

***movimiento de traslación de  
la tierra alrededor del sol***

**que observamos?**

**el sol participa del movimiento diurno:  
sale y se pone cada día describiendo  
arcos paralelos al ecuador**

**los puntos del horizonte de salida y  
puesta, así como la altura máxima  
alcanzada cada día por el Sol,  
varían a lo largo del año**

**el Sol se desplaza  $\approx 1^\circ$  por día hacia el  
este con respecto a las estrellas fijas**

**las estrellas salen 4 minutos más  
temprano cada día**

**las estrellas que podemos ver en el cielo  
a lo largo del año no son las mismas**

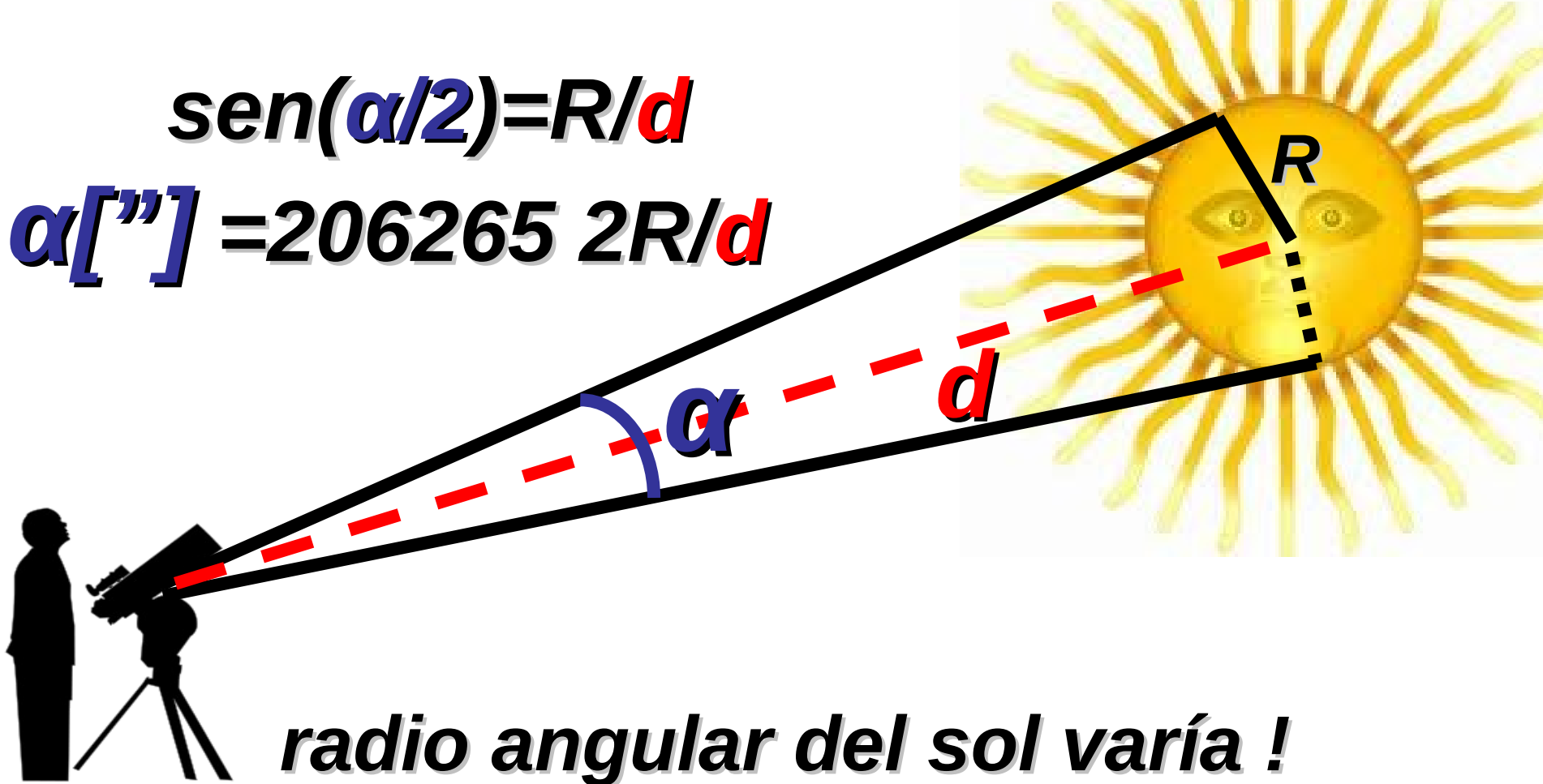
***se mueve el sol alrededor de la tierra o la tierra alrededor del sol?***

***no puede saberse sólo con observaciones del sistema solar***

- ***aberración de la luz***
  - ***paralaje de la estrellas***
  - ***efecto Doppler***
- 
- es la tierra  
la que se  
mueve!***

$$\text{sen}(\alpha/2) = R/d$$

$$\alpha[""] = 206265 \cdot 2R/d$$



*radio angular del sol varía !*

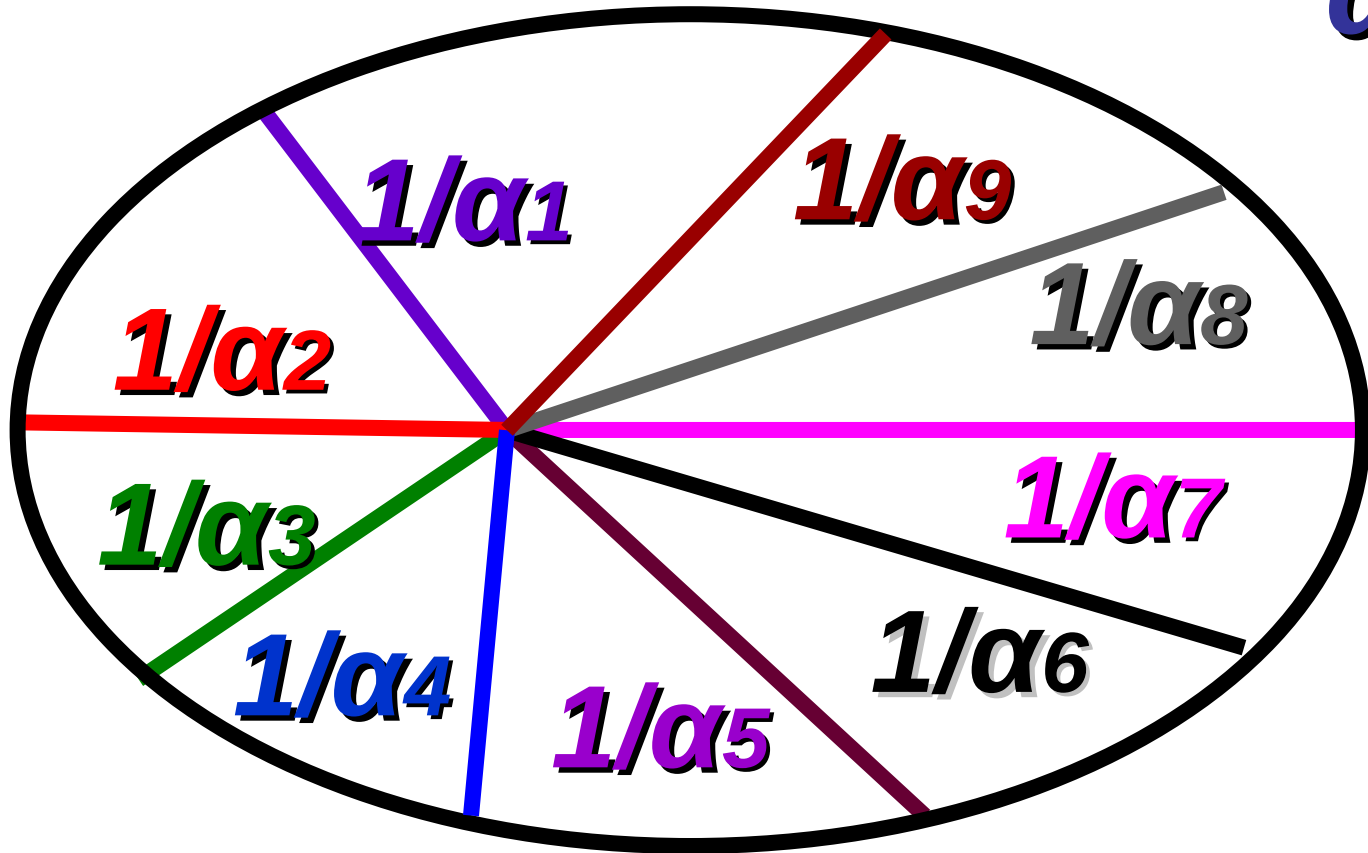
$$31' 28'' \leq \alpha_{\odot} \leq 32' 32''$$



*varía la distancia entre la tierra y el sol*

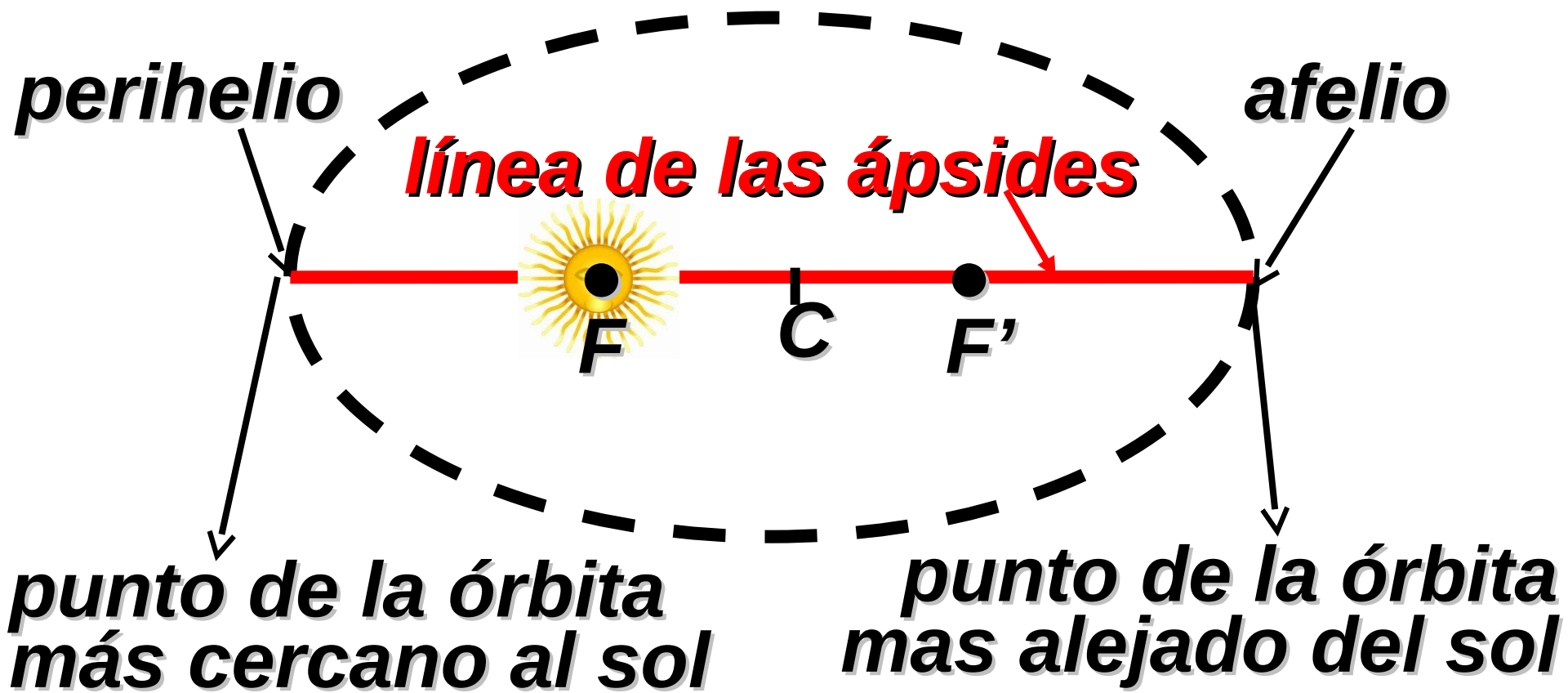
$$147100000\text{km} \leq d_{T\odot} \leq 152100000\text{km}$$

$$\alpha["'] = 206265 \frac{2R}{d} \Rightarrow d \sim \frac{1}{\alpha}$$



con los radios angulares solares observados puede construirse la forma de la órbita aparente del sol alrededor de la tierra

# órbita de la tierra alrededor del sol elipse con el sol en uno de los focos



**muy baja excentricidad: 0.017**  
**muy próxima a una circunferencia**

# **eclíptica**

***plano de la órbita de la Tierra  
alrededor del Sol***

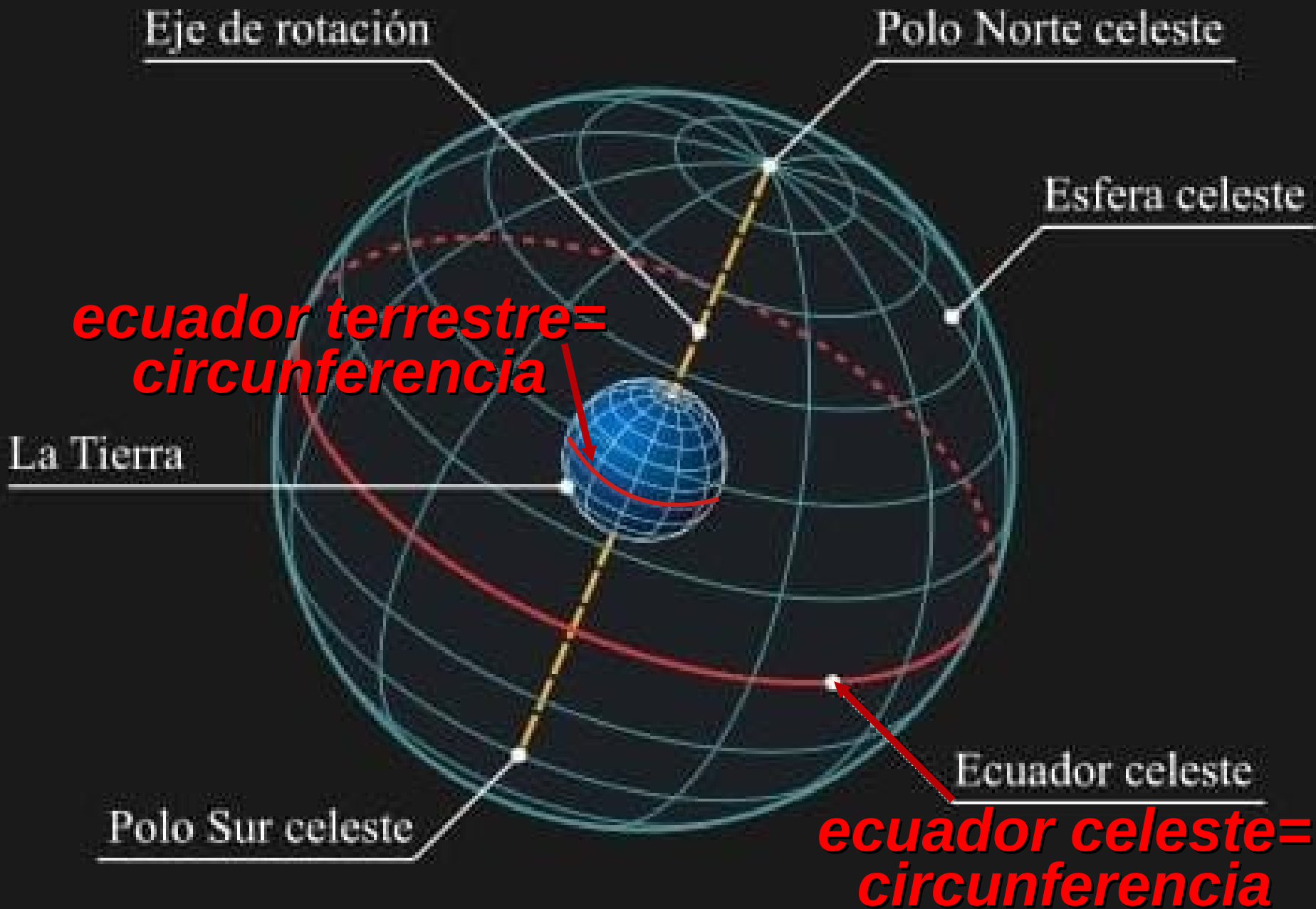
***órbita aparente del sol alrededor  
de la Tierra***

**eje perpendicular a la eclíptica:**

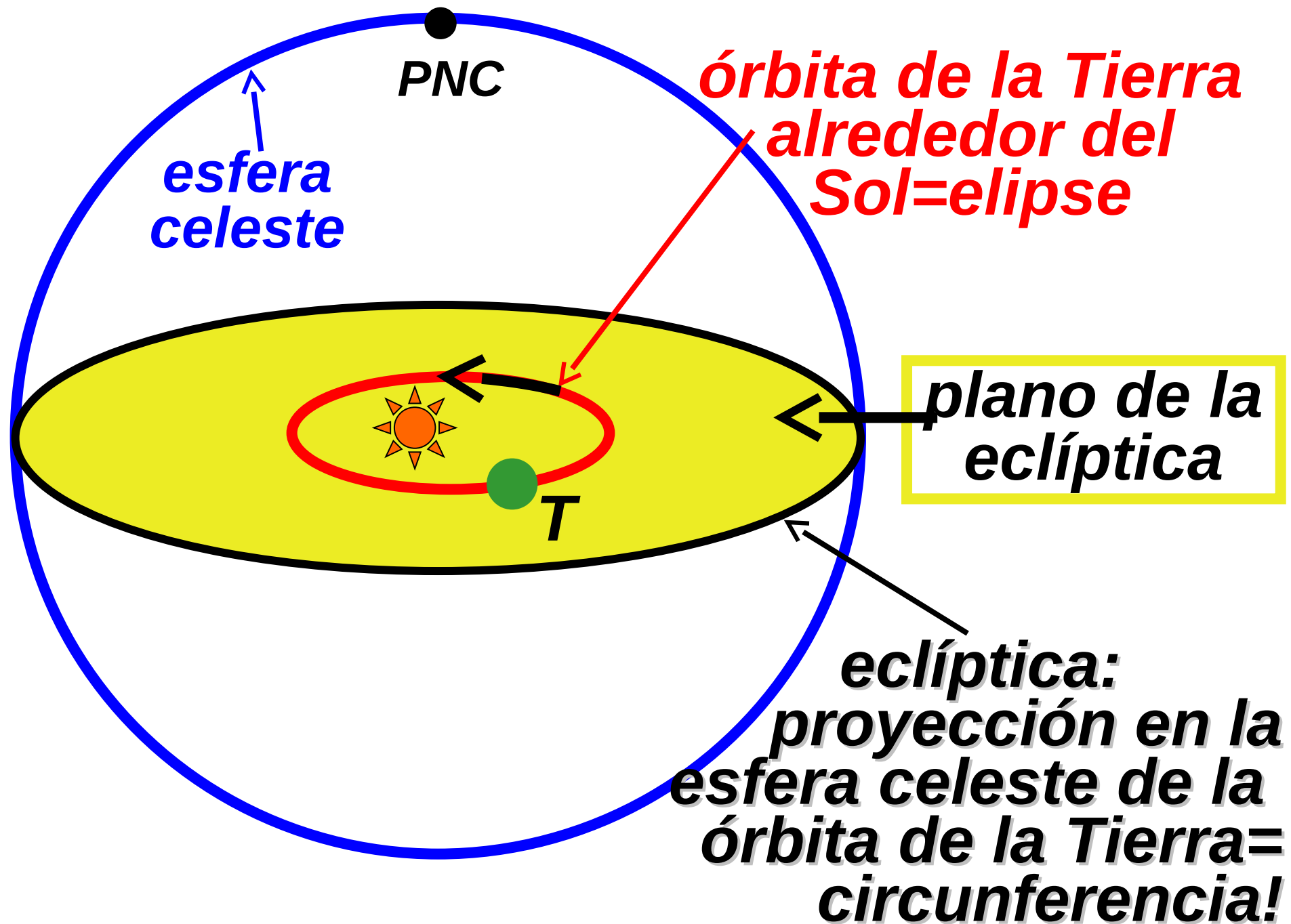
***eje ecliptical***

***el eje de rotación de la tierra está inclina-  
do con respecto al plano de su órbita  
ángulo entre el eje de la eclíptica y el eje  
de los polos celestes = ángulo entre la  
eclíptica y el ecuador:  $\varepsilon=23^{\circ},27'$***

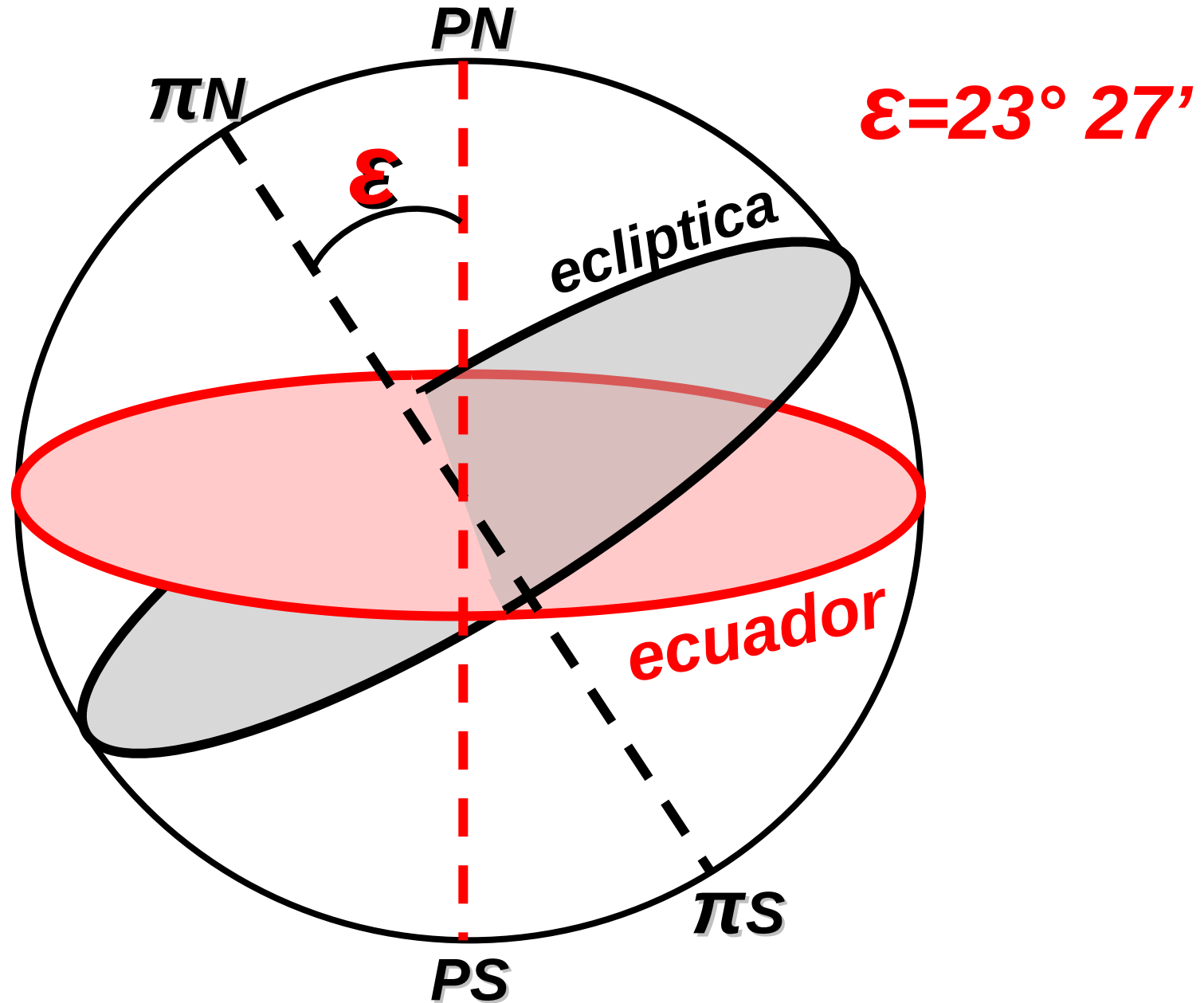
***oblicuidad de la eclíptica***







# posición relativa ecuador-eclíptica



**zodiaco: zona de la esfera celeste  $8^{\circ}$  a cada lado de la eclíptica**



# **zodiaco**

**banda sobre la esfera celeste que se extiende aproximadamente 8 grados a cada lado de la eclíptica por la que aparentemente se desplazan el sol y los planetas**

**las constelaciones que se encuentran en esa región del cielo son las llamadas constelaciones del zodiaco**

**el sol en su recorrido anual aparente en el cielo permanece entre 7 y 45 días en cada una de las 13 constelaciones del zodiaco**

**ARIES: 19 de abril - 13 de mayo**

**TAURO: 14 de mayo - 19 de junio**

**GEMINIS: 20 de junio - 20 de julio**

**CANCER: 21 de julio - 9 de agosto**

**LEO: 10 de agosto al 15 de septiembre**

**VIRGO: 16 de septiembre - 30 de octubre**

**LIBRA: 31 de octubre - 22 de noviembre**

**ESCORPIO: 23 - 29 de noviembre**

**OFIUCO: 30 de noviembre -17 de diciembre**

**SAGITARIO: 18 de diciembre - 18 de enero**

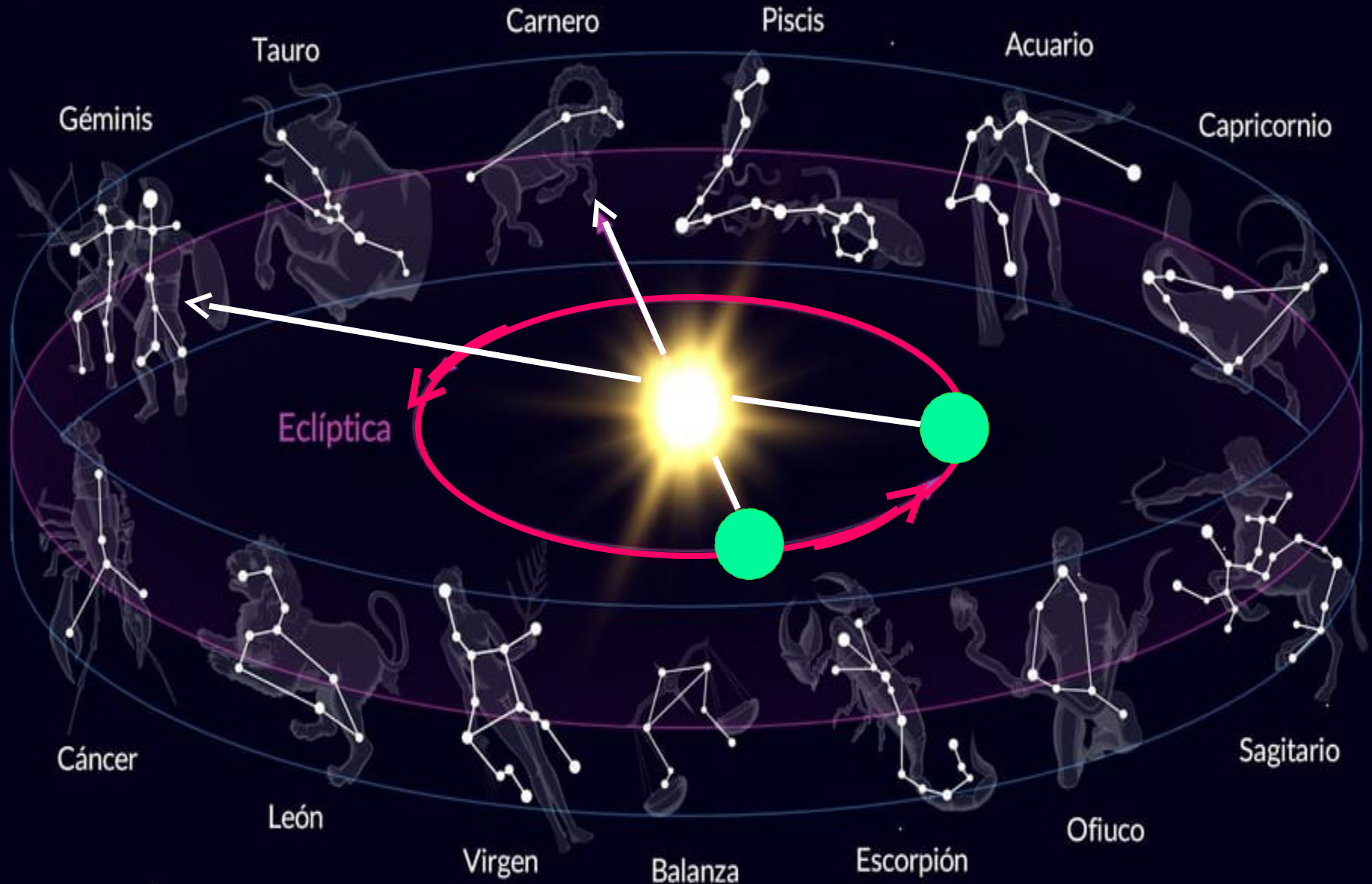
**CAPRICORNIO: 19 de enero - 15 de febrero**

**ACUARIO: 16 de febrero - 11 de marzo**

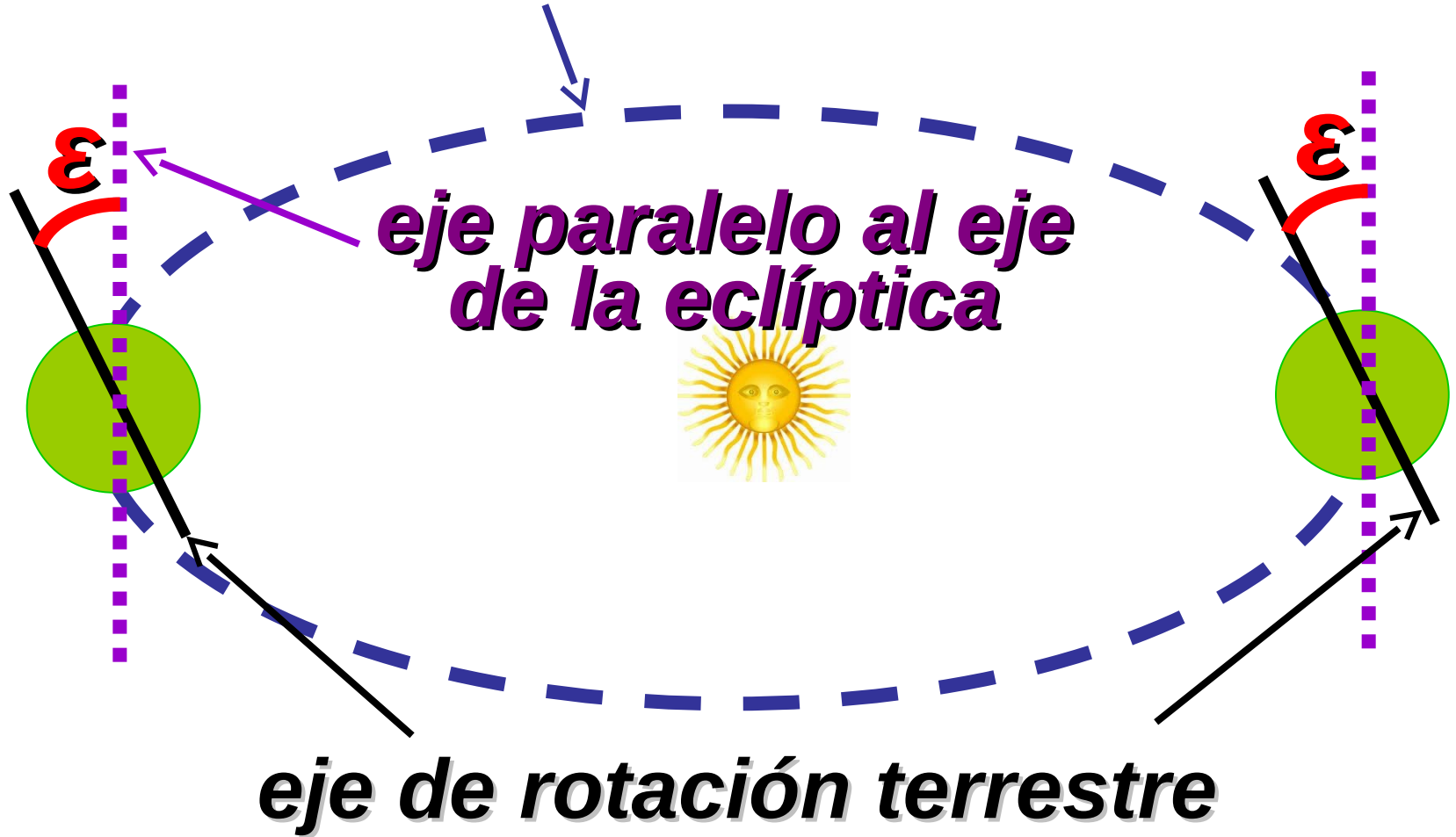
**PISCIS: 12 de marzo - 18 de abril**



# *constelaciones del zodíaco*

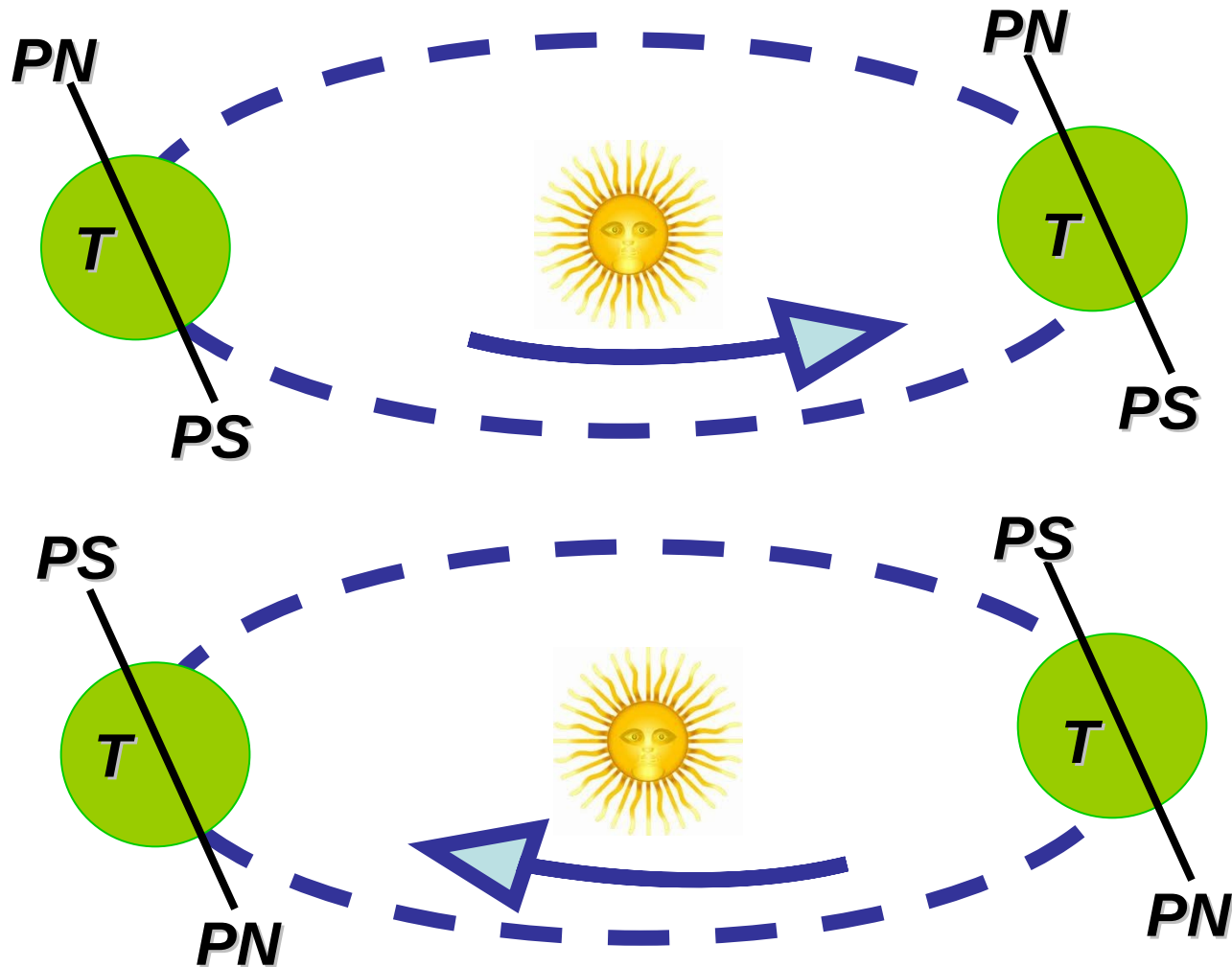


# ***órbita de la tierra alrededor del sol considerada circular***



***se mantiene paralelo a si mismo durante  
el tiempo de traslación alrededor del Sol***

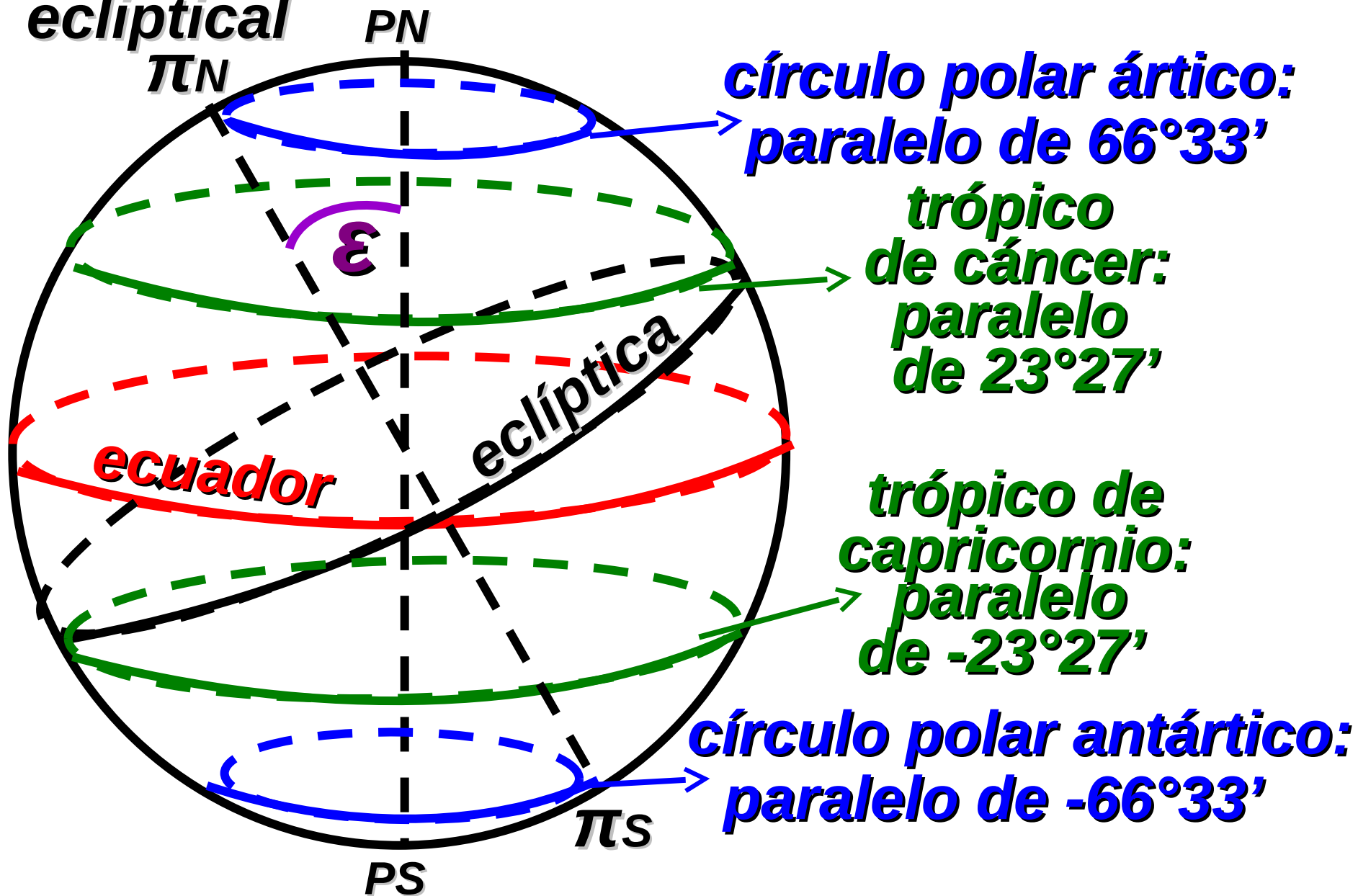
**la tierra describe su órbita alrededor del sol en sentido directo**  
**el sol describe su órbita aparente alrededor de la tierra en sentido directo**

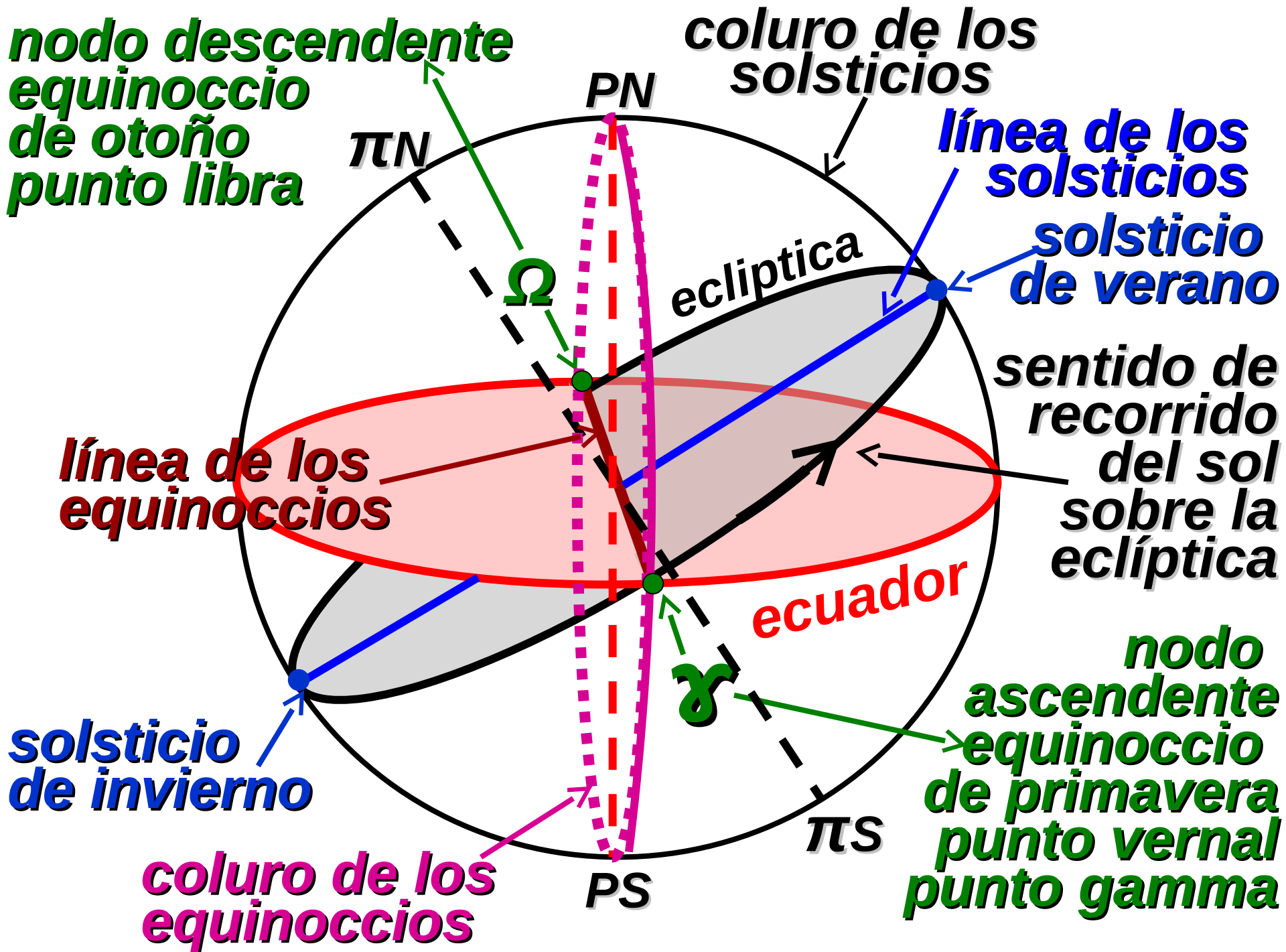




**polo norte  
ecliptical**

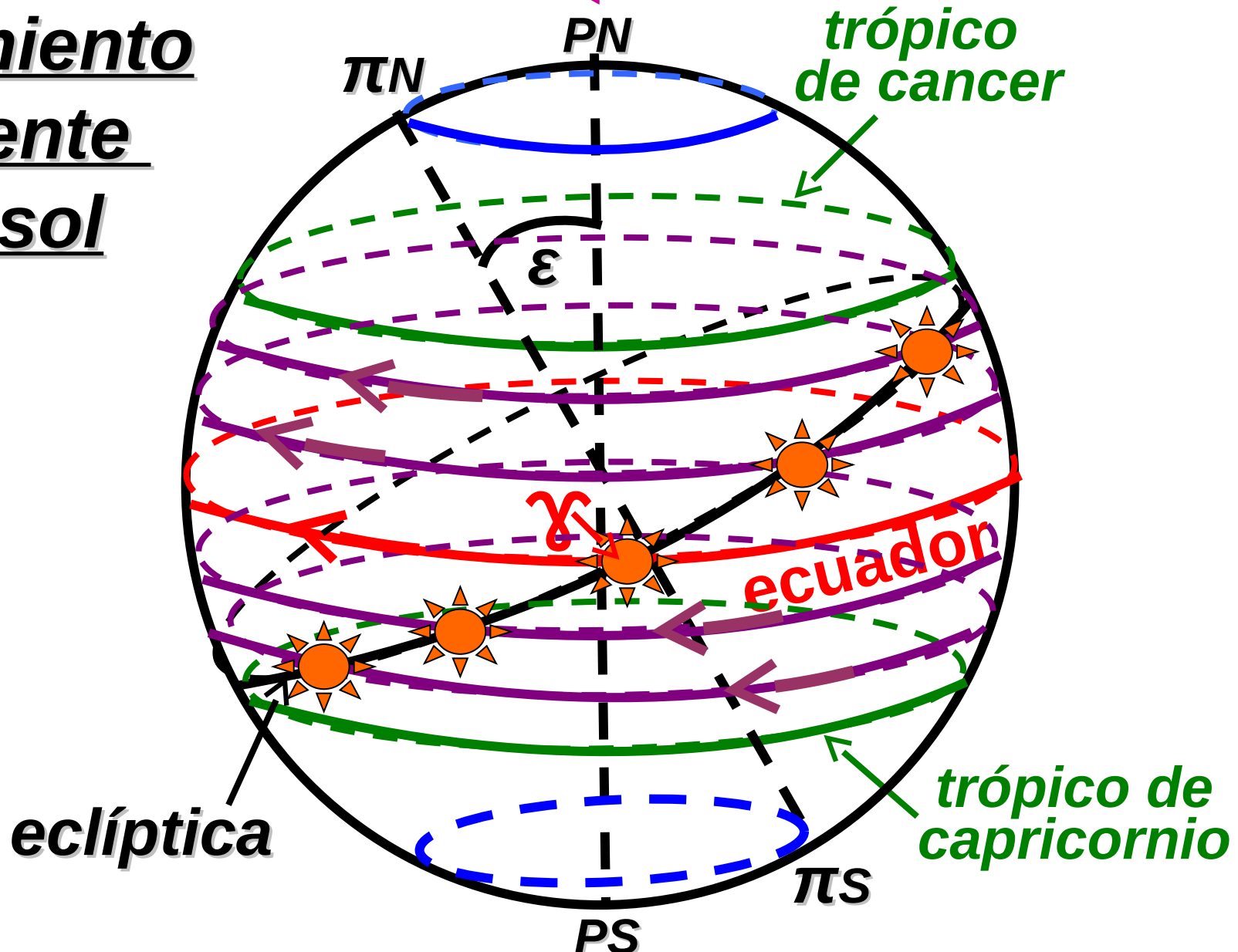
## nuevos elementos





*movimiento  
diurno*

*movimiento  
aparente  
del sol*



***debido a la combinación del movimiento de rotación de la tierra alrededor de su eje y el de traslación alrededor del sol, el sol describe aparentemente un paralelo por día, desde el trópico de cáncer (20-21/6, solsticio de verano) hasta el trópico de capricornio (21-22/12, solsticio de invierno), recorriendo el ecuador dos veces al año (20-21/3, equinoccio de primavera, y 22-23/9, equinoccio de otoño).***

# altura alcanzada por el sol cada día en distintas latitudes

a)  $|\varphi| \geq 23^\circ 27'$

**$h$  del sol en su  
culminación superior:**

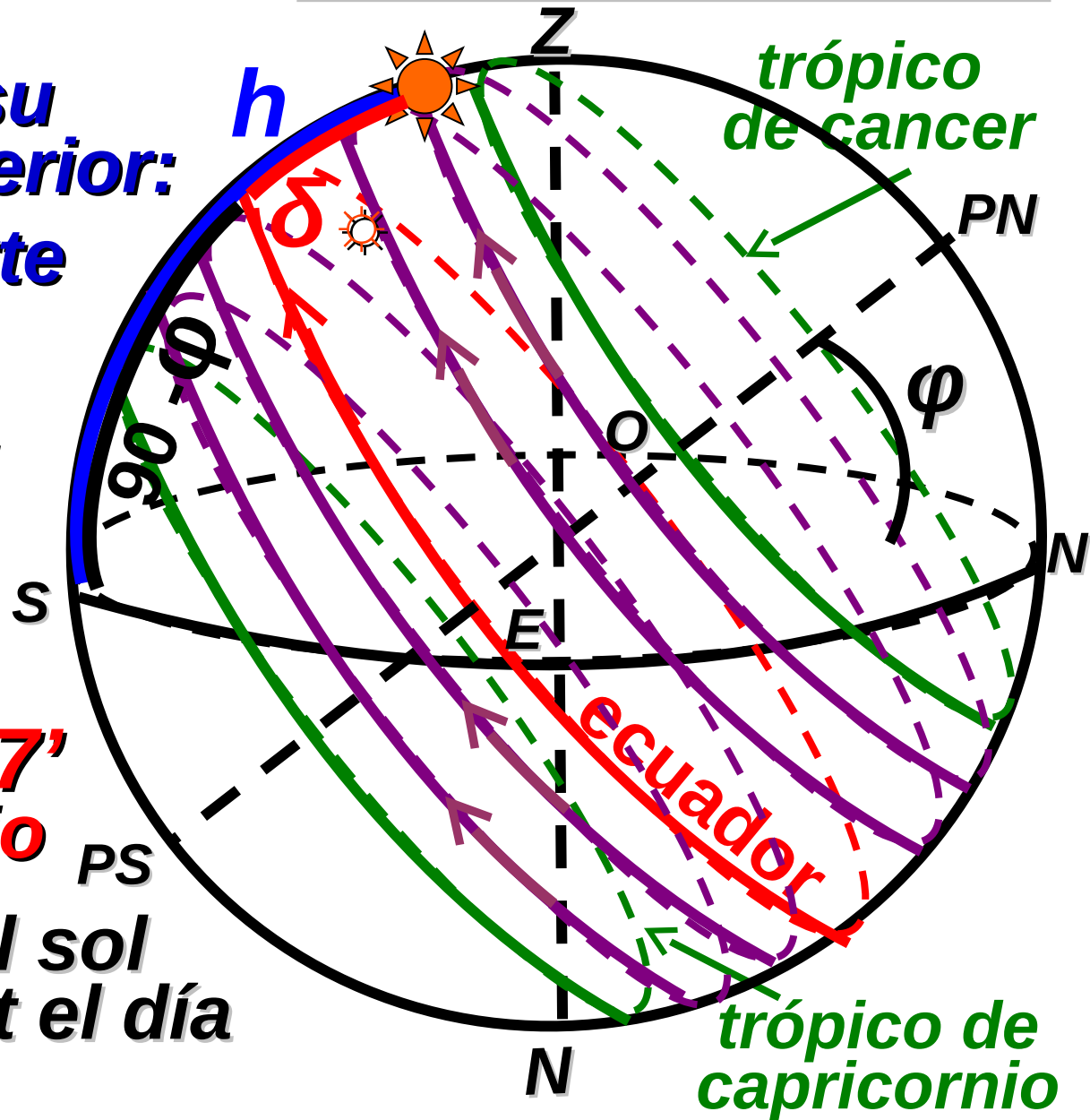
**latitud norte**

$$90^\circ - |\varphi| \pm \delta$$

**latitud sur**

**$h$  máxima  
alcanzada por el  
sol en el año:  
 $90^\circ - |\varphi| + 23^\circ 27'$   
el día del solsticio**

**si  $|\varphi| = 23^\circ 27'$  el sol  
alcanzará el zenit el día  
del solsticio**



***h del sol en su  
culminación superior :***

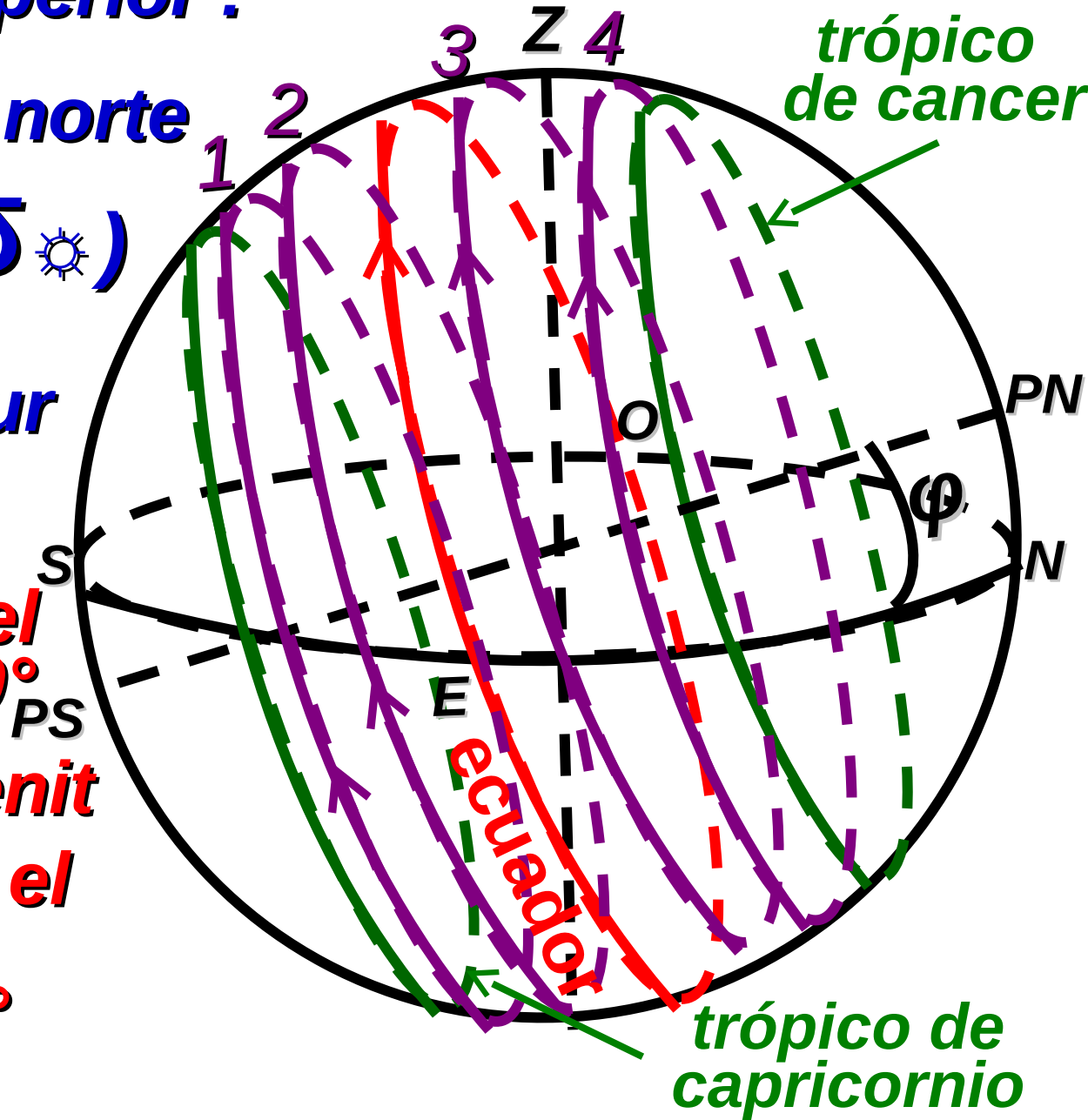
***1, 2 y 3 latitud norte***

$$90^\circ \pm (-|\varphi| \pm \delta_{\odot})$$

***latitud sur***

***h máxima  
alcanzada por el  
sol en el año:  $90^\circ$   
pasa por el el zenit  
los días en que el  
sol recorre el  
paralelo de  $\varphi^\circ$***

***b)  $|\varphi| < 23^\circ 27'$***



**en general, la altura alcanzada por el sol en un lugar de latitud  $\varphi$ , un día en el cual su declinación es  $\delta_{\odot}$  es:**

**si el sol culmina al sur del zenit**

$$90^{\circ} \pm (-\varphi + \delta_{\odot})$$

**si el sol culmina al norte del zenit**

**si  $|\varphi| \geq 23^{\circ} 27'$ :**

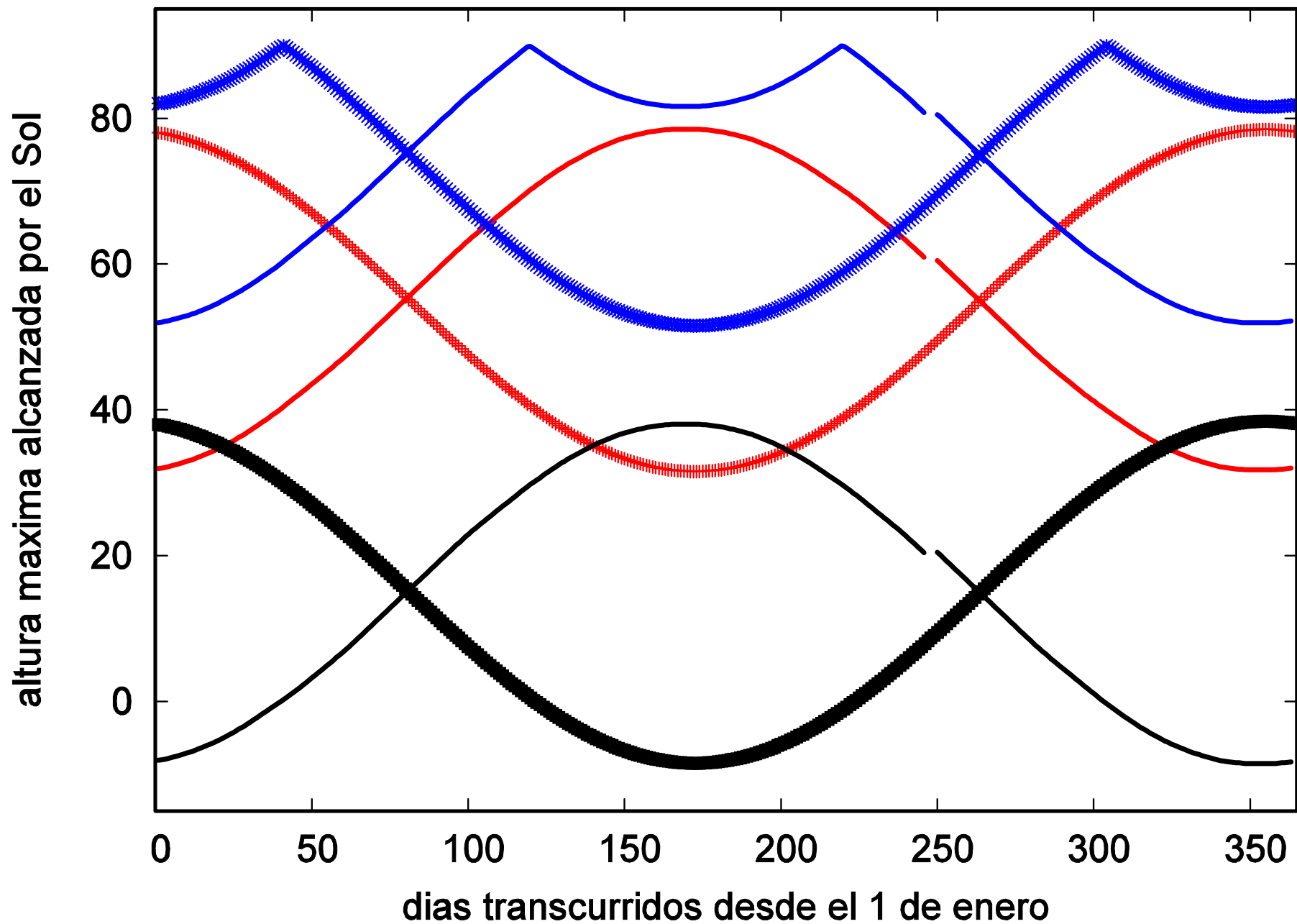
**$\varphi > 0$  el sol culmina siempre al sur del Z**

**$\varphi < 0$  el sol culmina siempre al norte del Z**

**si  $|\varphi| < 23^{\circ} 27'$ :**

**el sol culmina algunos días del año al sur del zenit y otros al norte del zenit, tanto para  $\varphi > 0$  como para  $\varphi < 0$**

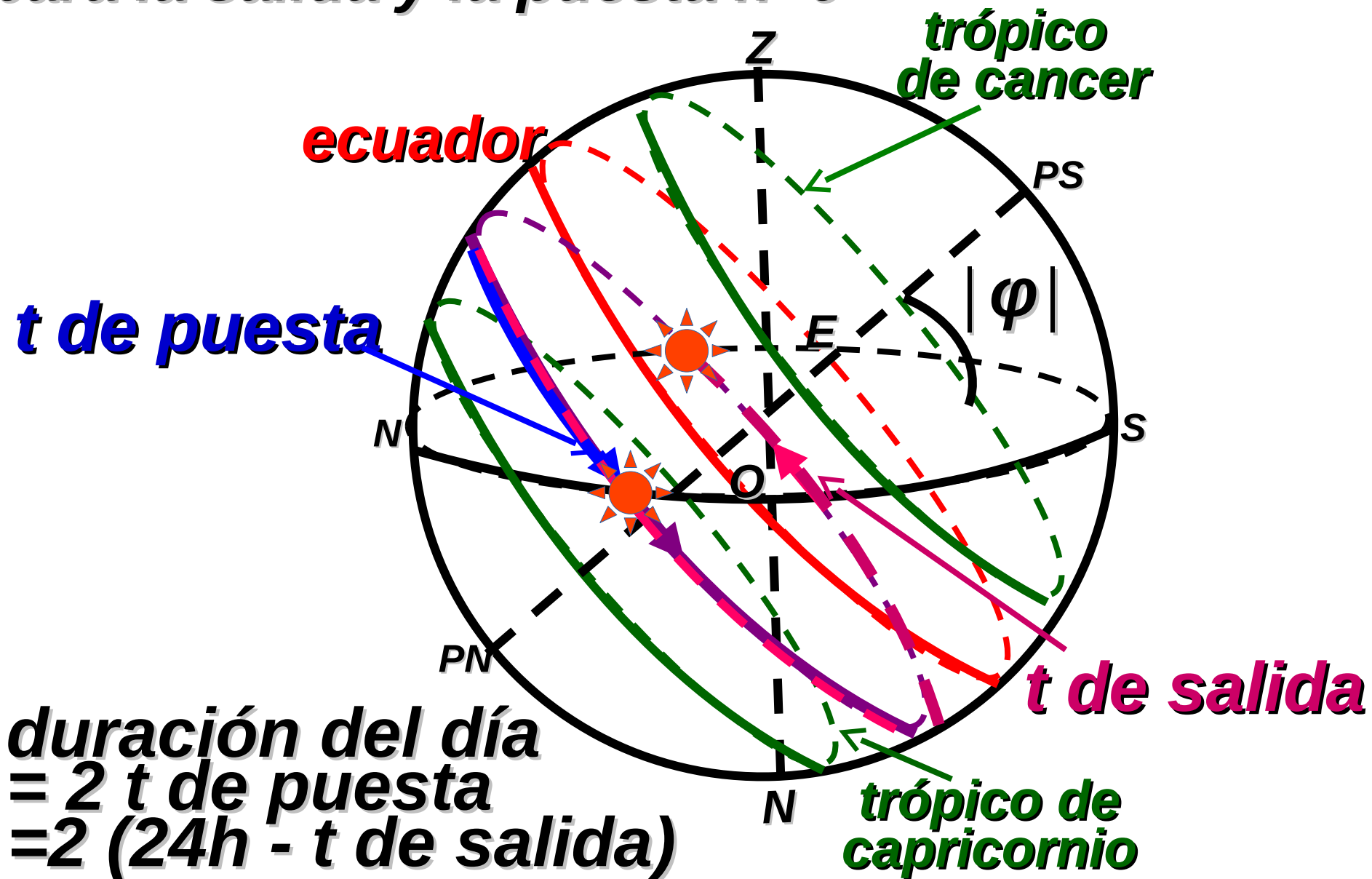
**—  $\varphi = \pm 75^\circ$     —  $\varphi = \pm 35^\circ$     —  $\varphi = \pm 15^\circ$**





# duración de los días

para la salida y la puesta  $h=0$



***fórmulas de transformación del sistema horizontal al ecuatorial local:***

$$1) \text{sen}(\delta) = \text{sen}(h)\text{sen}(\varphi) - \cos(h)\cos(\varphi)\cos(A)$$

$$2) \cos(\delta)\text{sen}(t) = \cos(h)\text{sen}(A)$$

$$3) \cos(\delta)\cos(t) = \text{sen}(h)\cos(\varphi) + \cos(h)\text{sen}(\varphi)\cos(A)$$

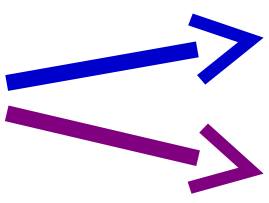
***para la salida y la puesta  $h=0$***



$$\text{de 3) } \cos(\delta)\cos(t) = \text{sen}(\varphi)\cos(A)$$

$$\text{de 1) } \text{sen}(\delta) = -\cos(\varphi)\cos(A)$$

***dividiendo m a m:  $\rightarrow \cos(t) = -\tan(\varphi)\tan(\delta)$***

***2 soluciones***   ***$t$  de puesta***  
 ***$t$  de salida***

**crepúsculo: período de tiempo de semi-claridad antes de la salida del sol o después de su puesta**

**definiciones:**

**1) crepúsculo civil:  $h_{\odot} = -6^{\circ}$**

**no se necesita luz artificial en la ciudad, pueden verse las estrellas de primera magnitud y los planetas**

**2) crepúsculo náutico:  $h_{\odot} = -12^{\circ}$**

**puede distinguirse el horizonte marítimo, pueden verse las estrellas de segunda magnitud**

**3) crepúsculo astronómico:  $h_{\odot} = -18^{\circ}$**

**pueden hacerse observaciones astronómicas, pueden verse las estrellas de sexta magnitud**

**porción atmósfera  
arriba del horizonte  
iluminada por el sol**

**vertical del lugar**

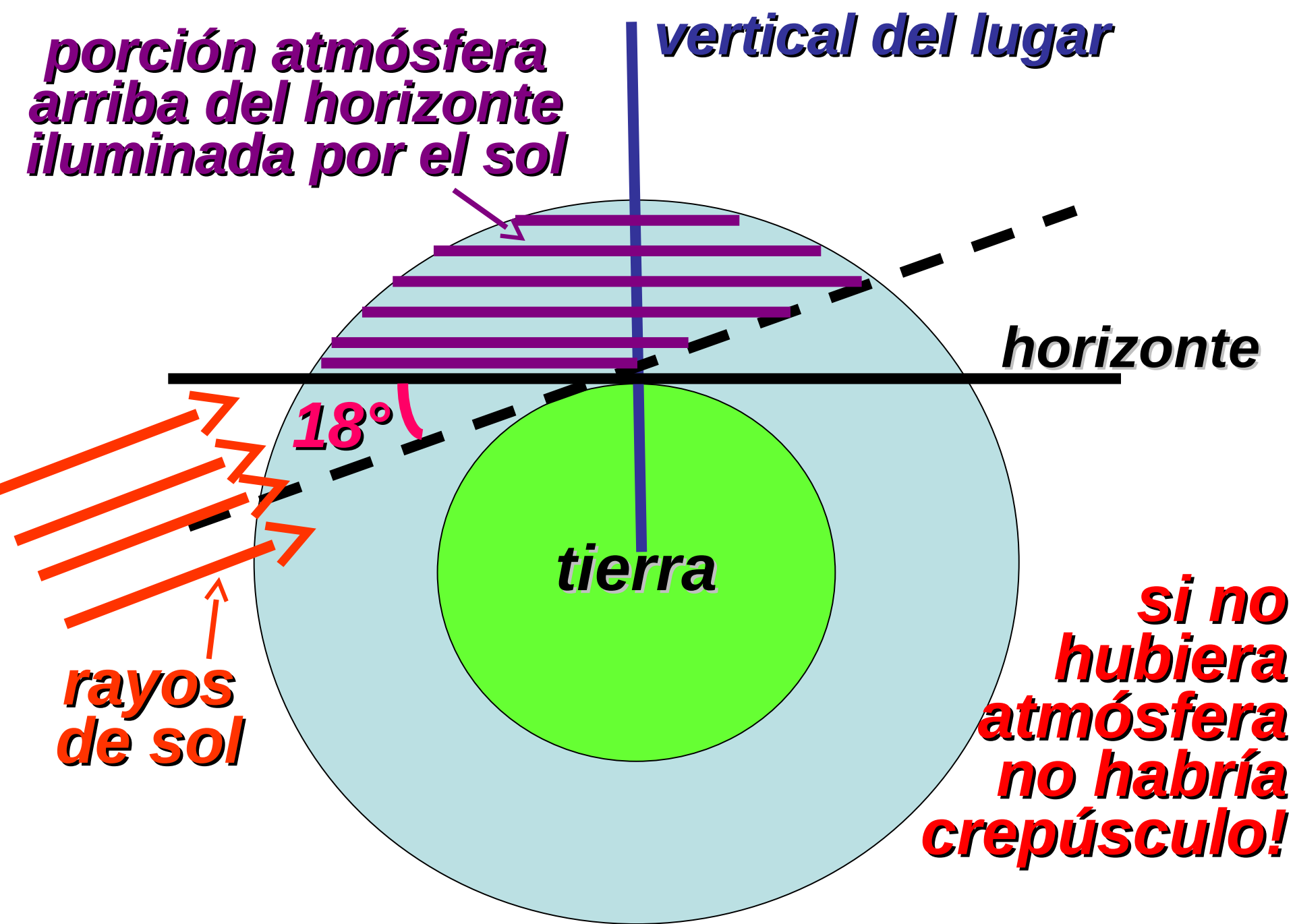
**horizonte**

**tierra**

**rayos  
de sol**

**18°**

**si no  
hubiera  
atmósfera  
no habría  
crepúsculo!**



**fórmula de transformación del sistema  
ecuatorial local al horizontal:**

$$\text{sen}(\textcolor{red}{h}) = \text{sen}(\delta)\text{sen}(\varphi) + \cos(\delta)\cos(\varphi)\cos(t)$$

***si  $h = -18^\circ$  :***

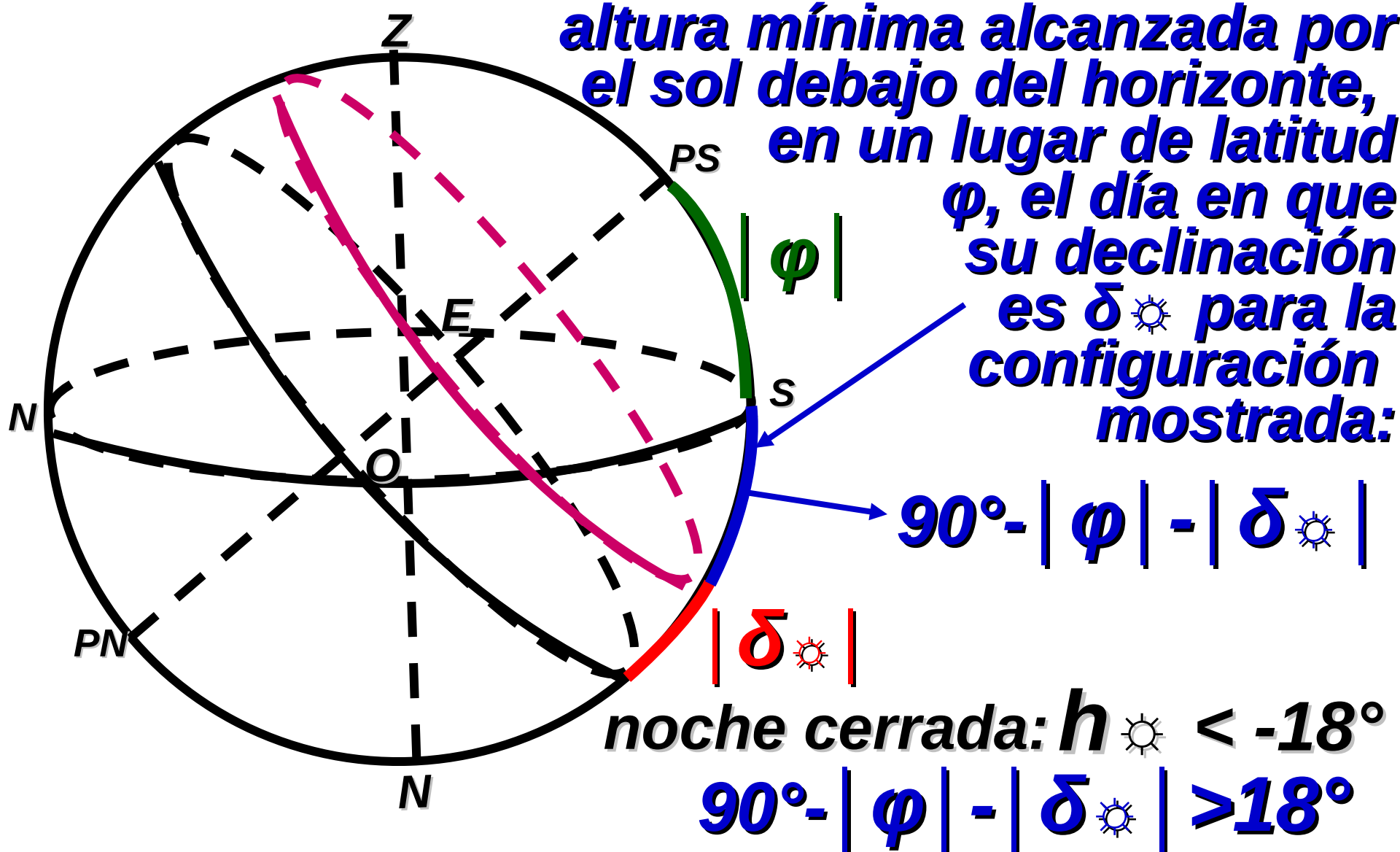
***t final del crepúsculo astronómico vespertino  
o t inicial del crepúsculo astronómico matutino***

$$\cos(\textcolor{blue}{t_c}) = \frac{\text{sen}(-18^\circ)}{\cos(\delta)\cos(\varphi)} - \tan(\delta)\tan(\varphi)$$

***para salida y puesta:  $\cos(\textcolor{blue}{t_0}) = -\tan(\varphi)\tan(\delta)$***

***duración del crepúsculo:  $|t_c - t_0|$***

***la duración del crepúsculo depende de la  
latitud del lugar y de la declinación del Sol  
es mínima en el ecuador y máxima en los polos  
es mínima en los equinoccios y máxima en los  
solsticios***



**noche cerrada  $\Rightarrow |\varphi| + |\delta_{\odot}| < 72^\circ$**

**altura mínima alcanzada por el Sol debajo del horizonte, en un lugar de latitud  $\varphi$ , el día en que su declinación es  $\delta_{\odot}$  para cualquier configuración:**

$$h_{min} = \begin{matrix} \nearrow \text{hemisferio norte} \\ \pm (\varphi \pm \delta_{\odot}) - 90^{\circ} \\ \searrow \text{hemisferio sur} \end{matrix}$$

**noche cerrada:**

$$\pm (\varphi + \delta_{\odot}) < 72^{\circ} \quad \text{si } h_{min} < -18^{\circ}$$

**noche:**

$$\pm (\varphi + \delta_{\odot}) < 90^{\circ} \quad \text{si } h_{min} < 0^{\circ}$$

**entre el polo norte y el círculo polar ártico o entre el polo sur y el círculo polar antártico el sol se encuentra entre 1 día y 6 meses al año 24 hs debajo del horizonte, y entre 1 día y 6 meses al año 24 hs arriba del horizonte**

trópico de  
capricornio

**ejemplo:  $\varphi = -75^\circ$**

**$|\varphi| = 75^\circ$**

**$23^\circ 27' - (90^\circ - |\varphi|)$   
 $= 8^\circ 27'$**

**$90^\circ - |\varphi| = 15^\circ$**

el Sol permanecerá las  
24 h sobre el horizonte el  
intervalo de días que le lleve  
recorrer los paralelos entre  
 $-15^\circ$  y  $-23^\circ 27'$  y entre  $-23^\circ 27'$  y  $-15^\circ$ , y por  
debajo del horizonte mientras recorra los  
paralelos entre  $15^\circ$  y  $23^\circ 27'$  y entre  $23^\circ 27'$  y  $15^\circ$

trópico de  
cáncer

PN

N

PS

Z

E

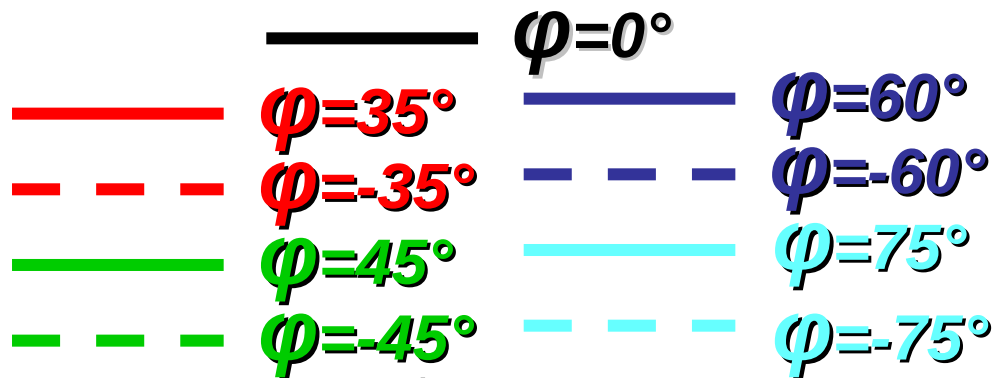
O

S

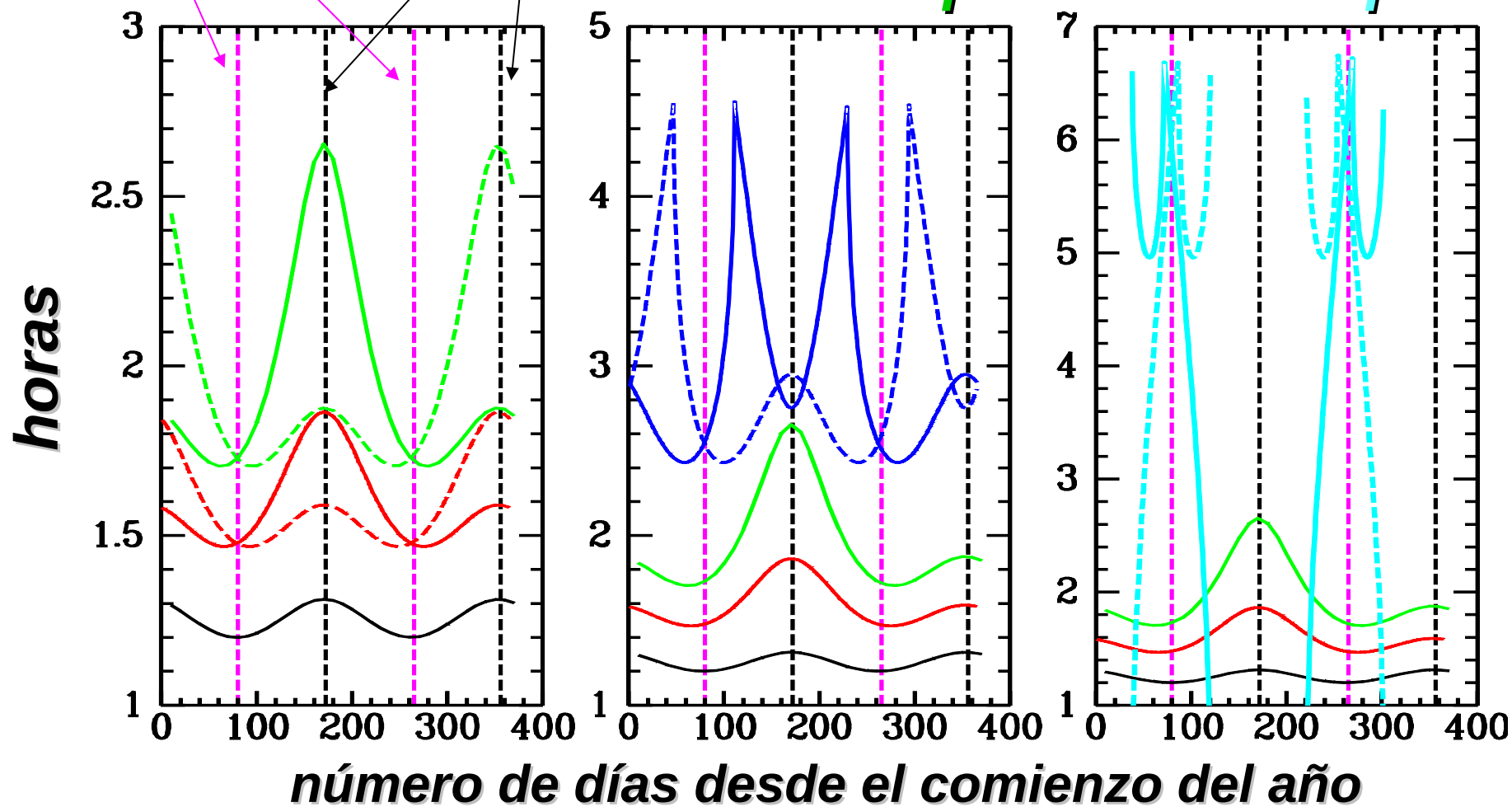
N



***duración del crepúsculo***  
***según la latitud y el día***  
***del año***



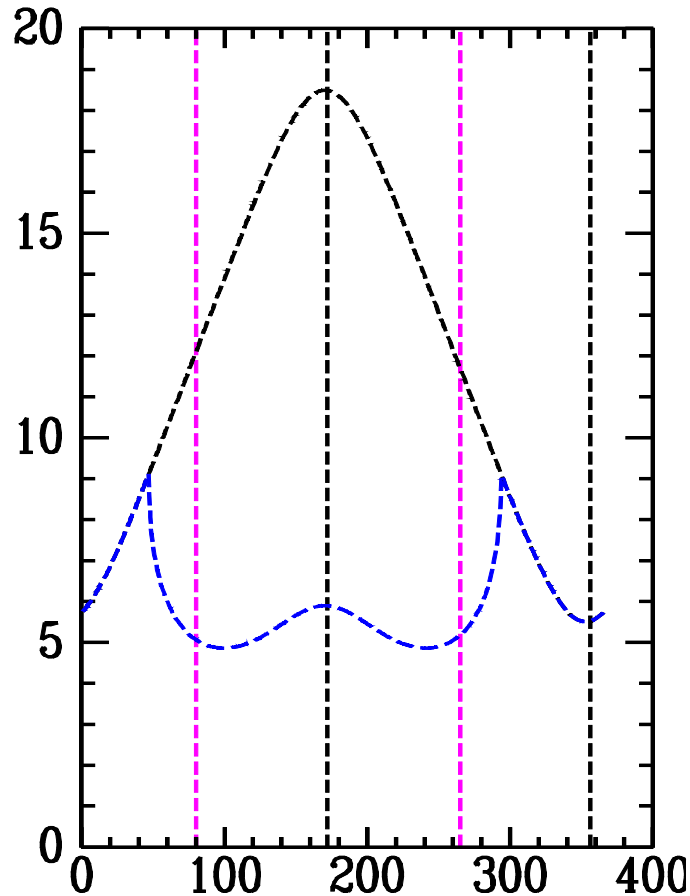
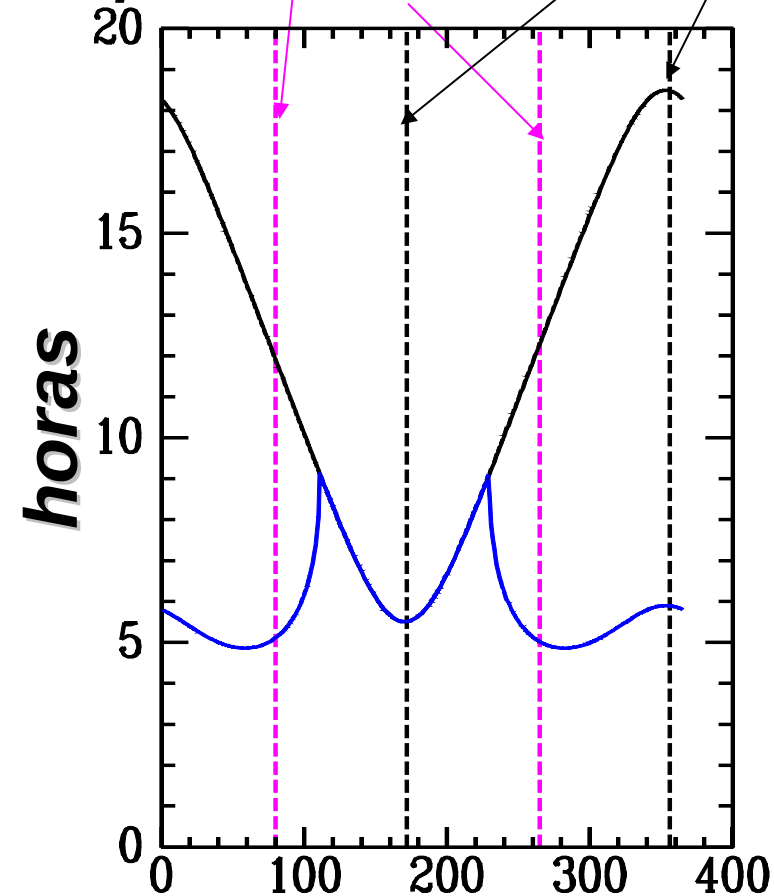
**equinoccios**      **solsticios**



**2 (duración del crepúsculo)** ——  $\varphi=60^\circ$   
- - -  $\varphi=-60^\circ$

***duración de la noche*** ——  $\varphi=60^\circ$   
- - -  $\varphi=-60^\circ$

**equinoccios** **solsticios**



***número de días desde el comienzo del año***

# estaciones

**el pasaje del sol por los solsticios y los equinoccios determina el comienzo de las estaciones**

**20-21 de marzo comienza el otoño en el hemisferio sur y la primavera en el hemisferio norte**

**20-21 de junio comienza el invierno en el hemisferio sur y el verano en el hemisferio norte**

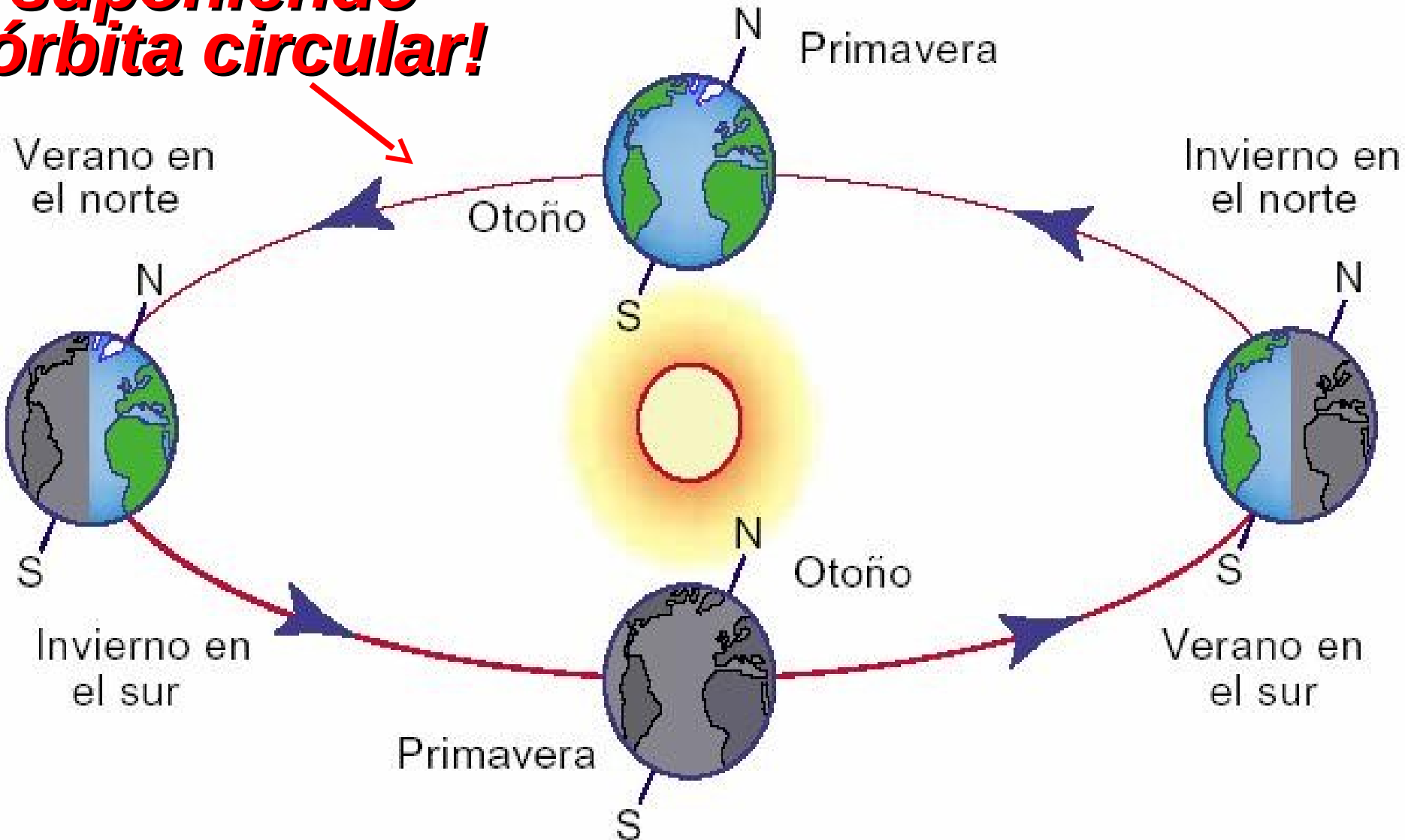
**22-23 de septiembre comienza la primavera en el hemisferio sur y el otoño en el hemisferio norte**

**21-22 de diciembre comienza el verano en el hemisferio sur y el invierno en el hemisferio norte**

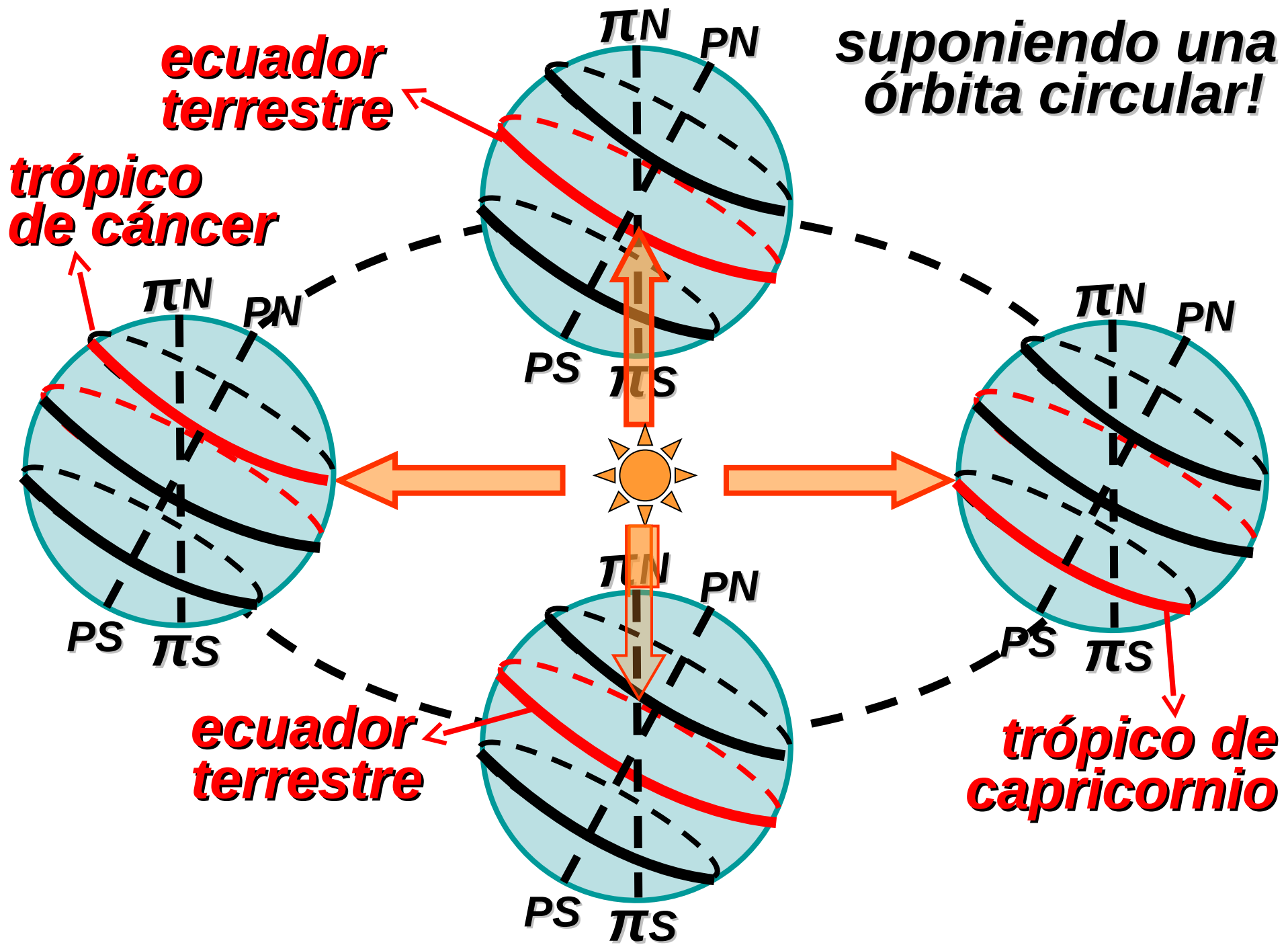
**la causa de las estaciones es la inclinación del eje de rotación terrestre con respecto al plano de la eclíptica**

# ***a lo largo del año varía la cantidad de luz solar recibida por cada hemisferio terrestre***

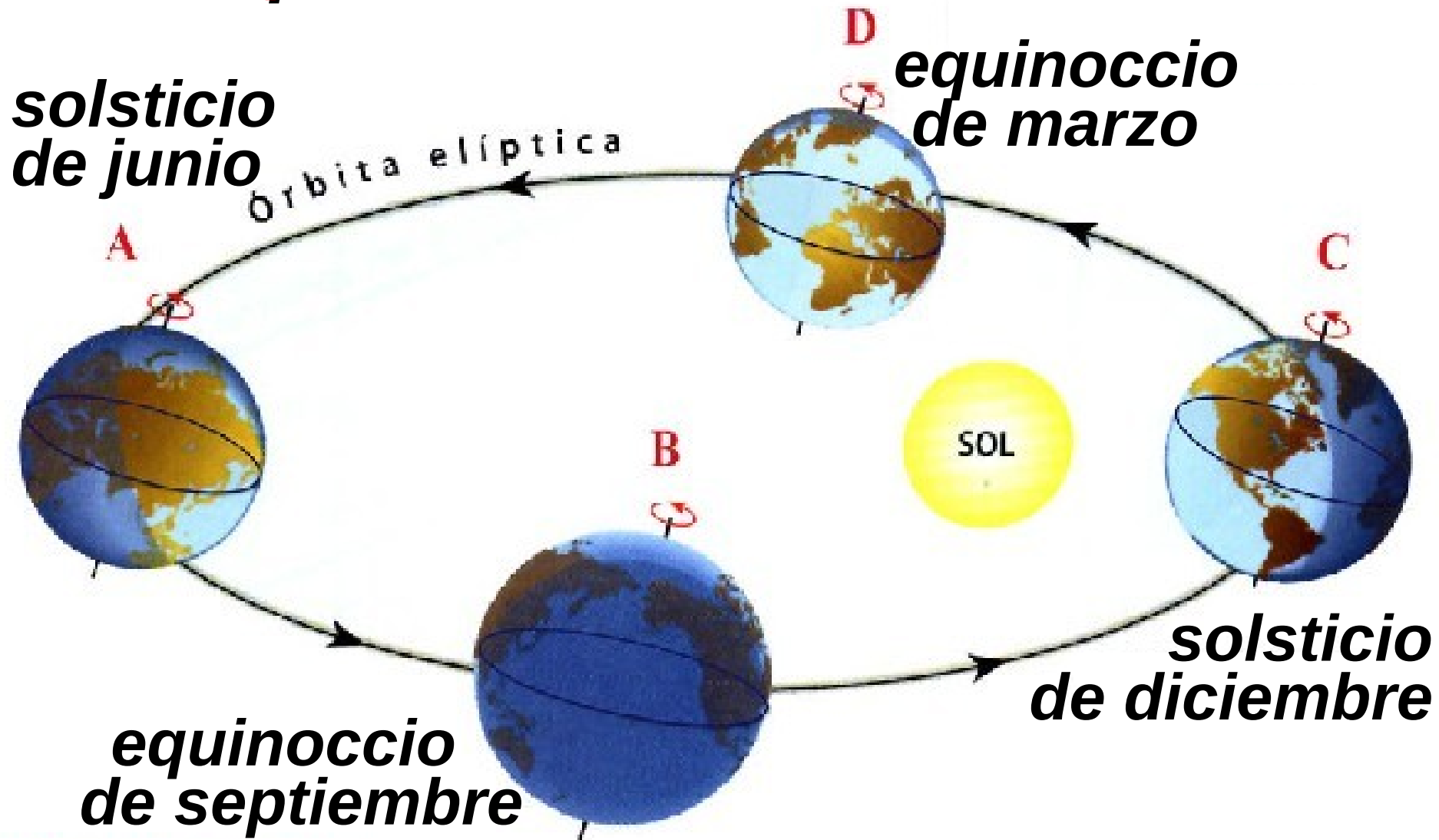
***suponiendo  
órbita circular!***



***suponiendo una  
órbita circular!***

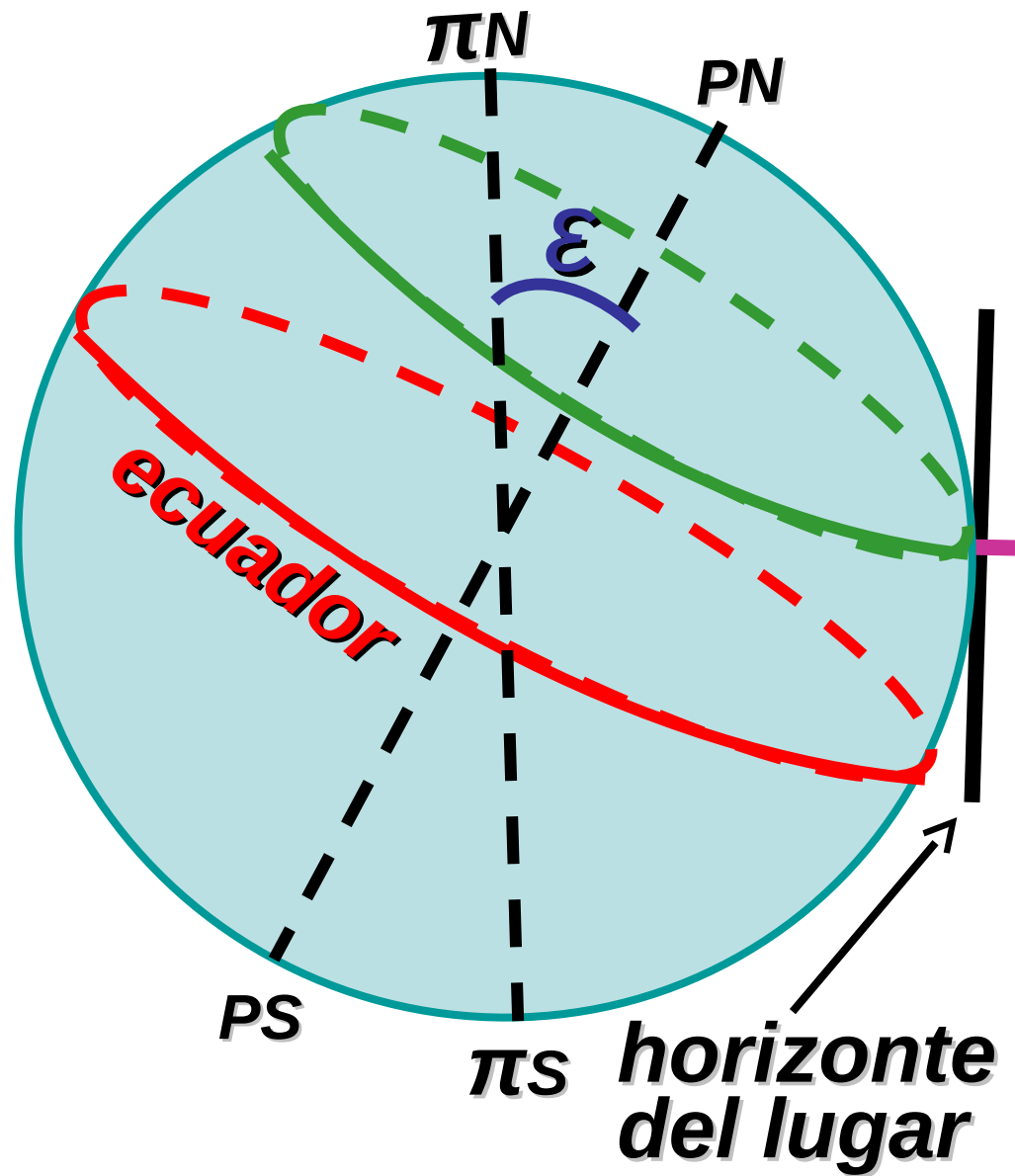


***suponiendo una órbita elíptica***

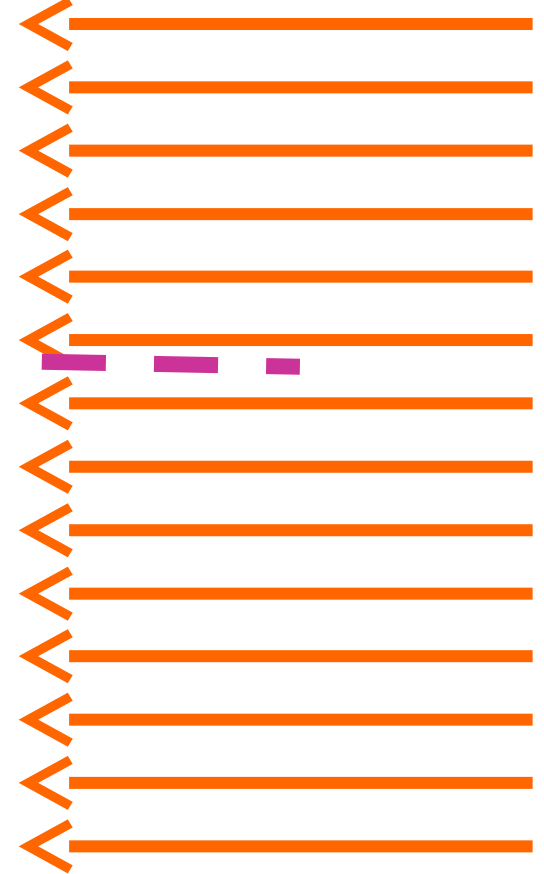


***la tierra pasa por el perihelio cerca del  
solsticio de diciembre***

# Sol recorriendo el paralelo de latitud $\phi=23^{\circ} 27'$



**dirección de los  
rayos de Sol al  
mediodía**



**en la dirección de  
la vertical del lugar**

# 22/06: sol recorriendo el trópico de cancer

trópico  
de cancer

círculo polar  
ártico

PN

sol arriba del  
horizonte 24h

$\pi N$

$\epsilon$

ecuador

dirección  
de los  
rayos de  
sol al  
mediodía

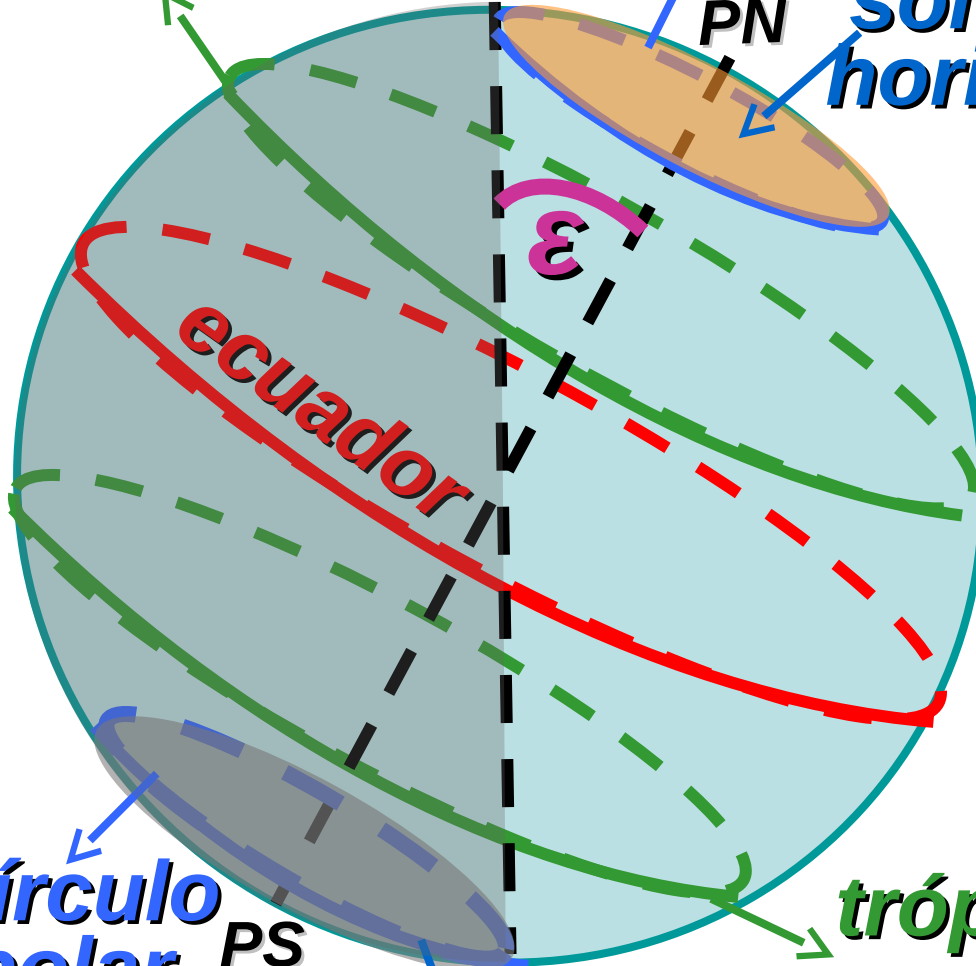
círculo  
polar  
antártico

PS

$\pi S$

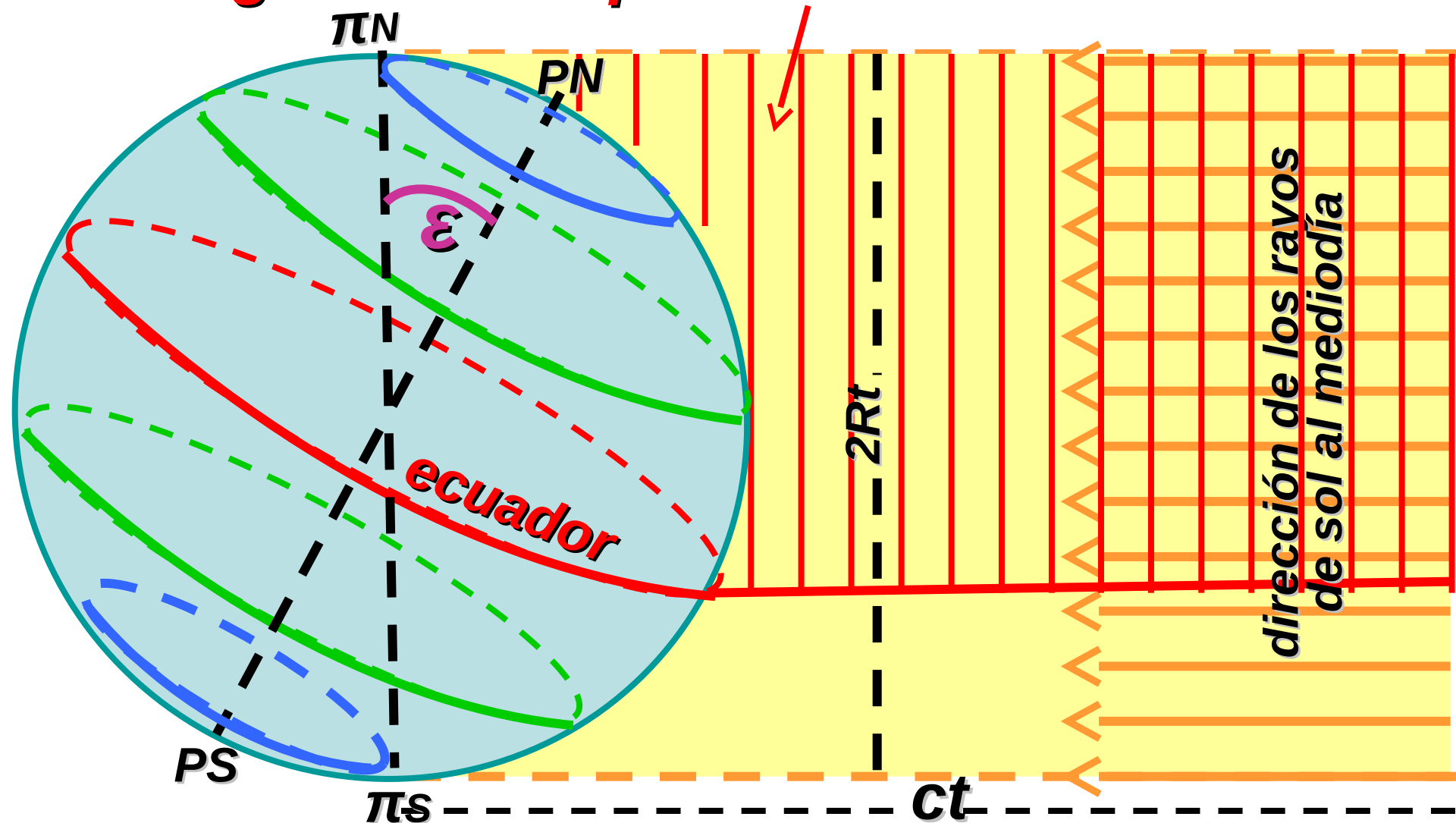
trópico de  
capricornio

sol abajo del horizonte 24h



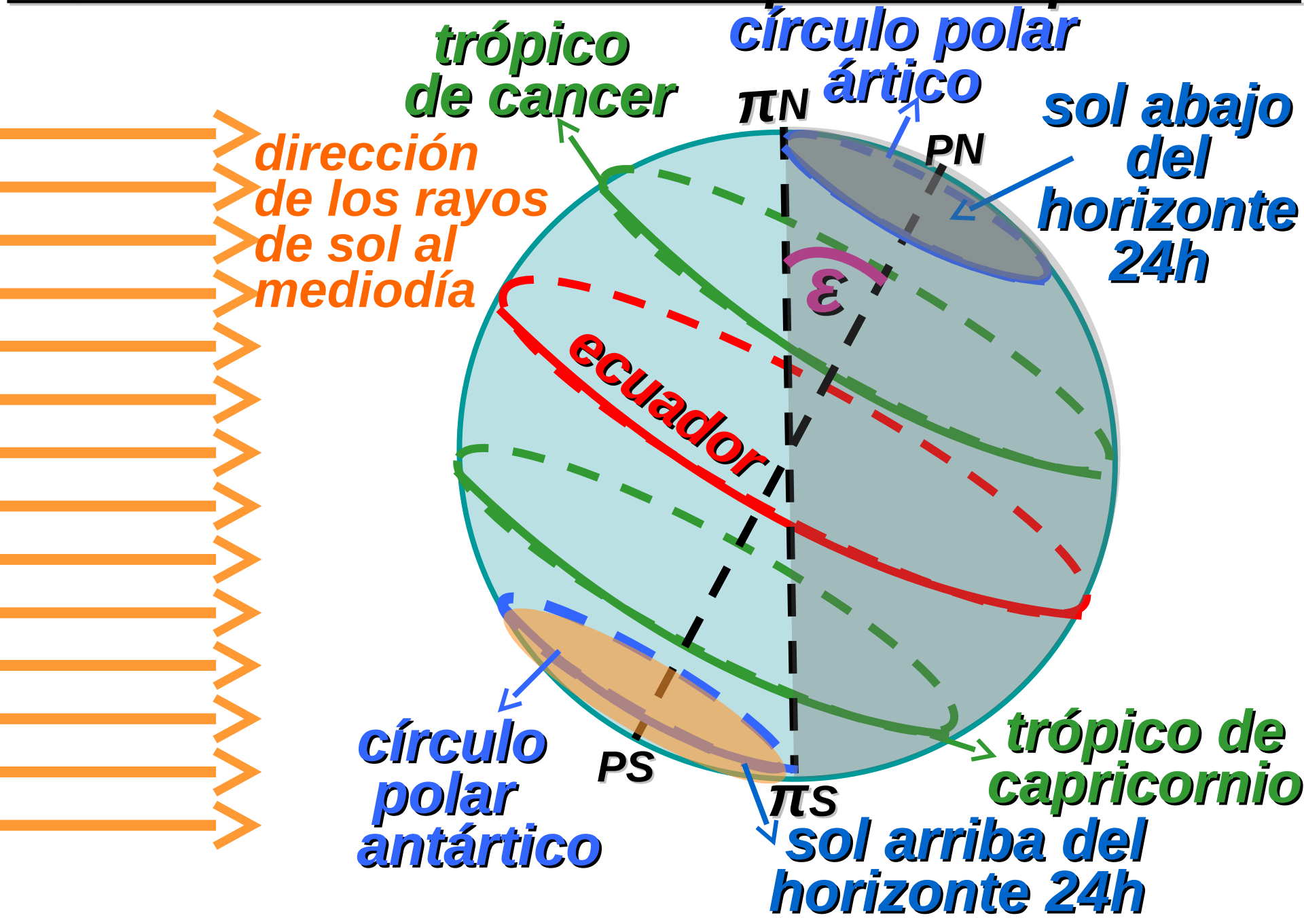


**energía recibida por el HS  $\Rightarrow$  { invierno en el HS**  
 **$\ll$  energía recibida por el HN } verano en el HN**

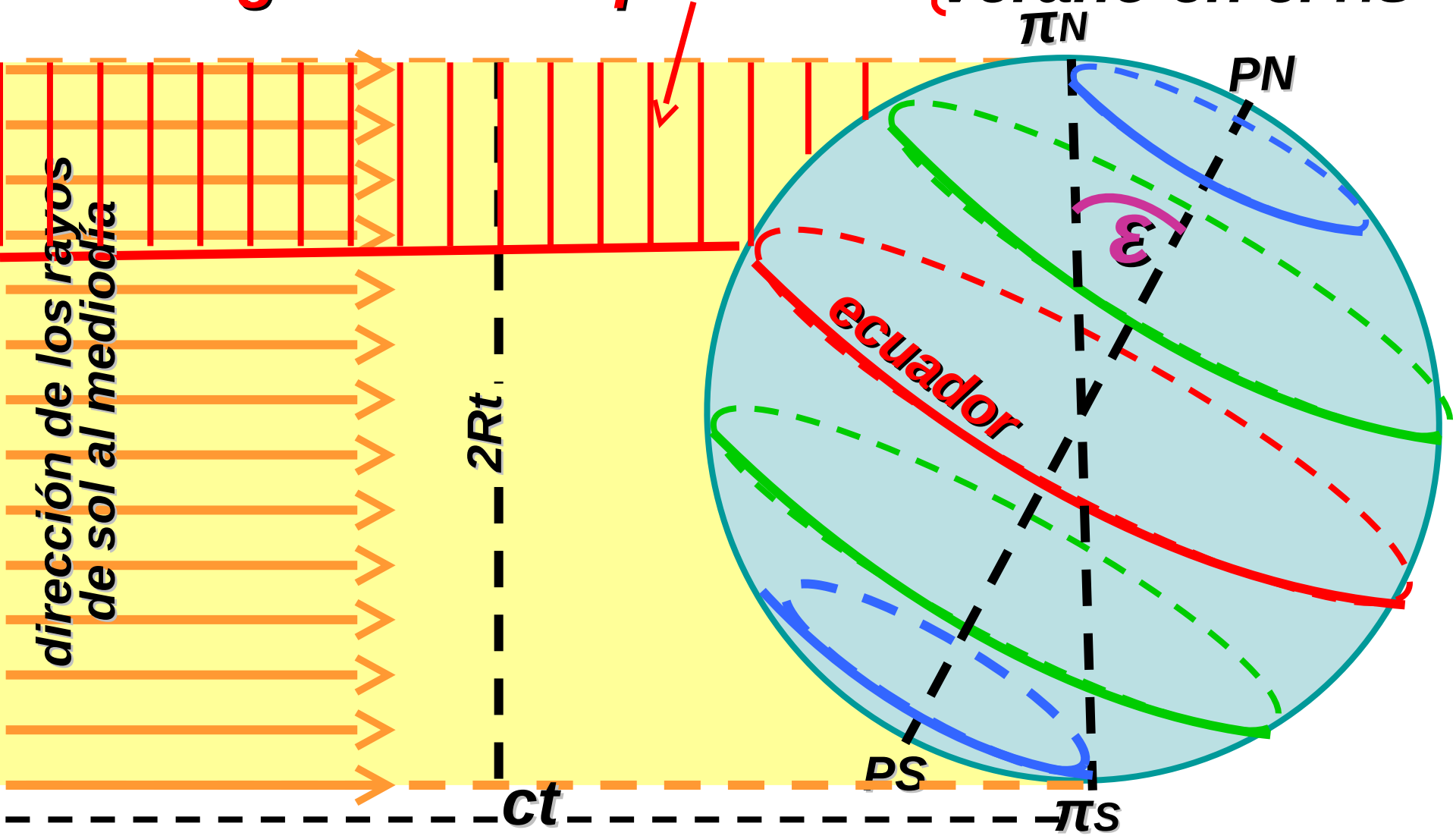


**energía recibida del Sol por la Tierra en 1s:**  
**contenida en un cilindro de radio  $Rt$  y altura  $c$**

# 21/12: sol recorriendo el trópico de capricornio



**energía recibida por el HN  $\Rightarrow$  { invierno en el HN  
 $<<$  energía recibida por el HS { verano en el HS**



**energía recibida del Sol por la Tierra en 1s:  
 contenida en un cilindro de radio  $R_t$  y altura  $c$**

***la diferente cantidad de energía solar recibida por la Tierra en diferentes estaciones se debe a:***

***1) en los días de invierno el Sol permanece menos tiempo sobre el horizonte que en los días de verano***

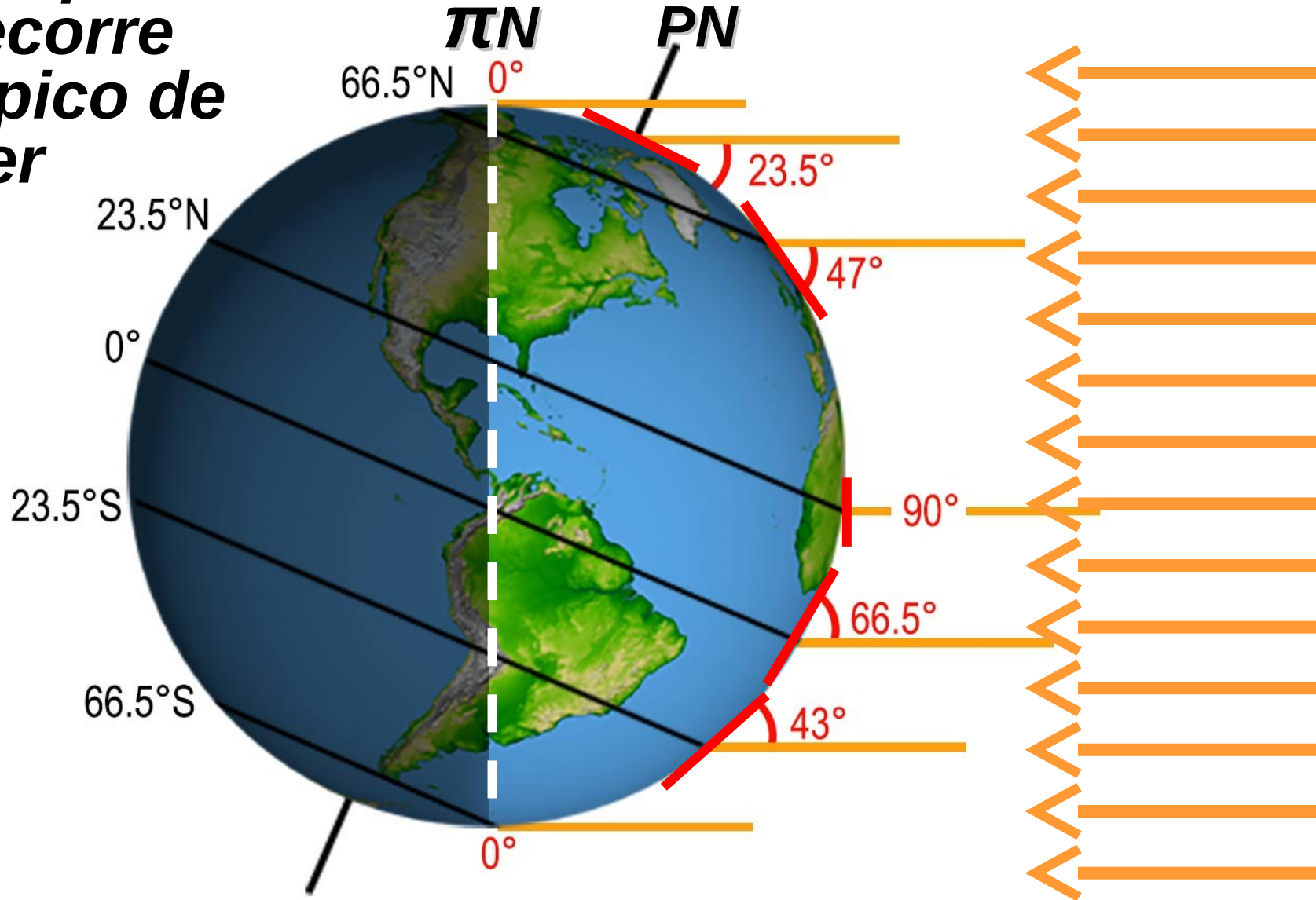
***2) en los días de invierno los rayos de sol inciden más inclinados con respecto al horizonte que en los días de verano***

# **1) horas de luz solar el 21/06**



## ***2) inclinación de los rayos de Sol respecto al horizonte el 21/06***

***día en que el sol recorre el trópico de cancer***



***en los días de invierno los rayos de sol  
incidan mas inclinados con respecto al  
horizonte que en los días de verano lo  
cual implica:***

***a) la radiación se reparte en una  
superficie mayor***

***b) la radiación debe atravesar una capa  
de atmósfera mas gruesa***



***a) la radiación se reparte en una superficie mayor***



**Misma Cantidad de Calor**

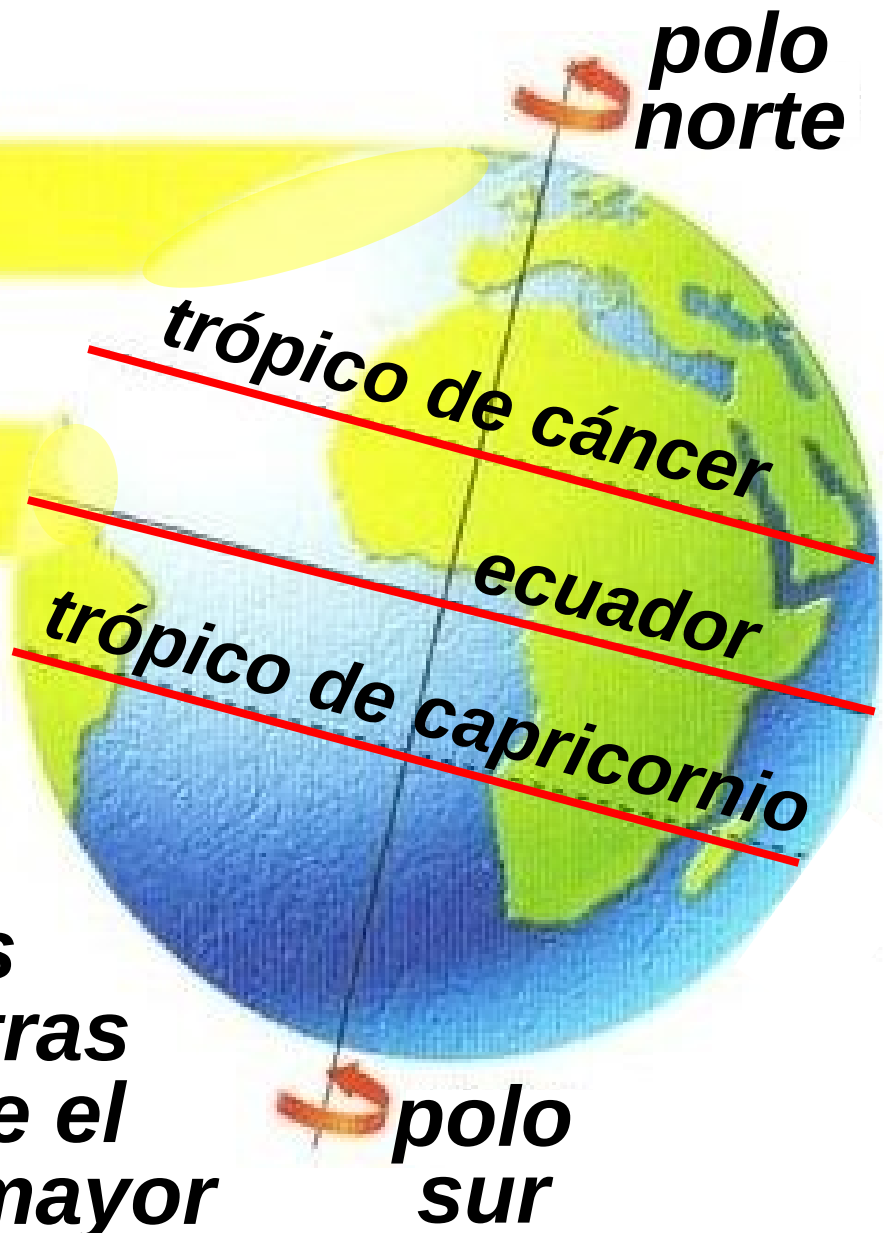
**Menos Superficie  
a calentar estará  
más caliente.**

**+ Superficie a  
calentar estará más  
fría.**

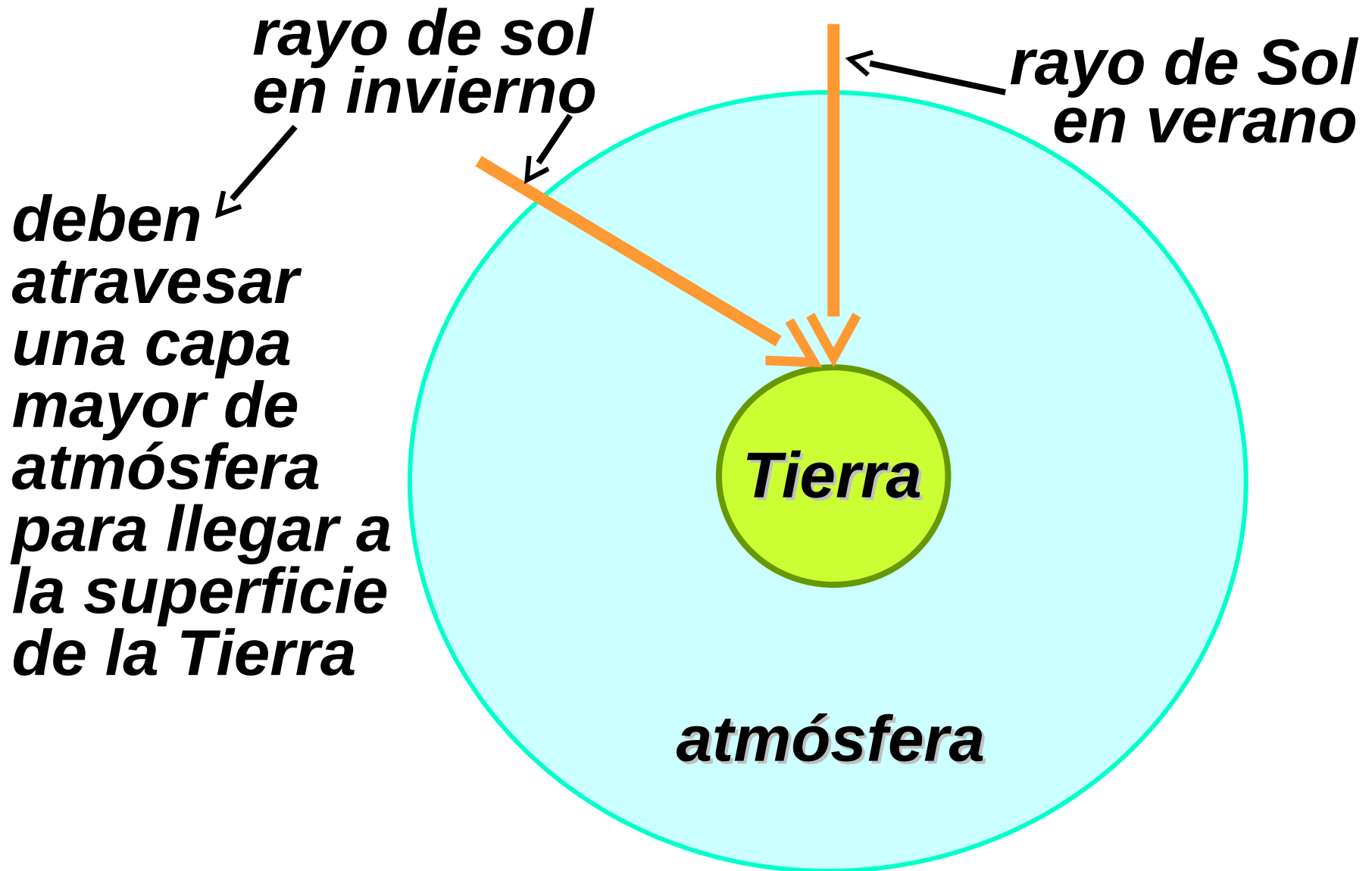


**luz solar**

**los rayos que  
llegan al ecuador  
inciden perpendi-  
cularmente sobre  
una superficie más  
reducida que en otras  
latitudes por lo que el  
calentamiento es mayor**



**b) la radiación debe atravesar una capa de atmósfera mas gruesa**



# posiciones de la Tierra en su órbita vista desde diferentes perspectivas

