



**Alianza del
Pacífico**
El poder de la Integración



UNIVERSIDAD DE CHILE



Curso Evaluación del Estrés Bioclimático de los Ecosistemas Provocado por las Variaciones del Clima en el Siglo XXI.

12 al 16 de Noviembre 2018, Santiago de Chile.

Bases eco-fisiológicas de las respuestas de las plantas al estrés abiótico

Dra. Karen Peña-Rojas
kpena@uchile.cl

Santiago, 13 Noviembre 2018



**Estreses: Hídrico, Térmico,
Nutricional, Polución, otros**

**Manejo: Podas, Riego,
Fertilización, otros**

Nutrición

**Radiación Solar
Temperatura**

Agua

**Genética
Estado Fisiológico**

**Fotosíntesis
Respiración**

**Transporte Agua y Nutrientes
Síntesis de Compuestos**

**Azúcares: Sacarosa, Fructosa, Glucosa
Energía Metabólica: ATP**

Desarrollo Vegetativo

Desarrollo Reproductivo

Hojas

Tallos

Raíces

Flores

Frutos

Semillas

¿Que es lo que determina que una región geográfica en particular sea una Selva Tropical o un paisaje árido de dunas de arena?.

EL CLIMA

Clima es un patrón promedio de TIEMPOS ATMOSFÉRICOS a largo plazo

Locales

Regionales

Globales

TIEMPO ATMOSFÉRICO es la combinación de Temperatura, Humedad, Precipitaciones, Viento, Nubosidad y otras condiciones atmosféricas que suceden en un momento y lugar determinado

La ESTRUCTURA de los Ecosistemas Terrestres en gran medida está determinada por las plantas que predominan.

Las plantas que predominan es un reflejo de las Condiciones Física Ambientales dominantes, es decir del CLIMA y SUELO

La variación geográfica del clima principalmente de la TEMPERATURA y las PRECIPITACIONES determinan la Distribución de la Vegetación, a gran escala. Por lo tanto determinan la naturaleza de los ecosistemas terrestres.

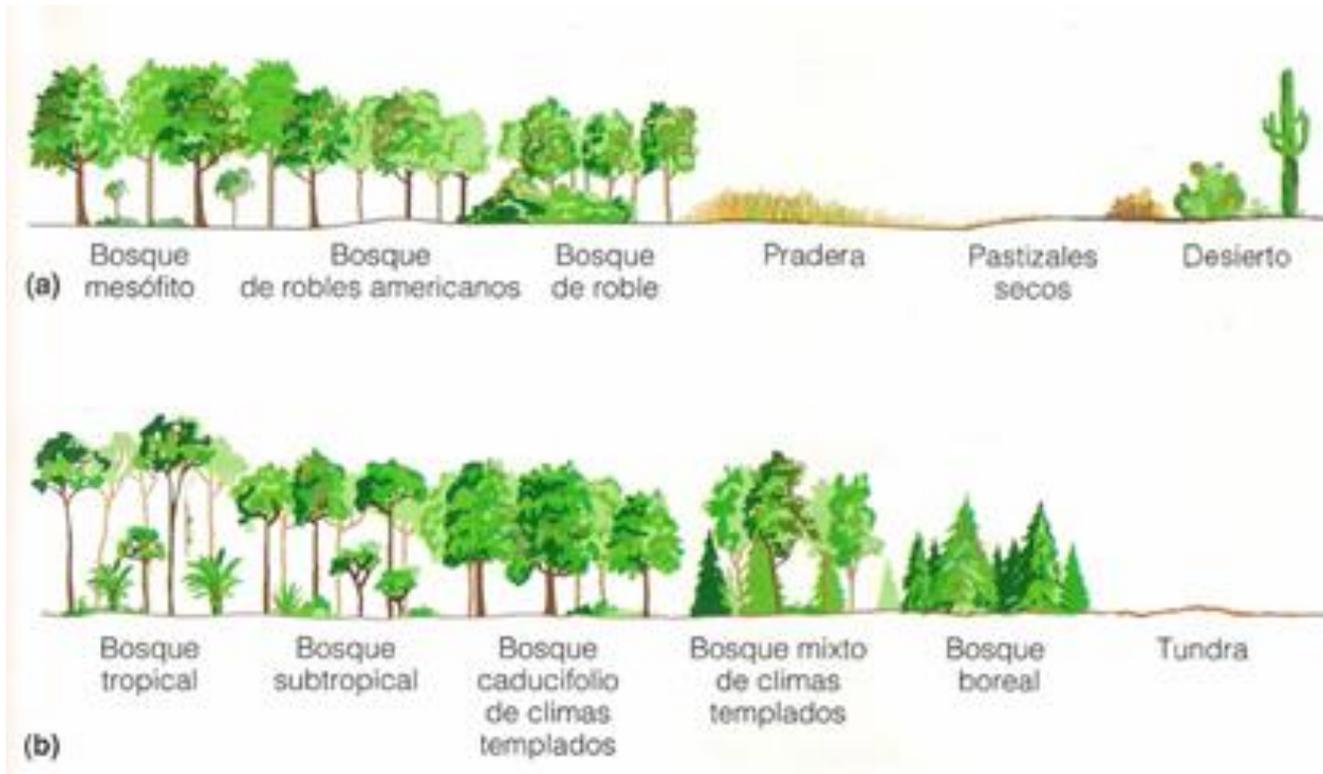


Figura 3.1 | Gradientes de la vegetación de Norteamérica de Este a Oeste y de Sur a Norte. **(a)** El gradiente de Este a Oeste refleja un decrecimiento en las precipitaciones anuales (no trascienden las Montañas Rocosas). **(b)** Los gradientes de Sur a Norte reflejan un decrecimiento en el promedio de las temperaturas anuales. Nótese que, tanto con el decrecimiento de las temperaturas como de las precipitaciones, disminuye el tamaño de la vegetación. Véase el Capítulo 23 para una discusión más detallada de las características y la distribución de los ecosistemas terrestres.

Los climas determinan la disponibilidad de Temperatura y AGUA en la superficie terrestre e influyen en la cantidad de Energía Solar que las plantas pueden utilizar.

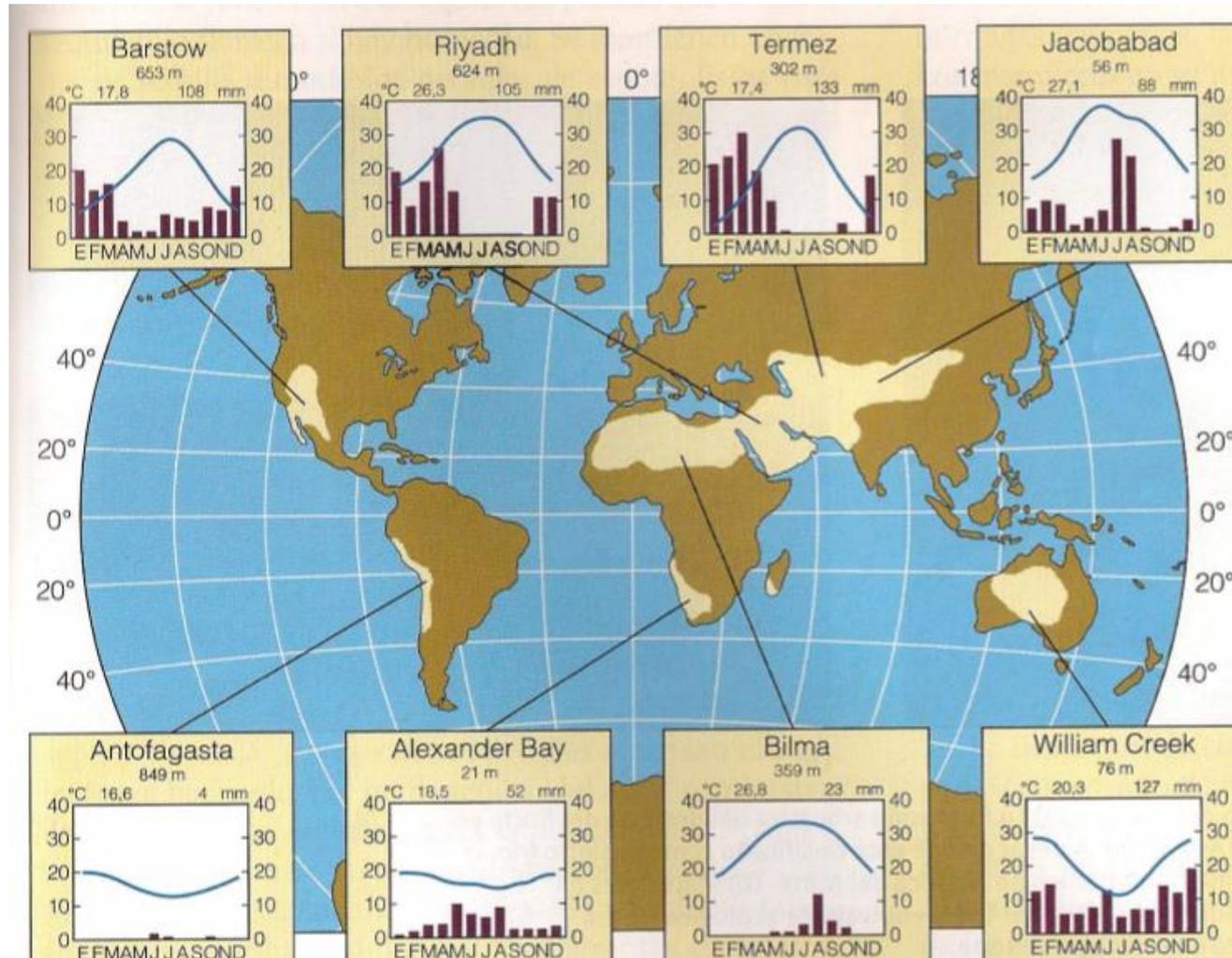


Figura 23.9 | Distribución geográfica de los ecosistemas desérticos (áridos) del mundo y climodiagramas asociados que muestran los patrones a largo plazo de la temperatura y la precipitación mensual para los lugares seleccionados. (Adaptado de Archibold 1995.)

Figura 23.12 | Distribución geográfica de los ecosistemas mediterráneos del mundo y climodiagramas asociados que muestran los patrones a largo plazo de la temperatura y la precipitación mensual para los lugares seleccionados. (Adaptado de Archibold 1995.)

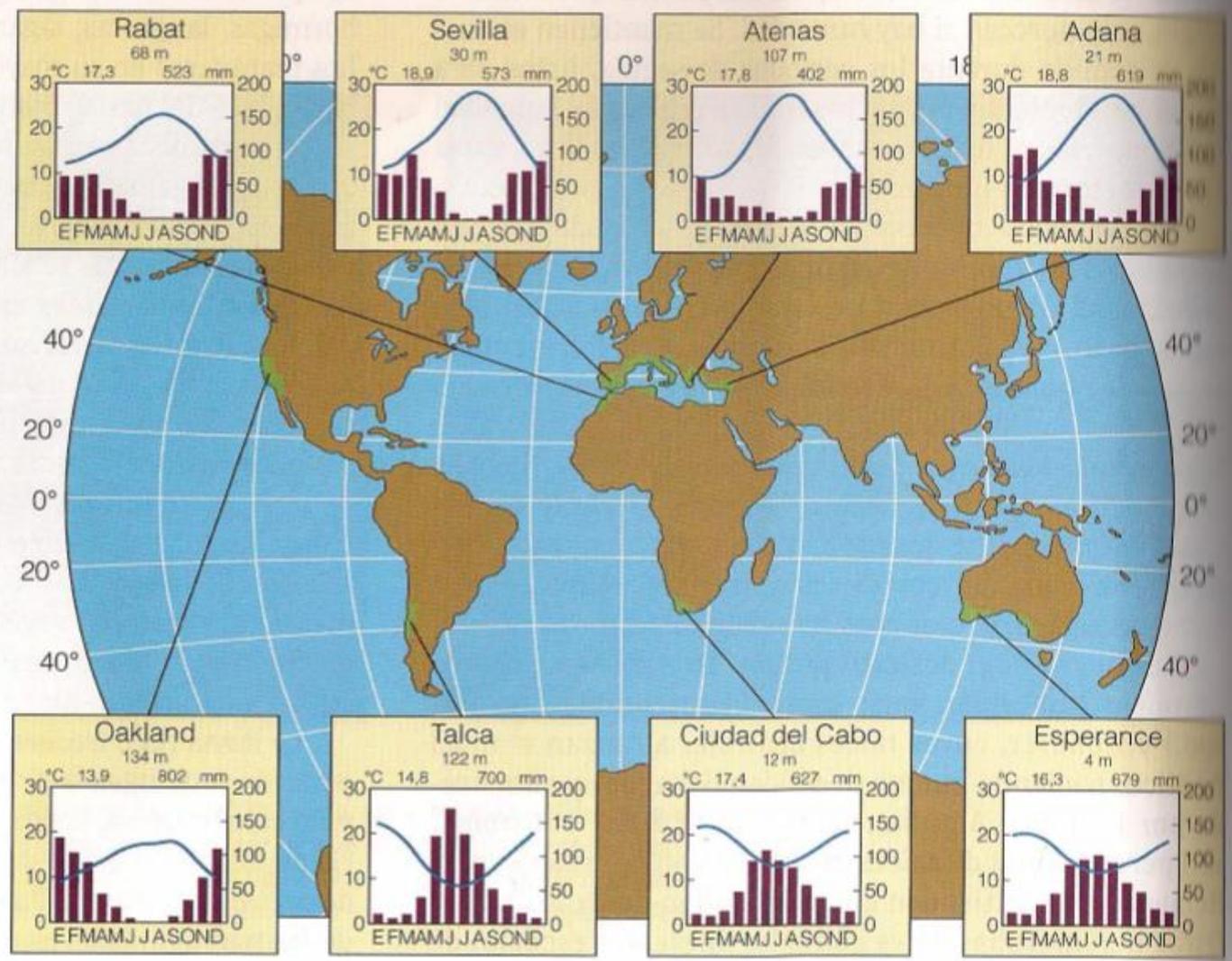


Figura 23.14 | Distribución geográfica de los ecosistemas de bosques templados del mundo y climodiagramas asociados que muestran los patrones a largo plazo de la temperatura y la precipitación mensual para los lugares seleccionados. (Adaptado de Archibold 1995.)

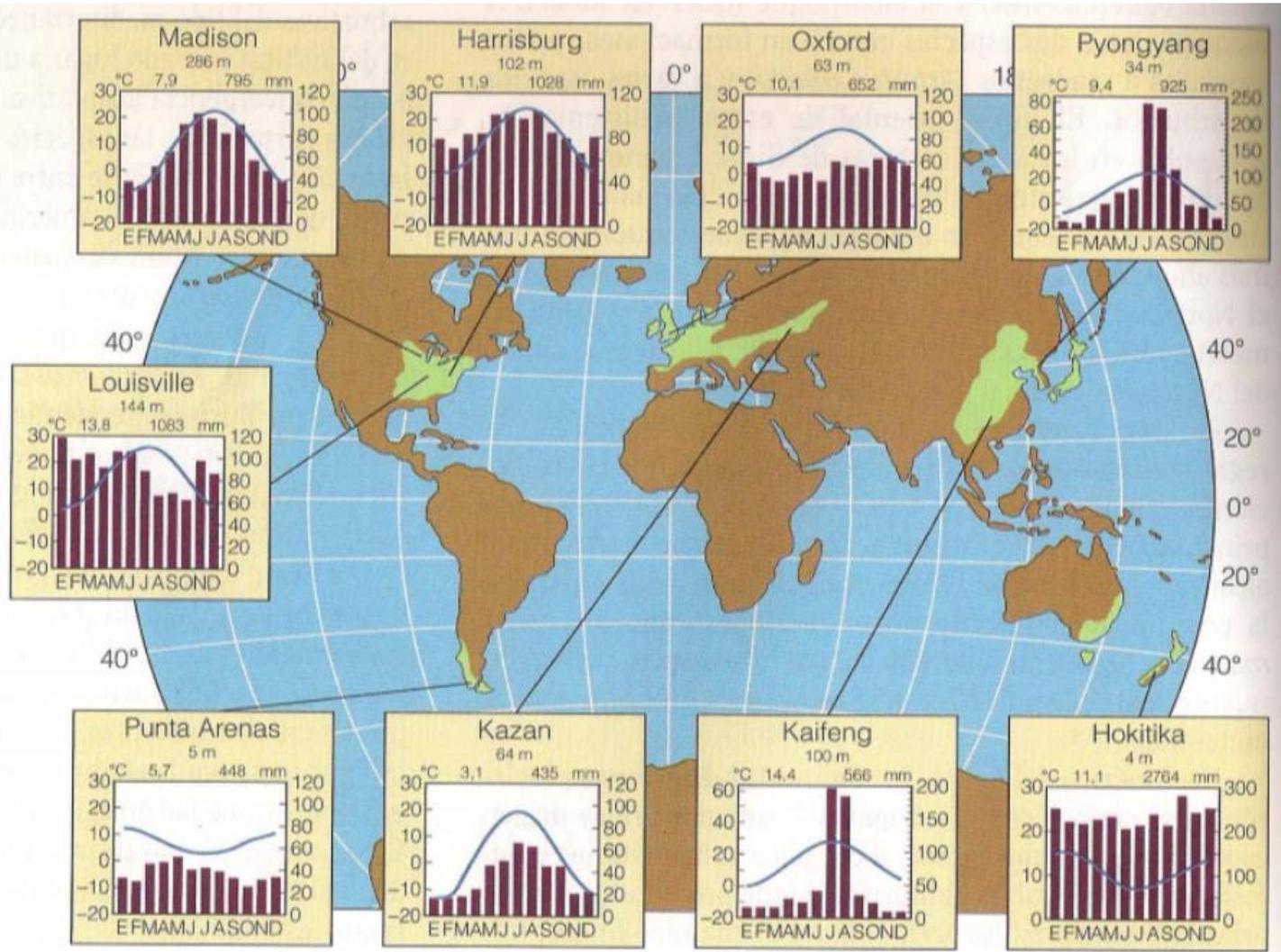
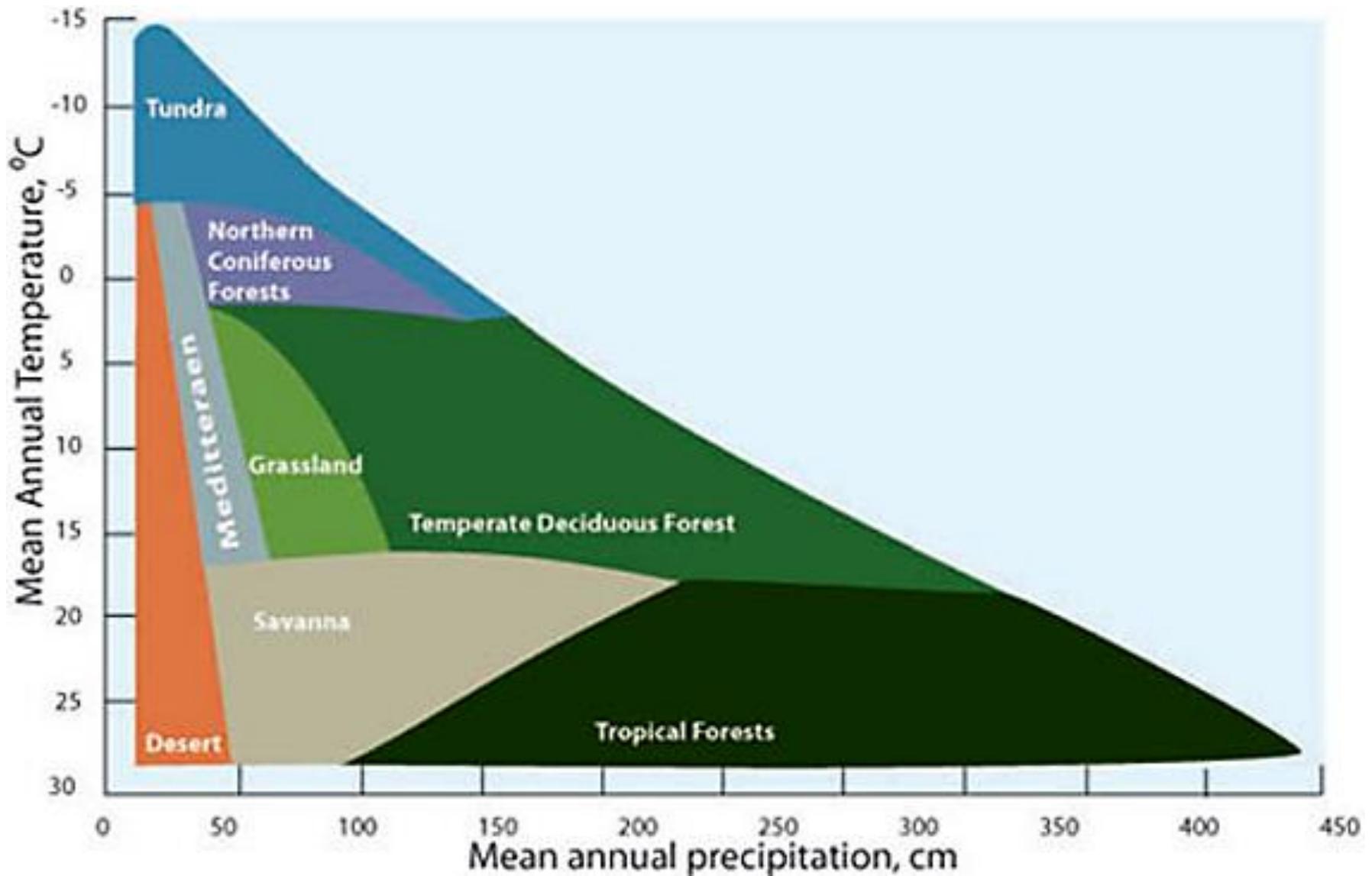
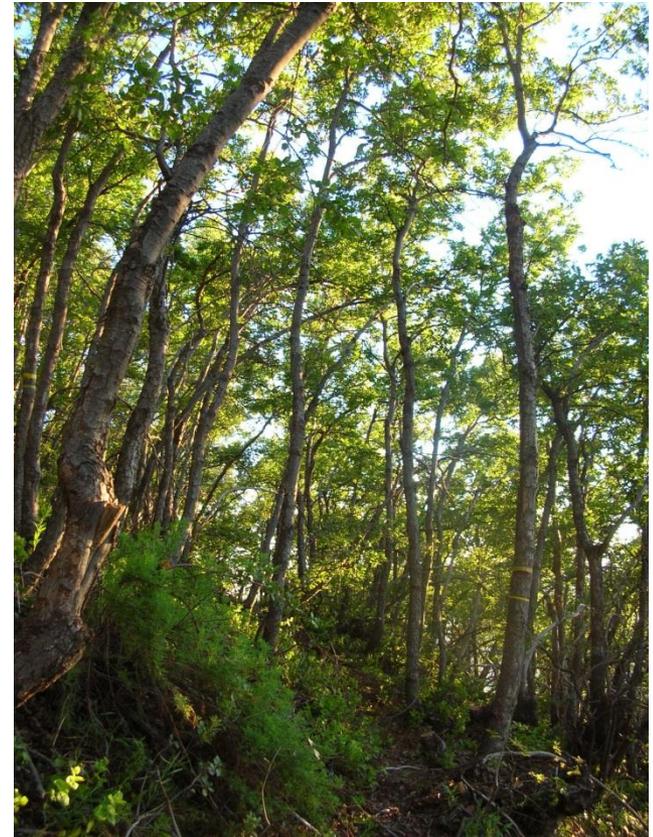


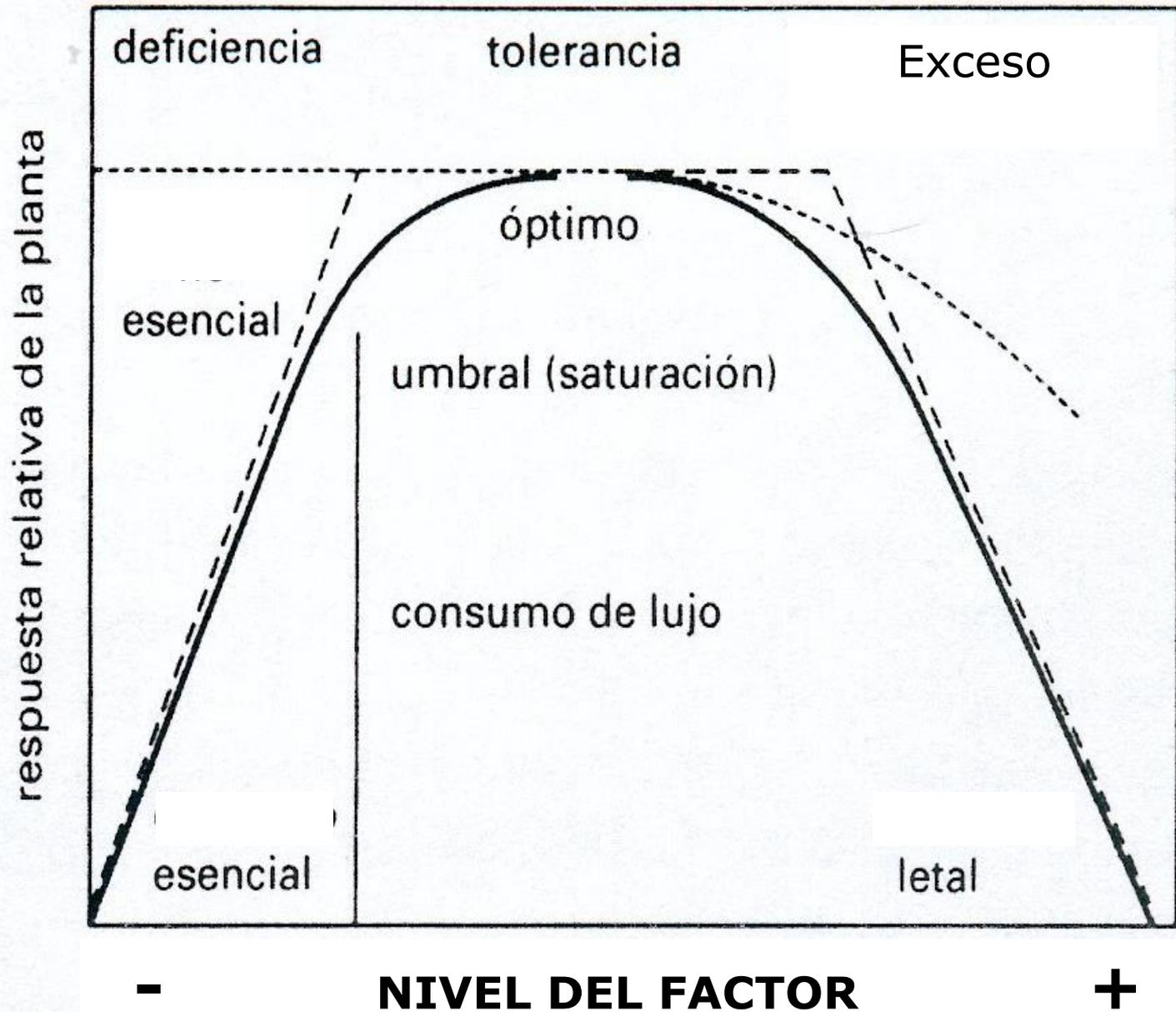
Diagrama de Biomas de Whittaker (1975) modificado



Existe un complejo de factores climáticos, edáficos y bióticos que actúan sobre un organismo o una comunidad ecológica y que finalmente determina su forma, distribución y sobrevivencia.

Las especies vegetales desarrollan respuestas eco-morfo-anato-fisiológicas para enfrentan condiciones medio-ambientales desfavorables.





Por otro lado, es importante saber que un factor o ambiente limitante para una planta puede no lo sea para otra.

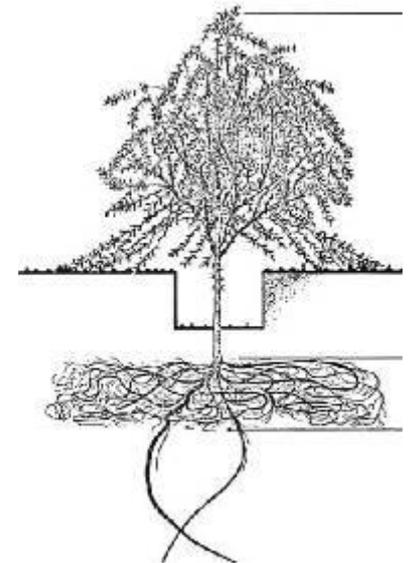
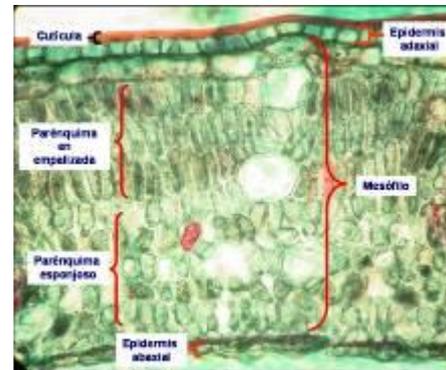
Además, no todos los factores medioambientales limitantes, ejercen su efecto sobre los vegetales en un mismo período de tiempo; algunos como la temperatura lo ejercen sólo en unos pocos minutos, otros pueden tardar días o semanas (hídrico) e incluso algunos pueden tardar meses (deficiencias nutricionales).

Las plantas pueden aumentar su tolerancia, a un factor medioambiental limitante, por medio de una exposición sucesiva y previa a éste (aclimatamos la planta).



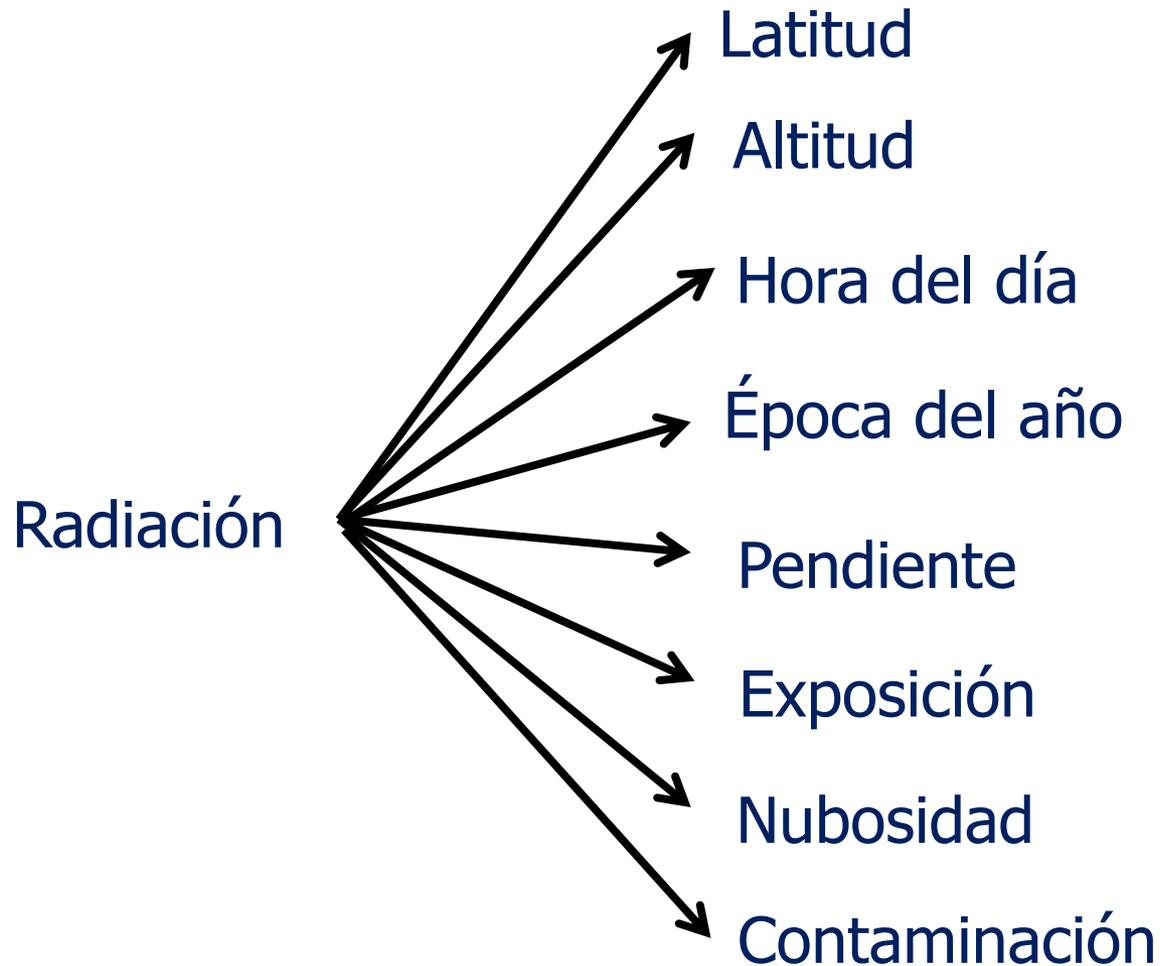
La aclimatación se distingue de la adaptación, porque adaptación se refiere al nivel de resistencia determinado genéticamente, que se ha adquirido por un proceso de selección tras numerosas generaciones.

La adaptación y aclimatación a ambientes limitantes es consecuencia del conjunto de diversos acontecimientos que se producen en los organismos a todos los niveles; anatómicos, morfológicos, fisiológico, celular, bioquímico y molecular.



Radiación Solar

La radiación solar incidente en una superficie es modificada por los factores ambientales y topográficos.



TEMPERATURA

Variación temporal

escala geológica

escala histórica

ciclo anual o estacional

ciclo diario

variaciones de corta duración

Variación espacial

latitud

altitud

distancia a masas de
agua

corrientes oceánicas

cubierta vegetal

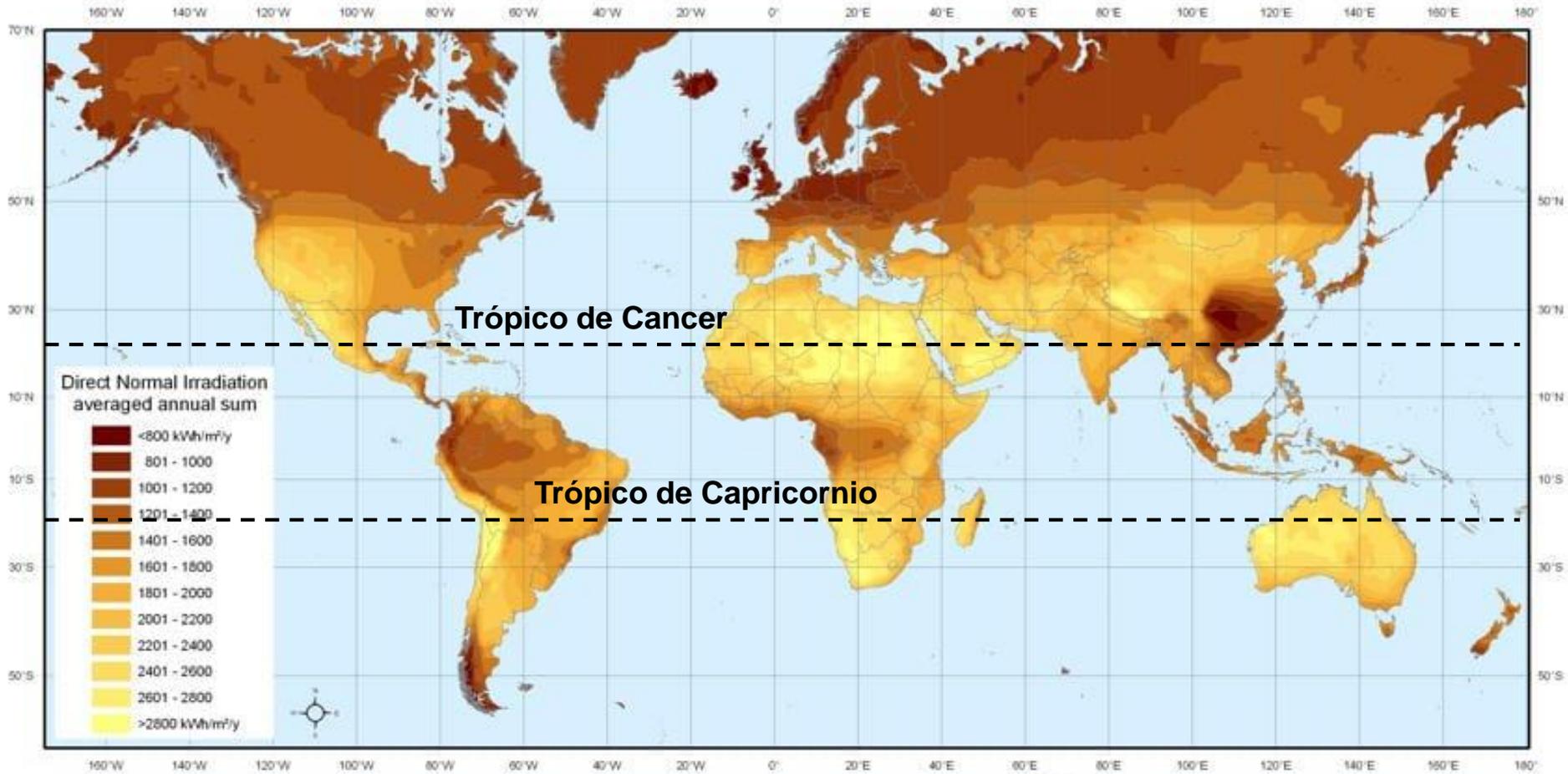


Absorción radiación

Retención longitudes onda larga

Disminución movimiento viento

Energía Solar Mundial

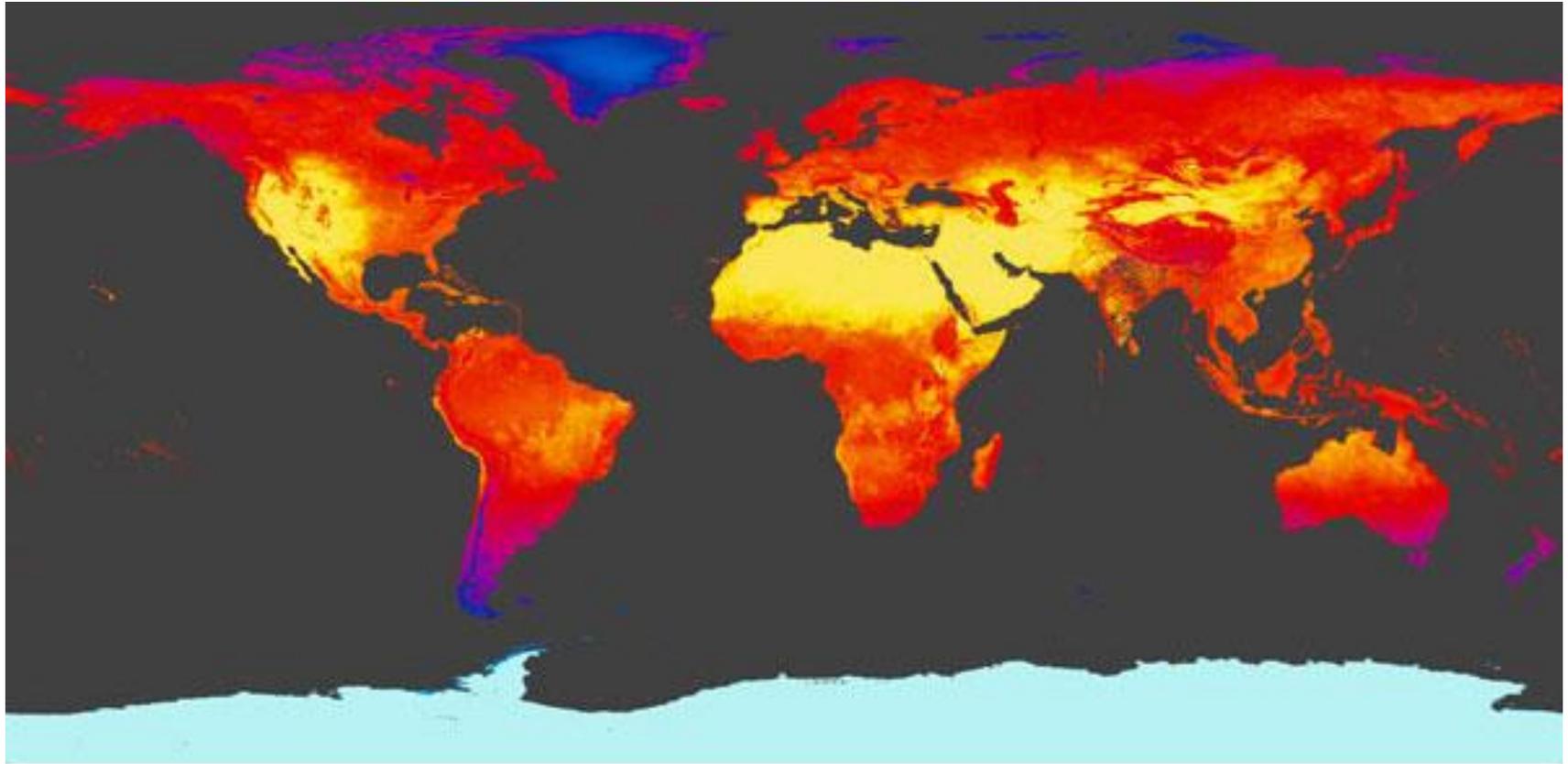


Unidad: KWh/m²/año

Data based on  SSE 6.0 dataset for a 22-year period (July 1983 - June 2005)
(<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>)

Map created and map layout by  2008
(<http://www.dlr.de>)

Temperatura Mundial



Land Surface Temperature (deg C)



-25

-15

-5

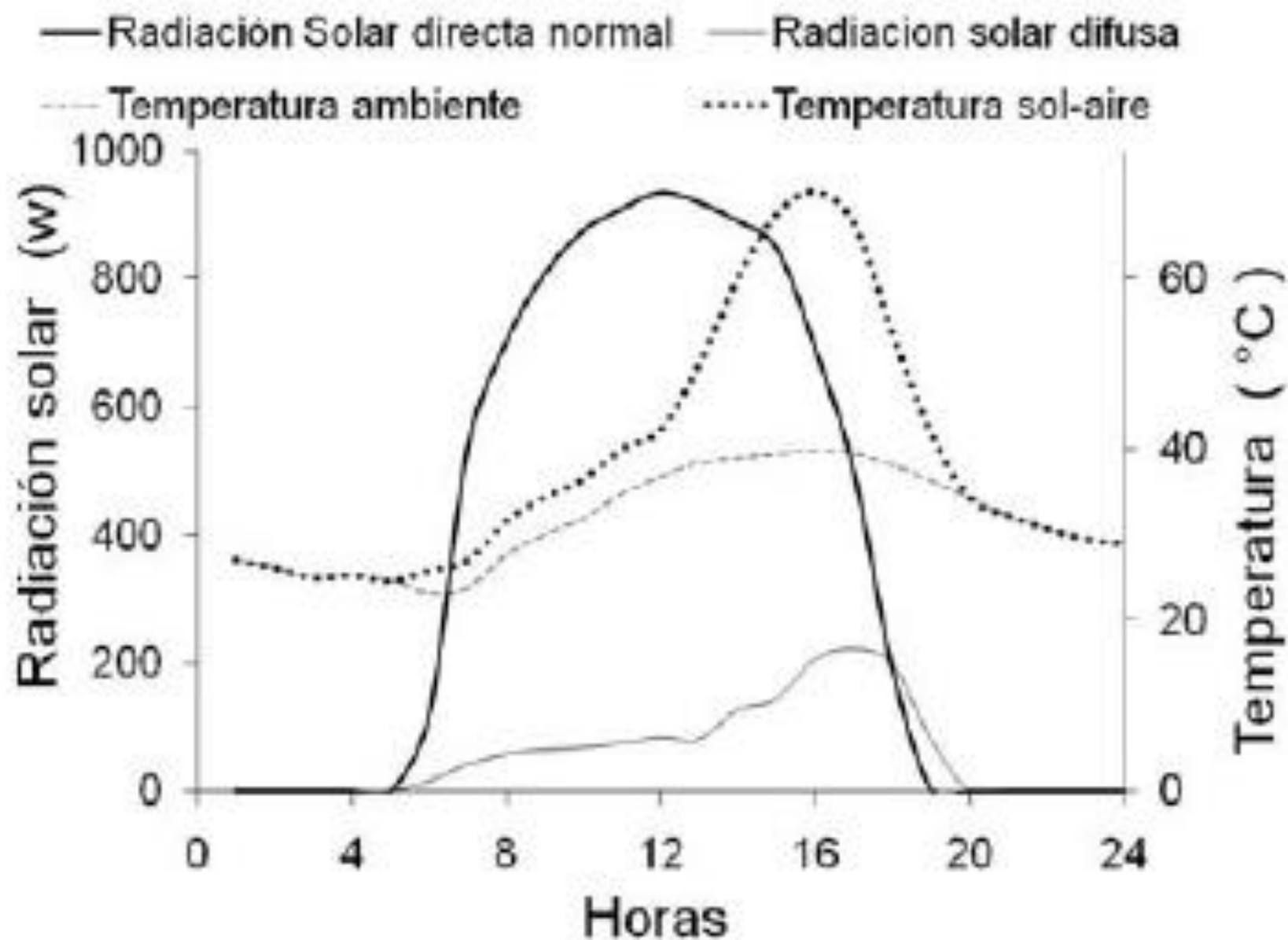
5

15

25

35

45



Aspectos de la Vegetación que modifican la **Radiación Solar** incidente en distintos estratos de una formación vegetal y la **Temperatura**

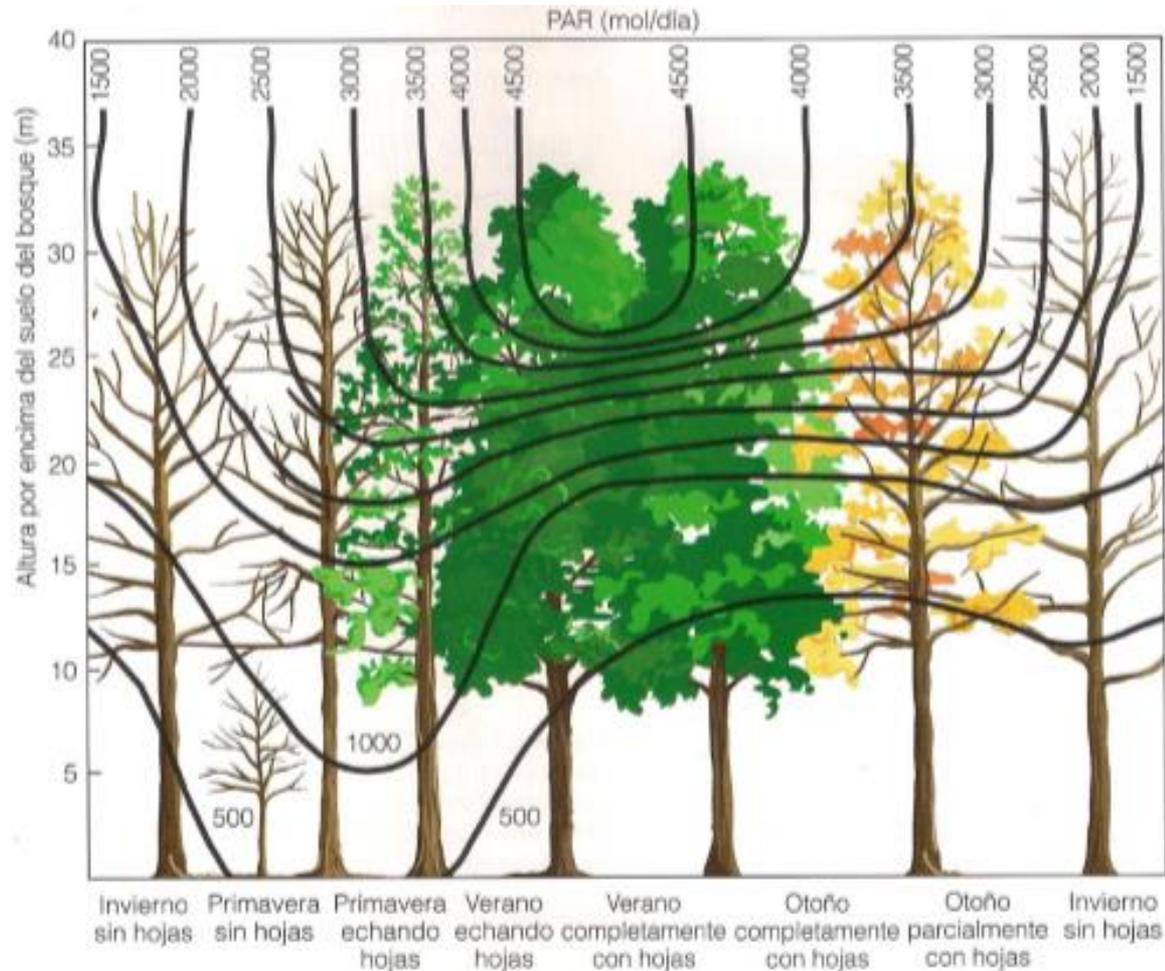
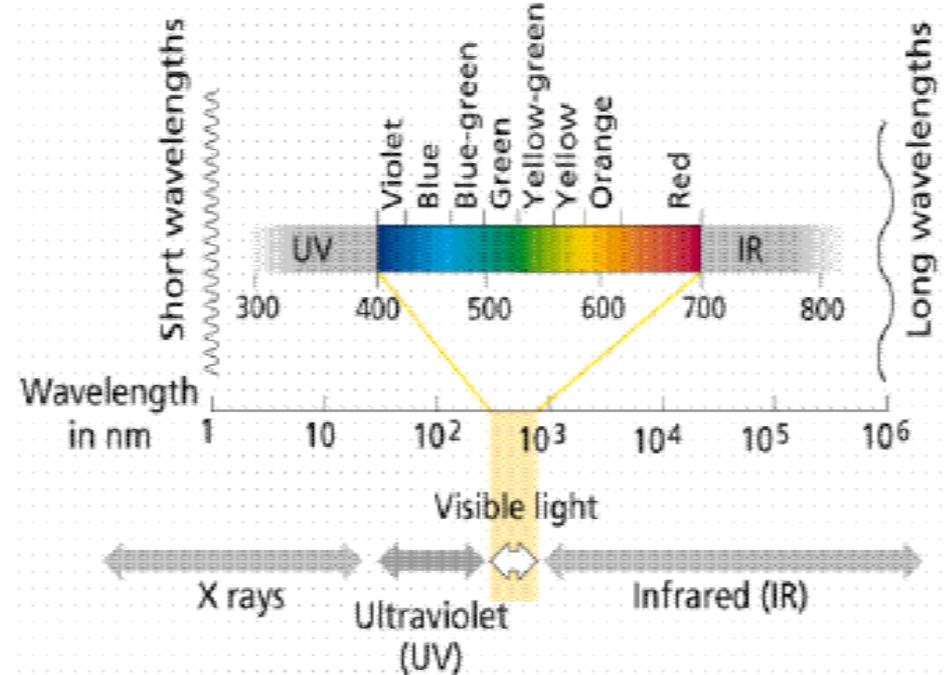


Figura 5.6 | Niveles de radiación fotosintéticamente activa (PAR) en un bosque de tuliperos de Virginia (*Liriodendron tulipifera*) en un año. Las líneas (isópetas) definen el gradiente de PAR. La intensidad de radiación solar más elevada se produce en verano, aunque la bóveda intercepta la mayor parte de la PAR, por lo que poca alcanza el suelo del bosque. Los valores de la PAR más elevados alcanzan el suelo del bosque en primavera, cuando los árboles aún no tienen hojas. El bosque recibe la PAR más reducida durante el invierno, dado que la elevación solar disminuye y los días son más cortos. En consecuencia, la cantidad de PAR que alcanza el suelo del bosque apenas supera la de mediados de verano. (Adaptado de Hutchinson y Matt 1977.)

Radiación Solar

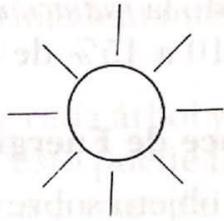
La luz, es un importante factor ambiental que afecta el crecimiento y desarrollo de los vegetales ya que;

- Es fuente de energía
- Es fuente de calor
- Es fuente de información

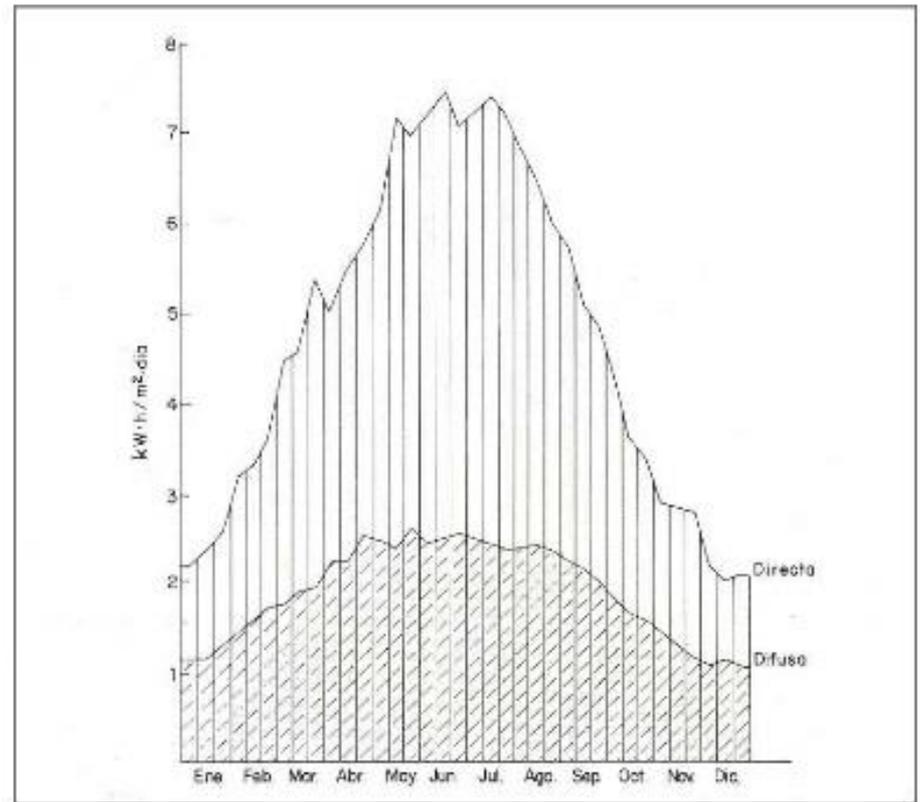
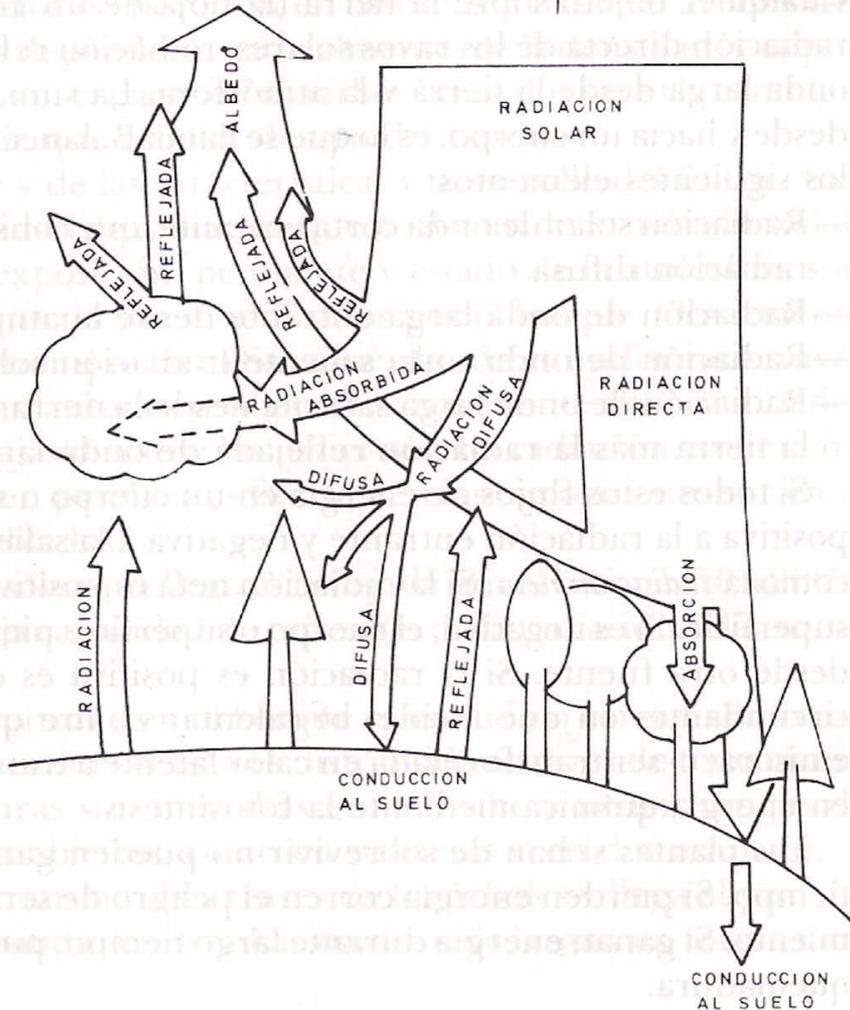


Irradiancia, es la cantidad de fotones que incide sobre la planta, por unidad de tiempo y superficie

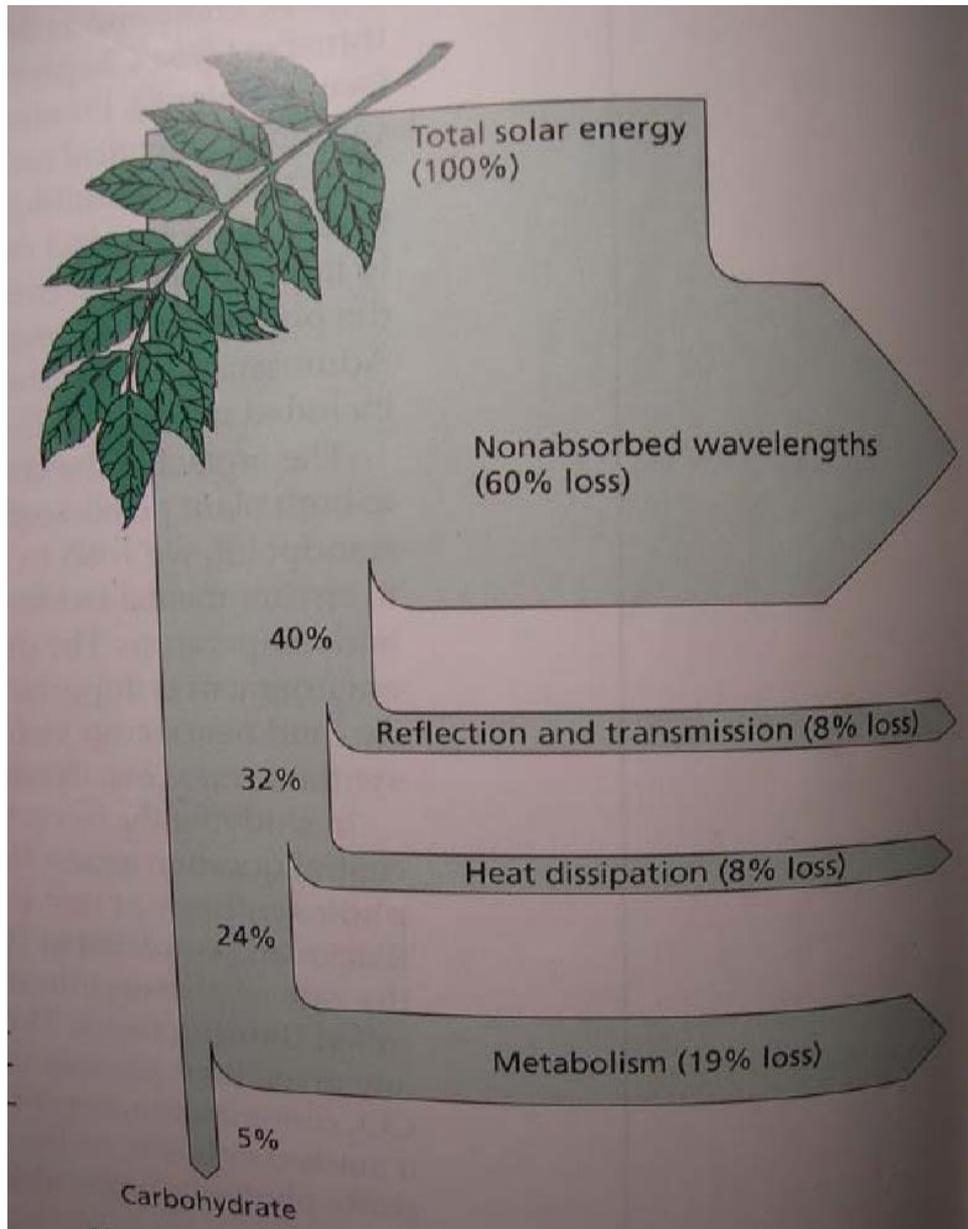
- **Longitudes de Onda**, es la composición espectral
- **Dirección con que incide**
- **Fotoperíodo**, es la duración diaria (relación entre horas de luz y horas de oscuridad)



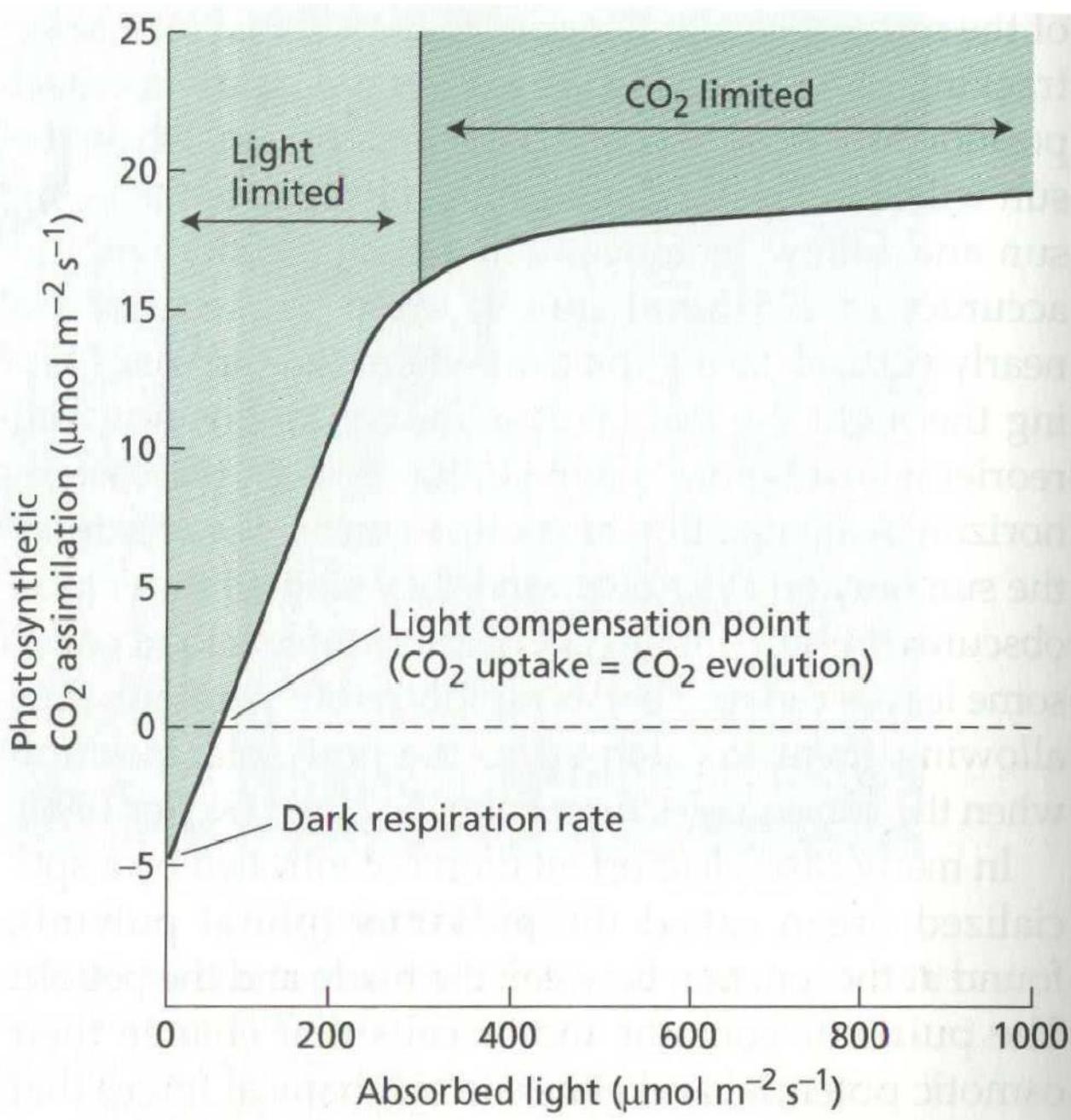
En cuanto a distribución energética, casi el 40% de la radiación que alcanza la superficie no lo hace en forma de luz visible, lo hace como radiación infrarroja.



Radiación directa y difusa en la ciudad de Málaga

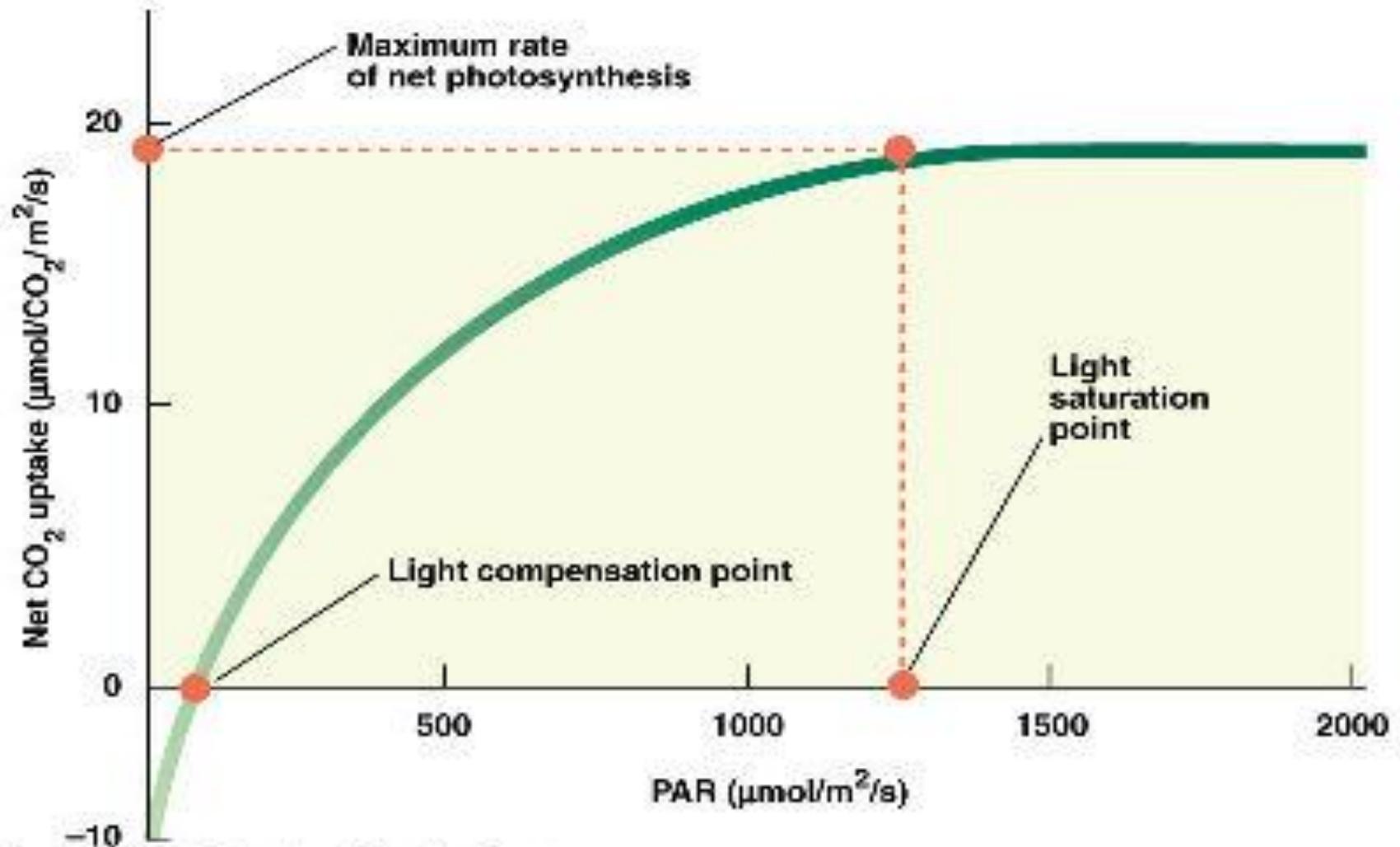


Sólo una proporción de la energía solar incidente sobre una hoja es aprovechada fotosintéticamente en la síntesis de carbohidratos: sacarosa y almidón



Curva de respuesta de la Fotosíntesis de una planta C₃ a diferentes niveles de luz absorbida.

Estrés Lumínico



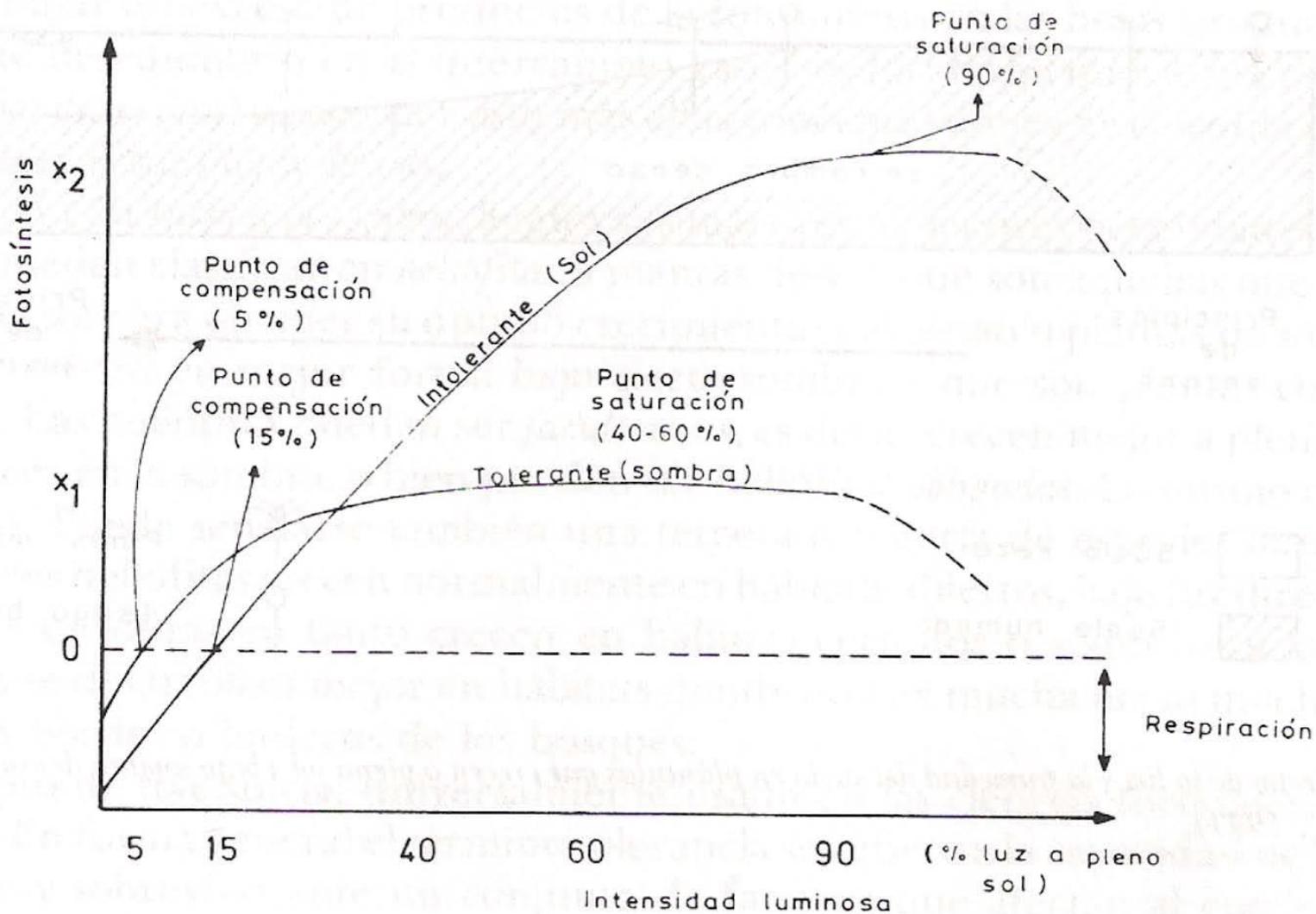
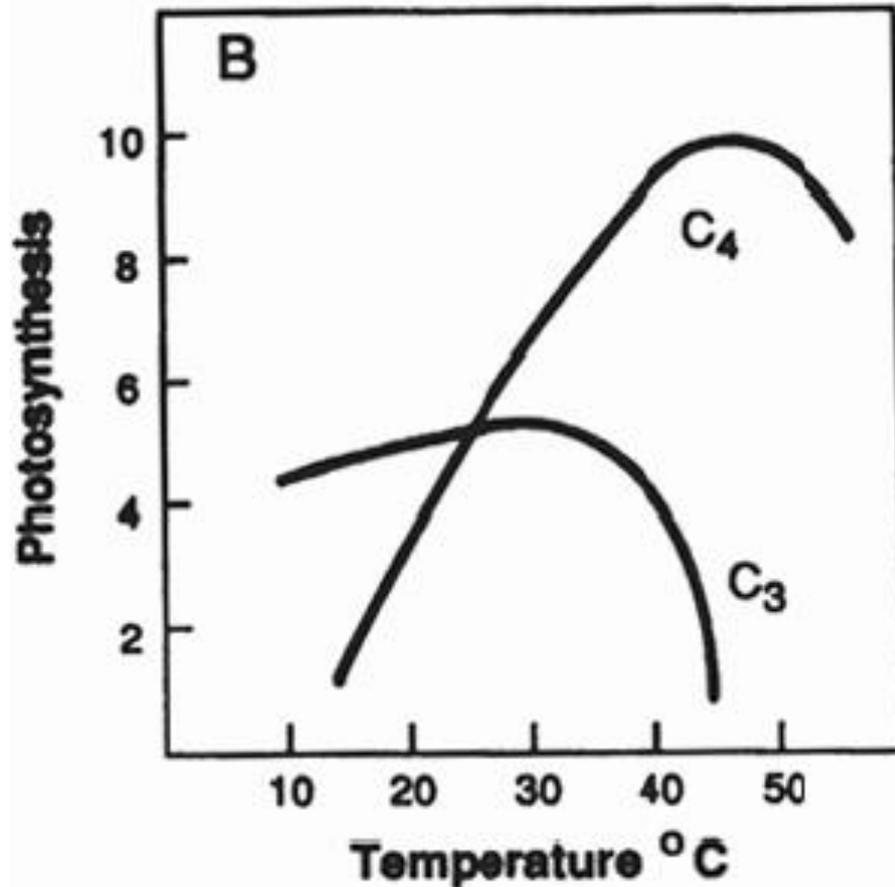


Fig. 1.9 — Puntos de compensación (5 y 15%) y puntos de saturación (60 y 90%) de hipotéticas especies tolerantes e intolerantes (curva teórica).



Al aumentar la temperatura, se acelera el metabolismo y en plantas C₄, aumenta la fotosíntesis

En C₃, también aumenta el metabolismo, pero no sólo el fotosintético si no también el fotorrespiratorio.

En plantas C4 no hay fotorrespiración

En plantas C3 en aire normal, hay fotorrespiración.

Para la fotorrespiración Se requiere de oxígeno

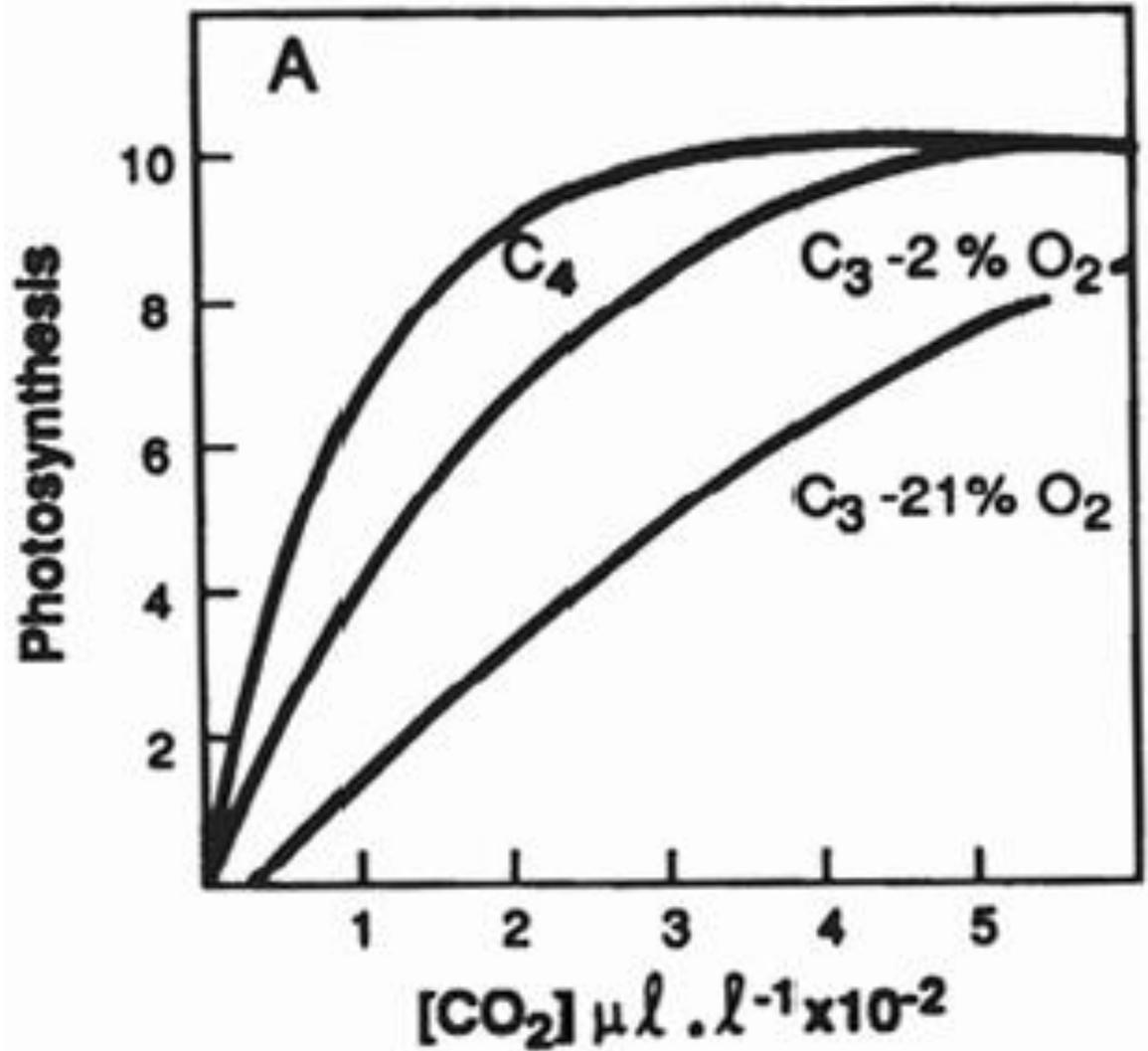
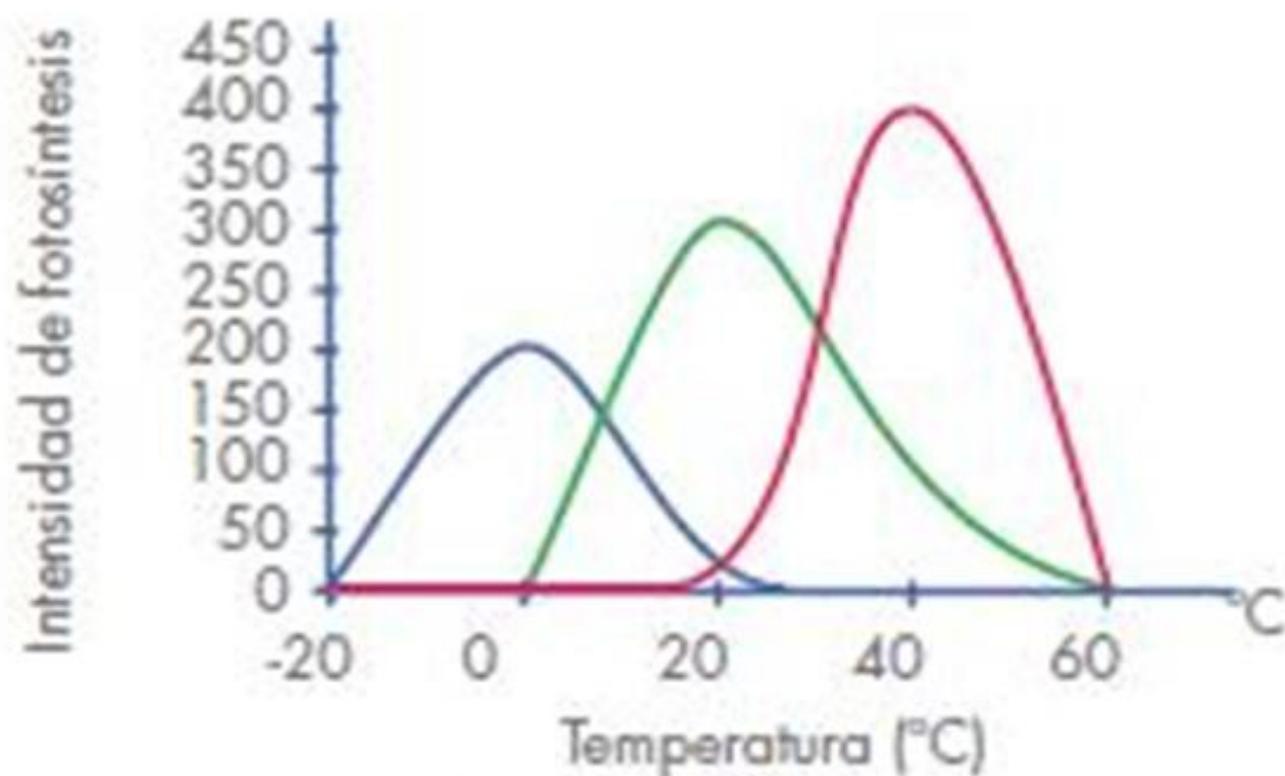


Gráfico Efecto de la temperatura en la fotosíntesis.



- Plantas cordilleranas
- Plantas zonas templadas
- Plantas zonas tropicales

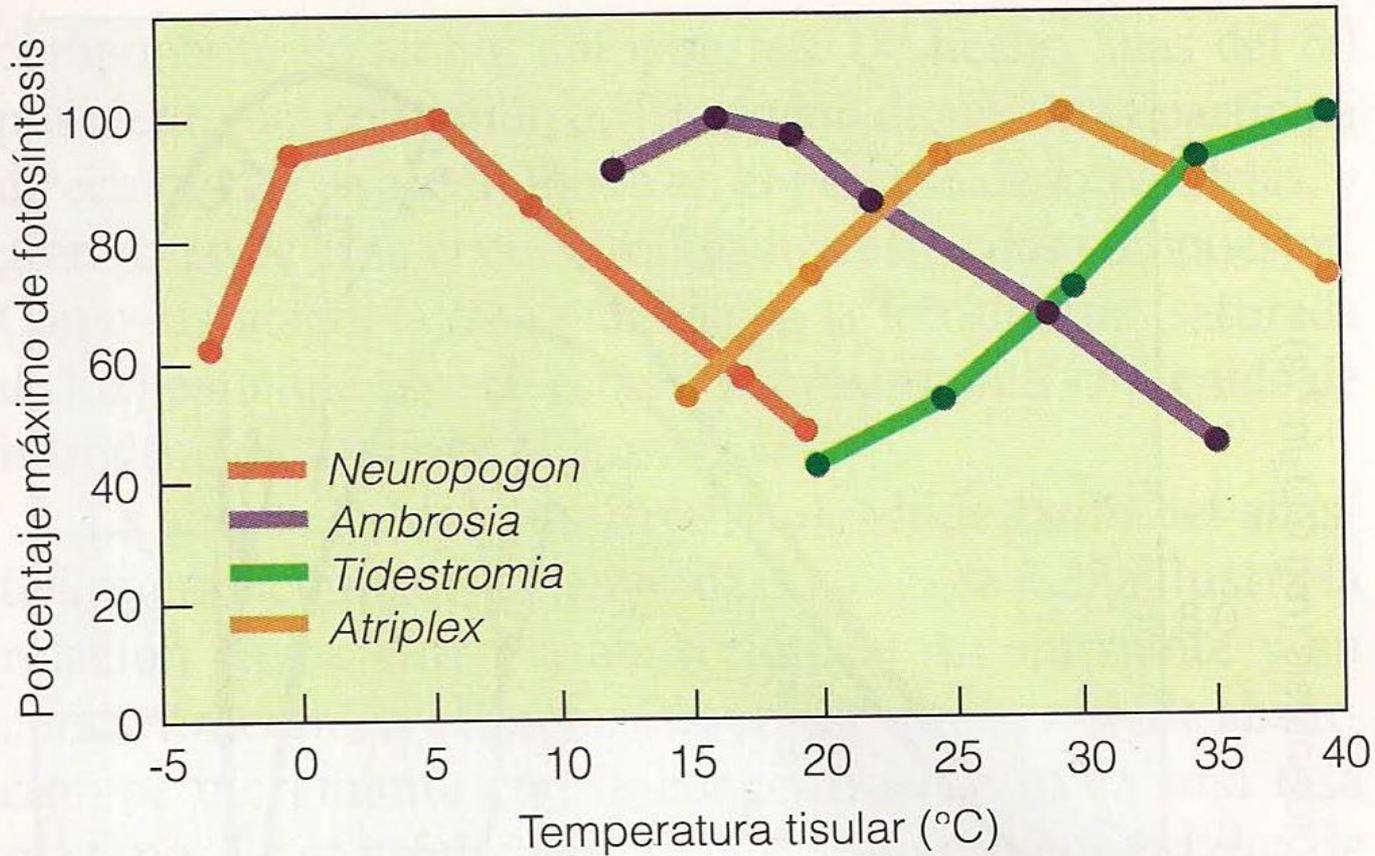


Figura 6.20 | Relación entre la fotosíntesis neta y la temperatura para una diversidad de especies vegetales terrestres provenientes de hábitats térmicamente distintos: *Neuropogon acromelanus*, (liquen ártico) *Ambrosia chamissonis* (vegetal de dunas costeras frescas), *Atriplex hymenelytra* (arbusto del desierto siempre verde), y *Tidestromia oblongifolia* (perenne del desierto activa en verano). (Adaptado de Mooney y colaboradores 1976.)

Estrés Lumínico

Fotosíntesis

Densidad de Flujo de Fotonos (PFD)

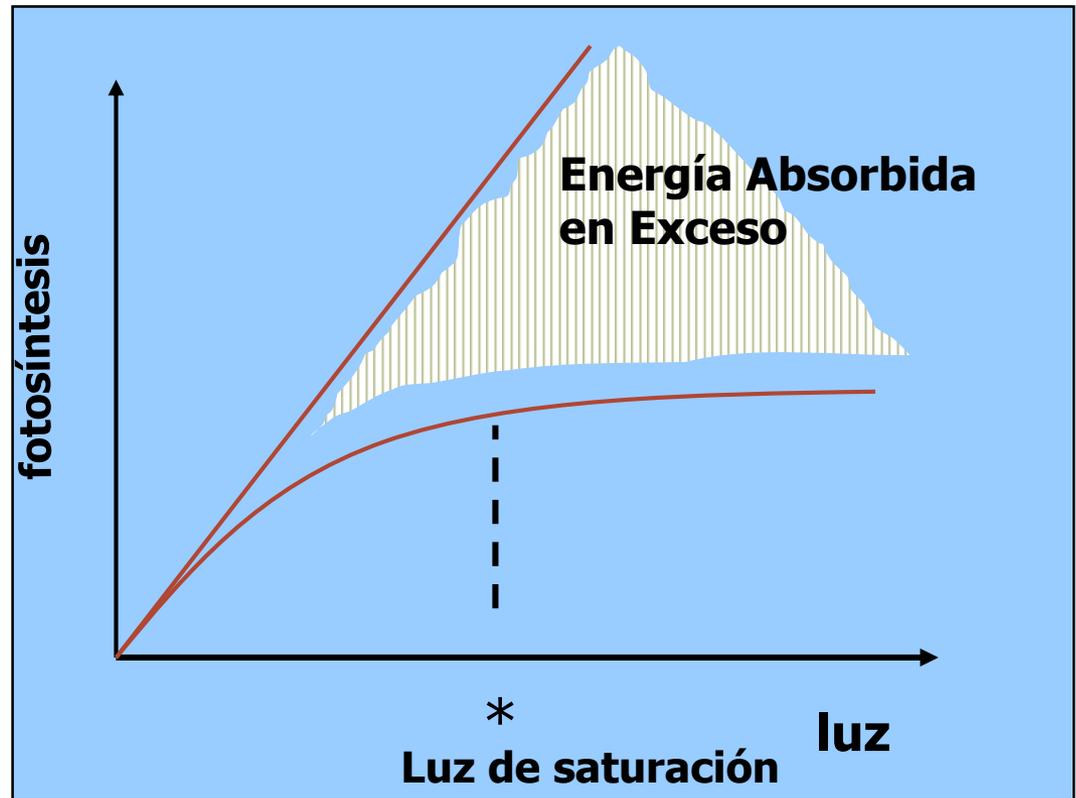
Punto de Saturación de Luz

Proceso Afectado:
Fotosíntesis

Generación de EAO

Desnaturalización de
Unidades de Rubisco y
Antenas de los Fotosistemas

Liberación y destrucción de
la Clorofila: Foto-oxidación



* 800 - 900 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2}\text{s}^{-1}$

Estrés Térmico

¿Qué procesos en los vegetales son afectados por las temperaturas?

- Velocidad de Reacciones (enzimas)
- Funcionalidad de las Membranas
- Composición y Estructura de las Membranas
- Modifica Estructura y Actividad de Macromoléculas
- Determina el Estado Físico del Agua

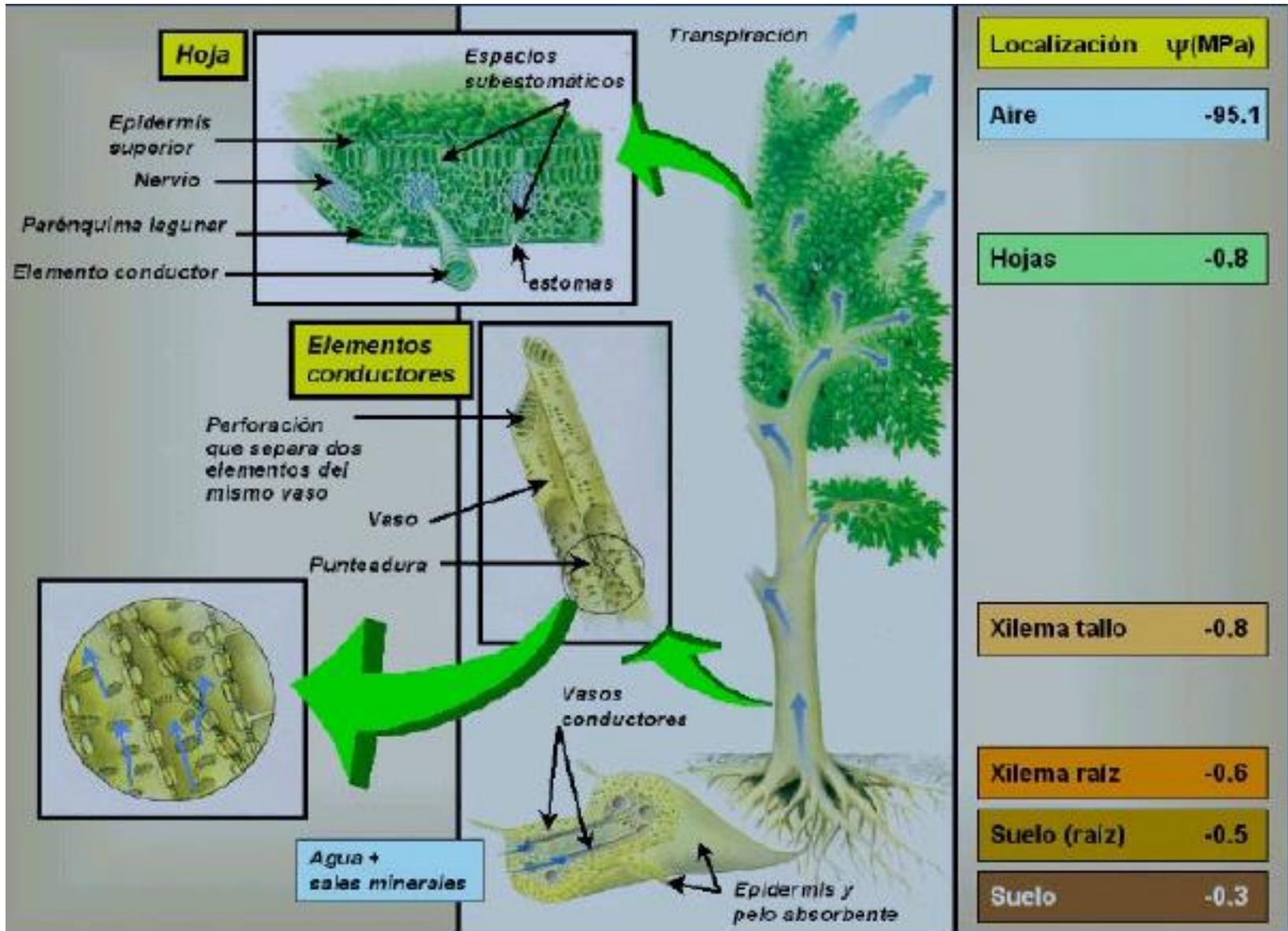
COMPONENTES DEL Ψ_w

$$\Psi_w = \psi_s + \psi_p + \psi_m + \psi_g$$

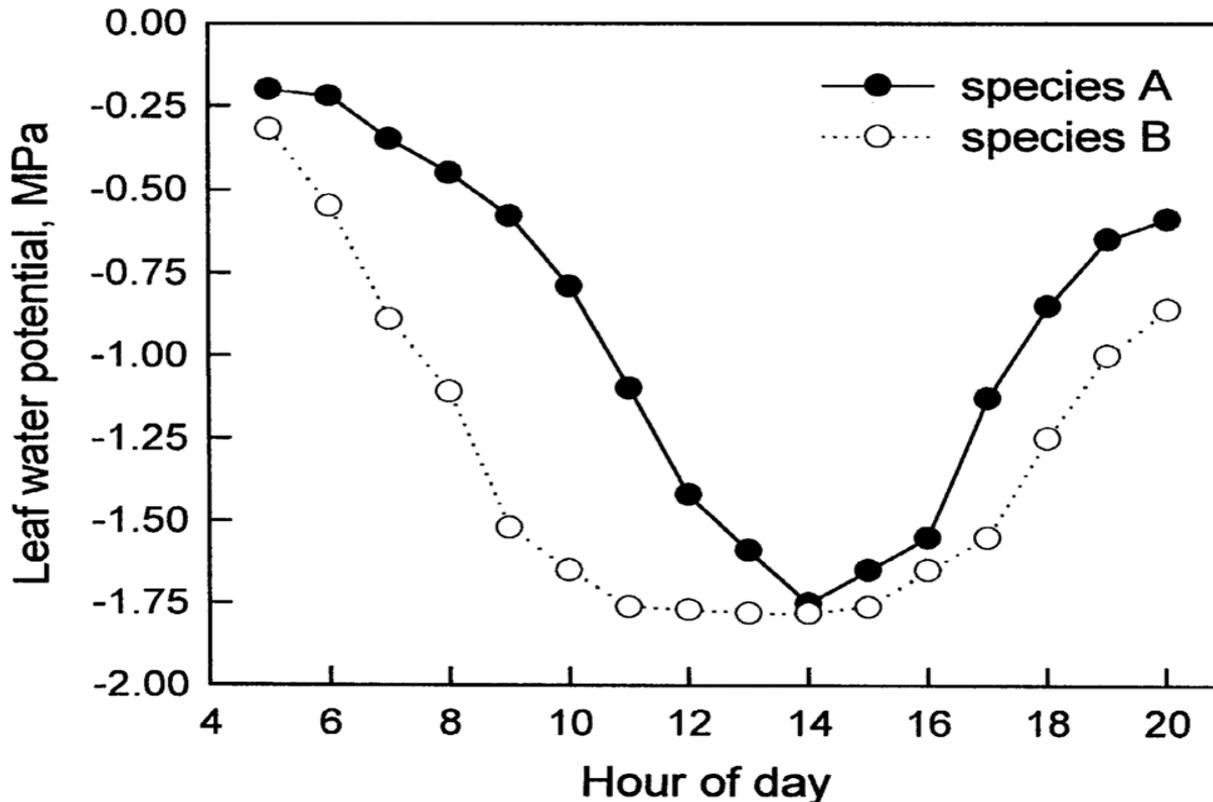
The diagram illustrates the components of the water potential equation. It shows the equation $\Psi_w = \psi_s + \psi_p + \psi_m + \psi_g$ with arrows pointing from each term to its corresponding component name:

- ψ_s is labeled **Solutos**.
- ψ_p is labeled **Presión**.
- ψ_m is labeled **Mátrico**.
- ψ_g is labeled **Gravitacional**.

Flujo de agua en el sistema suelo planta atmósfera

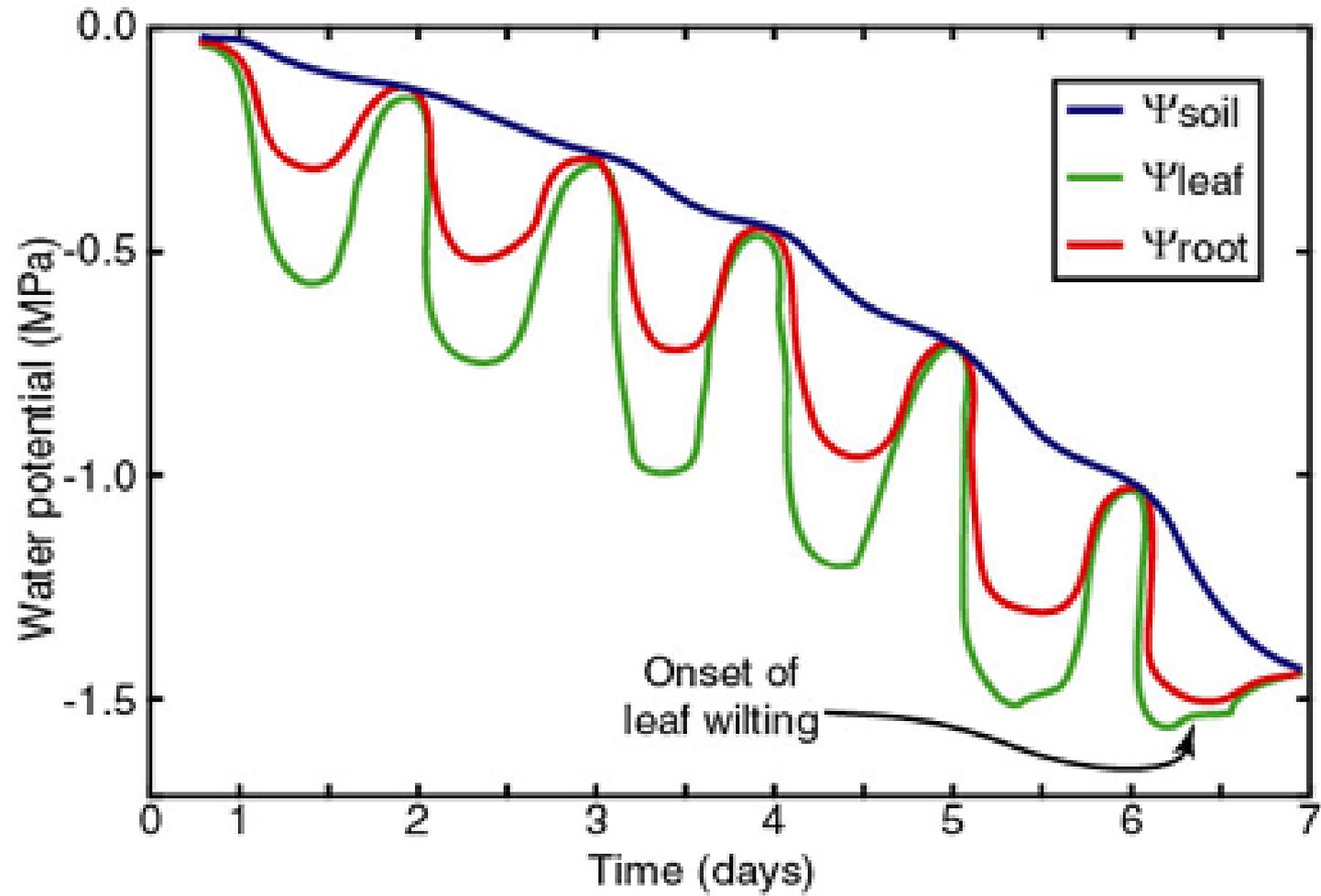


El potencial hídrico tiene un comportamiento diario ...



Notes: Note that both pre-dawn and minimum leaf water potential are virtually the same in the two species, although the two curves have apparently different shapes. Note also the longer duration of minimum diurnal leaf water potential in species B

... y en el tiempo



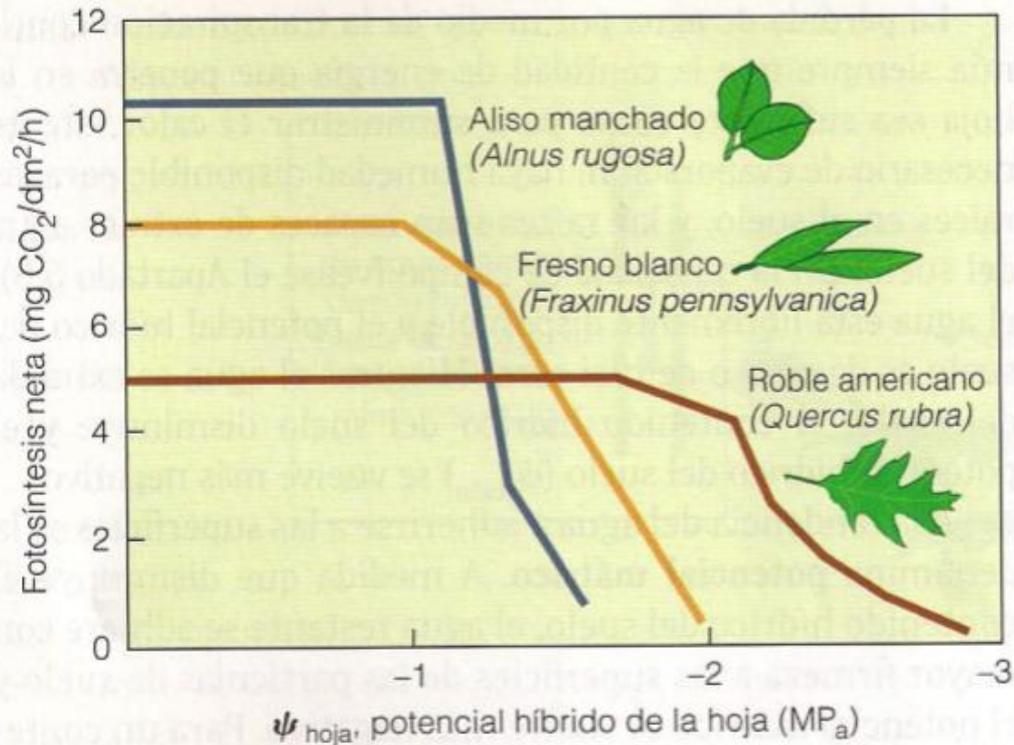
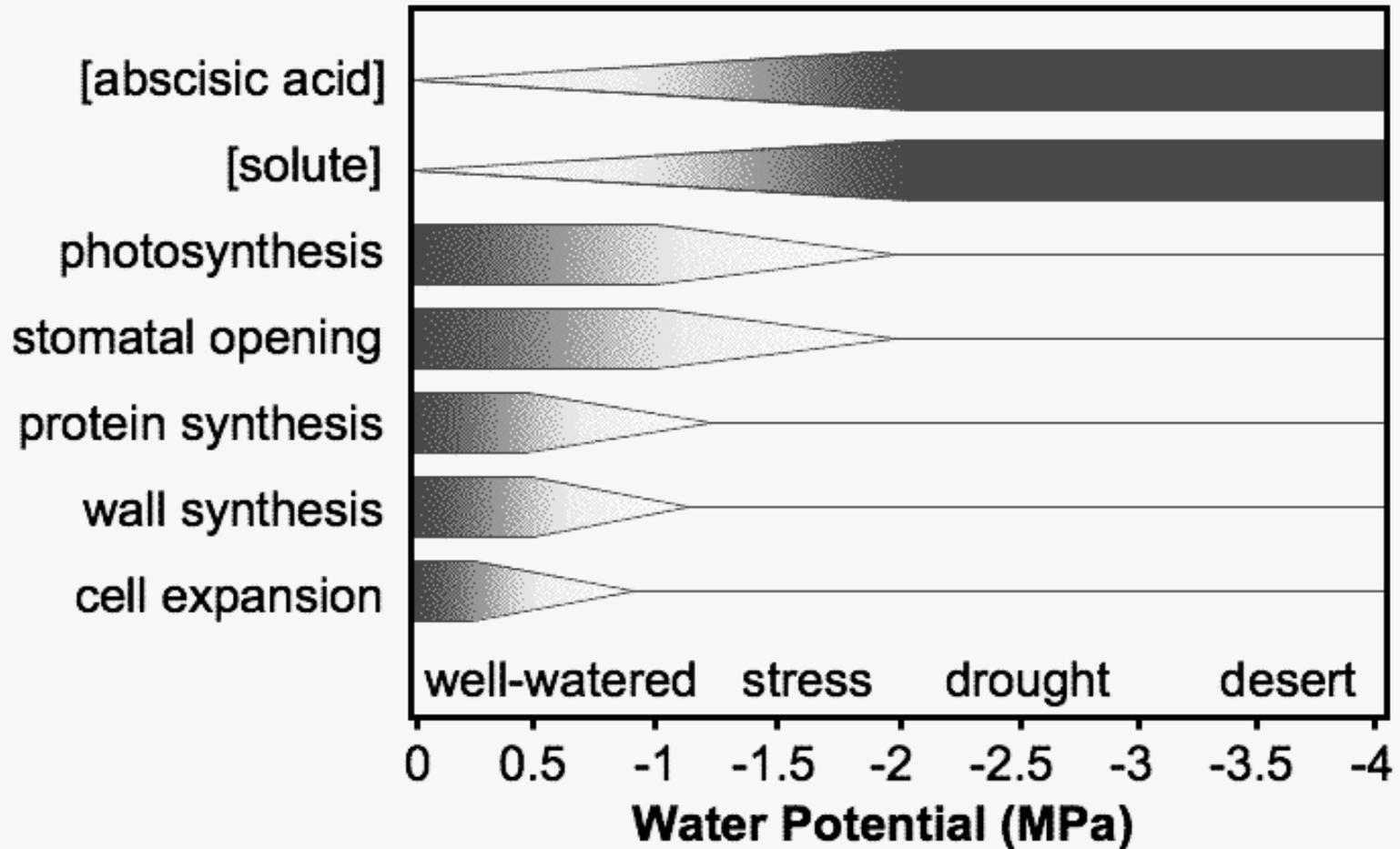


Figura 6.5 | Cambios en la fotosíntesis neta (eje y) como función del potencial hídrico de la hoja (ψ_{hoja} : eje x) para tres especies de árboles del Noreste de los Estados Unidos. La reducción en la fotosíntesis neta con la disminución de los potenciales hídricos de la hoja (valores más negativos) resulta principalmente del cierre de los estomas. A medida que el contenido hídrico del suelo disminuye, el vegetal debe reducir el potencial hídrico de la hoja para mantener el gradiente de manera que el agua pueda trasladarse desde el suelo hacia las raíces y desde las raíces hacia las hojas. Finalmente, se alcanza un punto en el que el vegetal ya no puede reducir más los potenciales hídricos de la hoja y los estomas se cerrarán para reducir la pérdida de agua.

Procesos o parámetros asociados a la disminución del Ψ

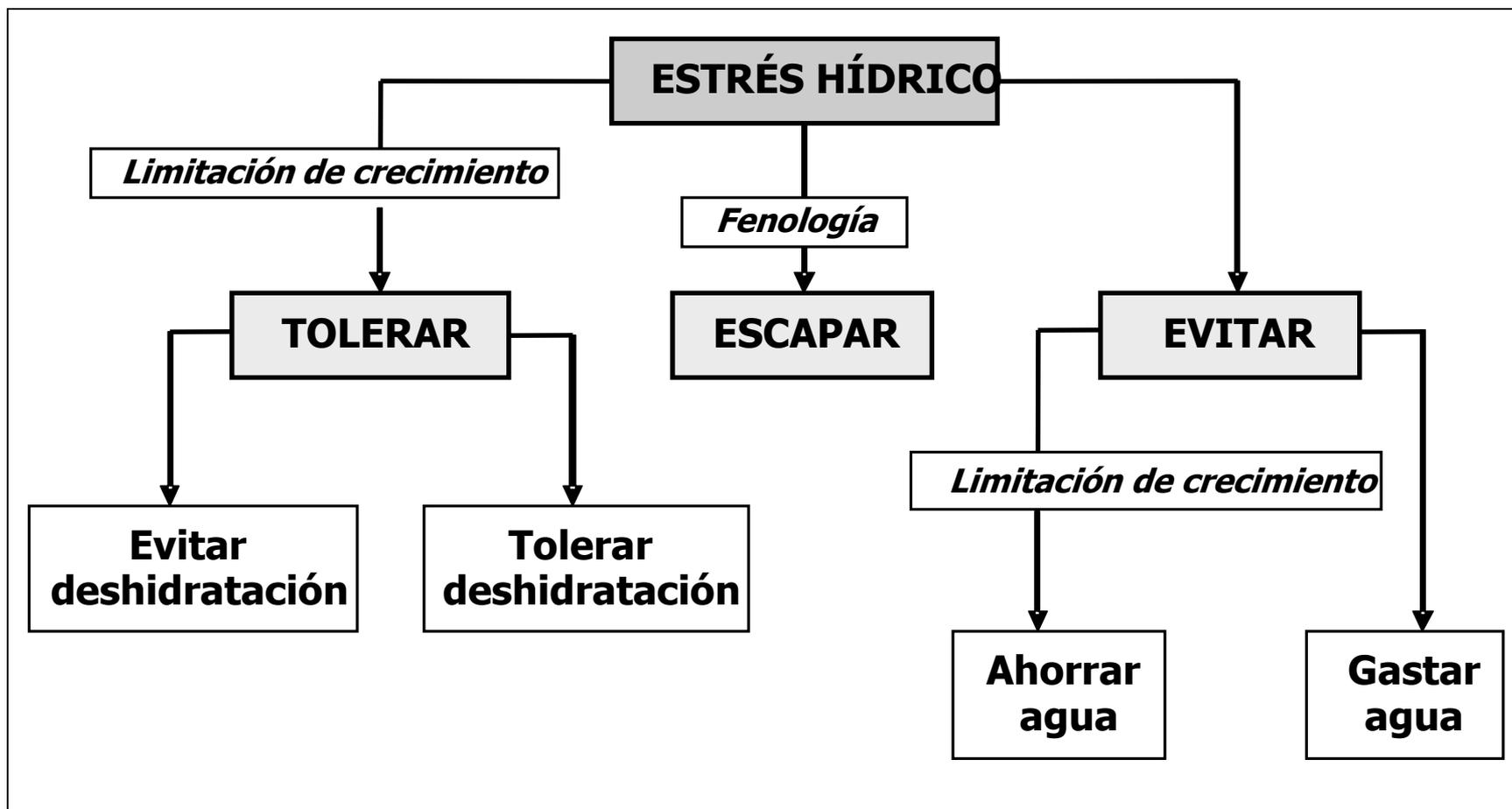
The effect of decreasing soil water potential on physiology



Formas de vida y déficit hídrico

	ψ MPa
• Suculentas	- 0,5 a - 2,5
• Efímeras de invierno	- 0,7 a - 1,8
• Efímeras de verano	- 1,0 a - 4,0
• Ar y arb. deciduos	- 1,0 a - 2,2
• Arbustos xeromórf.	- 1,5 a - 5,8
• Helechos	- 1,5 a - 2,0

Estrés por Déficit Hídrico (Estrés Hídrico)

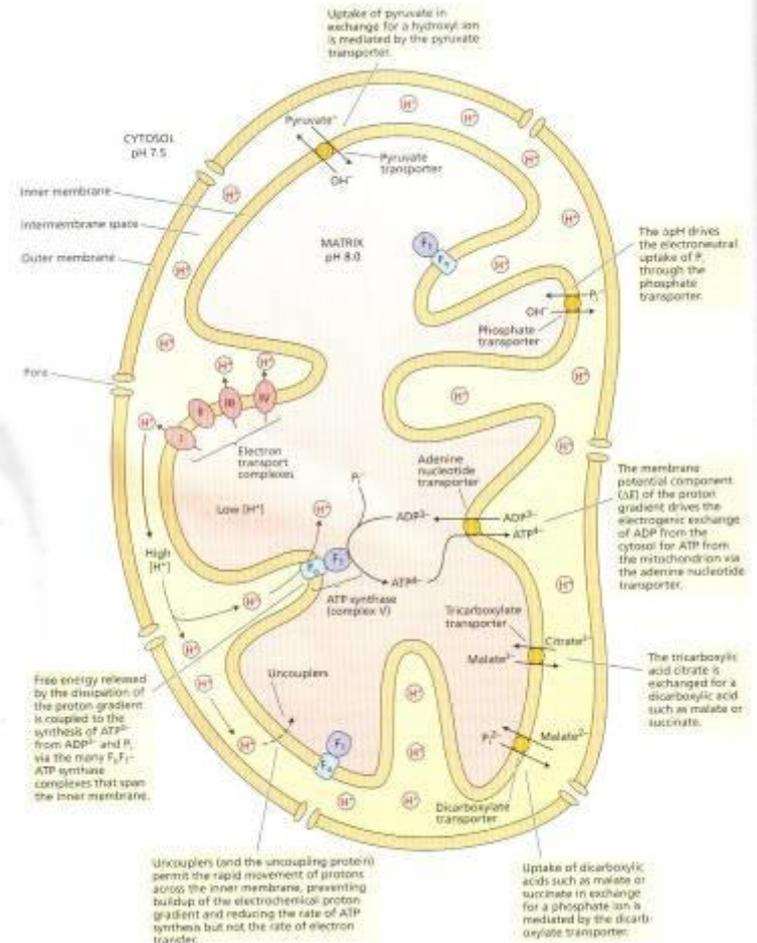


La respiración aeróbica, desde la sacarosa, se completa en tres etapas consecutivas:

1. Glicólisis que ocurre en el citosol, consiste en la degradación de la sacarosa hasta formar Piruvato y ATP

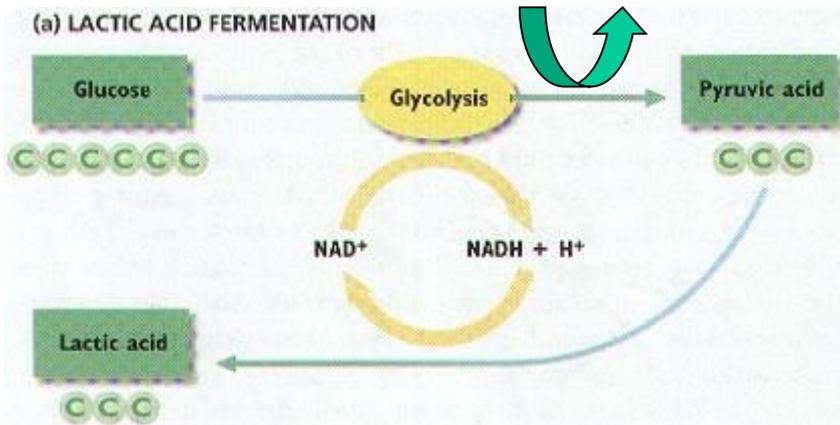
2. Ciclo de Krebs o Ciclo de los Ácidos Tricarboxílicos, que ocurre en la matriz mitocondrial. Se oxida completamente el ácido Pirúvico en presencia de O_2 y se libera CO_2 , $NADH$, $FADH_2$, H^+ y ATP.

3. Cadena transportadora de electrones, se encuentra inmerso en la cresta mitocondrial. Ocurre un traspaso de electrones hasta el aceptor final O_2 que se reduce y forma H_2O , H^+ y ATP (ATPasa).

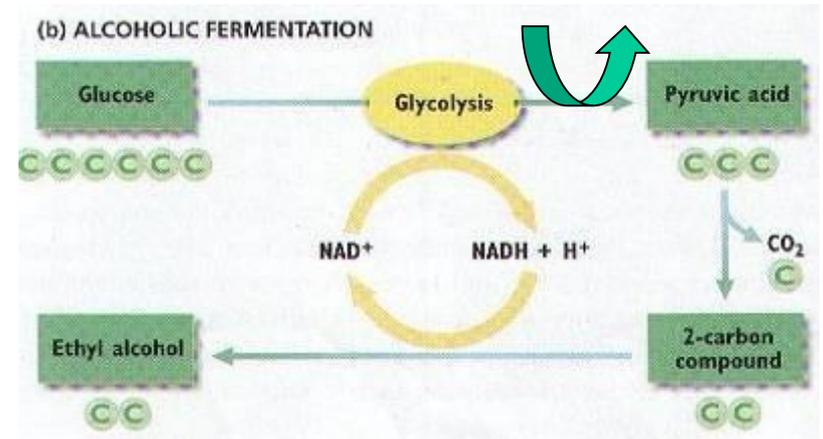


Respiración Anaeróbica: También hay glicólisis, pero el piruvato no ingresa a las mitocondrias

Fermentación Láctica



Fermentación Alcohólica



Estas reacciones se catalizan por el ác. pirúvico descarboxilasa y la deshidrogenasa alcohólica. Algunas cél. Contienen ác. Láctico deshidrogenasa.

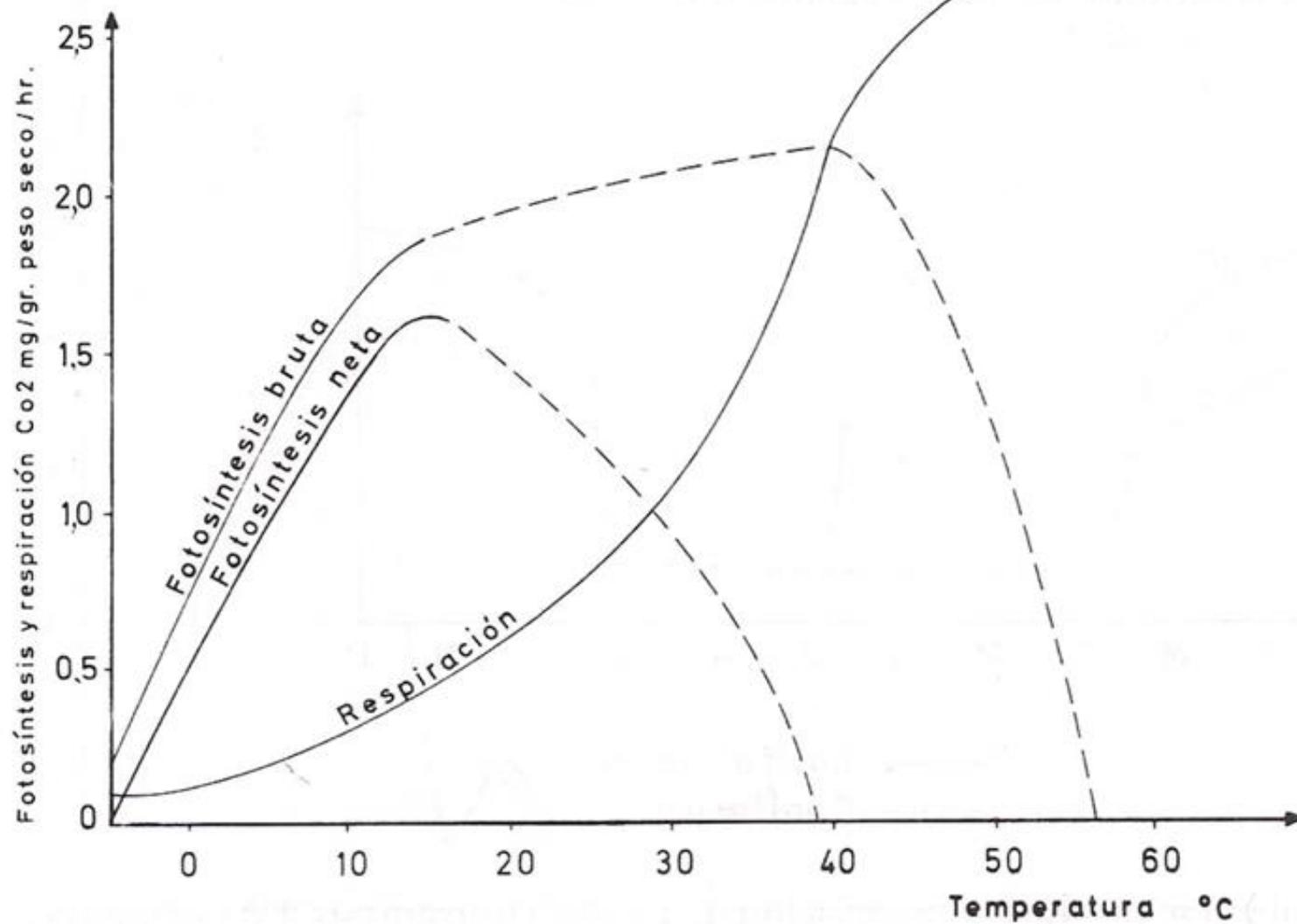


Fig. 2.17 — Efectos de la temperatura en la fotosíntesis y respiración de las plantas. (Adaptado

Como regla general, la tasa respiratoria refleja las demandas metabólicas (actividad metabólica).

Los tejidos, plantas u órganos jóvenes, respiran más activamente que los viejos.

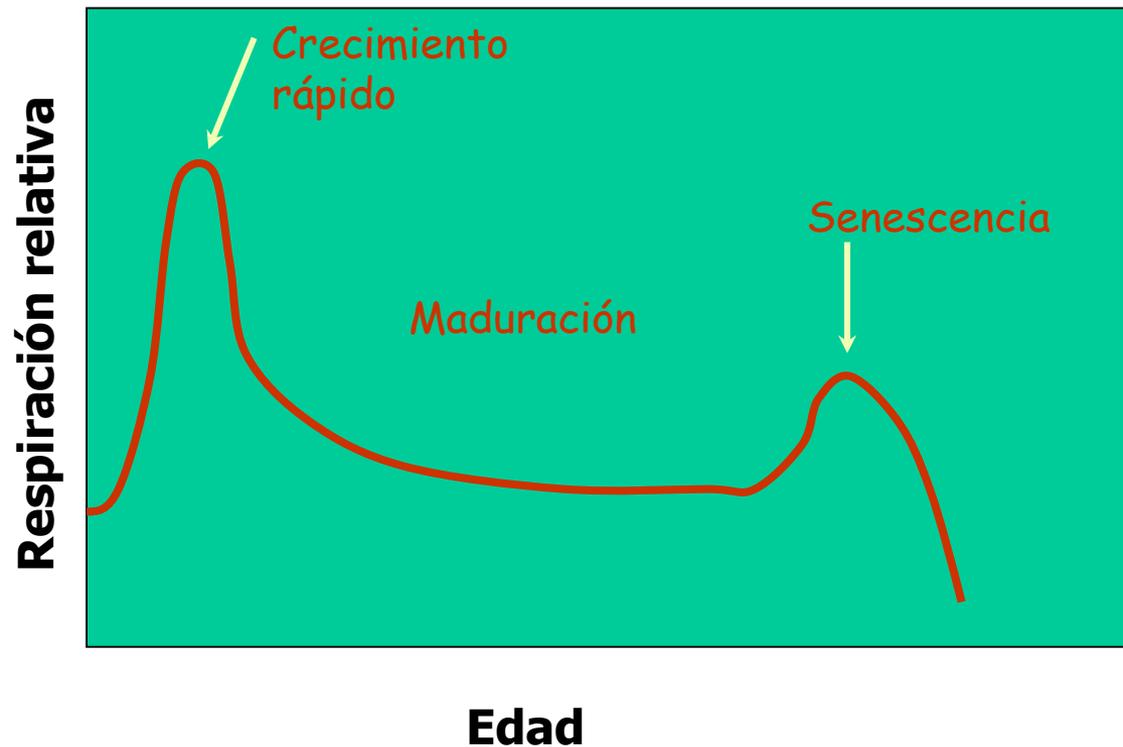
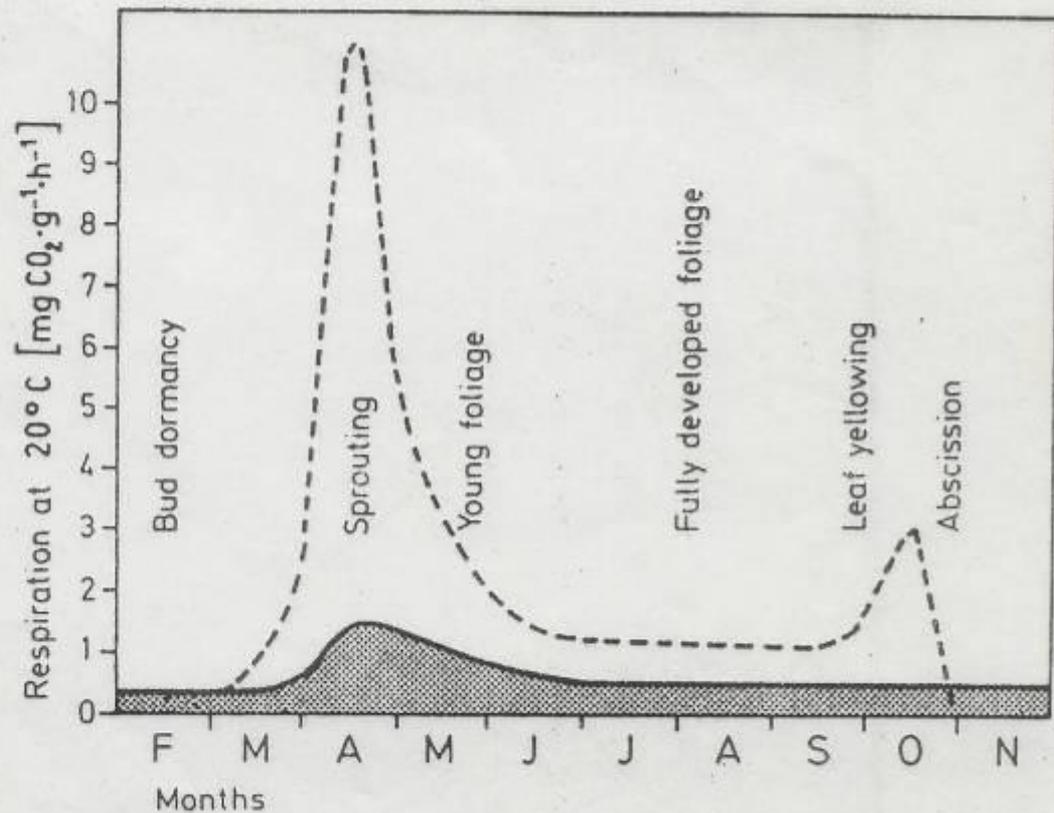
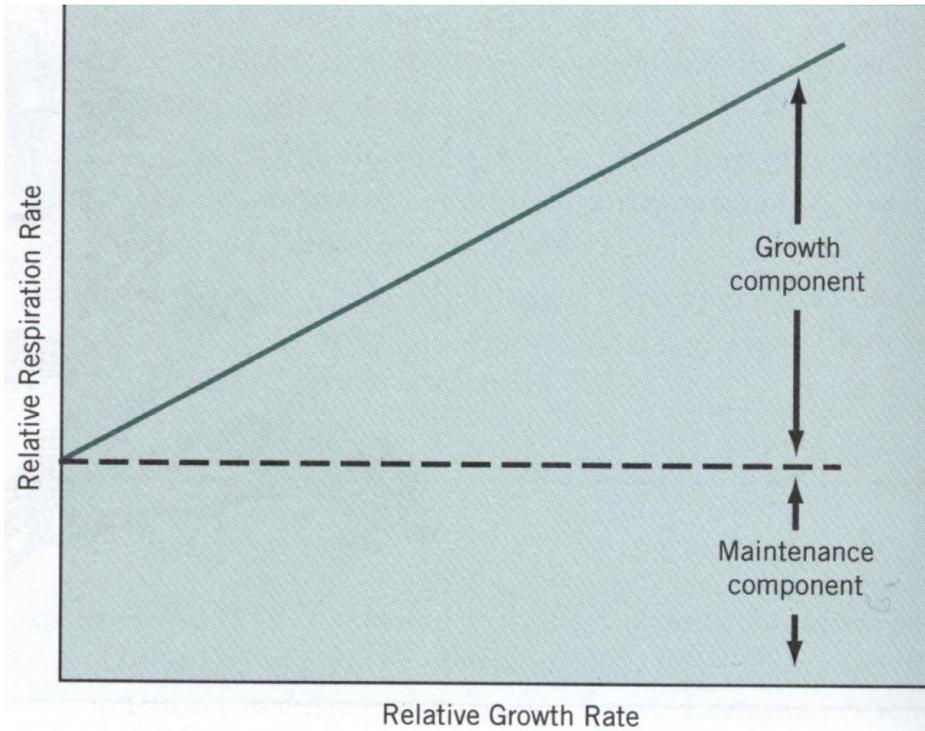


Fig. 3.15. Respiration of leaves of deciduous trees (*dashed line*) and evergreen woody plants (*stippled area*) as a function of the state of development of the vegetation. Based on the data of Eberhardt (1955), Pisek and Winkler (1958), Neuwirth (1959), Larcher (1961), Negisi (1966), E. D. Schulze (1970), and Ledig et al. (1976). Examples of development-dependent changes in respiratory activity of grasses are given by André et al. (1978), Koh et al. (1978a), and Jones et al. (1978)





La respiración satisface necesidades de crecimiento (formación de nuevas estructuras) y mantención (omeostásis, recambio de moléculas orgánicas, etc.), aún cuando se trata del mismo proceso.

La respiración de mantención es proporcionalmente más importante en tejidos, órganos o individuos adultos.

Las raíces destinan gran parte de la energía respiratoria a la mantención

Especies

Tasa respiratoria
*($\mu\text{Mol CO}_2$ liberado g⁻¹ peso
seco h⁻¹)*

Cultivos

70 - 180

hojas (sol)

70 - 90

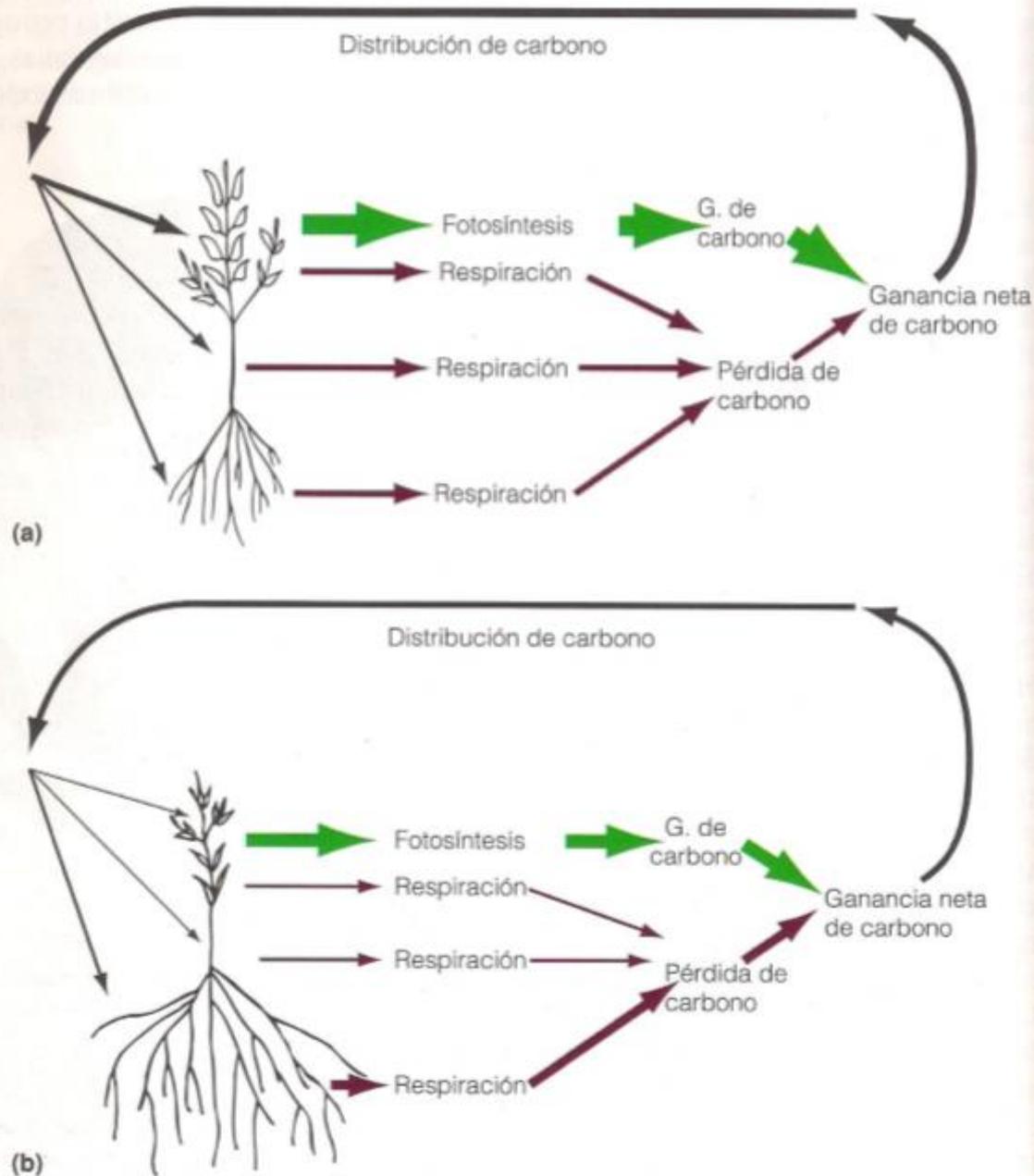
(sombra)

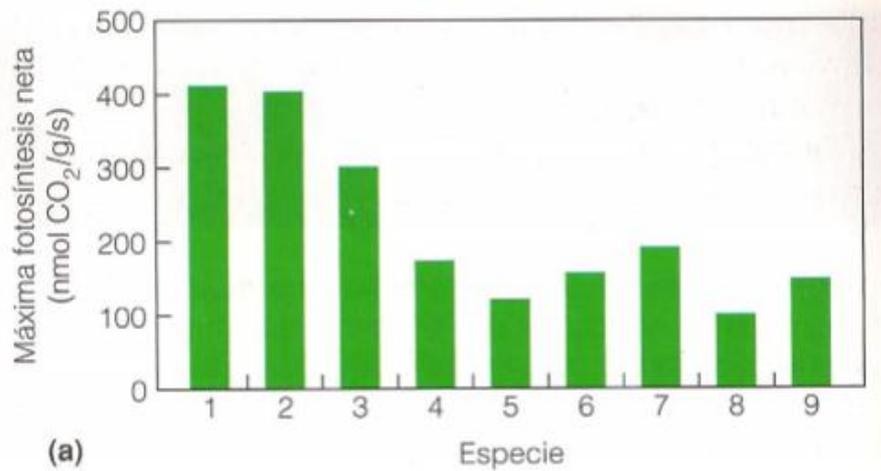
20 - 45

Coníferas

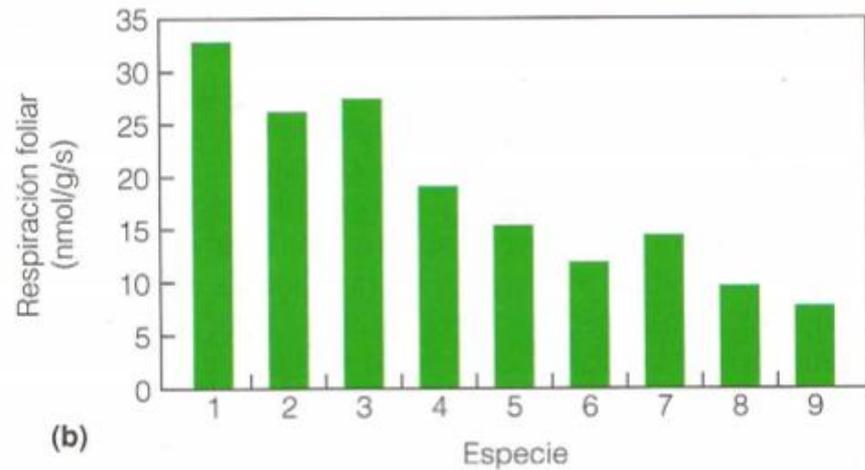
4 - 25

Figura 6.8 | La ganancia neta de carbono de un vegetal es la diferencia entre la ganancia de carbono en la fotosíntesis y la pérdida de carbono en la respiración. Dado que las hojas (o más generalmente, los tejidos fotosintéticos) son los responsables de la obtención de carbono, mientras todos los tejidos vegetales respiran (hojas, tallo y raíces), la ganancia neta de carbono estará directamente influenciada por el patrón de distribución de carbono a la producción de diferentes tejidos de la planta). **(a)** el aumento en la distribución hacia las hojas aumentará la ganancia de carbono (fotosíntesis) respecto de la pérdida de carbono (respiración) y, por ende, aumentará la ganancia neta de carbono. **(b)** El aumento en la distribución hacia las raíces tendrá el efecto opuesto, ya que disminuirá la ganancia de carbono respecto de la pérdida de carbono. El resultado es una ganancia neta de carbono inferior por parte del vegetal.

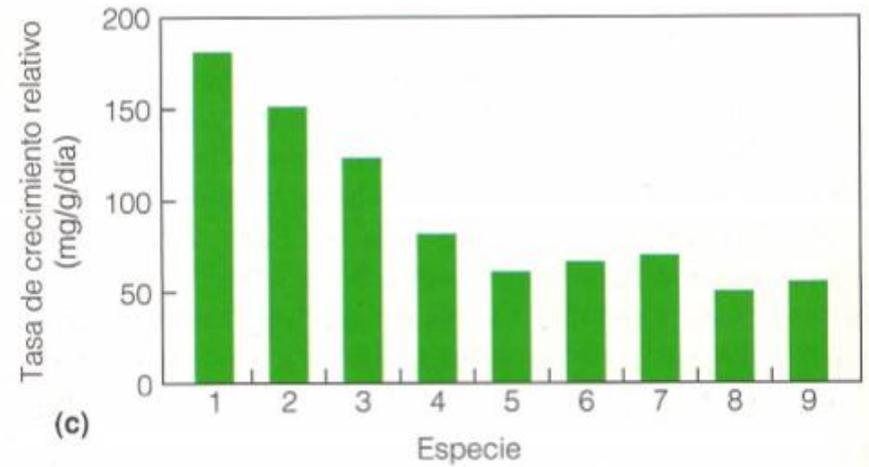




(a)



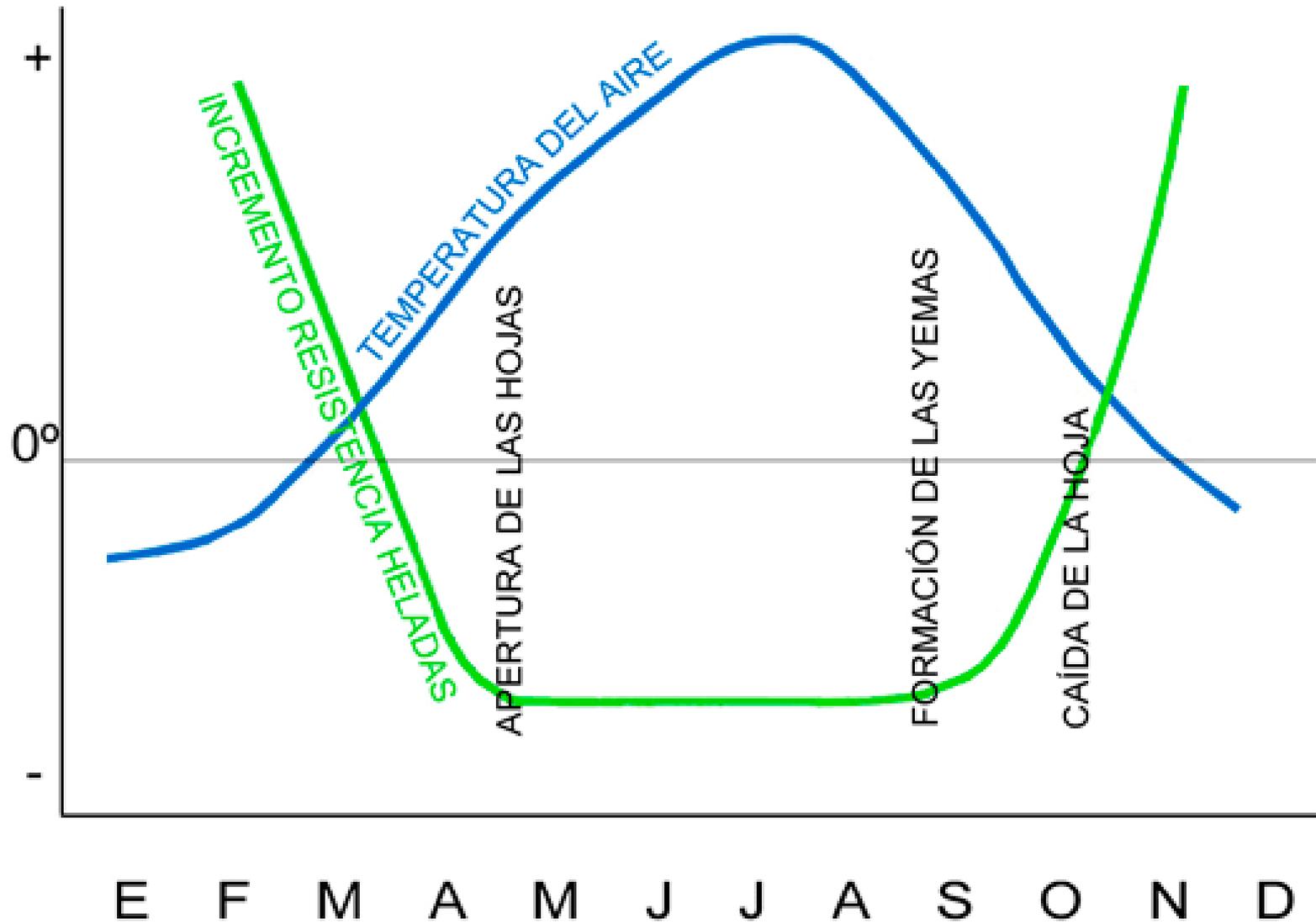
(b)

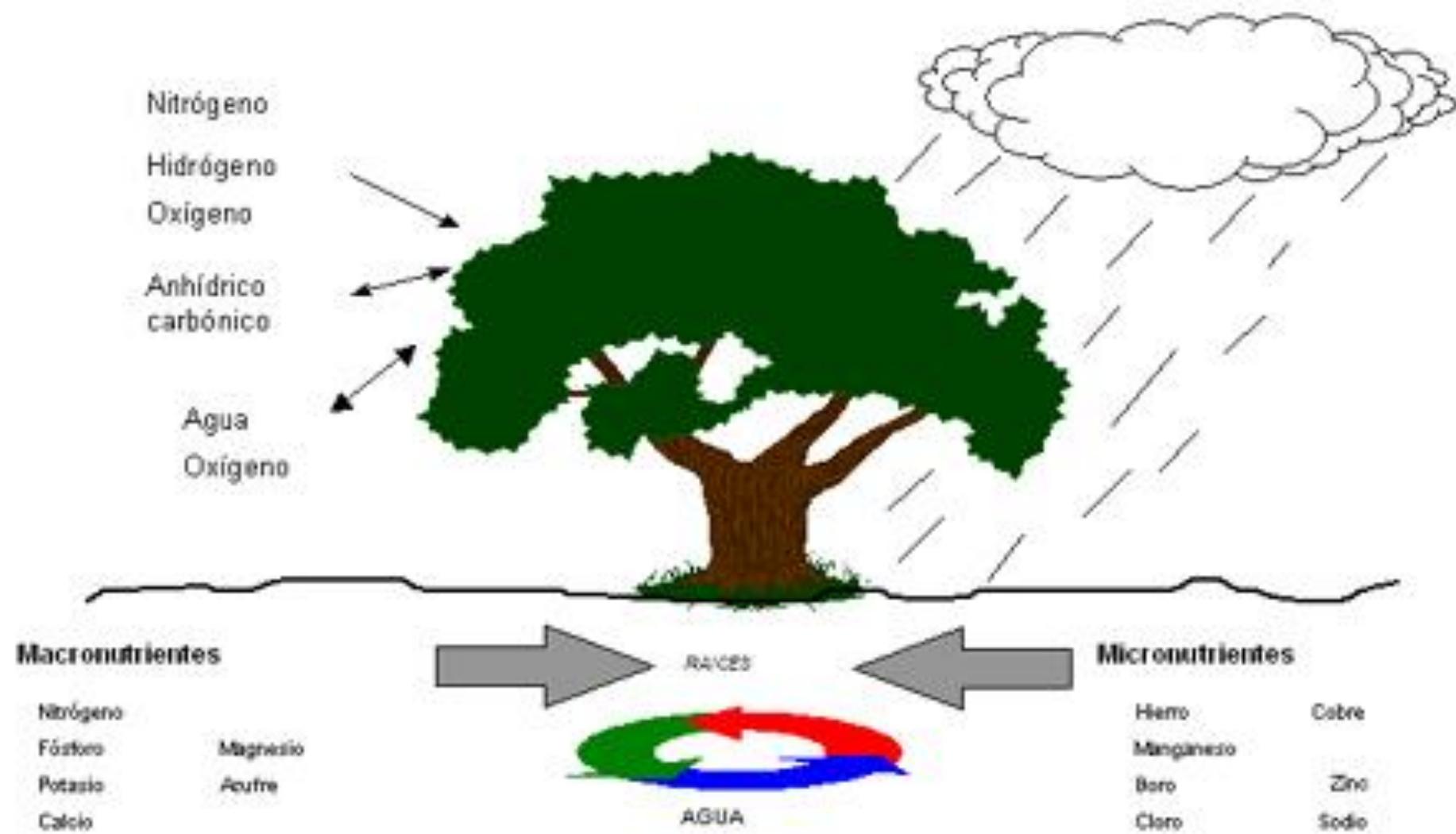


(c)

Tolerancia a la sombra
 Baja (Intolerante a la sombra) → Alta (Tolerante a la sombra)

Figura 6.13 | Diferencias en las tasas de (a) fotosíntesis saturada de luz, (b) respiración foliar, y (c) tasa de crecimiento relativo para nueve especies de árboles que habitan los bosques del noreste de América del Norte (zona boreal). Las especies se clasifican desde superiores (intolerantes a la sombra) hasta inferiores (tolerantes a la sombra) en términos de tolerancia a la sombra. Códigos de especies: (1) *Populus tremuloides* (Temblón americano), (2) *Betula papyrifera*, (3) *Betula allegheniensis*, (4) *Larix laricina*, (5) *Pinus banksiana*, (6) *Picea glauca*, (7) *Picea mariana*, (8) *Pinus strobus*, y (9) *Thuja occidentalis*. (Adaptado de Reich y colaboradores, 1998.)





Curso Evaluación del Estrés Bioclimático de los Ecosistemas Provocado por las Variaciones del Clima en el Siglo XXI.

12 al 16 de Noviembre 2018, Santiago de Chile.

