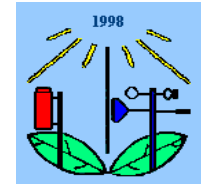




UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CÁTEDRA DE CLIMATOLOGÍA AGRÍCOLA




UNIDAD 2: Radiación solar. Influencia de la atmósfera. Espectro solar y terrestre. Radiación terrestre. Ley de Bouguer. Ley de Lambert. Ley de Wien. Balance de radiación en la atmósfera y en la fitósfera. Medición de la radiación e instrumental. La radiación y las plantas. Fotoperiodismo. Requerimientos de luz de las plantas.



El sol: fuente de energía

- El 99,97 % de la energía involucrada en los procesos físicos de la tierra proviene del sol
- El sol irradia al espacio interestelar 56×10^{26} cal
- La tierra se ubica a 150.000.000 Km
- Capta 2.55×10^{18} cal/min (una fracción de $4,55 \times 10^{-10}$ de lo que irradia el sol)

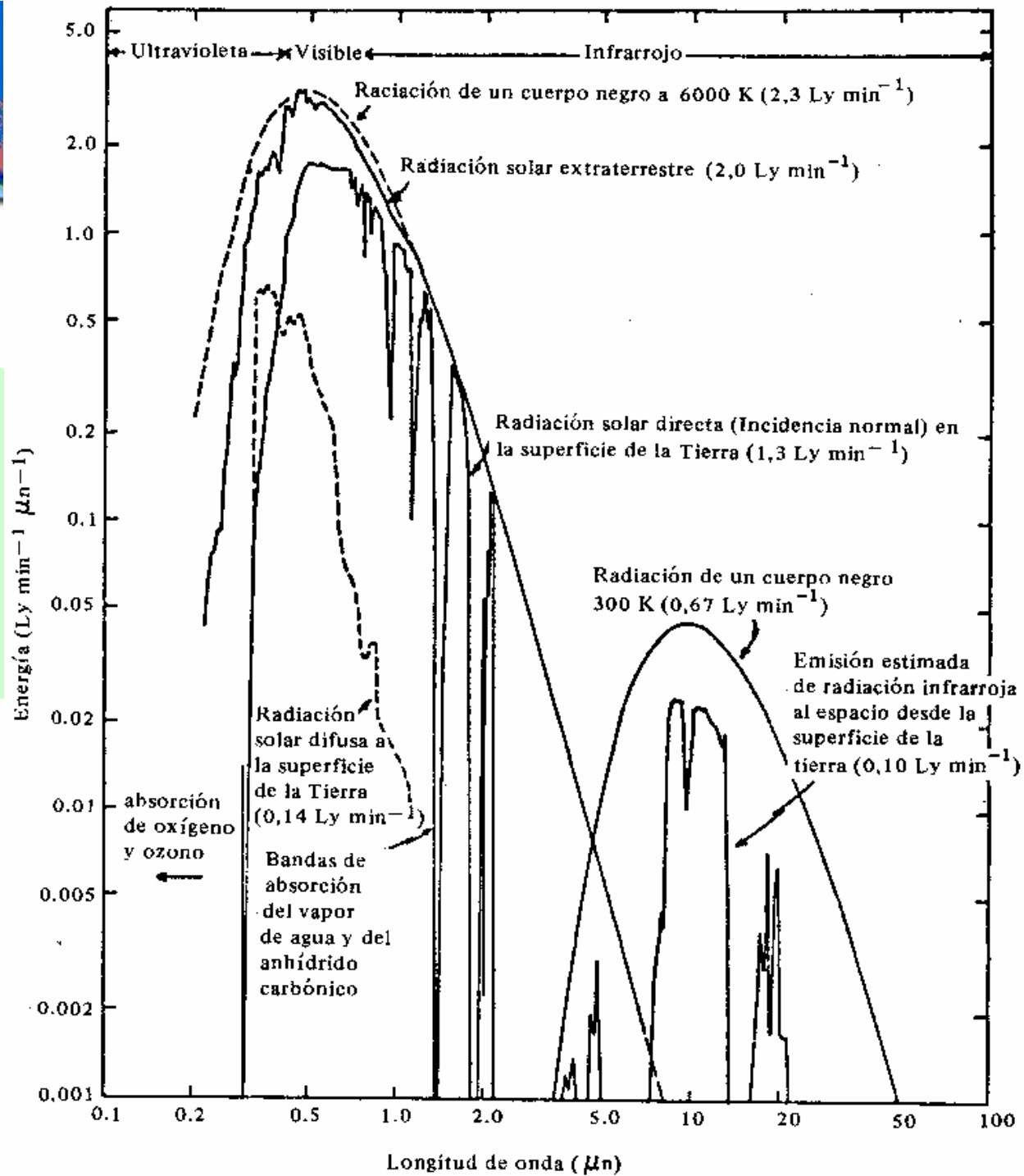
- 
- **radiación de onda corta o solar**
 - **radiación de onda larga o terrestre**
 - **balance de radiación (neta resultante de los ingresos y egresos)**

La intensidad de la radiación se mide en

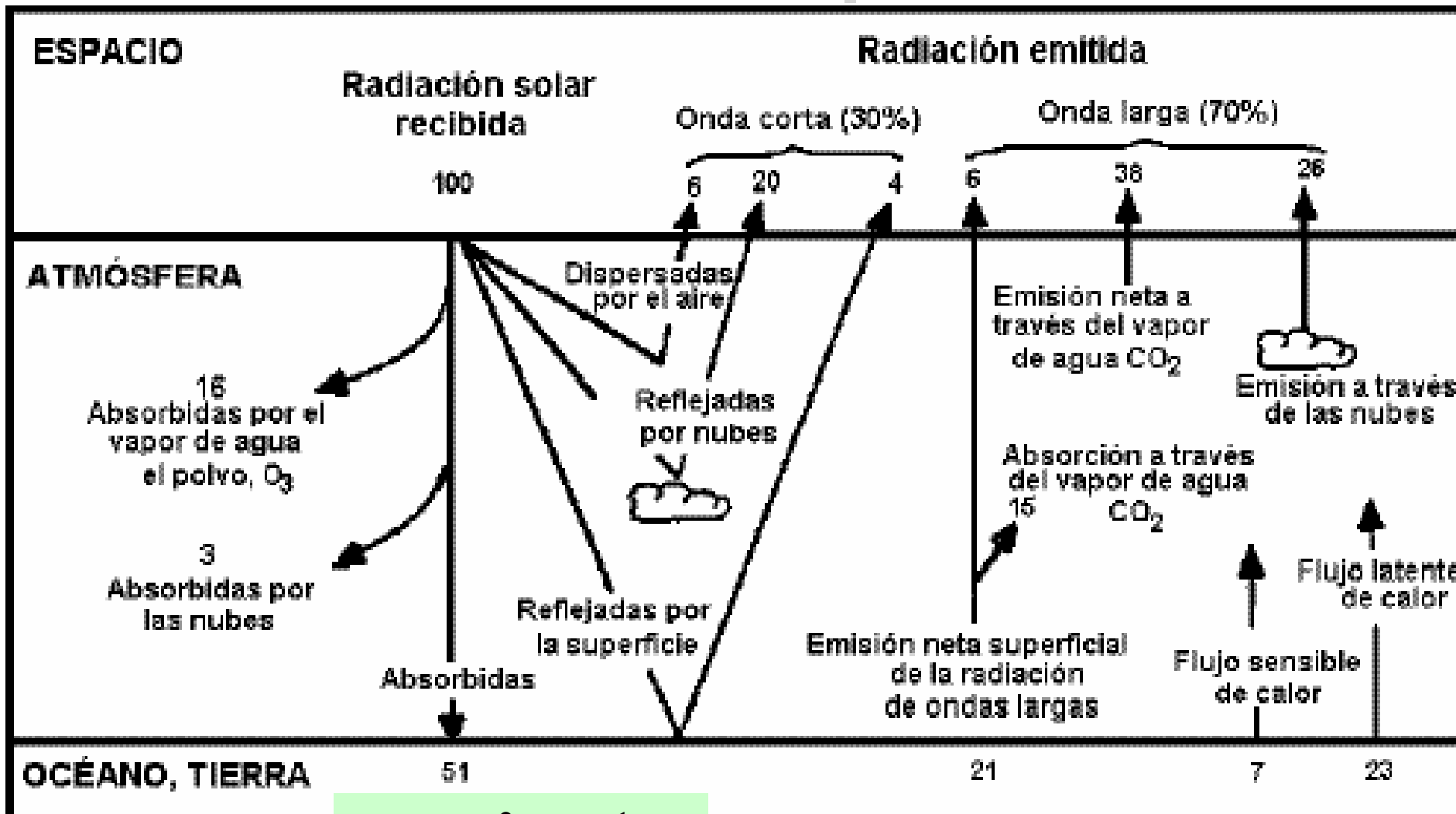
cal.cm⁻² .min⁻¹ o en ly.min⁻¹

Å = 10⁻⁷ mm; μm = 10⁻⁶ m; nm = 10⁻⁹ m

Distribución espectral de las radiaciones solar y terrestre. Según Sellers, (1972).



RADIACIÓN SOLAR (OC) Y TERRESTRE (OL)



Cal cal⁻² min⁻¹ ?

Cal cal⁻² hora⁻¹ ?

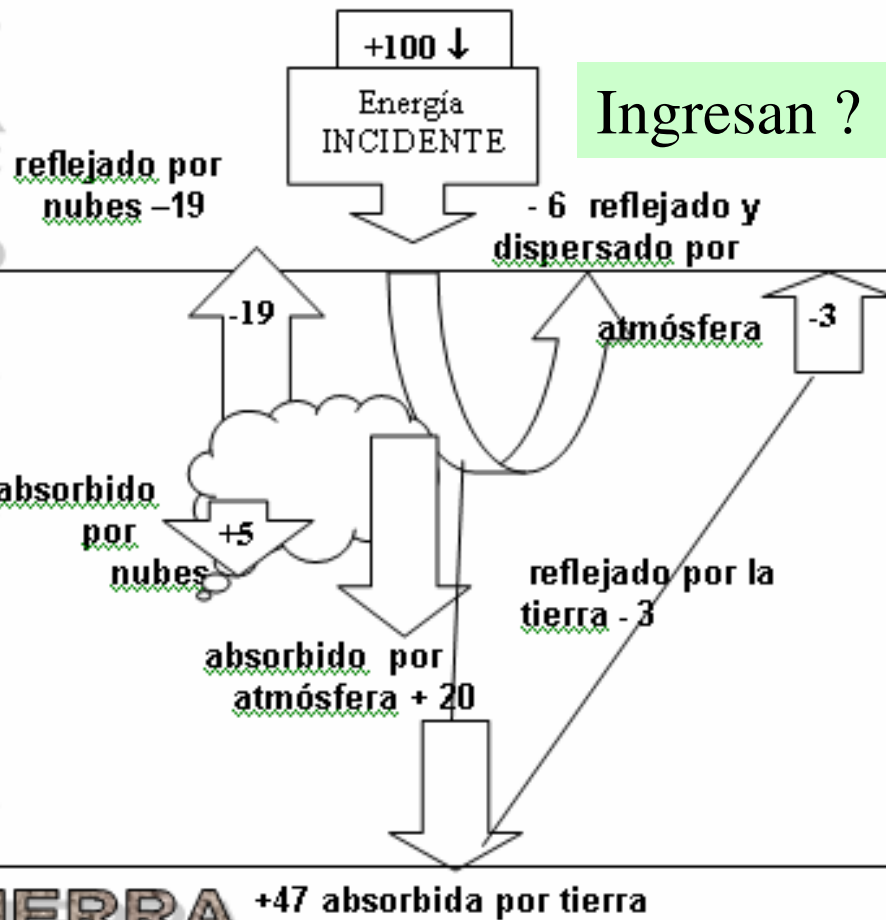
BALANCE DE RADIACION

ESPACIO

ATMOSFERA

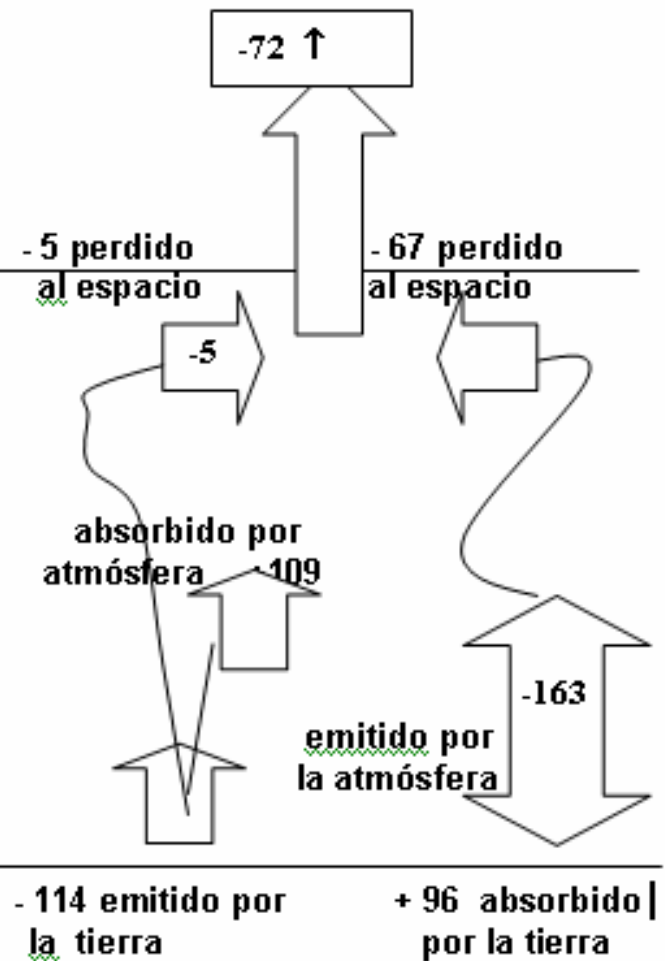
TIERRA

ONDA CORTA



Ingresan ?

ONDA LARGA



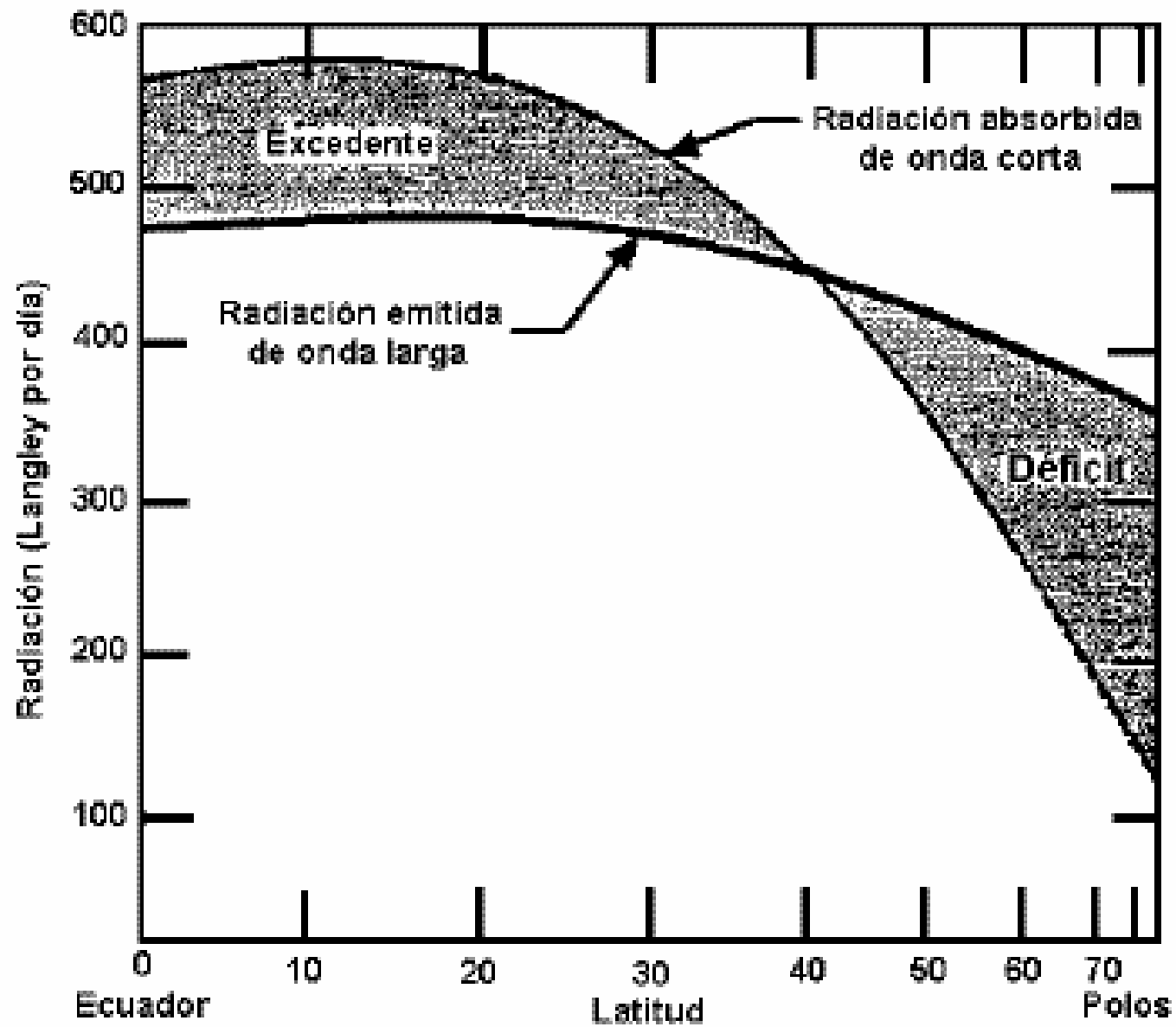
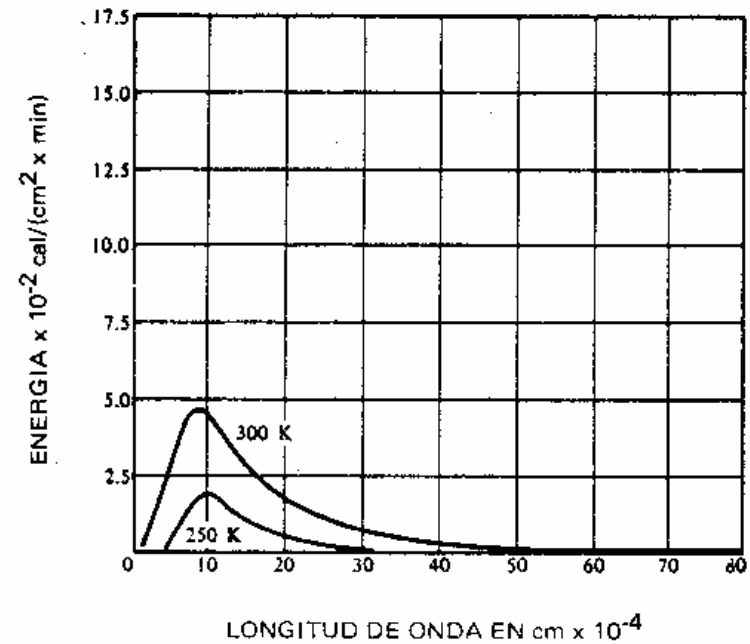
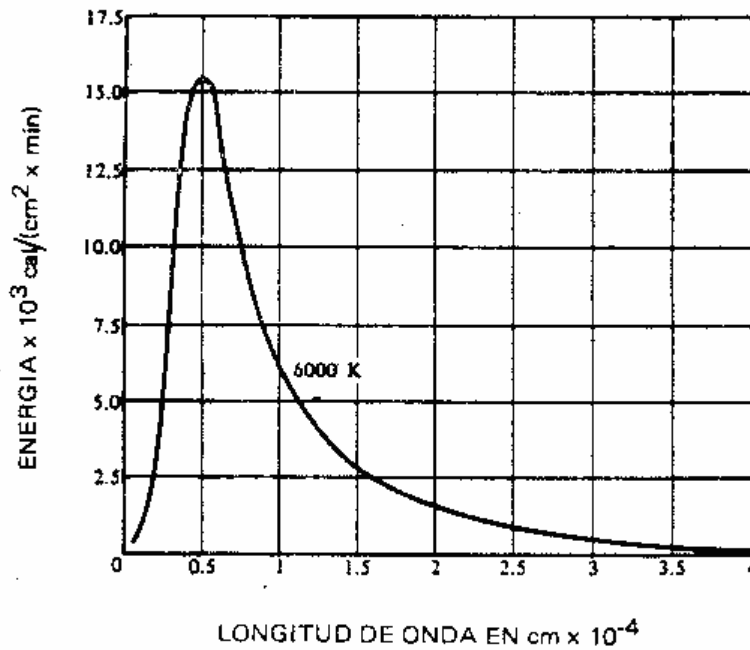


Figura 2-8. Distribución latitudinal del calor

Ley de Wien

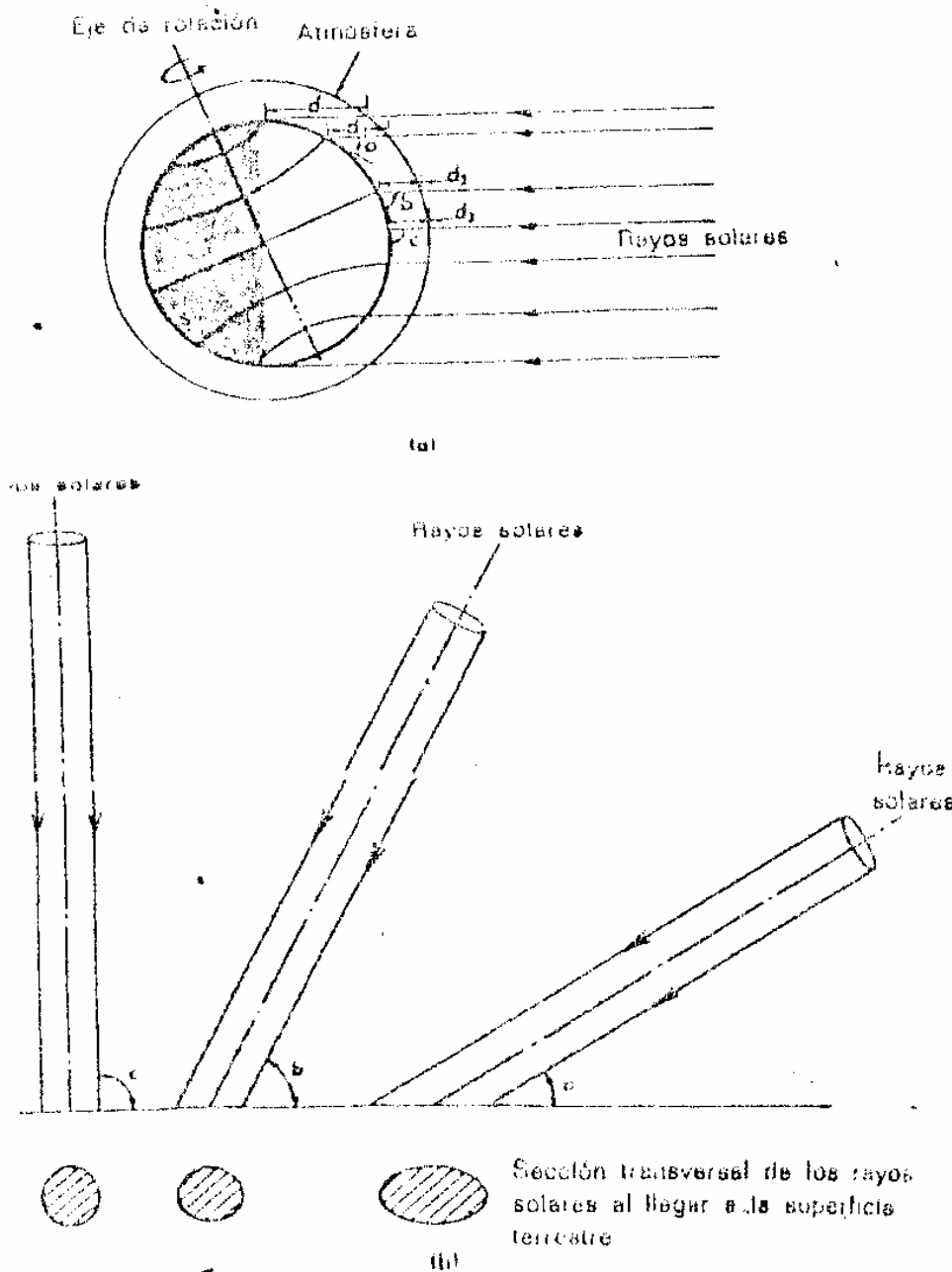


$$\lambda x \cdot T = Cte.$$

$$Si T=300^{\circ}K \implies \lambda x ?$$

$$\lambda x (cm) = Cte.(cm \text{ } ^{\circ}K) / T (^{\circ}K)$$

$$\lambda x (cm) = 0.2886 cm. \text{ } ^{\circ}K / T (^{\circ}K) = 2886 \mu m. \text{ } ^{\circ}K / T (^{\circ}K)$$



Ley de Lambert

- El flujo de radiación que llega a la superficie de la tierra depende del ángulo que forman los rayos solares con la superficie de la misma

$$S_c = S_0 \cdot \cos \alpha$$

$$S_b = S_0 \cdot \cos \beta$$

$$S_a = S_0 \cdot \cos \tau$$

- El flujo energético (Q) que llega a la superficie terrestre está dada por:

$$Q_A = S \cdot \cos Z$$

Si $S=1.02 \text{ ly} \cdot \text{min}^{-1}$ y $z= 60^\circ$

$Q_A = ?$

Ley de Stefan Boltzmann

Si S es el flujo de energía radiante emitida por un cuerpo negro y σ la constante calculada por Stefan-Boltzmann, luego: $S = \sigma \cdot T^4$

$$\sigma = 8,13 \times 10^{-11} \text{ cal. cm}^{-2} \text{ T}^{-4} \text{ min}^{-1}$$

$S_{sol} = S$ (cte). Área esfera

$$\sigma \cdot T^4 \cdot 4.\pi. R_s^2 = S \text{ (cte). } 4.\pi. D^2$$

$$T^4 = \frac{S \text{ (cte). } 4.\pi. D^2}{\sigma \cdot 4.\pi. R_s^2} = \frac{S \text{ (cte). } D^2}{\sigma \cdot R_s^2}$$

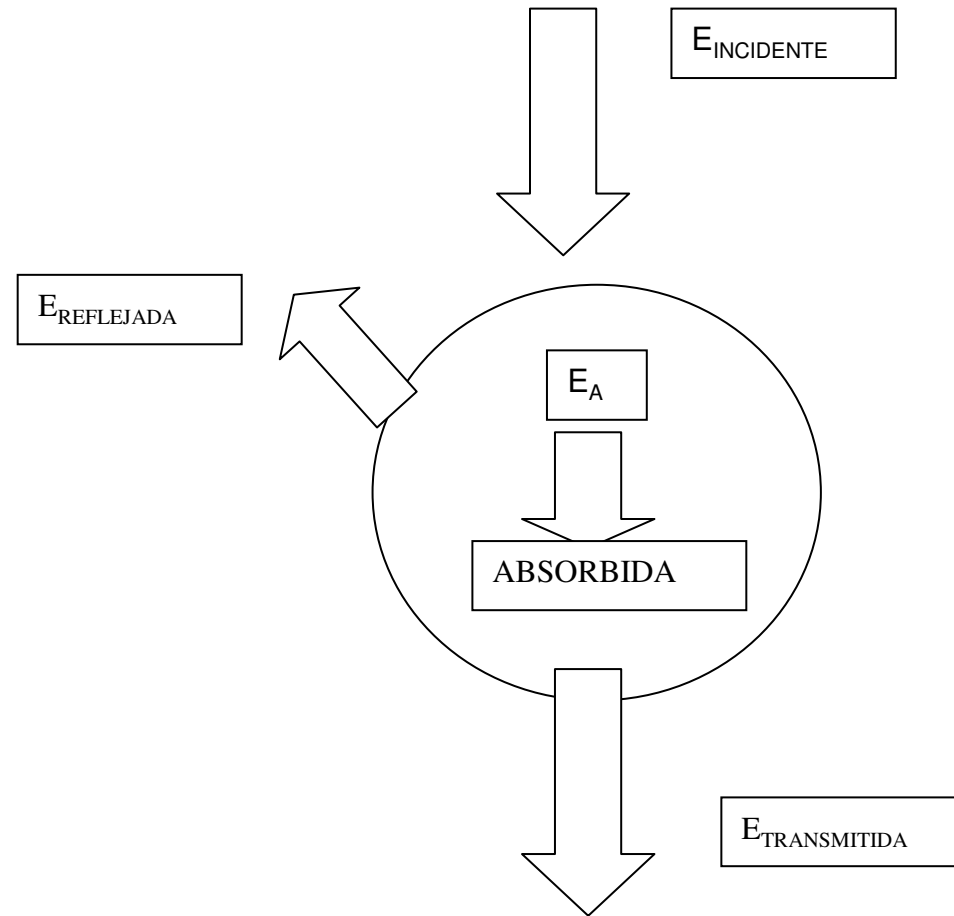
$$T_{sol} = \sqrt[4]{\frac{S \text{ (cte). } D^2}{\sigma \cdot R_s^2}} = 5750 \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$D \text{ es } \cong 1,496.10^{13} \text{ cm}$$

$$S \cong 2 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

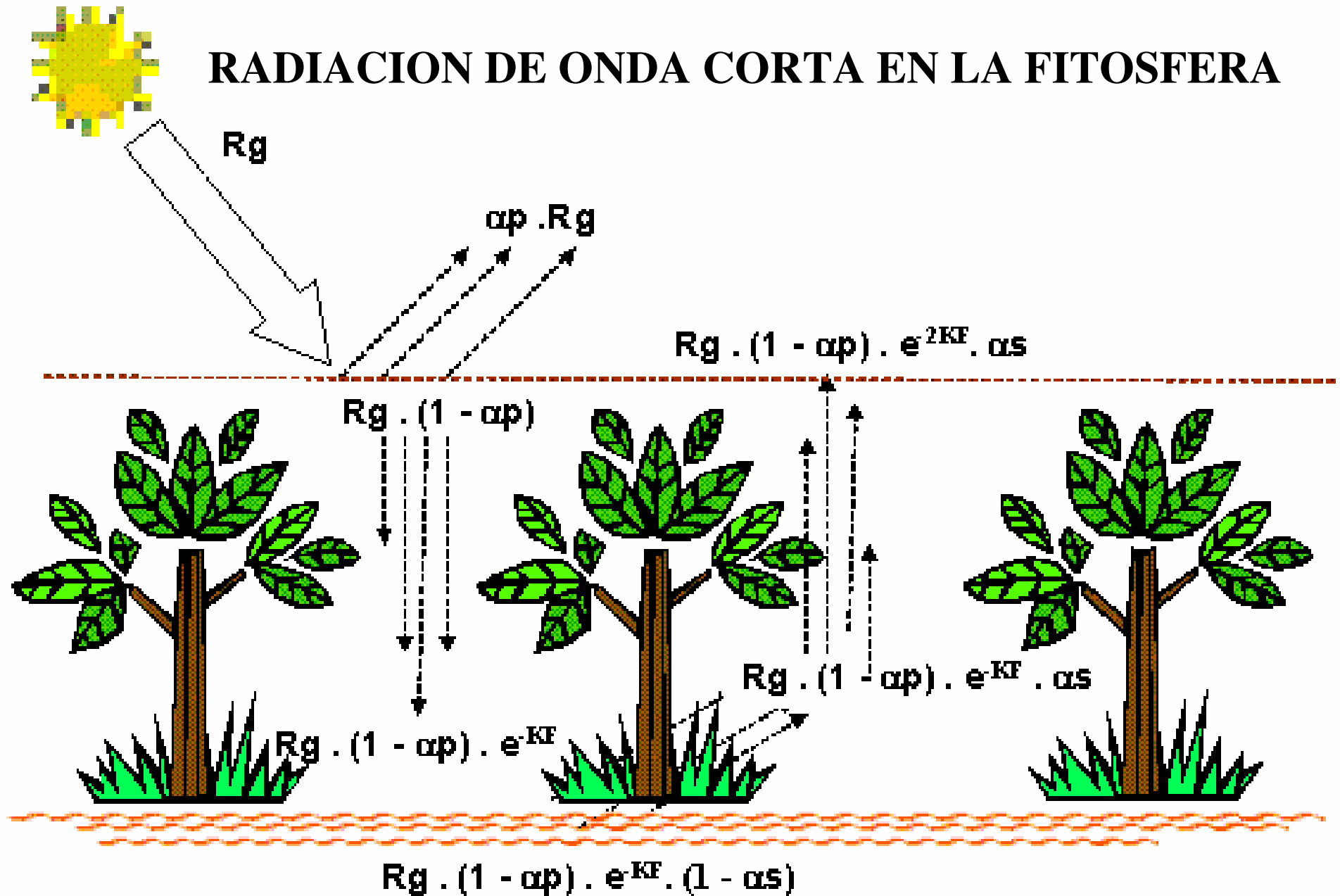
Si $T_{T-A} = 288 \text{ } ^\circ\text{K} \Rightarrow$

$S_{T-A} = ?$

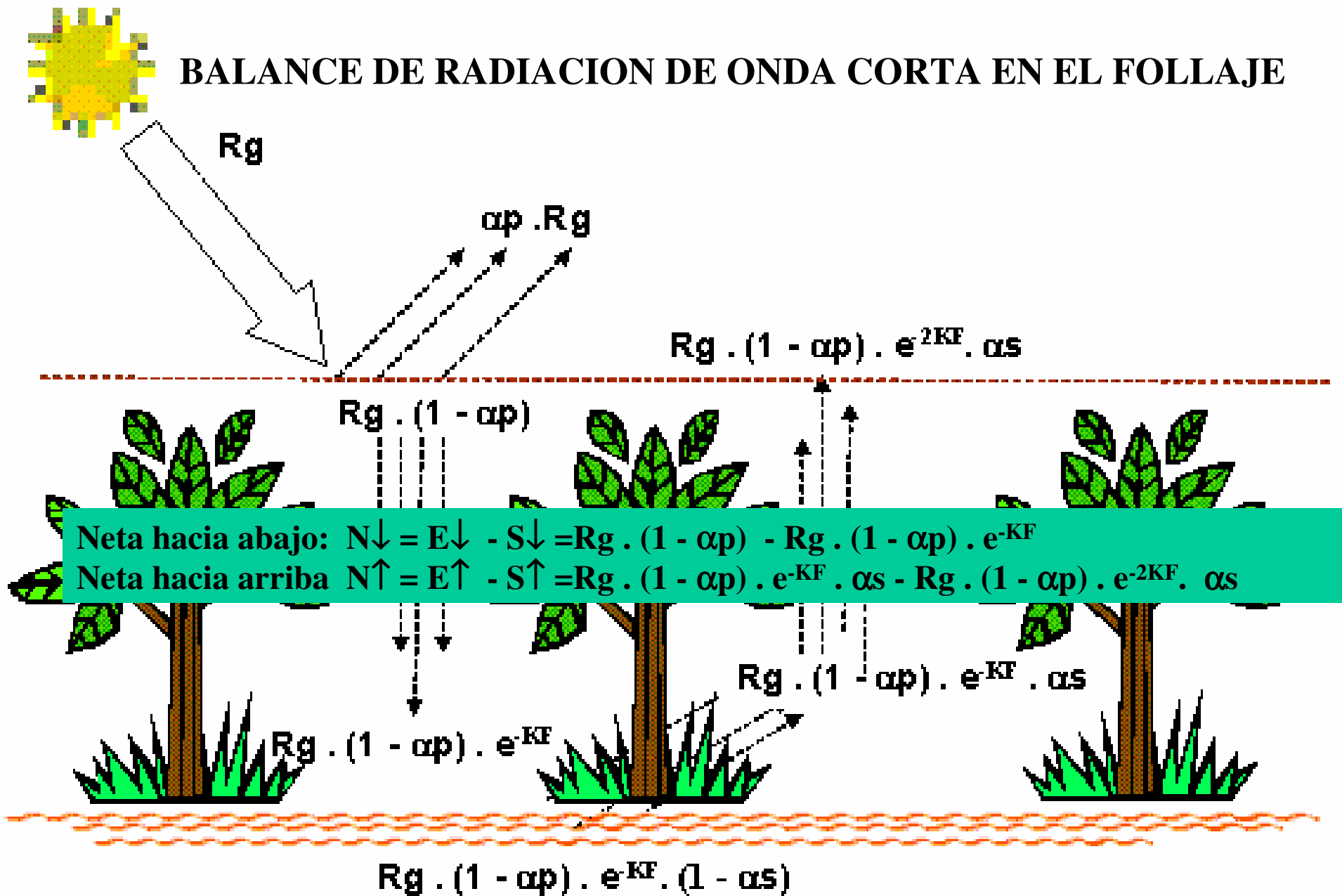


Comportamiento de los cuerpos ante la radiación electromagnética

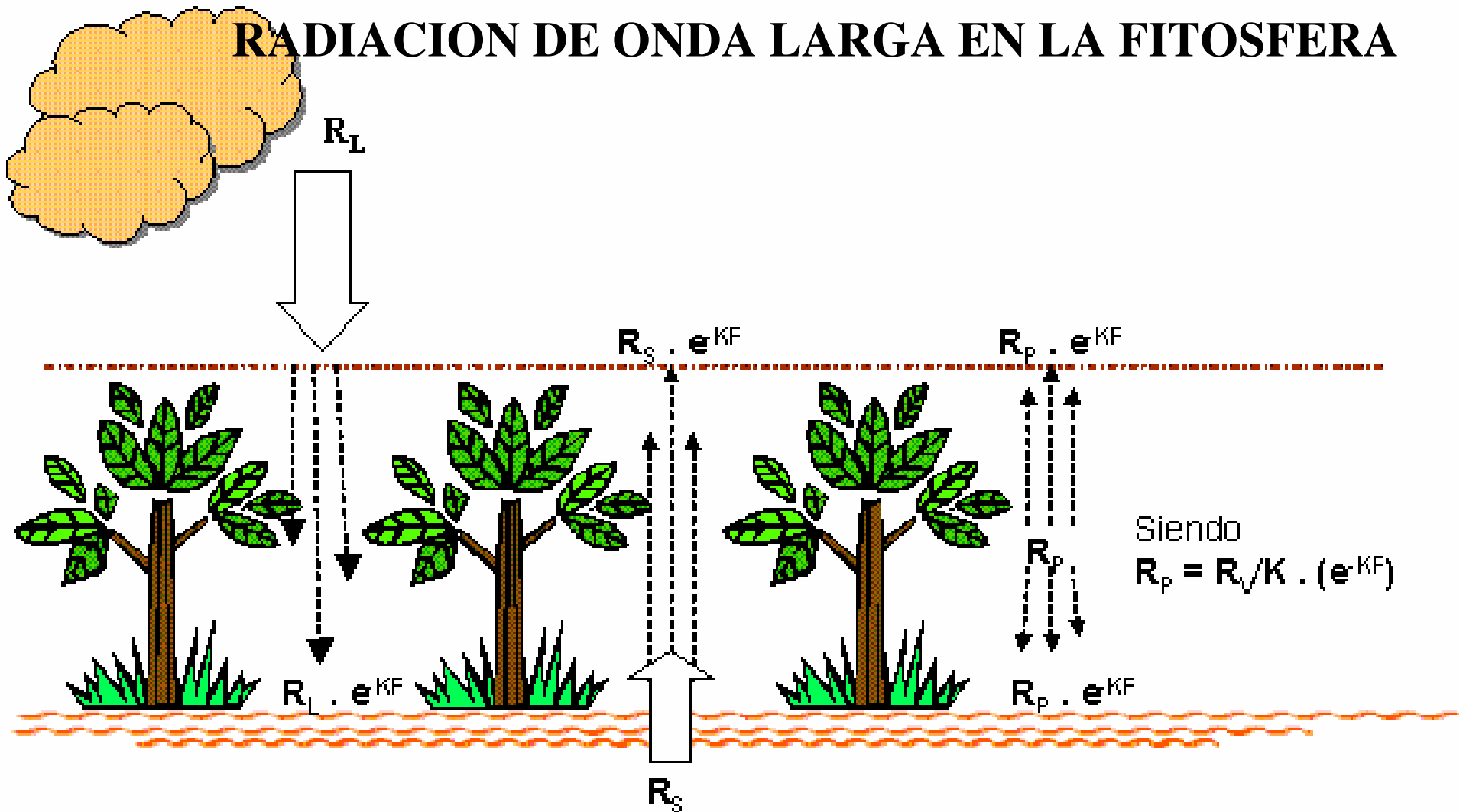
RADIACION DE ONDA CORTA EN LA FITOSFERA



BALANCE DE RADIACION DE ONDA CORTA EN EL FOLLAJE



RADIACION DE ONDA LARGA EN LA FITOSFERA




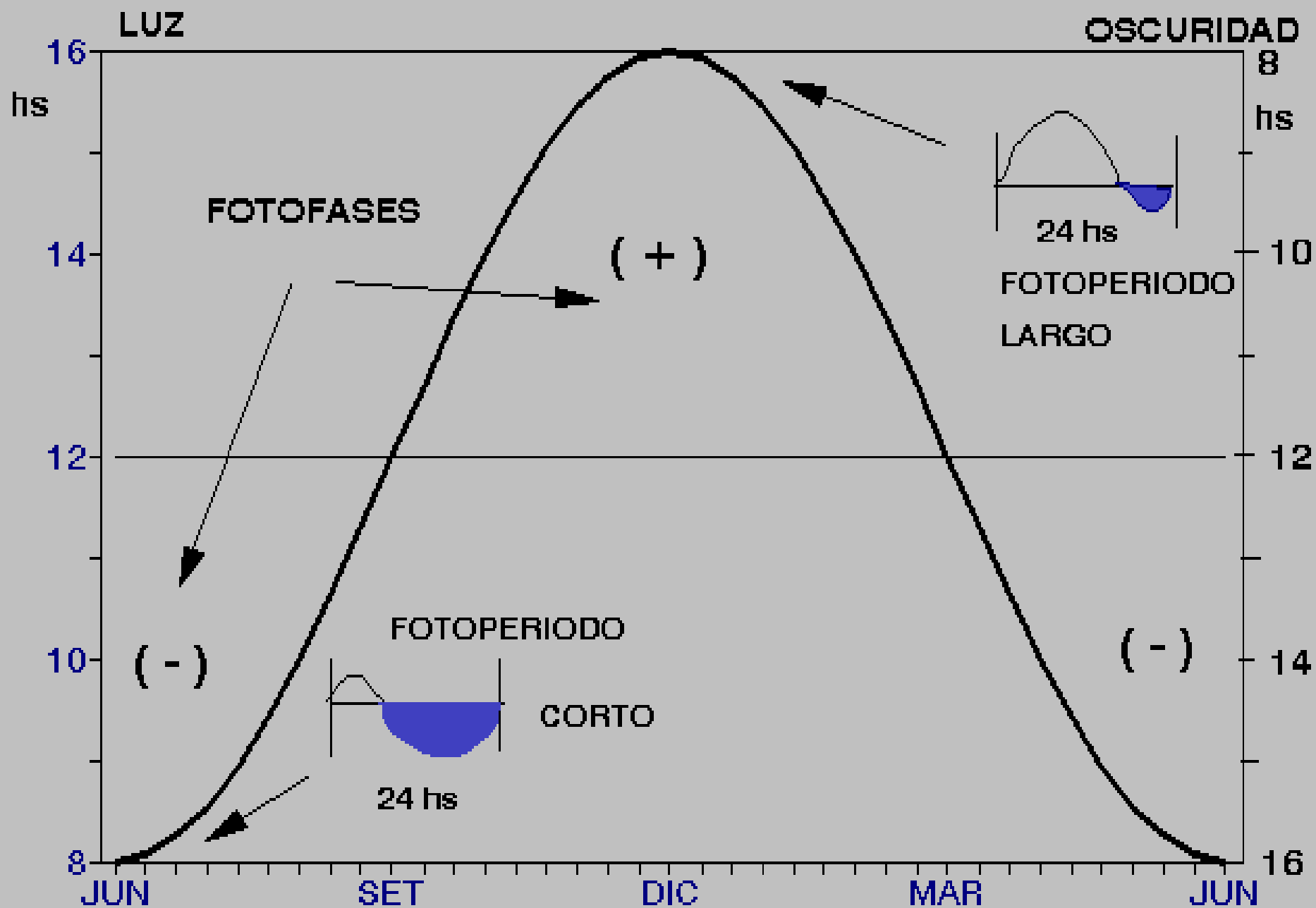





Acción fotoestimulante

- Es la acción que ejerce el fotoperíodo en el desarrollo del vegetal.

- 
- **Fotoperíodo:** Lapso de tiempo en horas y fracción que dura el día civil más la duración de los crepúsculos matutino y vespertino.
 - **Fotoperiodismo:** Es la reacción de las plantas a la longitud relativa de los períodos de luz y oscuridad y su orden de alternancia.




- 
- ***Plantas de día corto:*** con los días cortos (duración menor que un valor crítico) aceleran su ciclo y florecen. Con ciclo vegetativo estival, florecen en verano o a comienzos del otoño. Ej. tabaco, soja, maíz, algodón, arroz.

- ***Plantas de día largo***: con días largos (superior a un valor crítico) florecen.
- Ciclo vegetativo en otoño e invierno florecen en primavera con los días alargándose. Ej: lechuga, amapola, remolacha, rábanos, cereales finos.



• ***Plantas indiferentes:*** no manifiestan exigencias fotoperiódicas.

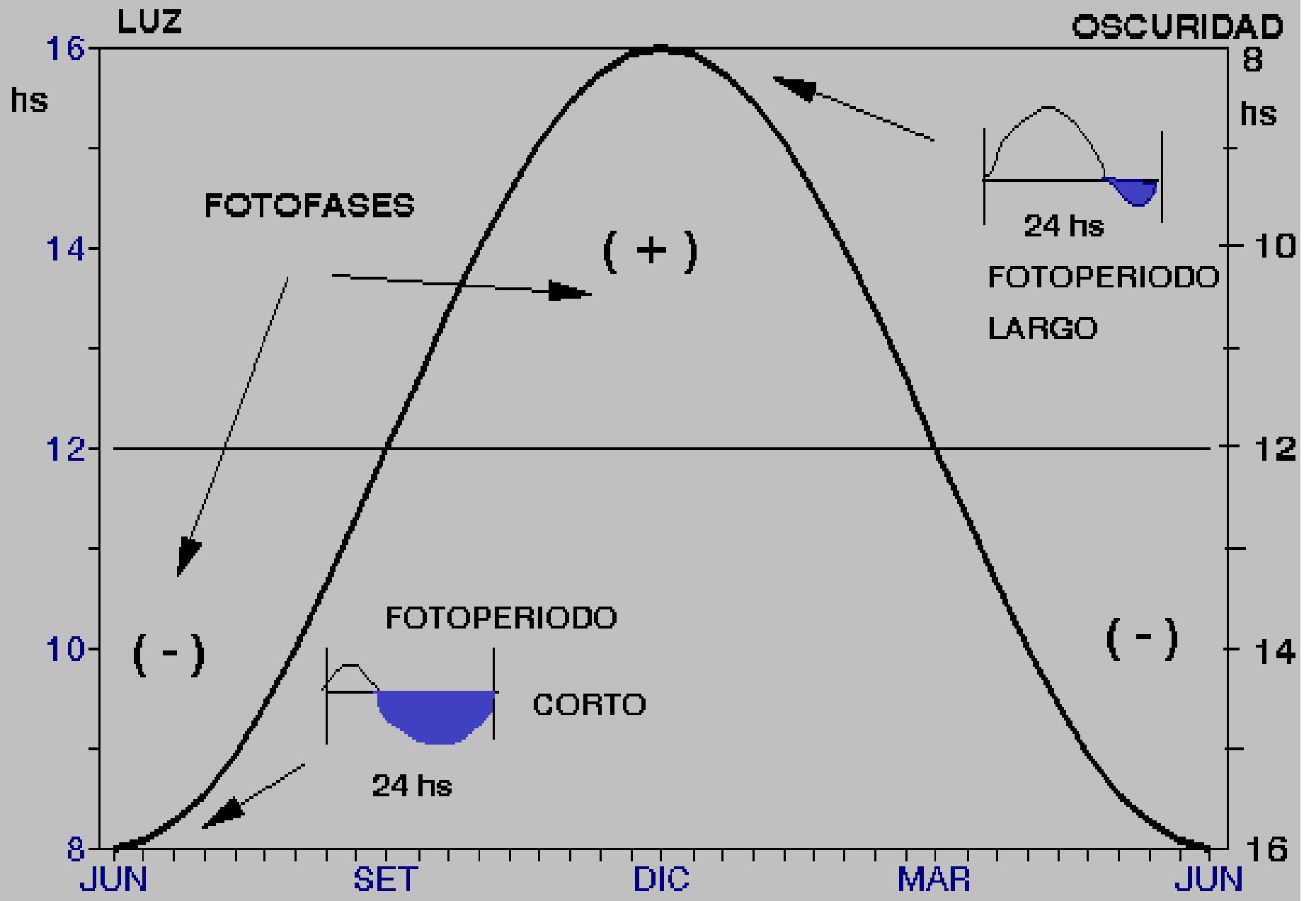
- **Cumplen un tiempo de crecimiento vegetativo y luego florecen independientemente del fotoperíodo, Ej. tomate, girasol, arveja -algunas variedades- y otros.**

- 
- ***Plantas intermedias:*** son aquéllas que para producir flores requieren períodos de luz de (11 a 13 horas).
 - Ej. Trigo –algunos cultivares- y caña de azúcar.



CLASIFICACIÓN SEGÚN REACCIÓN DE LOS TEJIDOS

- ***Afotocíclicas:*** especies con tejidos activos a la luz en una de las fases del ciclo anual del fotoperíodo. Ej: el maíz.
- ***Parafotocíclicas:*** especies que presentan tejidos activos a la luz en las dos fases del ciclo anual de la duración del día (sin completarlo). Ej. : el trigo
- ***Fotocíclicas:*** presentan tejidos activos a la luz, durante un ciclo o más. Ej. el naranjo.



Planta de Día Largo (PDL)



Fotoperíodo mayor de cierto nº de horas/día



Fotoperíodo menor de cierto nº de horas/día

Planta de Día Neutro (PDN)



Fotoperíodo mayor de cierto nº de horas/día



Fotoperíodo menor de cierto nº de horas/día

Planta de Día Corto (PDC)



Fotoperíodo mayor de cierto nº de horas/día



Fotoperíodo menor de cierto nº de horas/día

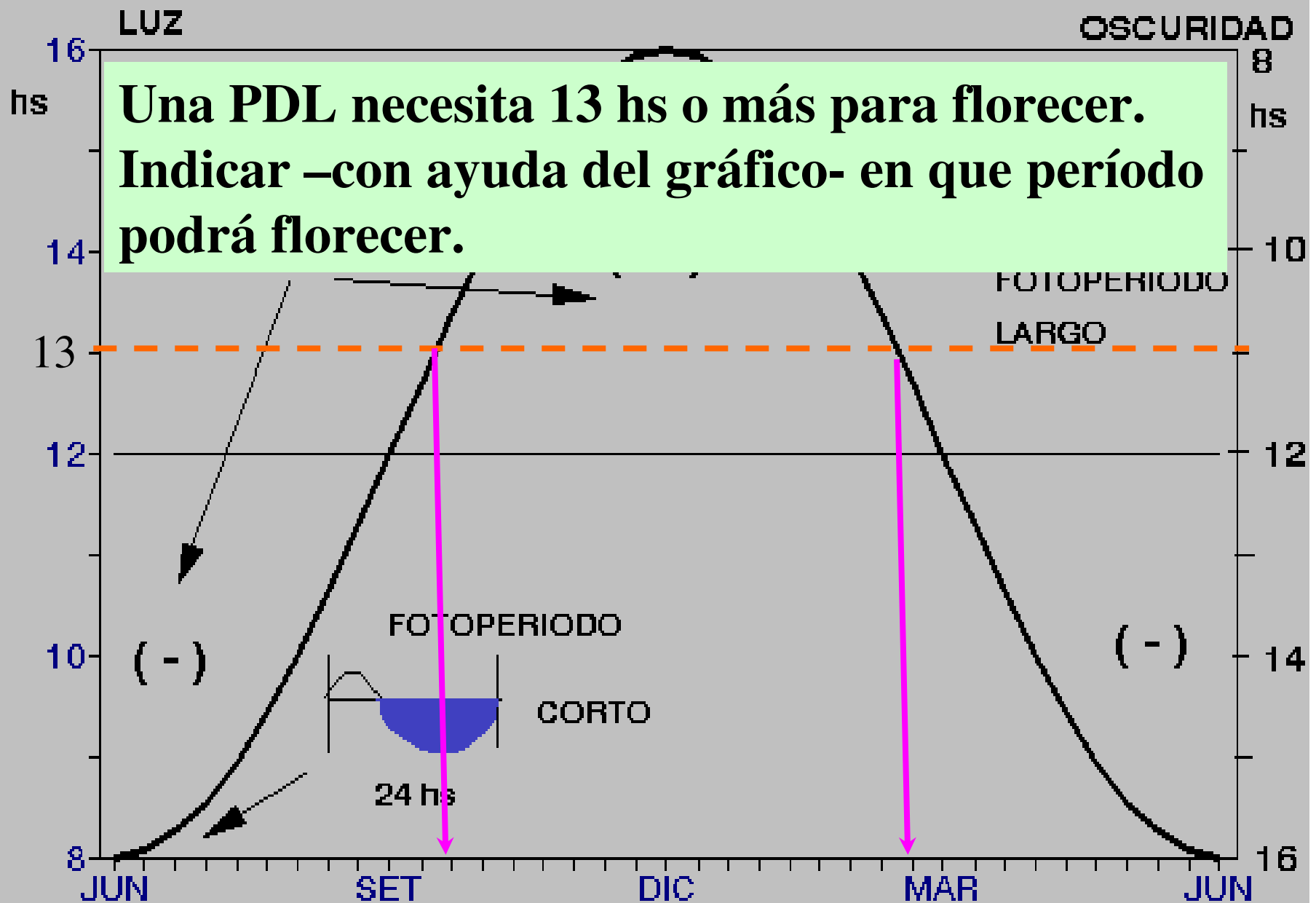
Planta de Día Intermedio (PDI)



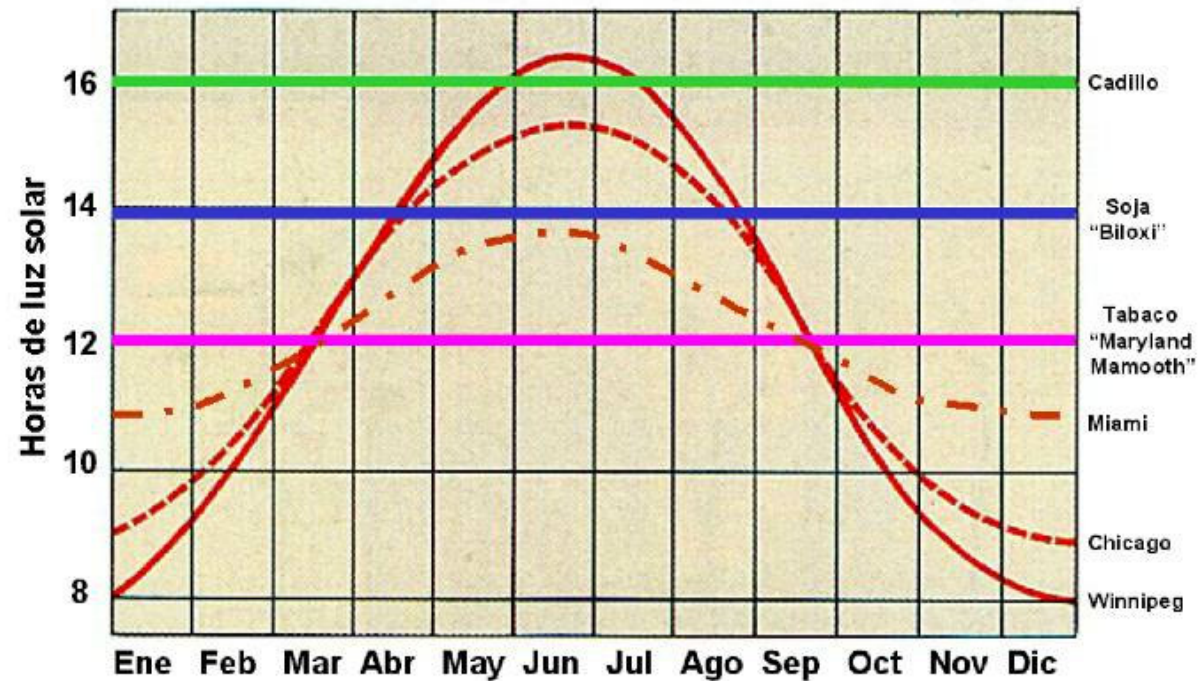
Fotoperíodo mayor o menor que cierto nº de horas/día

Fotoperíodo intermedia

Respuesta de la floración de las plantas al fotoperíodo.



Fotoperíodo efectivo de tres plantas de día corto diferentes (el cadillo, 16 horas; la soja “Biloxi”, 14 horas; el tabaco, “Maryland Mammoth”, 12 horas).



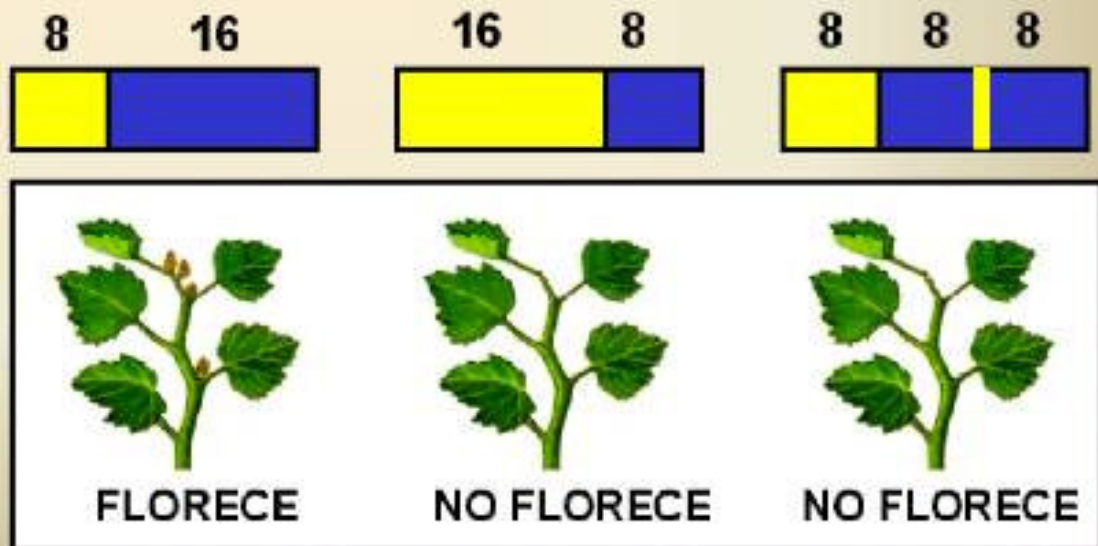
El fotoperiodismo es la respuesta biológica a un cambio en las proporciones de luz y oscuridad que tiene lugar en un ciclo diario de 24 horas

Experiencias de Hammer y Bonner con el cadillo (*Xanthium strumarium*)

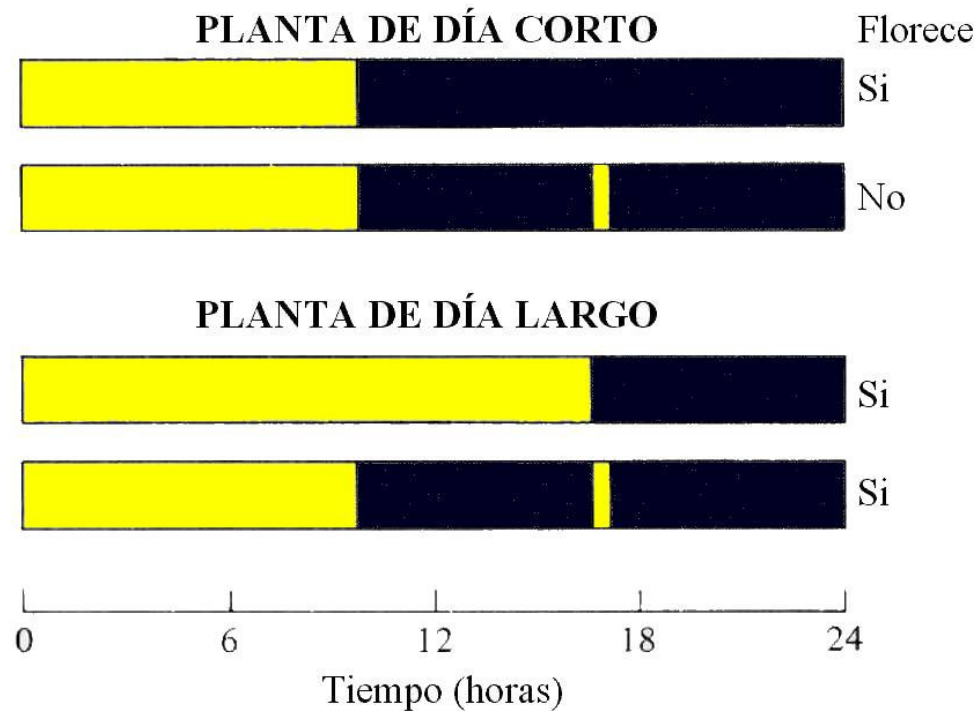
El cadillo, PDC que ha sido importante en los estudios de fotoperiodicidad. Cada "erizo" es una inflorescencia de 2 flores.



- ✓ Era una PDC y necesitaba 16 h o menos de luz por ciclo de 24 horas para florecer.
- ✓ La parte de la planta que recibía el fotoperíodo era la hoja. No se inducía la floración en plantas totalmente desfoliadas.
- ✓ Una sola exposición, en condiciones experimentales, de un día de ciclo corto inducía la floración 2 semanas más tarde, aunque la planta fuera devuelta a condiciones de día largo.
- ✓ Si el período de oscuridad se interrumpía en cualquier punto, aunque fuera con una bombilla de 25 wátios durante 1 minuto, la floración no se producía.
- ✓ En cambio, la interrupción con oscuridad del periodo iluminado no surtía efecto alguno en la floración.
- ✓ Experiencias similares con otras PDC.
- ✓ Las PDC necesitaban periodos de oscuridad ininterrumpida.



Las plantas controlan el fotoperíodo midiendo las horas de oscuridad.



Respuesta a la interrupción del período de oscuridad