

Ciencias de la Tierra y el Espacio II

Cecilia Mateu

Docentes Práctico:

Álvaro Guaimare

Rafael Bertolotto

El Curso: Temario

- El Cielo - Objetos Celestes - Coordenadas Celestes
- Estrellas
- Galaxias
- El Universo
- Planetas Extrasolares
- Astrobiología y Catástrofes Naturales

Docentes

- Docente Teórico: Cecilia Mateu
- Docentes Práctico:
 - Grupo Jueves 8-11h - Rafael Bertolotto
 - Grupo Jueves 16-19h - Álvaro Guaimare

Importante:

- Matricularse en EVA
- Anotarse en uno de los grupos de Práctico (AM / PM)

- comunicación por EVA, Slack

Cecilia Mateu



Álvaro Guaimare



Rafael Bertolotto



Logística

- Evaluación del Curso
 - Asistencia Obligatoria a los Prácticos
 - Informes de los Prácticos
 - Presentaciones Finales
 - Ganancia y Aprobación (ver EVA/Programa)
- Herramientas: Computador, EVA, Slack + otros

Importante:

- Matricularse en EVA
- Anotarse en uno de los grupos de Práctico (AM / PM)

El Curso: Objetivos Didácticos

Temario

- El Cielo - Objetos Celestes
- Estrellas
- Galaxias
- El Universo
- Planetas Extrasolares
- Astrobiología y Catástrofes Naturales

Labs

- Aplicación de conceptos teóricos
- Escritura de Informes:
 - Redacción
 - Errores
 - Reporte de resultados científicos
- Presentaciones Orales: Charlas/ seminarios, presentaciones en congresos

Bibliografía

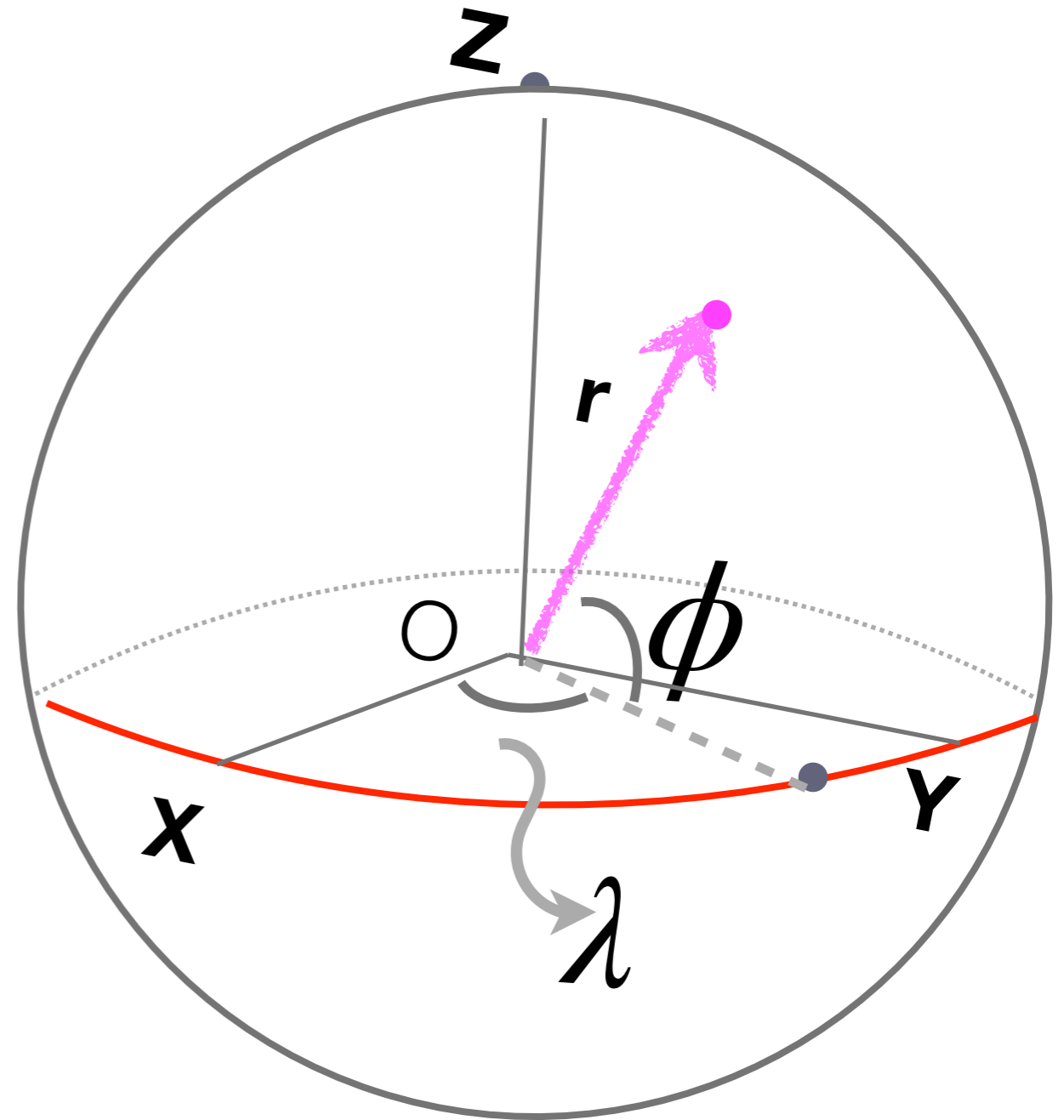
- Fundamental Astronomy, Karttunen
- The Physical Universe, Kutner
- Astronomía General, D. Galadí y J. Gutierrez, Omega
- Ciencias de la Tierra, E. Tarbuck y F. Lutgens, Prentice Hall
- 21st Century Astronomy - L. Kay, S. Palen, G. Blumenthal - Ed. Norton & Company
- Elementos de Astronomía de Posición, Portilla

[https://www.academia.edu/29222386/Elementos de Astronom%C3%ADa de Posición - José Gregorio Portilla](https://www.academia.edu/29222386/Elementos_de_Astronom%C3%ADa_de_Posici%C3%B3n_-_Jos%C3%A9_Gregorio_Portilla)

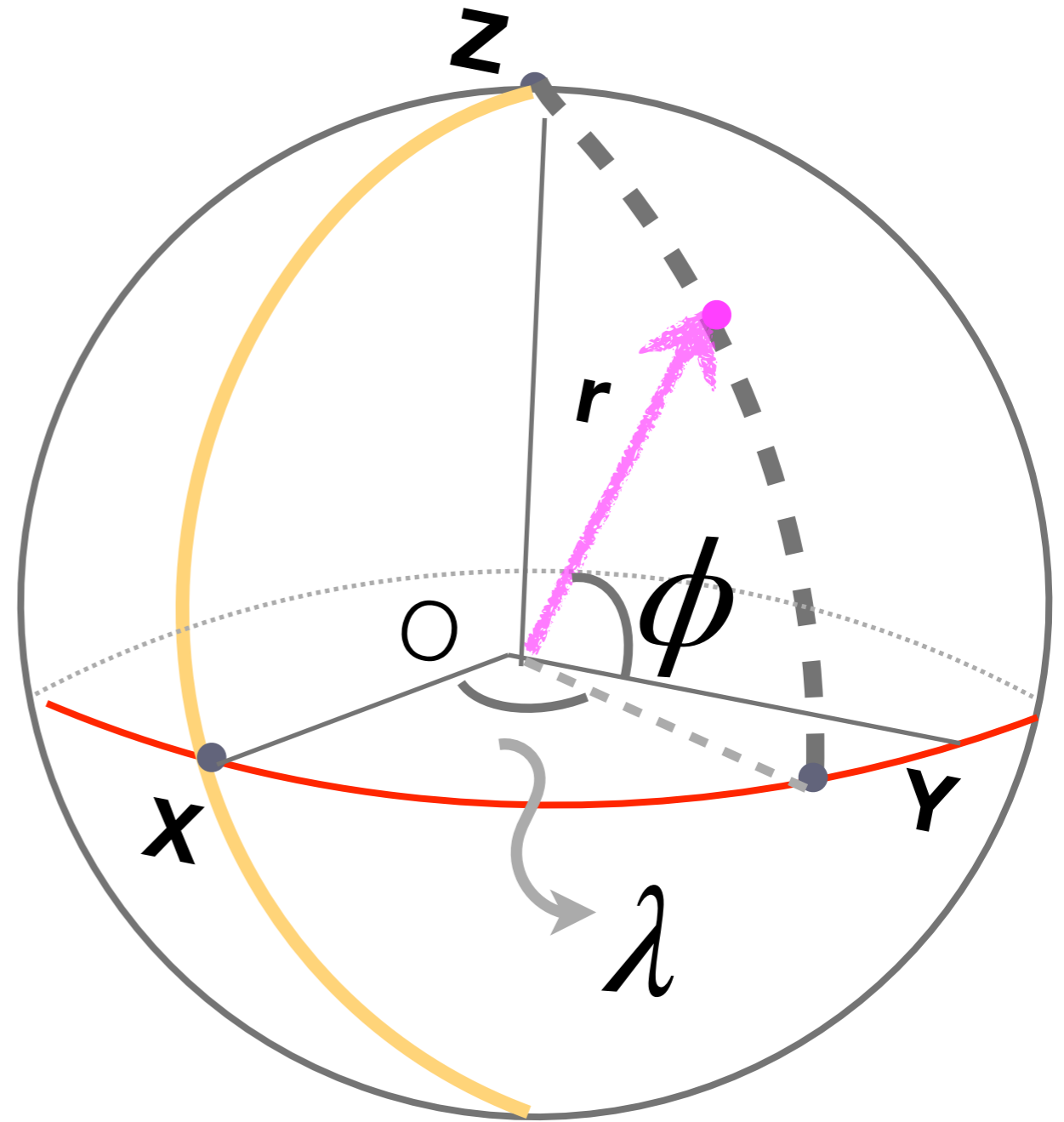
El Cielo

La posición de un objeto en 3D

- Podemos escribir el vector de posición de un objeto:
 - En coordenadas cartesianas **(X,Y,Z)**
 - en coordenadas esféricas. ej. longitud/latitud: (λ, ϕ, r)



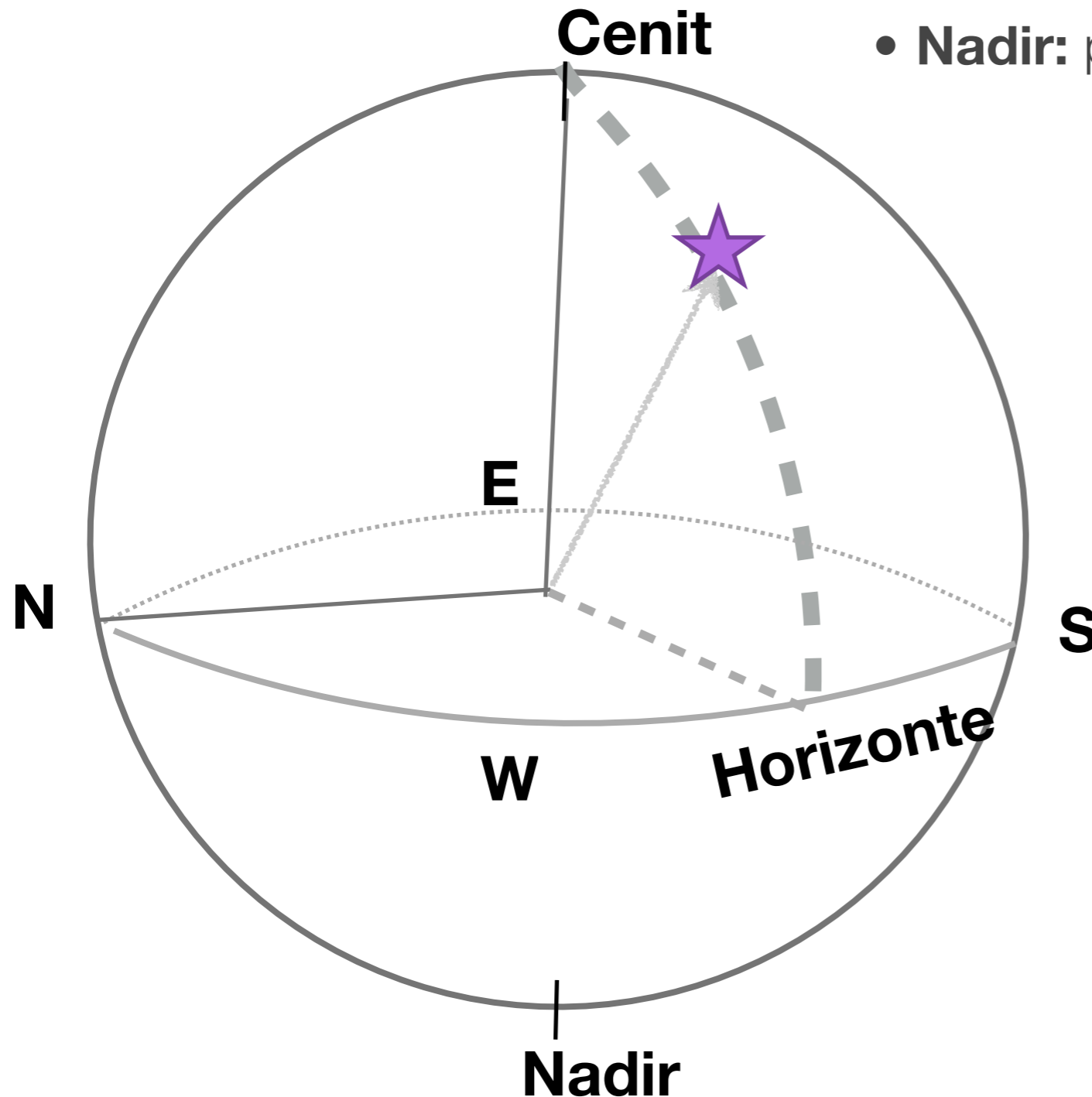
Coordenadas Terrestres



Coordenadas Celestes

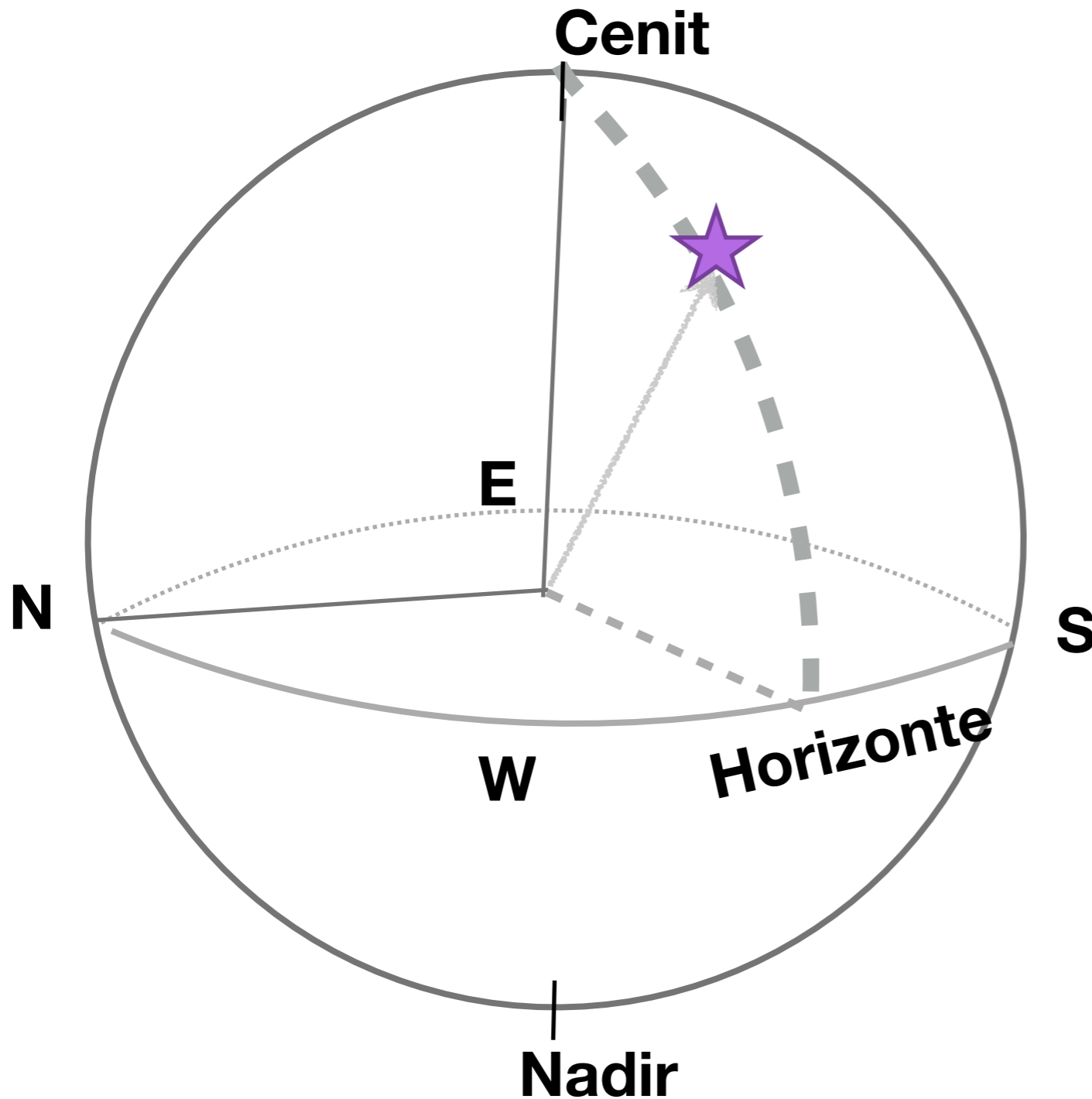
Coordenadas Alt-Azimutales u Horizontales): (h,A)

- **Plano Fundamental:** Horizonte
- **Cenit:** pto más alto sobre la esfera celeste del obs = polo del plano del horizonte

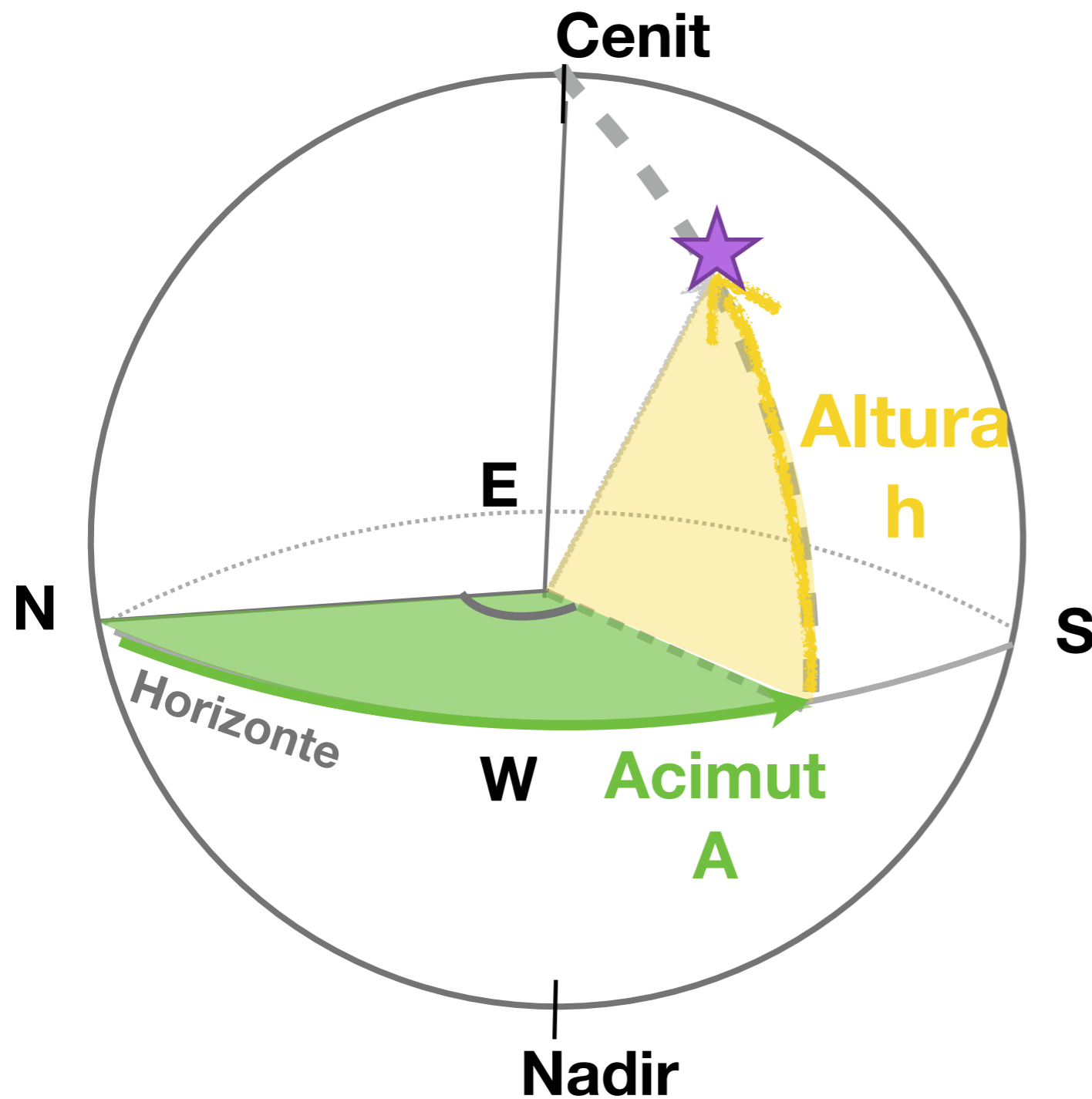


Coordenadas Alt-Azimutales: (h,A)

- **Plano Fundamental:** Horizonte
- Meridiano del observador := el q pasa por el cenit



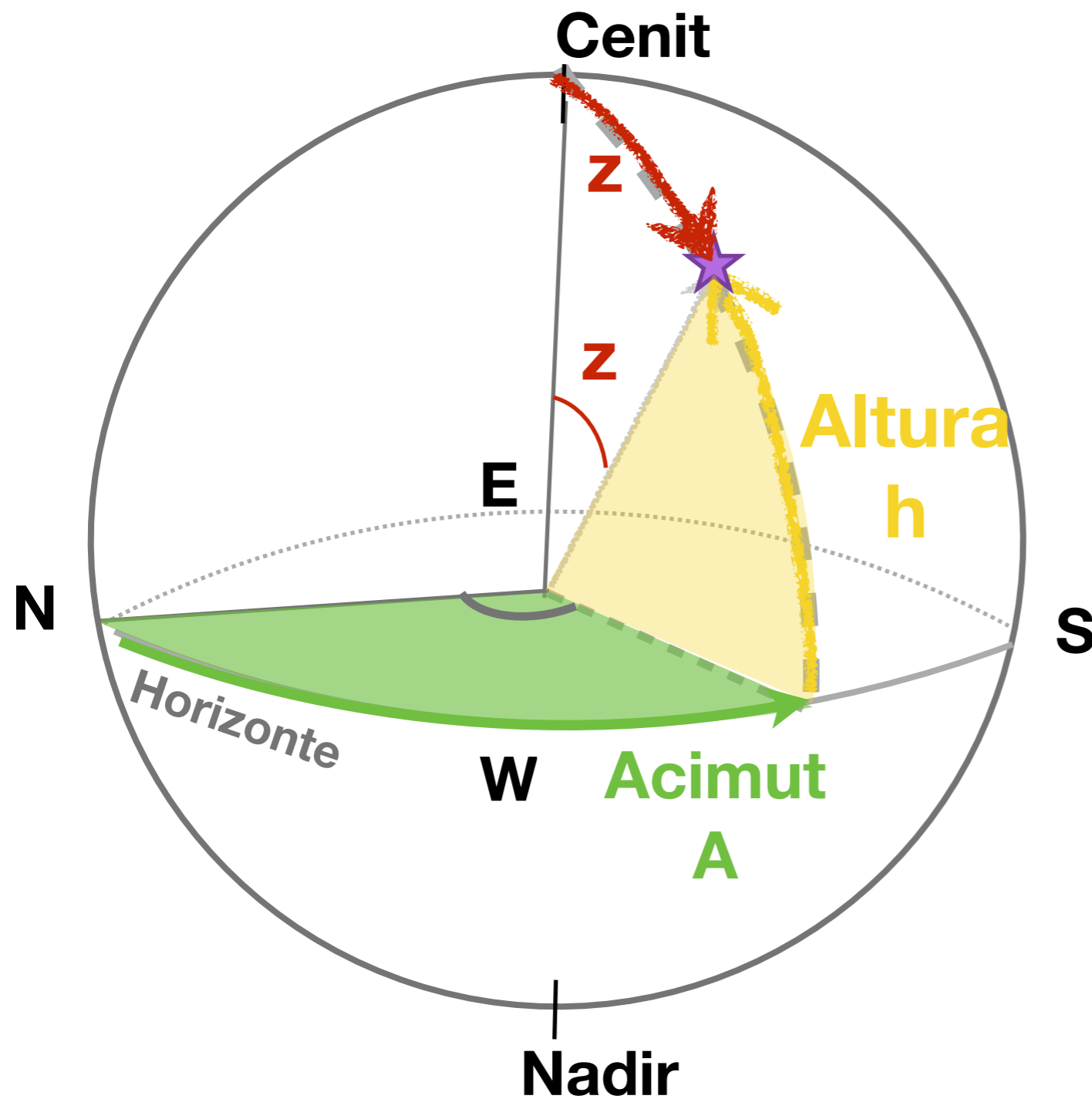
Coordenadas Alt-Azimutales: (h,A)



- **Altura (h):** altura (ángulo de elevación) respecto al plano del horizonte
- **Azimut (A):** ángulo diedro entre el meriano del obs y la vertical del astro, desde el N en sentido NOSE =(norte-oeste-sur-este)

- **Plano Fundamental:** Horizonte
- **Meridiano de referencia** = Meridiano del observador := el q pasa por el cenit

Coordenadas Alt-Azimutales: (h,A)

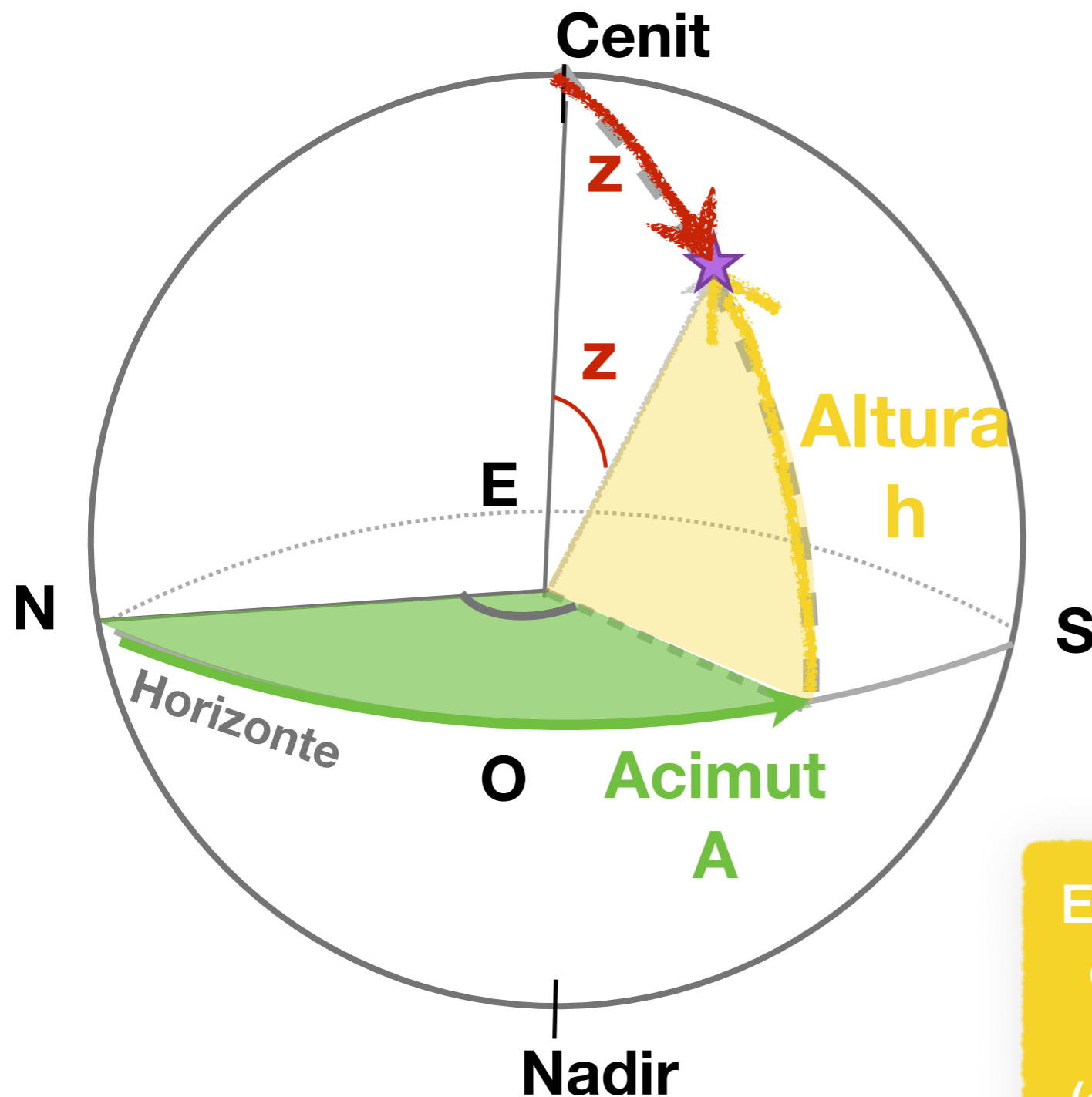


- **Altura (h):** altura (ángulo de elevación) respecto al plano del horizonte
- **Azimut (A):** medido sobre el plano del horizonte, desde el N en sentido NOSE
- **Ángulo zenital (z):**

$$z = 90^\circ - h$$

- **Plano Fundamental:** Horizonte
- **Meridiano de referencia** = Meridiano del lugar := el que pasa por el cenit

Coordenadas Alt-Azimutales: (h,A)



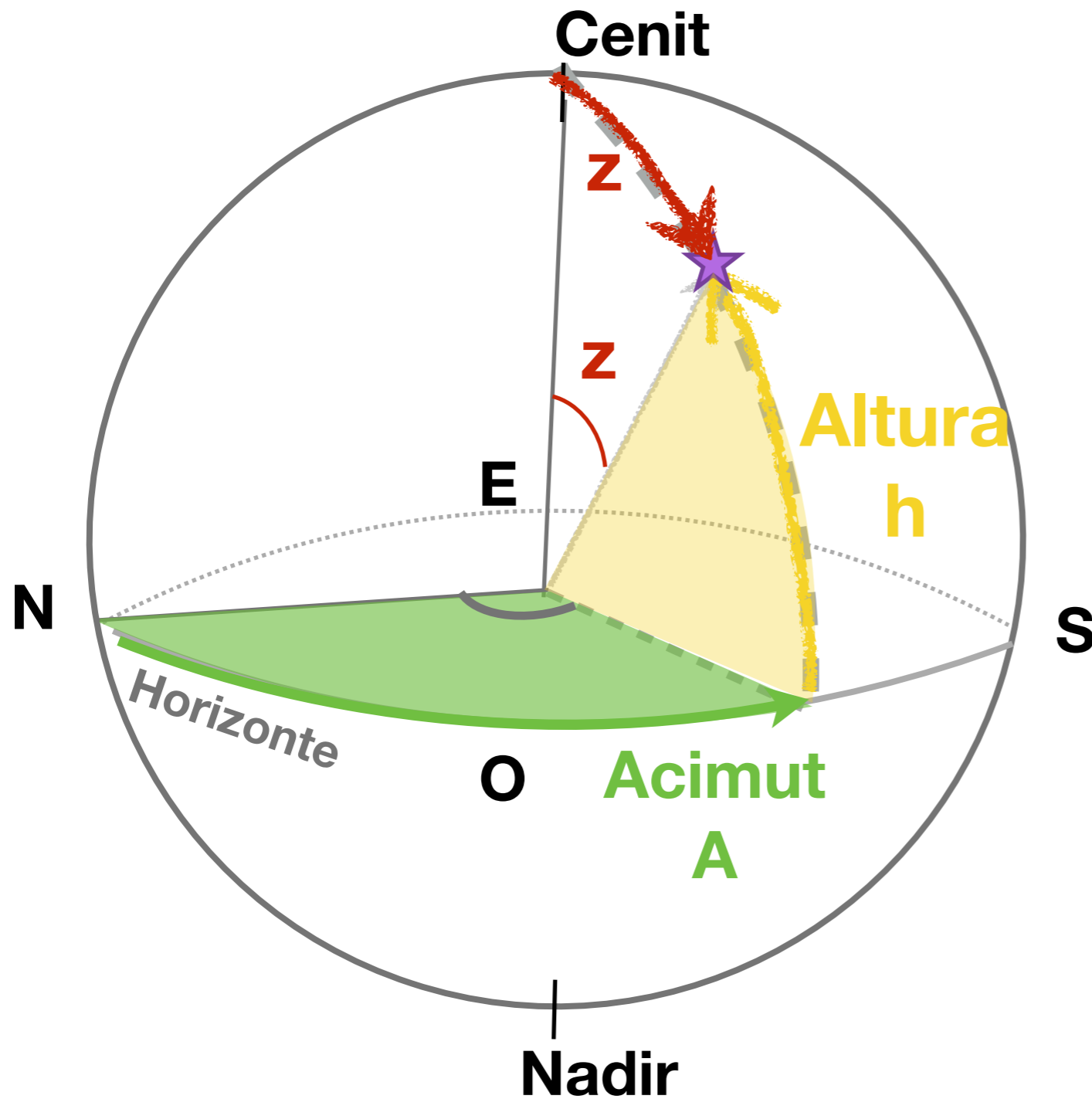
- **Altura (h):** altura (ángulo de elevación) respecto al plano del horizonte
- **Azimut (A):** medido sobre el plano del horizonte, desde el N en sentido NOSE $[0, 2\pi]$
- **Ángulo zenital (z):**

$$z = 90^\circ - h$$

Es un sistema relativo o solidario al observador (topocéntrico), por lo tanto las estrellas se mueven (cambian de coordenadas) en este sistema con el tiempo

- **Plano Fundamental:** Horizonte
- **Meridiano de referencia** = Meridiano del lugar := el que pasa por el cenit

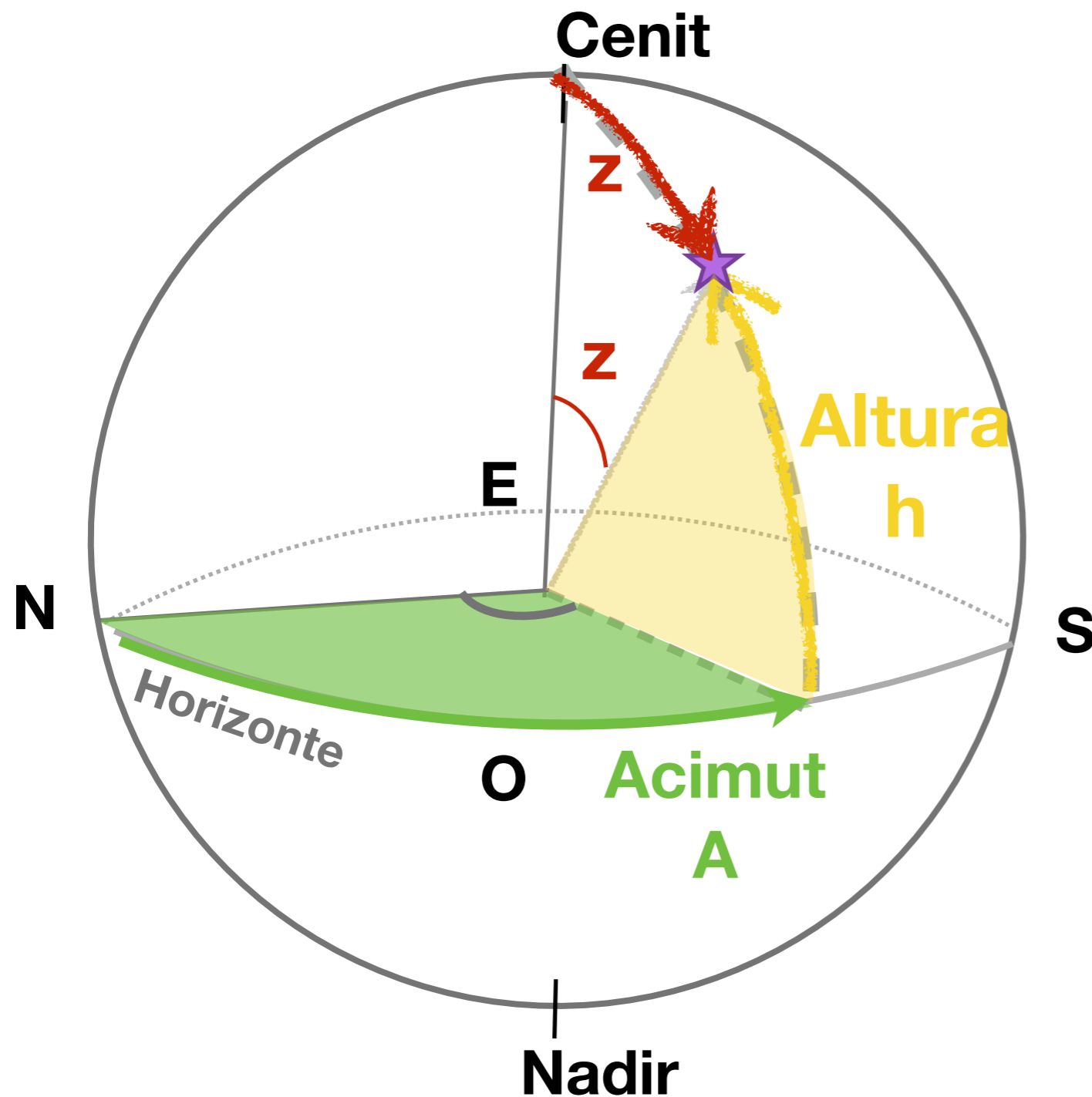
Coordenadas Alt-Azimutales: (h,A)



Preguntas:

- (h,A) y z de:
 - Punto cardinal N:
(,), $z=$
 - Punto Cardinal E:
(,), $z=$
 - Punto Cardinal W:
(,), $z=$
 - Zenith:
(,), $z=$
 - Nadir:
(,), $z=$

Coordenadas Alt-Azimutales: (h,A)

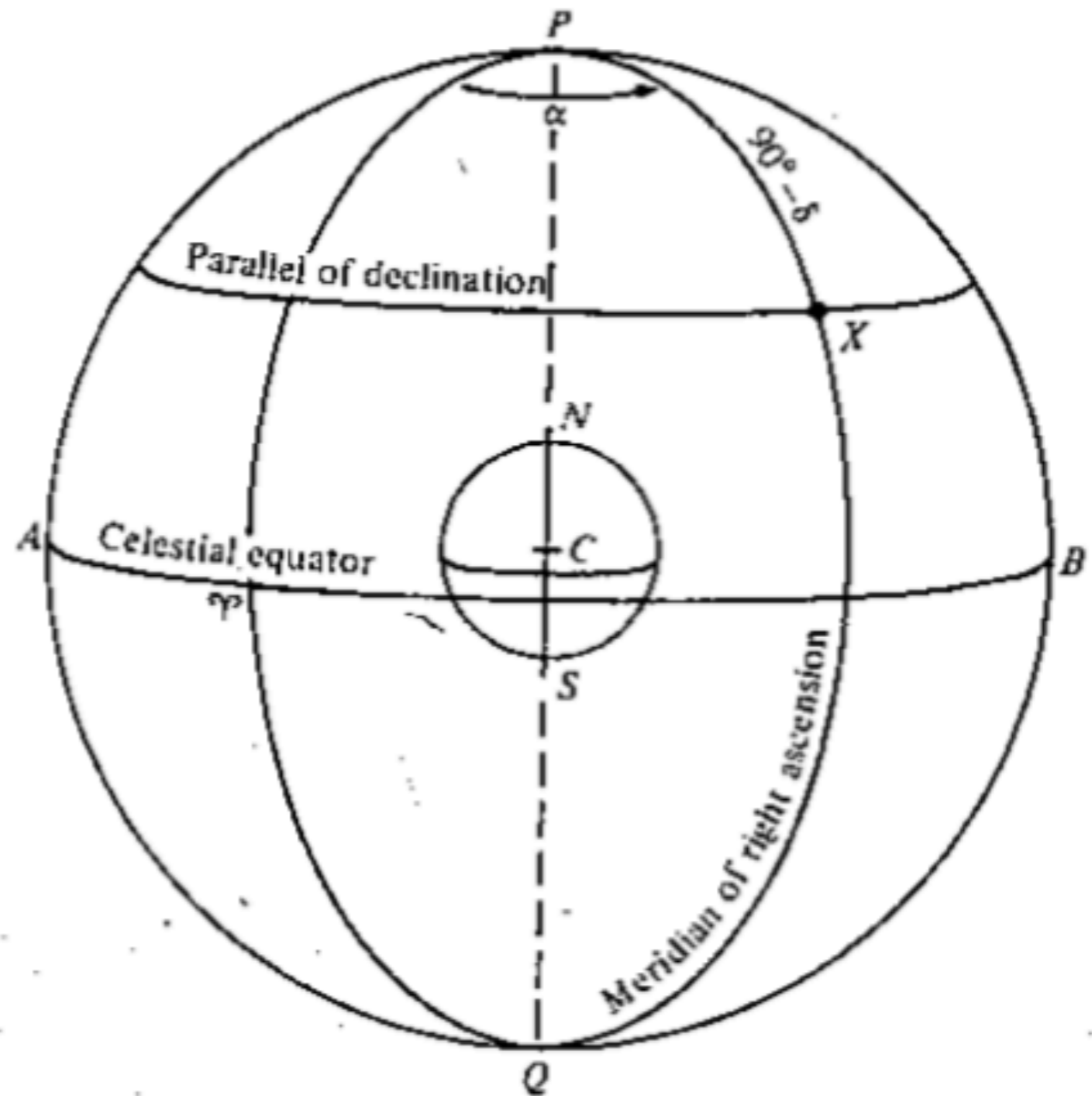


Preguntas:

- (h,A) y z de:
 - Punto cardinal N: $(0^\circ, 0^\circ)$, $z=90^\circ$
 - Punto Cardinal E: $(0, 270^\circ)$, $z=90$
 - Punto Cardinal W: $(0, 90^\circ)$, $z=90$
 - Cenit: $(90^\circ, \text{indef})$, $z=0^\circ$
 - Nadir: $(-90^\circ, \text{indef})$, $z=180^\circ$

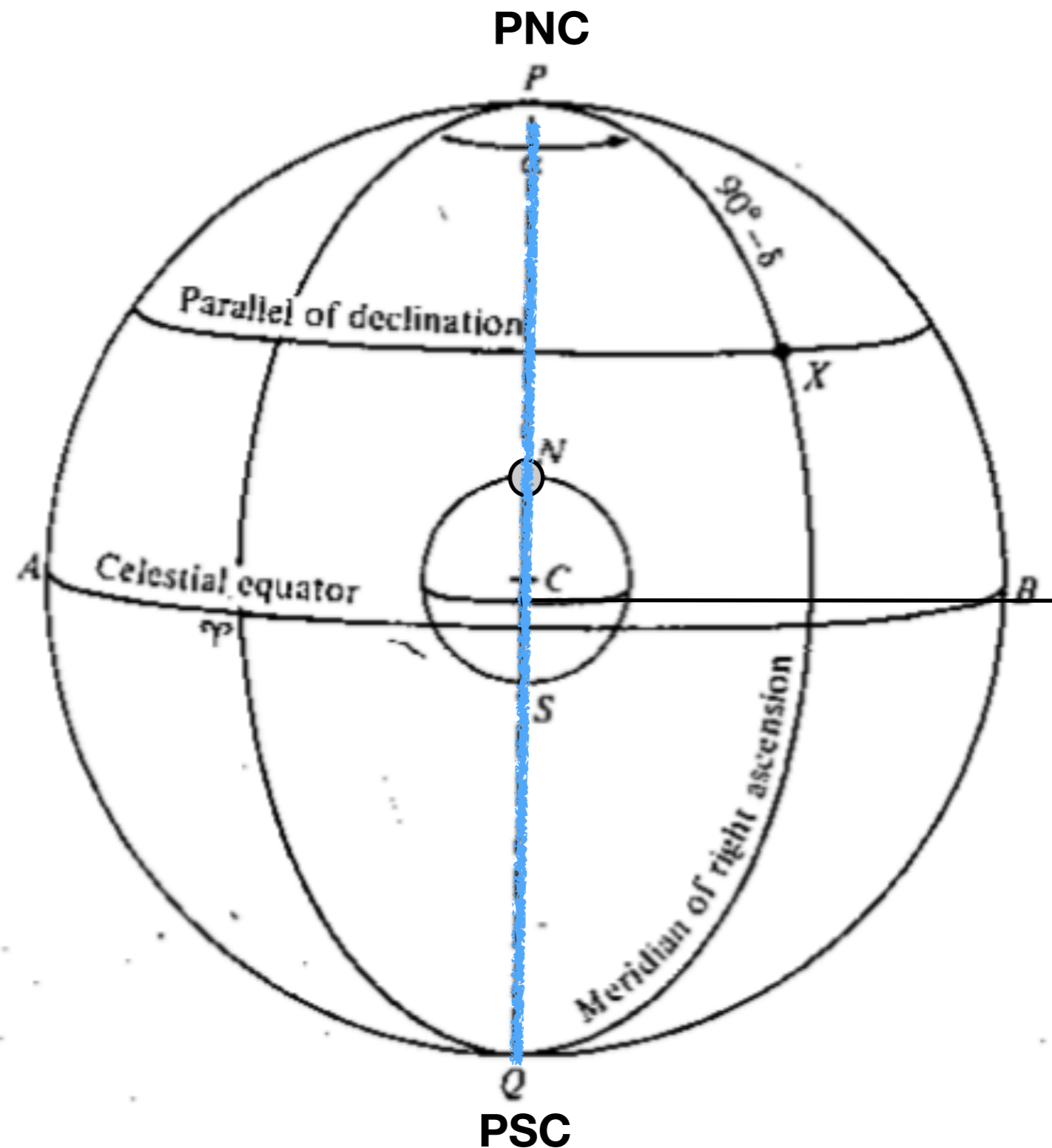
Coordenadas Ecuatoriales: (α, δ) ó (AR, DEC)

- **Plano Fundamental:** Ecuador Celeste= proyección hacia la esfera celeste del ecuador terrestre
- En este sistema de coordenadas se proyectan los polos y el ecuador terrestre hacia la bóveda celeste
- Definiciones:
- **Meridianos celestes:** todo círculo máximo que pasa por los polos celestes

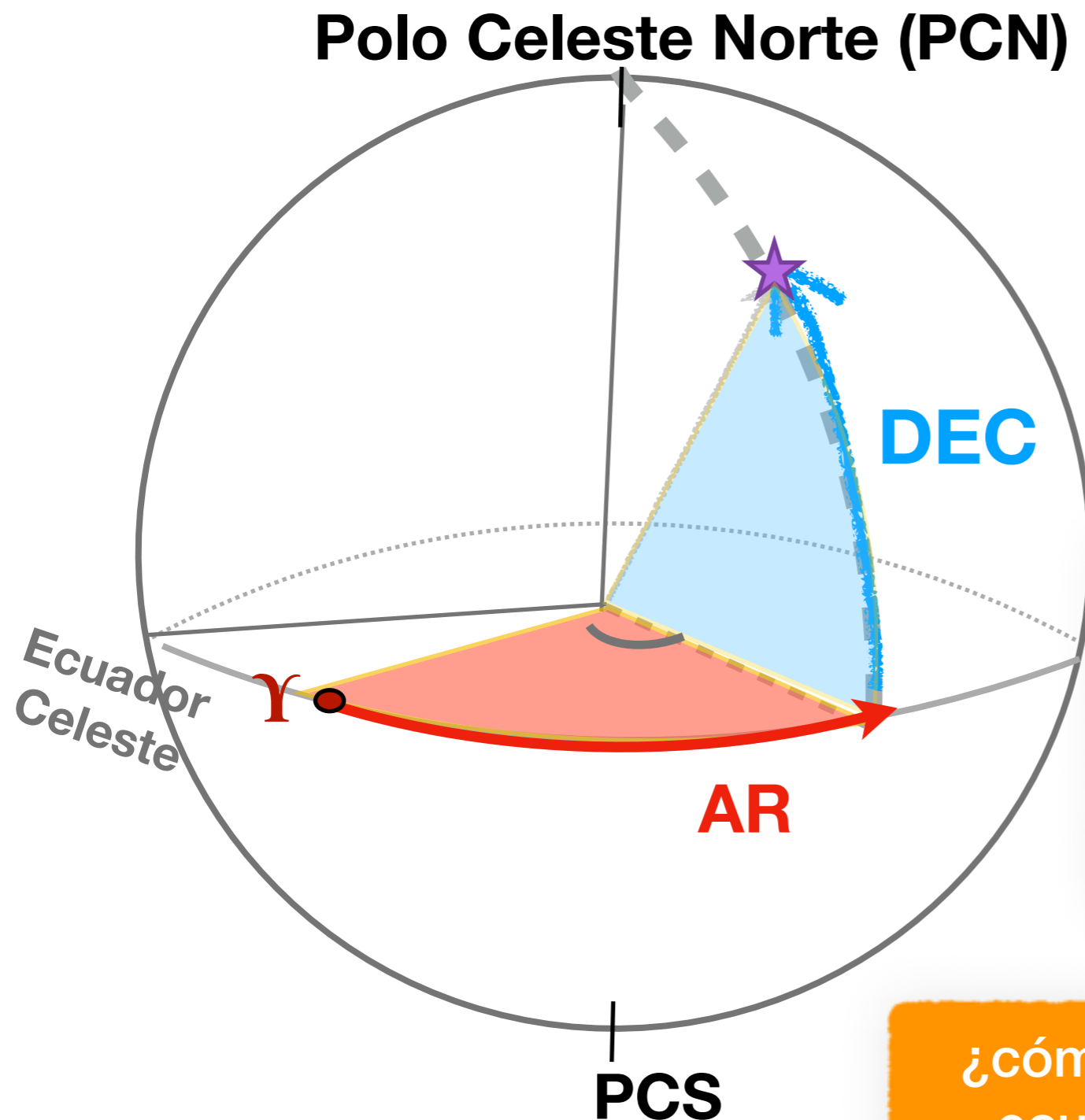


Coordenadas Ecuatoriales: (α, δ) ó (AR, DEC)

- **Plano Fundamental:** Ecuador Celeste= proyección hacia la esfera celeste del ecuador terrestre
- En este sistema de coordenadas se proyectan los polos y el ecuador terrestre hacia la bóveda celeste
- La **Ascensión recta** juega el papel de la longitud y la **Declinación** el de la latitud
- **Meridianos celestes:** proyección de los meridianos terrestres a la bóveda celeste



Coordenadas Ecuatoriales Absolutas

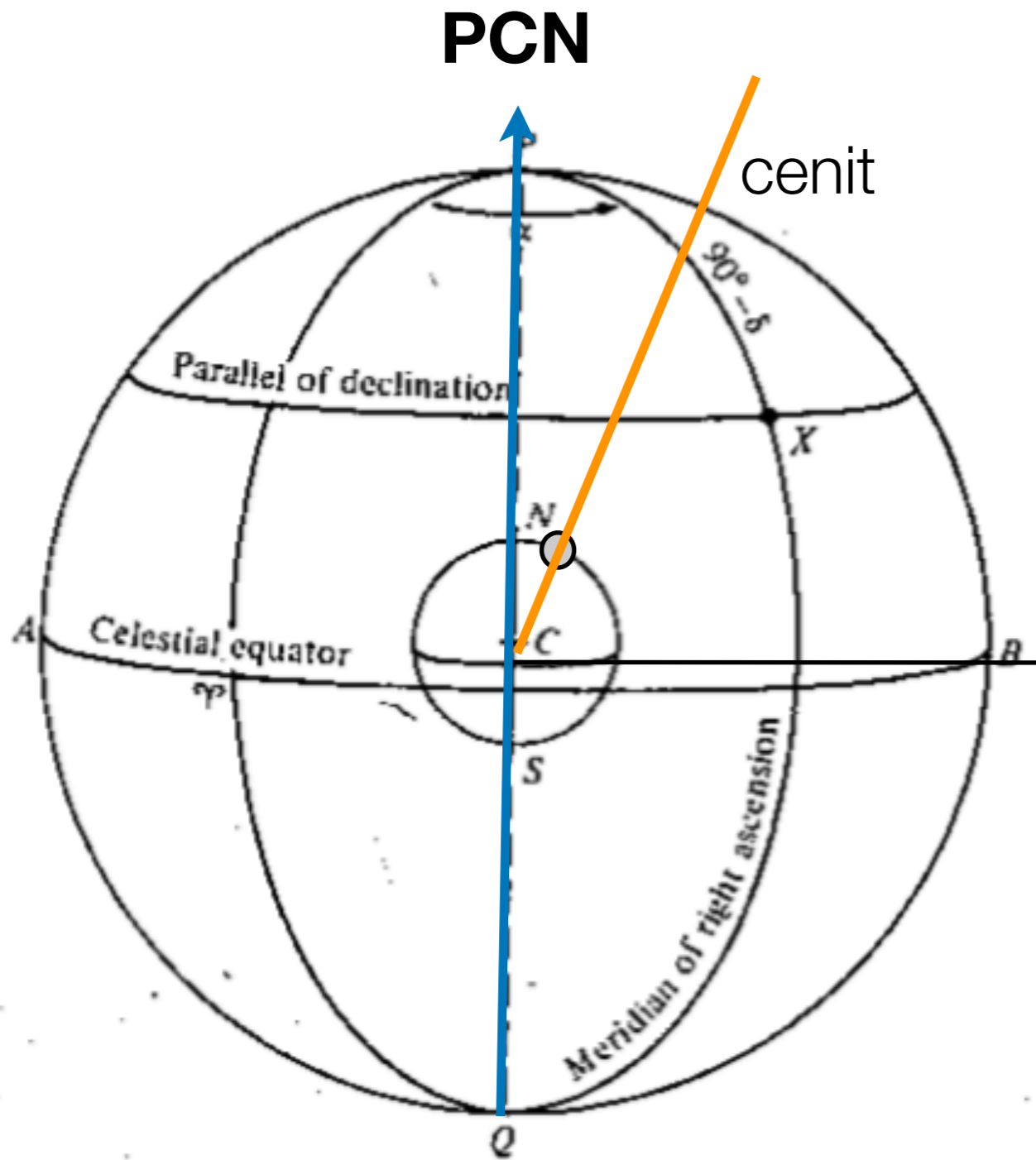


- **Declinación (δ)**: altura angular respecto al plano del Ecuador Celeste
- **Ascensión Recta (AR o α)**: ángulo acimutal (o longitud) desde el punto vernal γ

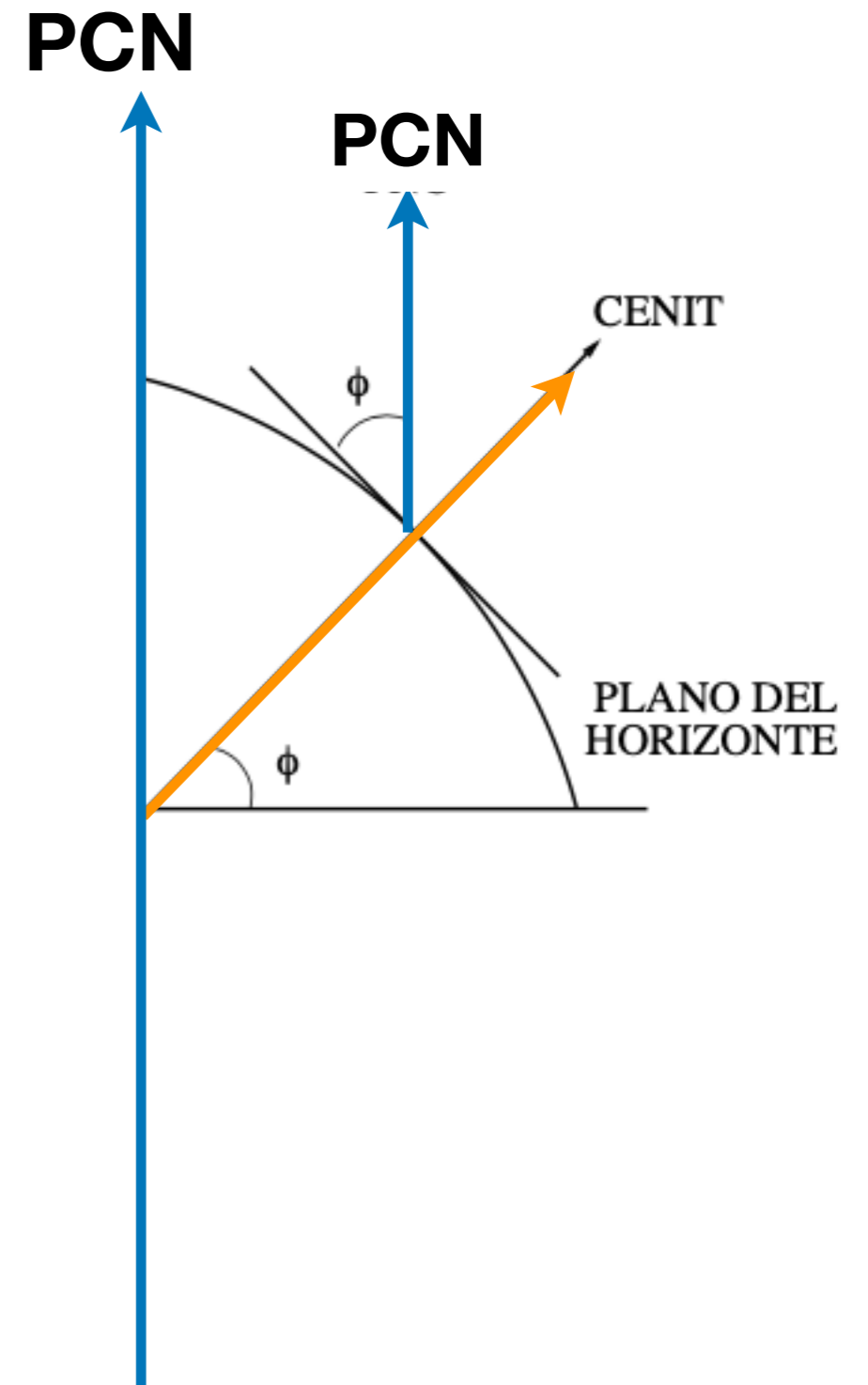
Es un sistema absoluto - las coordenadas de un objeto celeste no dependen del observador en este sistema, *no cambian debido al movimiento diario*

¿cómo se relacionan las coordenadas ecuatoriales con las Alt-Azimutales

La Bóveda Celeste para un observador dado (λ, ϕ)

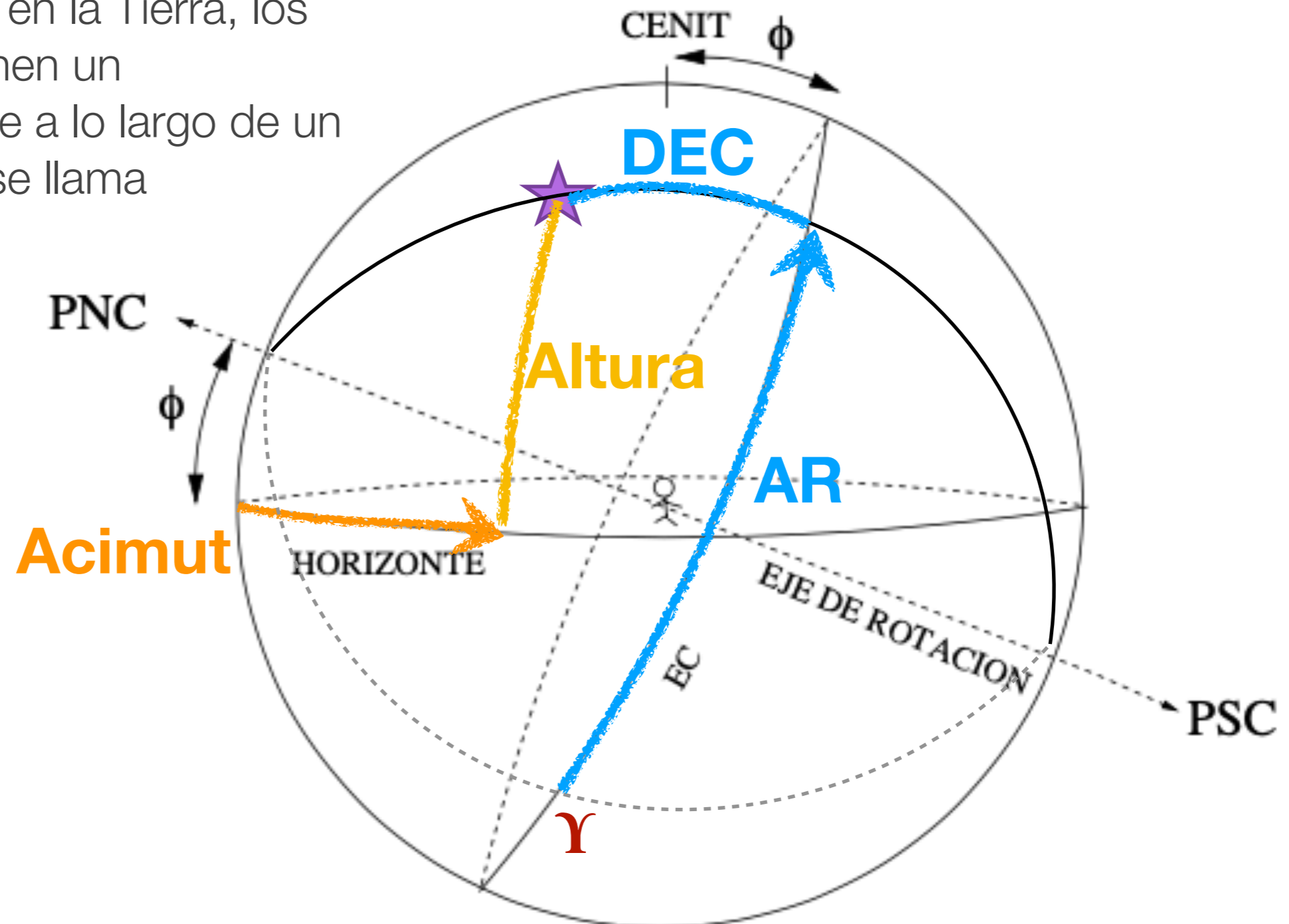


observador en lugar
de coordenadas terrestres (λ, ϕ)



La Bóveda Celeste para un observador dado (λ, ϕ)

- Por efecto de la rotación terrestre, para un observador en la Tierra, los objetos celestes tienen un movimiento aparente a lo largo de un paralelo celeste \rightarrow se llama Movimiento Diurno



(Portilla - Elementos de Astronomía de Posición)

Coordenadas Ecuatoriales: (α, δ) ó (AR, DEC)

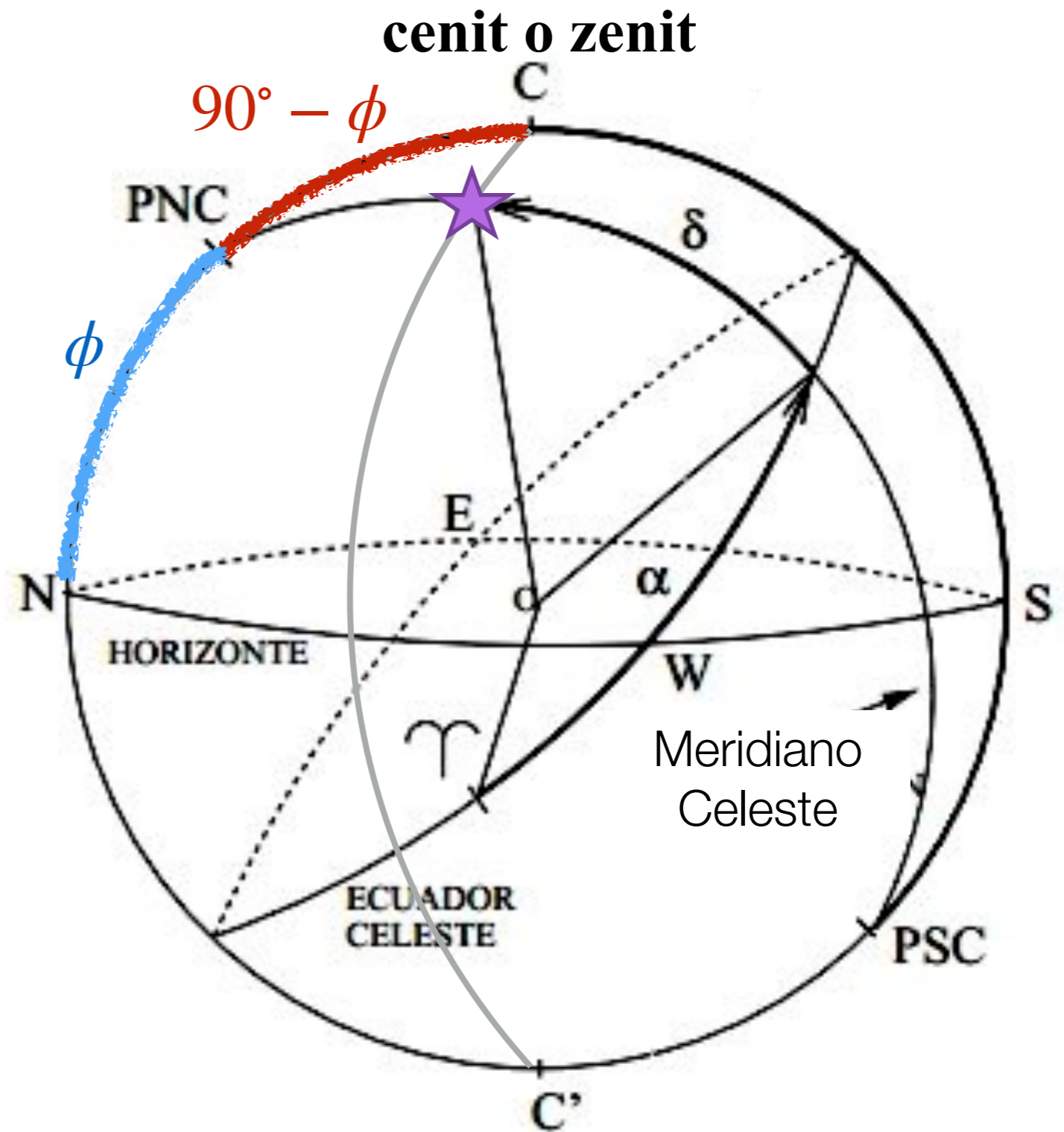
- Preguntas:

- La *altura* h del PNC?
= **latitud ϕ del observador**

**Se llama
“Teorema de la
latitud”**

- **Ángulo cenital** del PCN?
= **$90^\circ - \phi$ del observador**

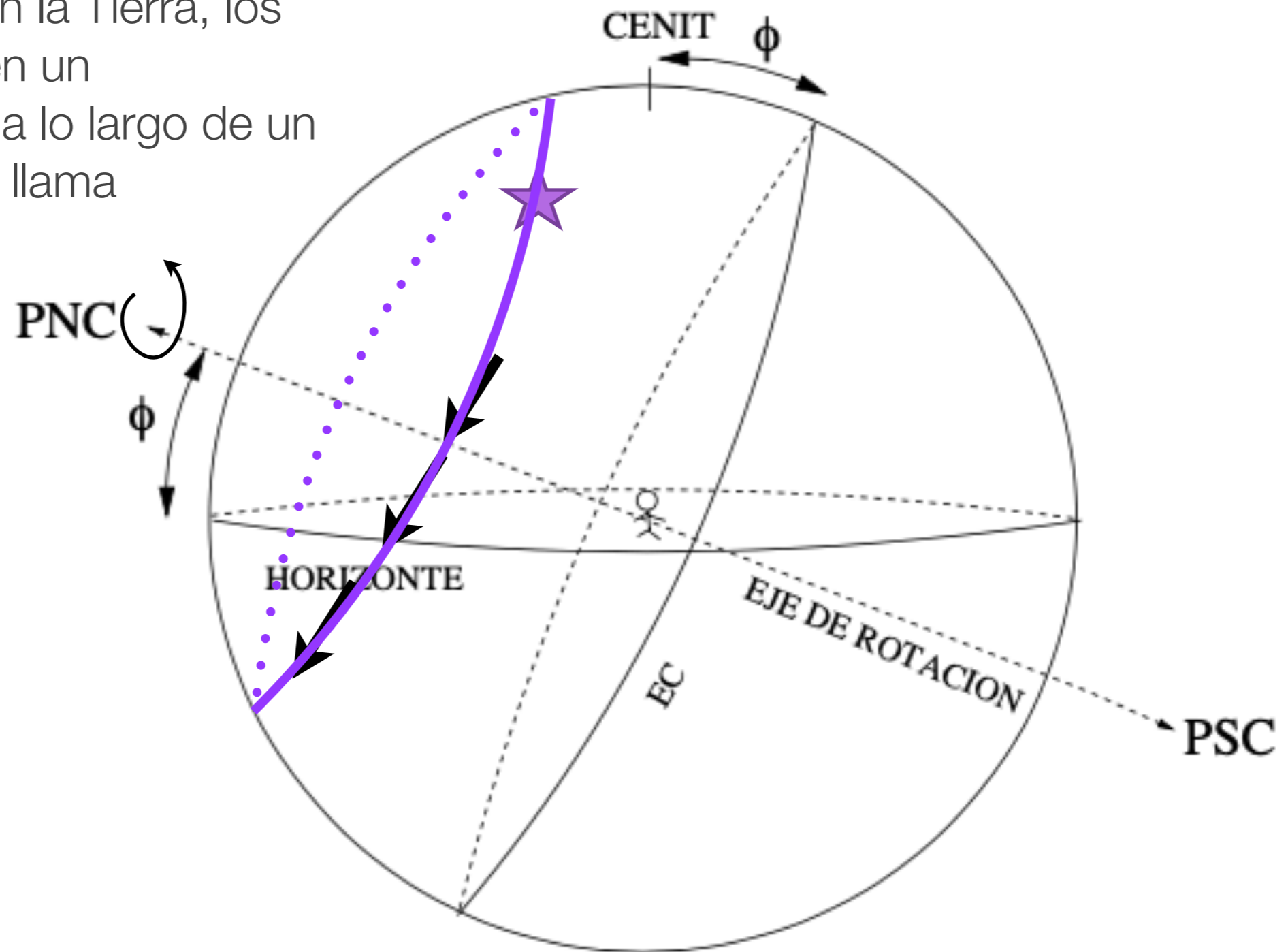
- **DEC** del Cenit?
= **latitud ϕ del observador**



¿Cómo se mueven los objetos?

La Bóveda Celeste para un observador dado (λ, ϕ)

- Por efecto de la rotación terrestre, para un observador en la Tierra, los objetos celestes tienen un movimiento aparente a lo largo de un paralelo celeste \rightarrow se llama Movimiento Diurno



(Portilla - Elementos de Astronomía de Posición)

Movimiento Diurno

- Por efecto de la rotación terrestre, para un observador en la Tierra, los objetos celestes tienen un movimiento aparente a lo largo de un paralelo celeste -> se llama Movimiento Diurno



(a) At middle northern latitudes



(b) At the north pole



(c) At the equator



Figure 2-11

R I V U X G

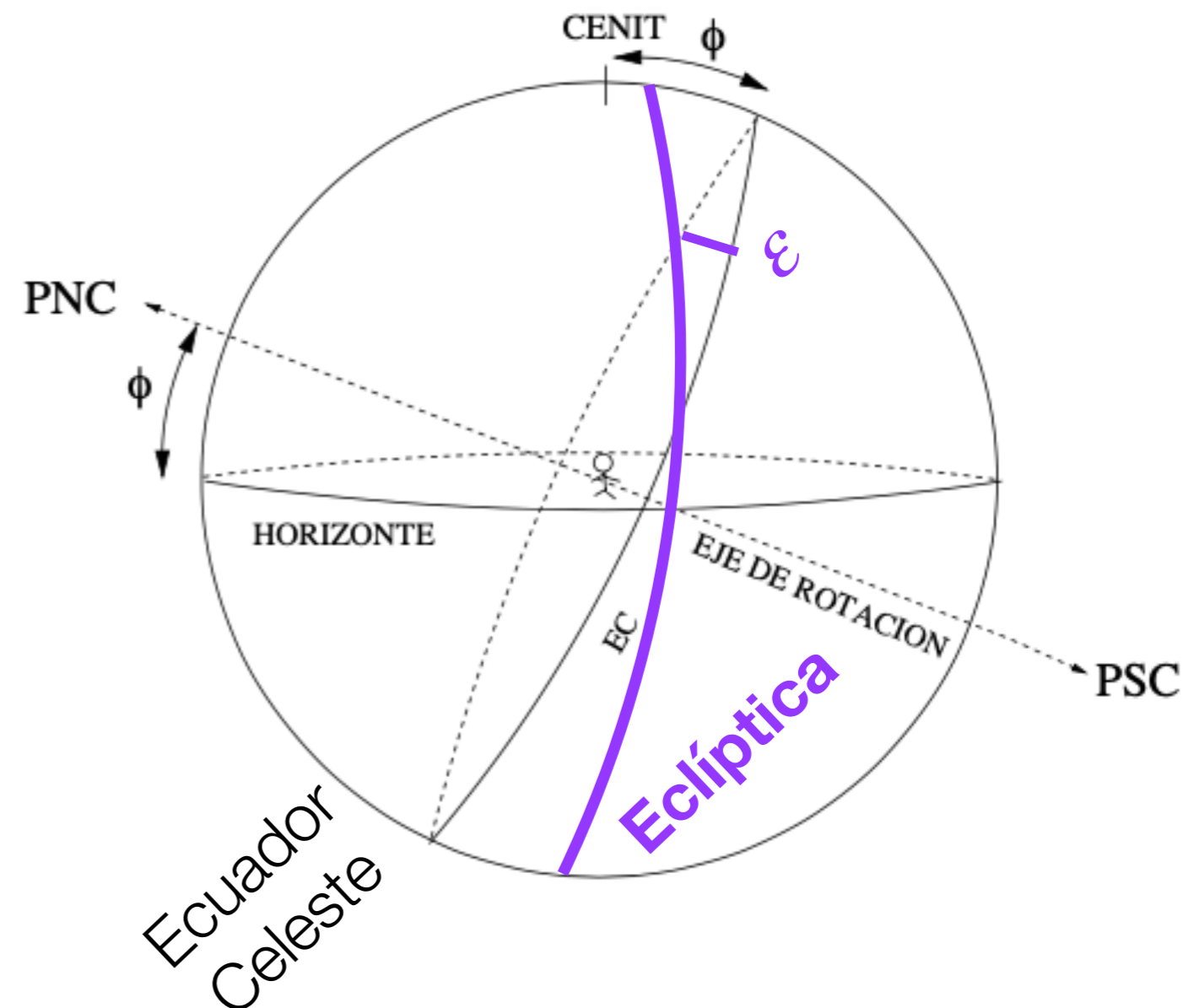
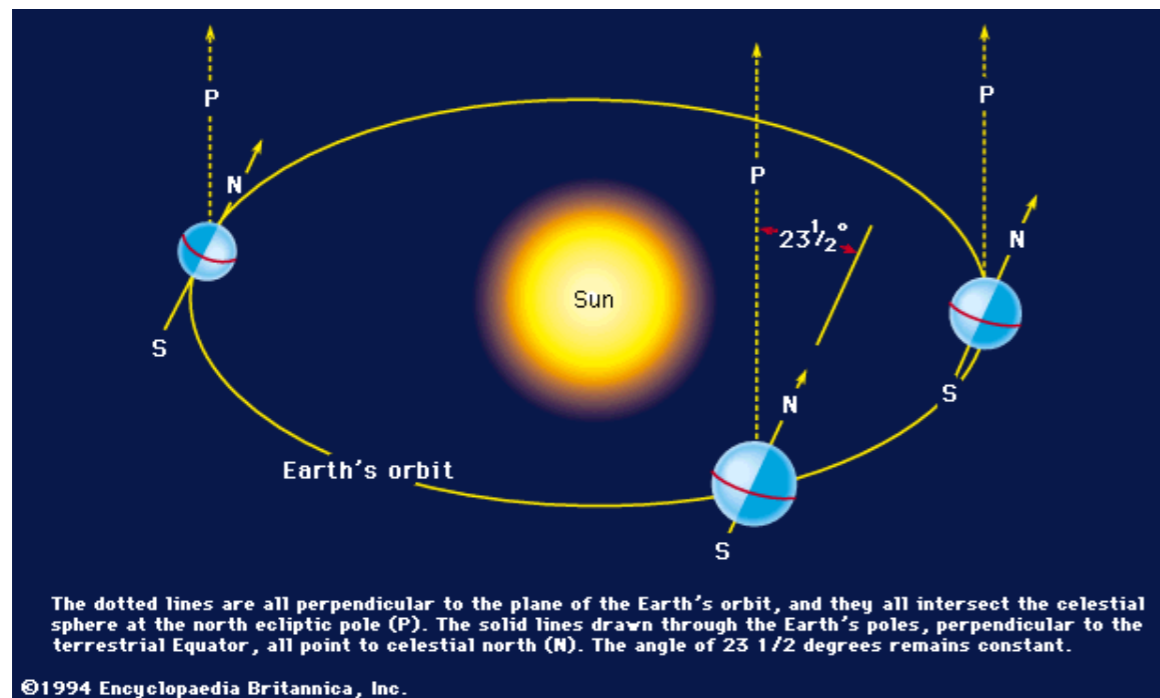
The Apparent Motion of Stars at Different Latitudes

As the Earth rotates, stars appear to rotate around us along paths that are parallel to the celestial equator. (a) As shown in this long time exposure, at most locations on Earth the rising and setting motions

are at an angle to the horizon that depends on the latitude. (b) At the north pole (latitude 90° north) the stars appear to move parallel to the horizon. (c) At the equator (latitude 0°) the stars rise and set along vertical paths. (a: David Miller/DMI)

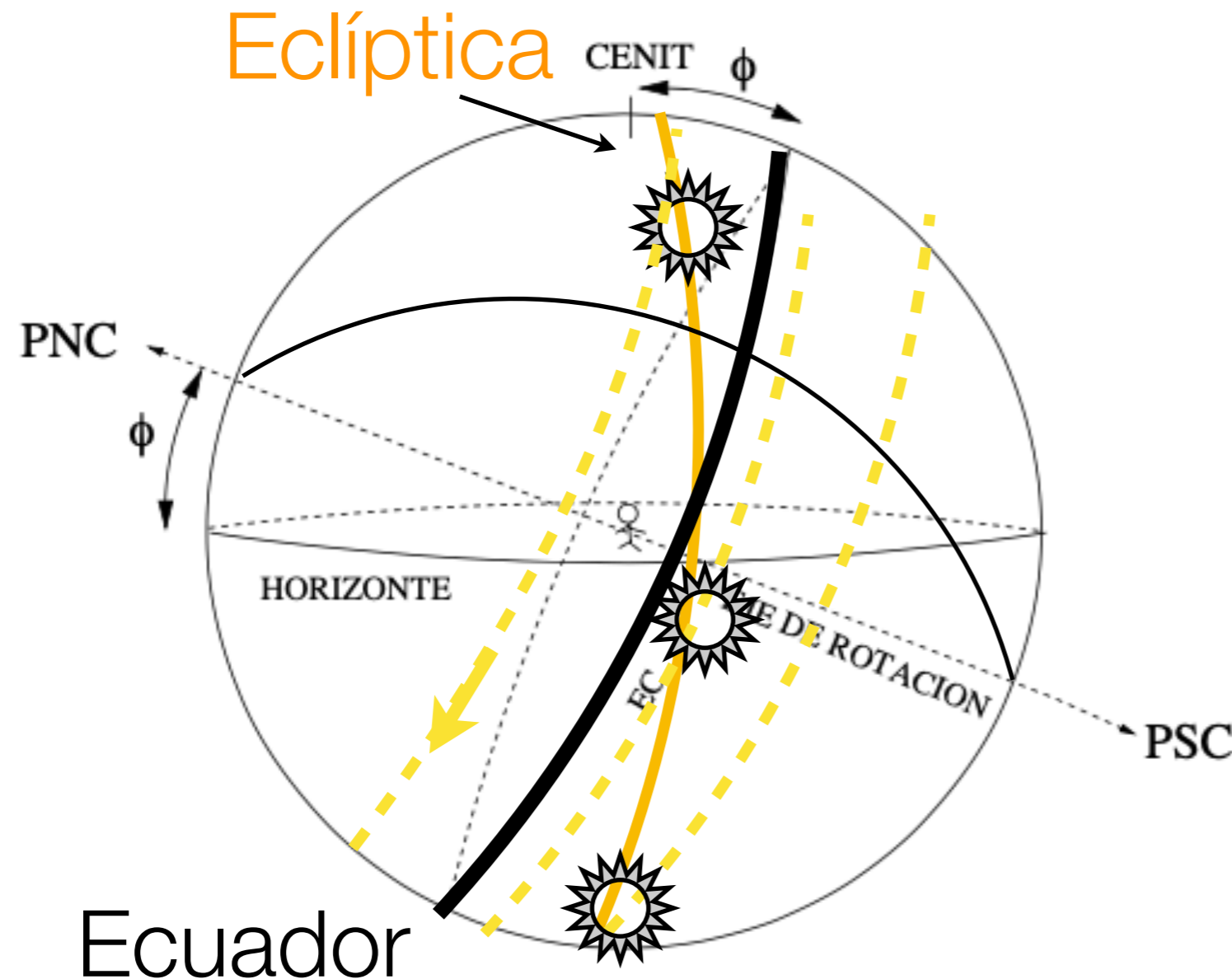
La Eclíptica -Movimiento del Sol

- Eje de rotación de la Tierra está inclinado $23^{\circ}27'$ respecto de su plano orbital.
- La proyección del plano de la órbita de la Tierra en la esfera celeste es lo que llamamos **Eclíptica**. El ángulo de inclinación se llama **oblicuidad de la eclíptica** $\varepsilon = 23^{\circ}27'$



La Eclíptica - Movimiento del Sol

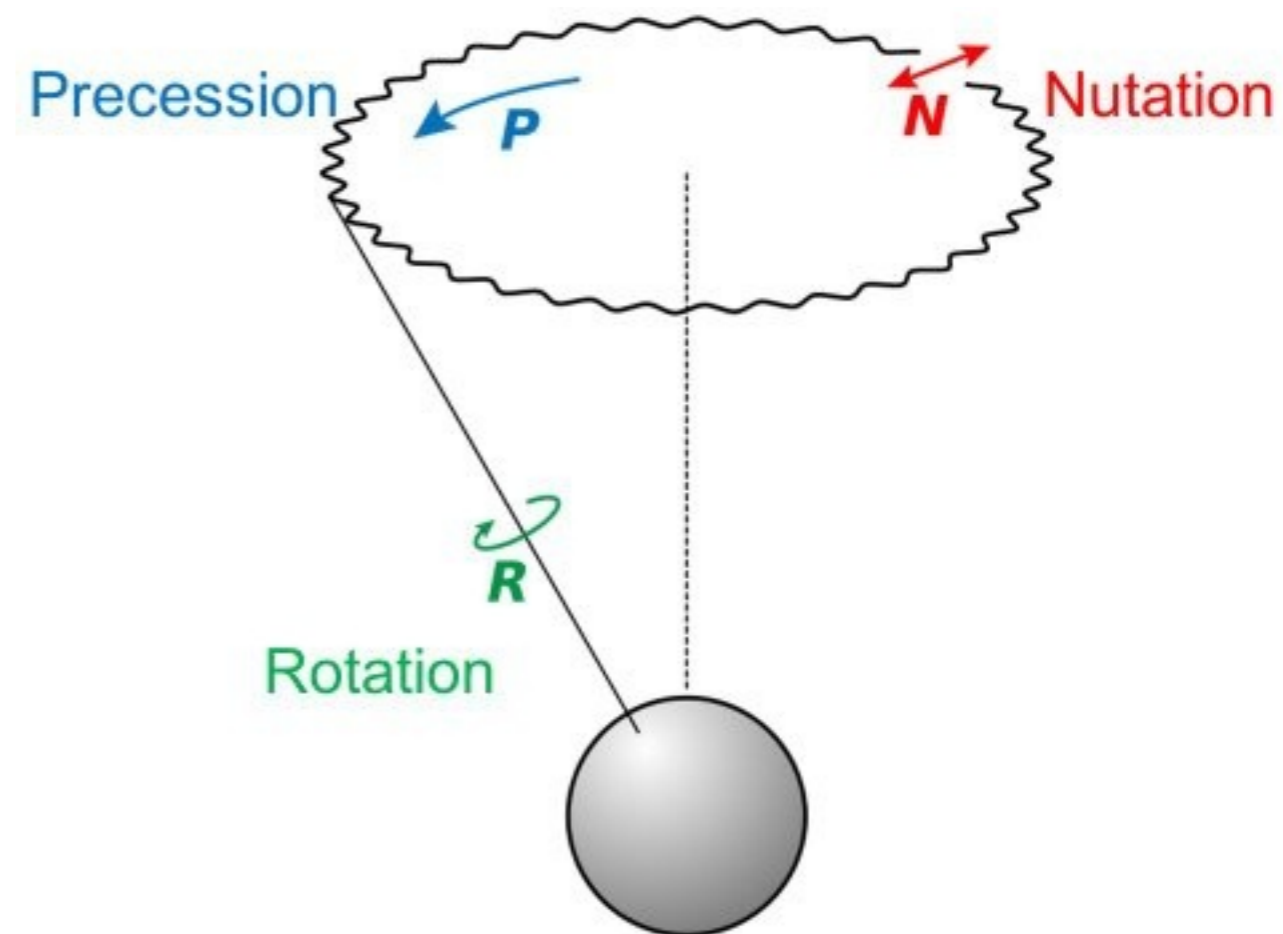
- Así el movimiento aparente del sol en un año ocurre por la Eclíptica -> sus coordenadas ecuatoriales cambian en el año
- En un día podemos tomarlas como constantes y el movimiento diurno del Sol es como el de cualquier astro, por un paralelo



- El Punto Υ se llama Equinoccio vernal (o Equinoccio de Aries): el punto en el que se encuentra el Sol el día del equinoccio de Primavera del Hemisferio Norte
- El punto opuesto a Υ se llama Equinoccio de Libra o punto Ω

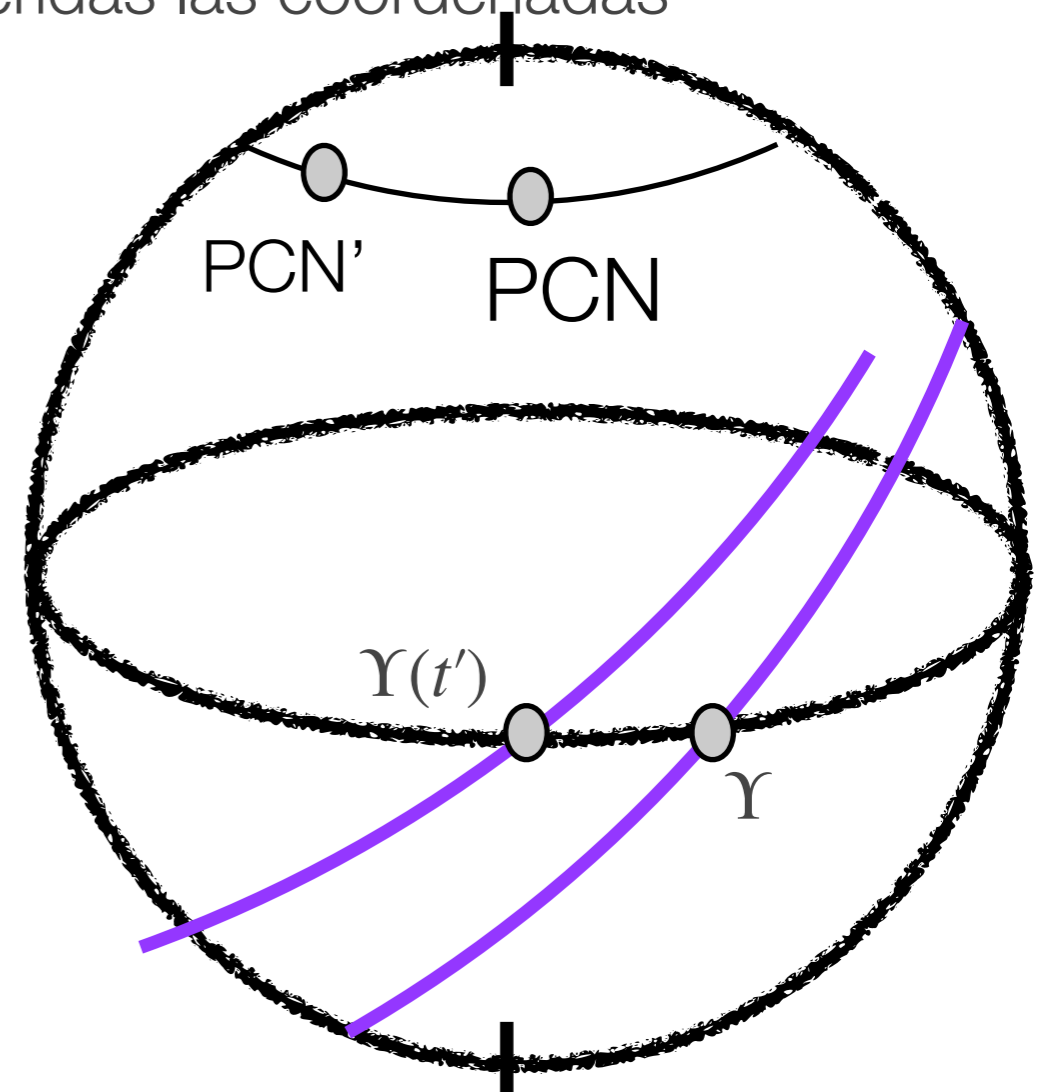
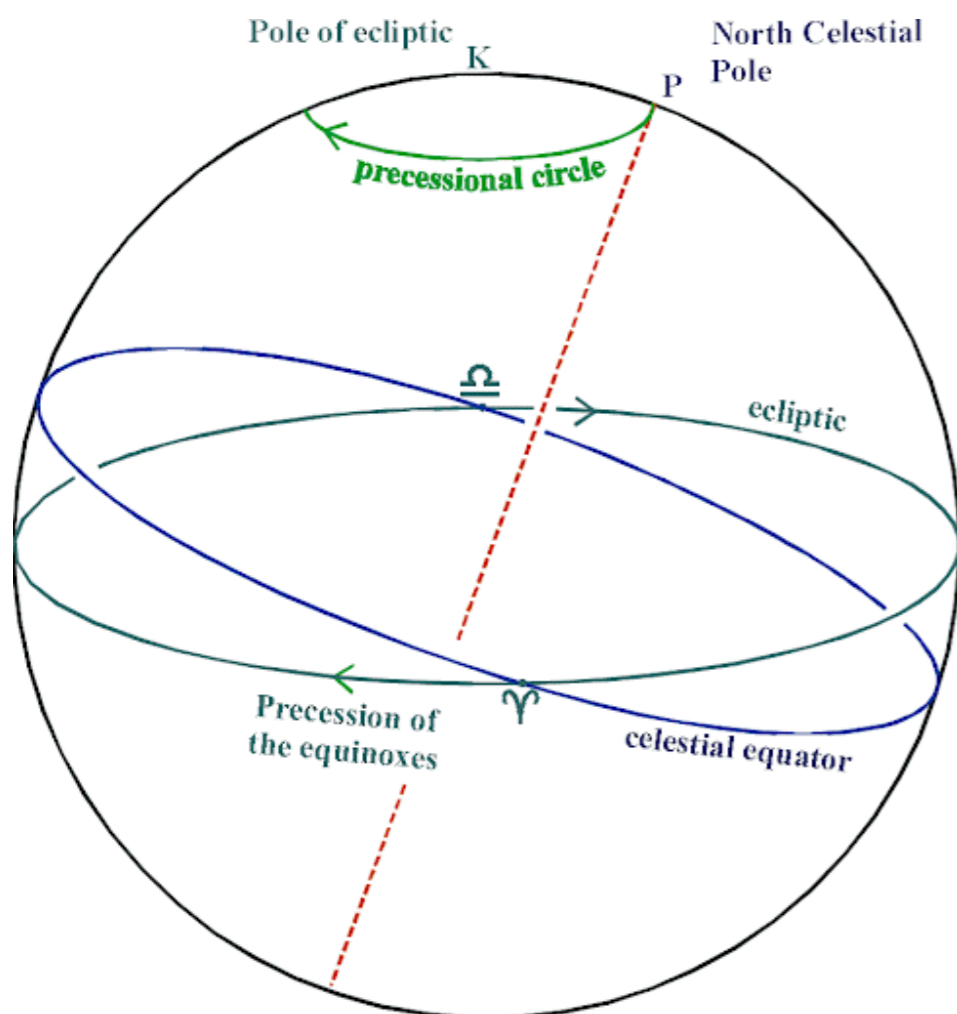
Perturbación de las Coordenadas: Precesión

- Pero debido a fuerzas de marea ejercidas por la Luna y el Sol, el eje de rotación de la Tierra cambia en el tiempo, presentando dos movimientos: **Precesión** y **Nutación**
- La Precesión hace orbitar al PCN en un mov. circular alrededor del polo (normal) de la Eclíptica, con un período de aprox. 26mil años manteniendo la oblicuidad constante
- La Nutación es una oscilación del PCN alrededor del movimiento medio dado por la Precesión, tiene un período de aprox. 18 años



Perturbación de las Coordenadas: Precesión

- La **Precesión** hace orbitar al PCN alrededor del polo (normal) de la Eclíptica, con un período de aprox. 26mil años (mantiene la oblicuidad constante). \rightarrow por lo tanto hace cambiar las coordenadas RA,DEC de los objetos
- Los catálogos astronómicos tienen un equinoccio de referencia, e.j. J2000.0, deben decir cuál es el punto Υ al que están referidas las coordenadas

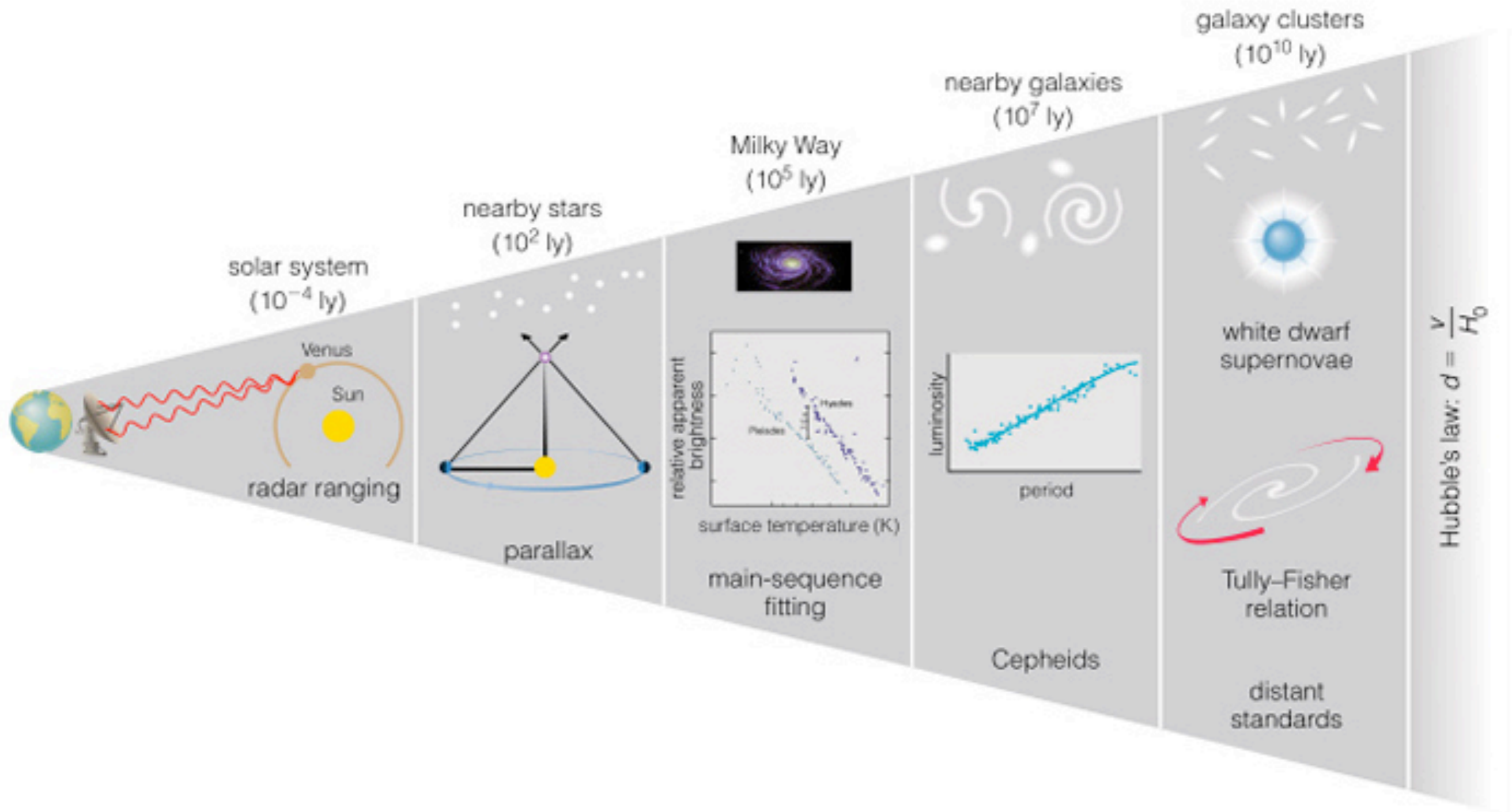


Medida de la Distancia

Unidades

- UA
 - distancia (media) Tierra-Sol: aprox. 150 millones de km
- Año luz
 - distancia recorrida por la luz en un año. Velocidad de la luz 300.000 km/s -> 9.461×10^{12} km
- Parsec: necesitamos la definición de paralaje...

La Escala de Distancias



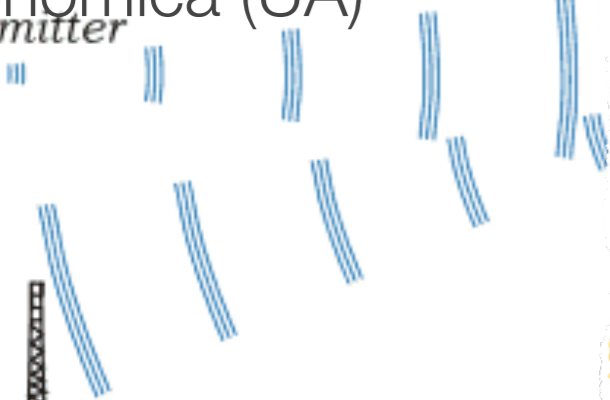
1º Peldaño: Telemetría

En un instante de tiempo:

- Se mide la distancia a Venus a partir de la demora en el rebote de una señal de radar ($d=ct$)
- Se mide la distancia angular ϖ entre Venus y el Sol (Elongación) en el momento de máxima elongación
- Resolviendo este triángulo se calcula el valor de la Unidad

Astronómica (UA)

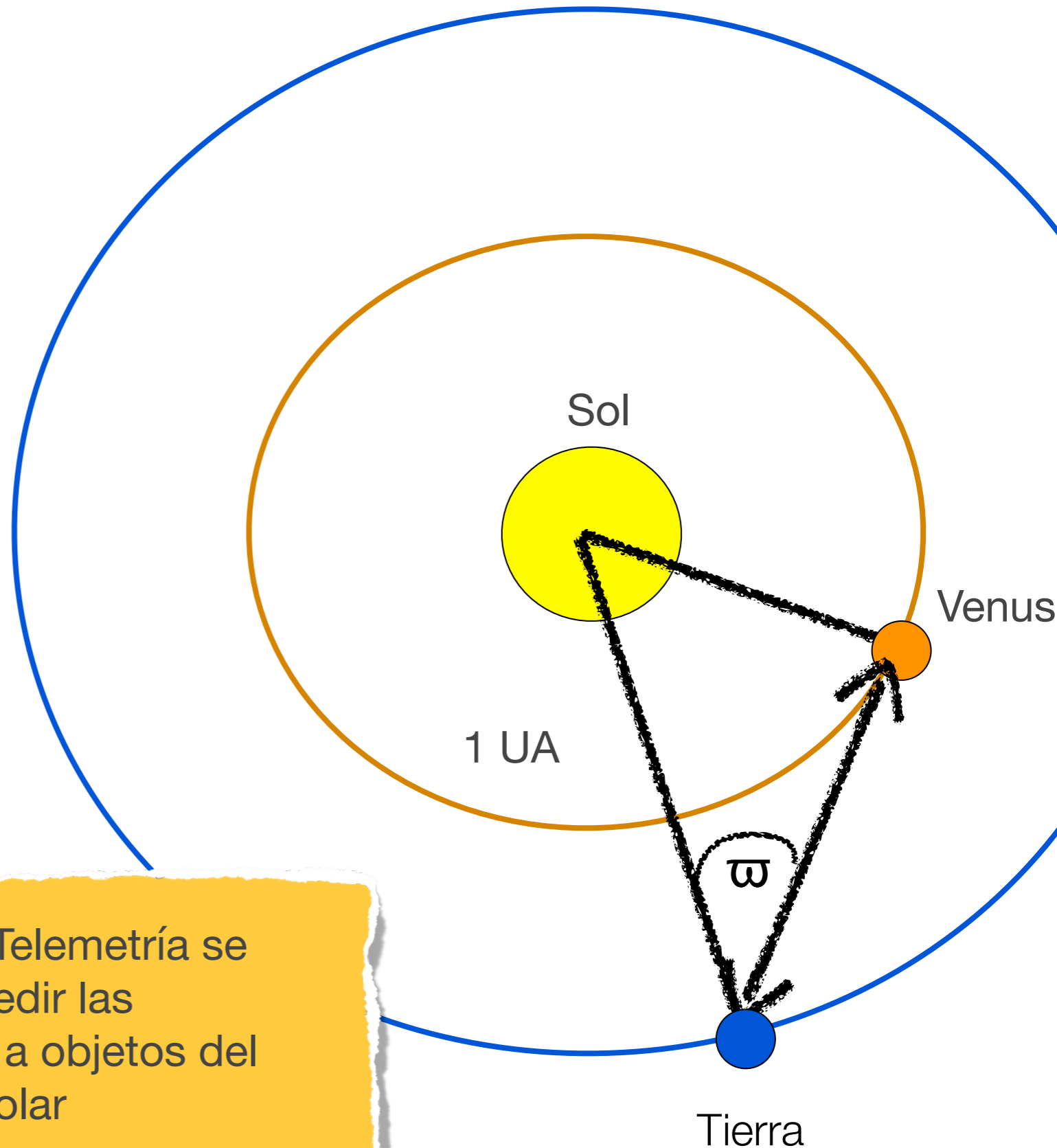
transmitter



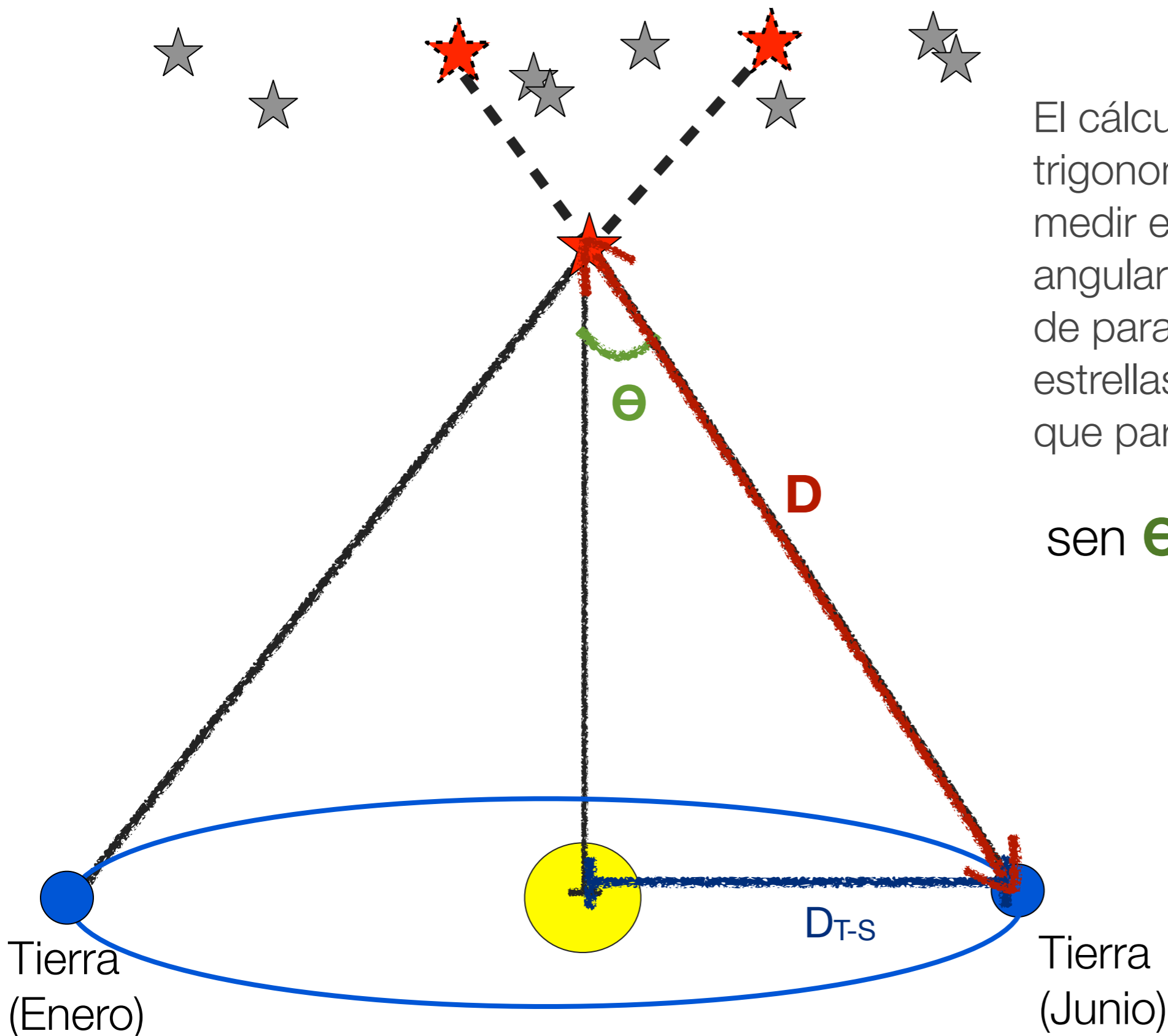
receiver

Mediante Telemetría se pueden medir las distancias a objetos del Sistema Solar

Útil hasta ~50 UA

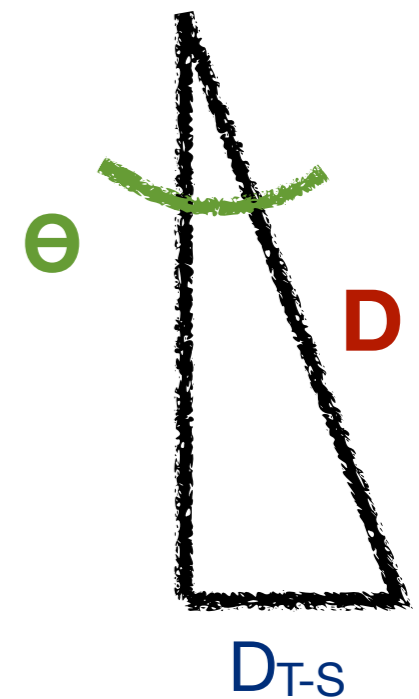


2º Peldaño: Paralaje Trigonométrica

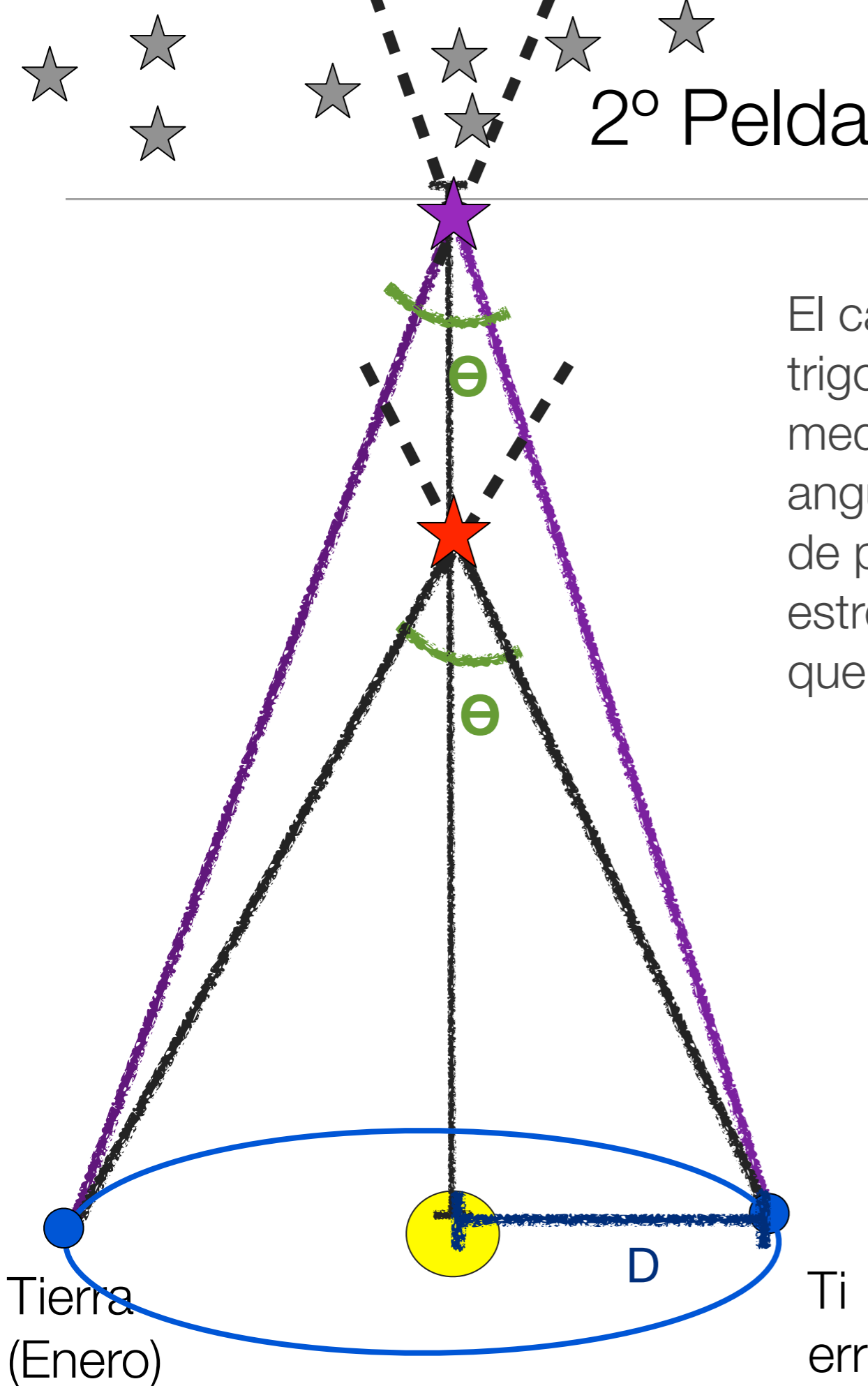


El cálculo de paralajes trigonométricos consiste en medir el cambio de posición angular de una estrella (ángulo de paralaje θ), respecto de estrellas u objetos más lejanos, que parecen fijos

$$\text{sen } \theta \sim \theta = D_{T-S} / D$$



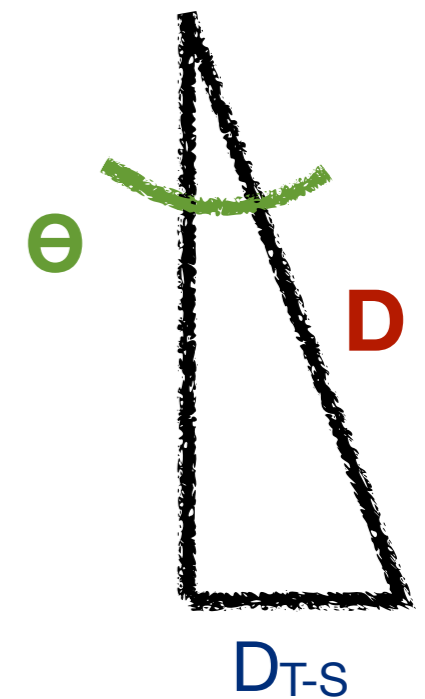
2º Peldaño: Paralaje Trigonométrica



El cálculo de paralajes trigonométricos consiste en medir el cambio de posición angular de una estrella (ángulo de paralaje θ), respecto de estrellas u objetos más lejanos, que parecen fijos

$$\theta = D_{T-S} / D$$

El ángulo de paralaje θ disminuye conforme aumenta la distancia



Unidades

- UA
 - distancia (media) Tierra-Sol: aprox. 150 millones de km
- Año luz
 - distancia recorrida por la luz en un año. Velocidad de la luz 300.000 km/s -> 9.461×10^{12} km
- Parsec: dos formas de verlo
 - distancia tal que el ángulo que subtiende 1 UA es 1"
 - distancia a la cuál un objeto tiene un paralaje de 1"

Medida de la velocidad

LA MEDIDA DE VELOCIDAD (I): MOVIMIENTO PROPIO

- Para objetos cercanos podemos medir el cambio de posición angular en el cielo (movimiento propio)
- Se mide típicamente en mili-segundos de arco por año



LA MEDIDA DE VELOCIDAD (II): VELOCIDAD RADIAL

- podemos medir la velocidad radial (en dirección acercándose o alejándose de nosotros)

Efecto
Doppler:
cambio en
tono del
sonido según
la velocidad
de la fuente



LA MEDIDA DE VELOCIDAD (II): VELOCIDAD RADIAL

- pero sí podemos medir la velocidad radial (en dirección acercándose o alejándose de nosotros)

Efecto Doppler:
cambio en tono del sonido según la velocidad de la fuente



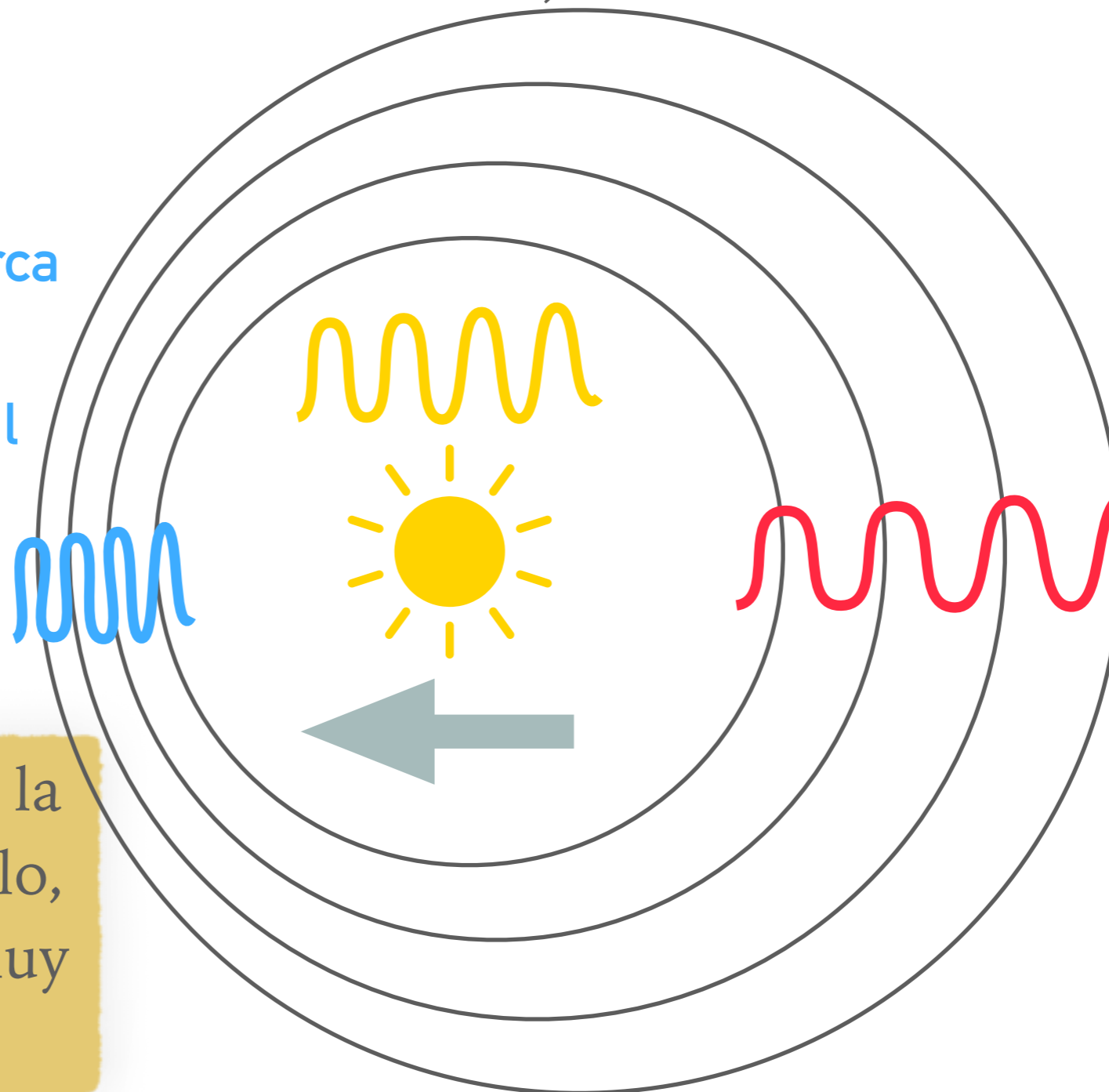
esto mismo pasa con la luz y podemos medirlo, incluso en galaxias muy lejanas

LA MEDIDA DE VELOCIDAD (II): VELOCIDAD RADIAL

- pero sí podemos medir la velocidad radial (en dirección acercándose o alejándose de nosotros)

Efecto Doppler:
cambio en tono del sonido según la velocidad de la fuente

se acerca
=
+ azul



se aleja
=
+ roja



esto mismo pasa con la luz y podemos medirlo, incluso en galaxias muy lejanas

