Fisiología Vegetal

Clase - 8

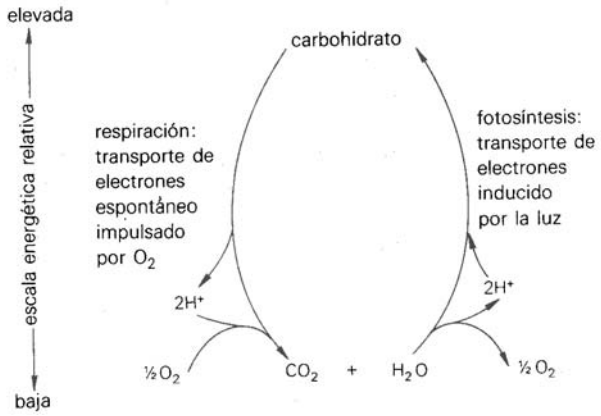
¿Preguntas de la clase anterior?

http://www.biouls.cl

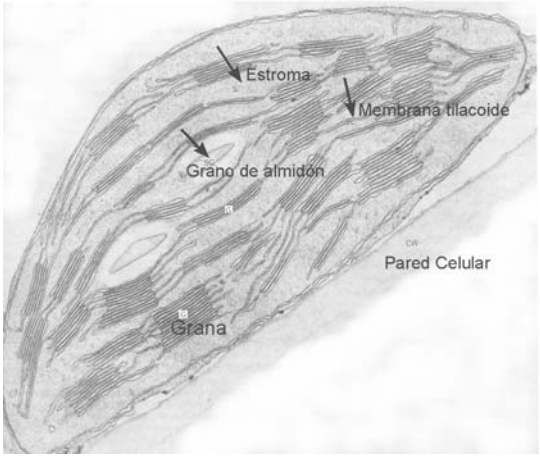
Fotosíntesis: Luz y Cloroplastos

Clase Anterior

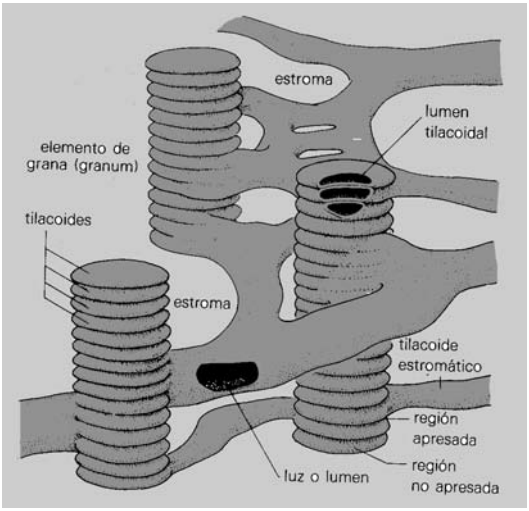
- Enzimología
- ¿Que es la fotosíntesis?
- Fotosíntesis - respiración
- Cloroplastos
- Fase clara de la fotosíntesis

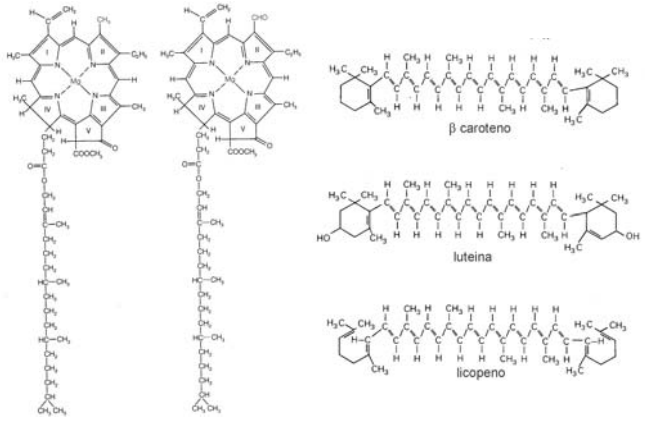


Fotosíntesis y respiración: reacciones energéticas contrastantes

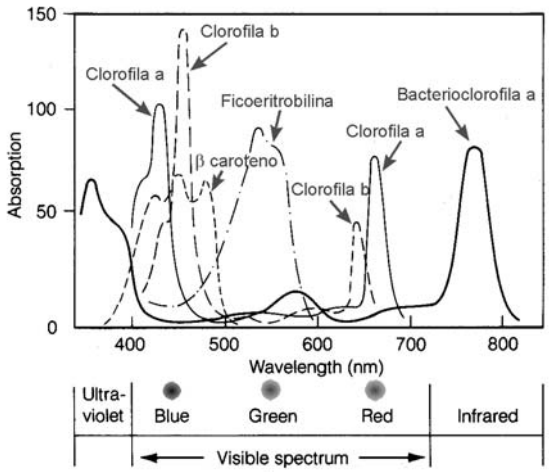


Cloroplasto de una hoja de avena



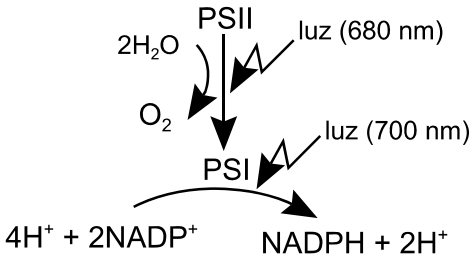


Clorofila a Clorofila b

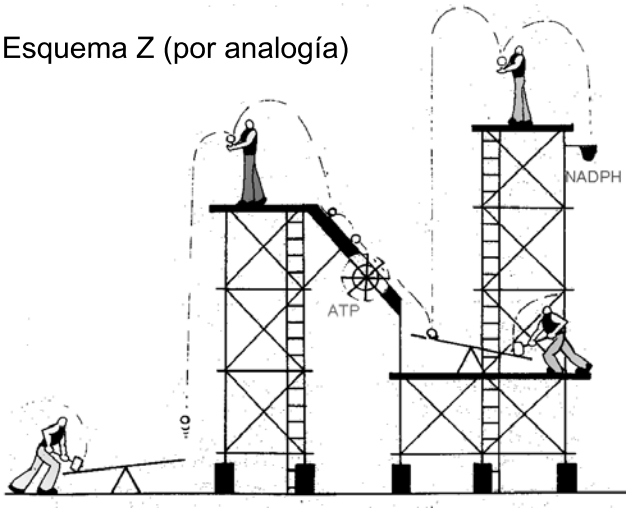


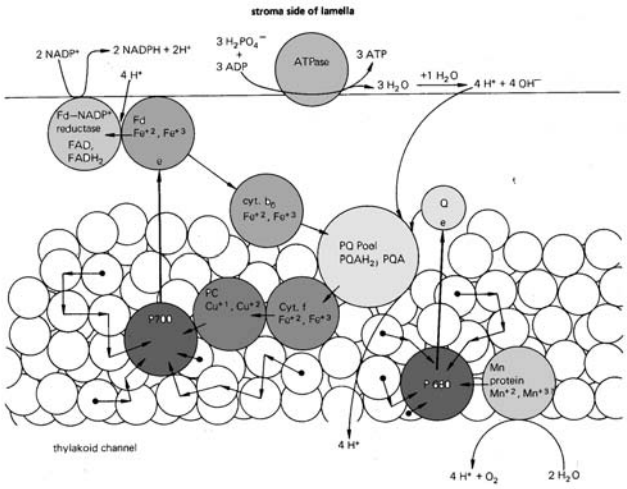
Efecto Emerson

Fotosistemas Cooperativos



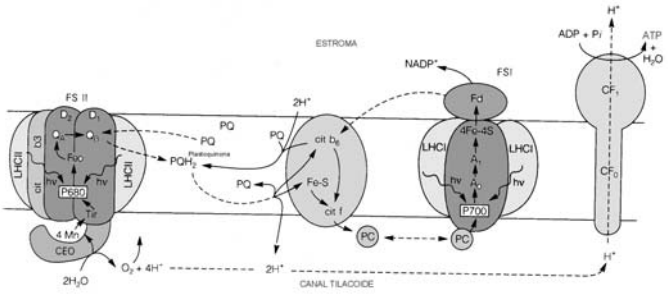
Esquema Z (por analogía)



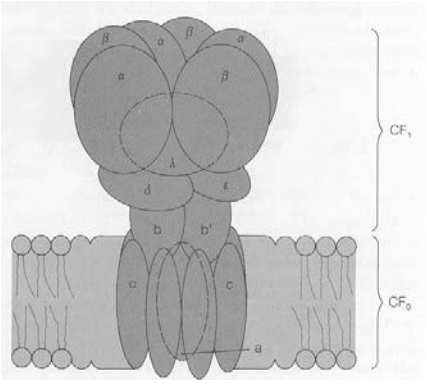


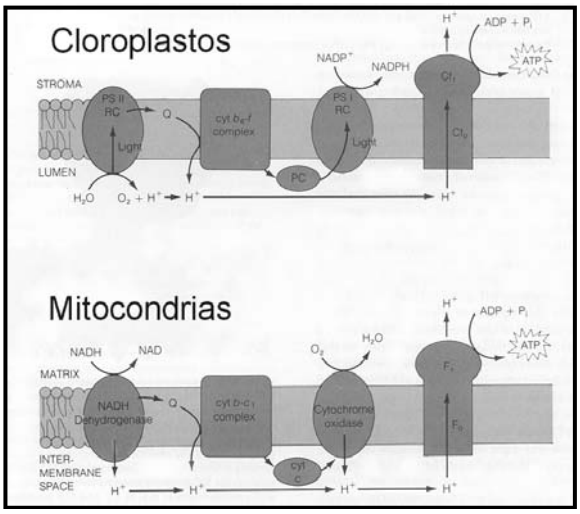
Cooperación entre PSII, complejo cit b_6 - cit f y el PSI

Plastoquinona (PQ), Plastocianina (PC) y Ferredoxina (Fd) son móviles



ATP sintetasa

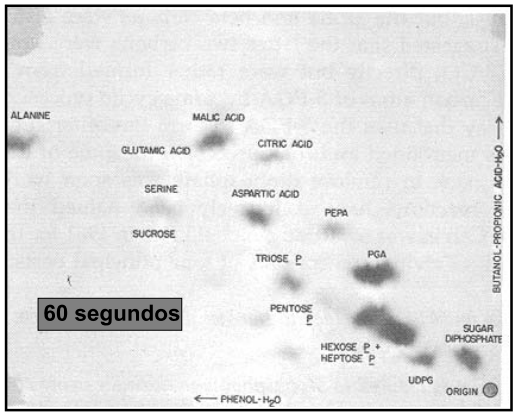


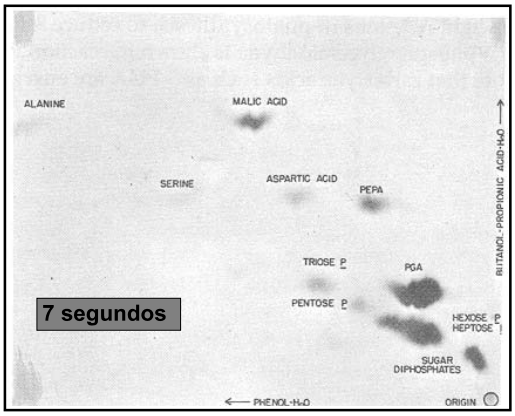


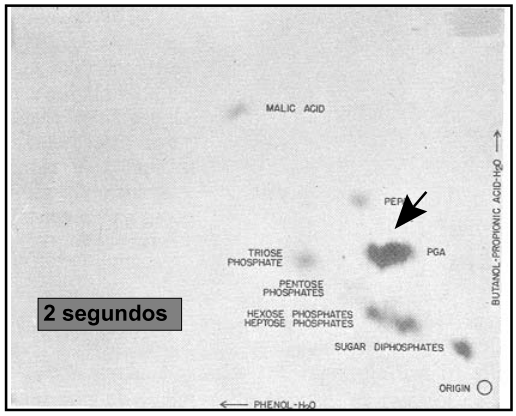
Fijación de CO_2 y Síntesis de Carbohidratos

Clase 8

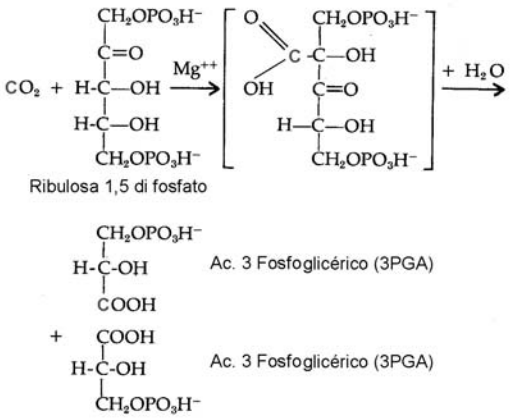
- Calvin, Benson y otros (1949, Univ. California-Berkeley).
- Experimento clásico con *Chlorella* (alga verde)
  - se expone por distintos tiempos a $^{14}CO_2$
  - cromatografía + autoradiografía

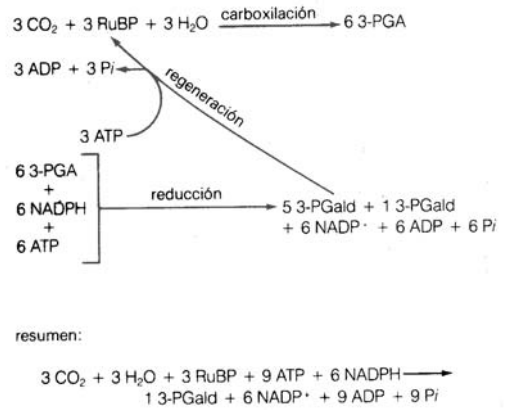




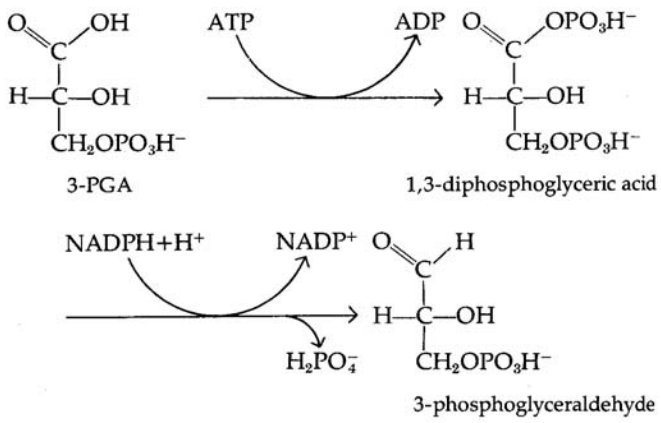


Carboxilación (Ribulosa 1,5 bi fosfato carboxilasa)

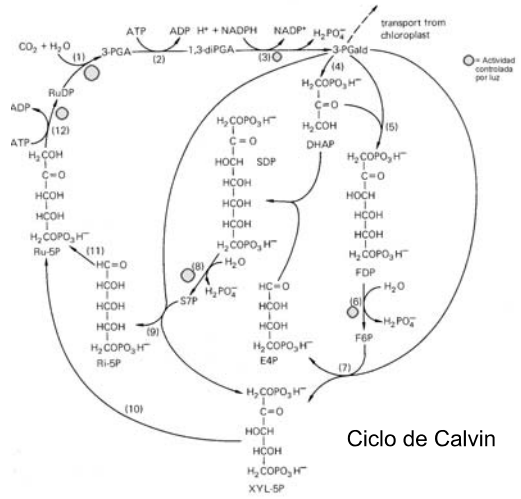




Resumen del ciclo de Calvin, con énfasis en las fases de carboxilación, reducción y regeneración.



Reducción

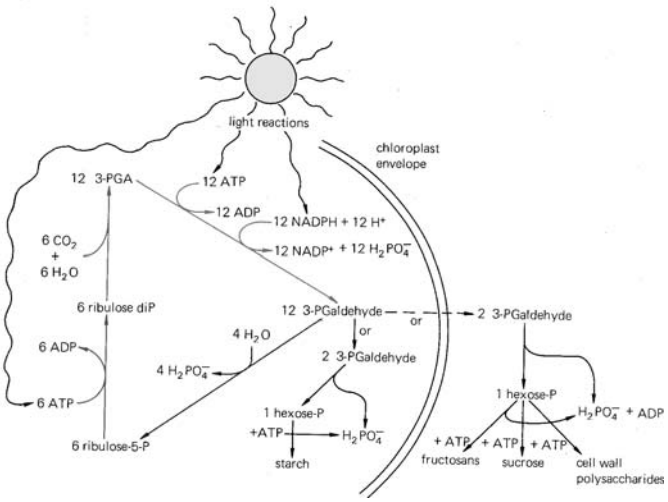


Ciclo de Calvin

Enzimas

(1) rubisco (*)
(2) 3PGA kinasa
(3) deshidrogenenasa
(4) isomerasa
(5) aldolasa
(6) fosfatasa (*)
(7) aldolasa
(8) fosfatasa (*)
(9) transketolasa
(10) epimerasa
(11) isomerasa
(12) kinasa

(*) irreversibles

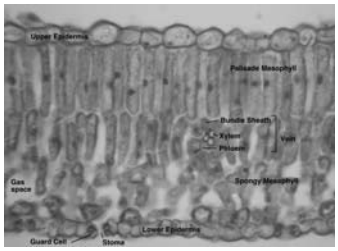


Ciclo de Calvin (premio Nobel 1961)

- Carboxilación:
  - CO_2 y H_2O son agregados a ribulosa 1,5 di P (RudiP) y se forman 2 ácido 3 P glicérico (PGA).
- Reducción:
  - PGA es reducido a 3 P gliceraldehido (3-PGaldehido) usando NADPH y ATP.
- Regeneración:
  - transformación de 3- PGaldehido en fructosa 1,6 di P, xilulosa 5P y eritrosa 4P y sedoheptulosa 7P, generando ribosa 5P y xilulosa 5P, y finalmente ribulosa 5P (Ru 5P). Ru 5P es fosforilada por ATP y se forma la RudiP, que continua el ciclo.

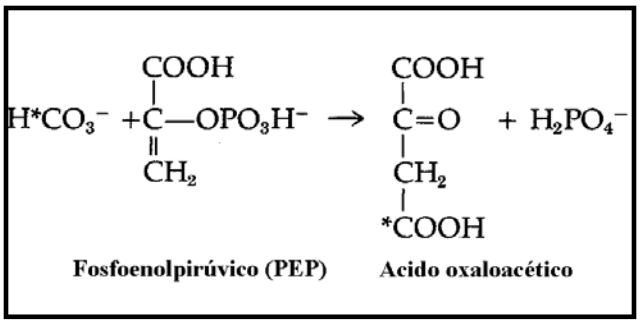
Ciclo de Calvin

- Por cada 6 vueltas se fijan 6 CO_2 y se genera 1 hexosa.
- En cada vuelta se consumen 2 NADPH y 3 ATP.

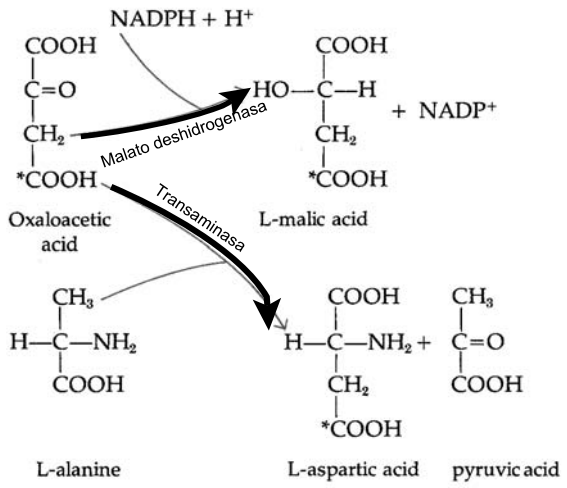


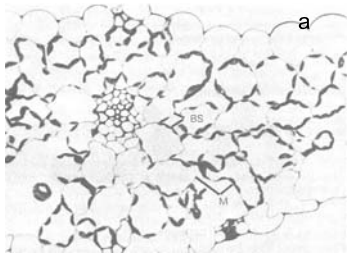
Metabolismo C4

- Kortschak et al (1965, Hawai)
  - Caña de azucar
    - ácido málico, ácido aspártico (C4)
- Hatch & Slack (1965, Australia)
  - Maiz (C4)



Enzima: PEP carboxilasa (en mesófilo)

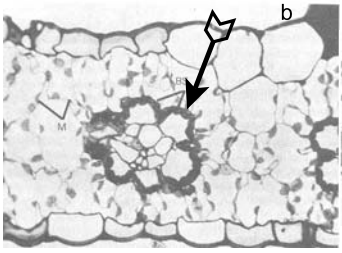


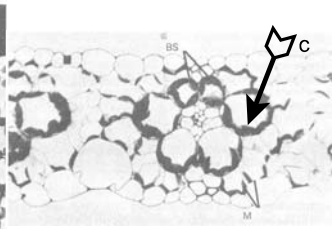


Sección transversal de hojas de monocotiledoneas:

a) avena (C3)
b) maíz (C4)
c) pasto de Rhodes (C4)

BS= vaina del haz
M = mesófilo





Células del mesófilo y banda del haz en C4

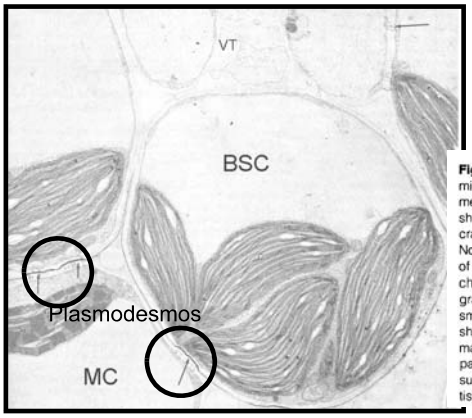
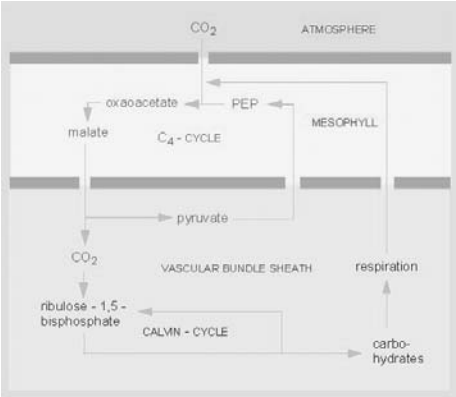


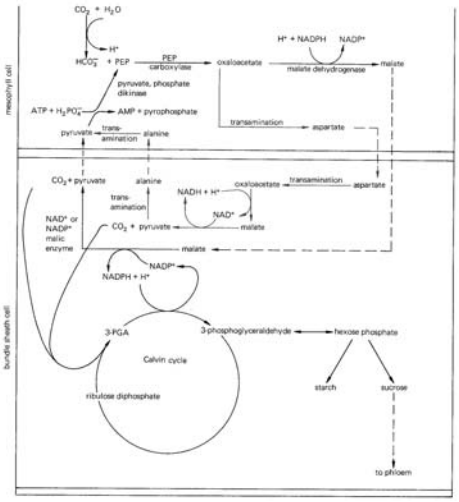
Figure 10-5 Electron micrograph of adjacent mesophyll cell (MC) and bundle sheath (BSC) in the C-4 plant crabgrass (*Digitaria sanguinalis*). Note abundant grana and lack of starch in the mesophyll cell chloroplast, but absence of grana and presence of several small starch granules in bundle sheath chloroplasts. Arrows mark plasmodesmata where passage of organic acids is suspected to occur. Vascular tissue (VT) is shown at top.



Metabolismo C_4

Mesófilo

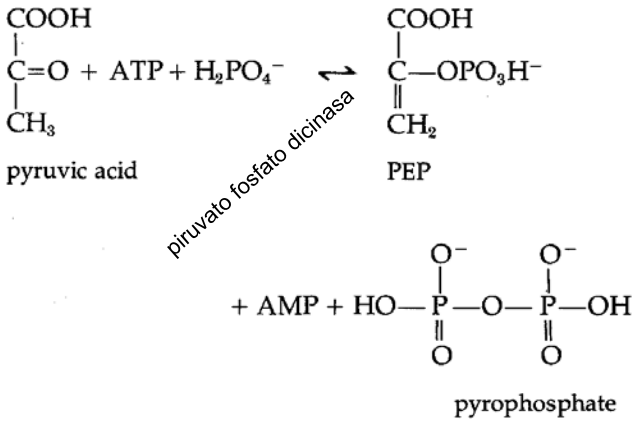
Vaina del haz

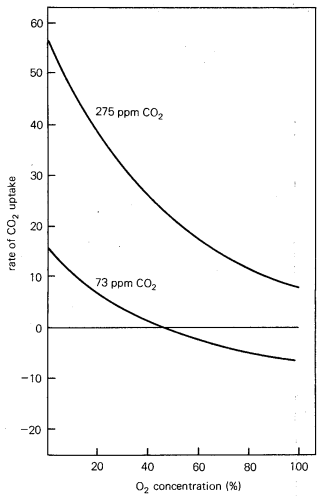


Tipos de metabolismos C4

- - PEP + CO_2 ➜ AOA + P
- ➜ AOA + NADPH + H ➜ malato + $NADP^+$
- ➜ AOA + alanina ➜ aspartato + piruvato
- C4 tipo A (formadoras de aspartato): se exporta aspartato, se descarboxila en citoplasma por la enzima malica (NAD).
- C4 tipo B (formadoras de malato): malato deshidrogenasa en cloroplasto del mesófilo, se exporta malato a la célula de la vaina, y se descarboxila por la NADP malato deshidrogenasa
- C4 tipo C: se exporta aspartato, se descarboxila en citoplasma por la PEP carboxiquinasa

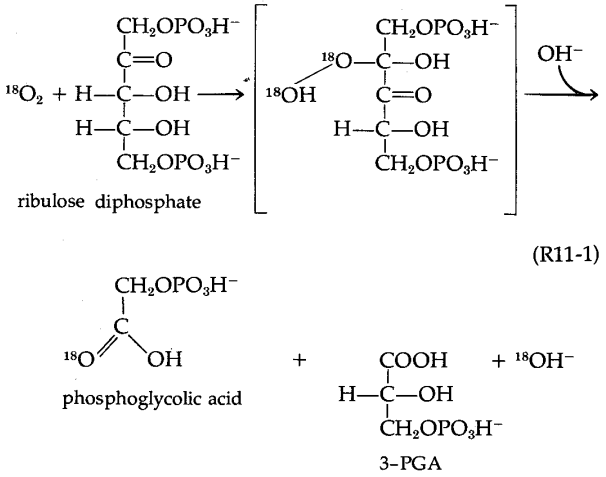
Regeneración del PEP (en cloroplasto del mesófilo)

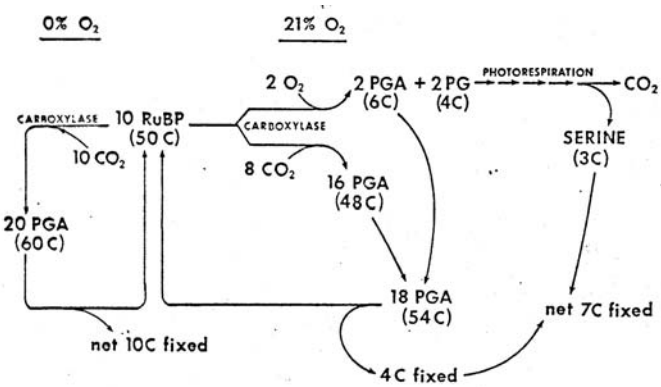


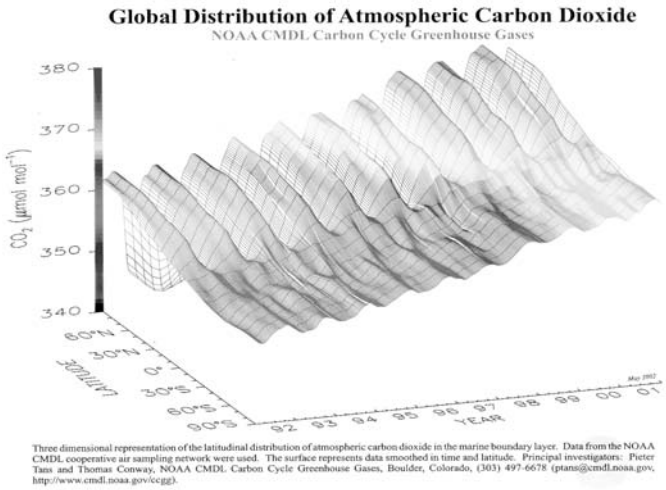


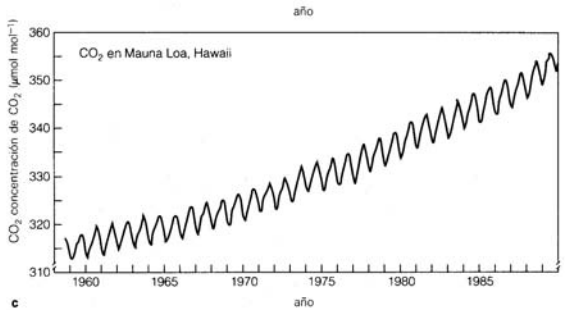
Efecto Warburg: el O_2 inhibe la fotosíntesis

Figura 11-7 El efecto Warburg: inhibición de la fotosíntesis en plantas de soya (C-3) por el O_2. El aire normal contiene 20.9% de O_2 y 0.035% de CO_2 (350 μmol mol^{-1}). El nivel de irradiancia fue aproximadamente una sexta parte del máximo de luz solar; la temperatura fue de 22.5°C. Los valores negativos representan una pérdida neta de CO_2 por respiración. (Tomado de Forrester *et al.*, 1966.)

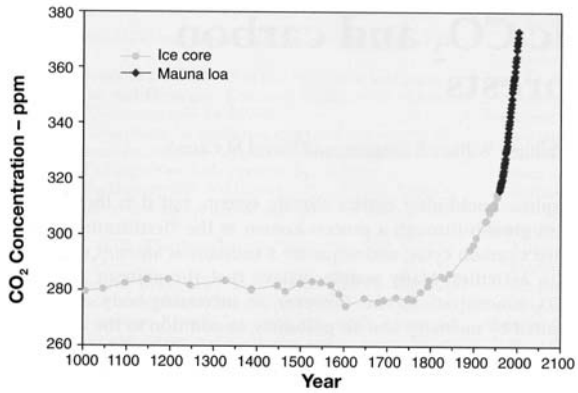






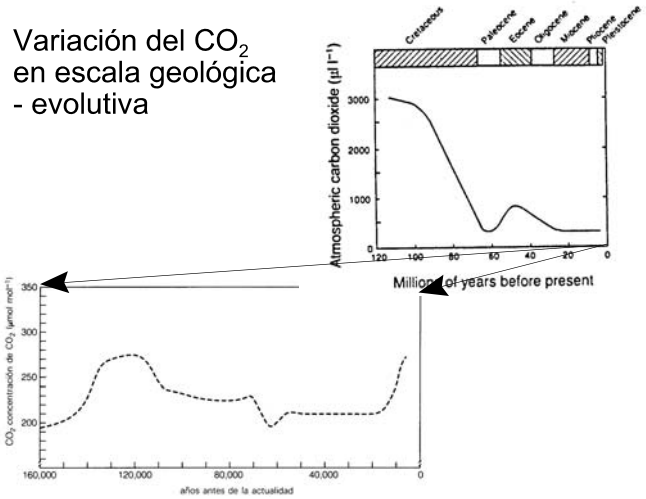


Concentración de CO_2 atmosférico entre 1958 y 1990 en Manua Loa, Hawaii.



La concentración de CO_2 atmosférico en el milenio pasado subio desde 280 ppm (nivel pre-industrial) hasta 370 ppm (en el año 2000). Para fines del siglo 21 (año 2100) se llegaría a valores entre 540 a 970 ppm, dependiendo de la futura tendencia mundial (Beedlow et al. 2004)

Variación del CO_2 en escala geológica - evolutiva



CAM

Metabolismo Ácido de las Crasuláceas

La fijación nocturna de CO_2 en plantas suculentas

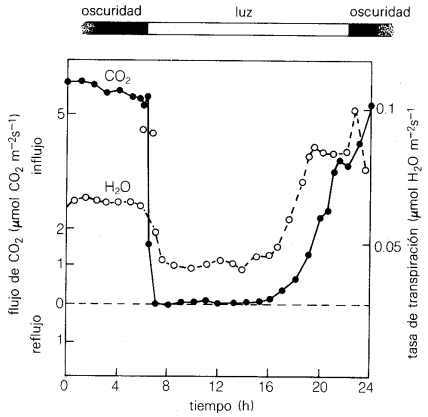
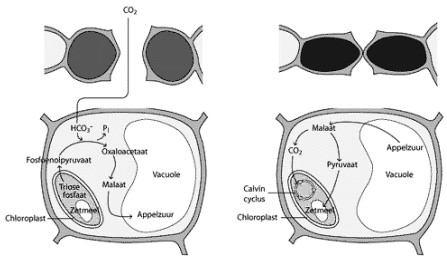


Figura 11-13 Tasas de fijación de CO_2 y transpiración en la planta CAM *Agave americana* durante periodos alternos de luz y oscuridad. (Tomado de Neales *et al.*, 1968.)



Noche - Estomas abiertos Día - Estomas cerrados

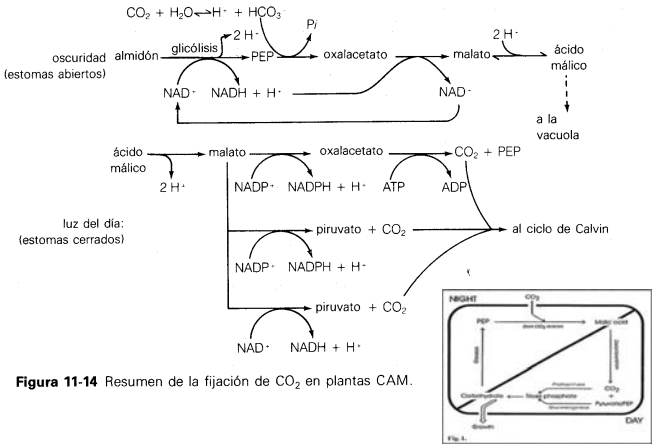


Figura 11-14 Resumen de la fijación de CO_2 en plantas CAM.

Leer

- Salisbury F. y C. Ross (1994) Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México. ISBN 970-625-024-7. Capítulo 11.

FIN