

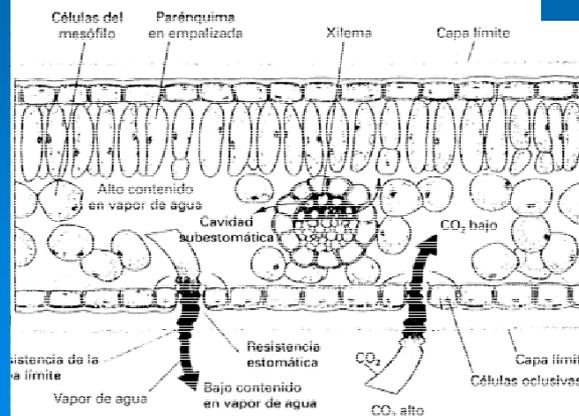
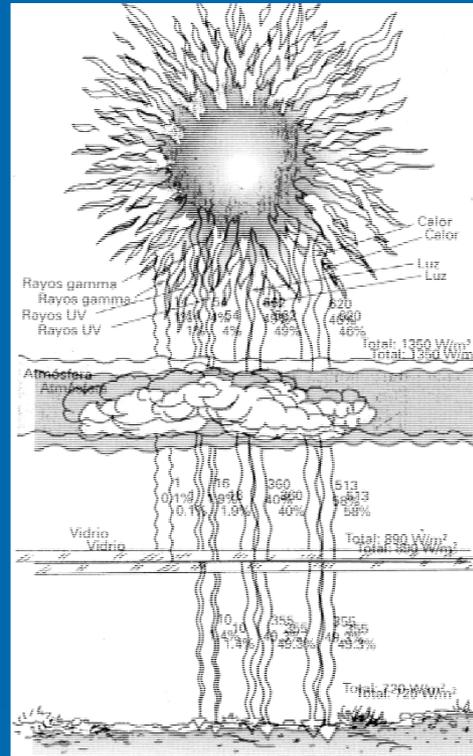
Bases Fisiológicas del Rendimiento

Bases Fisiológicas del Rendimiento

- **Radiación incidente y Reflejada**
 - Efecto Invernadero
 - Sensores Remotos
- **Intercepción de la Radiación.**
 - Calidad
 - Intensidad
- **Arquitectura Foliar**
 - Planófilas
 - Erectófilas
- **Partición de Asimilados**
 - Fuente
 - Destinos
 - Índice de Cosecha
- **Rendimiento**

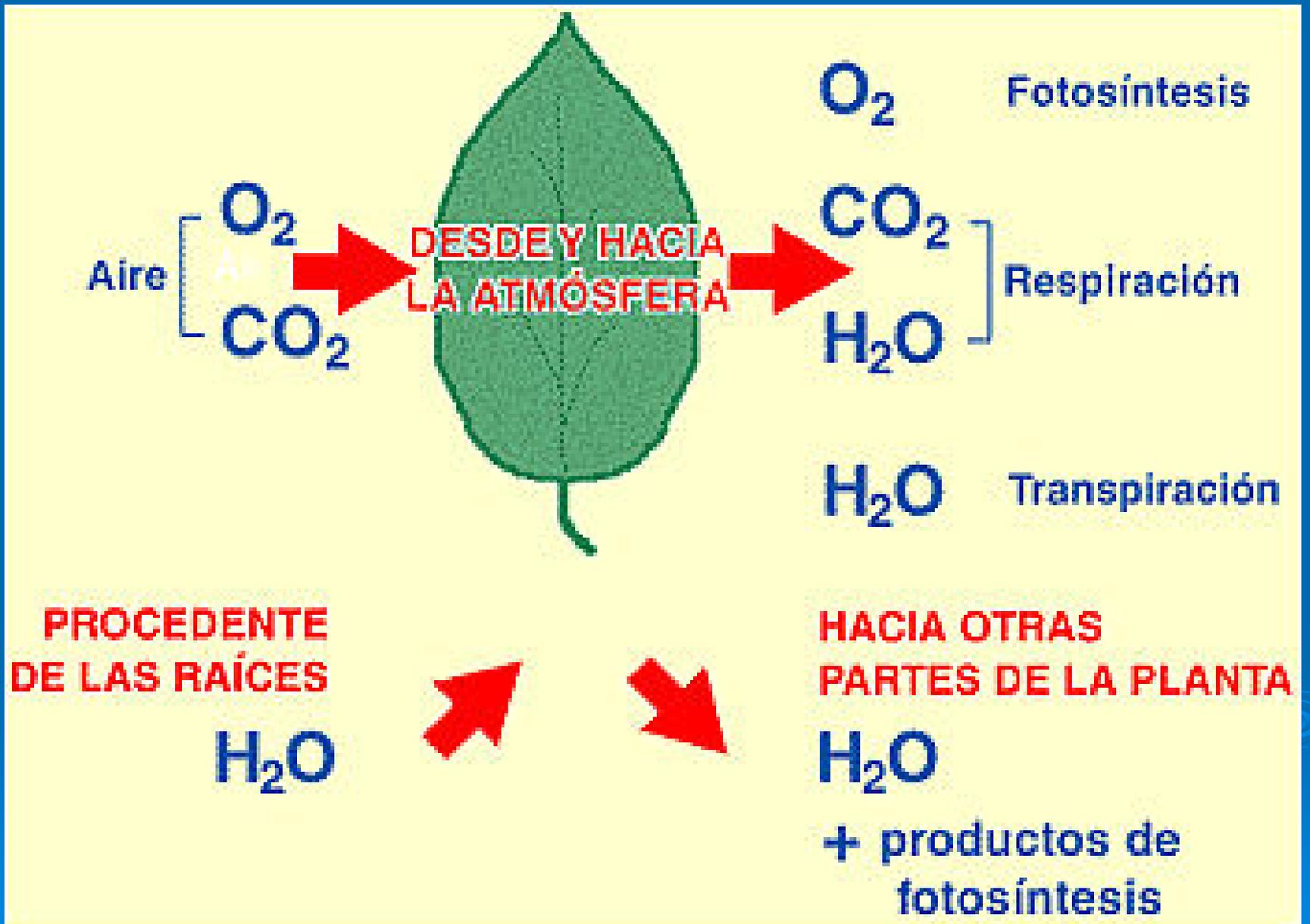
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP

CURSO DE FISILOGIA VEGETAL



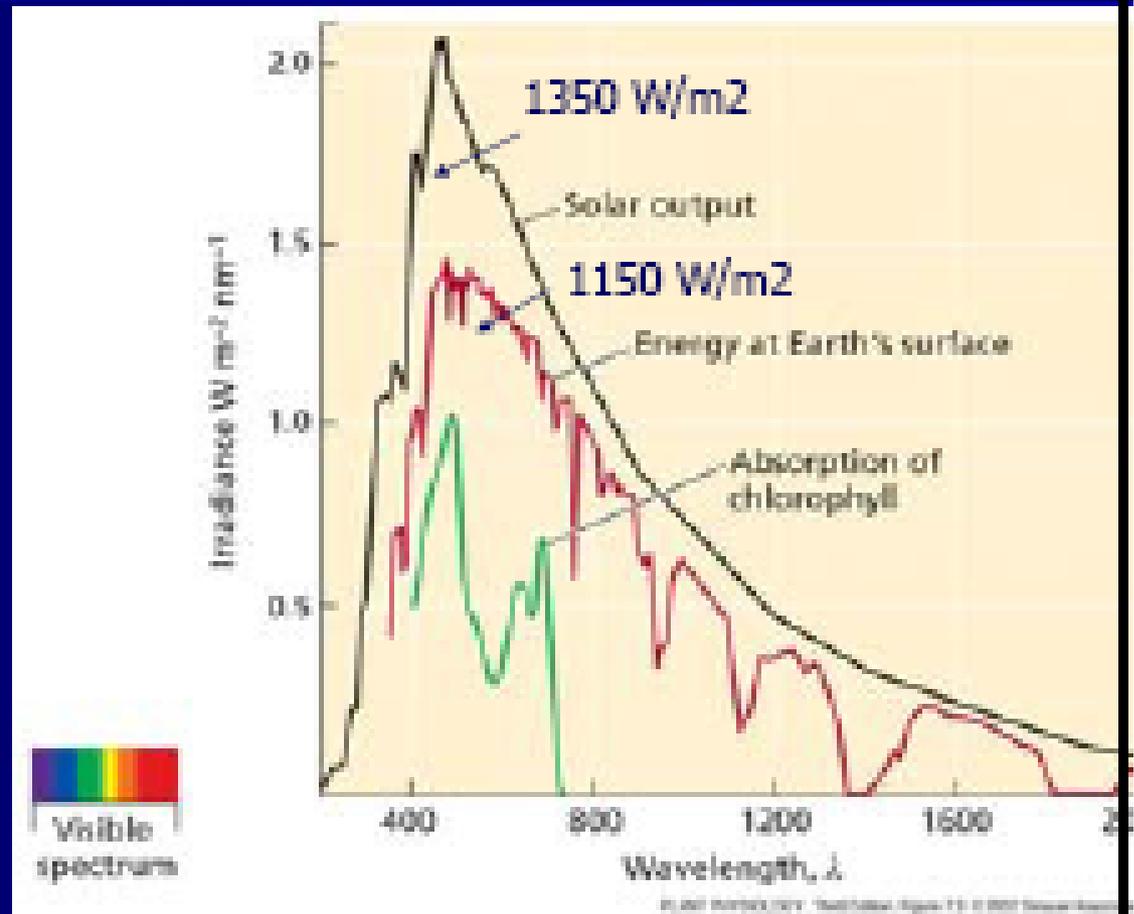
Ubicación geográfica	Superficie necesaria para alimentar una persona por año (m ²)
60° L.N	469
40° L.N	110
20° L.N	81
0° Latitud	56

2011

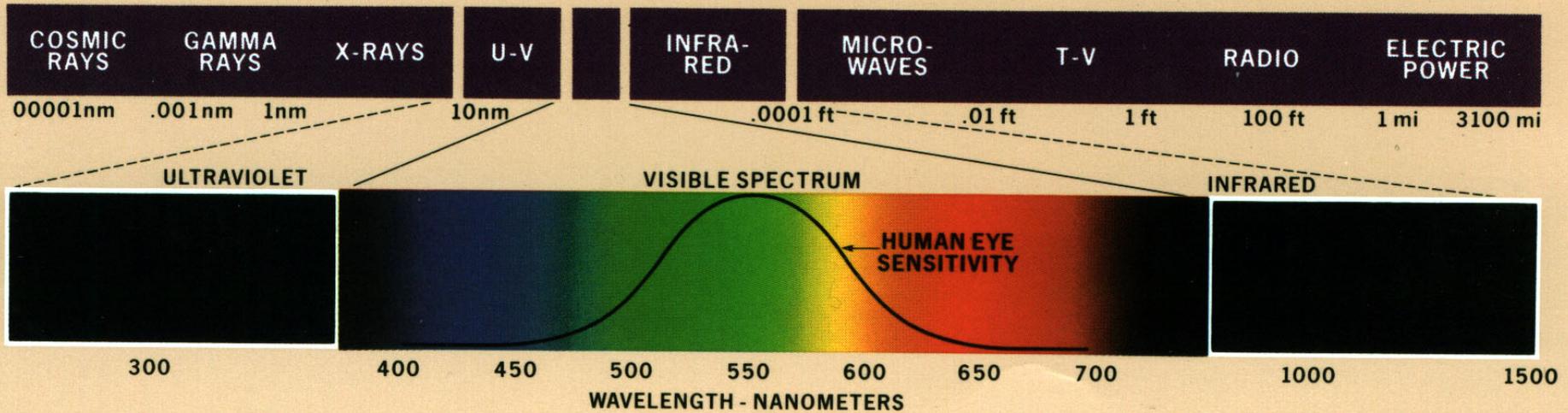


Electromagnetic Spectrum

- **Stratosphere**
 - 1350 W/m²
- **Biosphere**
 - 1150 W/m²
 - 2000 μmol/m²/s

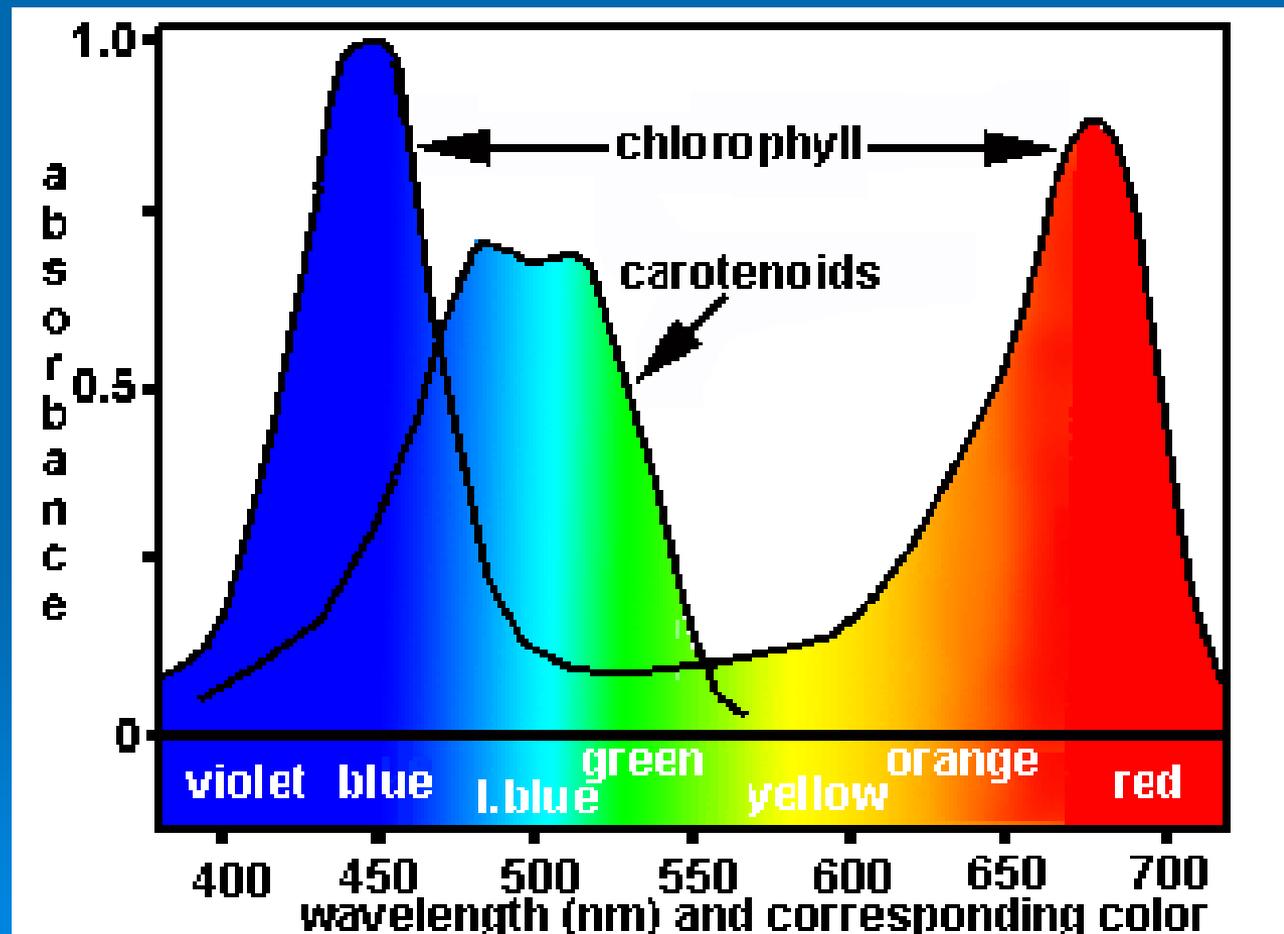


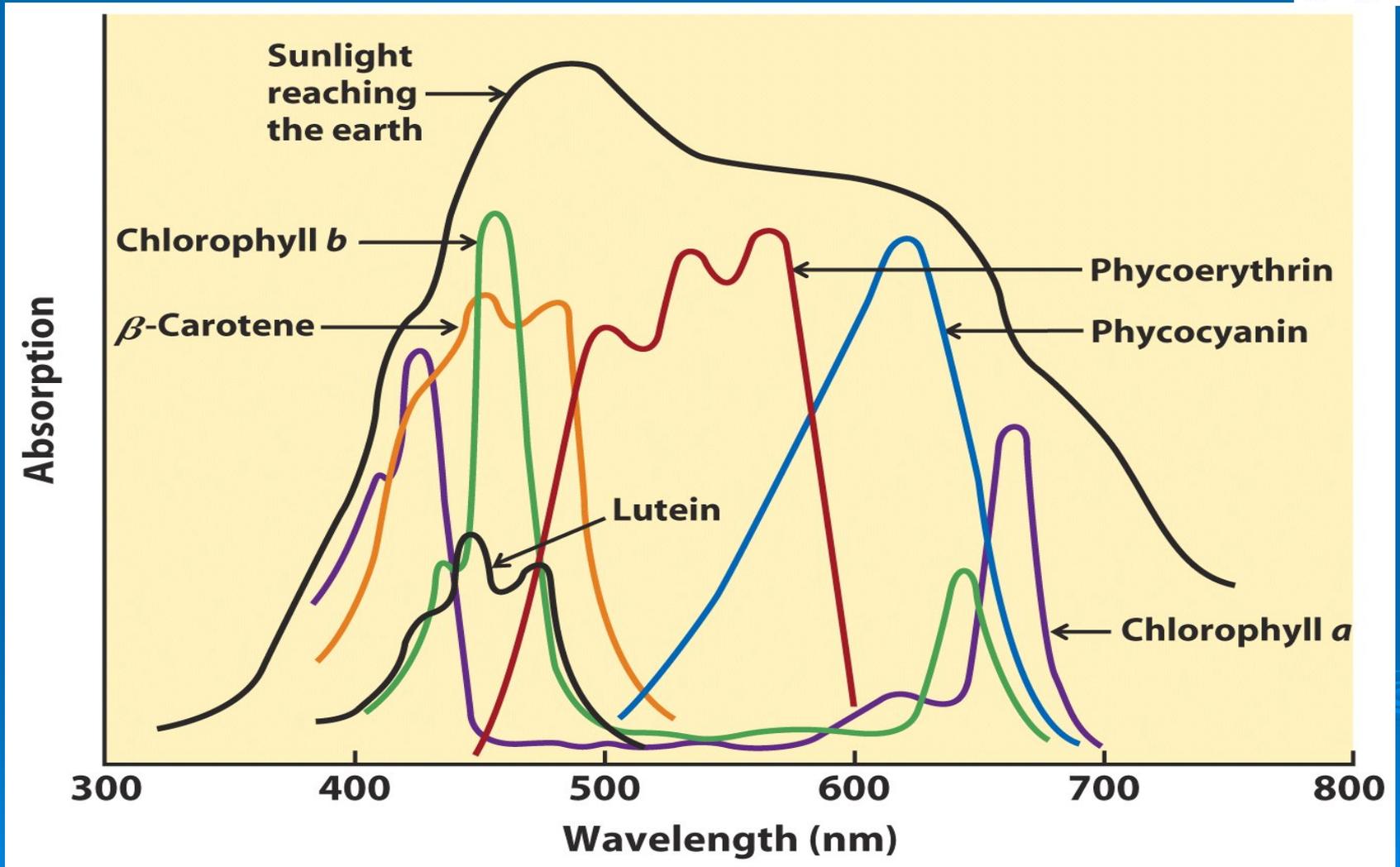
★ 400 - 700 nm, Photosynthetic Active Radiation (PAR).



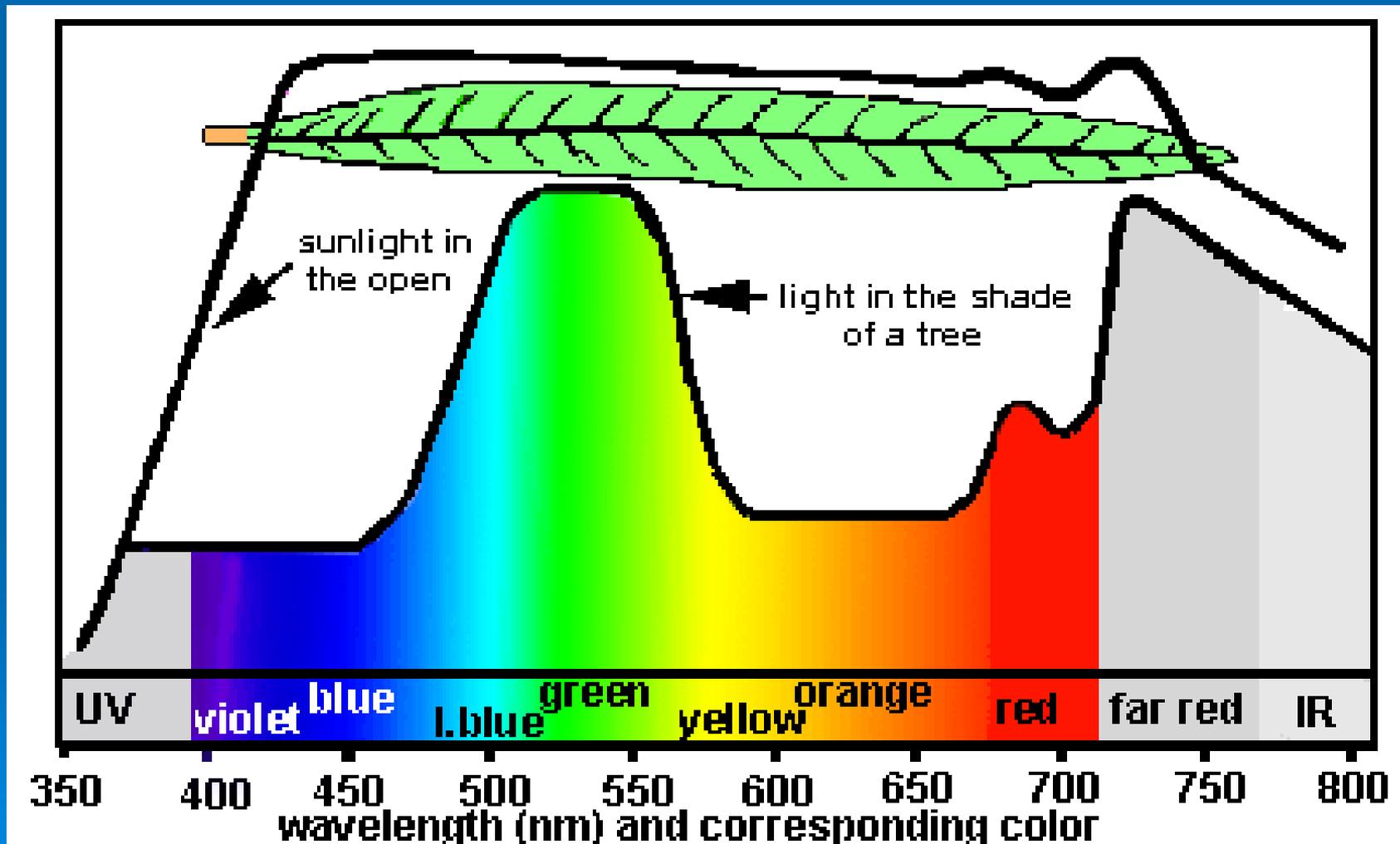
PAR

The Light Spectrum Adsorbed by Plant Pigments

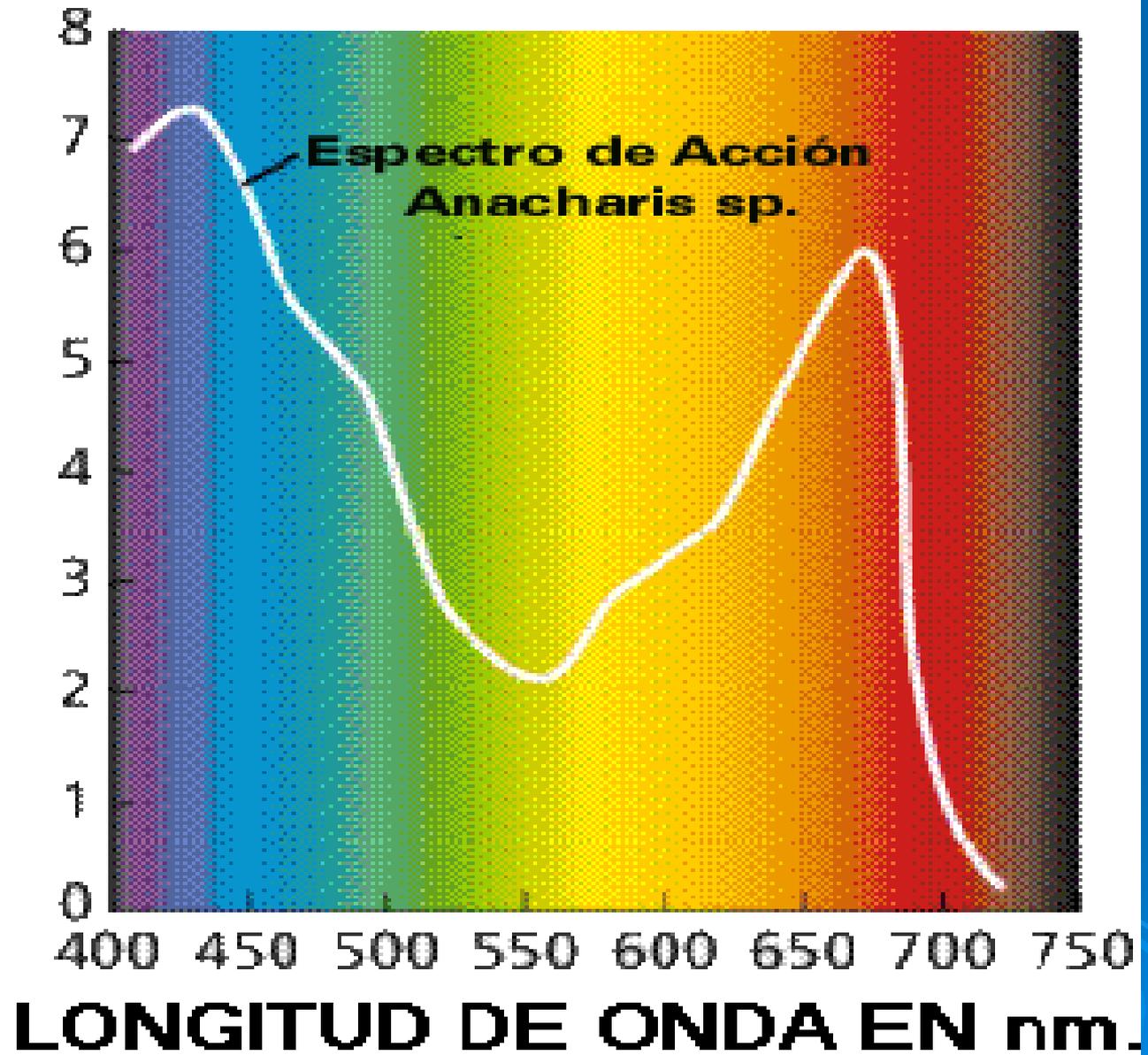


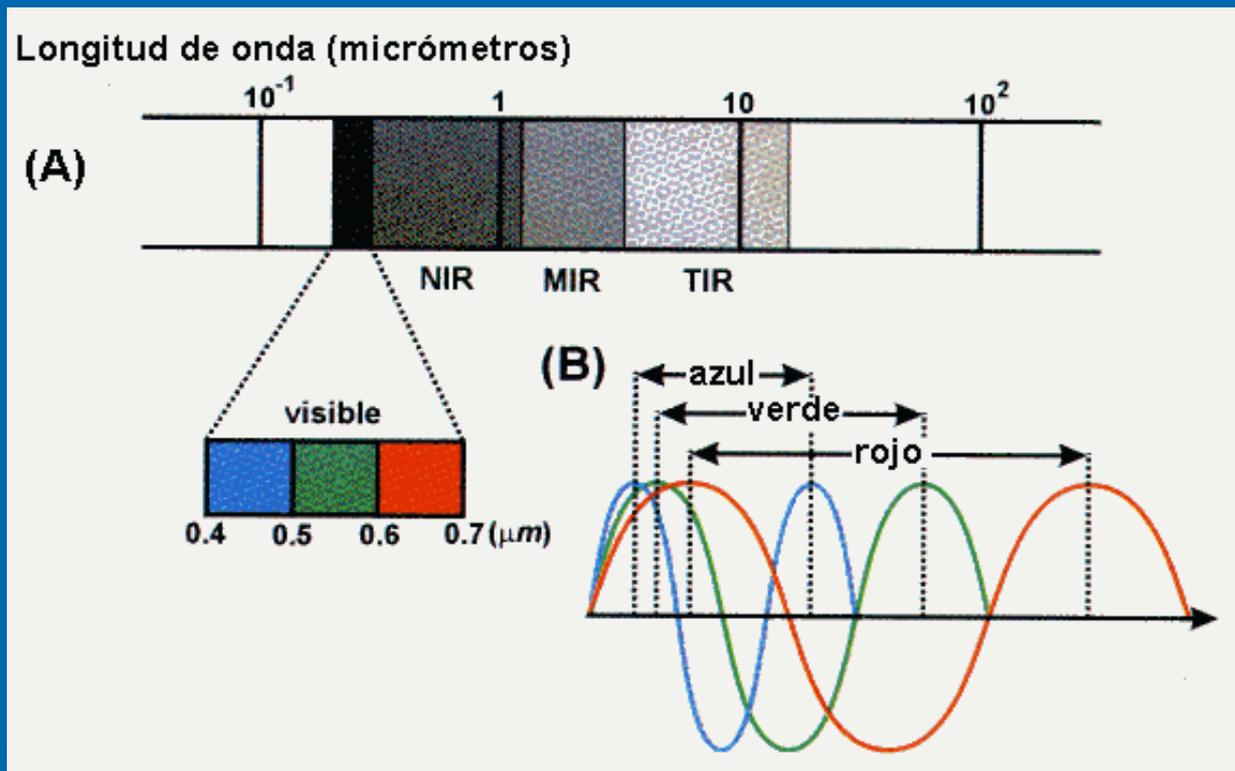


Light Quality



TASA RELATIVA DE FOTOSÍNTESIS

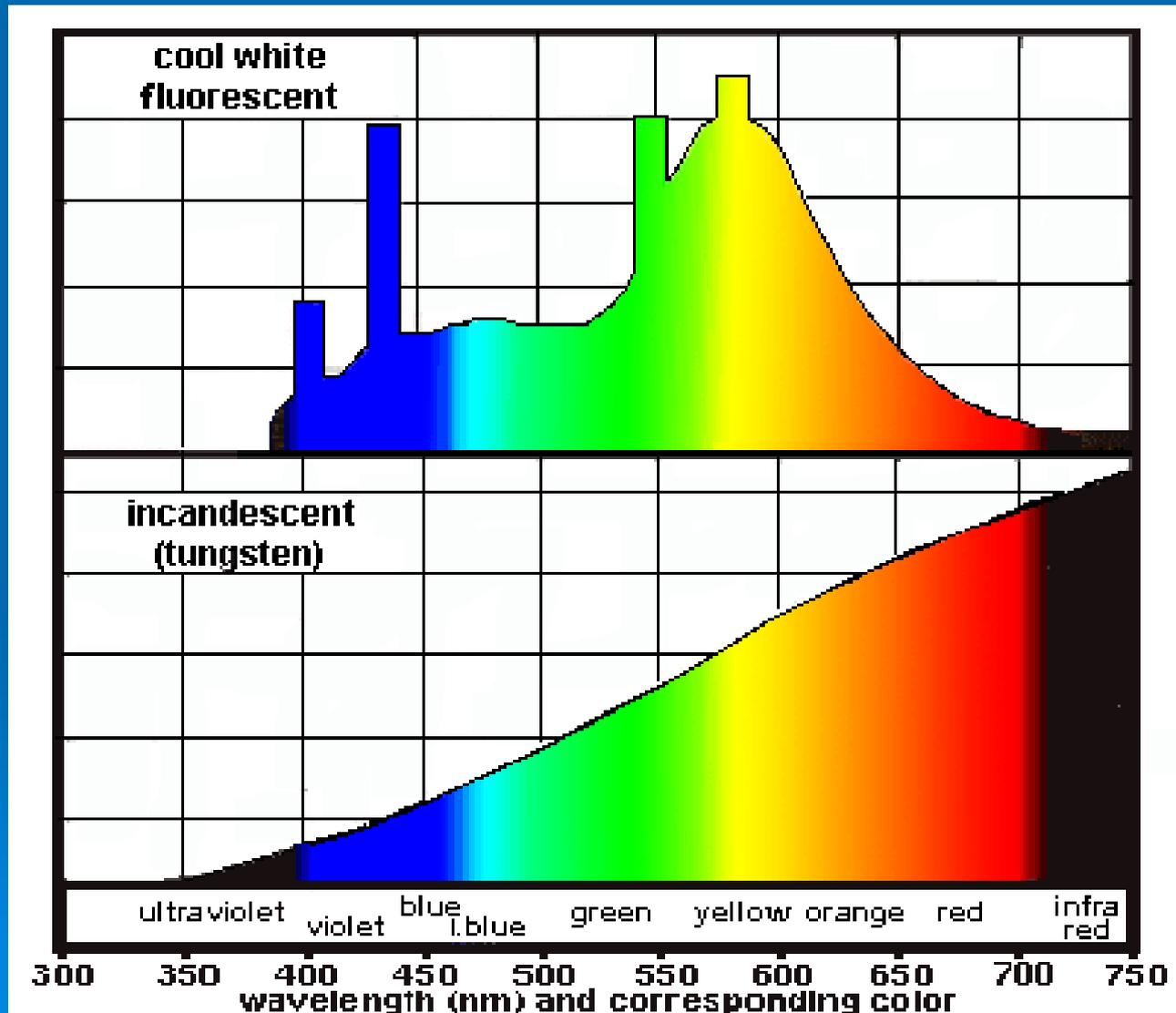




La luz visible, se encuentra entre el UV y el IR. Se extiende de 0.4 a 0.7 micrómetros. La luz azul se encuentra cerca de la región de 0.4 μm y la luz roja cerca de los 0.7 μm. Justo sobre la región del rojo se encuentra la banda del infrarrojo cercano (NIR).

No existe una distinción clara entre el NIR y el IR. Esta región del infrarrojo cercano, aunque es indetectable por el ojo humano, puede ser detectada por sensores artificiales y es muy importante en la percepción remota

Artificial Light Spectrums



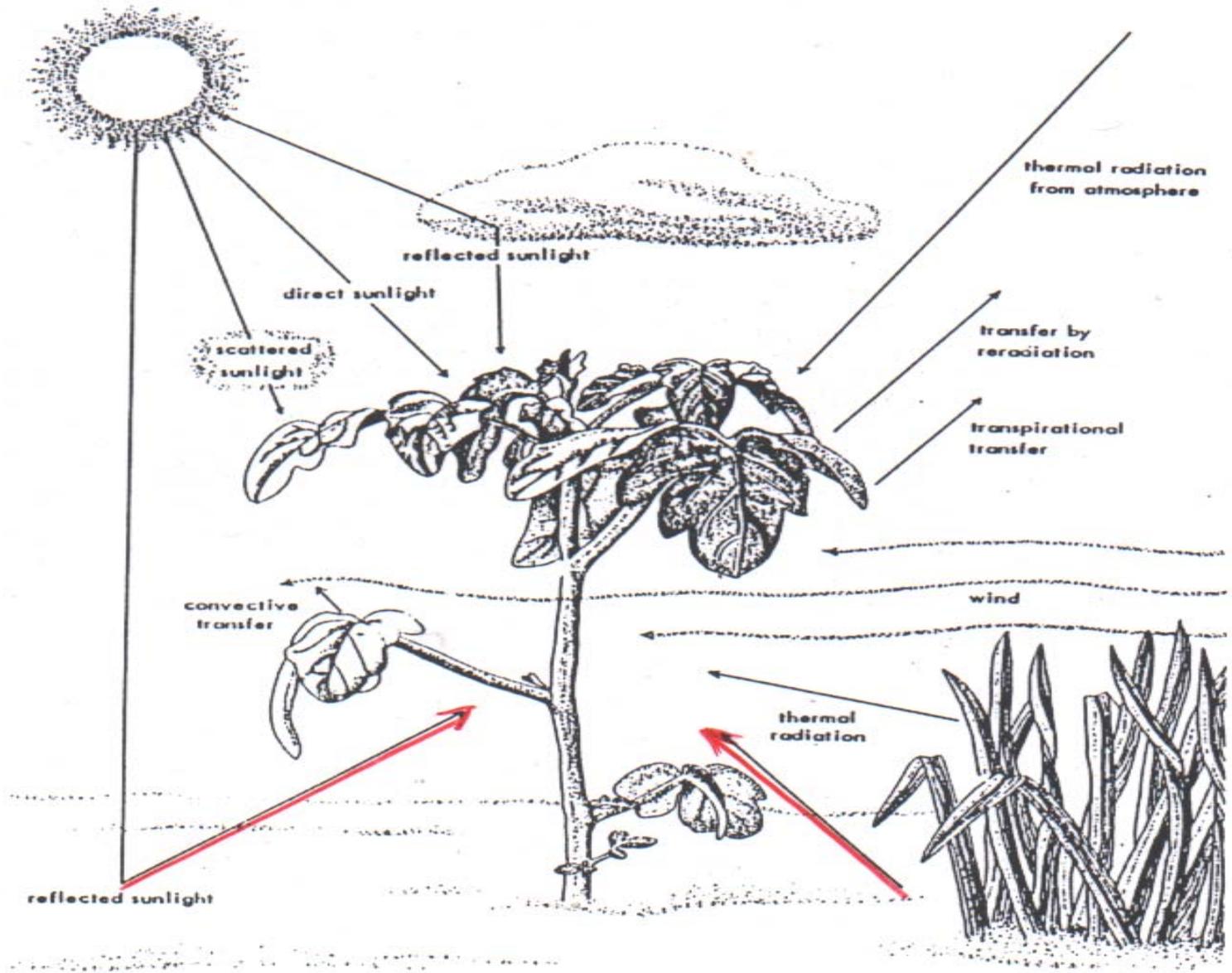
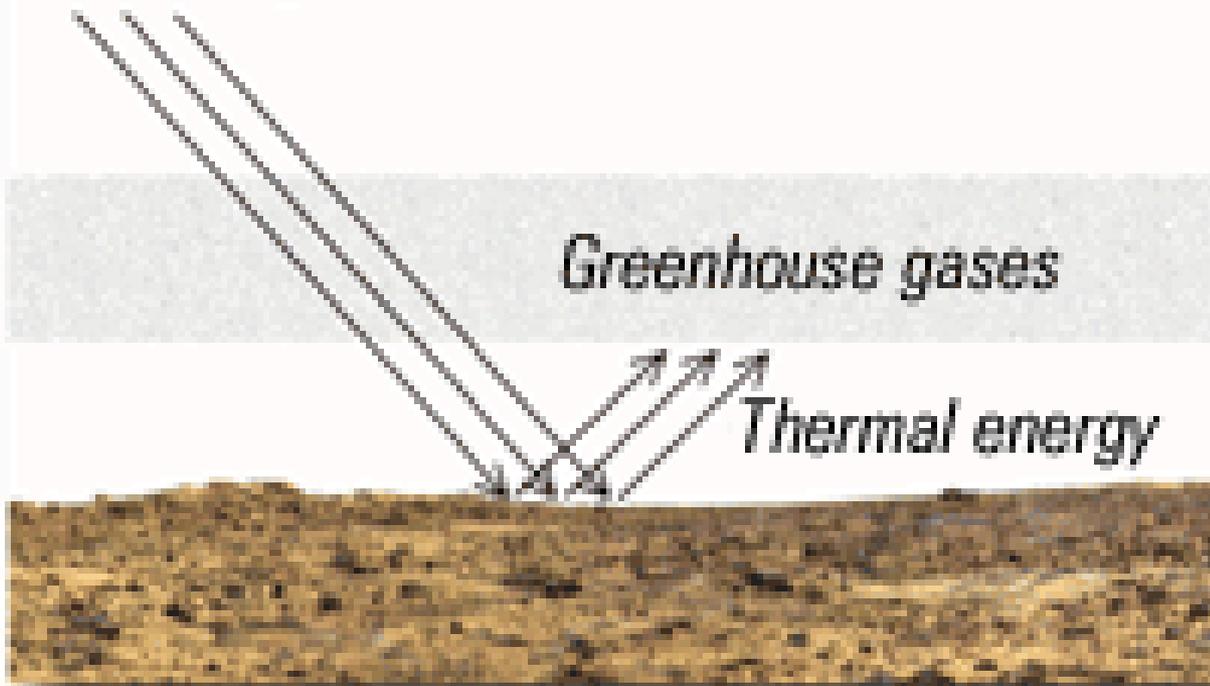


Fig. 17.6. Energy flow between a plant and the environment. From Gates (1965).

Greenhouse gases act as a blanket

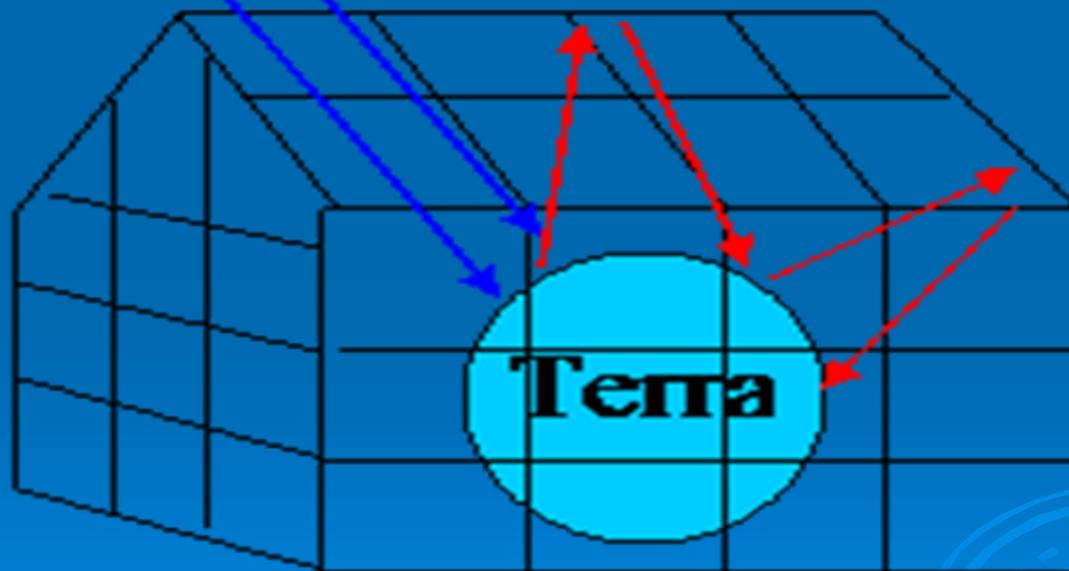
Visible sunlight

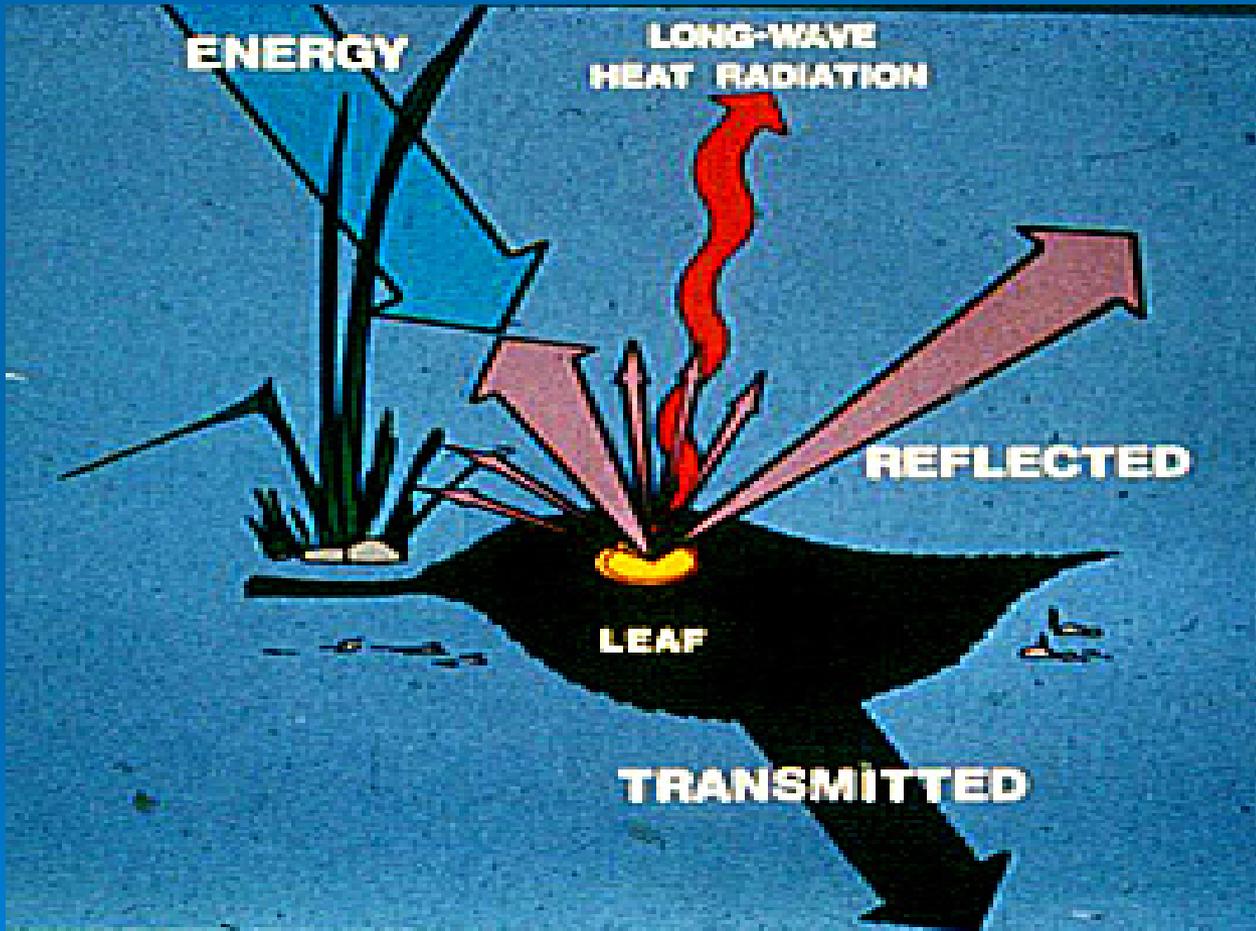


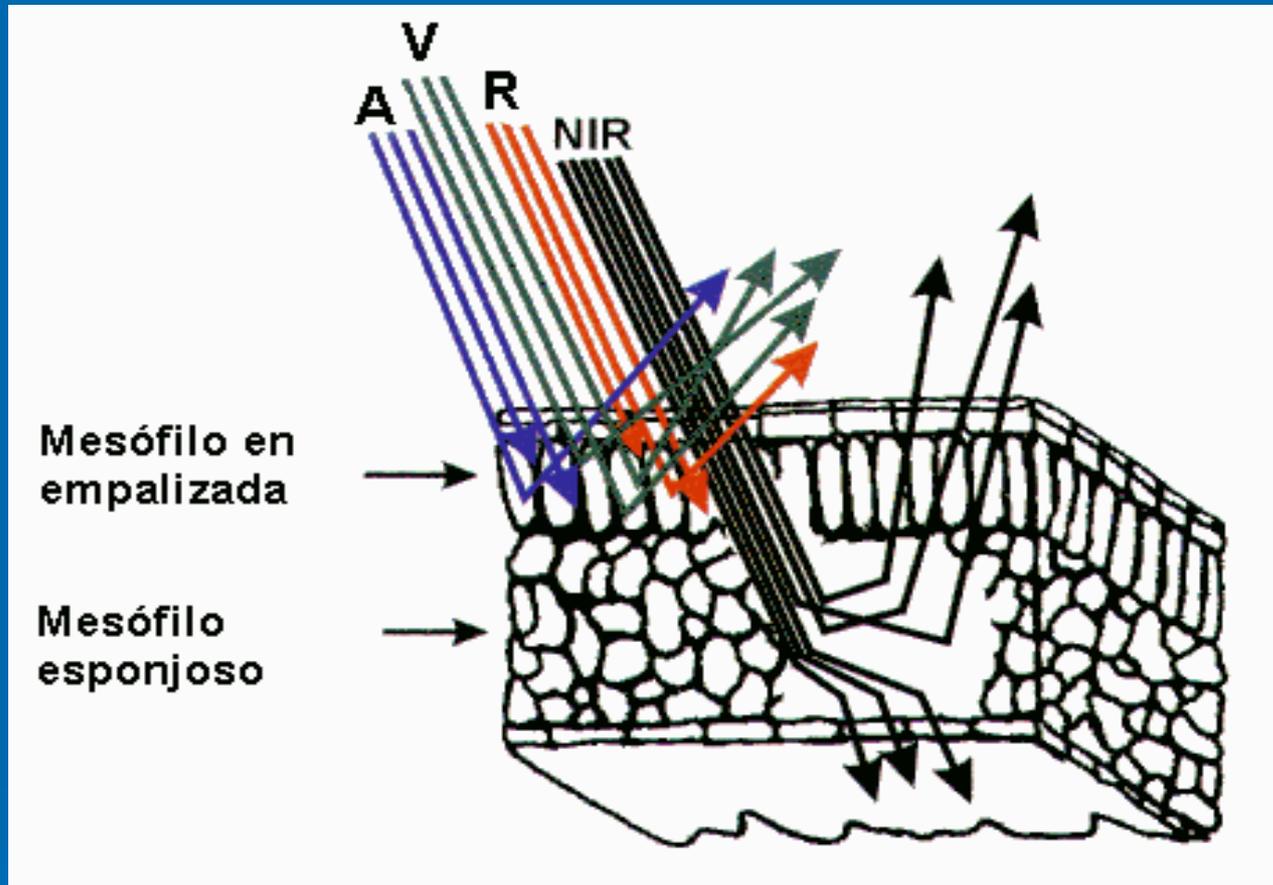
Greenhouse gases

Thermal energy

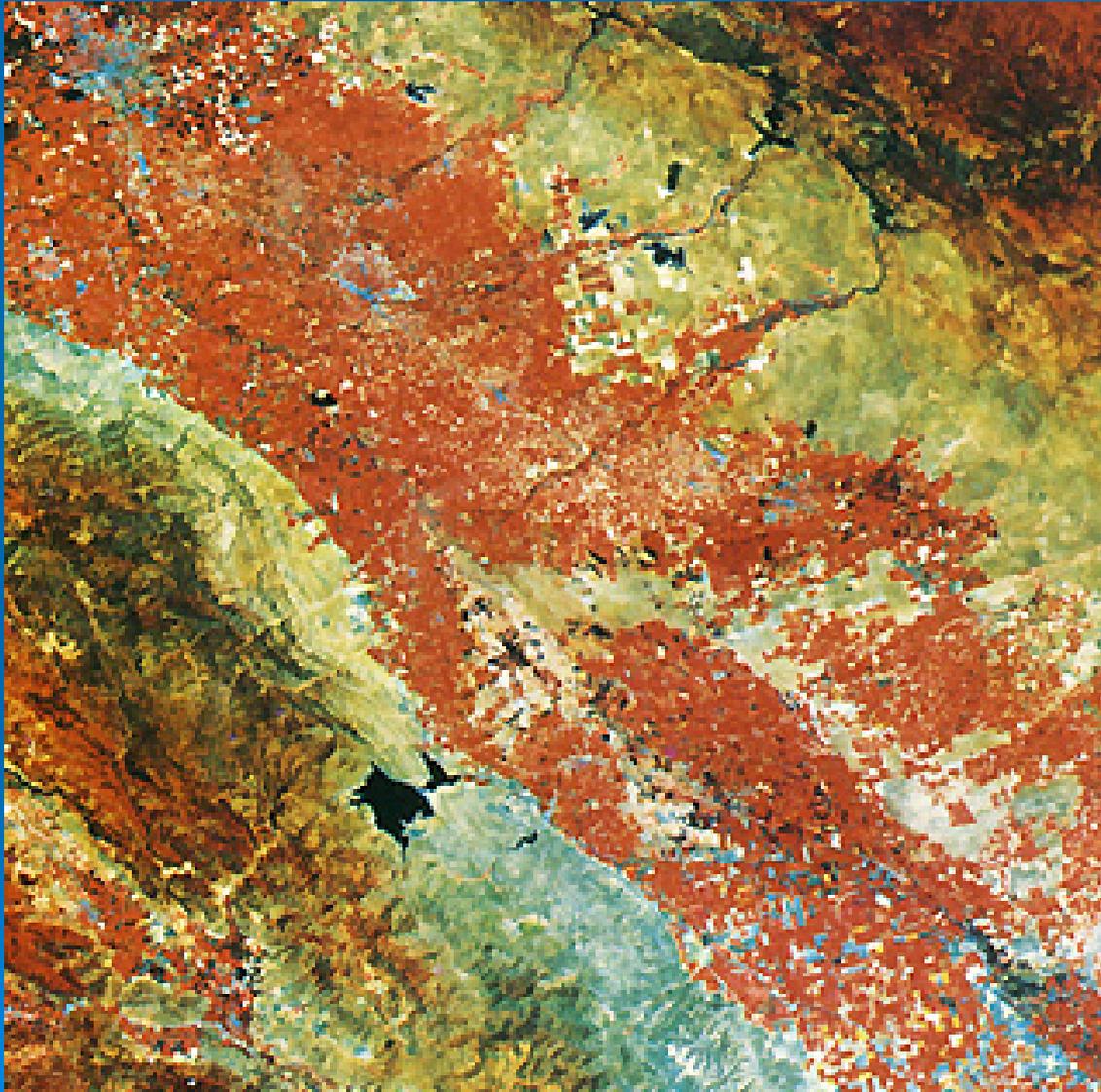
Sol





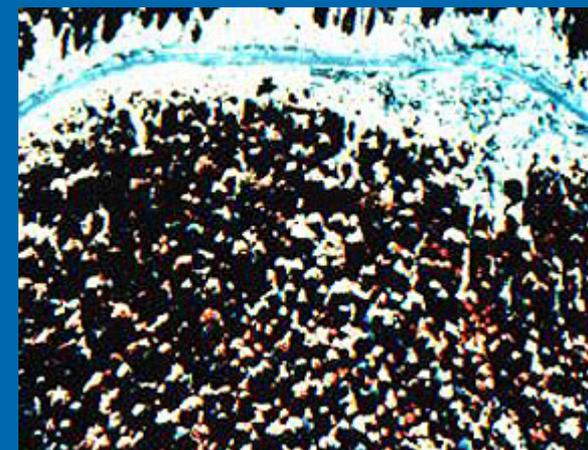
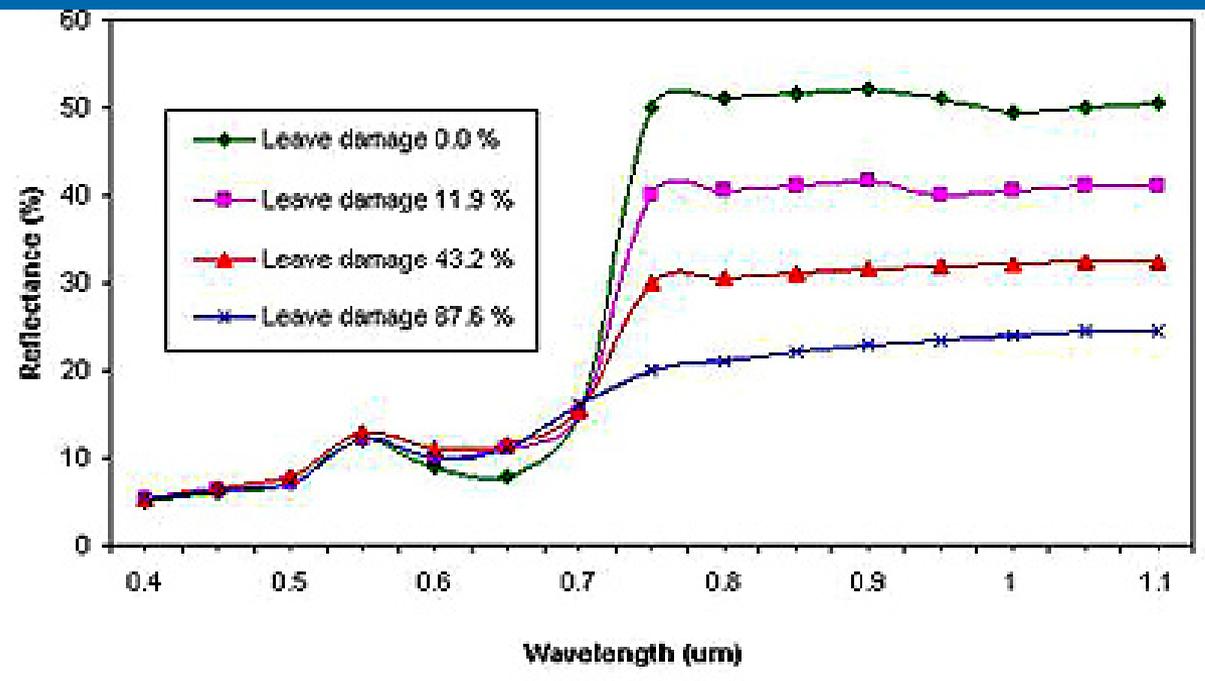


La energía reflejada y emitida de los objetos es lo que se mide en la percepción remota. Por ejemplo, una planta verde se ve de ese color porque la clorofila en sus hojas absorbe la mayor parte de la energía en las longitudes de onda del azul y el rojo, y refleja principalmente las longitudes de onda verde.

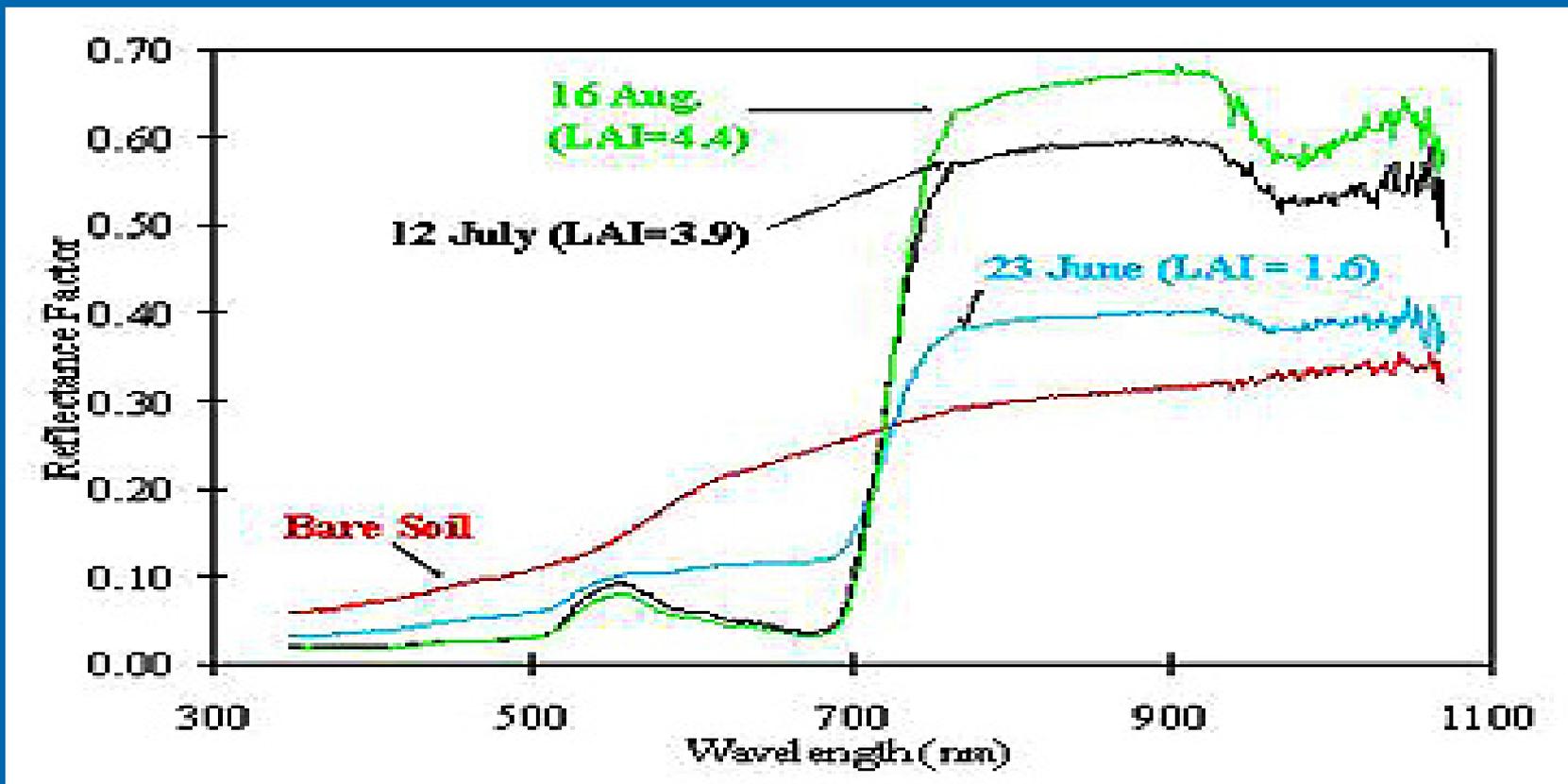


La imagen Landsat es en la zona triguera de los Grandes Llanos, de Kansas.

La mayor parte de la escena se compone de las pequeñas explotaciones. El principal cultivo es el trigo de invierno que se cosechan en junio. Esta escena es de transición, con el lado derecho cultivado, pero el lado izquierdo, contiene algunas granjas sin plantar y la tierra que se usa para el pastoreo.

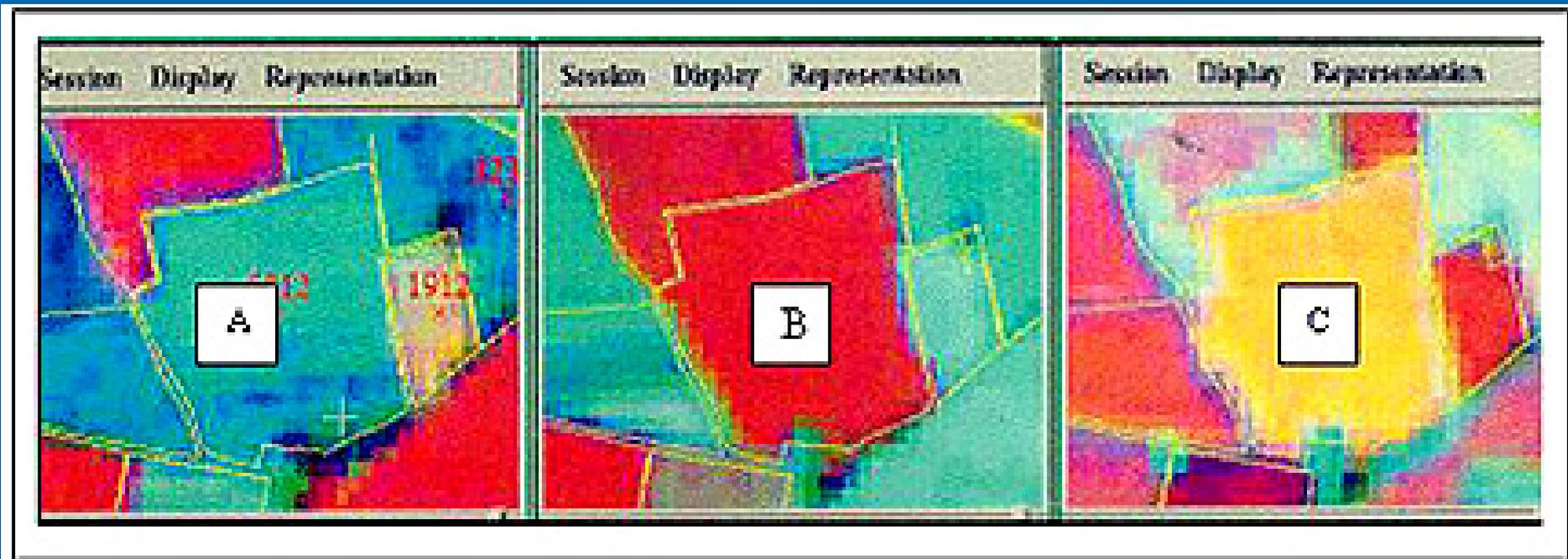


Las diferencias en vigor de la vegetación, como resultado del estrés hídrico variable, son especialmente evidentes cuando está cerca de las imágenes de infrarrojos. En esta foto aérea hizo con el color de la película IR muestra la vegetación sana en rojo, y "enfermo" en la vegetación de azul a amarillo-blanco

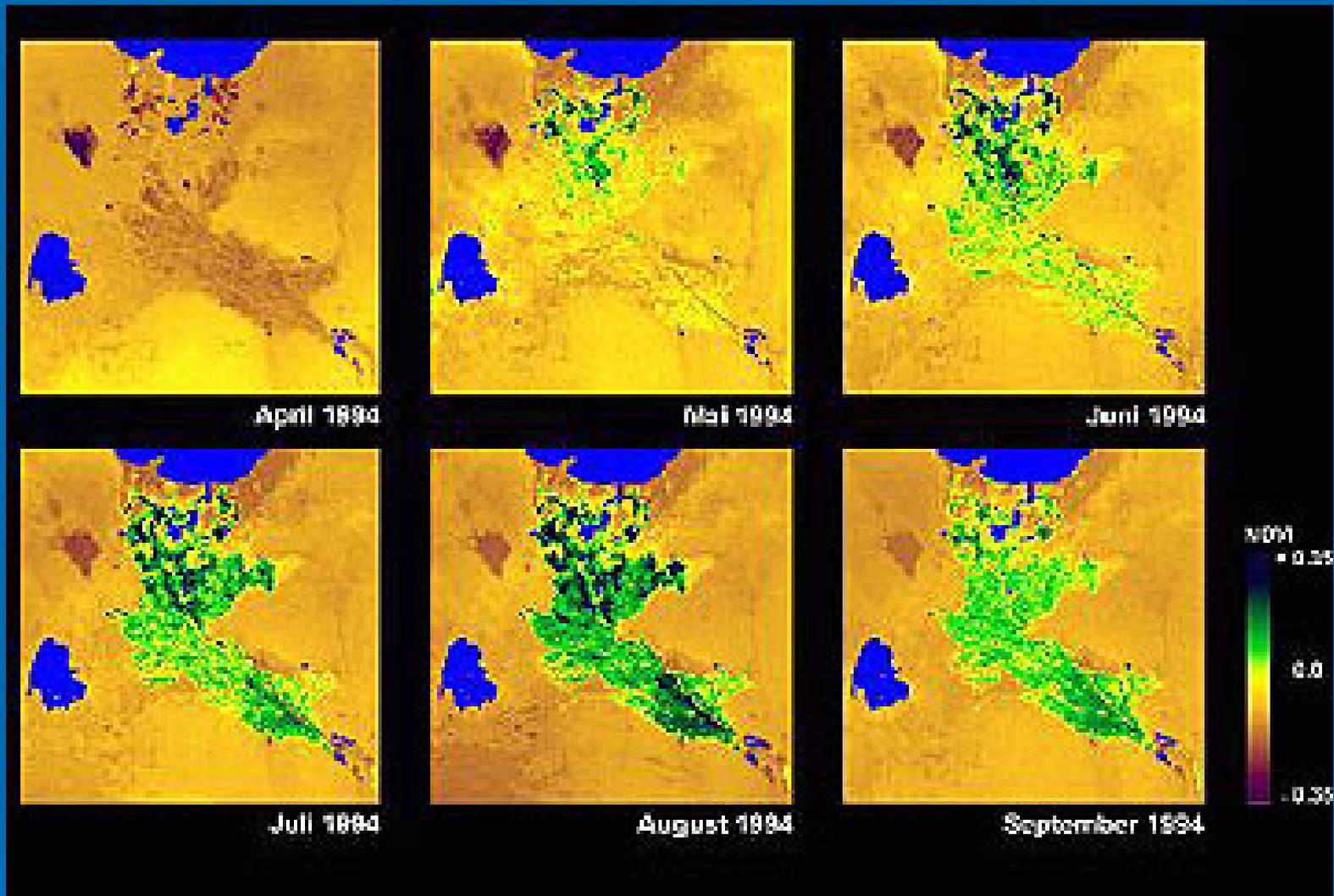


El IAF se determina en el sitio sumando la superficie de todas las hojas, pero puede ser estimado por muestreo estadístico o mediante la medición de una propiedad como es la radiación reflejada. Por lo tanto, la percepción remota puede determinar una estimación del IAF.

Para los cultivos obtenidos por teledetección, el IAF se ve influenciada por el reflejo del suelo entre las plantas. Para las determinaciones espectrales, se muestra a continuación, que la radiación reflejada del NIR se incrementará con el IAF.



El cambio en la apariencia y la extensión de la cobertura en el tiempo muestra la vegetación en comparación con características del suelo. Cultivos en el transcurso de una temporada de crecimiento. Se muestra tres fases –(A) suelo desnudo en el campo, (B) cultivo en crecimiento pleno, (C) cultivo en senescencia.



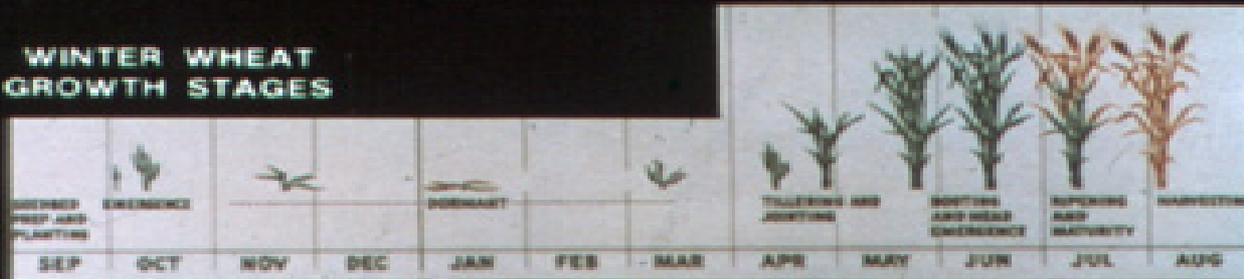
En general, el cambio de temporada se presenta cada año con el "verde" que viene con la llegada de la primavera-verano ya que tanto los árboles y los pastos comienzan su crecimiento anual. La foliación de los árboles en particular es evidente cuando se representa en una imagen multispectral en tonos verdes.

BIOPRODUCTIVIDAD. SENSORES. FENOLOGIA.

NASA-S-78-11395

VARIABILITY IN THE CROP BEING OBSERVED

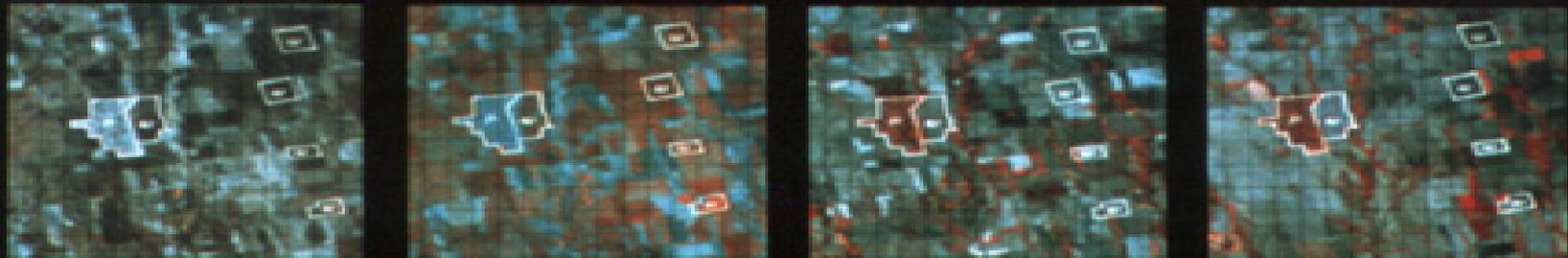
WINTER WHEAT GROWTH STAGES



PHOTOGRAPHS

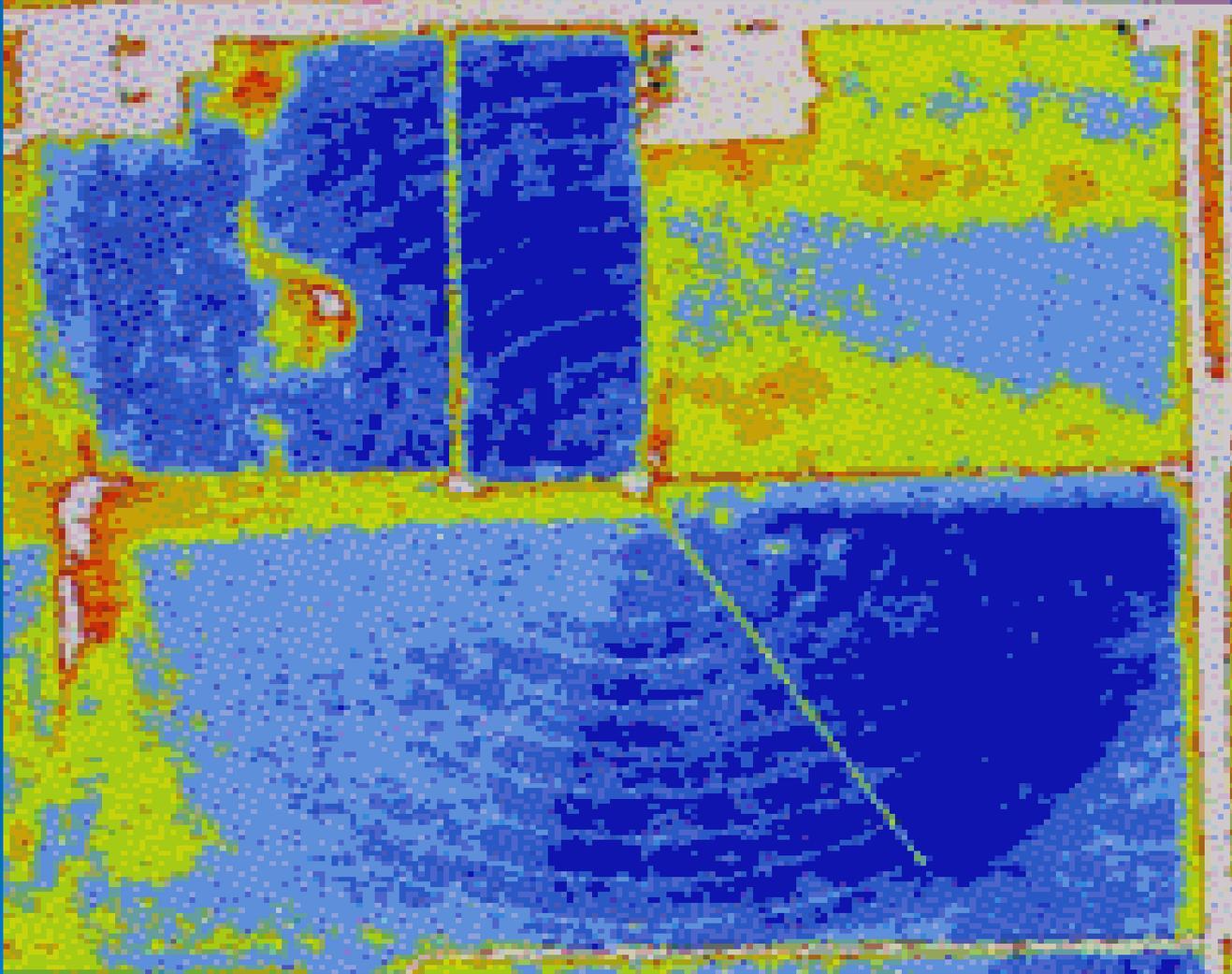


LANDSAT IMAGES



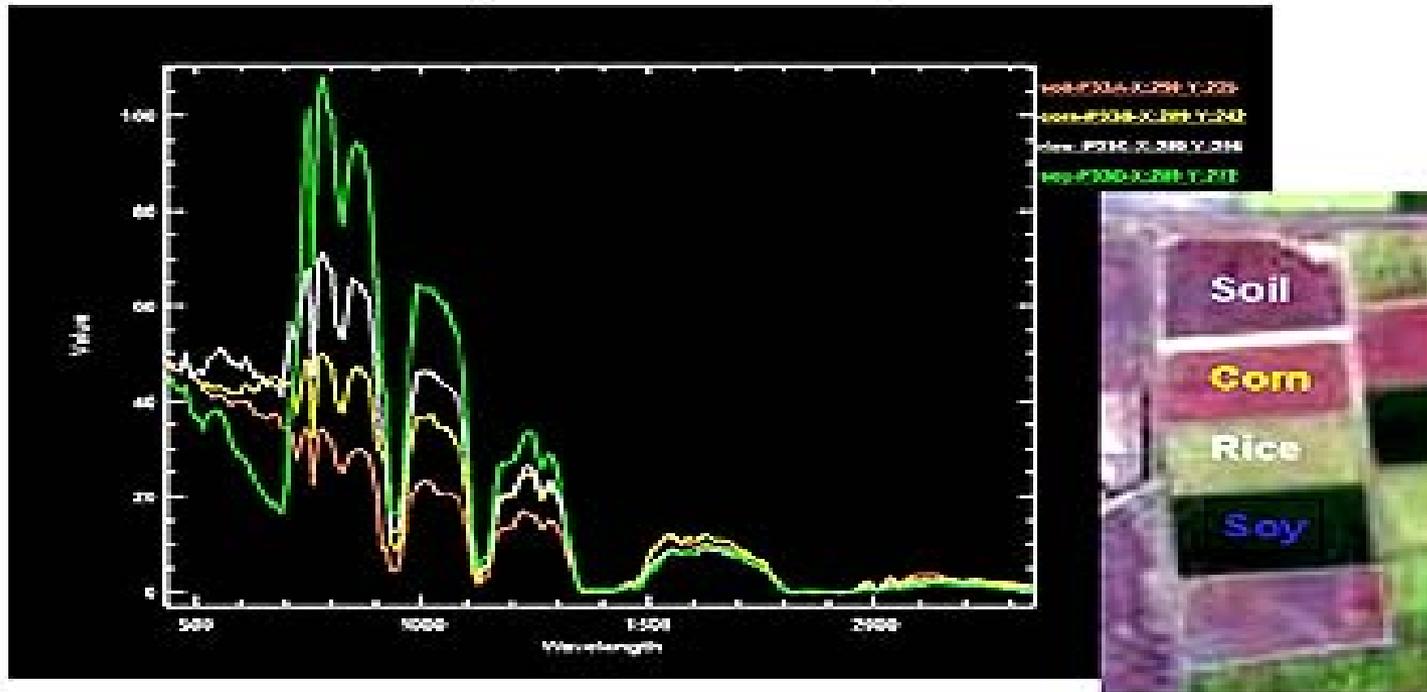
W - WINTER WHEAT P - PASTURE

La variabilidad de la respuesta espectral de los cultivos a través del tiempo, se muestra los estados fenológicos del trigo en esta ilustración secuencial.



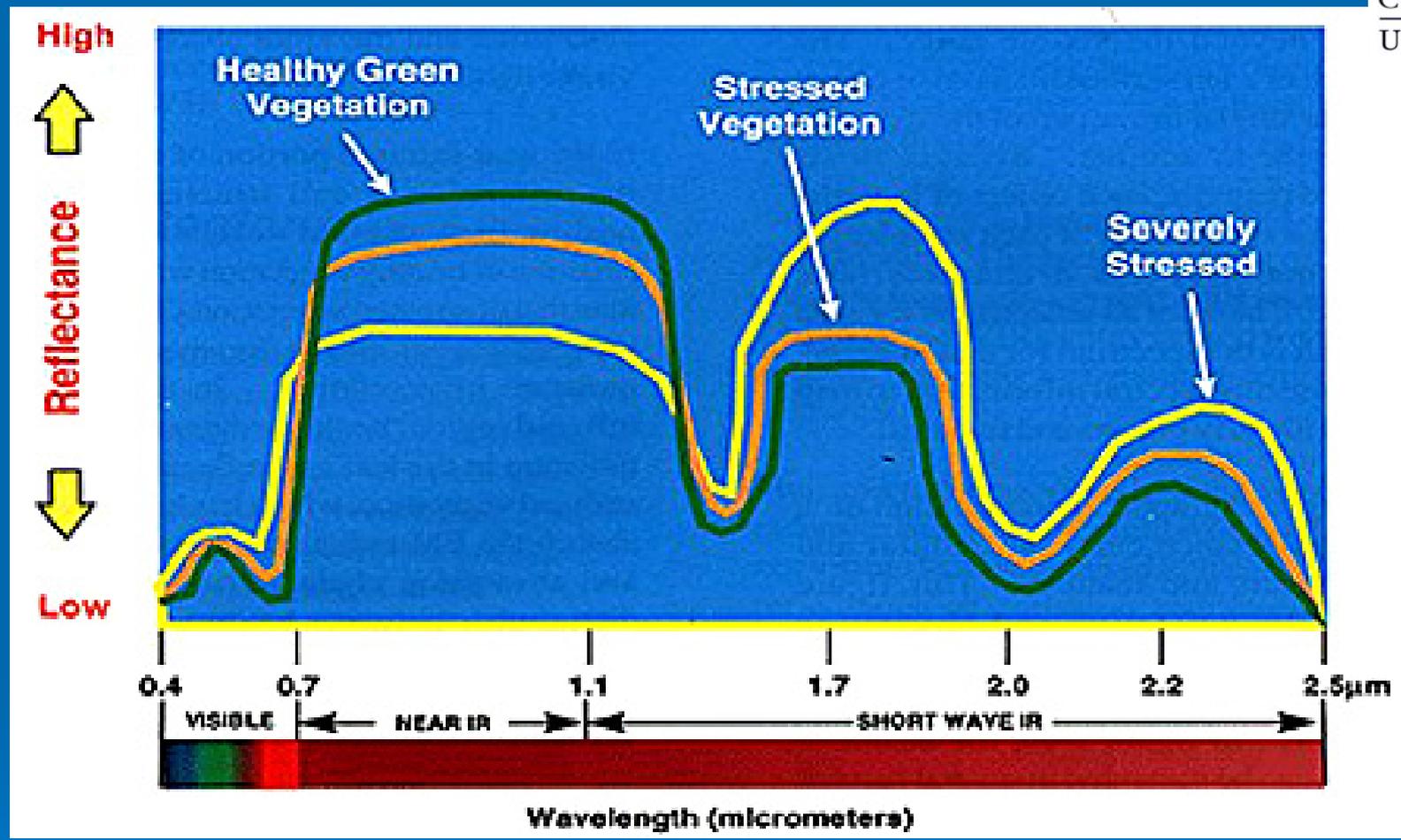
Lote de maíz donde se observa variabilidad por mayor pluviometría cercano al centro del pivote.

Reflected Light Signatures from soil and three crops
(Paddock 33 - 3/7/01)

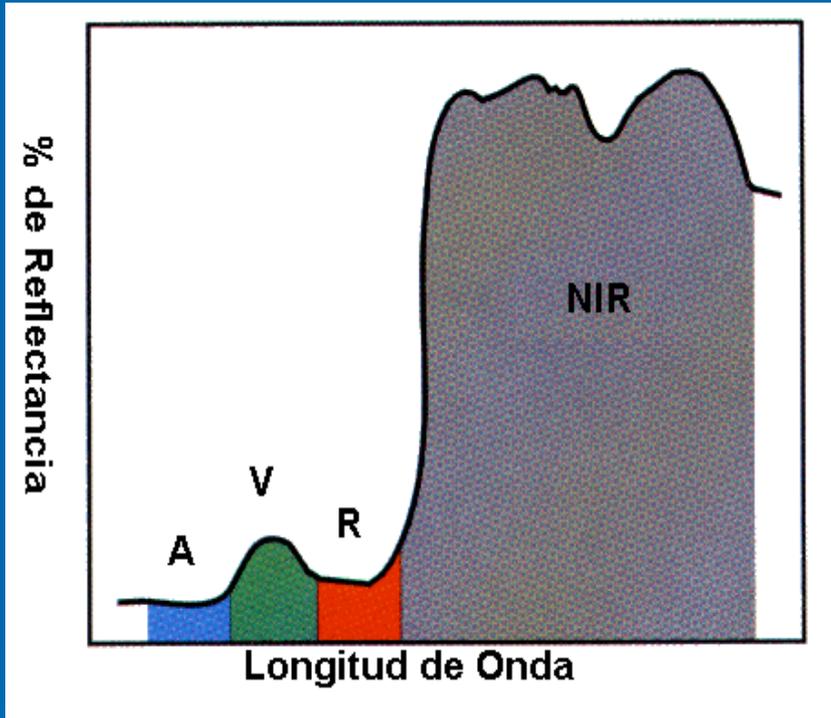


Los datos de múltiples canales se utilizan para trazar el espectro observado en el suelo y los cultivos, las curvas se identifican, de arriba hacia abajo, el suelo, el maíz, el arroz y la soja.

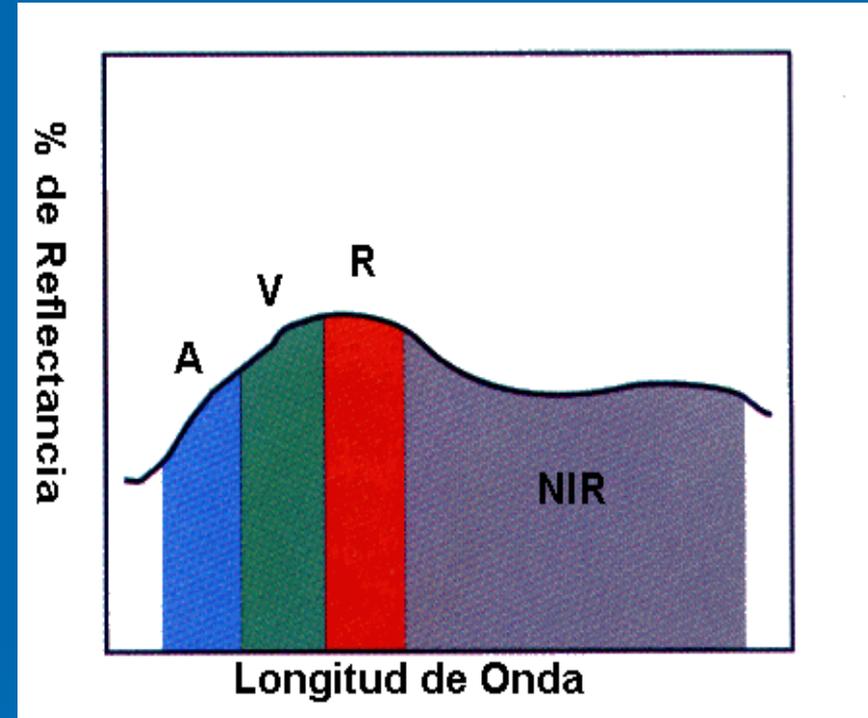
BIOPRODUCTIVIDAD. SENSORES. ESTRÉS.



Se observan medidas espectrales de hojas tomadas de plantas de soja sometidas a estrés hídrico cada vez mayor (que causa la pérdida de agua y la ruptura de las membranas celulares).

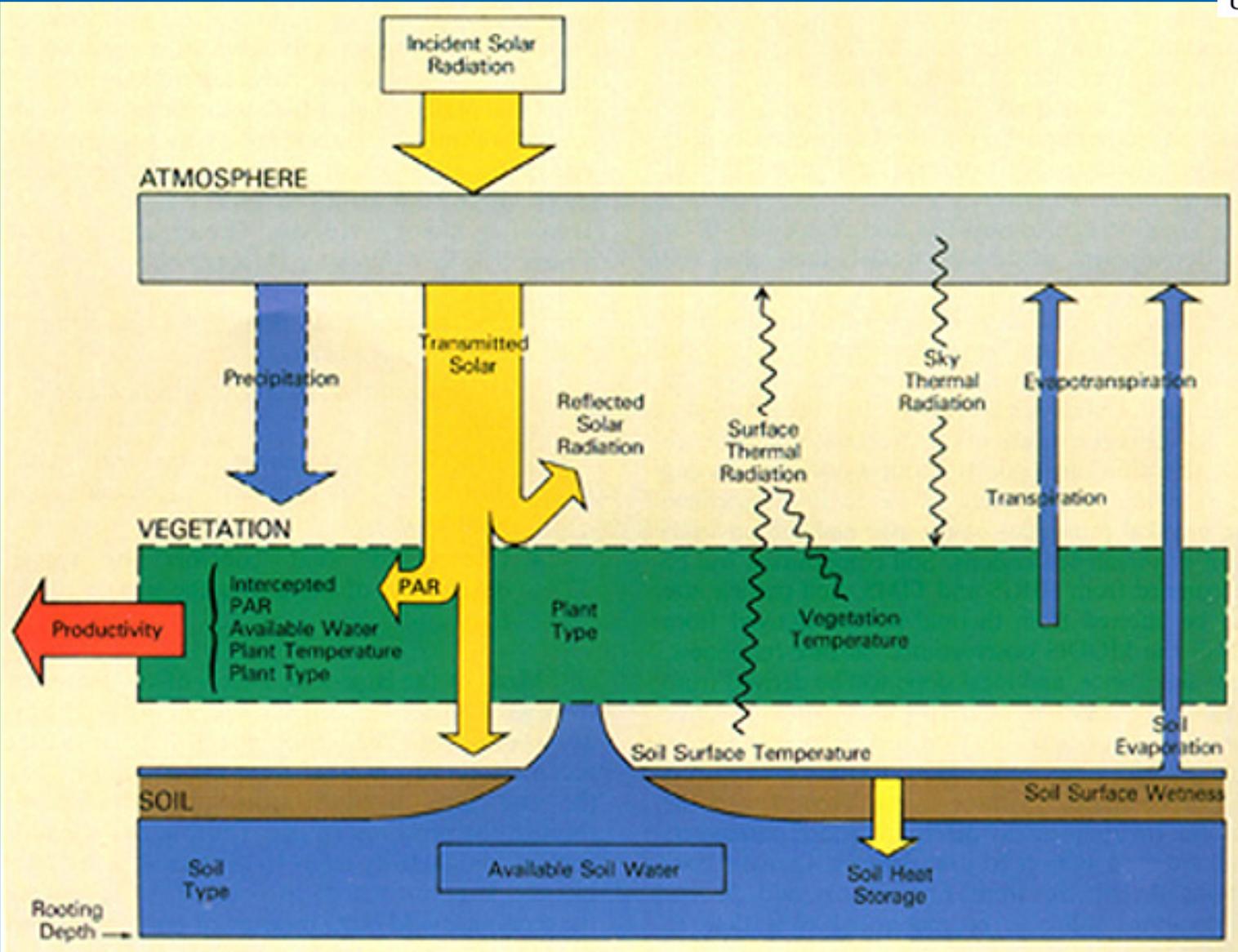


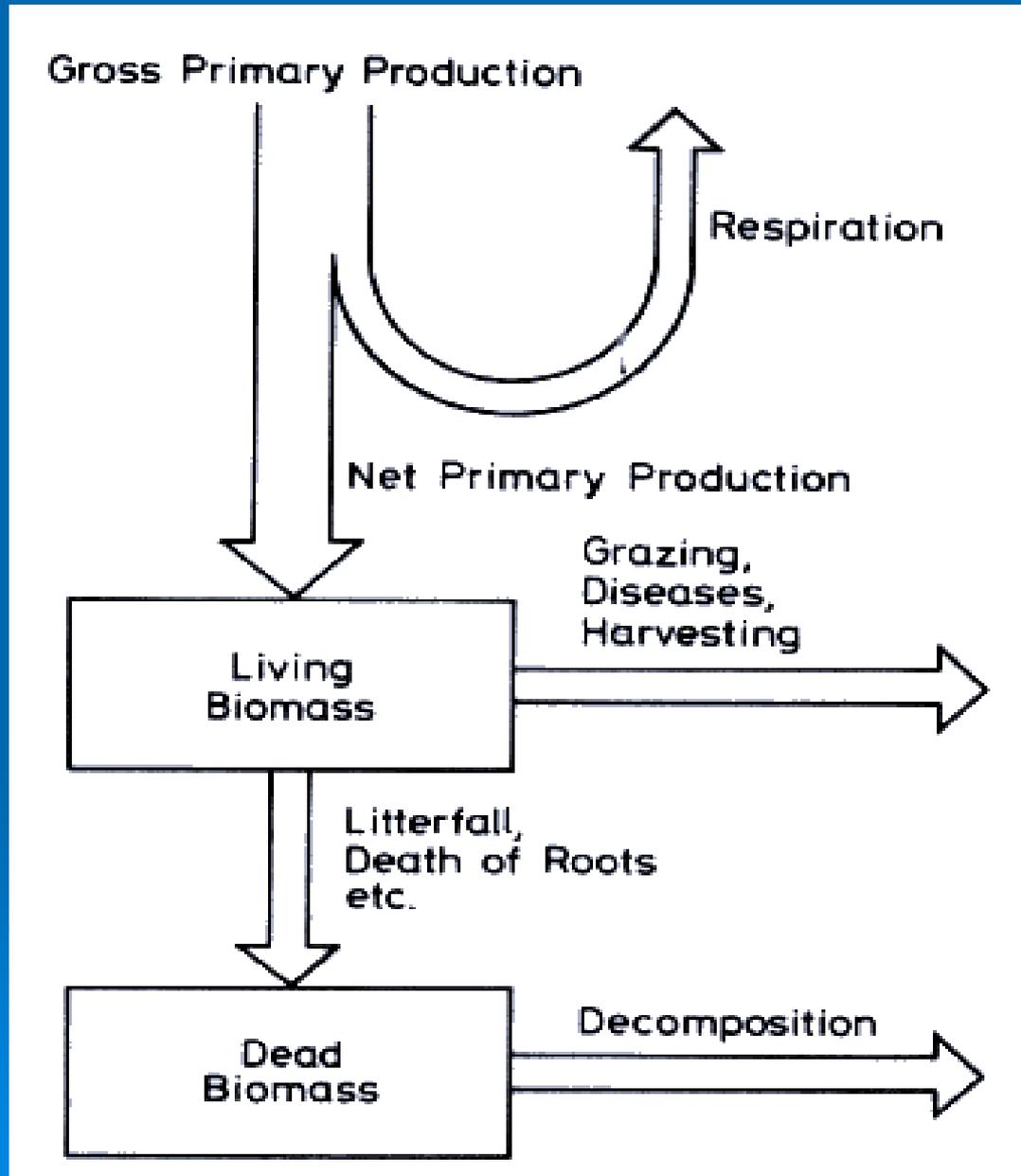
Reflectancia de la energía solar en plantas de maíz con riego. Note la diferencia entre la energía infrarroja cercana y visible.



Reflectancia de la energía solar en plantas de maíz estresadas

BIOPRODUCTIVIDAD





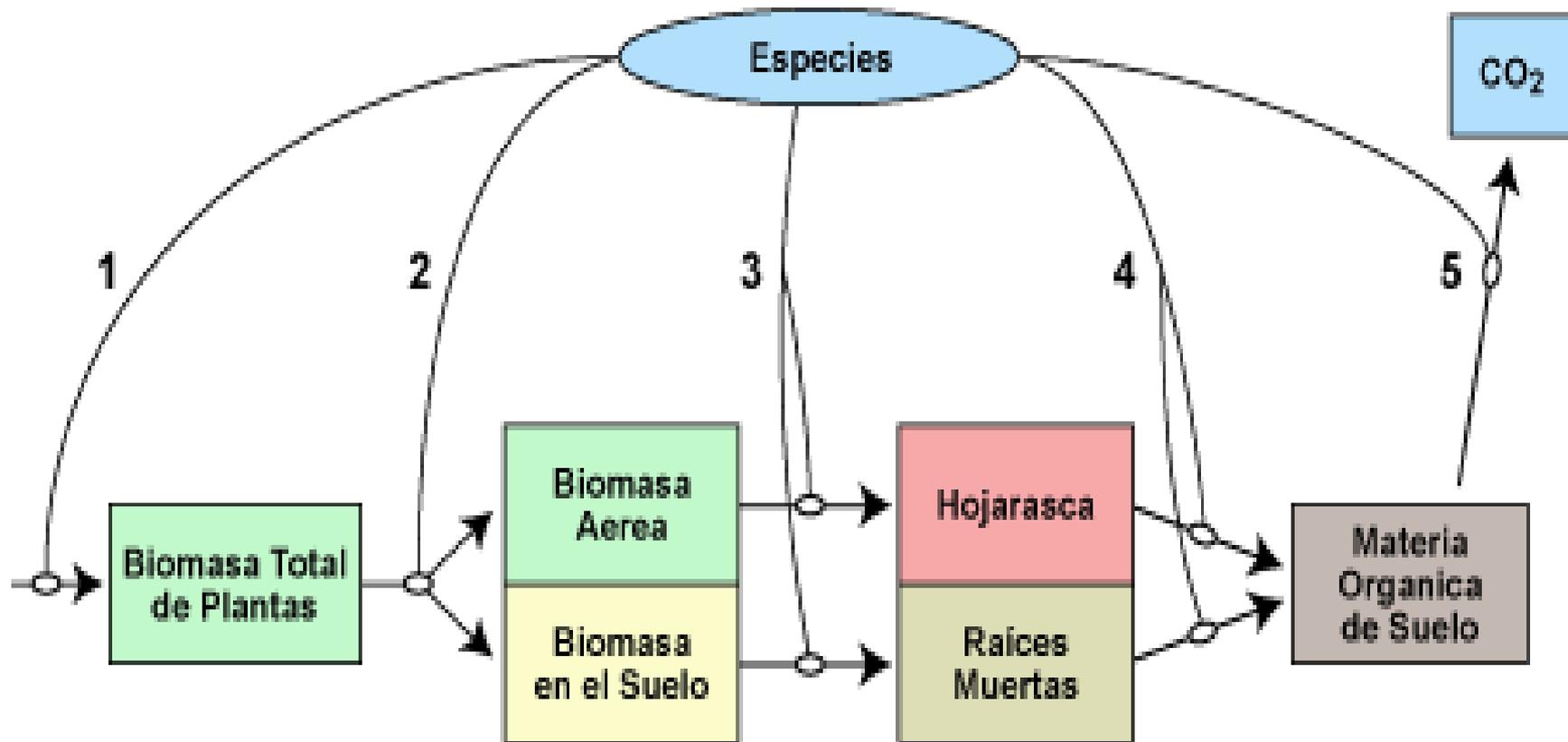


Figura 1. Modelo conceptual de regulación de la dinámica del carbono del suelo por las plantas. Los ensayos de especies tienen el potencial de influenciar los siguientes procesos (curvas conectadas por círculos): 1) Productividad primaria neta (PPN); 2) Distribución y almacenaje; 3) Flujo de detritos; 4) descomposición; 5) respiración del suelo que incluye CO₂ derivado de raíces vivas y muertas, hojarasca y materia orgánica del suelo

- La **BIOMASA** del ecosistema es la **MS** fotosintetizada más la **MO** que corresponde a la fauna existente en la comunidad (bosque, pastizal, cultivo, etc.)
- **Biomasa vegetal: MS** fotosintetizada por la comunidad.
- **Productividad:** Acumulación de **MS** en un tiempo determinado.
- **(Productividad Primaria).**
- Productividad Primaria Neta **PPN=FN= FB – (RO + FR)**
- **Partición** o Distribución: modelo en que se distribuyen los fotoasimilados.
- **Índice de Cosecha: IC:** proporción de la biomasa vegetal total representada por producto aprovechable (grano, forraje, tubérculo, tallo, etc).
- **RENDIMIENTO (R).** (Económico) porción de biomasa aprovechable. (g/m²), kg/ha
- **R= MS (g/m²) x IC**

Factores determinantes de la PPN: serán todos aquellos que afecten:

(FB, RO, FR)

- **Cantidad de fotones** interceptados y absorbidos por la comunidad
 - (IAF y DAF)
- **Eficiencia de conversión** de la energía lumínica en energía química

➤ **Productividad Primaria Neta**

Comunidad	gMS.m⁻².año⁻¹
➤ Caña de azúcar	9.000
➤ Pantanos	800-4.000
➤ Cultivos (maíz, soja)	1.000-4.000
➤ Bosque coníferas	600-3.000
➤ Pastizales templados	150-1.500
➤ Desiertos	10-250
➤ Tundra	10-400

Bases Fisiológicas del Rendimiento

- **Determinantes de la Producción de MS.**
 - **Determinantes de la producción de biomasa.**
 - Cantidad de fotones (PAR) absorbidos
 - IAF
 - IAFc: Índice de área foliar crítica: Canopeo que intercepta el 95% del PAR.
 - DAF: es la integral de IAF a lo largo del cultivo
 - Eficiencia de conversión de la radiación en MS
 - Cantidad de MS perdida por RO y FR
 - **Determinantes del Rendimiento.**
 - Partición de la MS (IC)
 - Número de Destinos, donde se acumula la MS.
 - Duración del período de llenado de los destinos.
 - Ritmo de llenado de los destinos (granos, tubérculos, etc.)
 - Duración del área foliar (DAF)

Bases Fisiológicas del Rendimiento

- **Determinantes de la Producción de MS.**
 - **Determinantes de la producción de biomasa.**
 - Eficiencia de conversión de la radiación en MS.
 - **Rendimiento cuántico (η):** N° de CO₂ fijados/N° de fotones requeridos
 - **Requerimiento cuántico (η^{-1}):** N° de fotones requeridos/ N° de CO₂ fijados.
 - **(η^{-1}):** 12 fotones para C₃ . Esto es 0.08 mol de CO₂ por mol de fotones.
 - **(η^{-1}):** 15 fotones para C₄ . Esto es 0.06 mol de CO₂ por mol de fotones.
 - Energía por mol de fotones:
 - Fotón de 700 nm: 40.000 cal/mol.
 - Fotón de 400 nm: 70.000 cal/mol.
 - Convertir 1 mol de CO₂ a H de C es una reacción endergónica que insume 112.000 cal/mol.

- Para considerar la Eficiencia de conversión se integran los valores de la energía los fotones de distinta longitud de onda. Promedio = 51.900 cal
- Eficiencia de Conversión (Σ):
 - $\frac{112.000 \text{ cal}}{12 * 51900 \text{ cal}} * 100 = 18.3 \%$ en una C3
 - $\frac{112.000 \text{ cal}}{15 * 51900 \text{ cal}} * 100 = 14.3 \%$ en una C4
 - Las perdidas por FR y ER son del 33%
 - Como las C3 tienen FR se considera que la (Σ) para ambos es del 12% determinada a irradiancia no a saturación.

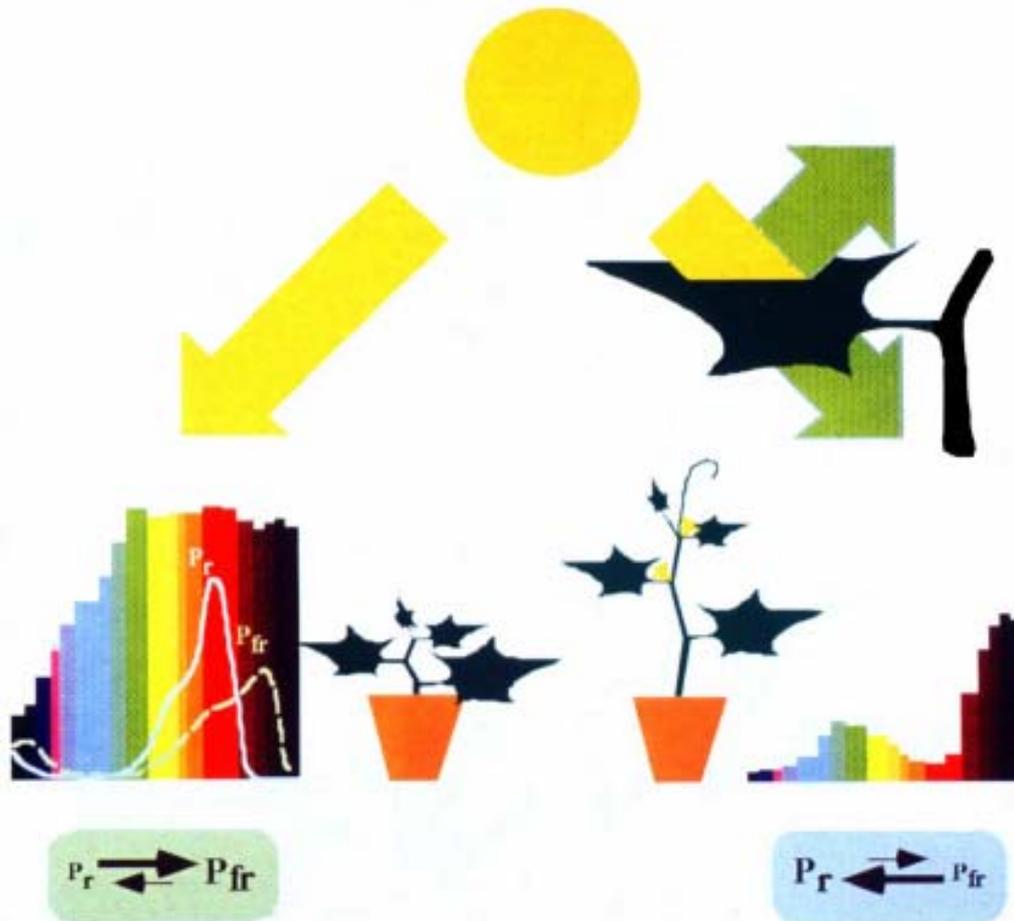
➤ **Valores de IAF en cultivos.**

Cultivos	IAF
➤ Caña de azúcar	8-9
➤ Pino	8-14
➤ Maíz	8-9
➤ Soja	5-6
➤ Girasol	5-6
➤ Papa	4-6
➤ Trigo	5-7

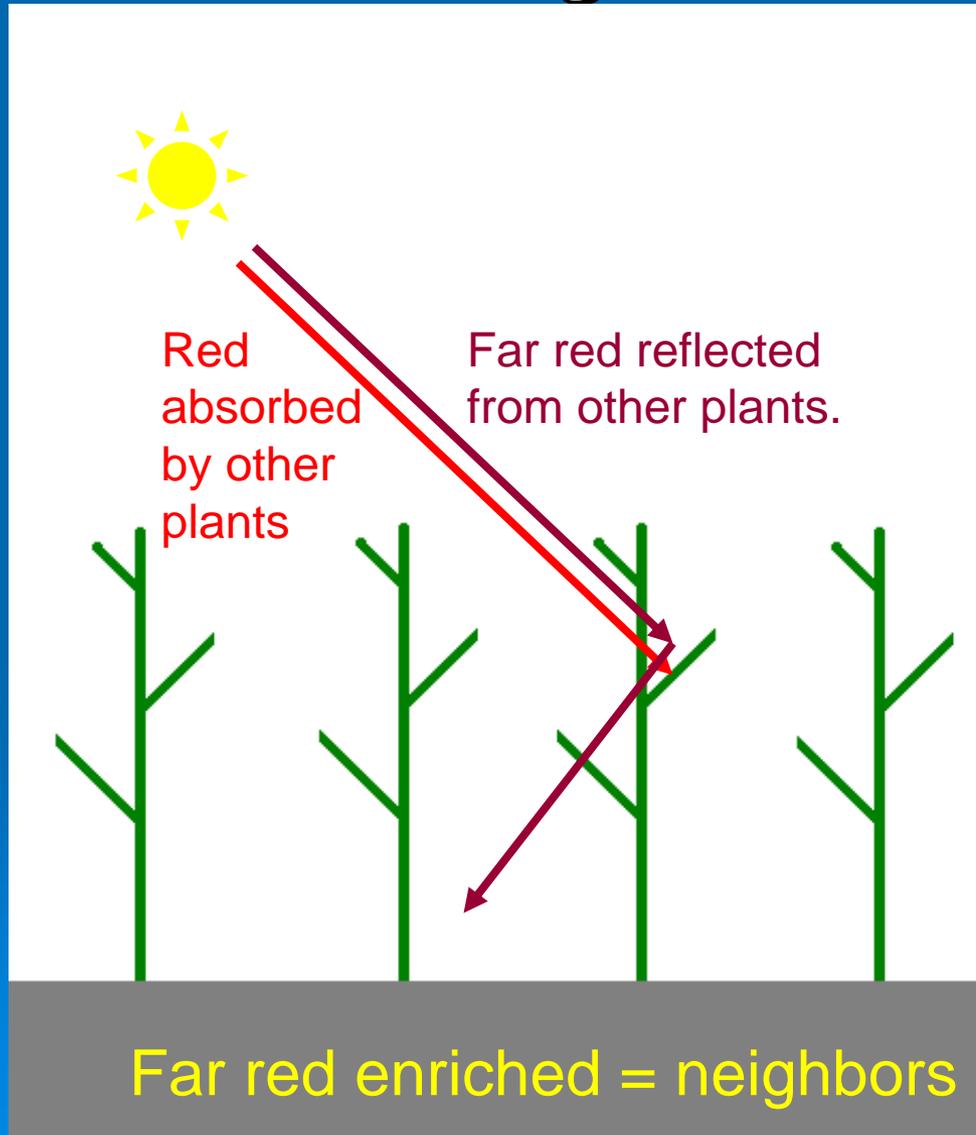
➤ Productividad Primaria Neta

Comunidad	gMS.m-2.año-1
➤ Caña de azúcar	9.000
➤ Pantanos	800-4.000
➤ Cultivos (maíz, soja)	1.000-4.000
➤ Bosque coníferas	600-3.000
➤ Pastizales templados	150-1.500
➤ Desiertos	10-250
➤ Tundra	10-400

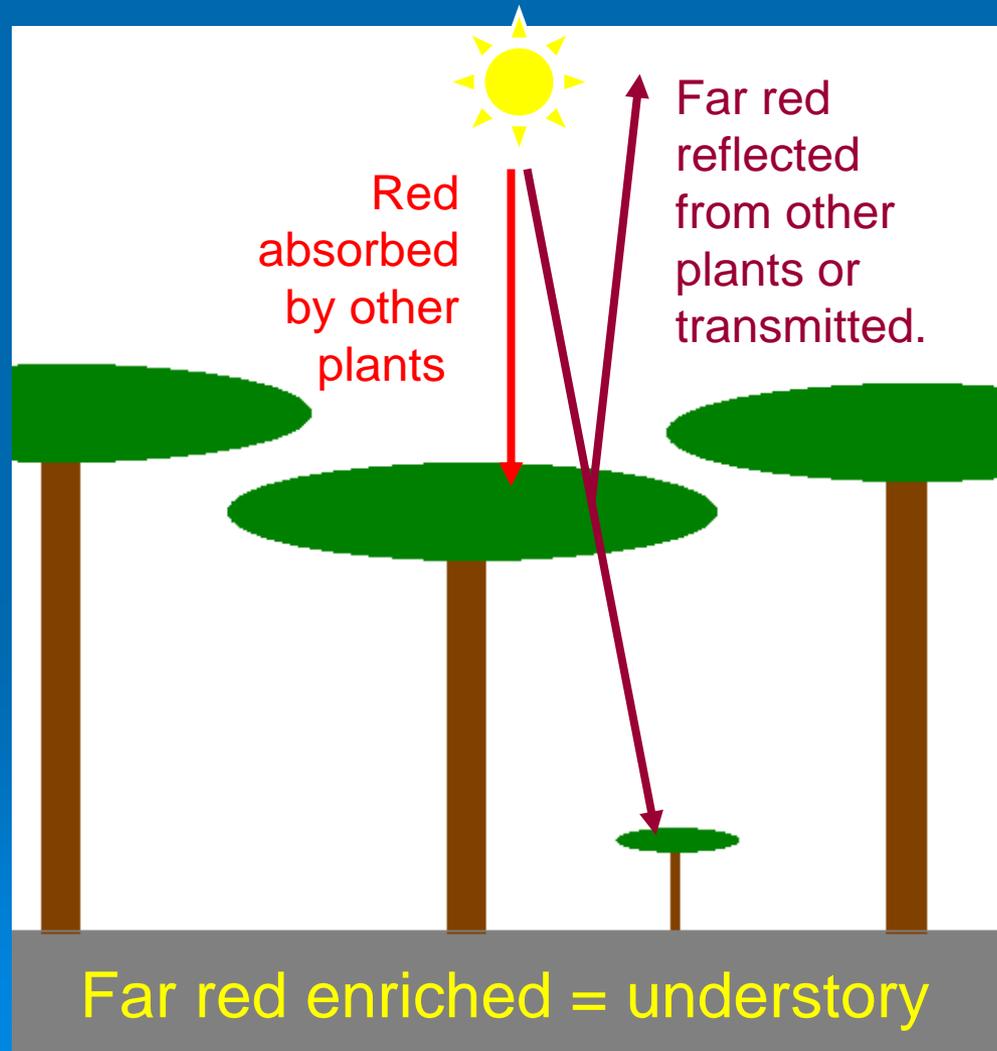
Shade avoidance responses

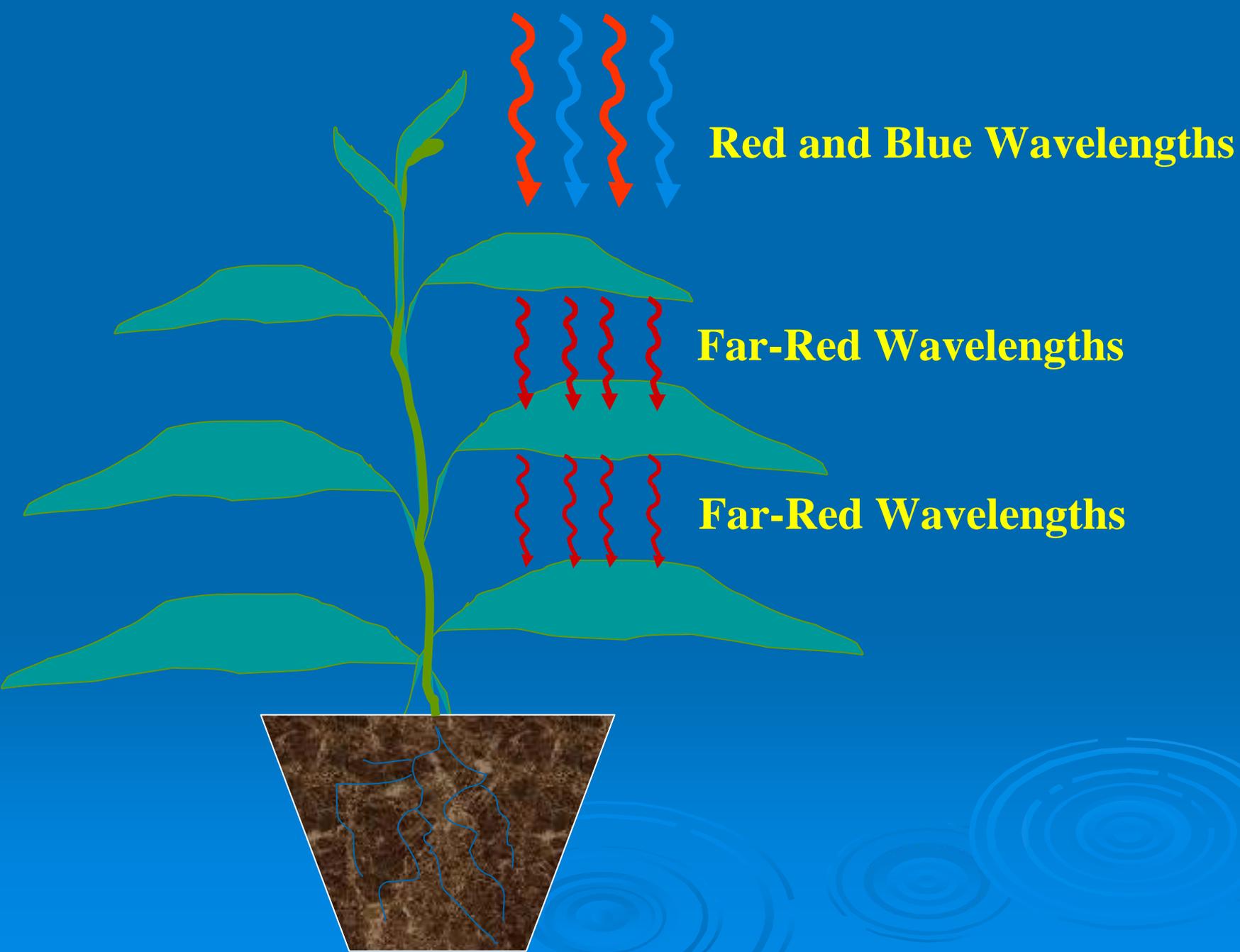


Plant neighbors?



Under other plants?





Red and Blue Wavelengths

Far-Red Wavelengths

Far-Red Wavelengths

➤ Cantidad de fotones interceptados y absorbidos por la comunidad (IAF y DAF)

- Características de la radiación: Calidad (Z)
Cantidad (DFF)
- Características de la comunidad (arquitectura del canopeo)
- Densidad medido por IAF y la DAF
- IAFc: es el IAF que es capaz de interceptar el 95% de la radiación incidente sobre el cultivo.
- El cultivo de papa (planófilo) alcanza antes su IAFc que un cultivo de trigo (erectófilo).

Medidas de la radiación

Radiométricas: *Irradiancia* (tasa de energía radiante sobre una superficie) $\rightarrow \text{W m}^{-2}$

$$W = \text{J s}^{-1} \Rightarrow \text{W m}^{-2} = \text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$$

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J} \Rightarrow 1 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1} = 697.3 \text{ W m}^{-2} = 1 \text{ ly (langley) min}^{-1}.$$

Fotométricas: flujo de fotones o de quanta por unidad de superficie ($\text{quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Se usa: **mol de quanta $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$** , 1 mol = número de Avogadro de fotones (6.02×10^{23})

Algunos sensores miden **Einstein $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$** , que equivale a 1 mol de quanta $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Banda de radiación apropiada para fotosíntesis ($\approx 400\text{-}750 \text{ nm}$):

PAR (Photosynthetic Active Radiation) \approx visible

La radiación PAR varía normalmente entre 0 y $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($0\text{-}2000 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

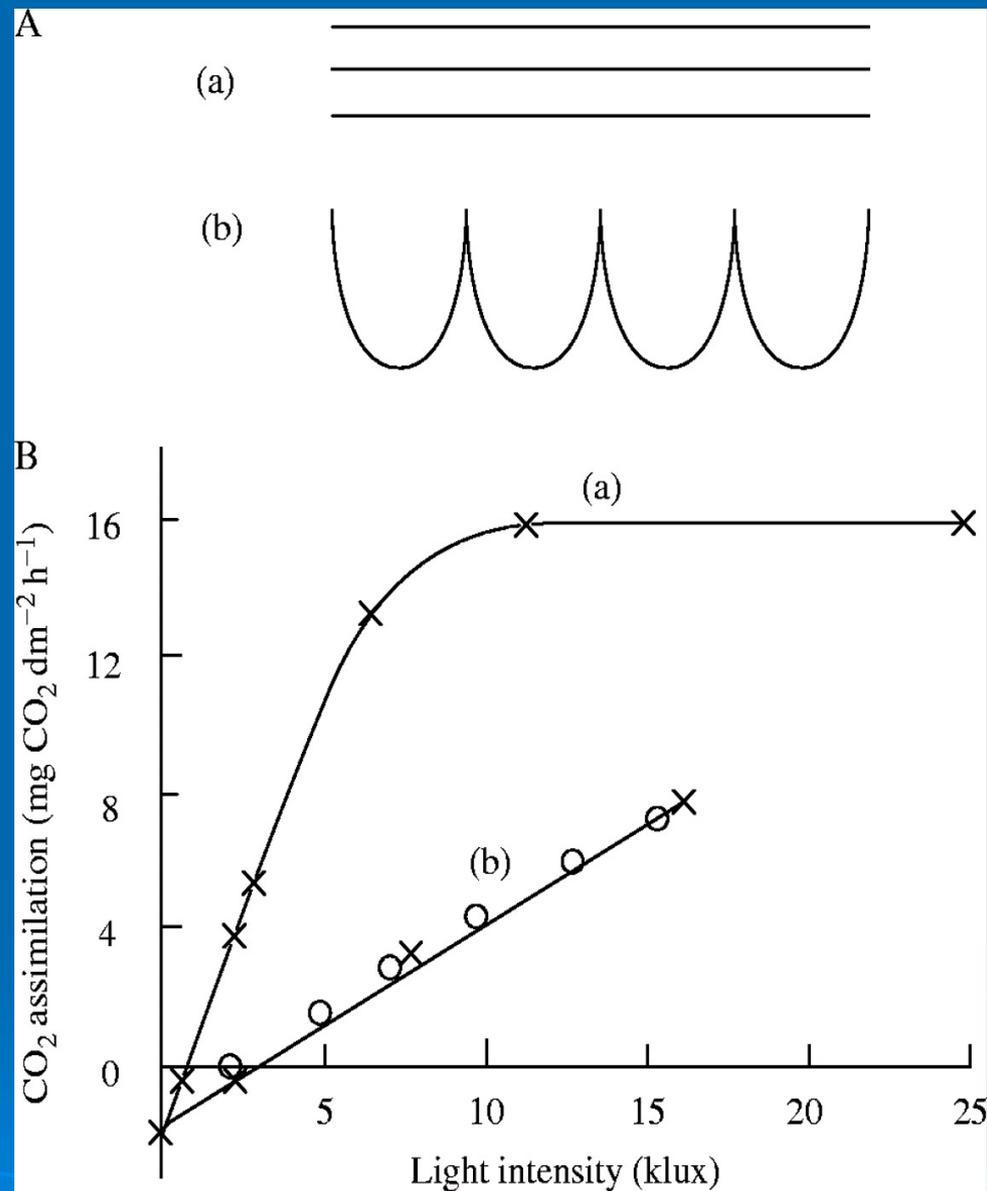
- Monsi y Saeki (1953). Comportamiento del canopeo en la captación de la luz según su arquitectura.
- K = Coeficiente de extinción de la luz al atravesar el canopeo.
- Mayor pendiente de K (valores mas altos), disminución mas abrupta de la irradiancia al penetrar en el canopeo (planófilas).
- Menor pendiente de K (valores mas bajos), disminución mas gradual de la irradiancia al penetrar en el canopeo (erectófilas).

Schematic arrangements of photosynthetic tissues.

(A) Schematic arrangements of photosynthetic tissues.

(a) Three layers of photosynthetic tissues placed horizontally. (b) The same area placed with inclination.

(B) Light-response curve of photosynthesis of (a) a single leaf and (b) a stand of *Sinapis alba*, where both are presented on a leaf area basis.



HIROSE T Ann Bot 2005;95:483-494



MS: $E \cdot IAF$

MS: $I \cdot \frac{dI}{dt}$

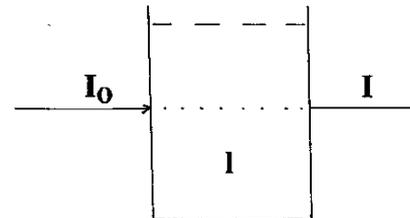
Rad. absorbida: $IAF \cdot k$

k: coeficiente de extinción ; índice numérico que resume la orientación de las hojas. Indica como se extingue la radiación a medida que penetra en el canopeo.

Ley de Lambert-Beer sobre la transmisión de la luz a través de un medio.

I: $I_0 \cdot e^{-k \cdot l}$

Donde: I: radiación transmitida; I_0 : radiación incidente; (e) log neperiano; k: coeficiente de extinción; l: espesor del medio que se atraviesa.



Luego: $I = I_0 \cdot e^{-k \cdot l}$ (clorofila); entonces: $I = I_0 \cdot e^{-k \cdot IAF}$ y si: $\ln I / I_0 = -k \cdot IAF$

Por lo tanto: $-k \cdot IAF$ será la fracción transmitida y $(1 - k) \cdot IAF$ la fracción absorbida (+ reflejada).

De allí que: $C = E \cdot [(1-k) \cdot IAF]$

- Especies planófilas: K puede llegar a 1.
- K en planófilas 0.7–1.0,
- K en erectófilas 0.3–0.5.

Atenuación de la radiación en medios terrestres (asociada a la vegetación)

$$I_z = I_0 e^{-\mu \text{ LAI}} \quad (\text{Monsi y Saeki, 1953})$$

I_z = radiación a cierta profundidad

I_0 = radiación en la superficie del dosel

μ = coeficiente de extinción

LAI = índice foliar (m^2 de superficie de hojas / m^2 de suelo)

Consecuencias de los valores de k

Alto k (1; 0.7 - 0.8) indica:

Mayor intercepción de PAR en los estratos superiores.

Caída abrupta en la radiación por cada unidad de IAF atravesada

Menor transmisión.

Irregular distribución de la irradiancia en el perfil. Hojas basales cerca del PC y con bajo Z.

Z: R / RL

Disminuye la densidad de flujo fotónico (DFF) y también la relación Z, que cambia la arquitectura del cultivo.

Como resultado: menor tasa fotosintética; aumento en la abscisión y la senescencia, menores valores de E. **Alto K** en especies **planófilas**: soja, papa, alfalfa, girasol, etc.

Bajo k indica:

Mayor aprovechamiento de la DFF, que es similar en todas las hojas.

Distribución regular de la irradiancia en el perfil.

Bajo k(0.3 - 0.4): en gramíneas, **especies erectófilas**.

➤ Coeficientes e índices del crecimiento.

- Crecimiento absoluto. Cm².día
- Crecimiento relativo. Xx %

➤ Coeficientes e índices del crecimiento.

➤ **Coeficiente de asimilación neta CAN (E).**

(Índice fisiológico)

- Relaciona el incremento de MS y el AF a través del tiempo.

$$(P2-P1).(\ln H2-\ln H1)$$

$$E = \frac{(P2-P1).(\ln H2-\ln H1)}{(t2-t1).(H2-H1)} = \text{g. dm}^2 \text{ (de hoja).día}$$

Es afectado por todos los factores que modifican el metabolismo del Carbono, la nutrición y los estreses.

➤ Coeficientes e índices del crecimiento.

➤ **Indice de Area Foliar (IAF)**

- Relaciona la superficie de hojas y la superficie de suelo.

(Superficie de hojas) (m²)

$$\text{IAF} = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

(superficie de suelo) (m²)

Depende del estado del cultivo y de la arquitectura de las plantas.

Planófilas.

Erectófilas.

➤ Coeficientes e índices del crecimiento.

➤ **Coeficiente de productividad neta (C)**
(Índice Económico)

- Relaciona E y IAF

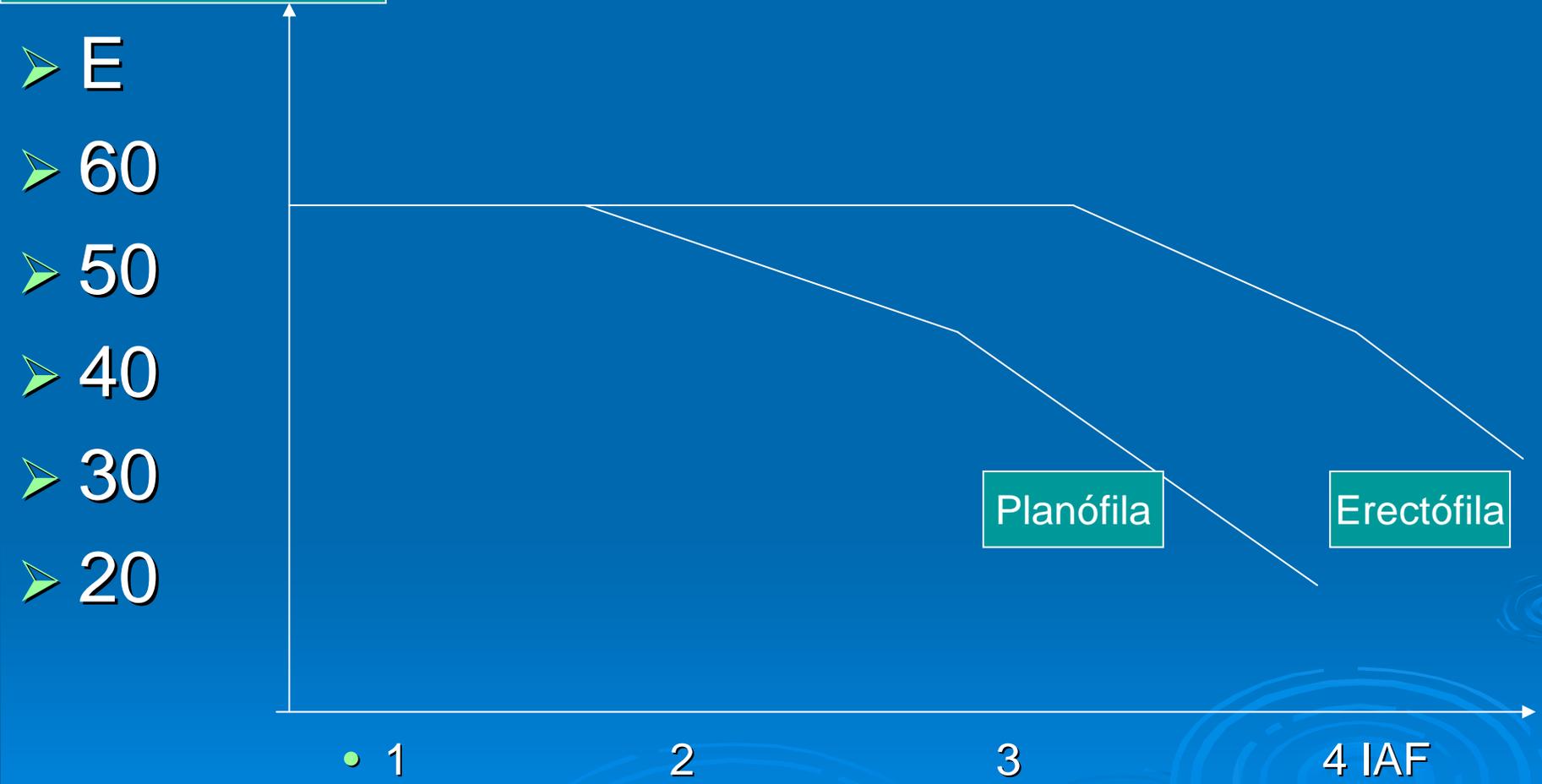
$$C = E \cdot IAF \text{ g} \cdot \text{dm}^2 \text{ de suelo} \cdot \text{día}$$

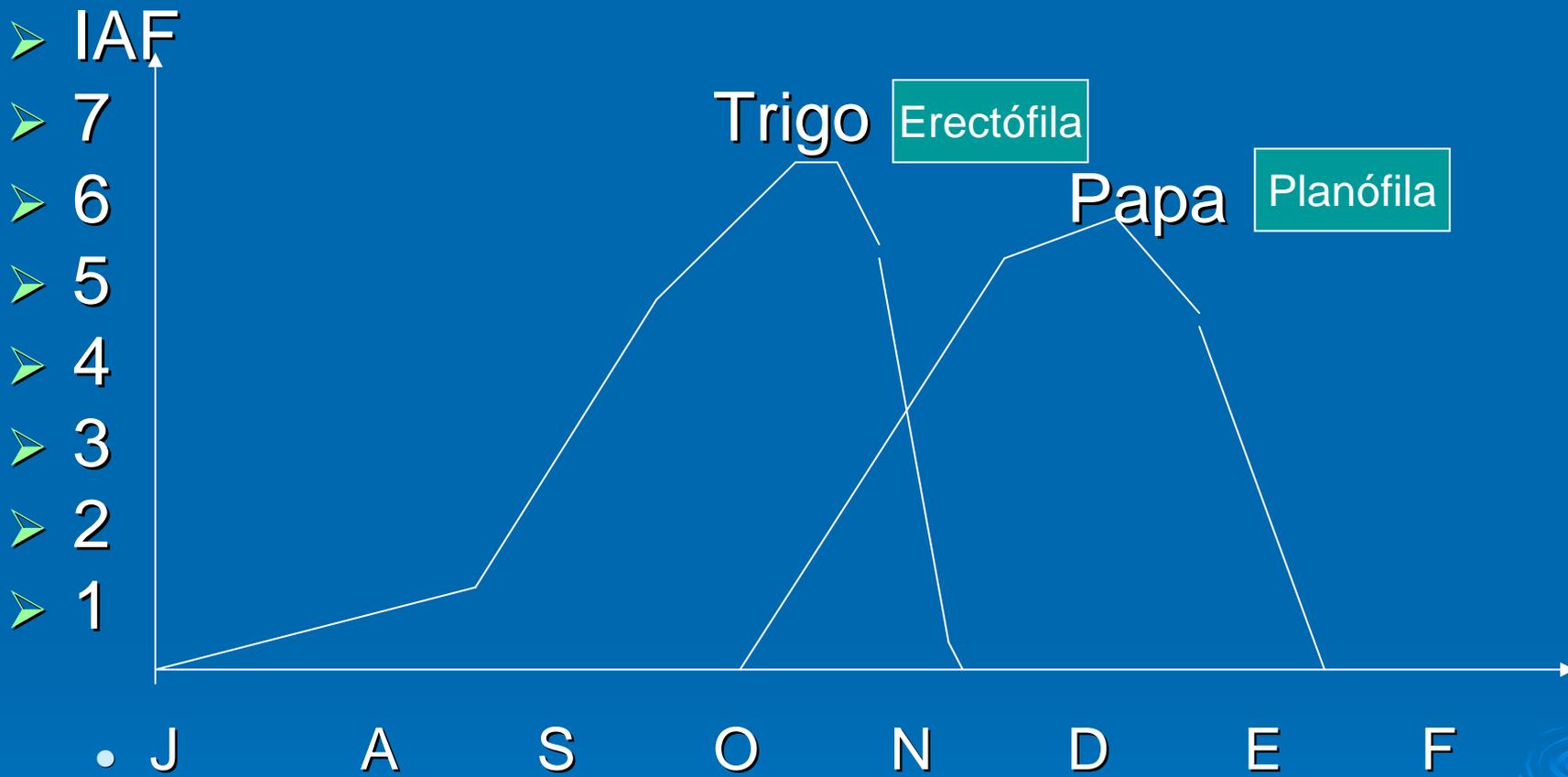
Representa la ganancia diaria neta de PS por unidad de superficie.

Relación con erectófilas y planófilas.

E en función del IAF

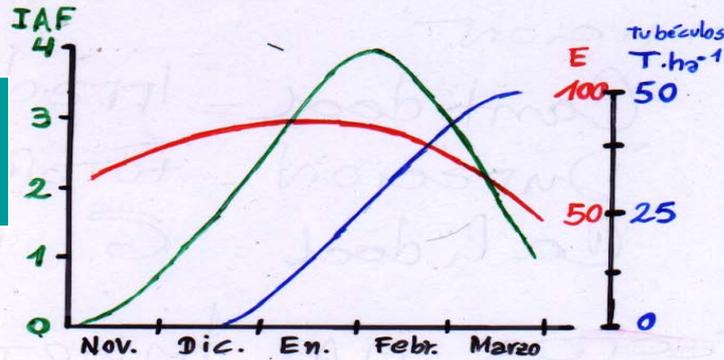
$$E = (\text{g.m}^2\text{hojas} \cdot \text{sem})$$





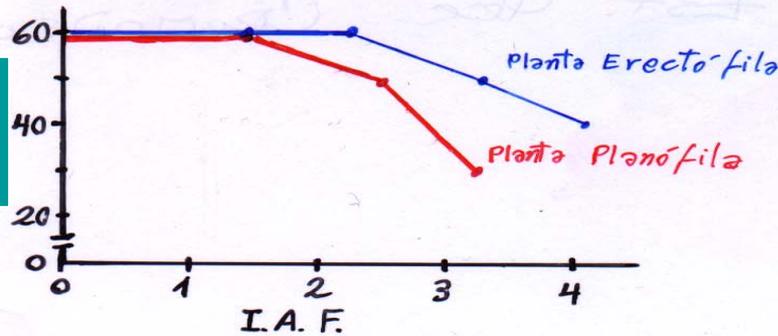
CUITIVO DE PAPA

IAF ()



$E = (g \cdot m^2 \text{hojas} \cdot \text{sem})$

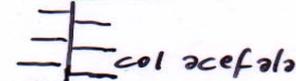
$E = (g \cdot m^2 \text{hojas} \cdot \text{sem})$



densidad de siembra. Pl. m ⁻²	IAF. m ² /m ²	E g m ² (h) sem. ⁻¹	C g m ² (s) sem. ⁻¹
5	1,4	60	84
10	2,4	50	120
15	3,2	30	96
5	1,2	60	72
10	2,3	60	138
15	3,3	50	165
20	4,1	40	164

ARQUITECTURA DE LA PLANTA

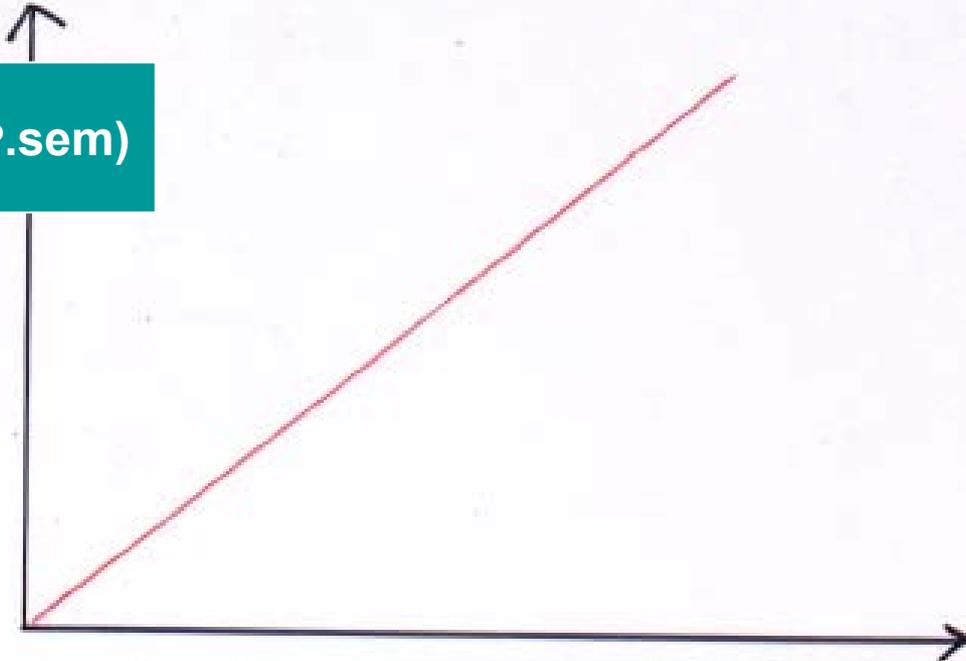
Planófila



ERECTÓfila



$$C = (\text{g} \cdot \text{m}^2_{\text{suelo}} \cdot \text{sem})$$



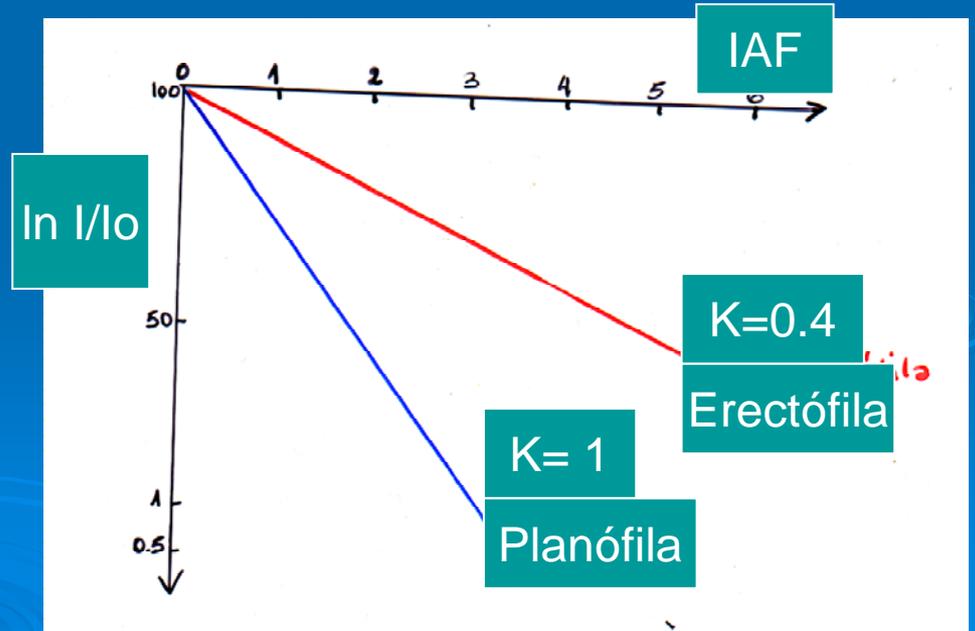
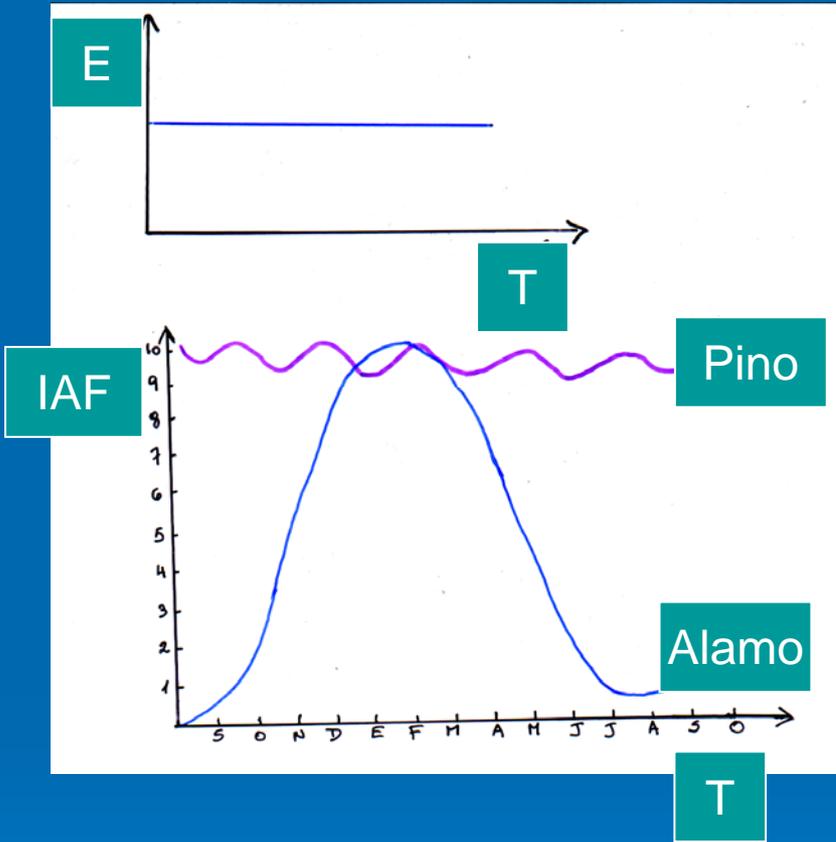
$$C = E \cdot \text{IAF}$$

$$\text{Irradiancia} = \mu\text{M} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$$

➤ **Coeficientes e índices del crecimiento.**

DENSIDAD	E (g.m².sem)	IAF (m². m⁻²)	C= E . IAF (g.m².sem)
ESPECIE PLANÓFILA			
5	60	1.4	84
10	50	2.4	120
15	30	3.2	96
ESPECIE ERECTOFILA			
5	60	1.2	72
10	60	2.3	138
15	50	3.3	165
20	40	4	160

BIOPRODUCTIVIDAD. COEFICIENTE E; IAF, K.



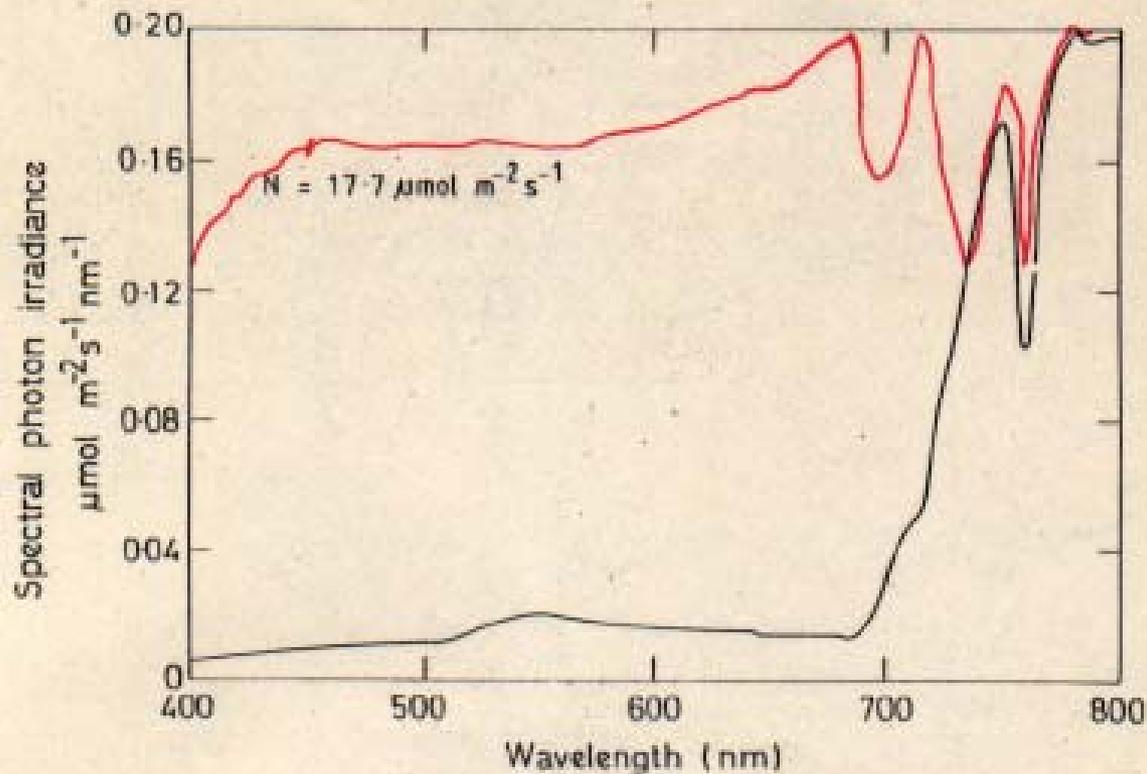
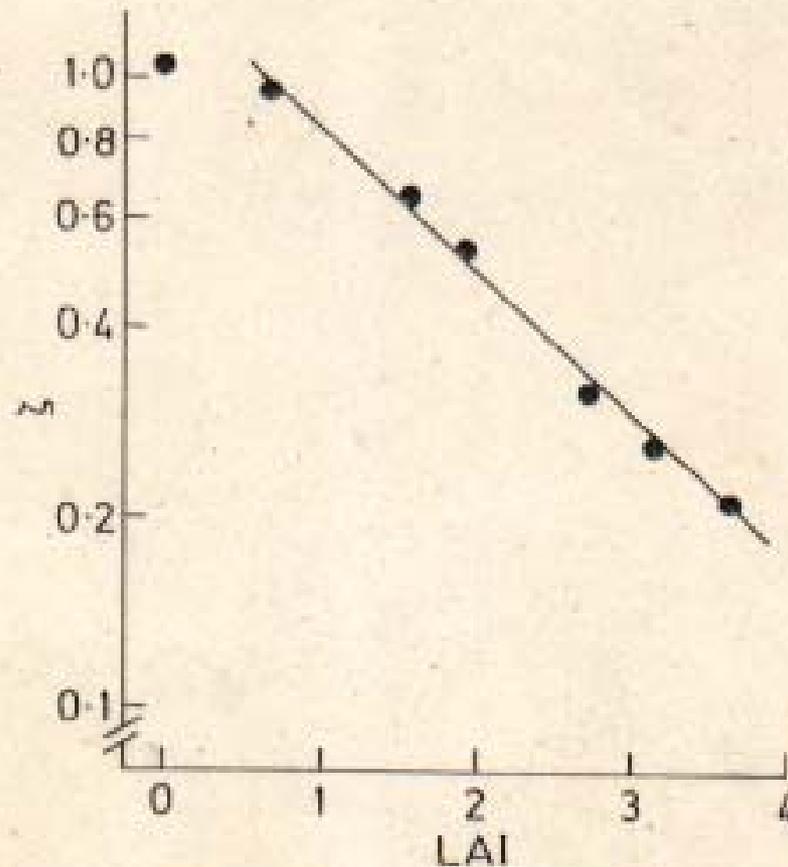
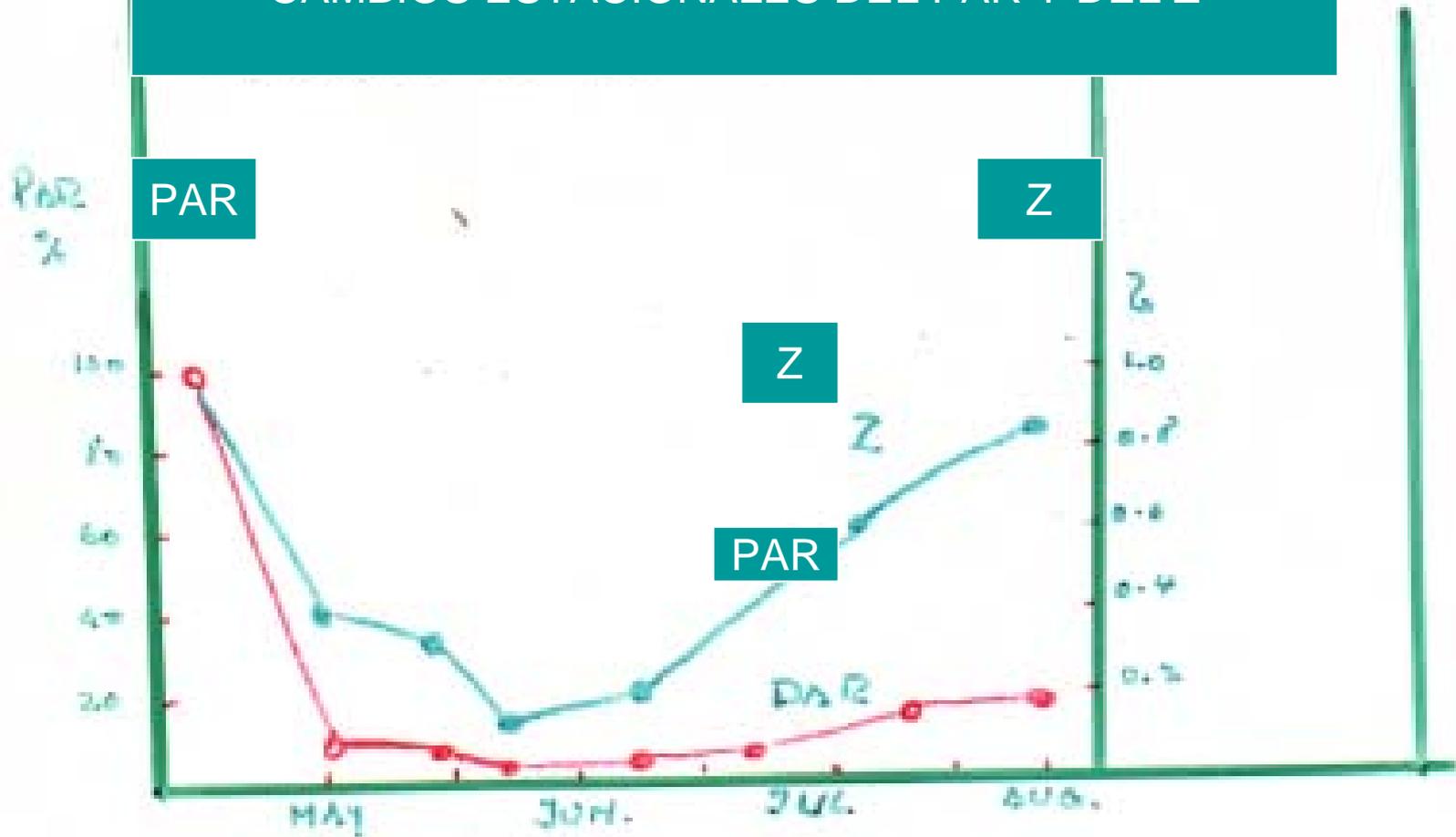


Figure 6. The spectral photon distribution under a leafy canopy. Taken on the same day as the daylight scan in Fig. 1, this plot shows spectral distribution under a dense patch of ivy leaves, near to the ground surface. Note that the total irradiance (N) is reduced by a factor of *ca.* 100 by the leaves, but also that the spectral distribution is very markedly altered (*cf.* Fig. 1).



*Figure 7. Leaf area index and red (R): far-red (FR) photon ratio. Data from Geoffrey Holmes showing that R:FR (ζ on this graph) is log-linearly related to leaf area index (LAI). Data replotted from Fig. 6 in Holmes and Smith (1977) *Photochem. Photobiol.* **25**, 539-545.*

CAMBIOS ESTACIONALES DEL PAR Y DEL Z



Valores de C y Σ para diferentes comunidades y sitios en el mundo

Comunidad	C (g . m ⁻² . d ⁻¹)	Σ (%)	Sitio
Remolacha azucarera (C3)	31	9.5	G.B.
Papa (C3)	23	5.4	Hol.
Maíz (C4)	29	6.1	N.Z.
Maíz (C4)	52	9.8	USA
Mijo (C4)	54	9.5	Aust.

Es evidente que existe un margen entre los valores reales y los teóricos y/o calculados.

Las diferencias en el valor de eficiencia están dadas por el diferente aporte de subsidios de energía que se realizan en los diferentes países. Desarrollados: 5 kg . ha⁻¹ (CEE); Argentina: 0.250 gr . ha⁻¹

Subsidios de energía: fertilizantes, plaguicidas, riego, variedades mejoradas.

Valores de E para algunos cultivos

(mg CO ₂ . m ⁻² hoja . s ⁻¹) 1)	(μM CO ₂ . m ⁻² hoja . s ⁻¹)
Maíz: 0.8 a 2.4	Maíz: 20 - 40
Soja: 0.8 a 1.2	C3: 10 - 20
Avena: 0.6 a 1.7	Pinos: 3 - 9
Festuca: 0.6 a 1.7	CAM: 0.4 - 2.4
Pinos: 0.6 a 0.7	

Factores que afectan E:

Stress hídrico

Disponibilidad de Nutrientes

Presencia de enfermedades en las hojas

Temperatura

Concentración CO₂

➤ FACTORES QUE AFECTAN EL

➤ IAF

➤ DAF

3.3. FACTORES QUE AFECTAN IAF y DAF

Plagas y enfermedades

Senescencia temprana

Stress hídrico y Stress por temperatura

Crecimiento de las hojas por carencia de algún elemento o factor.

Consecuencias sobre la duración del período de "llenado" de los destinos.

Número de destinos.

3.4. DISTRIBUCION DE MATERIA SECA

Cultivo	Máx. Prod. M.S. (tn . ha ⁻¹ . año ⁻¹)	IC (%)
<i>Pinus radiata</i>	46	65
<i>Picea abies</i>	22	61
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	28	71
Remolacha azucarera	42	45
Trigo		30-40
Rye grass perenne	26	85
Papa	22	90
Cebada	18	39
Soja	10	30

Características de diferentes comunidades

Coníferas:

elevado IAF por gran cantidad de agujas
renovación del 15% de agujas por año (cada especie posee su ritmo de renovación)

Máx. tasa fotosintética en hojas de 2 años

Valor de E bajo por alta Resistencia estomática y de mesófilo (problemas difusionales), compensado por alto IAF
reducida capa límite

En un bosque con IAF 8 se absorbe toda la radiación que penetra el canopeo.

En un cultivo agrícola sólo se absorbe del 15 al 95% (IAF_C)

Albedo en coníferas: 5 - 15%

Albedo en cultivos y pastizales: 5 - 25%

Pajonales:

C3 con hojas muy erectas y siempreverde
no sufre stress hídrico ni por baja temperatura
alta captación de fotones
sin limitantes en cuanto a la disponibilidad de nutrientes

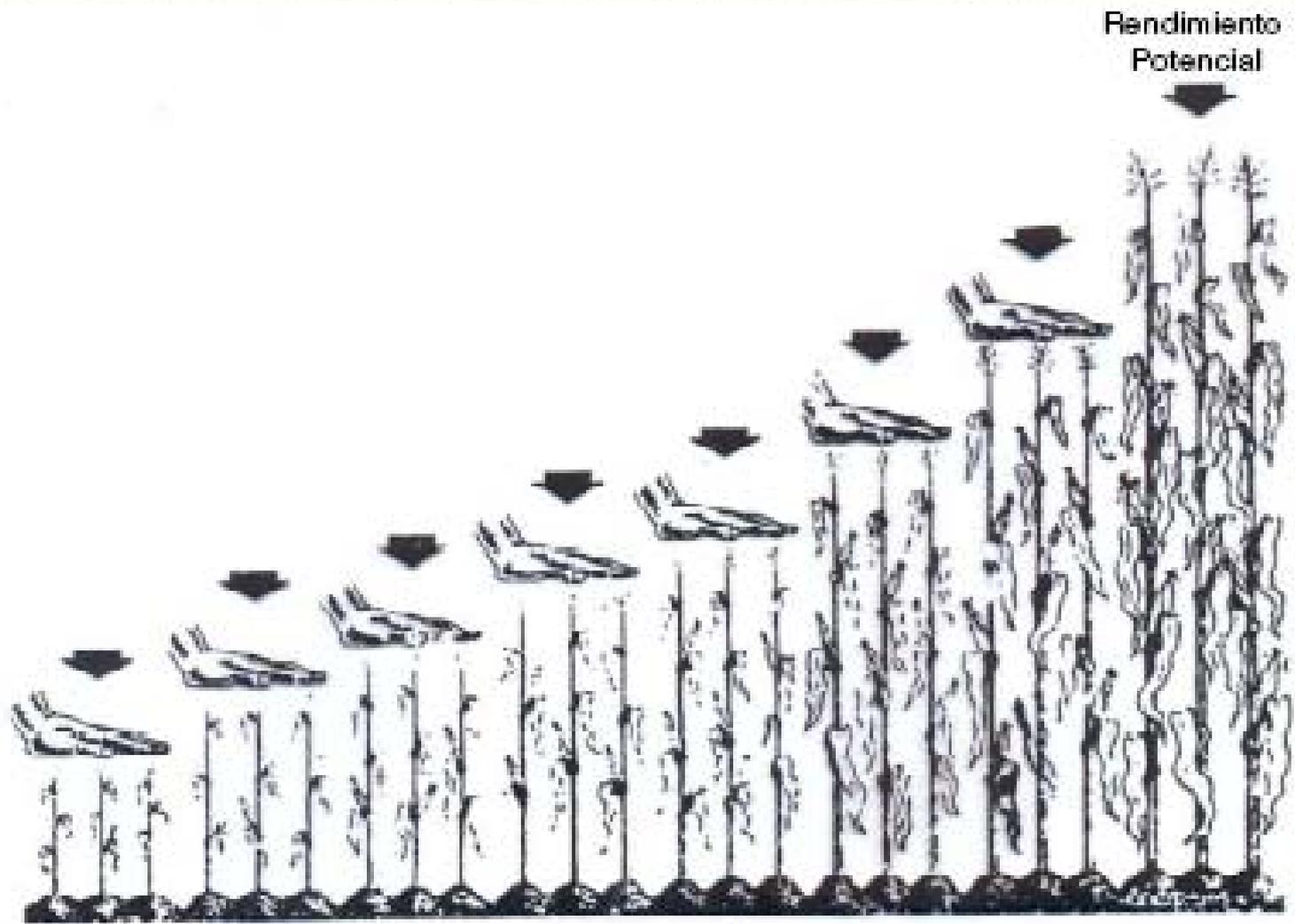
Girasol:

apertura de estomas con baja irradiancia
alta conductancia aún bajo condiciones de stress hídrico
mayor actividad de la RUBISCO (?)

- **C: Coeficiente de Productividad Neta ($\text{gMS}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$).**
- **Girasol (C3) alto valor de C (Causas)**
 - No se satura con sol pleno
 - Conductancia estomática y del mesófilo elevadas
 - La conductancia no disminuye con el estrés
 - Rubisco y posiblemente las enzimas de Calvin más activas

- **C: Coeficiente de Productividad Neta ($\text{gMS}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$).**
- **Pino (C3) bajo valor de C ($0.6 \text{ mgCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) (Causas).**
 - Se satura a menor intensidad de luz
 - Lento transporte de e- entre PSII y PSI
 - Conductancia estomática reducida, posee estomas hundidos
 - Resistencia a la difusión del CO_2 en el mesófilo elevada
 - Acículas senescen a los 10 años, presentan tasa de fijación máxima a los 2 años y luego decae bruscamente.
 - La conductancia no disminuye con el estrés
 - Rubisco menos activa
- **Compensa con alto valor de IAF (8-14), Capa limite delgada. Bajo valor de K.**

- C: Coeficiente de Productividad Neta ($\text{gMS}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$)
- Pajonal (C3) alto valor de C (Causas).
 - Arquitectura erectófila, con alta capacidad de captación de fotones durante todo su ciclo.
 - La superficie fotosintetizante se mantiene siempre verde.
 - No sufre estrés hídrico ni por bajas temperaturas.
 - No presenta limitantes en cuanto a la disponibilidad de nutrientes.



Niveles de Rendimiento

- **El rendimiento potencial (RP)** de un cultivar en un ambiente dado es aquel obtenido cuando es utilizado al máximo los recursos de dicho ambiente, minimizando las limitaciones de agua o nutrientes y la incidencia de pestes, enfermedades, malezas, vuelco y otras limitantes”
- A partir de esta definición, algunas consideraciones pueden ser realizadas:
 - 1. El RP es propio de cada cultivar en un determinado ambiente.
 -
 - 2. Hay un manejo que optimiza el uso del ambiente en vías de obtener el RP.
 -
 - 3. Existen saltos en las escalas de espacio. **Por su propia definición, el dato de rendimiento potencial sólo puede obtenerse en una parcela experimental.**
 -
 - 4. El RP marca un límite de referencia para un genotipo en un ambiente; su definición no tiene en cuenta “el bolsillo” del productor.

Niveles de Rendimiento

- El **rendimiento real (RR)** de un cultivo en una localidad o distrito (y por extensión de un ambiente) es el rendimiento promedio de dicho distrito, obtenido con el estado actual de los suelos y clima por un hipotético productor promedio, con capacitación y habilidades medias, y un grado promedio de adopción de la tecnología disponible” (Loomis y Connor, 1992).
- El **rendimiento real (RR)** es el rendimiento promedio entregado por las estadísticas, en cada localidad.
- Es inevitable el uso del concepto de “hipotético productor promedio”, como portador del *rendimiento real*.
- La información refiere a “datos de chacra, o lote”.

Niveles de Rendimiento

- **El rendimiento obtenible (RO)** Es un nivel intermedio entre rendimiento real y potencial” (Loomis y Connor, 1992).
- **El rendimiento obtenible (RO)** de un cultivo en una localidad, es el logrado a través de la mejor combinación de tecnologías de manejo (fecha, densidad y distanciamiento de siembra) y tecnologías de insumos (riego, fertilizantes y plaguicidas), siendo una medida de los rendimientos de los productores de avanzada.”
 - Por ejemplo, existe información sobre la evolución de los RO de soja en el sudeste de Buenos Aires.
 - Con datos de algunos productores CREA, Calviño y Sadras (1999) muestran un importante avance en los rendimientos obtenibles entre 1989/92 (2.3 t ha⁻¹) y los de 1993/97 (2.8 t ha⁻¹).
 - **Este avance fue atribuido al estrechamiento de la distancia entre hileras y a la aplicación de dosis moderadas de fósforo.**

Niveles de Rendimiento

- El **rendimiento máximo obtenible (RMO)** Es un nivel intermedio entre rendimiento real y potencial” (Loomis y Connor, 1992).
- El **rendimiento máximo obtenible (RMO)** Es un nivel de rendimientos intermedio entre potencial y obtenible, medido sobre la escala de superficie del productor y obtenido sin restricciones económicas, ubicándolos en un escalón mayor a RO, aunque debajo de RP.
 - El RMO, para un cultivo en una localidad es el rendimiento que, medido sobre la escala de superficie del productor, es obtenido a partir de la aplicación de riego y un nivel de insumos similar al de una estación experimental, i.e. sin tener en cuenta restricciones económicas.
 - Normalmente se obtiene en los concursos de producción organizados por firmas comerciales.
 - En 1998/99, por ejemplo en soja , se obtuvieron 5.8 y 5.7 t ha⁻¹ en campos de Aldao (Santa Fe) y Chacabuco (Buenos Aires) en parcelas fiscalizadas de al menos 20 ha (El Campo, La Nación, 11/9/1999).

Niveles de Rendimiento

- **Síntesis:**
- **1-** en una escala descendente podría establecerse:
 - $RP > RMO > RO > RR$
- **2-** así como RP fue definido para un cultivar, RMO, RO y RR fueron definidos para un cultivo; en el momento de establecer diferencias entre niveles (brechas) será necesario, sin embargo, especificar al cultivar en estudio.
- **3-** como por definición los RR de una zona son promedios otorgados por organismos, abarcan a productores con diferente nivel de tecnificación, incluyendo a aquellos que alcanzan RO.

- El IC varía entre comunidades o cultivos y depende del patrón de partición.
 - Características del traslado de fotoasimilados hacia los destinos.
 - Número y tamaño potencial de los destinos.
 - Duración del período de llenado de los destinos.
 - Duración del área foliar.

Rendimientos y pérdidas promedio de los principales cultivos

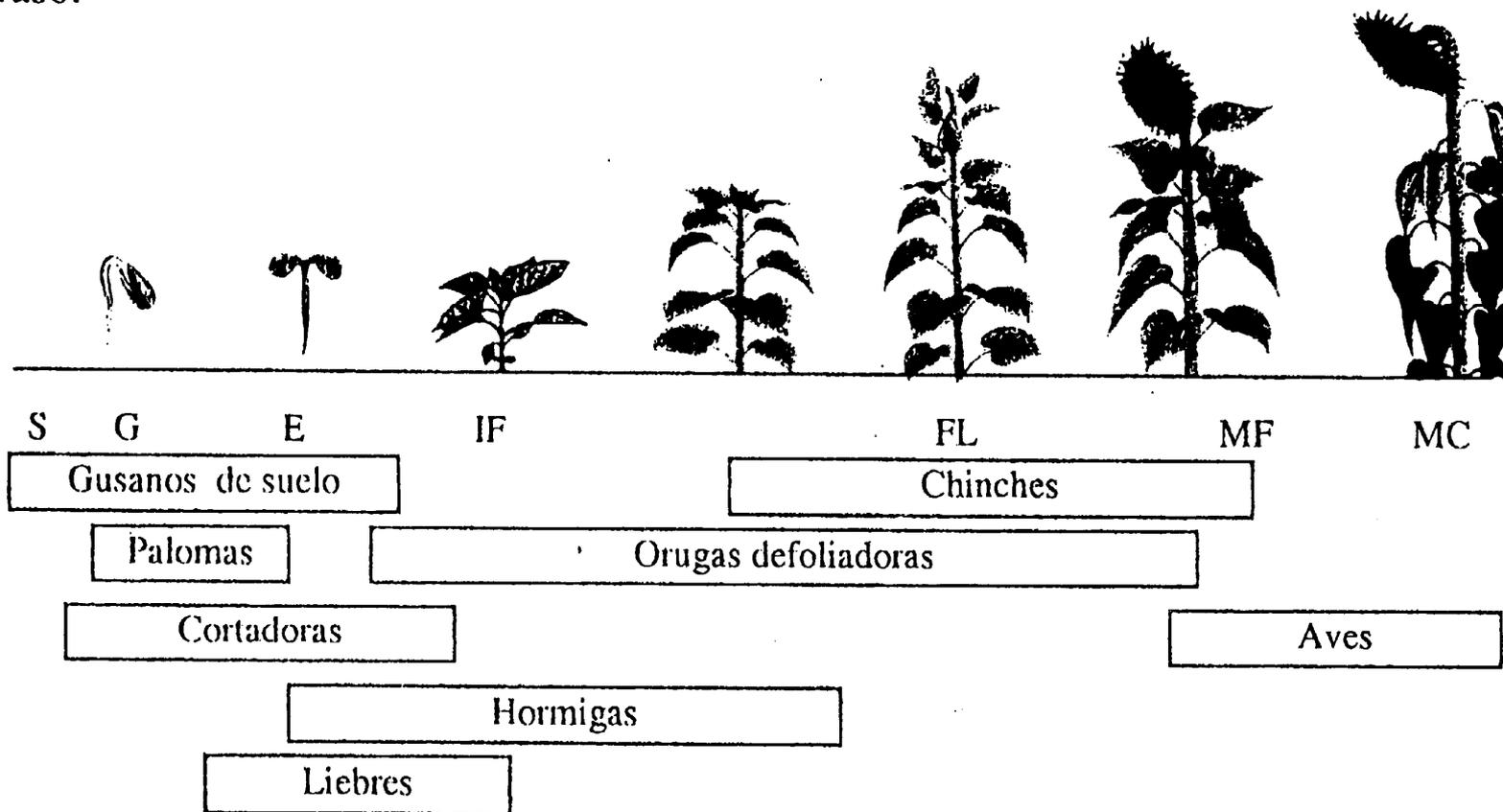
Cultivo	Rendimiento máximo (Kg/Ha)	Rendimiento promedio (Kg/Ha)	Pérdidas promedio (Kg/Ha)		Pérdidas abióticas (% rend. max.)
			Bióticas ^a	Abióticas ^b	
Maíz	19.300	4.600	1.952	12.700	65,8
Trigo	14.500	1.880	726	11.900	82,1
Soja	7.390	1.610	666	5.120	69,3
Sorgo	20.100	2.830	1.051	16.200	80,6
Avena	10.600	1.720	924	7.960	75,1
Cebada	11.400	2.050	765	8.590	75,4
Papa	94.100	28.300	17.775	50.900	54,1
Remolacha	121.000	42.600	17.100	61.300	50,7

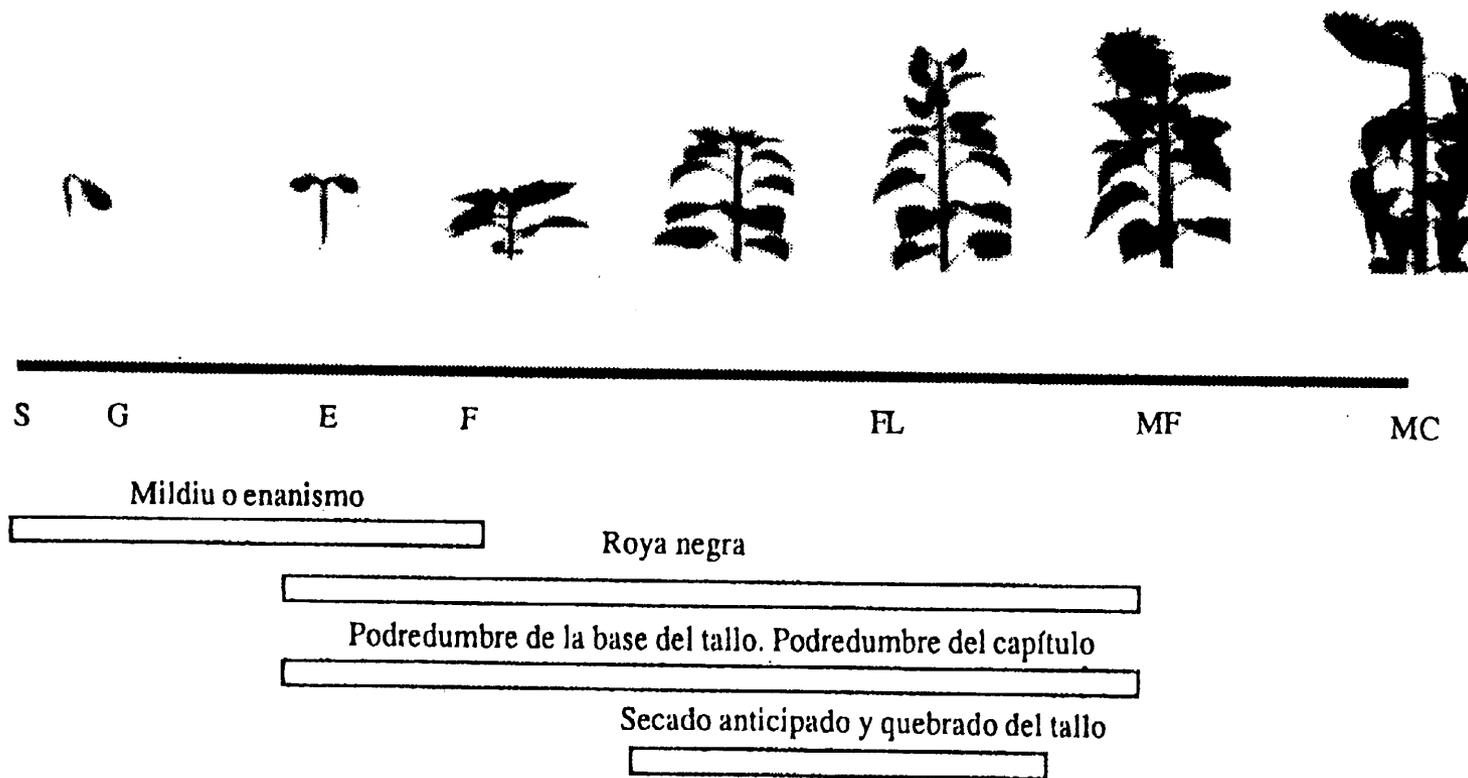
Adaptado de: Buchanan, Grullem and Jones. Biochemistry and Molecular Biology of Plants, 2000.

^a Los estreses bióticos incluyen enfermedades, insectos y malezas.

^b Los factores abióticos ambientales incluyen, pero no se limitan a, sequía, salinidad, inundación, y altas y bajas temperaturas.

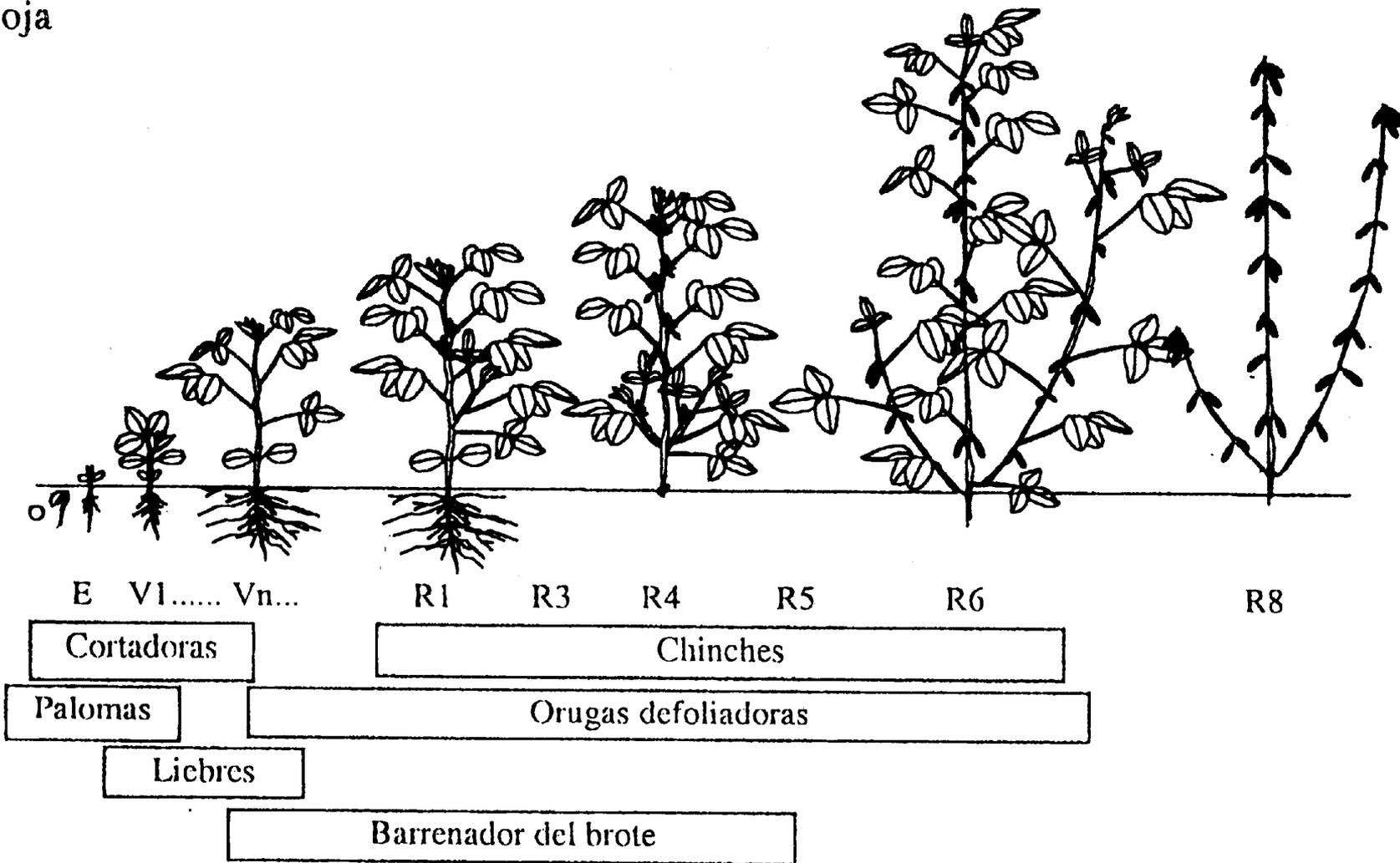
Girasol

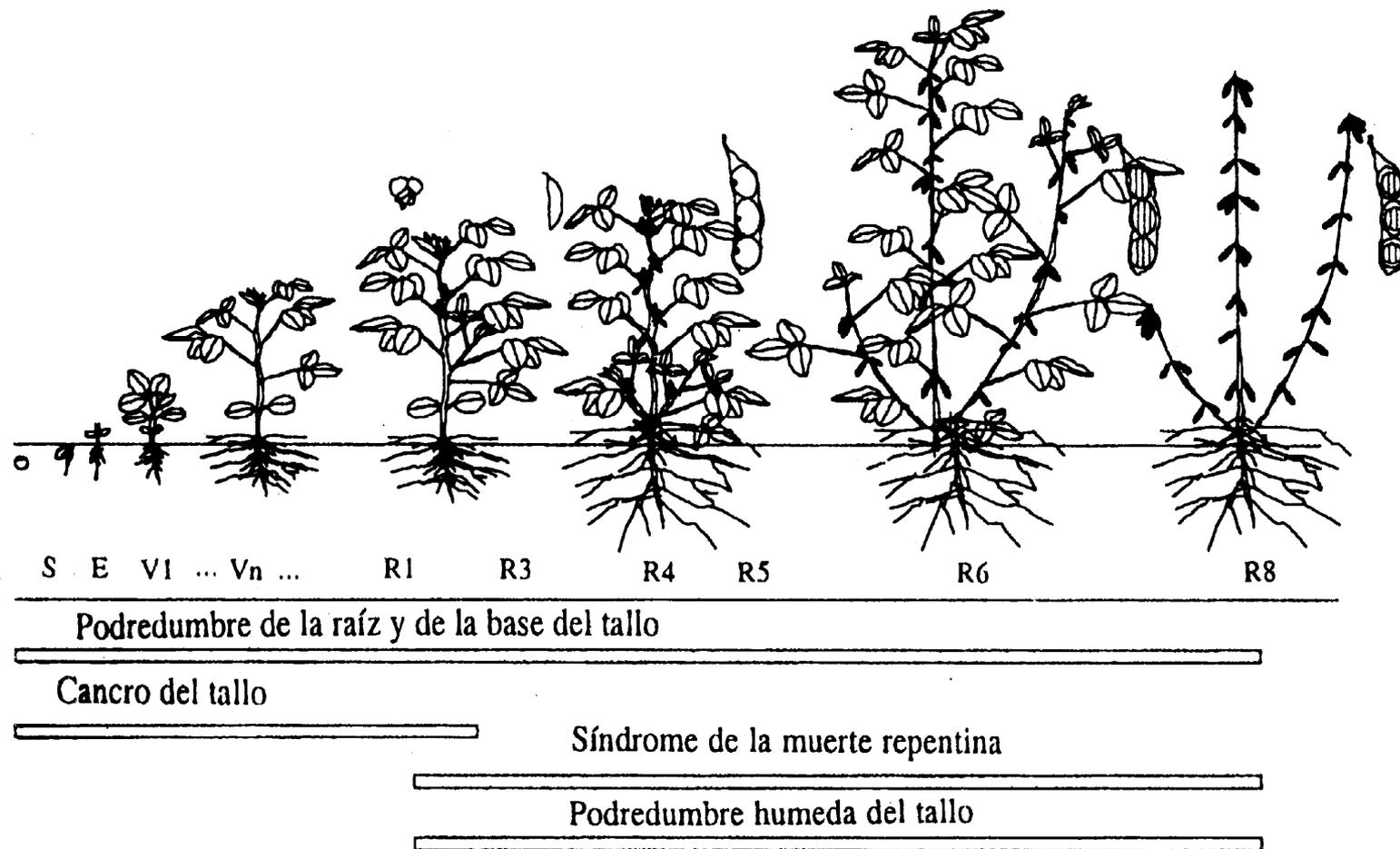




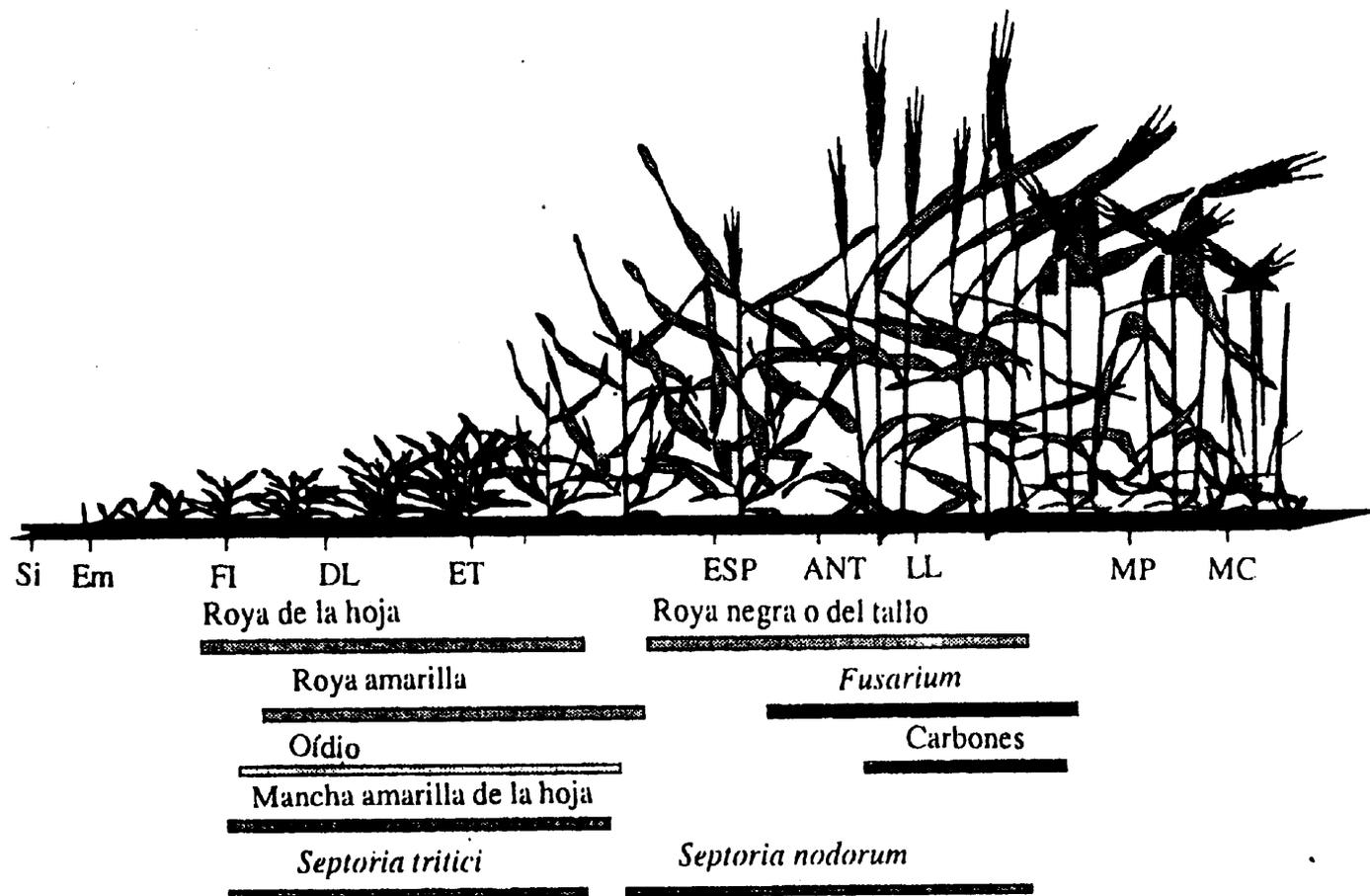
Aparición de síntomas de las distintas enfermedades en relación al ciclo ontogénico del cultivo de girasol.

Soja



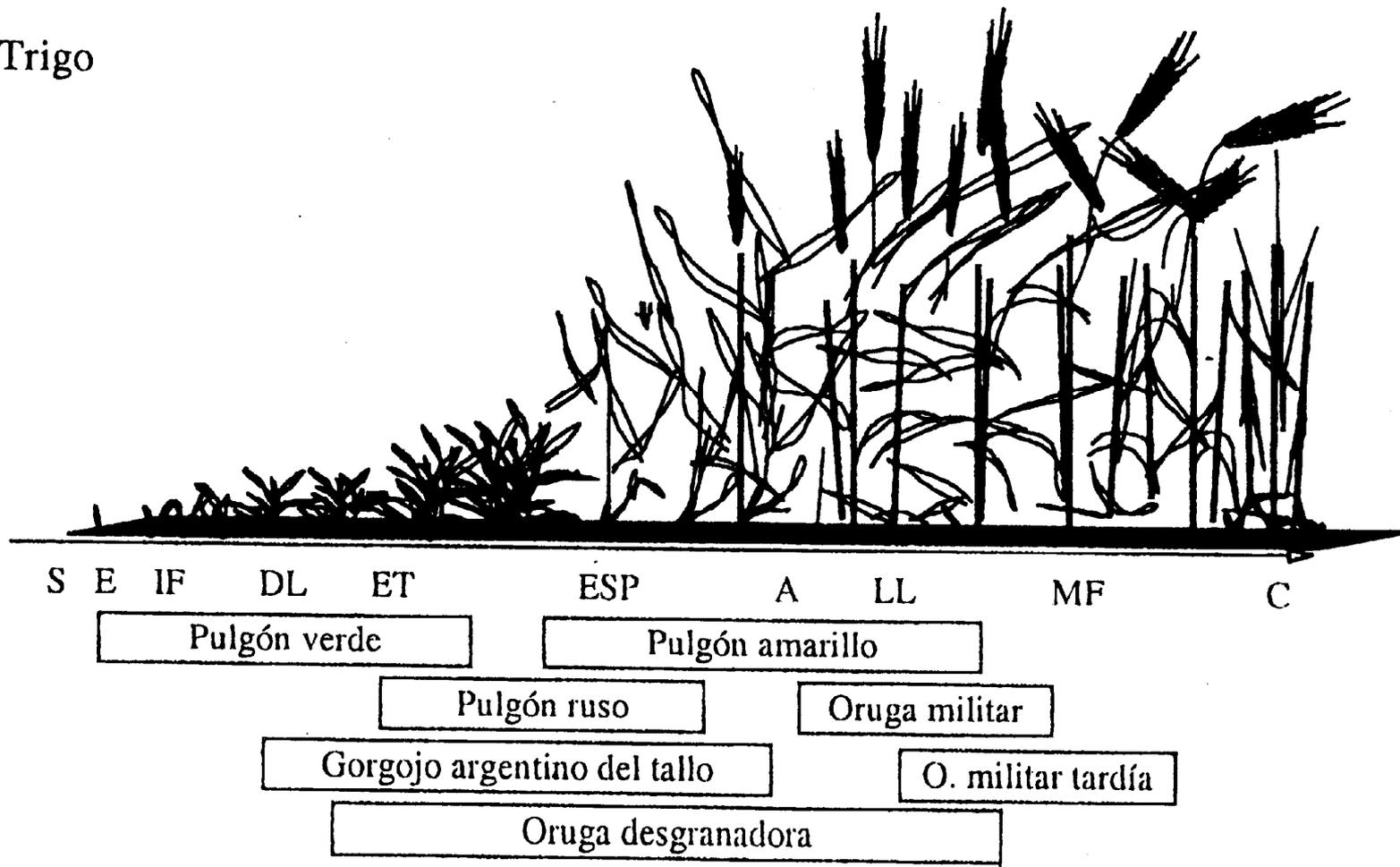


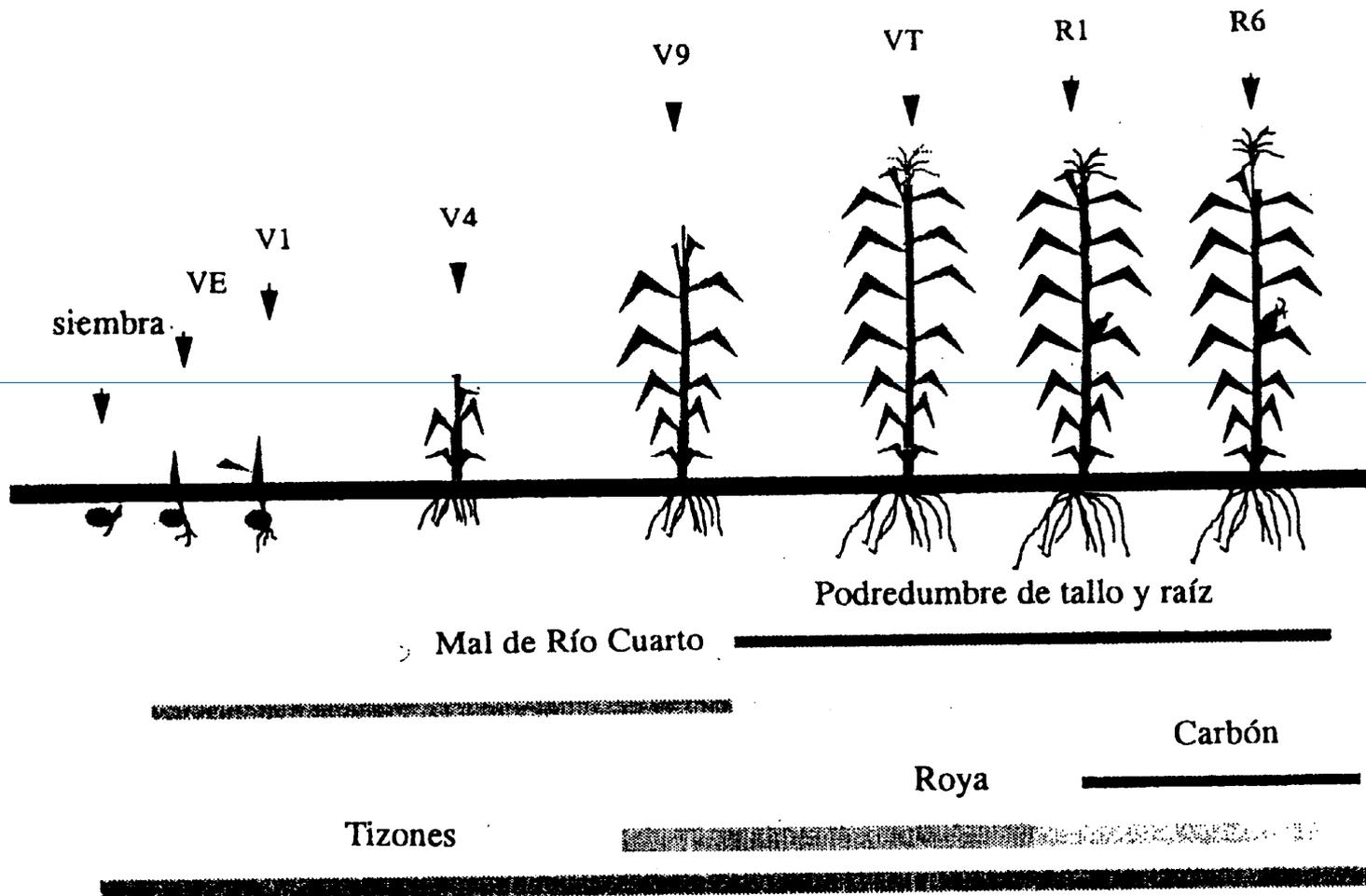
Aparición de síntomas de las distintas enfermedades en relación al ciclo ontogénico del cultivo de soja.



Aparición de síntomas de las distintas enfermedades en relación al ciclo ontogénico del cultivo de trigo.

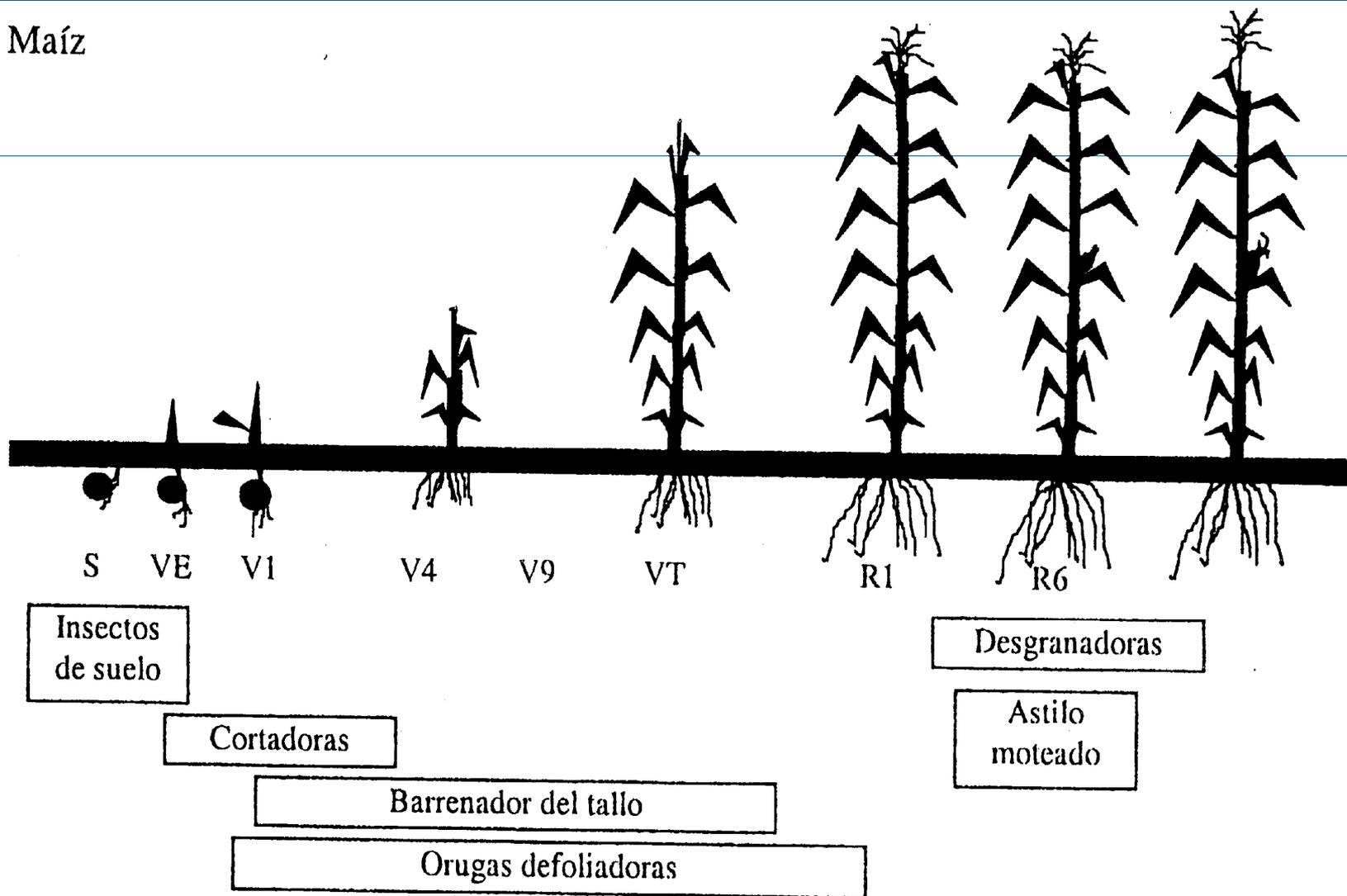
Trigo

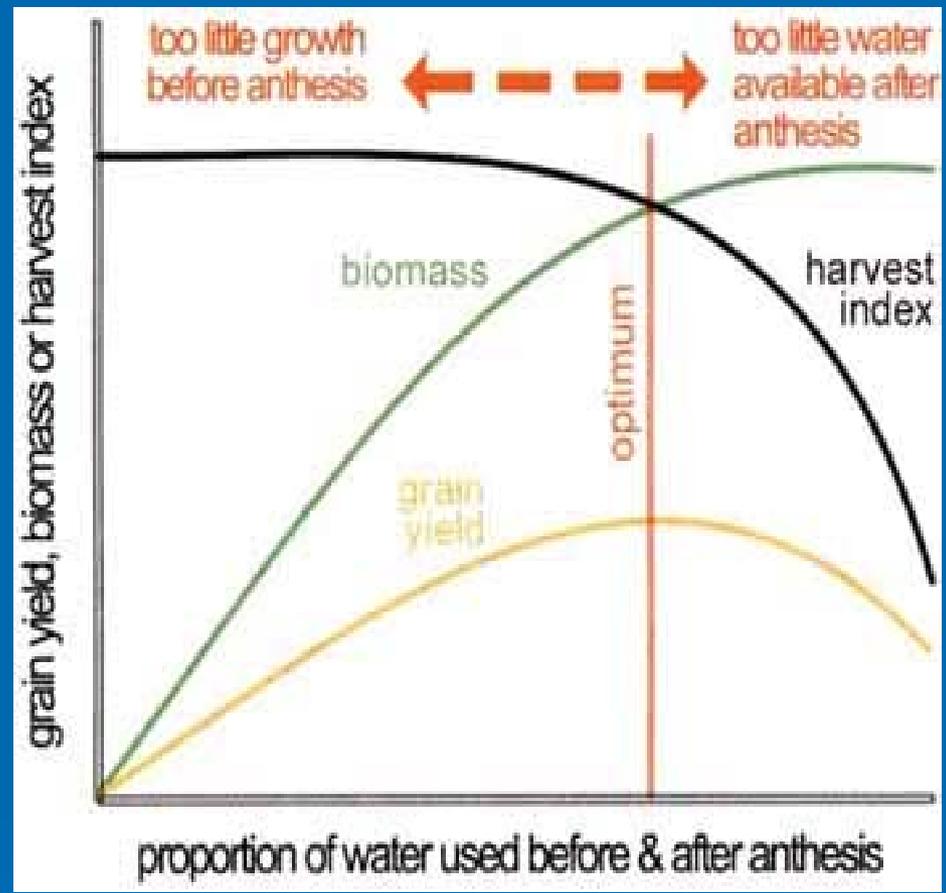
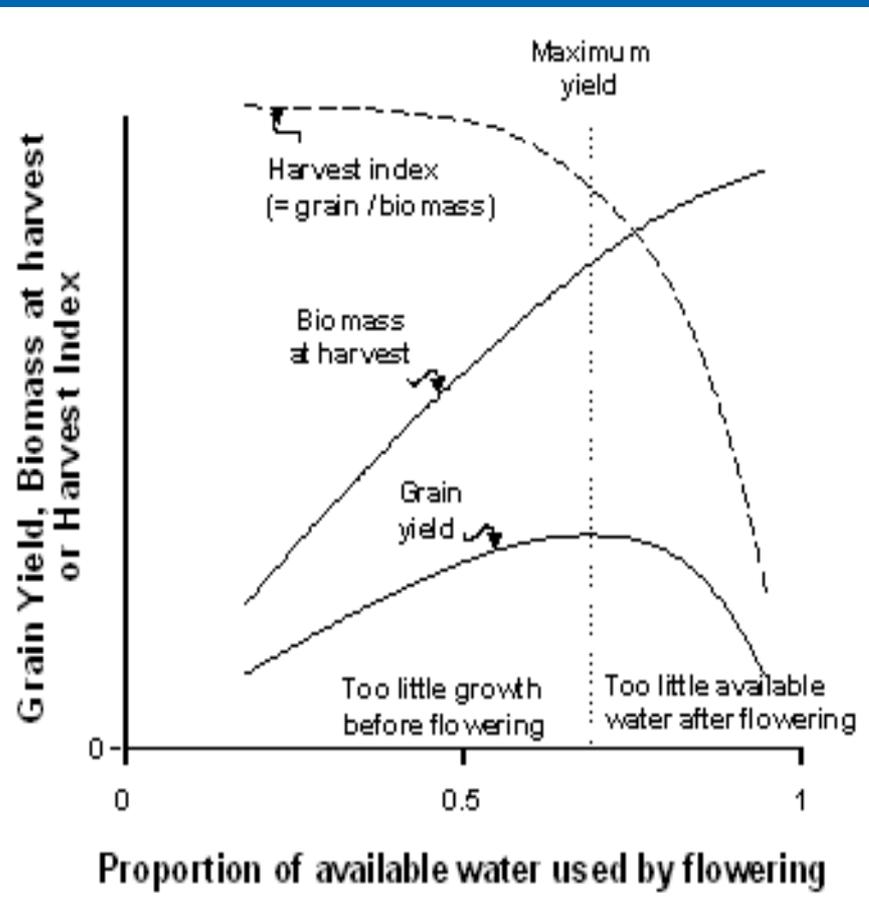




Esquema de la incidencia de las principales enfermedades del maíz.

Maíz





Schematic graph of grain yield of wheat, biomass at harvest, and harvest index, in relation to proportion of the available water supply used by flowering

PERSPECTIVAS:

Incrementos de Rendimiento (Rendimientos Máximos)

Mejoras en FOT. (E), Reducción en ER y FR.

Disminuir la degradación de la RUBISCO

Mejoras en IAF y DAF

Mejoras en la arquitectura

Mejoras en el IC

Estabilidad de Rendimiento

Agricultura Sostenible

Menor uso de insumos (fertilizantes, plaguicidas, etc.)

Ingeniería Genética

Resistencia a factores de stress, plagas y enfermedades.

Aumentos en la EUA (agua), EUR (radiación) y en la EUN (nutrientes) y sus posibles combinaciones.

Fitomejoramiento: tarea de Grupos interdisciplinarios (genetistas, fisiólogos, fitopatólogos, agrónomos -manejo de cultivo-, etc.)

*Muchas
gracias*