

Unidad 2

Condiciones ambientales y organismos

Tema 6

Adaptaciones de las plantas

Recursos

Algo requerido por los organismos



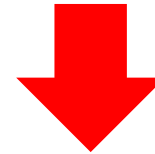
Bióticos o abióticos presentes en el ambiente en cantidades limitadas



Uso o consumo de esos recursos para crecimiento y manutención del organismo



Cantidades se reducen en disponibilidad



Recursos se tornan menos disponibles para otros organismos

Recursos críticos para: supervivencia, crecimiento y reproducción

Resultado: **competencia** por esos recursos limitados



Competencia intraespecífica por un recurso.
Ampelis bohemios (*Bombycilla garrulus* –
Passeriformes: Bombycillidae)

!!!Efectos negativos!!!

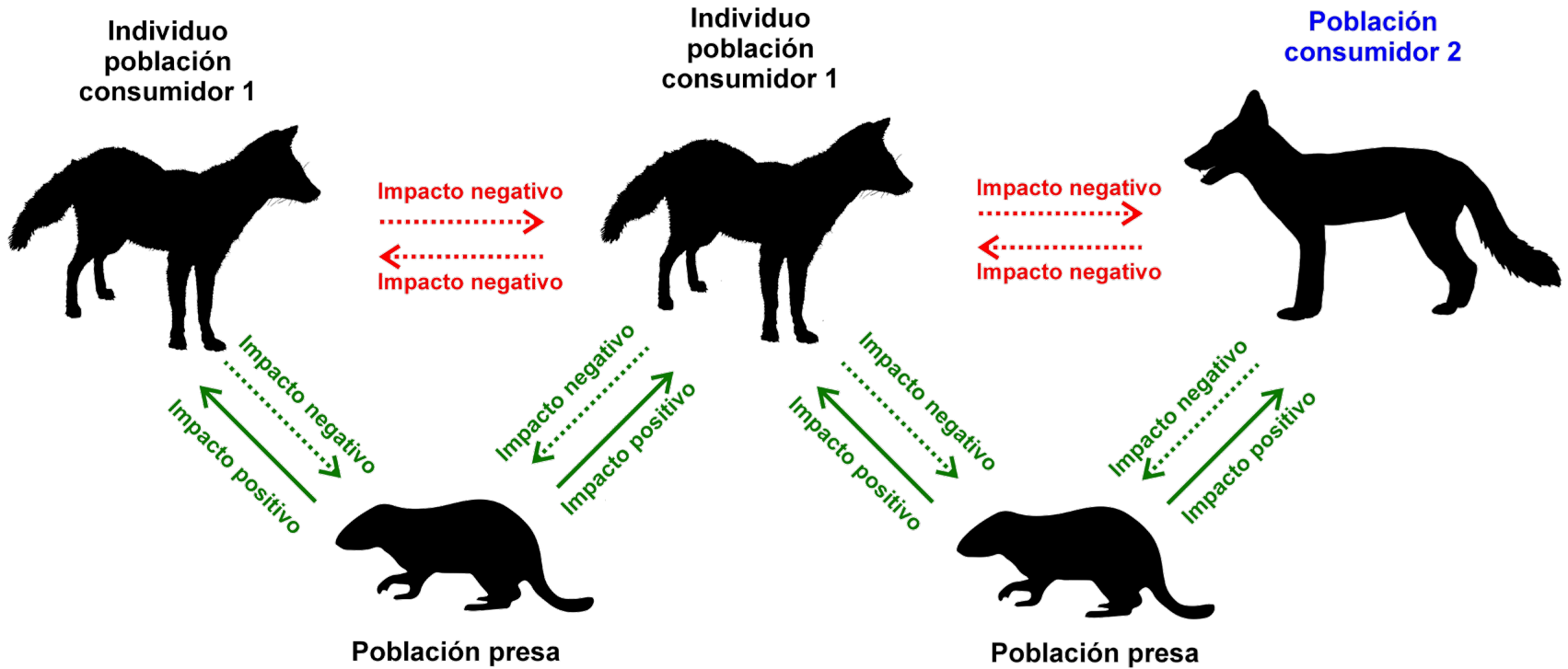


**Competencia entre especies (interespecífica)
por un recurso**

Modelo conceptual de competencia

Competencia intraespecífica

Competencia interespecífica



Principio de exclusión competitiva



Dos o más especies que compiten por los mismos recursos limitados no pueden coexistir indefinidamente si sus nichos son idénticos.

Principio de exclusión competitiva: resultados

Extinción local

Tiempo 1
Lagarto verde
(población nativa)



Tiempo 2
Lagarto café
(población competidora)



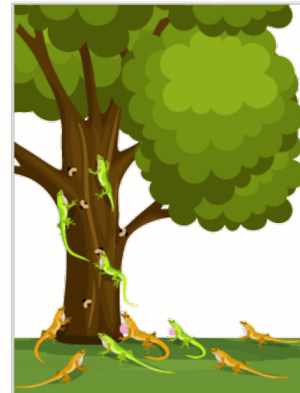
Tiempo 3
Lagarto verde
(población nativa)



Tiempo 1
Lagarto verde
(población nativa)



Tiempo 2
Lagarto café
(población competidora)



Tiempo 3
Lagarto verde
(población especializada)

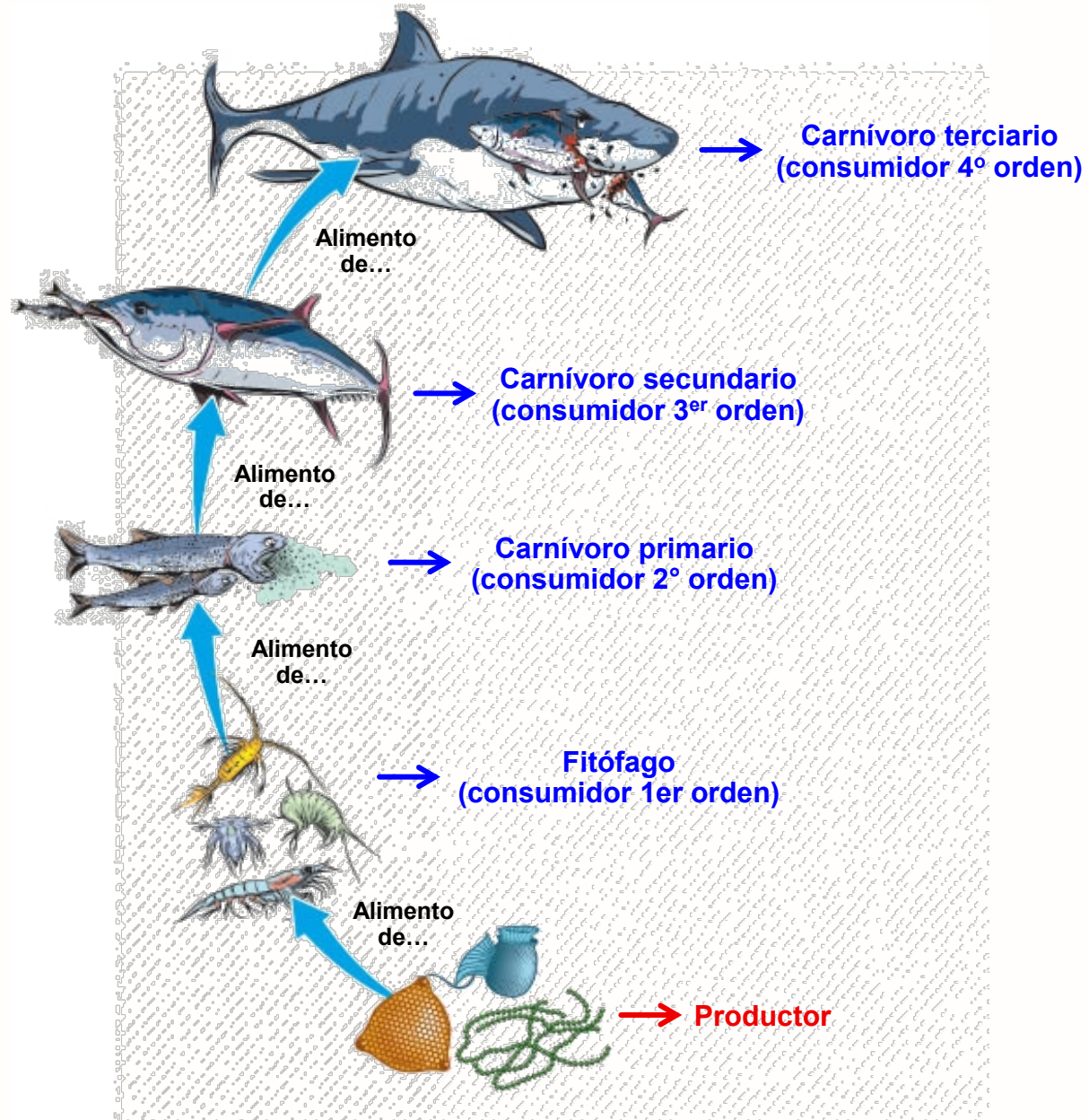


Desplazamiento de caracter

Forma de uso de los recursos: flujo de energía y de materia

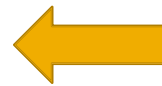
Heterótrofos

Autótrofos

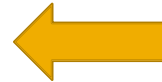


Autótrofos

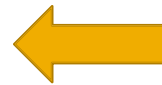
- **Crecimiento en dirección a sus recursos**
 - A través de órganos que lleguen a esos recursos (partes aéreas; raíces)
- **Tener mecanismos de captar recursos que se mueven hacia el organismo**



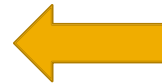
Energía radiante



CO₂



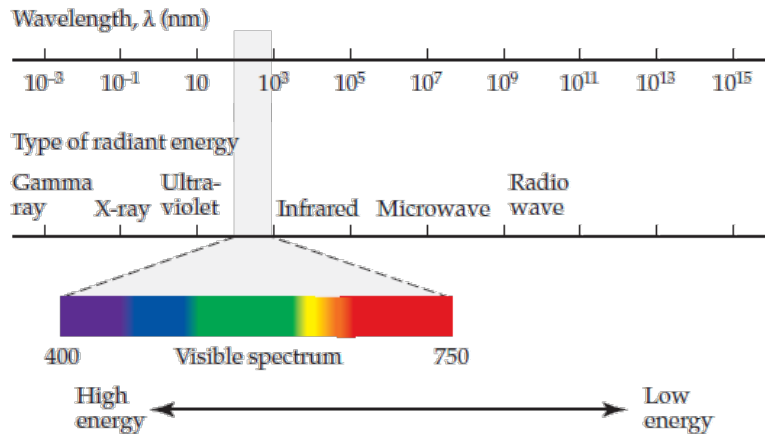
Agua y aniones disueltos



Cationes minerales

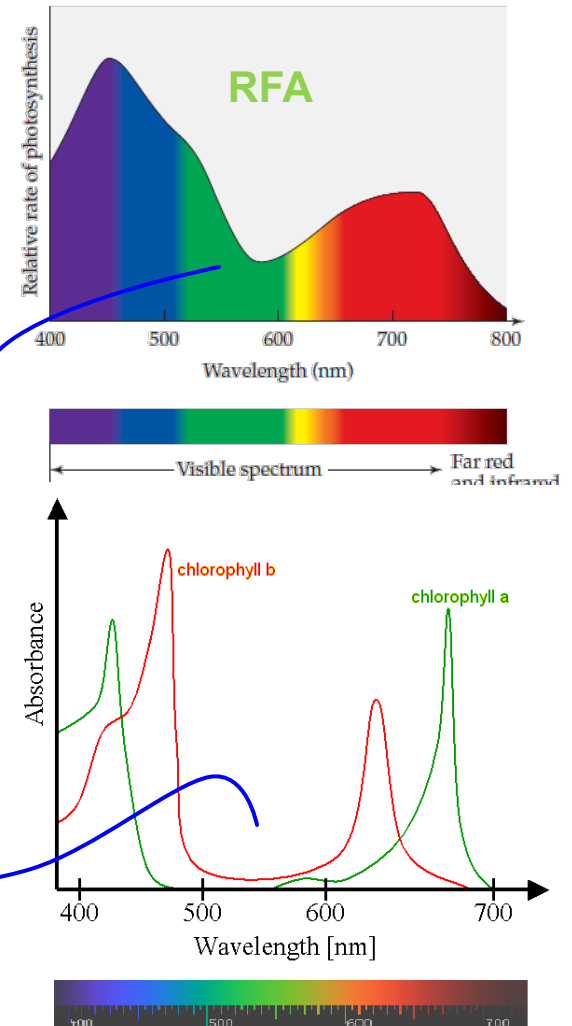
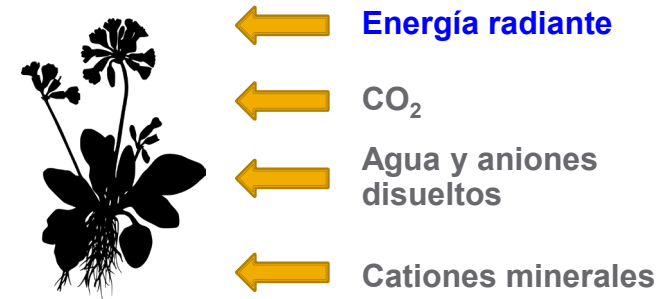
Energía radiante proveniente del sol (varia en intensidad y calidad)

- **Recurso crítico:** necesario para **fotosíntesis**
- No toda la luz es útil; solo algunas longitudes de onda (44%)



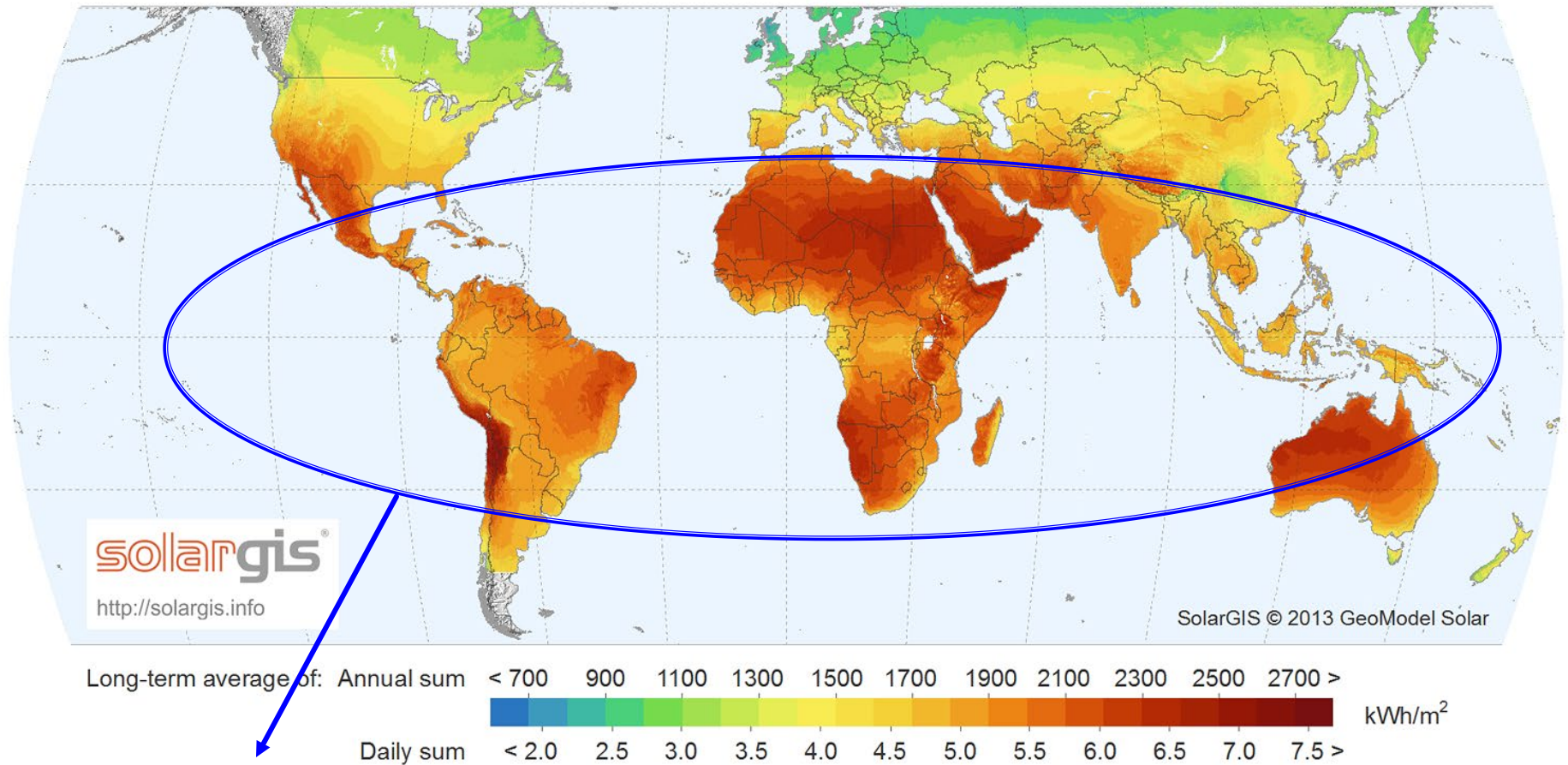
- Espectro de **Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)**
- Se compite por la luz disponible

Explicación del porqué las hojas son verdes (longitud de onda no absorbida)



Variación espacial global

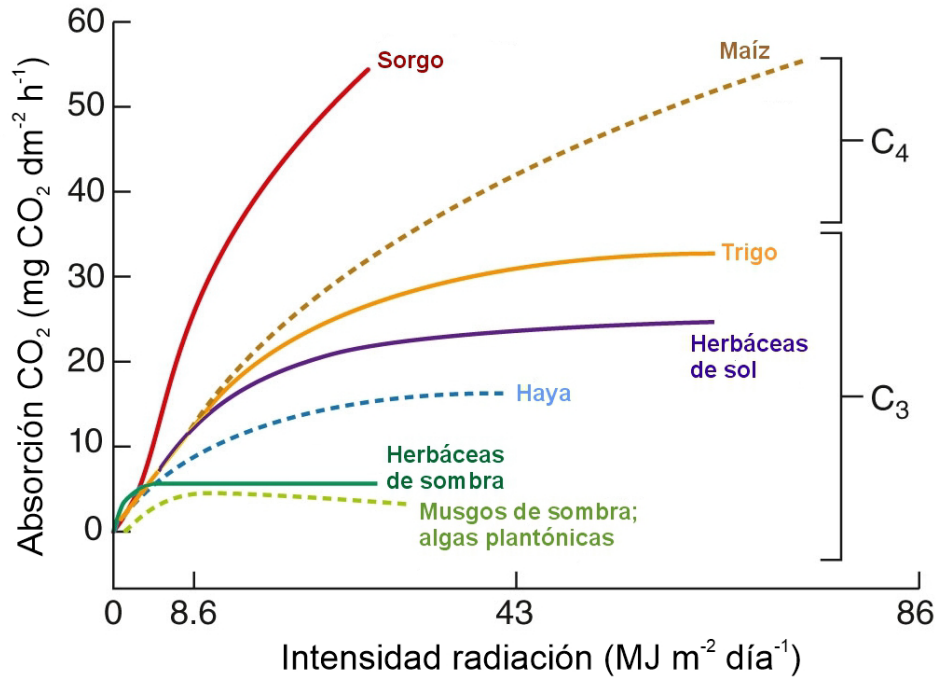
Mapa global de radiación solar absorbida anualmente (W/m^2)



Área de mayor productividad
y diversidad vegetal

Variaciones en la intensidad de luz afecta producción

- Tasa de fotosíntesis relacionada con intensidad de radiación

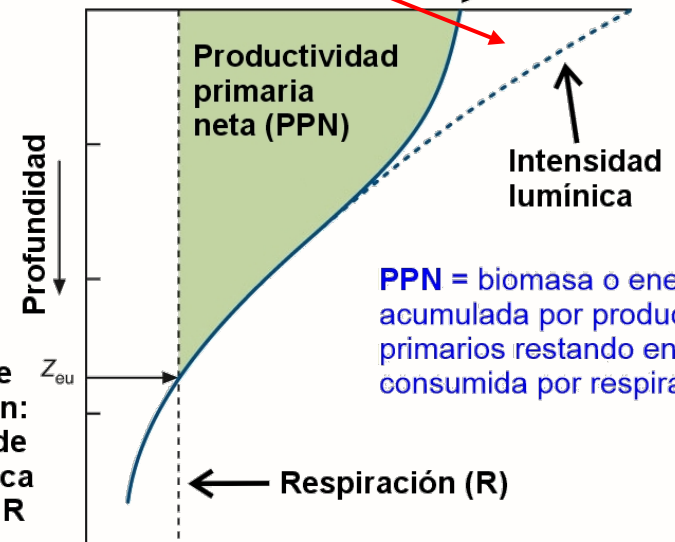


- Variación entre especies
- Saturación a bajas intensidades de radiación

Foto-inhibición

Área de fotoinhibición de la fotosíntesis cerca a la superficie del agua

Productividad primaria bruta (PPB)



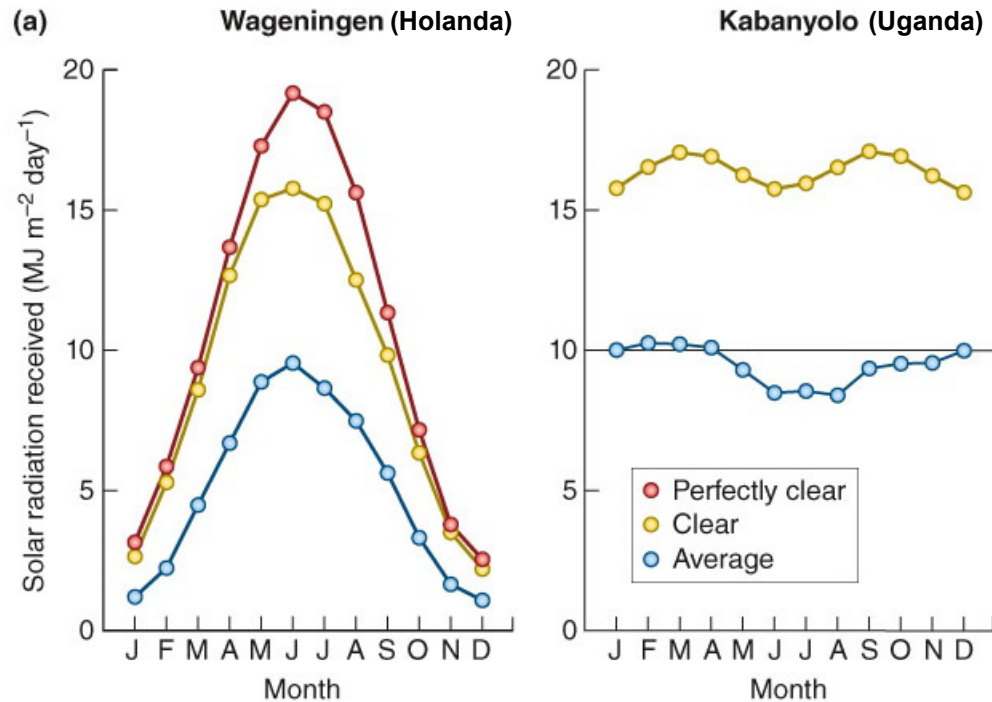
Cantidad de energía radiante pasando a través de un área específica por unidad de tiempo

Z_{eu} = punto de compensación: profundidad de la zona eufótica donde $PPB = R$

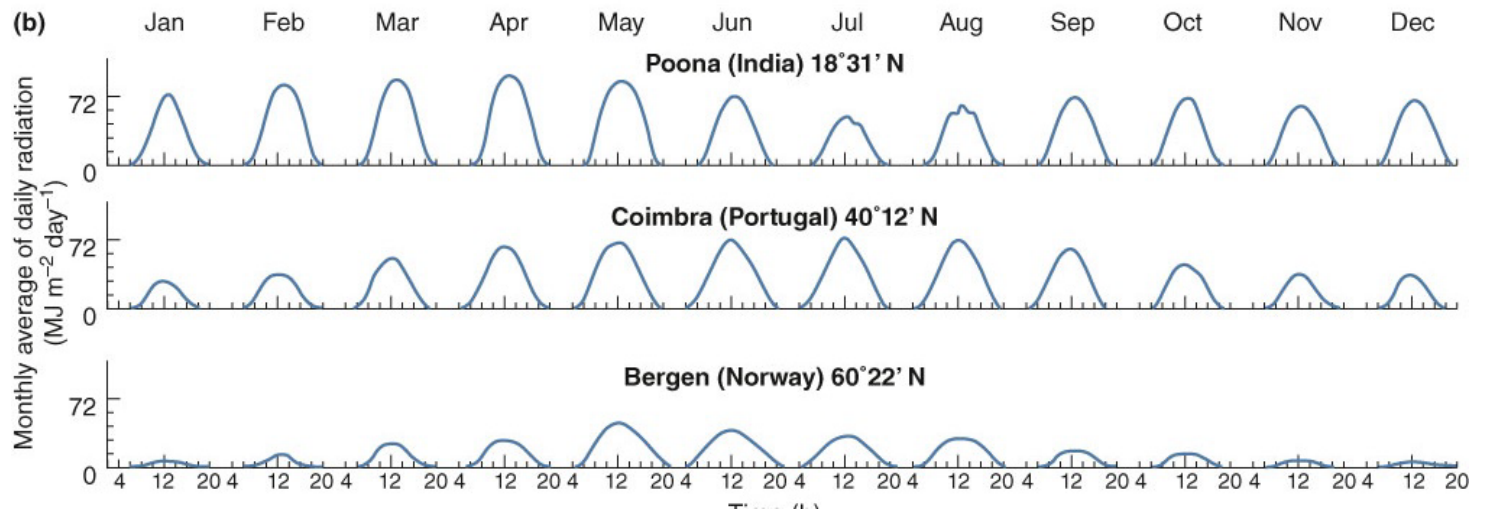
PPN = biomasa o energía acumulada por productores primarios restando energía consumida por respiración

Variación espacio-temporal (mediana/pequeña escala)

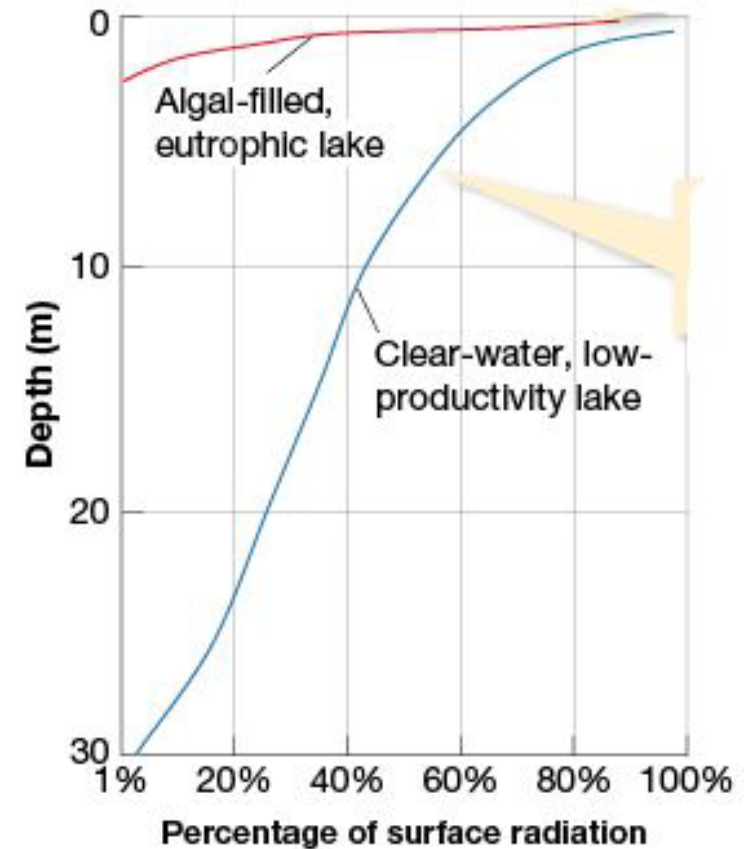
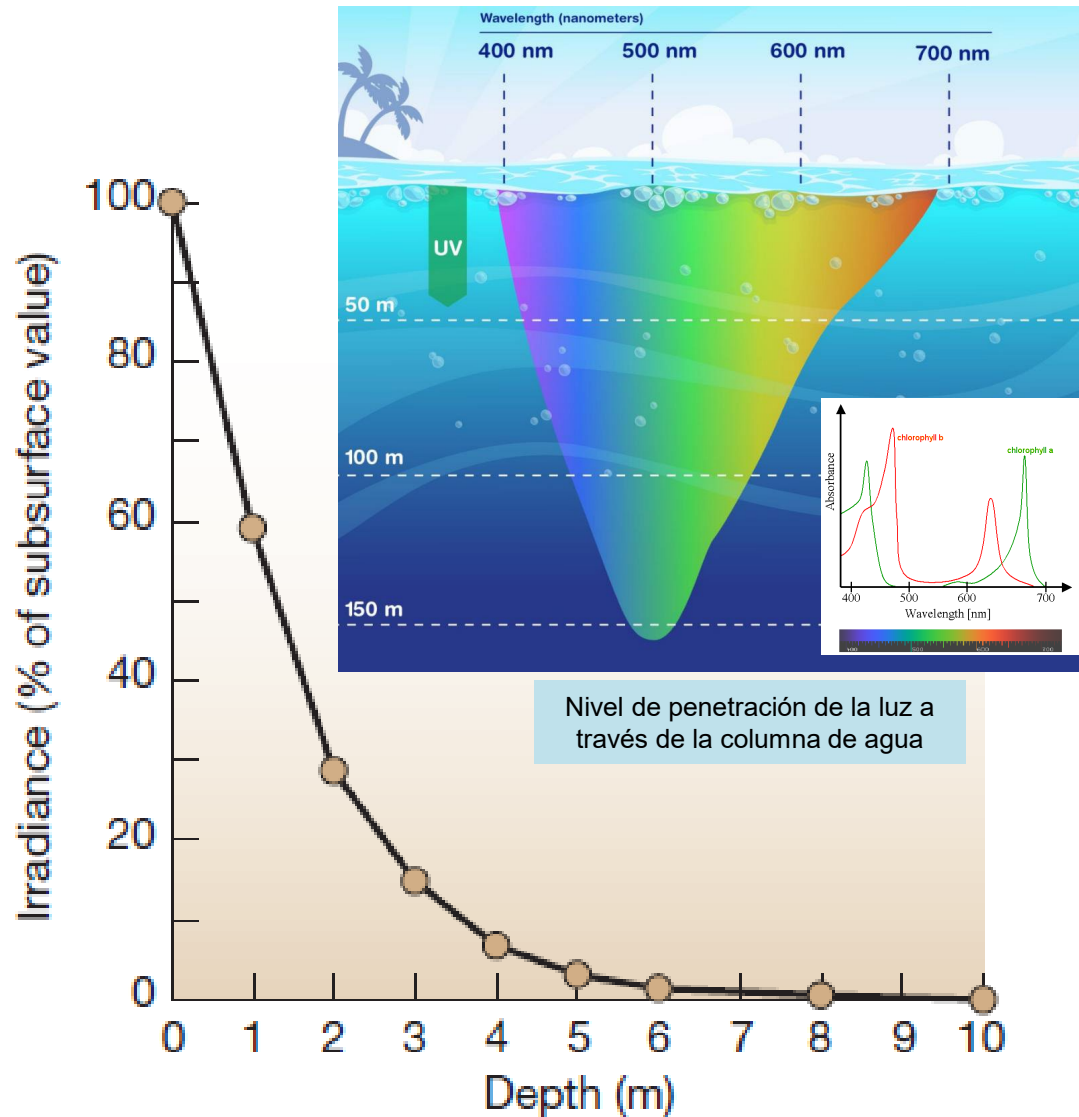
Variación mensual / región



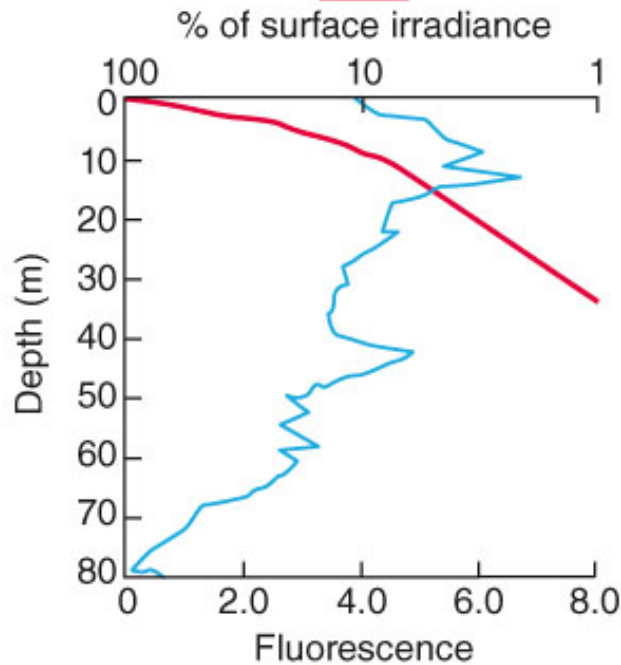
Variación diaria / mes / región



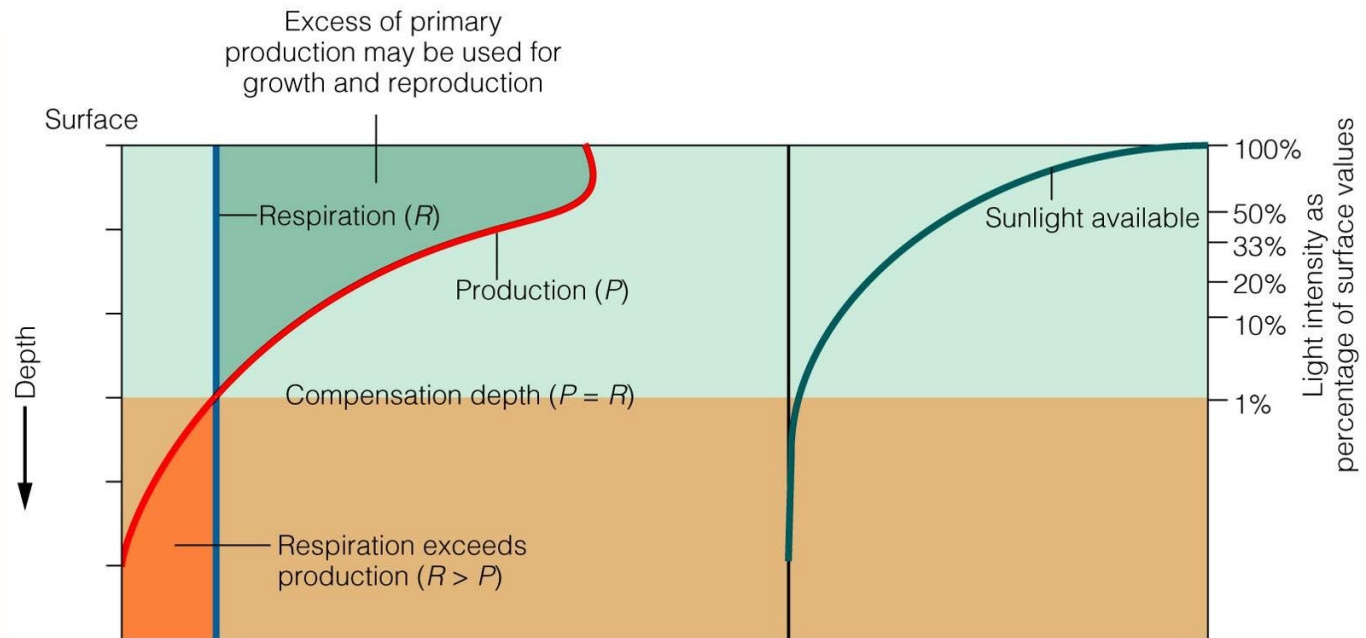
Variación espacial (pequeña escala - profundidad)



Variación de los niveles de radiación con la productividad primaria

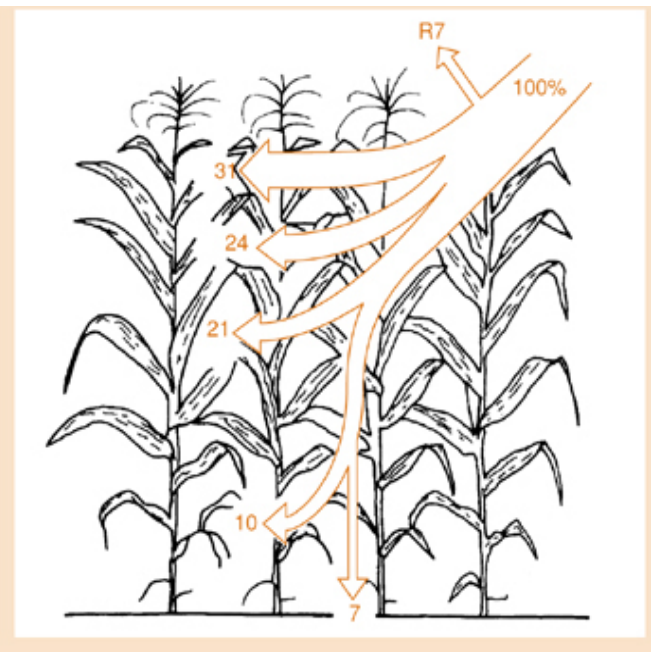
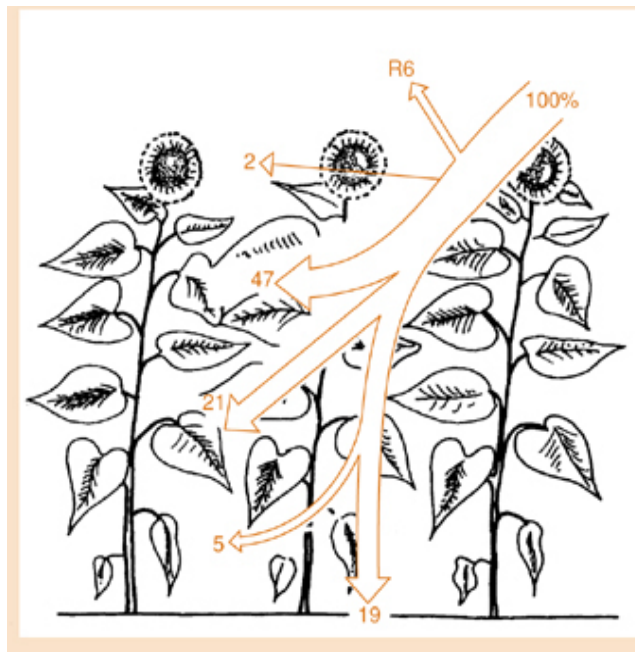
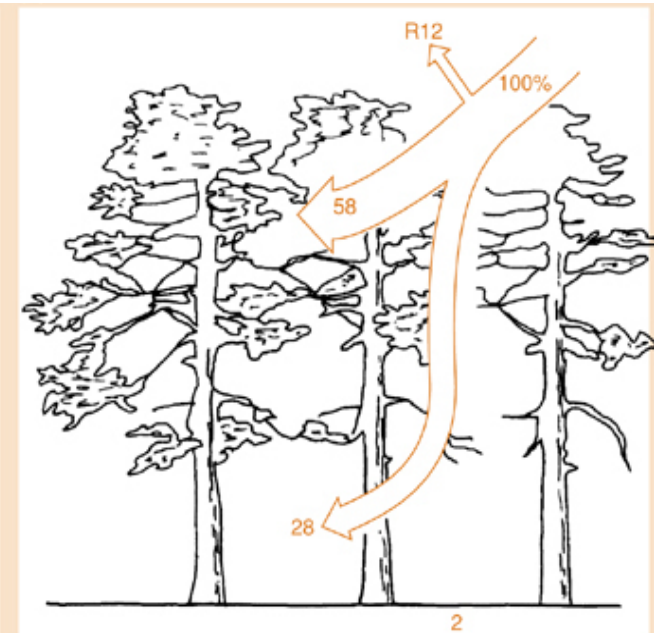
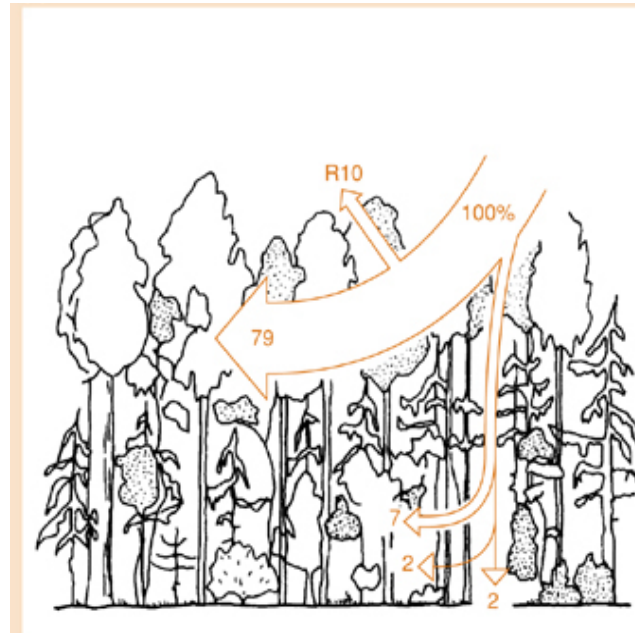


Fluorescencia (mg de clorofila *a*/m³) como una medida de abundancia de algas



Grado de exposición a radiación:

dependiendo del tipo de vegetación y posición de las plantas



- Reflejo (reflectancia; R)
- Transmitida
- Absorción (aumento temperatura corporal)
 - Re-radiación

Grado de exposición a radiación: efectos sobre morfología/función de hojas

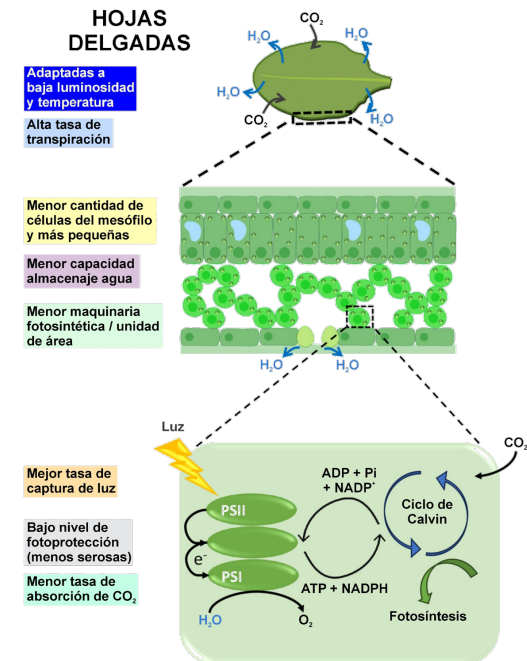
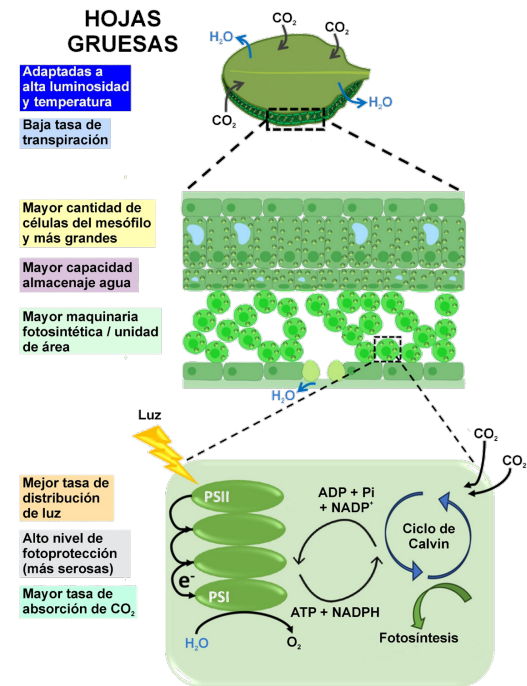
Hojas de sol

- Gruesas
- Mayor densidad de cloroplastos
- Mayor capa de células

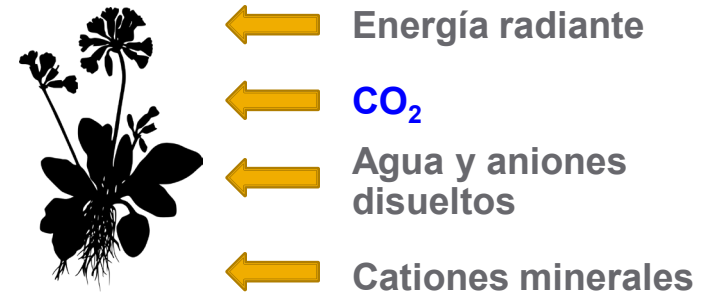
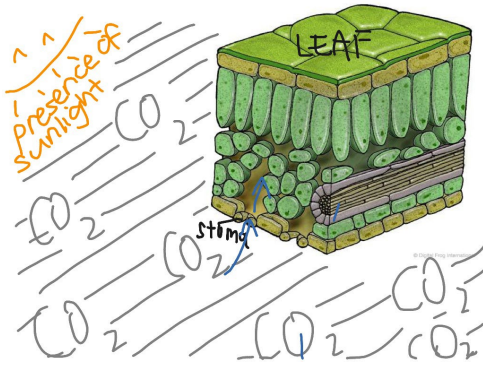


Hojas de sombra

- Más delgadas
- Interceptan radiación difusa y filtrada
- Suplementan fotosíntesis

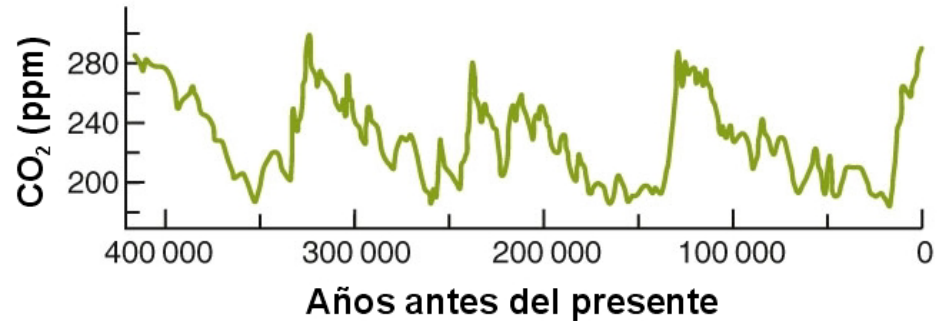


Dióxido de carbono (CO₂)

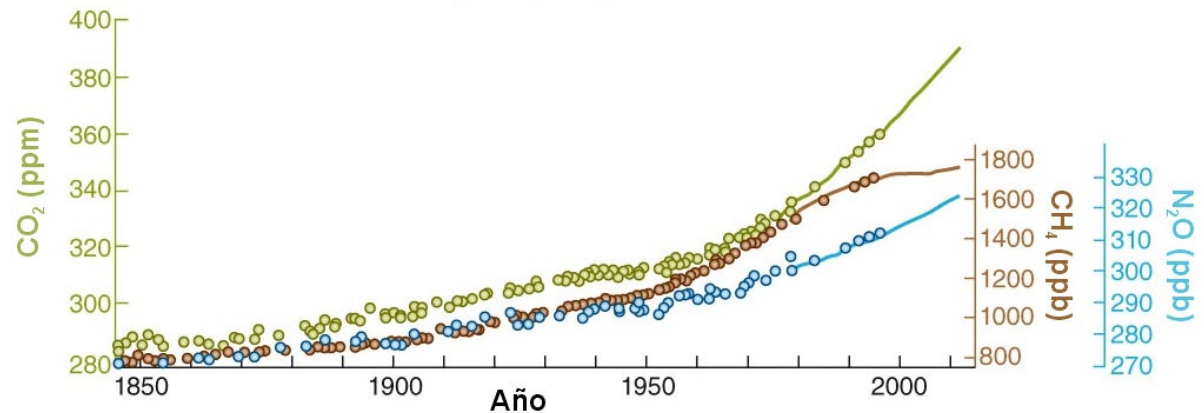


• [CO₂]: variación temporal a gran escala

- **Año 1850:** 280 ppm de CO₂ aire
- **Actualidad (septiembre 2025):** 422-424 ppm CO₂ aire
 - Aumento 0.4% promedio anual
- **Inicios del Triásico:** 1000-2500 ppm CO₂ aire (> 4 veces actualidad)



Concentración atmosférica de CO₂ durante los anteriores 420000 años



Concentración atmosférica de CO₂ desde 1850 (100 años después de iniciar la revolución industrial)

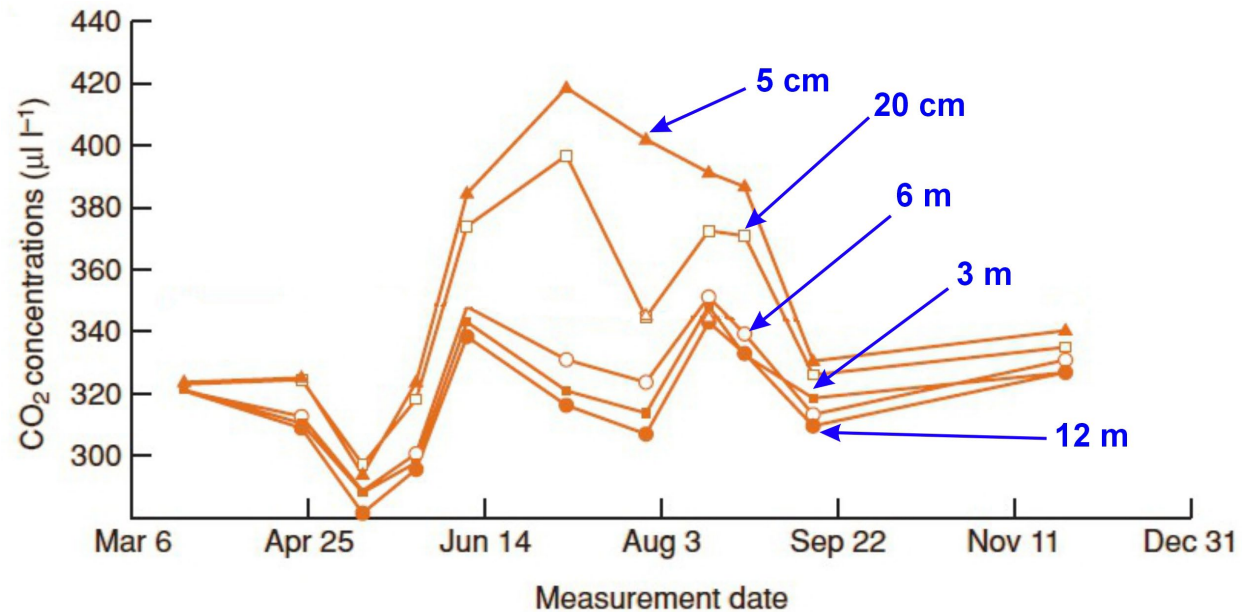
Begon & Townsend. 2021. Ecology. From individuals to ecosystems. Fifth edition. Wiley. Oxford, UK. 844 pp.

Joachimski et al. 2022. Five million years of high atmospheric CO₂ in the aftermath of the Permian-Triassic mass extinction. Geology 50: 650–654

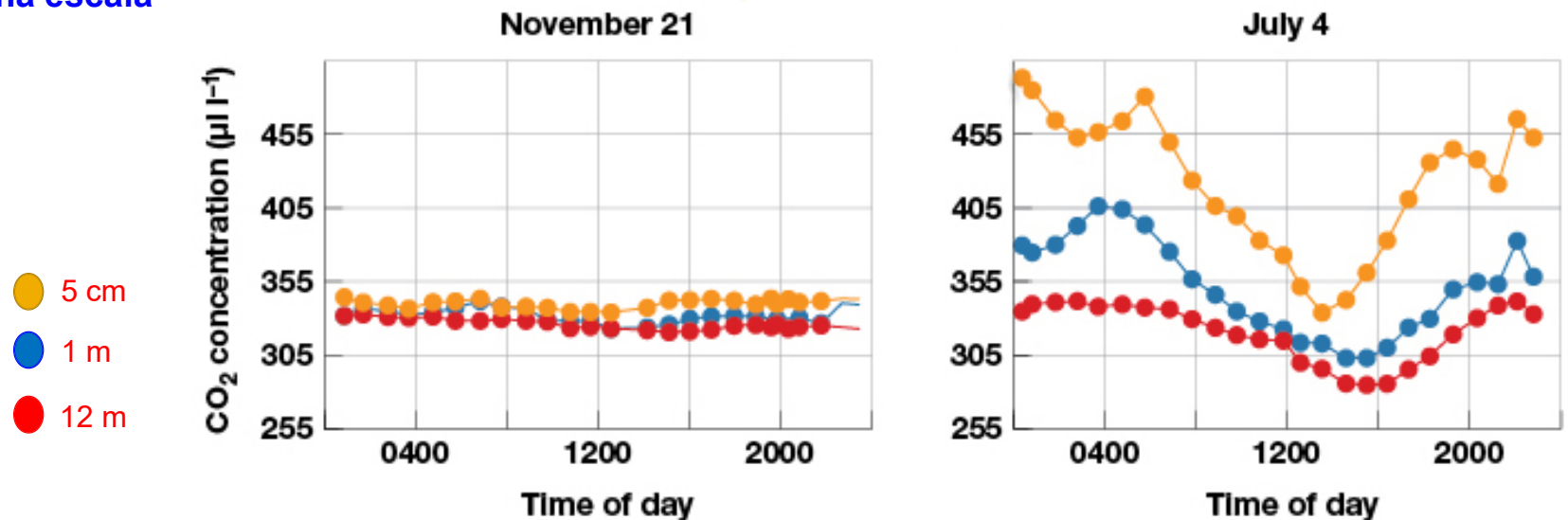
[CO₂]: variación espacio-temporal a mediana y pequeña escala

- Bosque deciduo mixto en Massachusetts (hemisferio norte)
- Medición a diferentes alturas en el bosque

Mediana escala

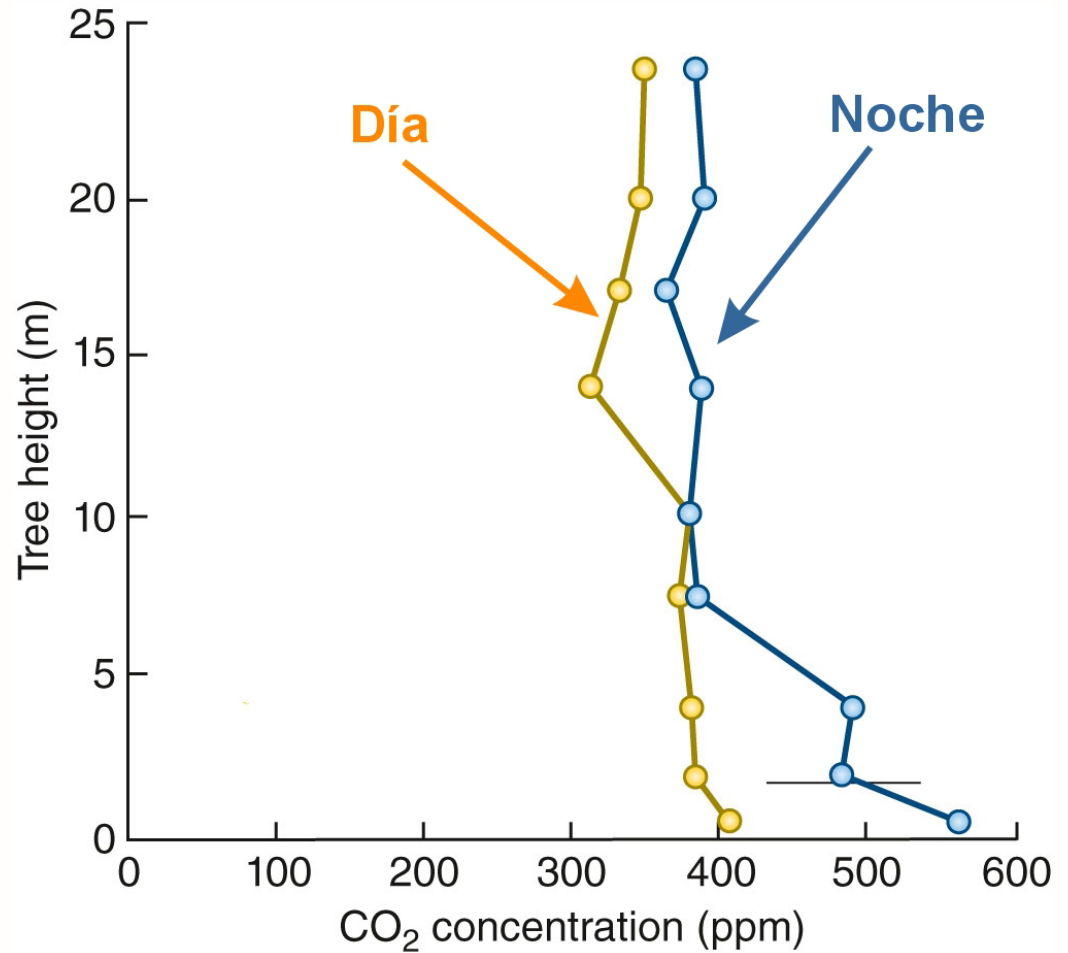


Pequeña escala



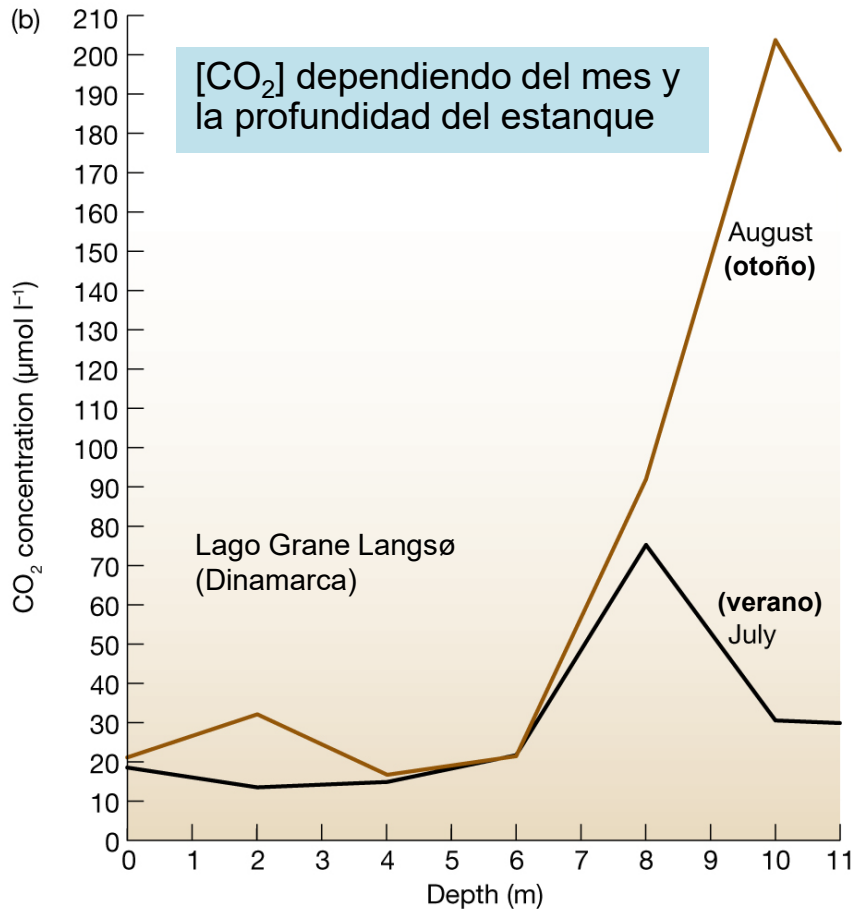
Pequeña escala

- Bosque deciduo mixto en Sapporo, Japón (hemisferio norte)
- Medición a diferentes alturas en el bosque, en el día y en la noche

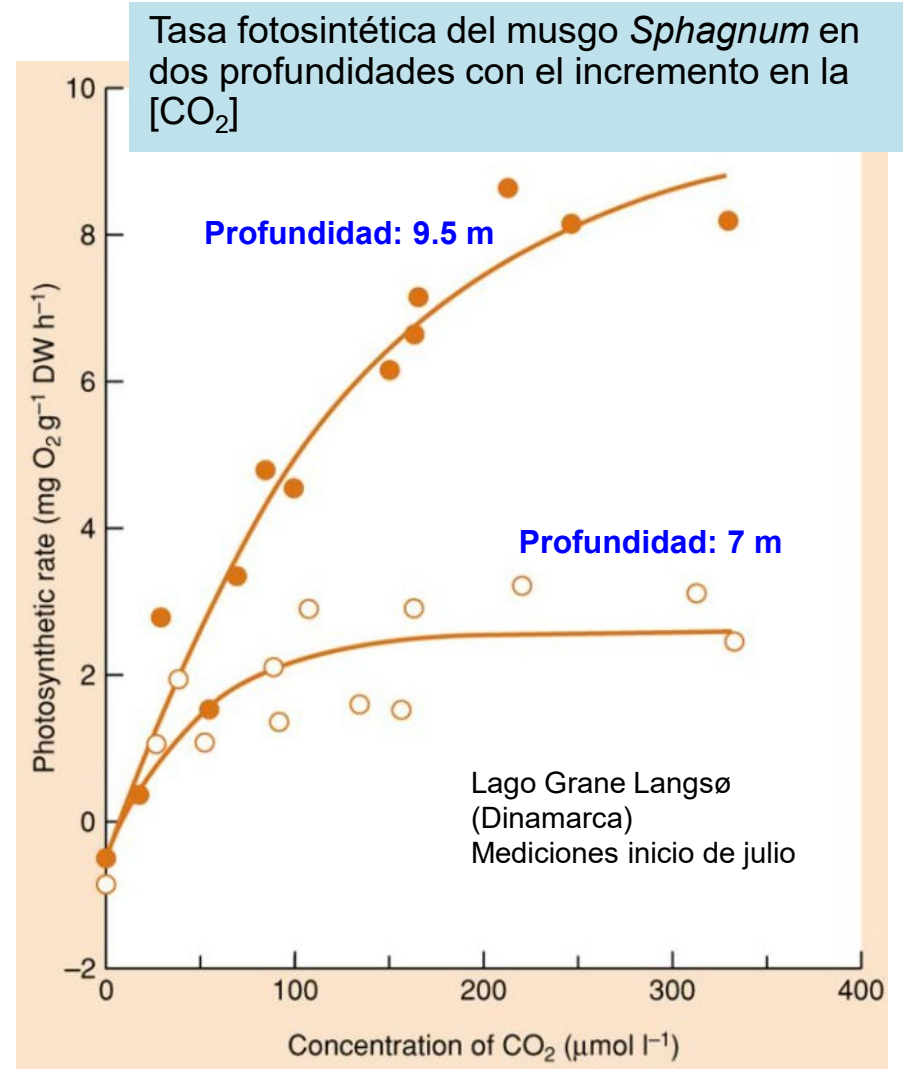


[CO₂] en el agua

- Variación temporal de CO₂ con la profundidad

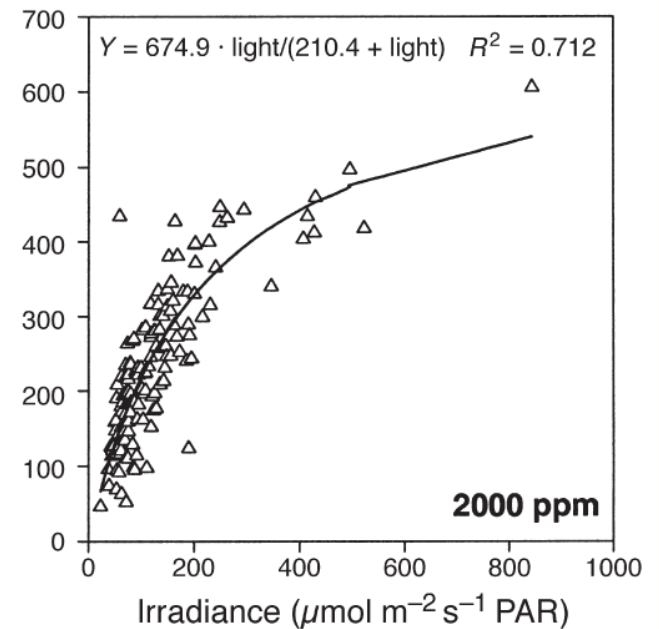
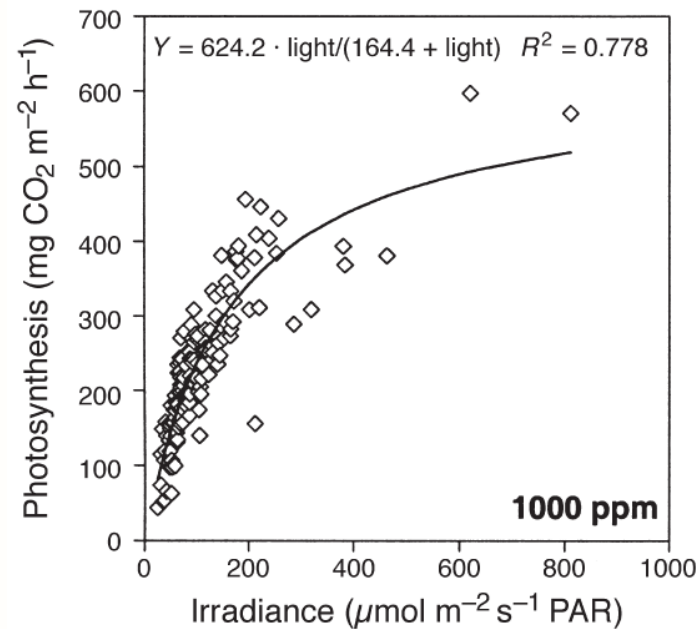
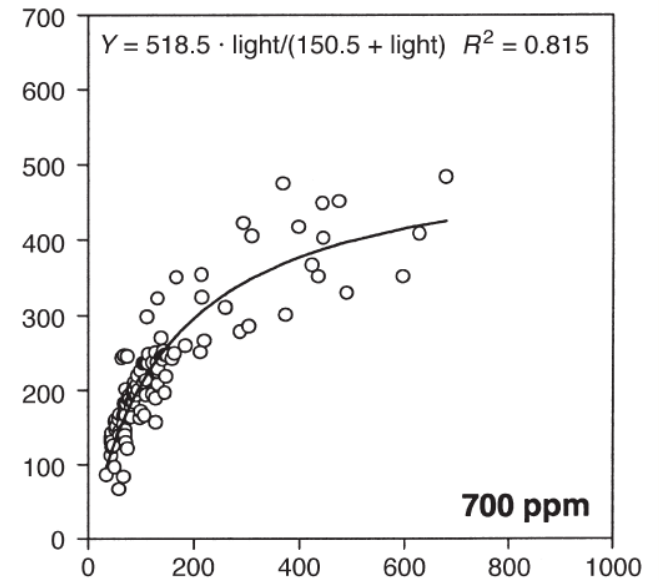
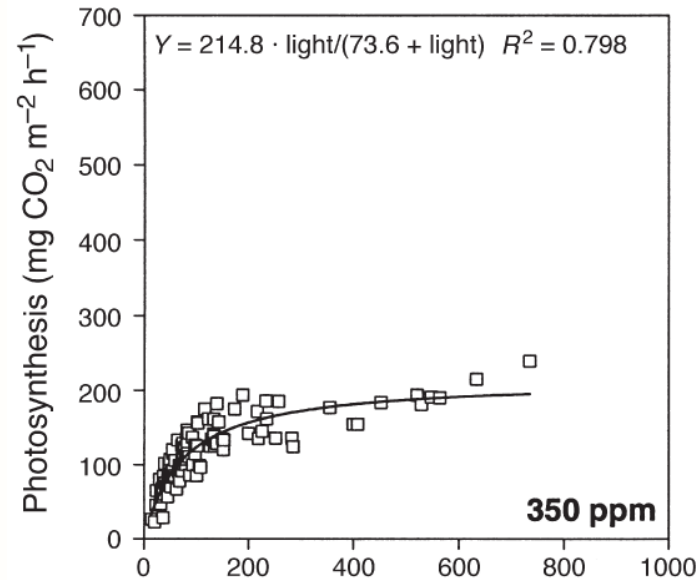


- Variación (bajo/alto) de CO₂ afecta productividad



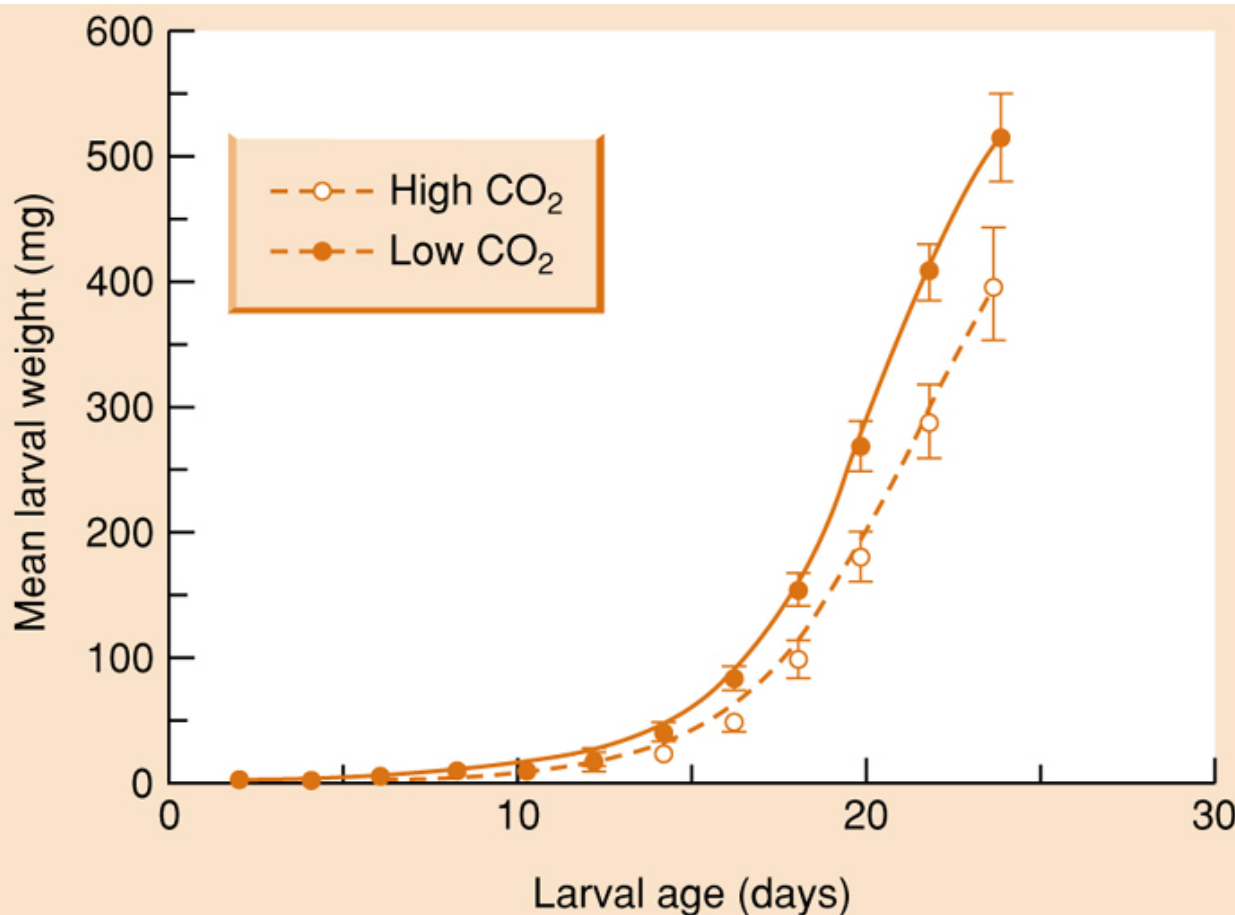
[CO₂] en el agua

Respuesta (tasa fotosintética) del musgo *Sphagnum* en función de la [CO₂] y el incremento en el nivel de radiación



Consecuencias de alta [CO₂]

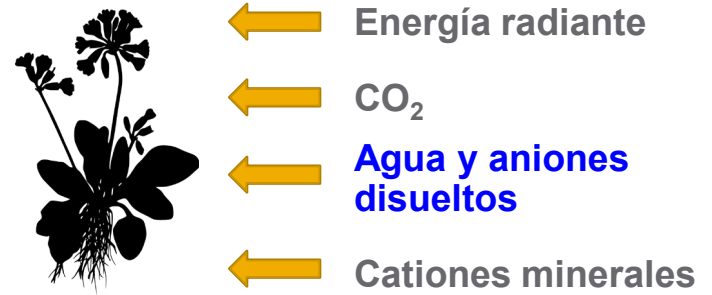
- Saturación por parte de plantas
- Efecto sobre organismos herbívoros (afectación de niveles de N en plantas y efectos sobre crecimiento corporal herbívoro)



Crecimiento a través del tiempo de la larva de la mariposa *Junonia coenia* alimentándose de *Plantago lanceolata* que ha estado creciendo en un ambiente natural a baja [CO₂] y en uno con alta [CO₂]

Agua

- Necesaria para todos los organismos



- Plantas necesitan del agua para fotosíntesis
 - >> absorción de CO₂ sólo es posible a través de superficies húmedas



Absorción de CO₂ >> evapotranspiración a través de estomas

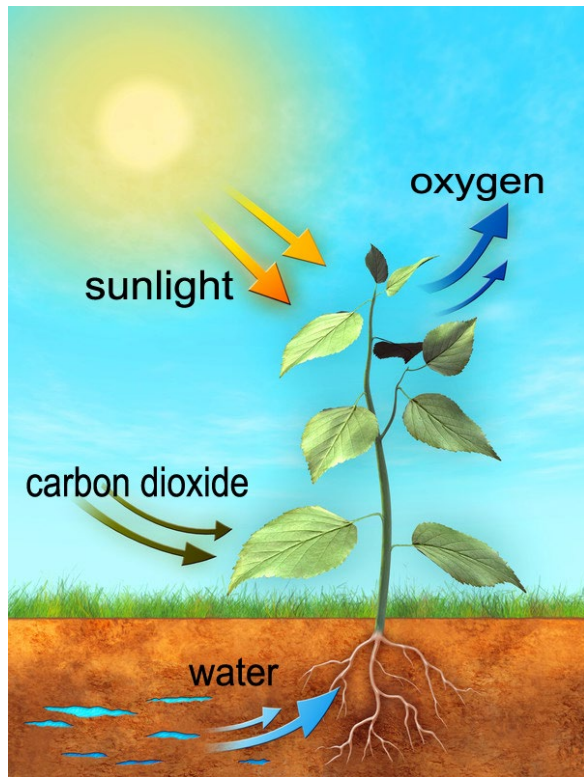
- Reducir tasa de evapotranspiración >> cierre de estomas
- >> reducción de tasa de absorción de CO₂ y de fotosíntesis

- Transporte de nutrientes

Disponibilidad de agua

Direcciona estrategias de sobrevivencia en ambientes limitantes en agua

- En términos fisiológicos >>



¿fotosíntesis?

Versus



¿conservar agua (no transpirar)?

Tres estrategias: frente al stress hídrico

1. Evitar stress hídrico



2. Tolerar stress hídrico



3. Otras alternativas fisiológicas



1. Plantas evitadoras: plantas anuales en desiertos; hierbas anuales; plantas de cultivo anuales



Erucaria rostrata



Bromus fasciculatus

- Ciclos de vida corto
- Fotosíntesis en épocas en las que pueden mantener balance hídrico positivo; resto del año en como semilla
- Plantas perennes pierden tejidos fotosintéticos en época seca

2. Plantas tolerantes: plantas que resisten sequías sin perder hojas (de larga vida); fotosíntesis lenta

- **No pierden agua, sacrifican absorción CO_2 ; reflejan radiación no FA:** Pelos, estomas en cavidades y restringidos a áreas especializadas de la hoja; superficies serosas
- Plantas con hojas de vida larga que transpiran lentamente. **Mudan durante sequías**
- Plantas con polimorfismo secuencial de hojas (intercambio de hojas dependiendo de la época)
 - **Agua libre en suelo:** hojas finas divididas de cutícula
 - **Época seca:** hojas no divididas, pequeñas y de cutícula gruesa (muda). **Espinas**



Acacia



Teucrium polium

- Mayoría de plantas >> C_3
 - Alta tasa fotosintética >> alta productividad
- Despilfarradoras de agua
 - Sufren por la fotorrespiración: vía metabólica derrochadora que ocurre cuando la enzima RuBisCO (ciclo de Calvin) actúa sobre el oxígeno en vez del dióxido de carbono.
- Máxima tasa de fotosíntesis a intensidades de radiación relativamente baja
- No productivas en áreas áridas

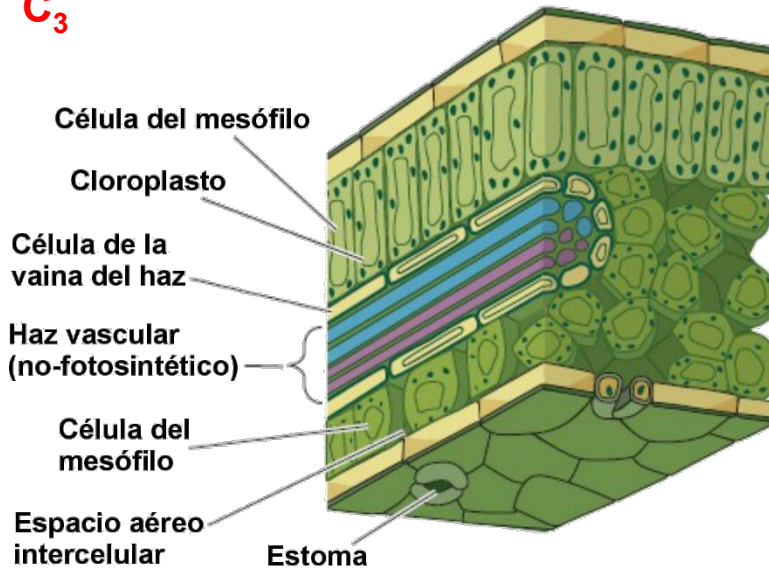
¿Entonces que pasa cuando el ambiente naturalmente es deficiente en niveles de agua disponible?

3. Plantas C_4 / CAM (metabolismo ácido: crasuláceas):

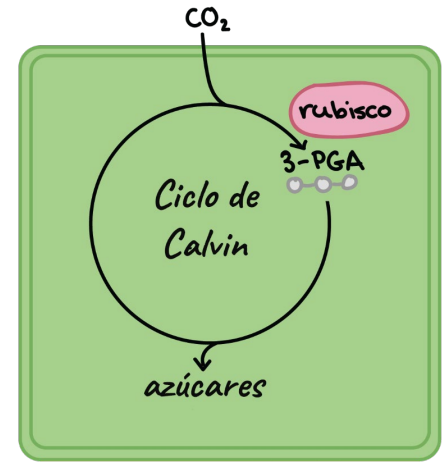
- Económicas en el uso de agua
- Eficiencia en el uso del agua (absorben más CO_2 por unidad de agua perdida)
- Típicas en ambientes áridos y calientes
 - C_4 : ineficientes en lugares húmedos y intensidades de radiación baja

Comparando funcionamiento plantas C_3 y C_4

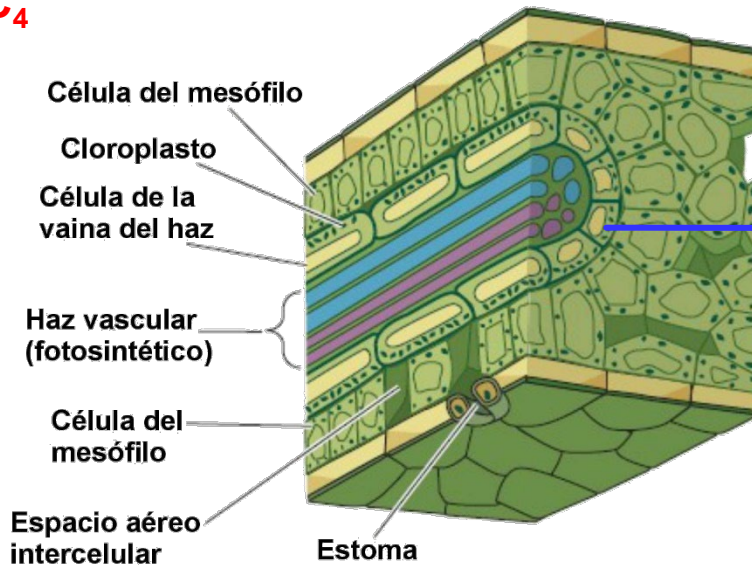
C_3



Fijación del carbono y ciclo de Calvin en las células del mesófilo

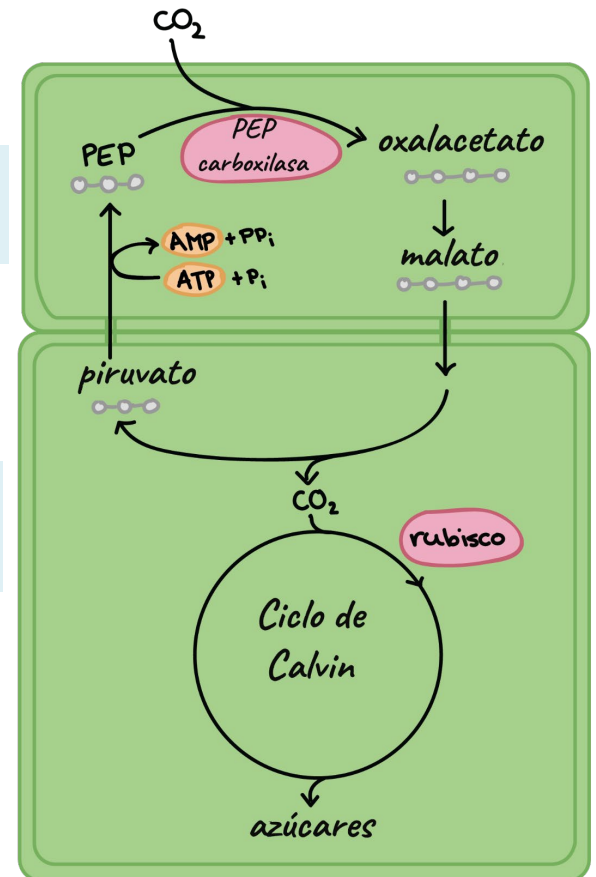


C_4



Fijación del carbono en las células del mesófilo

Ciclo de Calvin en las células de la vaina

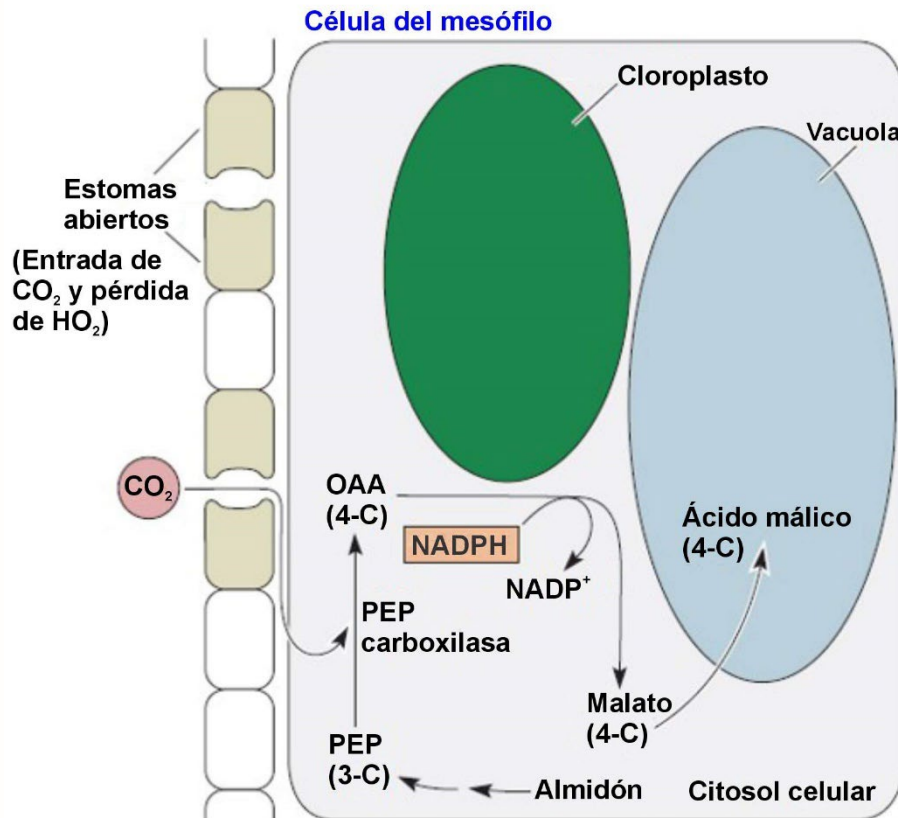


Funcionamiento plantas CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas)

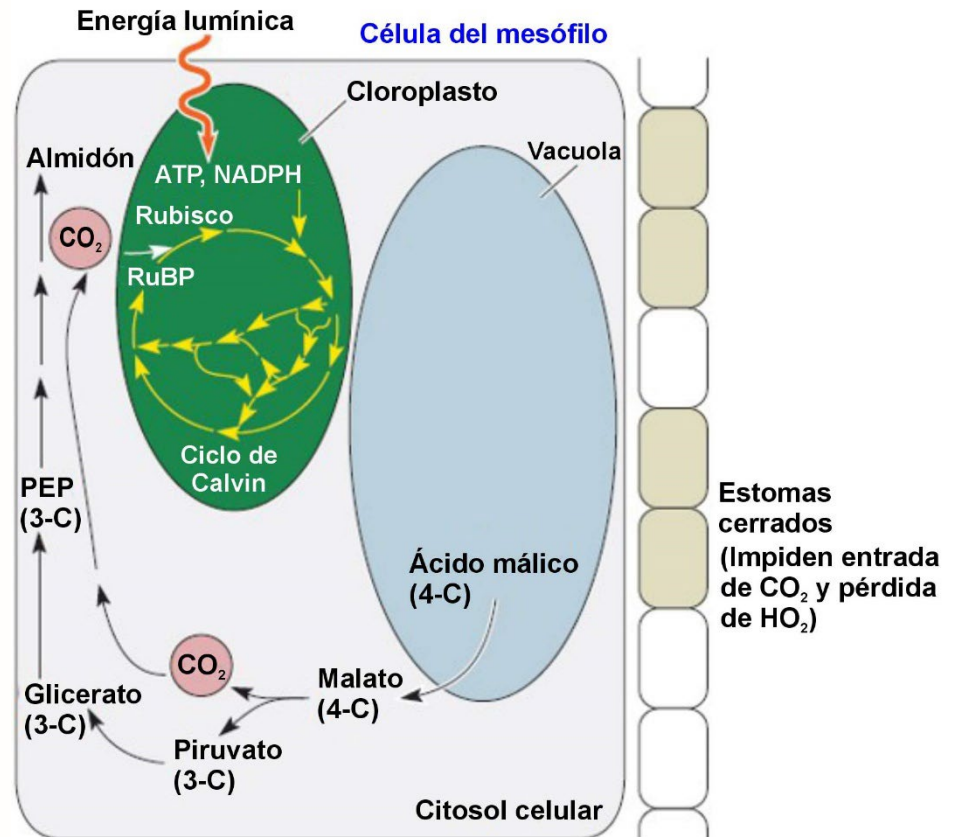
Separación temporal (noche/día) de la captura de CO₂ y de la captura de luz

- Especializado para economizar agua
- Baja tasa fotosintética y crecimiento lento

NOCHE (oscuridad)



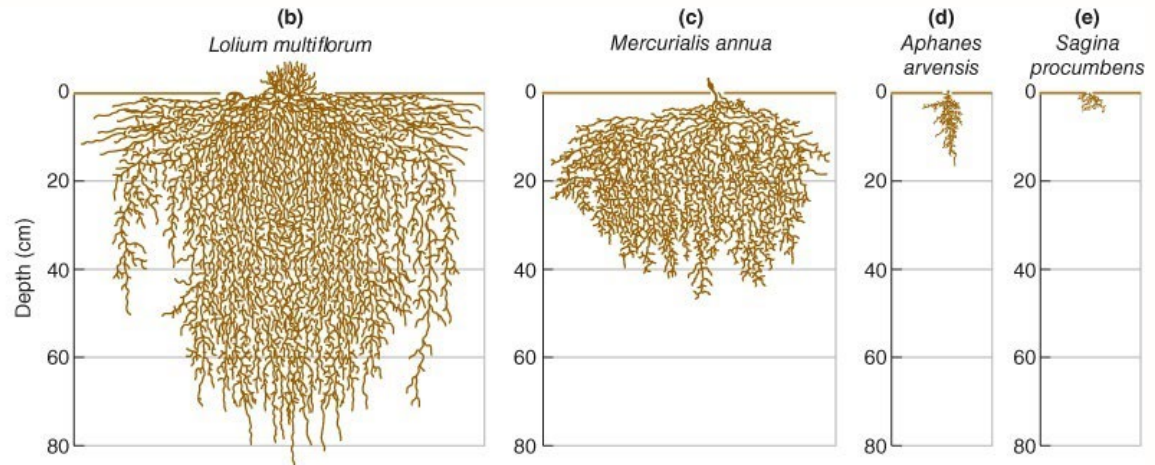
DÍA (LUZ)



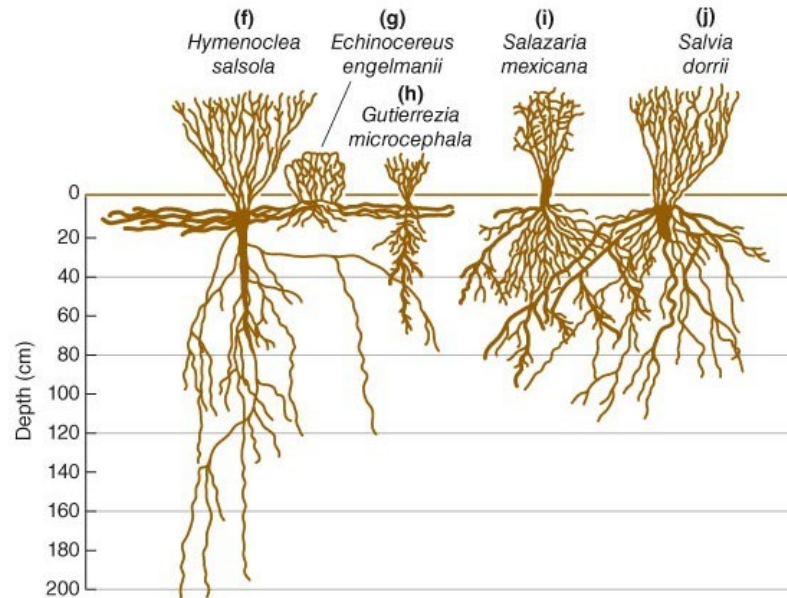
Variación profundidad de raíces en función de disponibilidad de agua

Raíces: sistemas más estructurados (arquitectura) que las partes aéreas

- **Ambientes húmedos o inundados**
 - Raíces superficiales y esparcidas (consecuencias si el ambiente se seca)



- **Ambientes secos**
 - Raíces pivotantes y profundas (no útiles si la fuente de abastecimiento de agua proviene de aguaceros ocasionales sobre un substrato seco)



Cationes minerales

Extracción del suelo/agua

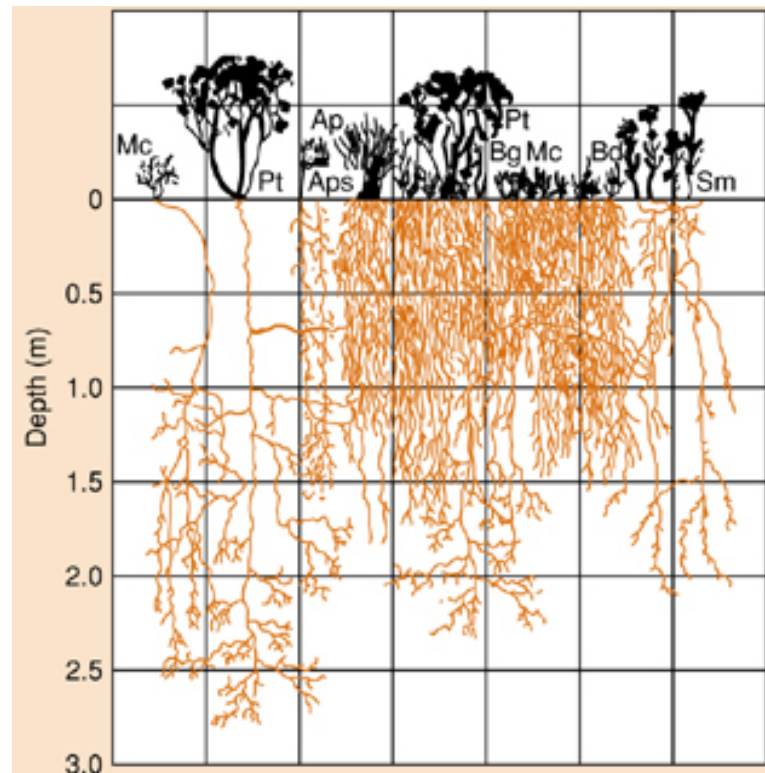
- **Ca, Cl, Fe, K, Mg, N, P, S (esenciales)**
- B, Cu, Mn, Mo, Ni, Zn



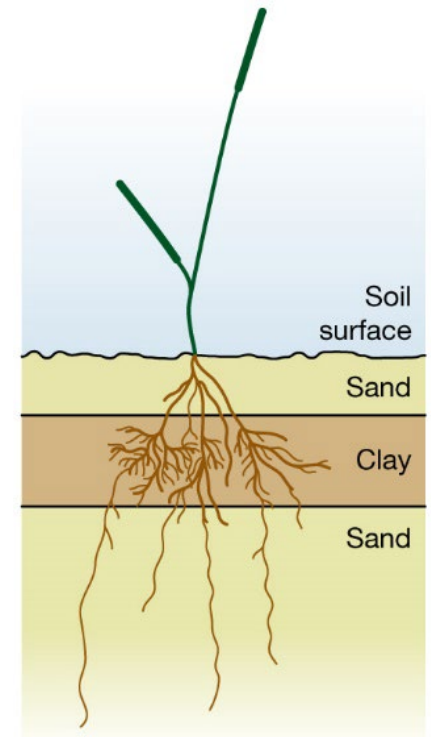
- ← Energía radiante
- ← CO₂
- ← Agua y aniones disueltos
- ← Cationes minerales

Suelos desiguales y heterogéneos

- Estrategias diferentes de obtención de minerales:
raíces = forrajeadores
- Crecimiento diferencial de raíces horizontal y vertical
- Ramificación en las partes más ricas del suelo (agua y nutrientes)



**Crecimiento vertical:
exploración vs. explotación**



**Crecimiento horizontal:
explotación**

Interacción fuerte entre forrajeo agua-nutrientes

- Limitación en recursos agua y nutrientes
- Cambios en estructura raíces

Suelos pobres en agua disponible

- No crecimiento de raíces: nutrientes no explotados

Suelos pobres en minerales esenciales

- No crecimiento de raíces: no llegar a estratos del suelo con agua

Interacción entre nutrientes

- e.g.: pobreza en N (NO_3^{-1} - nitrato) limita crecimiento de raíces ~ planta no “forrajea” en áreas con disponibilidad de PO_4^{-3} (fosfato)

- Disponibilidad de nutrientes esenciales
 - Cambios en estructura raíces
 - Generación de competencia

NO_3^{-1} : difusión (movimiento) rápida en solución del suelo

- Nitratos percolan rápido (dependiendo del tipo de suelo) ~ llevados lejos de las raíces

PO_4^{-3} : difusión lenta en solución del suelo

- Fosfatos retenidos cerca de raíces o quedan lejos

Resultados en morfología de raíces

- Obligan a altos niveles de desarrollo y crecimiento de raíces horizontal y vertical (competencia entre plantas)
- Plantas con tasas de transpiración rápida y alta “forrajean” más N
- Suelos pobres en PO_4^{-3} ~ activa ramificación de raíces