.
- **Wiesner (1878):** curvaturas y nutaciones provocadas en tallos de plántulas**.**
- **Molish (1884):** efecto del gas del alumbrado en la defoliación de los árboles de sombra**.**

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

Historia (3)

- **Dimitri Neljubow (1901):** identifica al etileno y al acetileno como componentes activos del gas del alumbrado.
  - El etileno inducía defoliación de los árboles.
  - El etileno y el crecimiento horizontal de las plántulas de guisante: la ***triple respuesta***:
    - *Reducción de la elongación.*
    - *Aumento de la expansión radial del tallo.*
    - *Orientación horizontal del tallo (gravitropismo negativo).*

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

Historia (y 4)

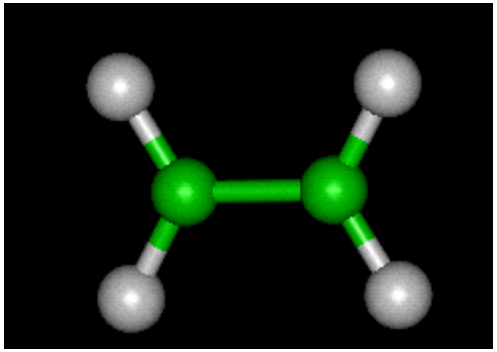
- La primera indicación de que el etileno era un producto natural de los tejidos vegetales fue descrita por **H.H. Coussin en 1910**. Coussin observó que cuando se mezclaban naranjas con bananas en el mismo contenedor, las bananas maduraban prematuramente.
- En **1917, Doubt** descubrió que el etileno estimulaba la ***abscisión***.
- En **1934, R. Gane** identificó al etileno químicamente como un producto natural del metabolismo de las plantas, y debido a sus efectos sobre el desarrollo de las mismas se le clasificó como una fitohormona.
- En **1935, Crocker** propuso que el etileno era la hormona vegetal responsable de la maduración de los frutos.

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

Estructura química del etileno y biosíntesis (1)

- Es un **hidrocarburo insaturado gaseoso** de PM: 28.05, incoloro, inflamable, soluble en agua y más ligero que el aire.
- **Biosíntesis**. Se produce principalmente en órganos senescentes, frutos en maduración, tejidos en división o expansión, ...

$CH_2 = CH_2$



Se determina fácilmente por cromatografía gaseosa.

La biosíntesis se desarrolla a partir del aminoácido **metionina** a través de una vía bien conocida.

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

Estructura química del etileno y biosíntesis (y 2)

- **El estrés y la producción de etileno.**
  - Está comprobado que distintas situaciones estresantes para las plantas inducen en ellas la producción de etileno:
    - agresión química, sequía, encharcamiento, radiación, picaduras por insectos, enfermedades, heridas traumáticas, etc.
  - El etileno de estrés es de origen celular y sólo se produce por células vivas.

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

Efectos fisiológicos del etileno

- La maduración de los frutos.
- La abscisión. El etileno y la auxina.
- Estimula la senescencia floral y foliar.
- Epinastia en hojas.
- La expresión sexual. Induce ***feminidad*** floral en plantas dioicas.
- Rompe la latencia.
- Estimula el crecimiento y la diferenciación en tallos y raíces (***triple respuesta***).
- Induce formación de raíces adventicias.

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

La maduración de los frutos (1)

- El etileno tiene un papel esencial en la maduración de los frutos.
  - **Fruto climatérico**: frutos que maduran en respuesta a la presencia de etileno (sufren un aumento brusco en la producción de etileno).
  - **Fruto no climatérico**: aquellos donde la maduración no depende esencialmente de la presencia del etileno (la cantidad de etileno que desprenden es muy pequeña y continuada).
    - *Una cantidad de etileno entre 0.1 a 1 pl/l estimularía la maduración de un fruto climatérico (manzanas, peras,...) pero no lo haría en frutos no climatéricos (uvas, cerezas, ...)*
    - *la falta de producción propia de giberelinas.*

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

La maduración de los frutos (2)

- Inicialmente se relacionaba climaterio con respiración.
  - *Fruto climatérico: sufría un importante incremento en su tasa respiratoria; fruto no climatérico: no sufría ese incremento brusco en su tasa respiratoria.*
    - El proceso de la maduración.

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

La abscisión de órganos

- Es la separación de un órgano o parte de la planta del cuerpo principal.
  - Es un proceso muy importante en agricultura puesto que la abscisión o no de flores, frutos, y hojas influye en la producción y rendimiento de las operaciones de recolección de las cosechas.
  - El etileno está implicado en la inducción a la abscisión
    - *se produce un incremento en su síntesis en las zonas que van a sufrir este proceso.*
    - *El tratamiento exógeno con etileno (p.e., con etephon) de una parte de la planta induce la abscisión en la misma.*
    - *La inhibición de la síntesis de etileno inhibe también los procesos de abscisión.*
  - La auxina, en gran cantidad, induce la síntesis de etileno

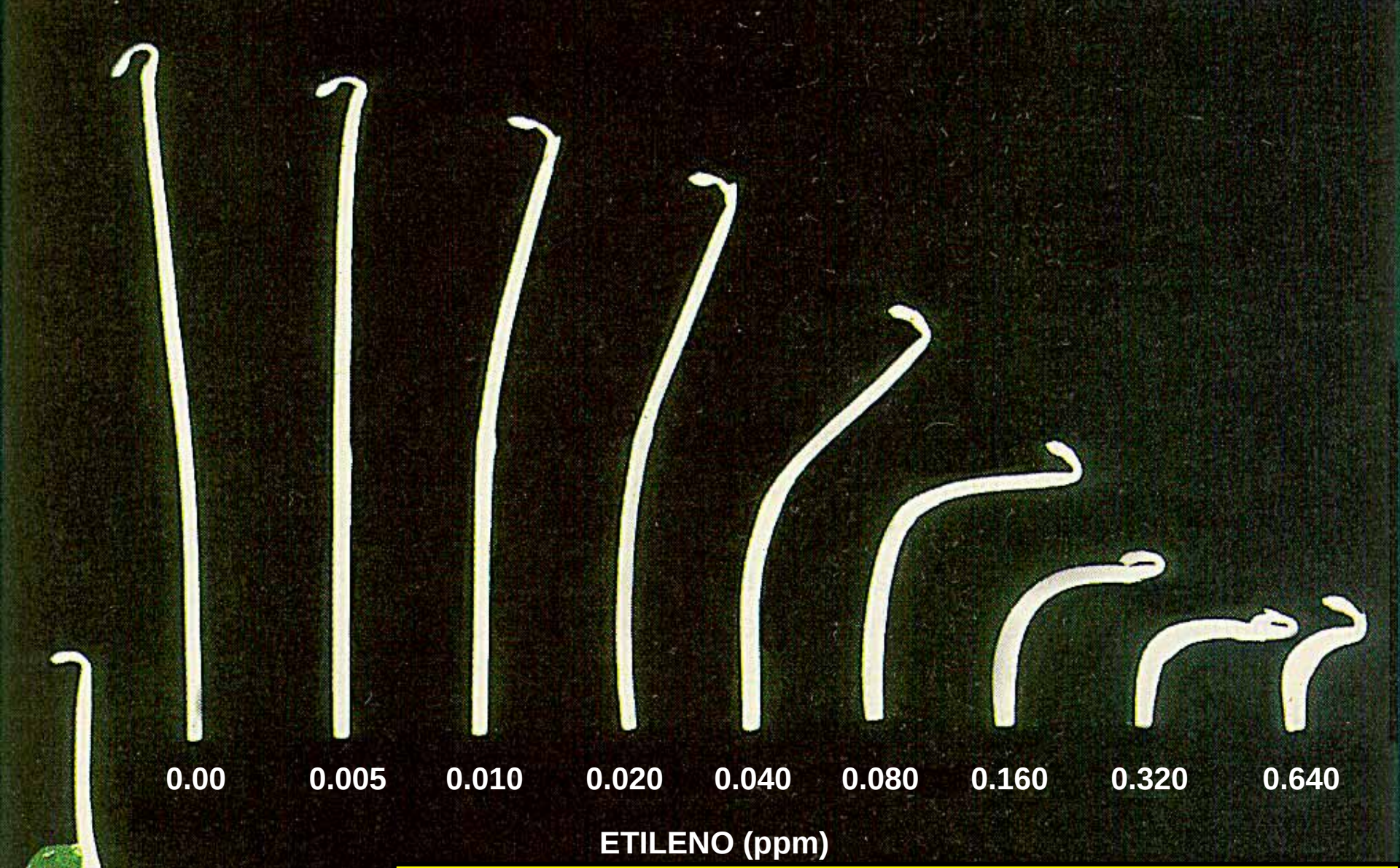
Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

La senescencia

- Conjunto de procesos metabólicos que preceden a la muerte de una célula. Es un periodo que abarca desde la madurez de una parte u órgano de la planta hasta su muerte.
  - Está caracterizado por procesos degradativos, fundamentalmente de: la clorofila, proteínas celulares, ARN, etc.
  - Se ha demostrado que la producción de etileno se incrementa durante la senescencia y que la aplicación exógena del mismo también la induce.

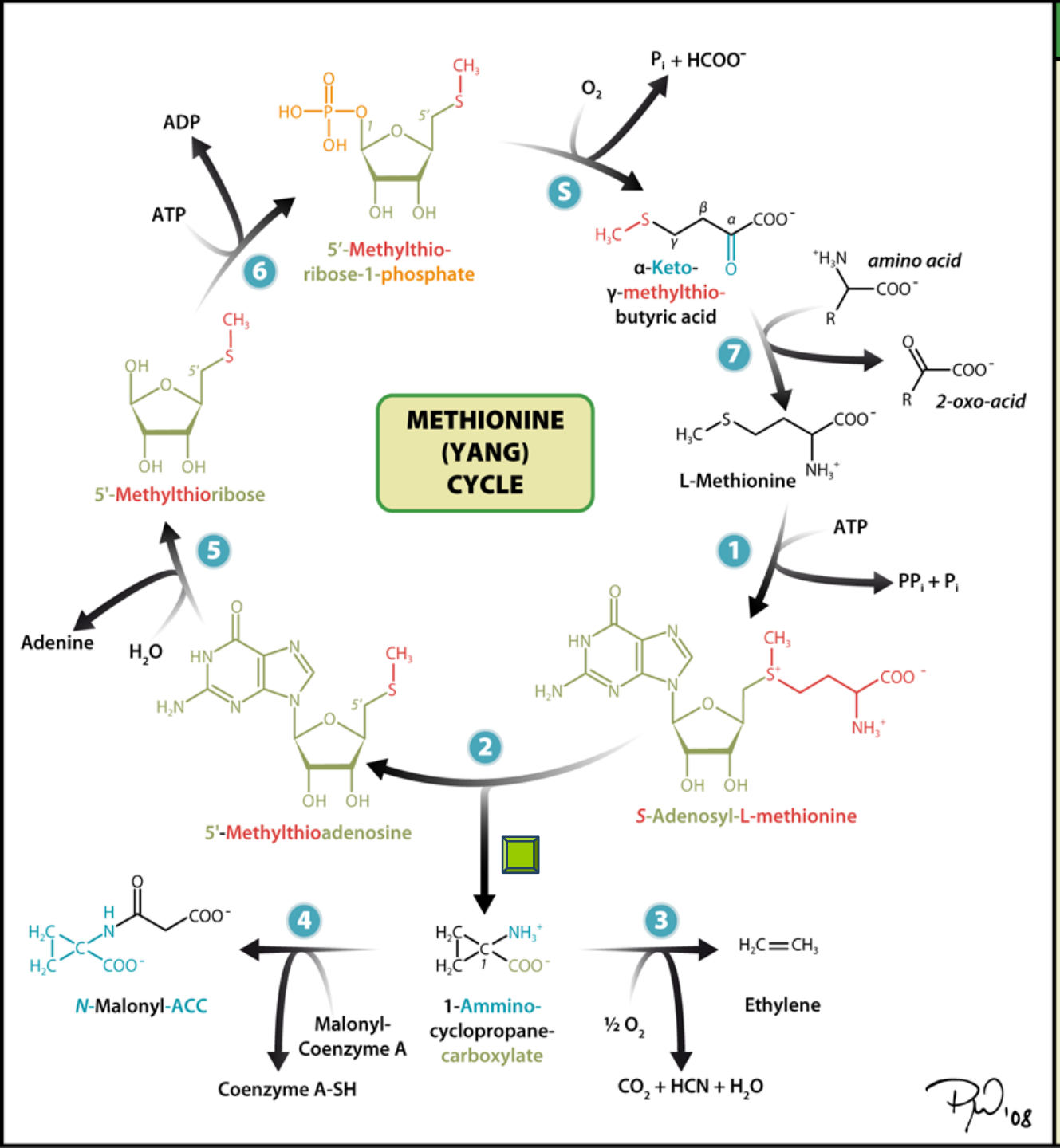
Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV

Esquemas y Figuras



Efecto del etileno sobre el crecimiento. 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 (triple respuesta) del tallito de la misma a medida que la concentración de la hormona aumenta.

Ethylene Biosynthesis in Plants



Enzymes

1. SAM synthetase
2. ACC synthase
3. ACC oxidase
4. ACC *N*-malonyl-transferase
5. MTA nucleosidase
6. MTR kinase
7. Transaminase

S. Spontaneous reaction

Abbrevations

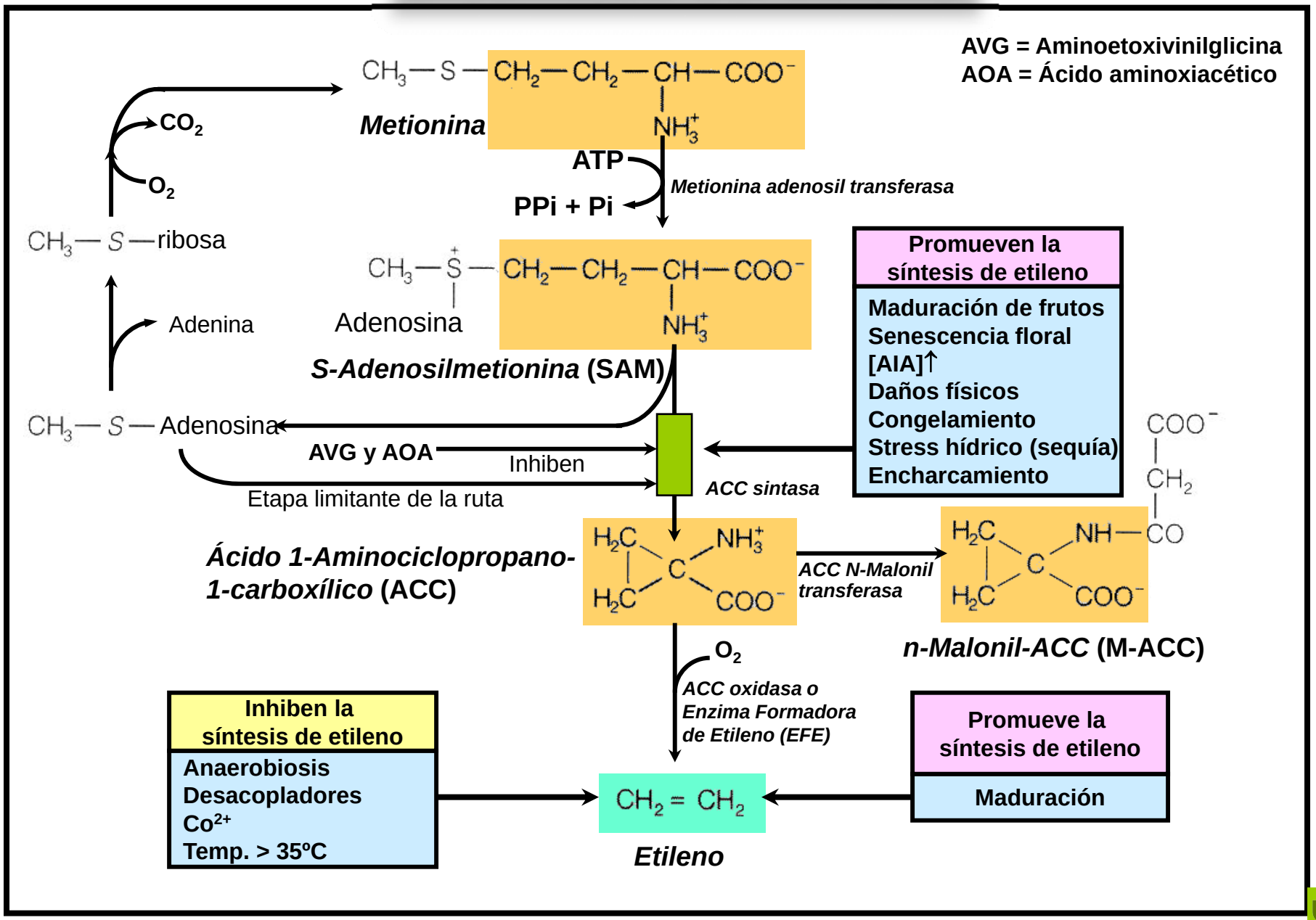
ATP	Adeninnucleotidtriphosphate
ADP	Adeninnucleotiddiphosphate
ACC	1-Amminocyclopropane-carboxylate
HCN	Hydrocyanide acid
MTA	5′-Methylthioadenosin
MTR	5′-Methylthioribose
PP_i	Diphosphate (Pyrophosphate)
P_i	Phosphate
SAM	S-Adenosyl-L-methionine

Sources

Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL (2000). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. *Am Soc Plant Phys* (Rockville).

Wang K C-L, Li H, Ecker JR (2002). Ethylene Biosynthesis and Signalling Networks. *Plant Cell* (Supplement) S131-S151.

Biosíntesis del Etileno



Cambios que tienen lugar durante la maduración de los frutos

Tipo de cambio	Consecuencias	
FÍSICO	Color	- Pérdida de clorofila; desmantelamiento del aparato fotosintético. - Acumulación de carotenoides: β-Caroteno, Licopeno, ... - Síntesis de pigmentos antociánicos.
	Textura	- Alteraciones en la composición de las paredes celulares. - Solubilización de celulosa y pectinas. - Degradación del almidón.
	Aroma y sabor	- Acumulación de azúcares y ácidos orgánicos. - Producción de compuestos volátiles.
METABOLISMO	- Aumento respiratorio. - Síntesis y producción de etileno. - Metabolismo del almidón y de los ácidos grasos. - Alteración en la regulación de rutas metabólicas.	
EXPRESIÓN GÉNICA	- Desaparición de ARNm y proteínas sintetizadas antes de iniciarse la maduración. - Aparición de nuevos ARN específicos para la maduración. - Síntesis *de novo* de enzimas que catalizan cambios típicos de la maduración.	

Efecto del etileno sobre la maduración de los frutos. La caja de tomates de la derecha fue mantenida durante 3 días en una habitación con una atmósfera que contenía 100 ppm de etileno. La caja de la izquierda fue mantenida en una atmósfera normal, sin etileno.

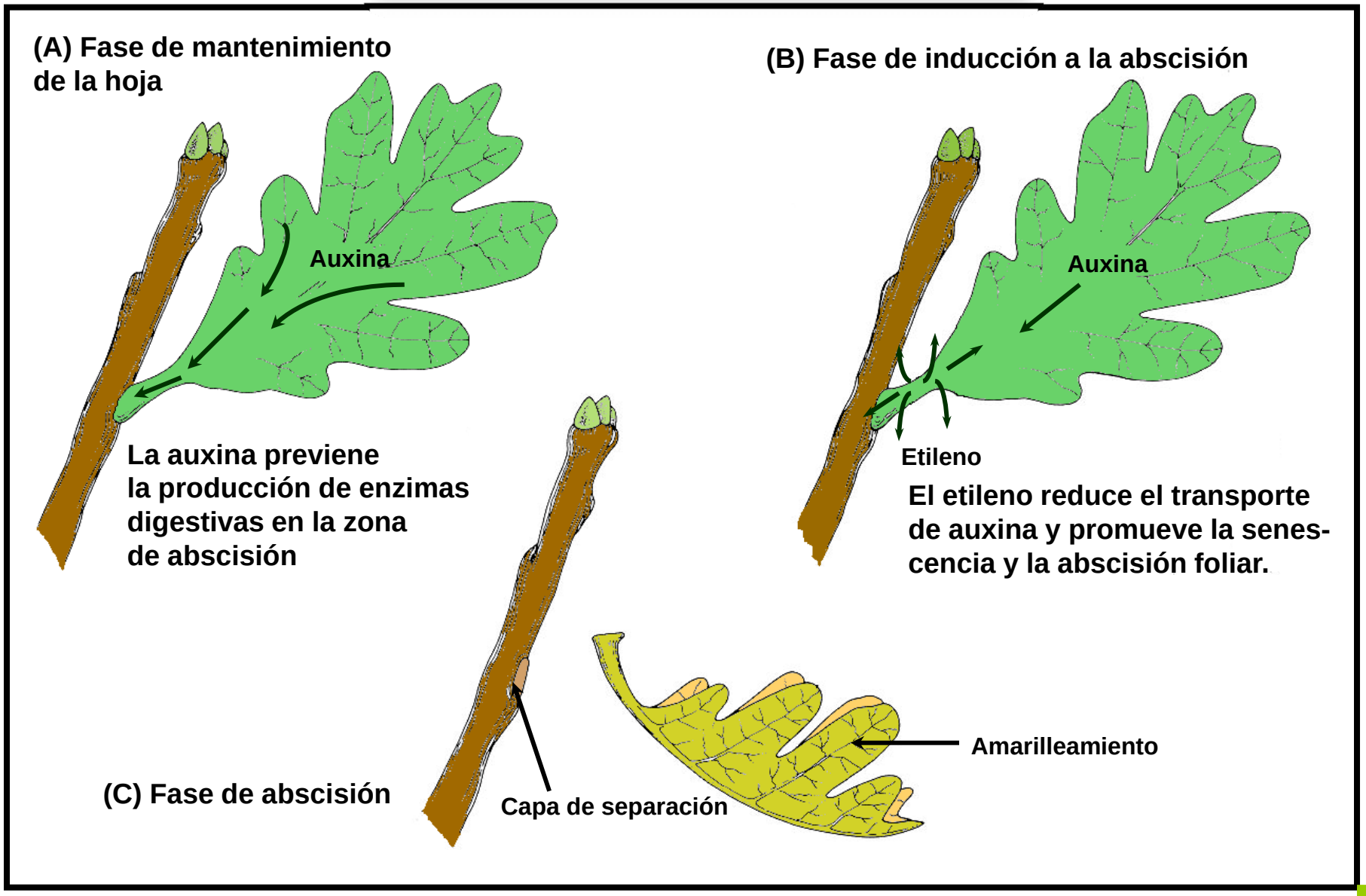
Clasificación de los frutos por su comportamiento durante la maduración

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

Concentración interna de etileno en varios frutos climatéricos y no climatéricos

FRUTOS	Concentración interna de etileno (μl/l)
MANZANA	25 - 2,500
MELOCOTÓN	0.9 - 20.7
AGUACATE	29.8 - 74.2
PLÁTANO	0.05 - 2.1
TOMATE	3.6 - 29.8
LIMÓN	0.11 - 0.17
NARANJA	0.13 - 0.32
PIÑA	0.16 - 0.40
CIRUELA	0.14 - 0.23

El etileno y la abscisión

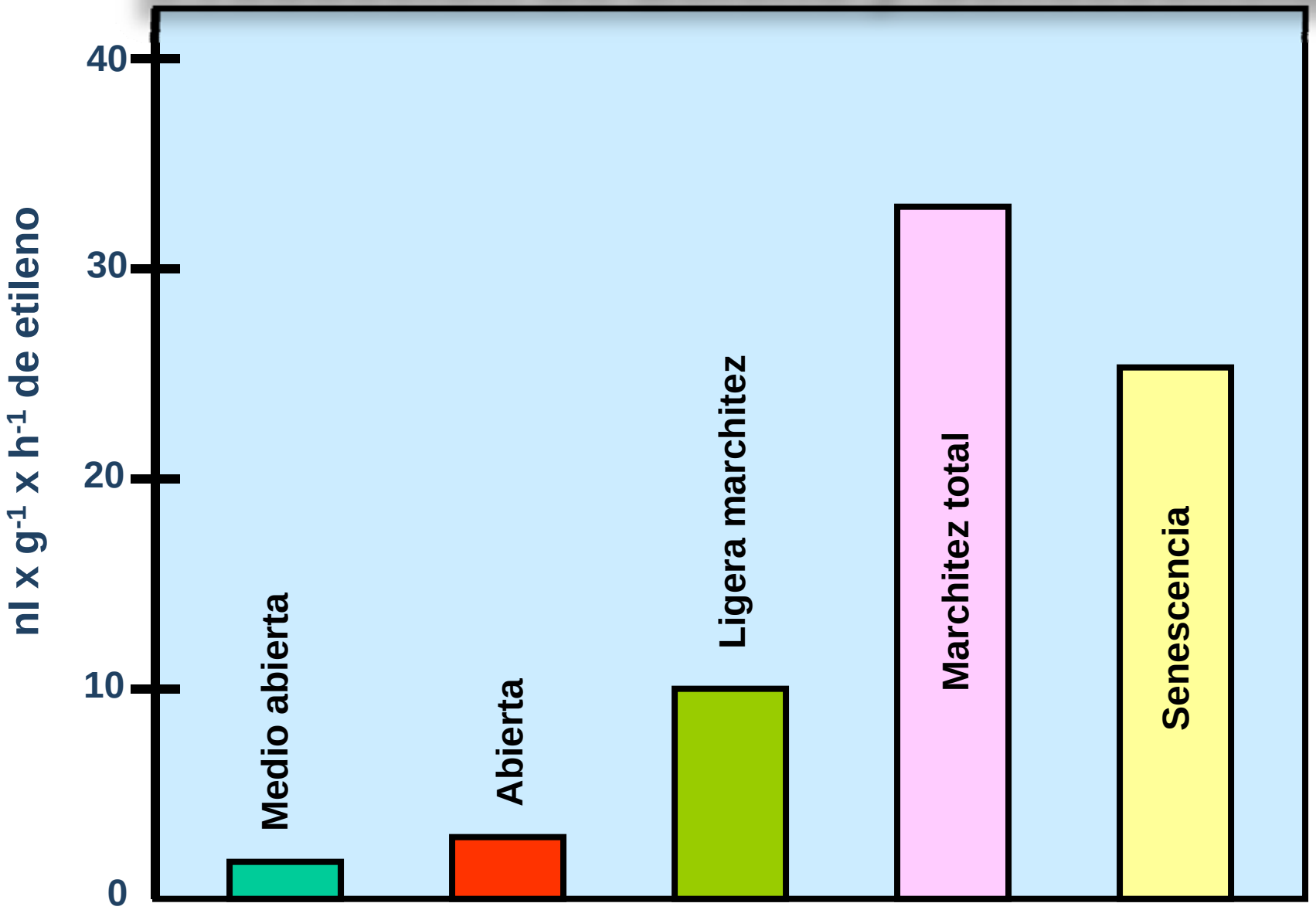


Etileno y abscisión

Abscisión foliar en *Platanus sp*. La abscisión foliar es un proceso muy influido por el etileno.

Hojas de *Quercus* sp. tras su abscisión. Se observan las típicas tonalidades rojo anaranjadas debidas a la progresiva degradación de las clorofilas.

Producción de Etileno y Senescencia



Producción de etileno en flores de *Ipomea* a lo largo del desarrollo

Etileno y epinastia

Epinastia de hojas causada por el etileno. La planta de *Coleus* de la derecha fue expuesta durante 2 días a una atmósfera de etileno; la planta de la izquierda era un control.

Iconos

- Diapositiva siguiente.
- Diapositiva anterior.
- Volver a la última dispositiva mostrada.
- Ir a la última dispositiva del tema actual.
- Ir a la primera diapositiva del tema actual.
- Ir al índice general de temas de la Parte I y II
- Ir al índice general del tema actual.
- Información.
- Activar video.
- Hacer click con el ratón para continuar.
- Hacer click sobre el icono para ver aumentado.
- Ver fotografía.

Copyright: Francisco José García Breijo
Unidad Docente de Botánica. ETSMRE, UPV