Astronomía Fundamental 2020

o Astronomía en tiempos del Coronavirus

Clase 1: Programa y Evaluación del Curso - Elementos de Trigonometría Esférica
23/03/2020

Licenciatura en Astronomía - Fac. de Ciencias, UdelaR
3º Semestre - 2020
Teórico: Cecilia Mateu
Práctico: Bruno Domínguez

Circunstancias Especiales: Modalidad Remota

- Dictaremos las clases de forma remota mientras duren las circunstancias especiales que vivimos debido a la crisis del Corona Virus 19
- Esta modalidad completamente remota es experimental, es probable que hagamos cambios en cómo damos las clases remotas y según progrese el cursos, así como en las evaluaciones. Por el momento la idea es:
  - Dar las clases teóricas y prácticas en vivo (Teo: lunes 10:30-12, miércoles 10-12; práctico viernes 10-12)
  - Manejar consultas vía foro de EVA y posibles videoconferencias adicionales

Circunstancias Especiales: Modalidad Remota

- Daremos las clases **en vivo** porque es un curso pequeño y queremos maximizar la interacción entre nosotros
- Queremos que ***participen!***
- Anticipamos que siempre que mantengamos un mínimo de orden podremos mantener ***clases interactivas***
- Iremos tanteando cómo adaptar el formato de las clases para que sean lo más participativas posible

Evaluación

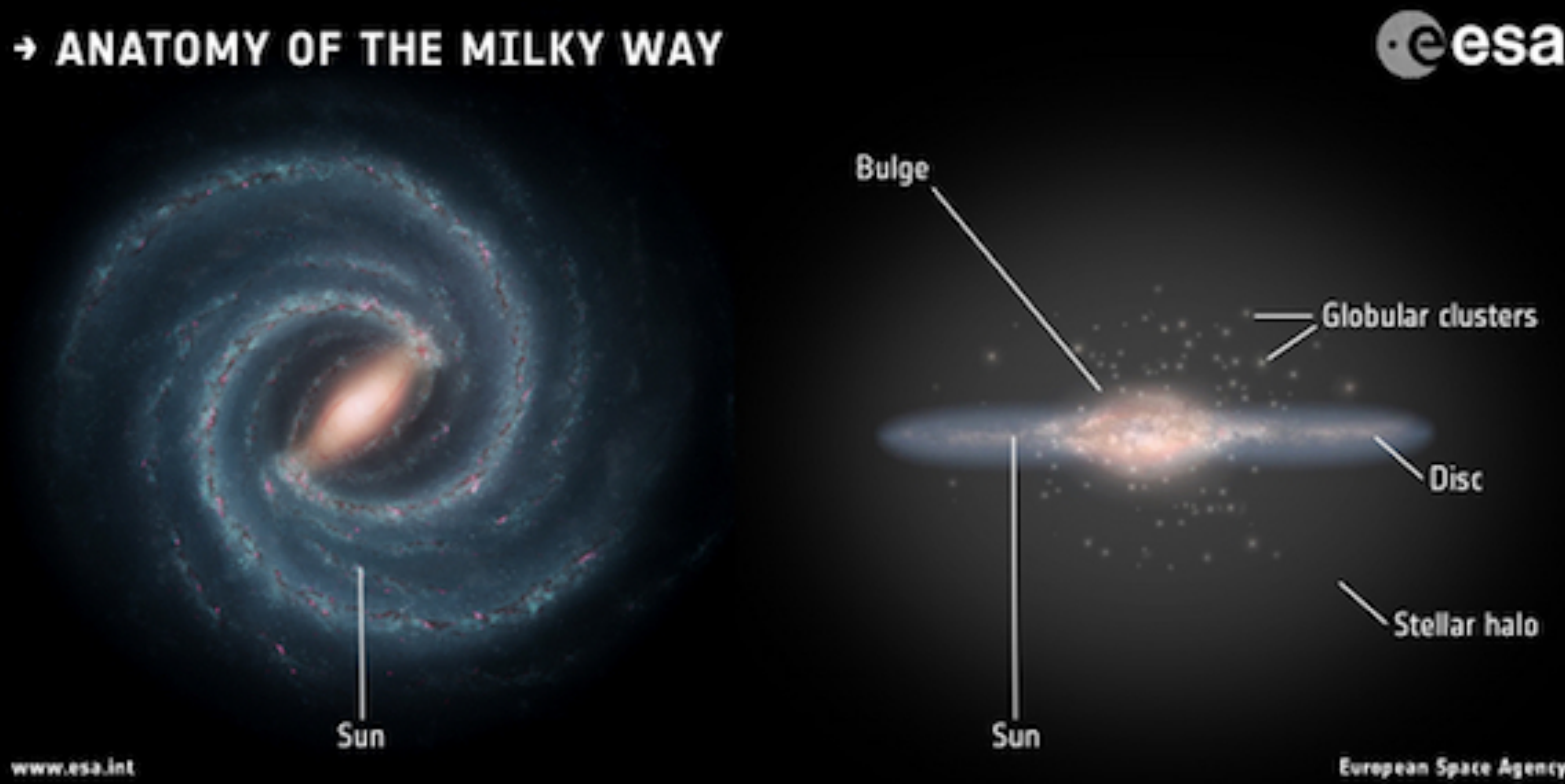
- **3 parciales** (100 c/u) **+ examen final (fechas estimadas en EVA)**
- Puede que hagamos actividades adicionales como: tareas, quices (exámenes cortos)
- Los detalles sobre la evaluación los concretaremos para después de Semana de Turisno (12/04)
- **Nota:**
  - Ganancia (ver detalles en EVA)

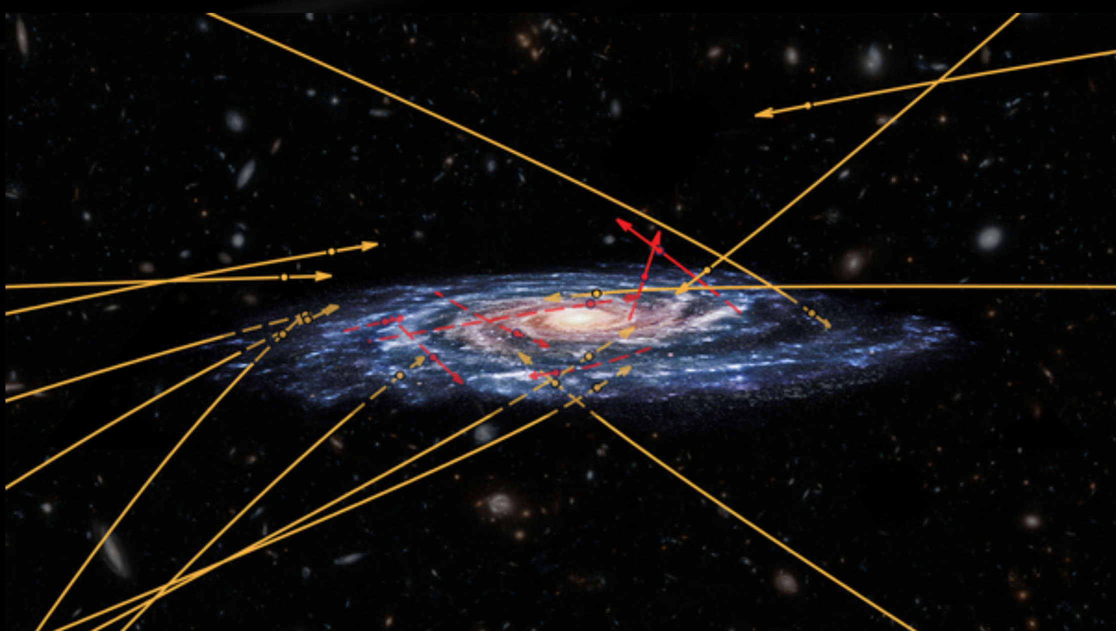
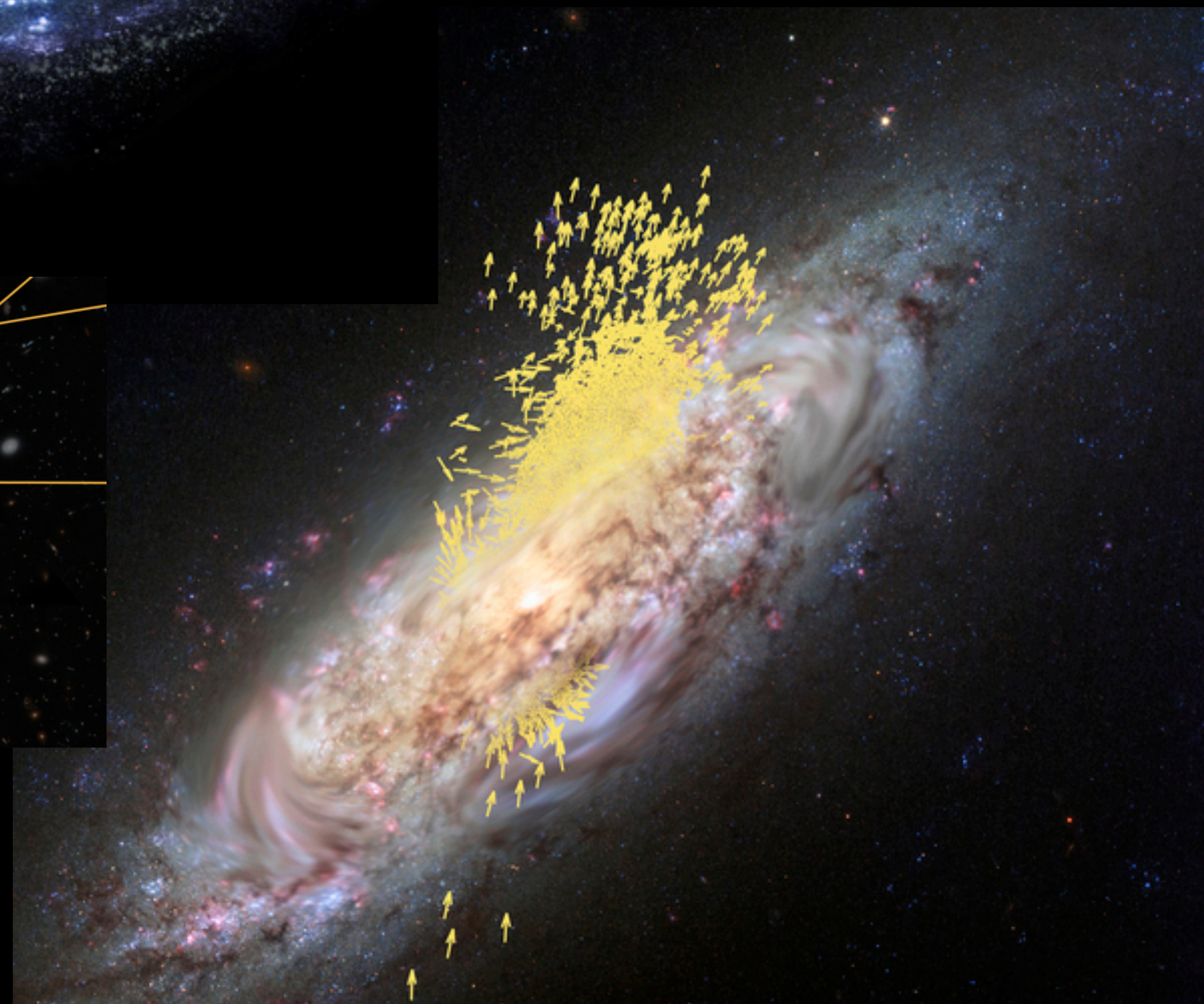
Bibliografía

- **Spherical Astronomy, Robin Green**
- Complementaria:
  - Elementos de Astronomía de Posición, Portilla
  - Fundamental Astronomy, Karttunen
  - Textbook on Spherical Astronomy, Smart
  - Notas y videos de Astronomía Fundamental 2018 (Gallardo)
- Les enviaremos por el foro el enlace a un directorio con todos estos libros

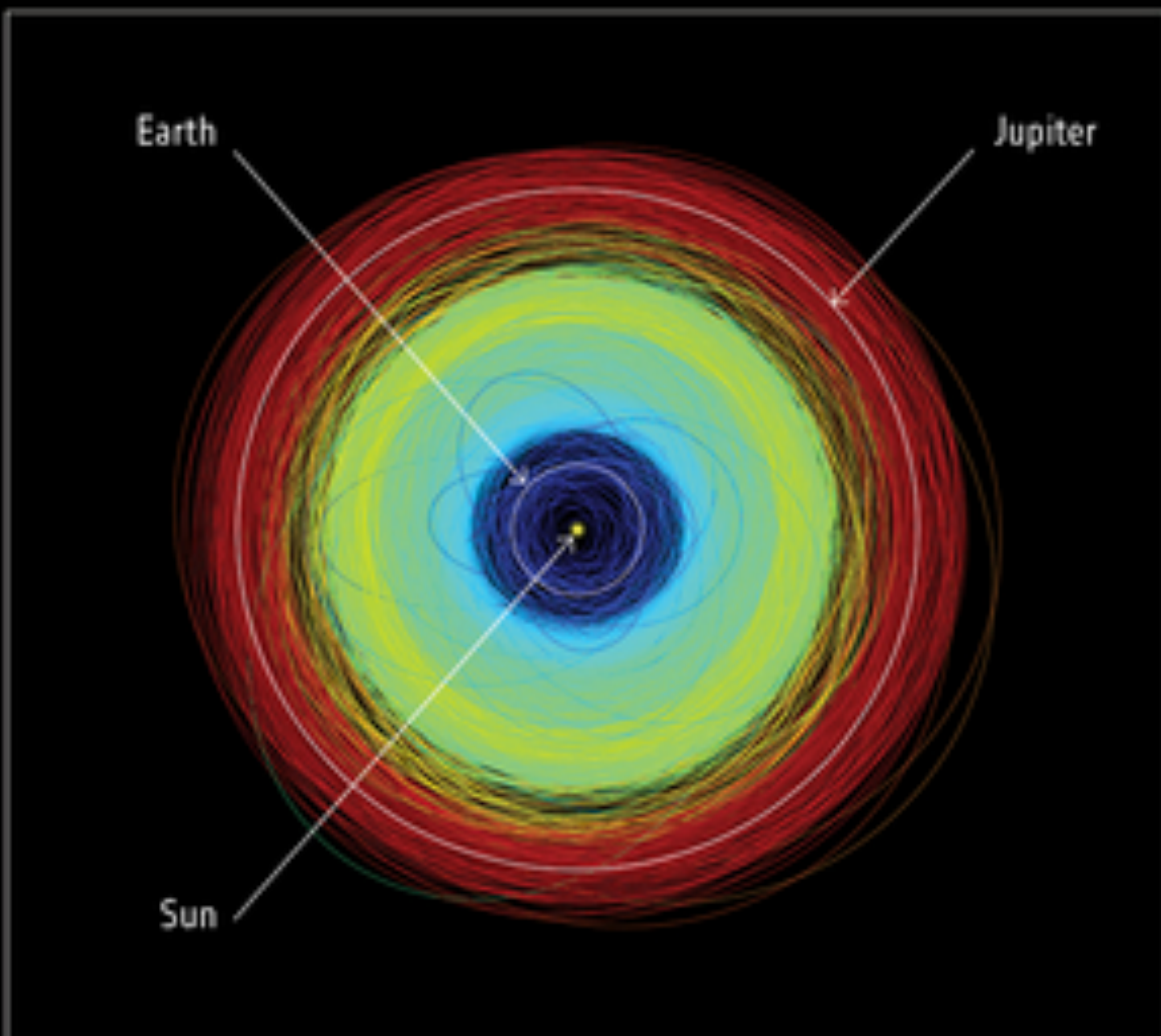
Astronomía Fundamental - Programa

- Trigonometría Esférica
- Sistemas de referencia astronómicos y transformaciones
- Paralaje y Aberración
- Movimiento Propio
- Precesión y Nutación
- Medición y definiciones de Tiempo
- Movimiento y configuraciones planetarias
- Ocultaciones y eclipses

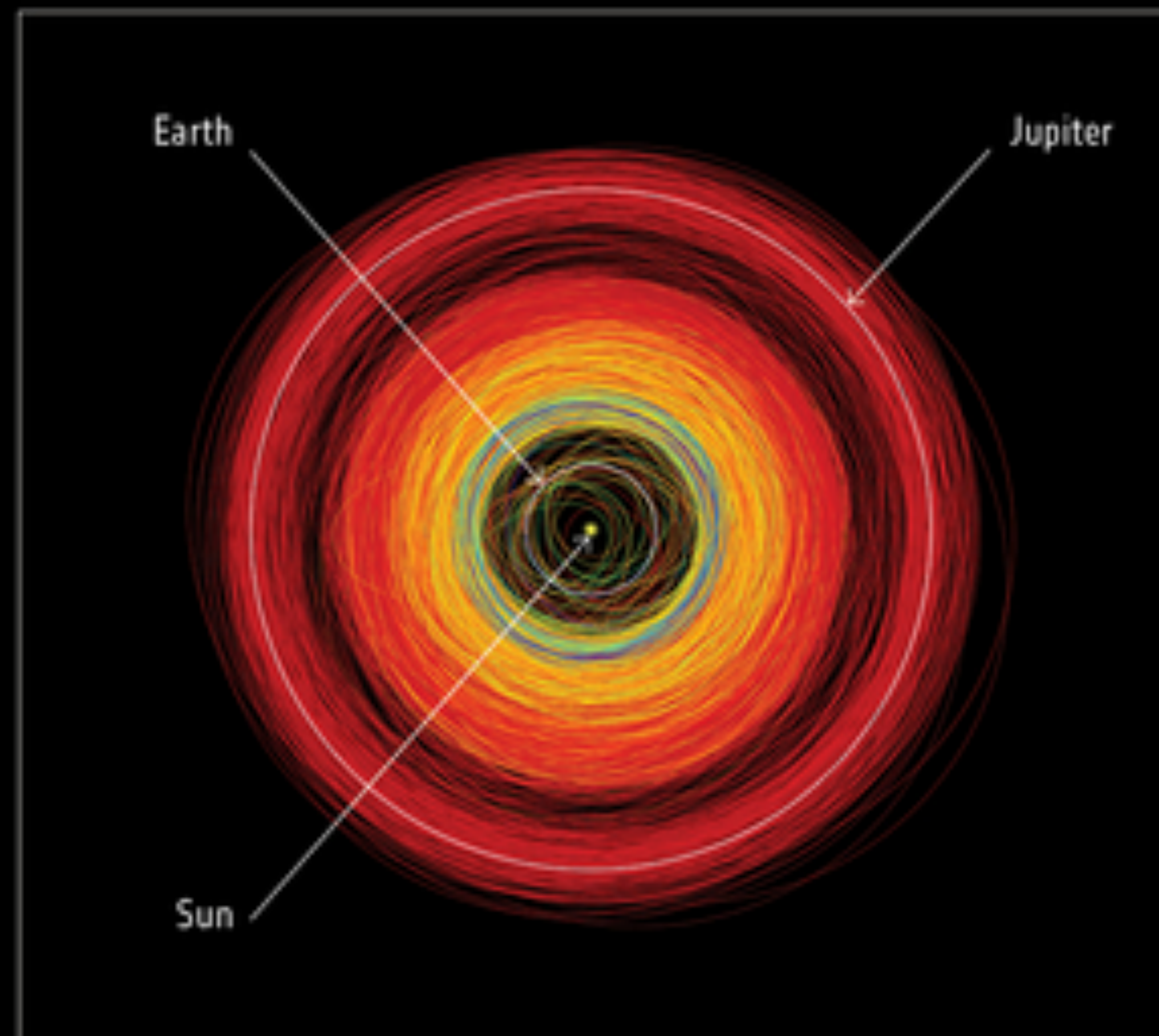

→ ANATOMY OF THE MILKY WAY
esa
Bulge
Globular clusters
Disc
Stellar halo
Sun
Sun
www.esa.int
European Space Agency

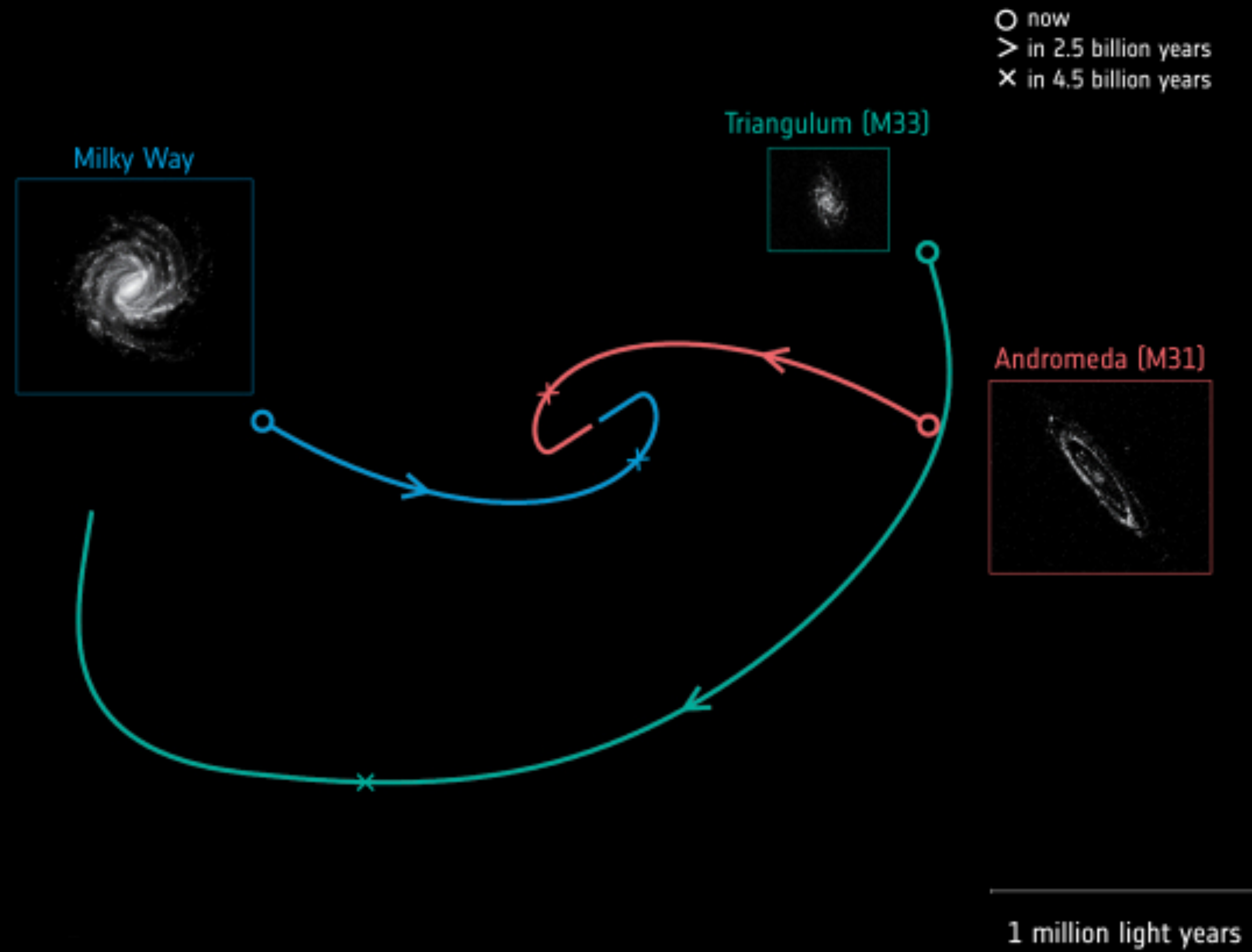
→ GAIA'S FIRST SURVEY OF ASTEROIDS



Colour indicates each asteroid's distance from the Sun
Blue/violet: Near-Earth asteroids; Yellow/green: Main belt asteroids;
Red/orange: Jupiter Trojan asteroids



Colour indicates each asteroid's reflective properties, or albedo,
where red indicates the darkest asteroids

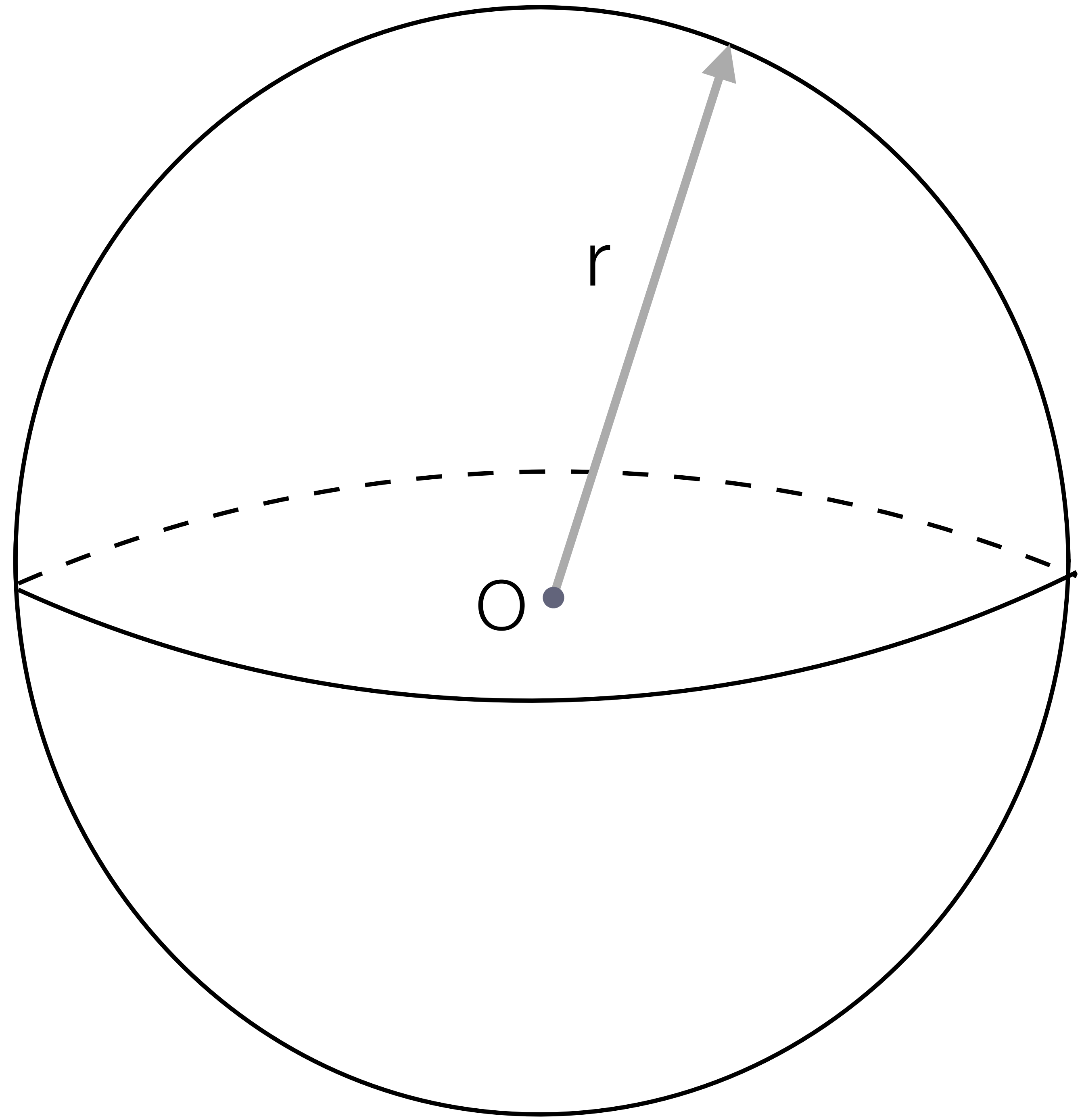

now
in 2.5 billion years
in 4.5 billion years
Triangulum (M33)
Milky Way
Andromeda (M31)
1 million light years

Entremos en materia…

Elementos de Trigonometría Esférica

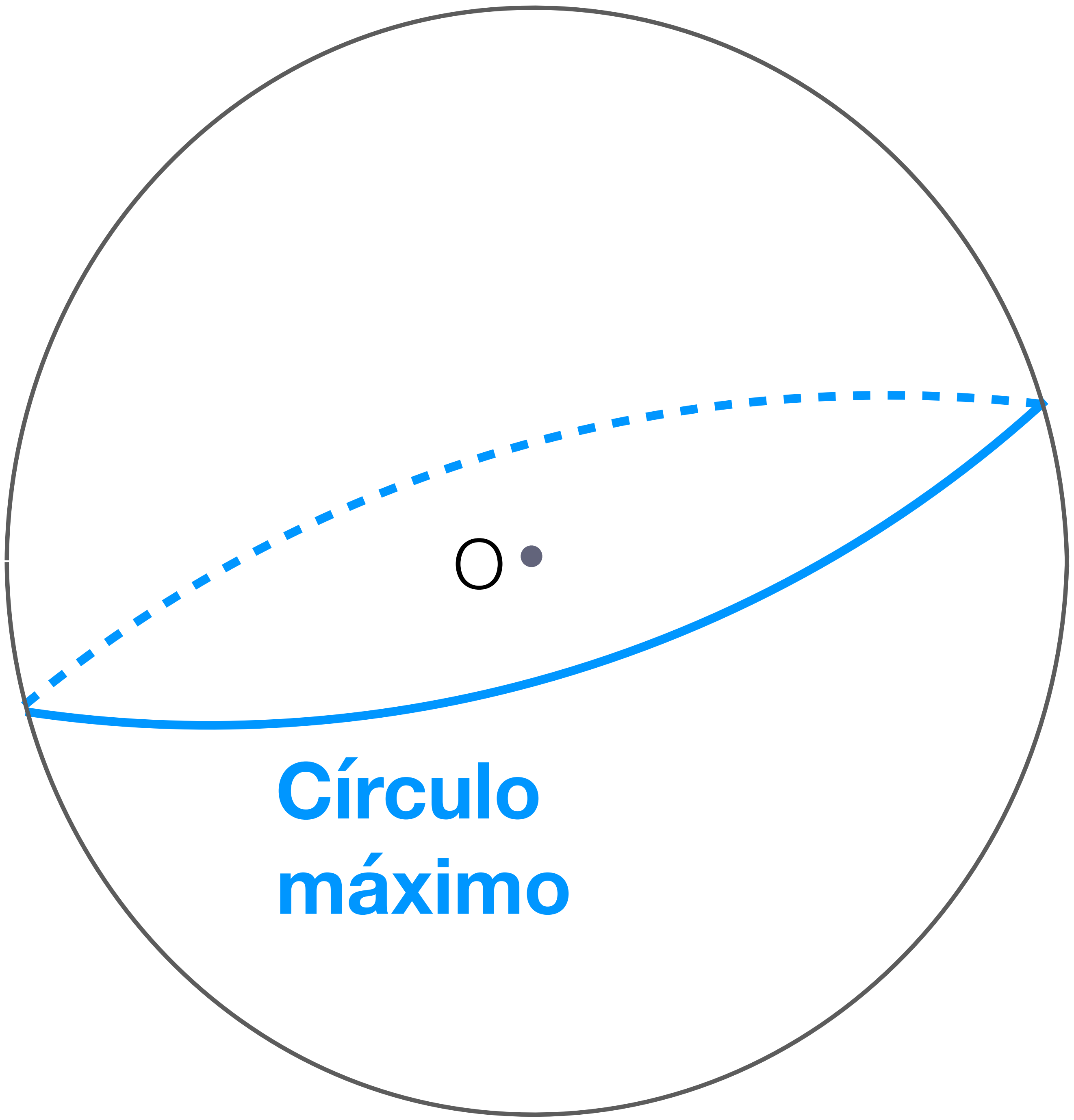
Esfera Celeste

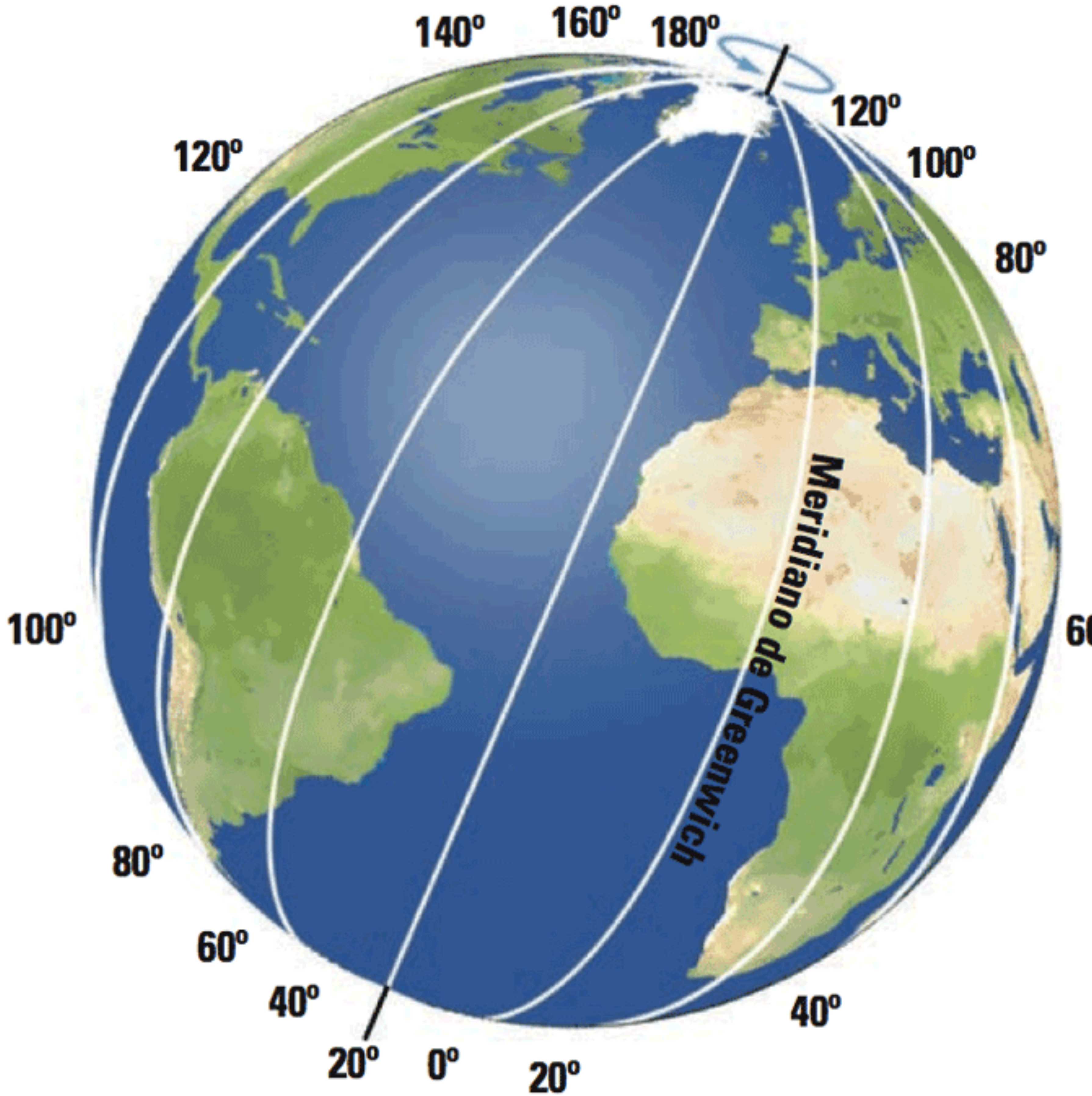
- Describiremos la posición de un objeto en una bóveda (celeste) esférica de radio arbitrario
    - En adelante tomaremos este radio como 1, sin pérdida de generalidad



Círculo Máximo (great circle)

- **Círculo máximo:**
  - intersección de un plano que pasa por el origen de la esfera (O) con su superficie
  - ejemplos: ecuador y meridianos terrestres

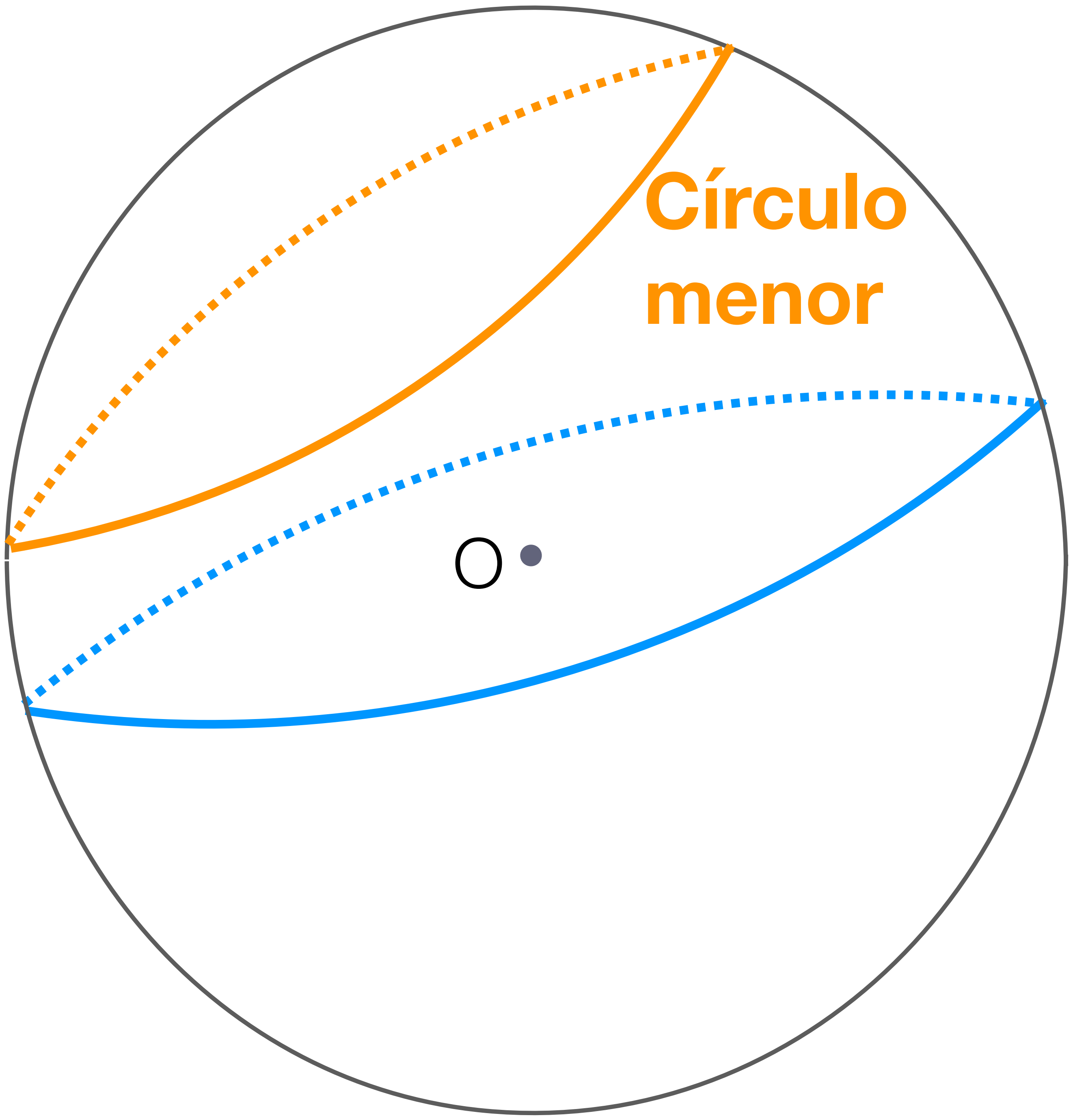


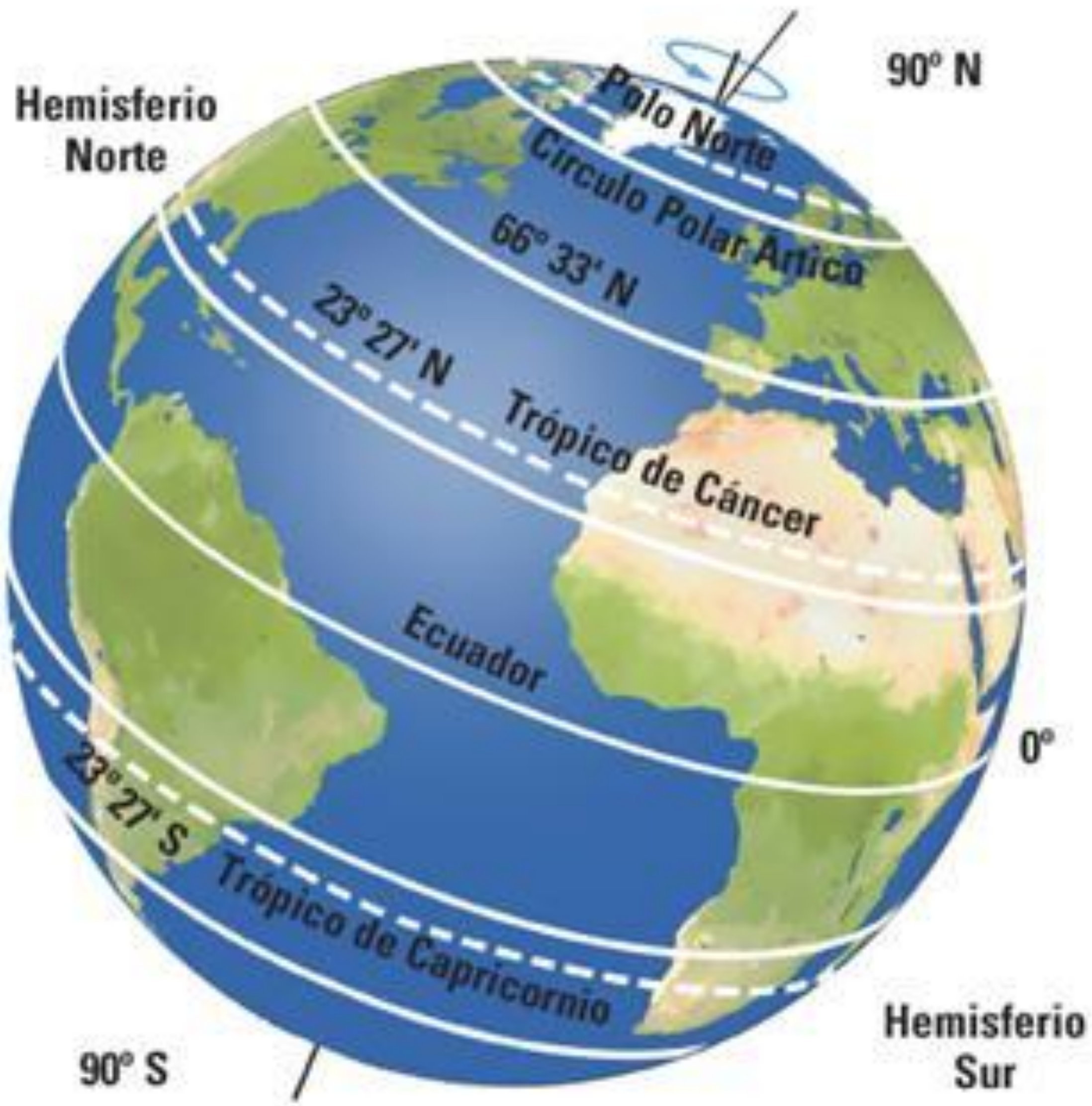


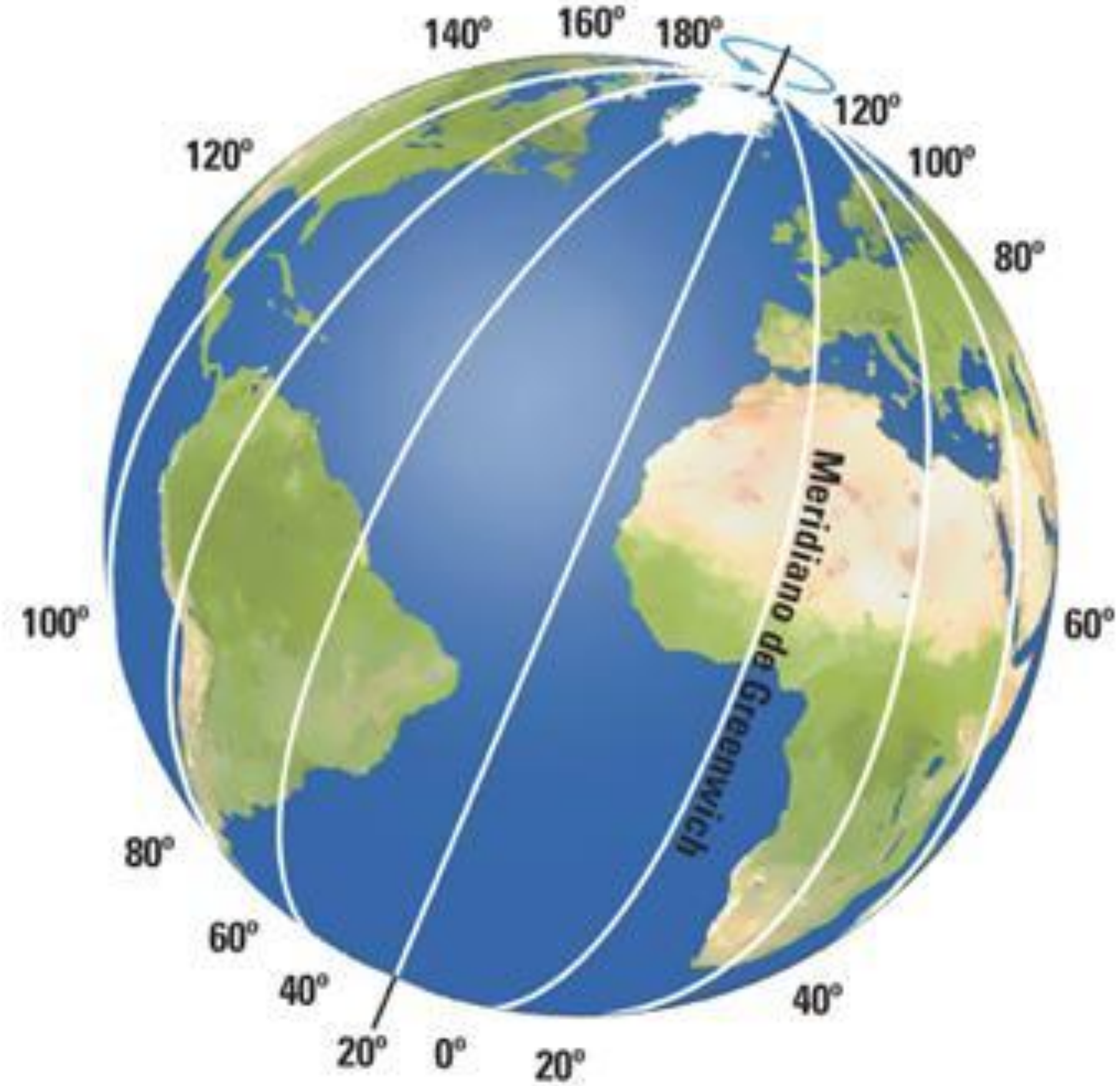
140º
160º
180º
120º
120º
100º
80º
Meridiano de Greenwich
100º
60º
80º
60º
40º
40º
20º
0º
20º

Círculo Menor (small circle)

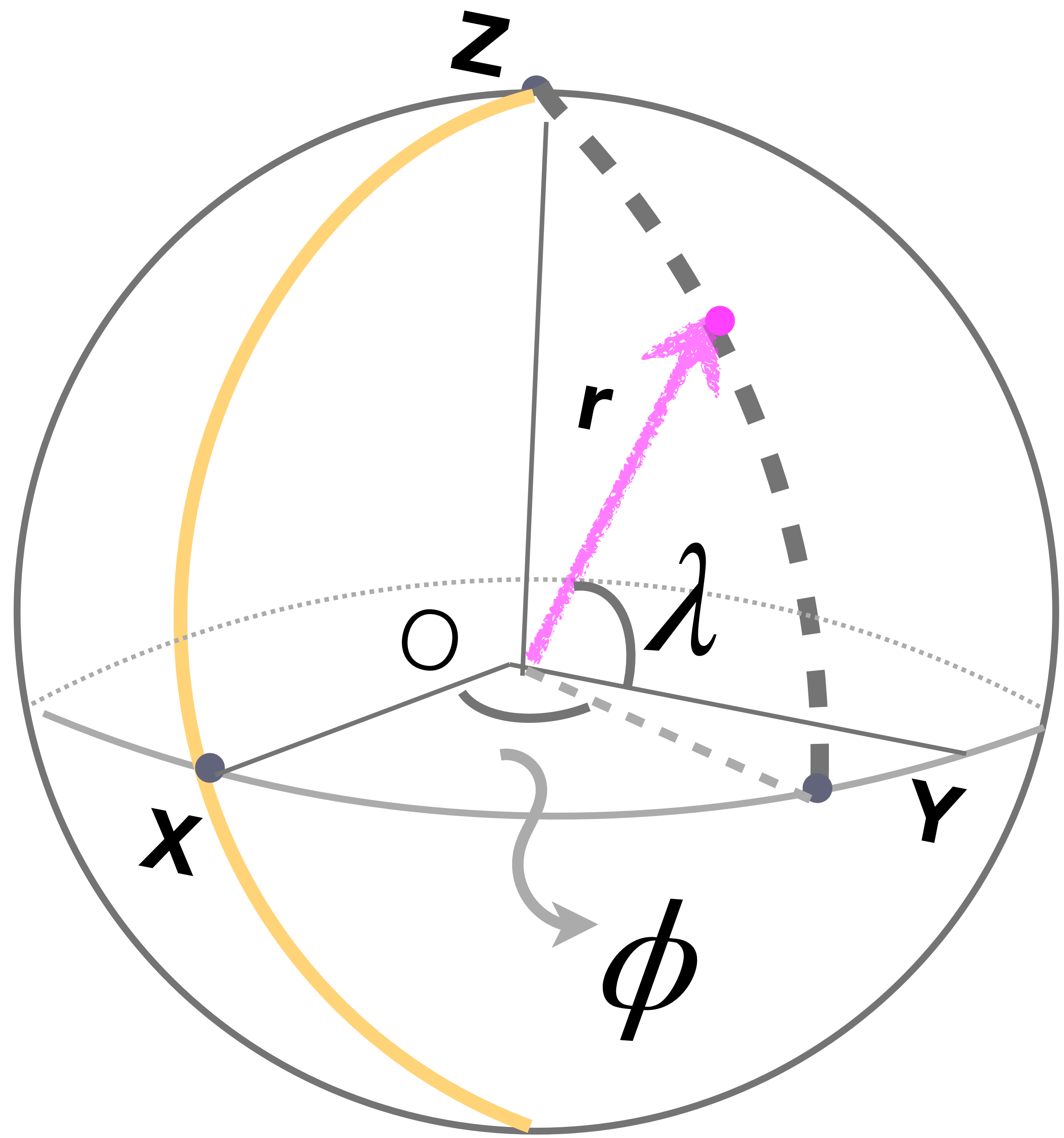
- **Círculo menor:**
  - intersección de un plano que ***no*** pasa por el origen de la esfera (O) con su superficie
  - ejemplos: paralelos terrestres




Hemisferio Norte
90° N
Polo Norte
Círculo Polar Artico
66° 33' N
23° 27' N
Trópico de Cáncer
Ecuador
0°
23° 27' S
Trópico de Capricornio
90° S
Hemisferio Sur

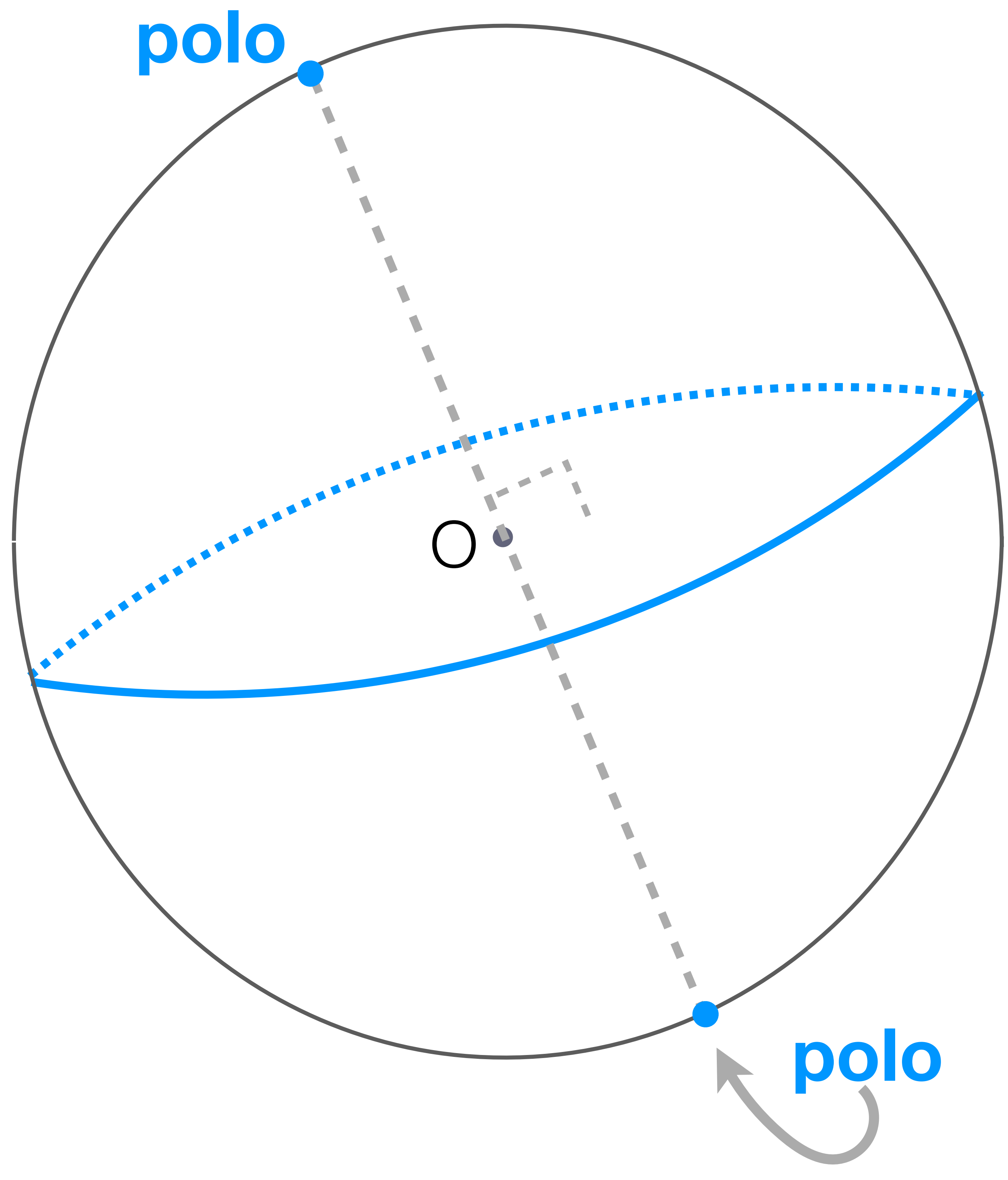

140°
160°
180°
120°
120°
100°
80°
100°
60°
Meridiano de Greenwich
80°
60°
40°
20°
0°
20°
40°

Sistemas de Coordenadas Esféricas (o polares)



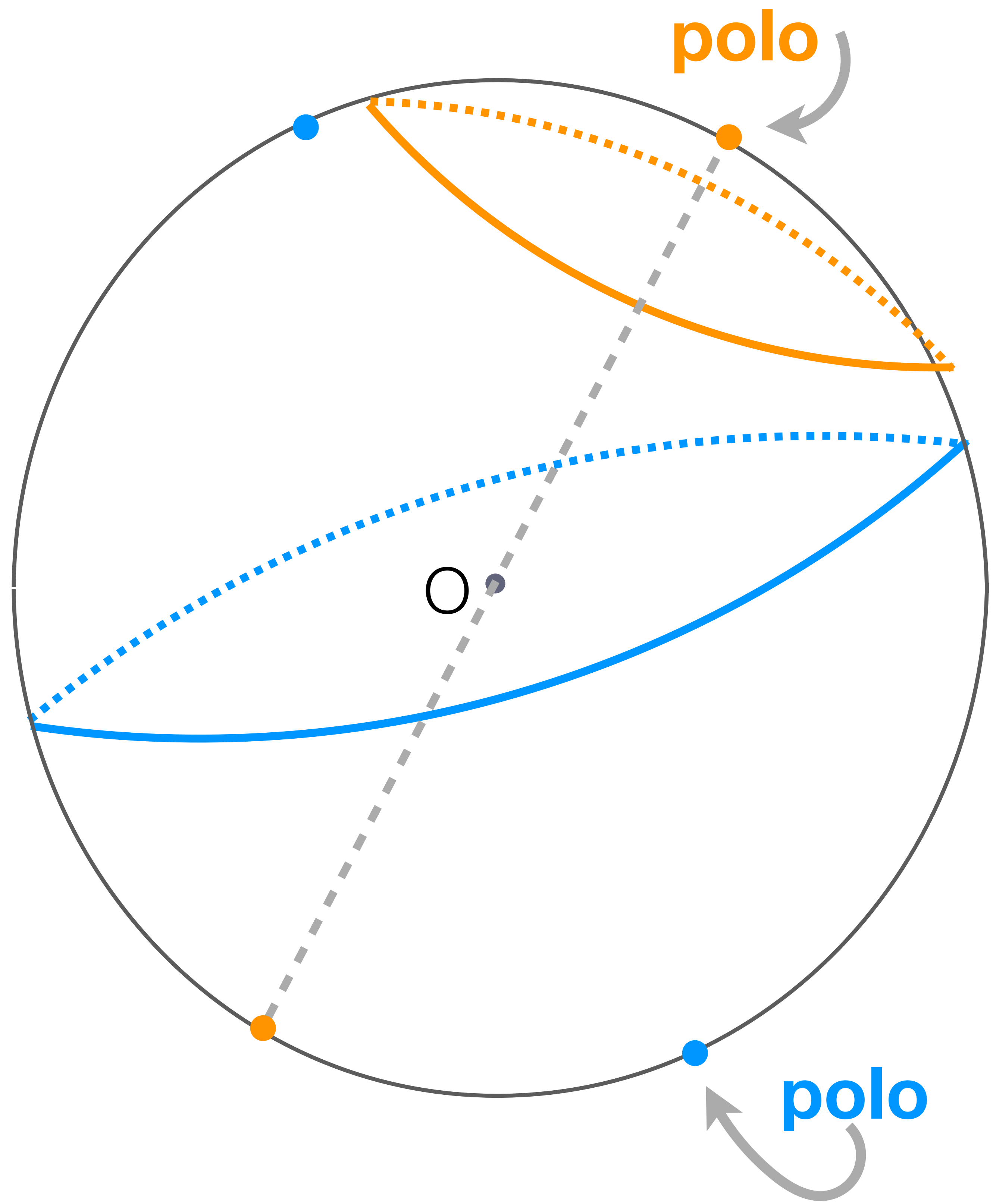
Polos

- **Polos**
  - intersecciones del diámetro de la esfera normal al plano del círculo máximo/menor con la superficie
  - <=> intersección del vector normal al plano con la superf. de la esfera



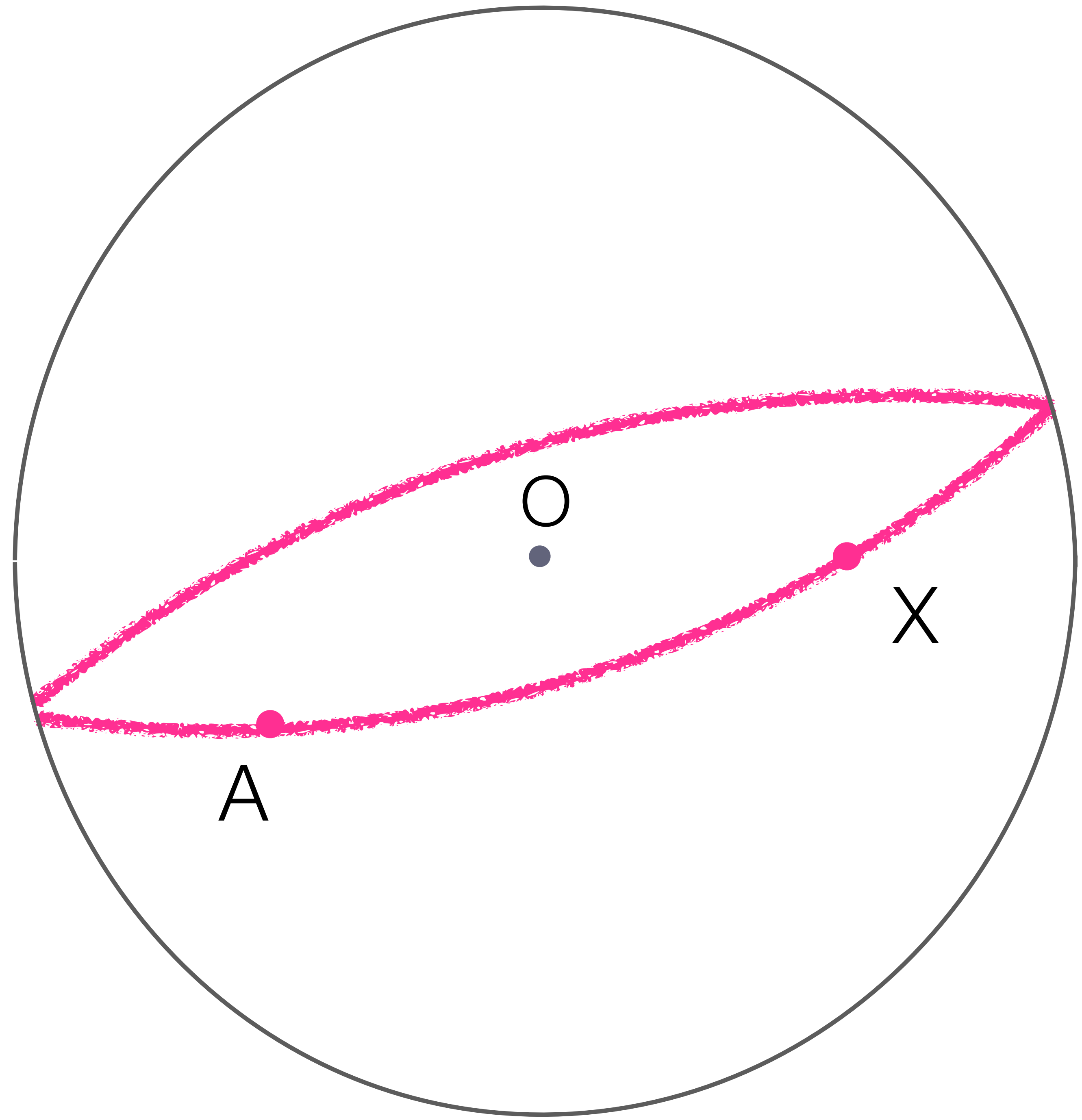
Polos

- **Polos**
  - intersecciones del diámetro de la esfera normal al plano del círculo máximo/menor con la superficie
  - <=> intersección del vector normal al plano con la superf. de la esfera



- Dados dos puntos (A y X) cualesquiera sobre la esfera:

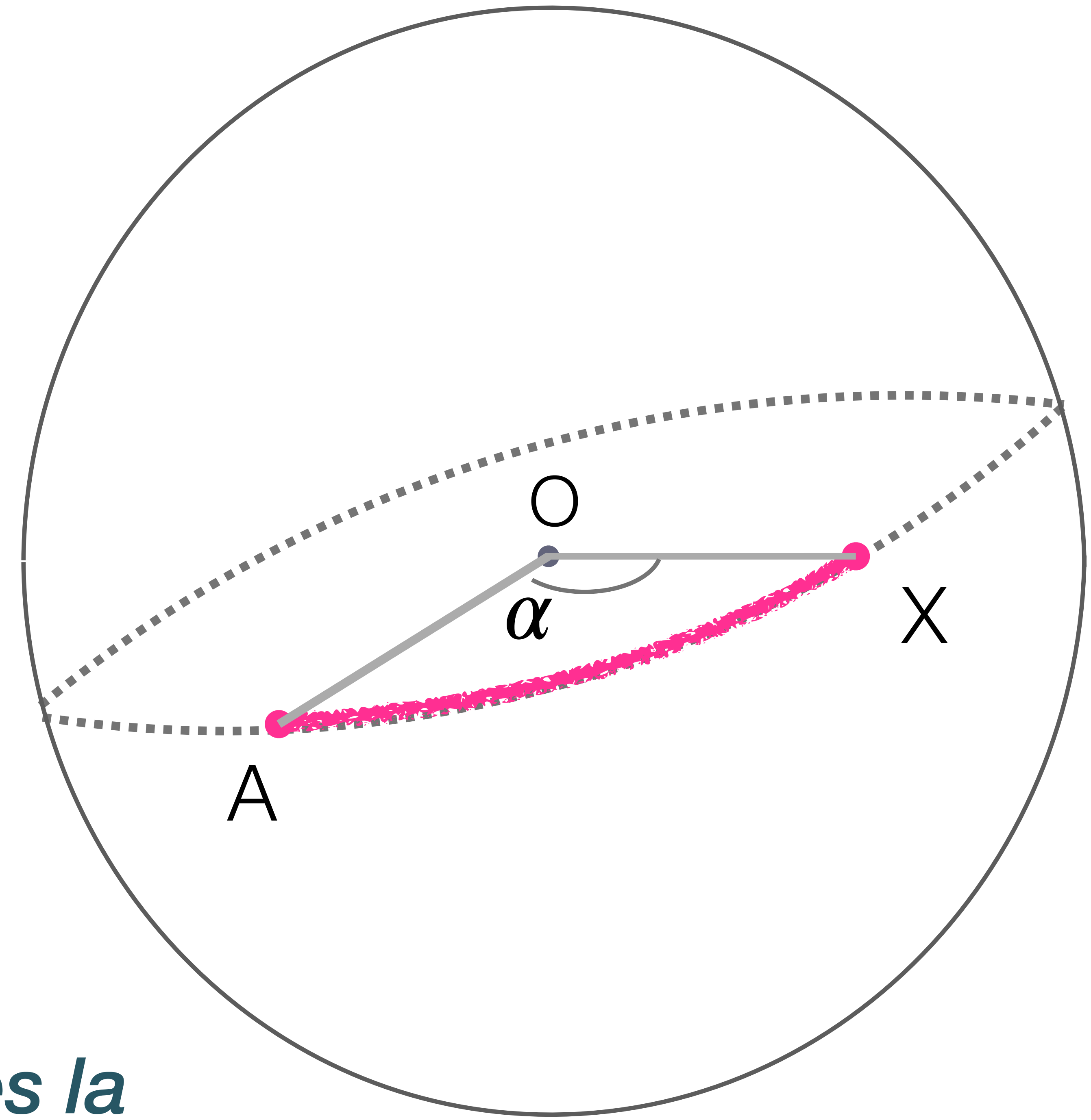
  I) Hay **un *<u>único</u>* círculo máximo** que los conecta



- Dados dos puntos (A y X) cualesquiera sobre la esfera:

  I) Hay **un *<u>único</u>* círculo máximo** que los conecta

  II) **El arco de círculo *máximo* es la *<u>distancia mínima posible</u>*** entre dos puntos



=> el círculo máximo es la geodésica de la esfera

- Longitud del arco **AX**:

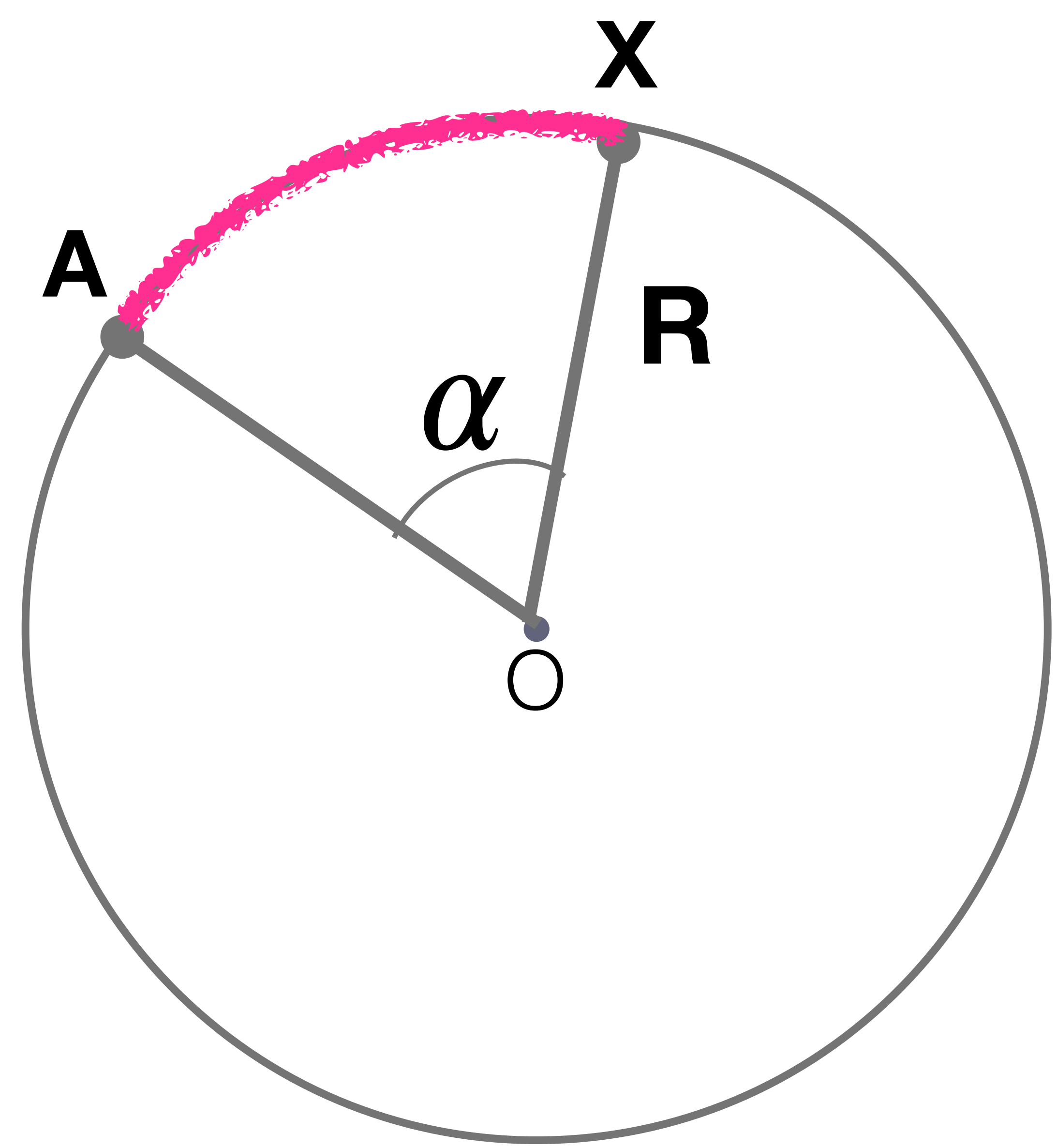
$$AX = R\alpha$$

- hemos supuesto R=1

arco

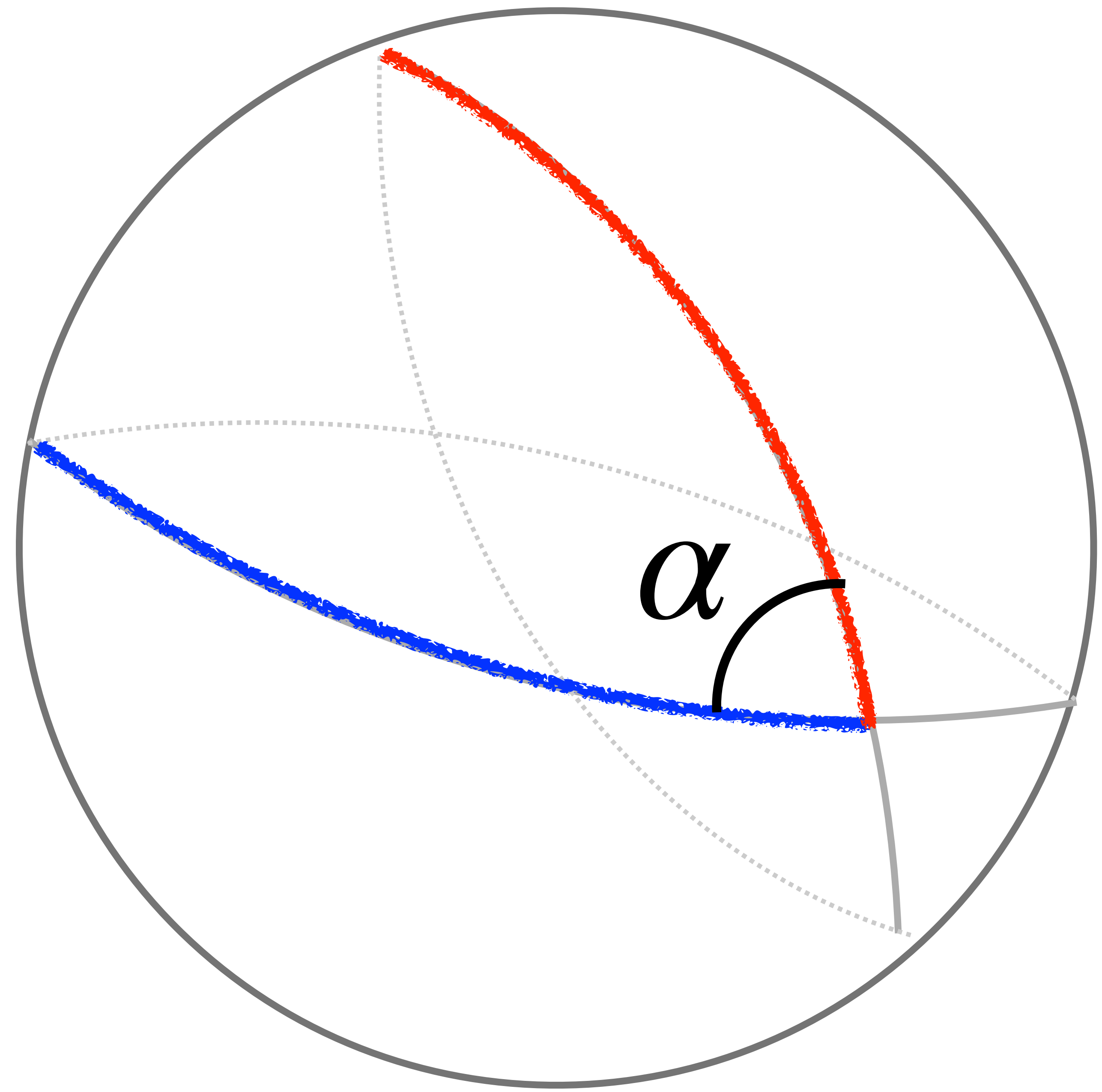
=> $$AX = \alpha$$

si y sólo si AX es un arco de círculo máximo



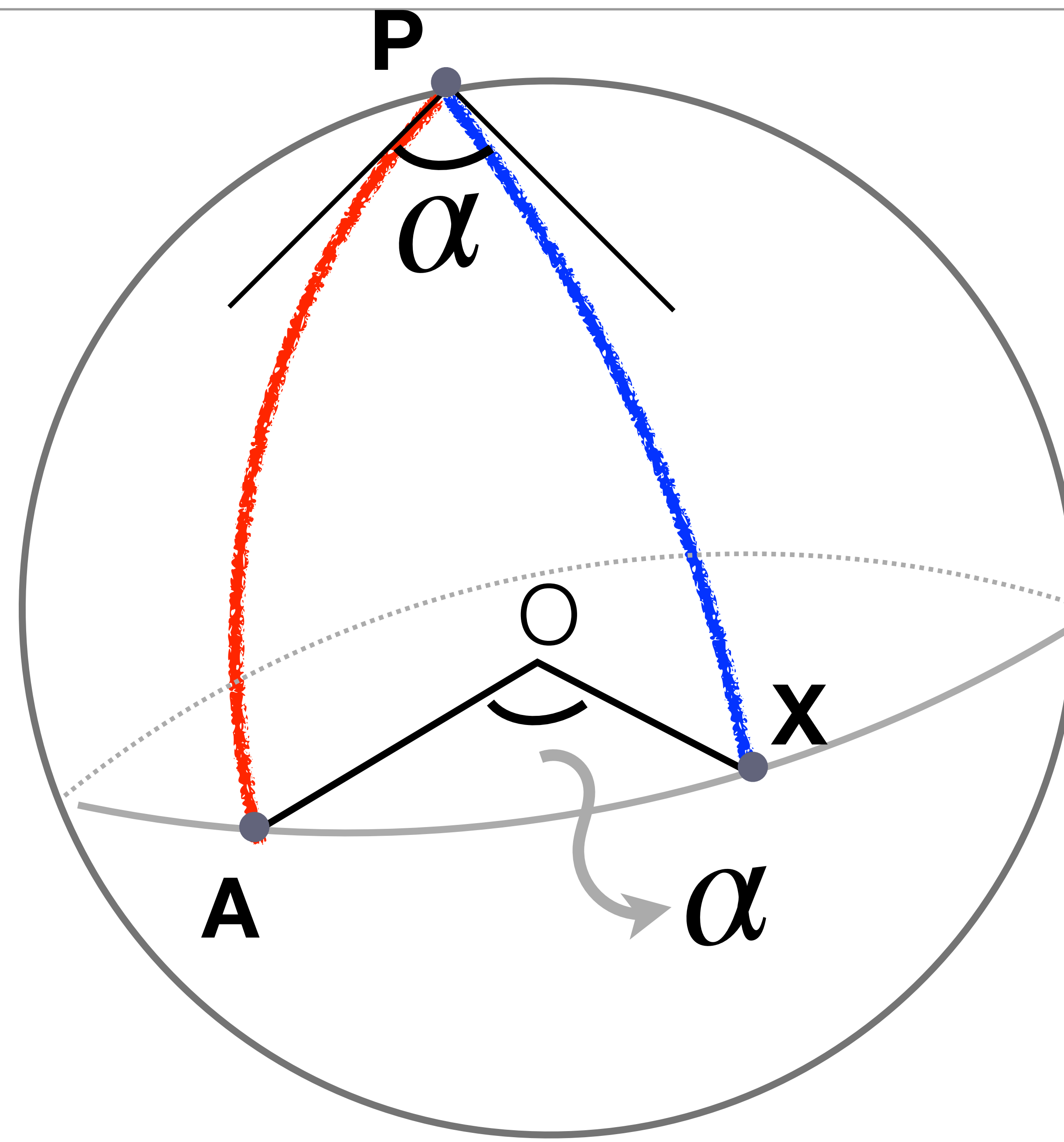
Ángulo Diedro

- El ángulo α entre 2 arcos de círculo máximo que se intersectan es igual al ángulo entre los planos correspondientes
  - éste se llama ***ángulo diedro*** o ***ángulo esférico***



Ángulo Diedro

- El ángulo α entre 2 arcos de círculo máximo que se intersectan es igual al ángulo entre los planos correspondtes
  - éste se llama ***ángulo diedro*** o ***ángulo esférico***



EJ: α es el ángulo diedro entre el círculo máx. PA y el círculo máximo PX

=plano PAO

=plano PXO

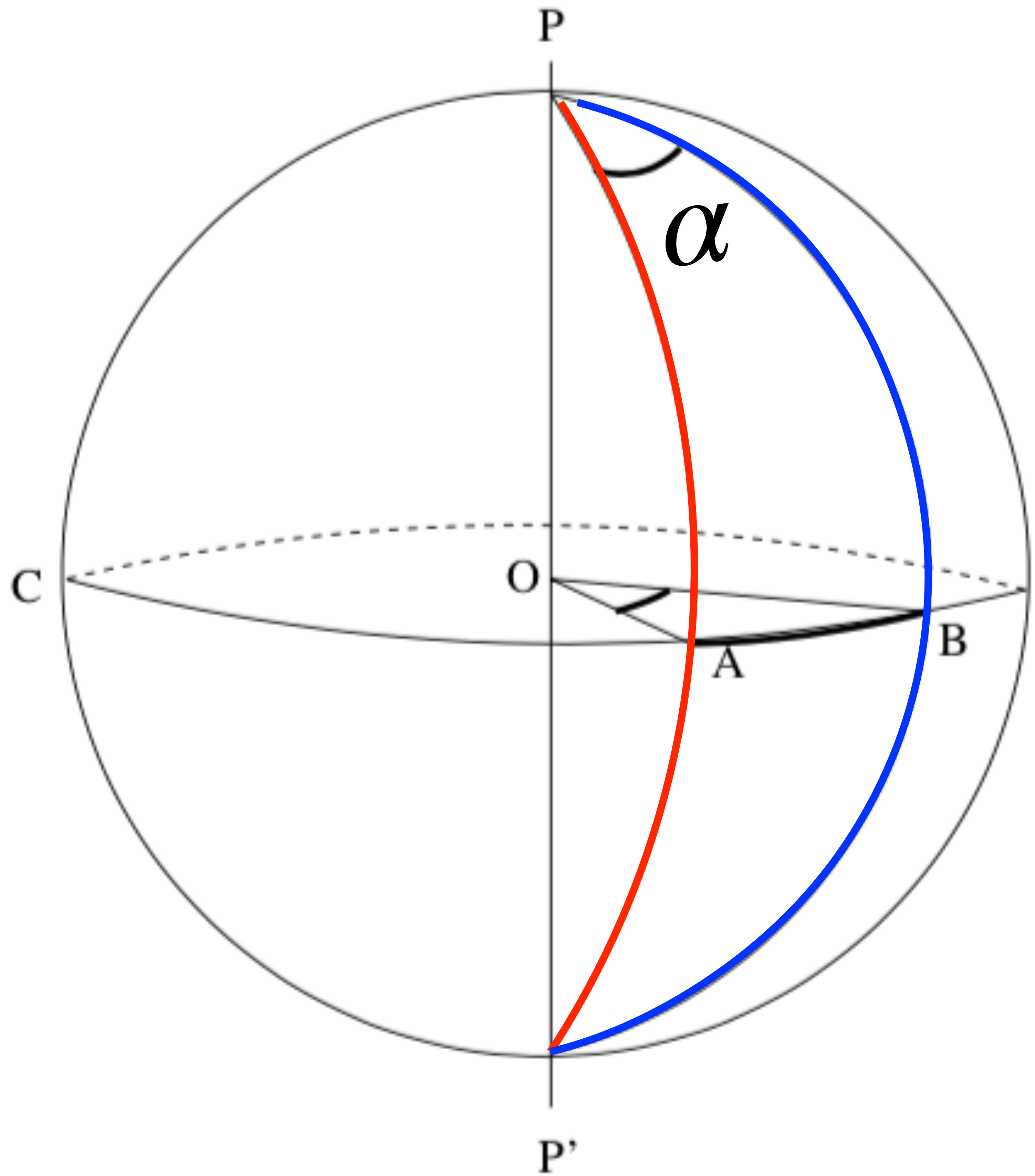


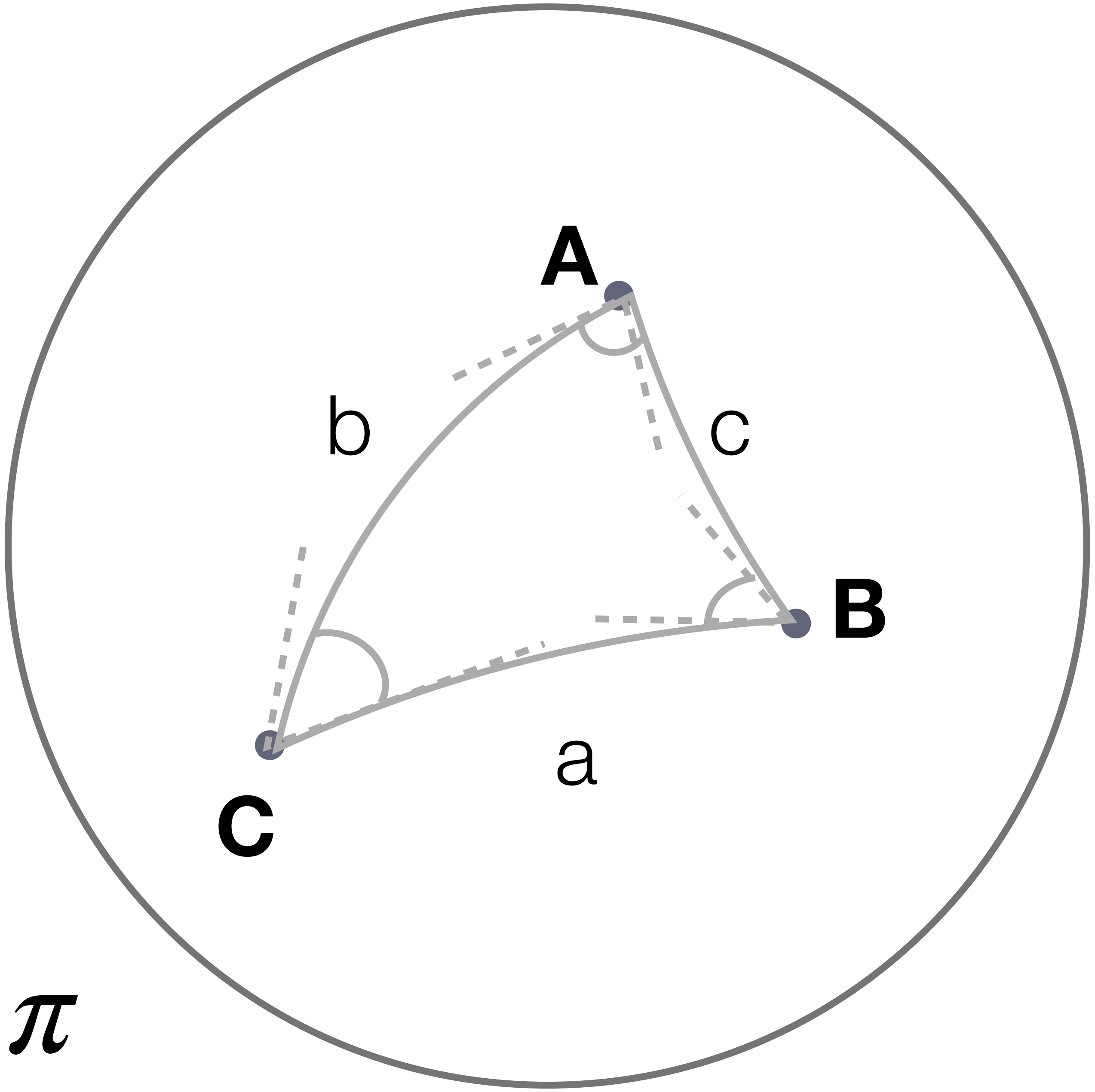
Figura 2.4: Ángulo esférico

Triángulo esférico - def. y notación estándar

- Tres puntos sobre la esfera definen un único ***triángulo esférico*** **si y sólo si se conectan con *arcos de círculos máximos***

$$a, b, c \leqslant \pi$$

$$\pi \leqslant A + B + C \leqslant 3\pi$$



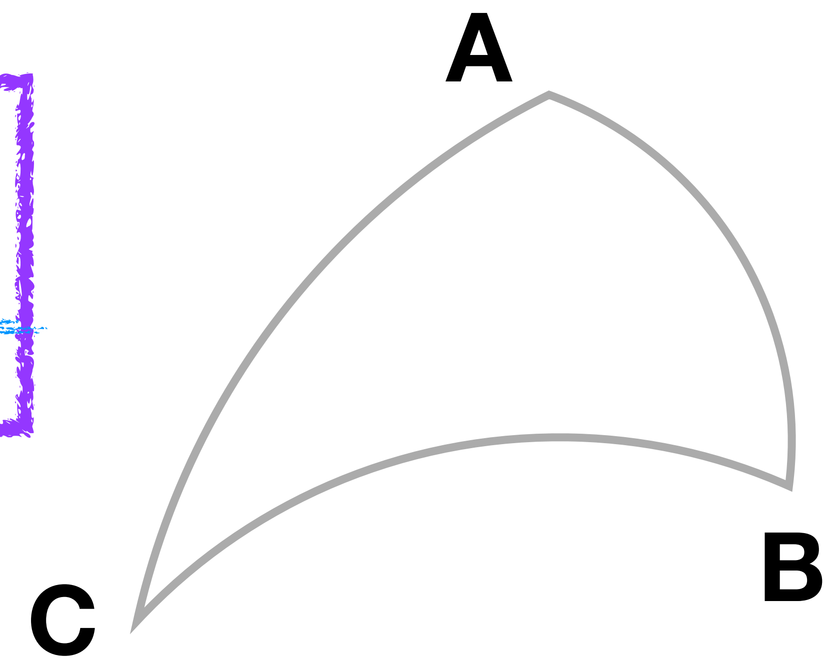
Notar que es una desigualdad (en geometría plana la suma de los ángulos de un triángulo es = pi)

Área del triángulo esférico

Área del triángulo esférico

- Teorema de Girard:

$$\boxed{\text{Área de } \triangle = E = \underline{(A+B+C)-\pi}}$$



E se llama exceso esférico

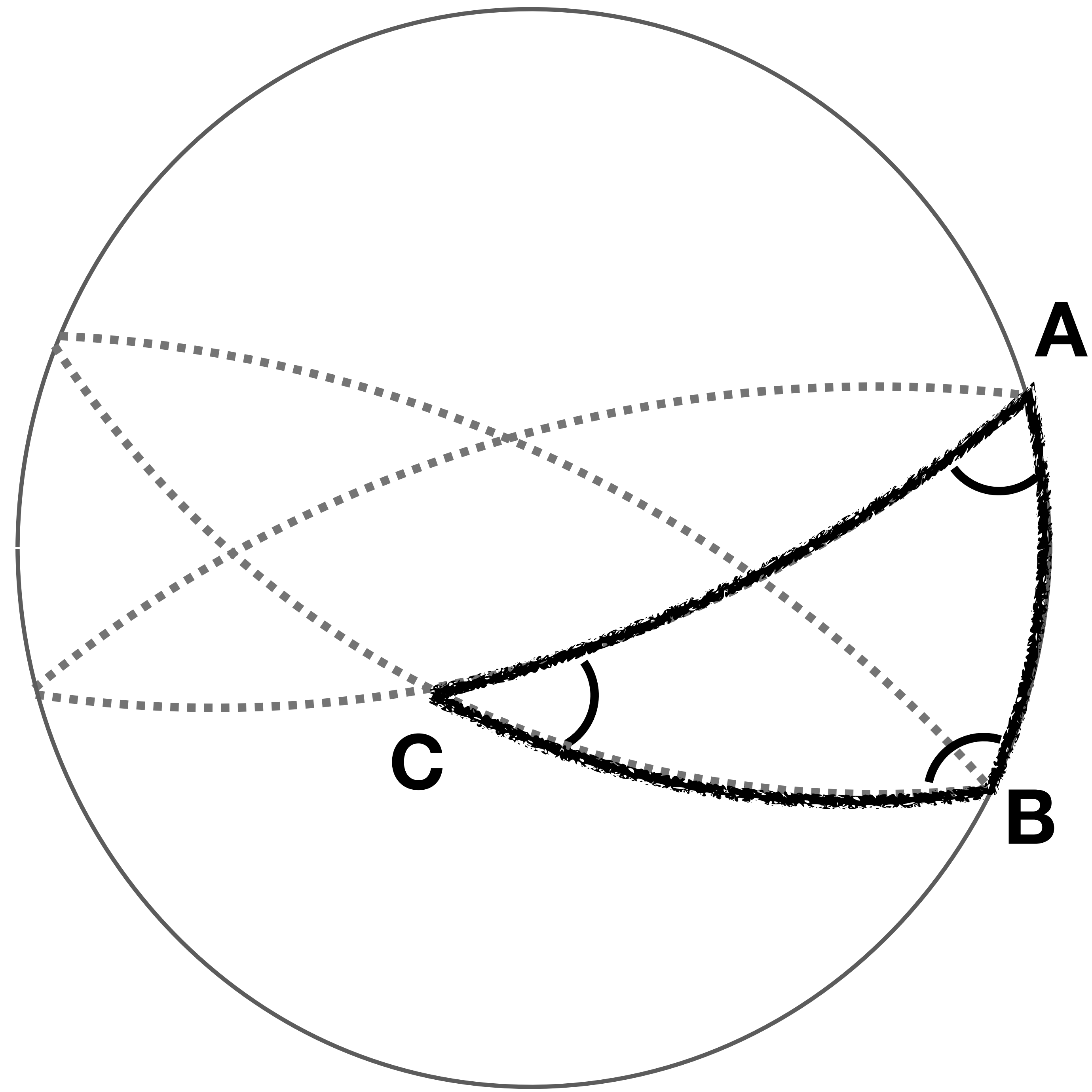
Área de $\triangle = (A + B + C) - \pi$

Vamos a demostrarlo:

Área esfera = 4π

Área hemisferio = 2π

Área de gajo A (ángulo A) = $2A$



Área de gajo $\boldsymbol{\alpha}$ (ángulo $\boldsymbol{\alpha}$) = $\int_0^{\pi} \sin\theta d\theta \int_0^{\alpha} d\varphi = -\varphi \cos\theta \Big|_0^{\pi} \Big|_0^{\alpha} = 2\alpha$

Área esfera = 4π

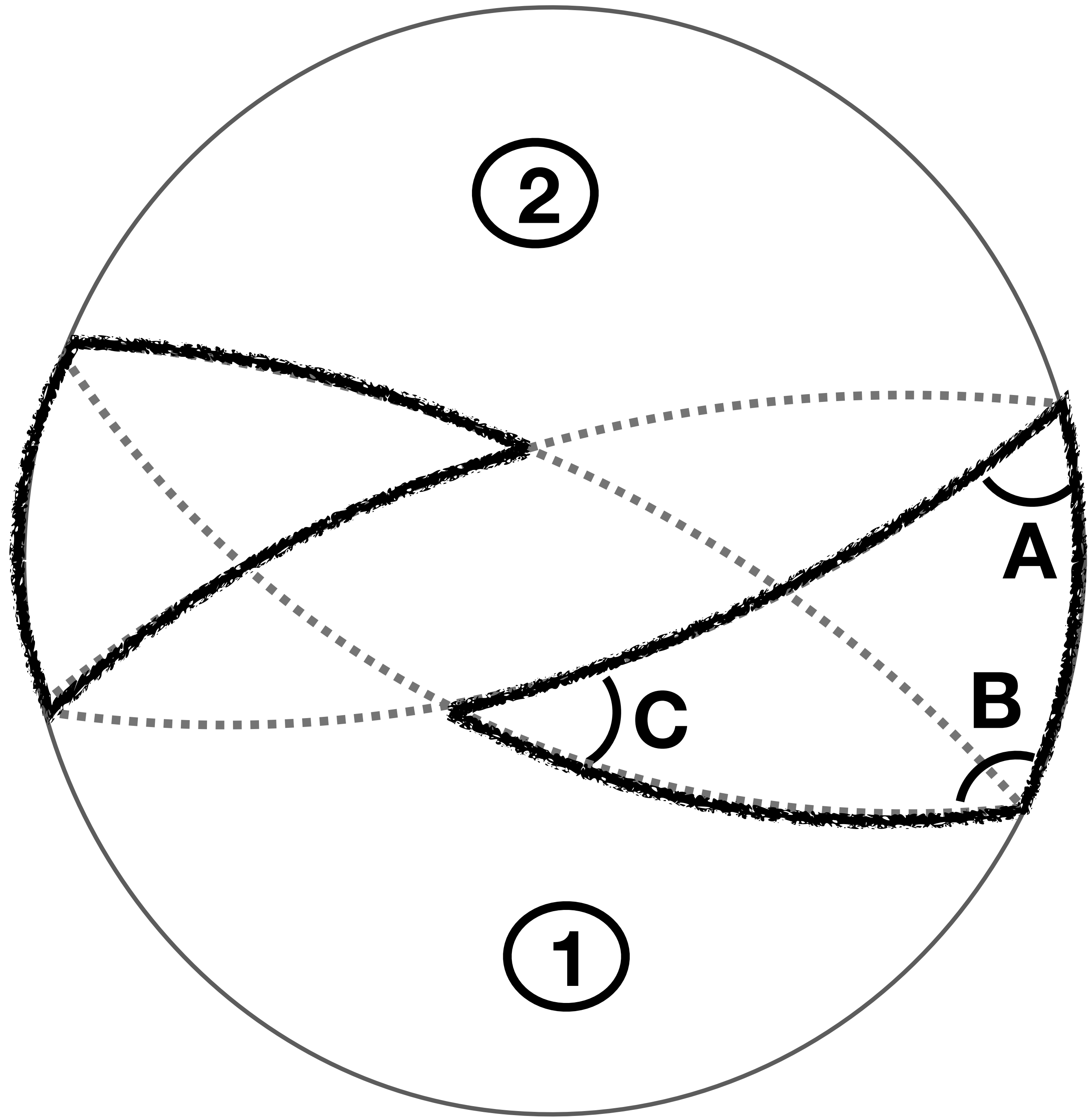
Área hemisferio = 2π

Área de gajo A = $2A$

Área de gajo A $= 2A = A_{\triangle} + A_{\triangle_1}$

Área de gajo B $= 2B = A_{\triangle} + A_{\triangle_2}$

Área de $\triangle = (A + B + C) - \pi$

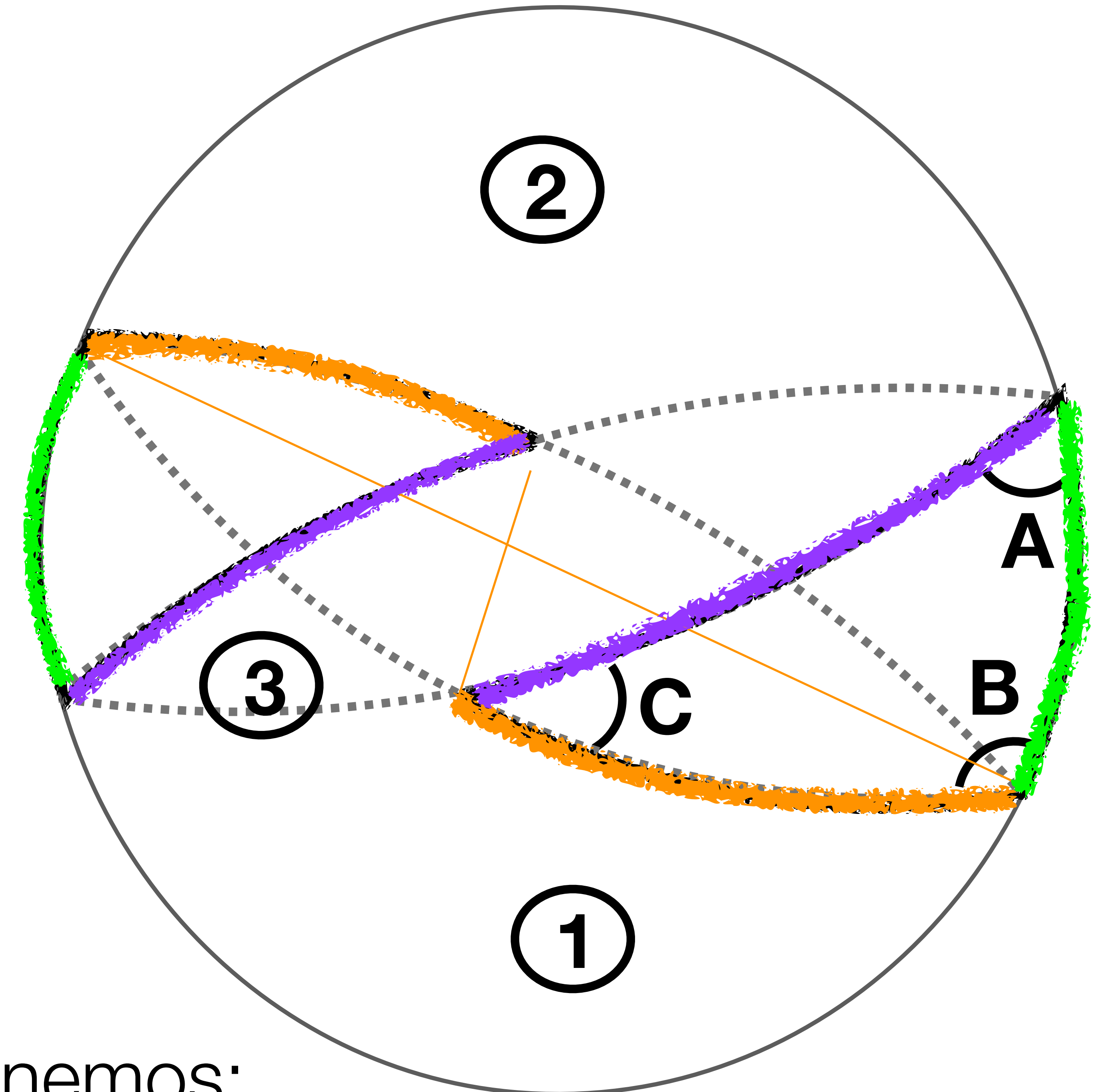


Área esfera = 4π

Área hemisferio = 2π

Área de gajo A = $2A$

Área de $\triangle = (A + B + C) - \pi$



Área de gajo A $= 2A = A_{\triangle} + A_{\triangle_1}$

Área de gajo B $= 2B = A_{\triangle} + A_{\triangle_2}$

Área de gajo C $= 2C = A_{\triangle} + A_{\triangle_3}$

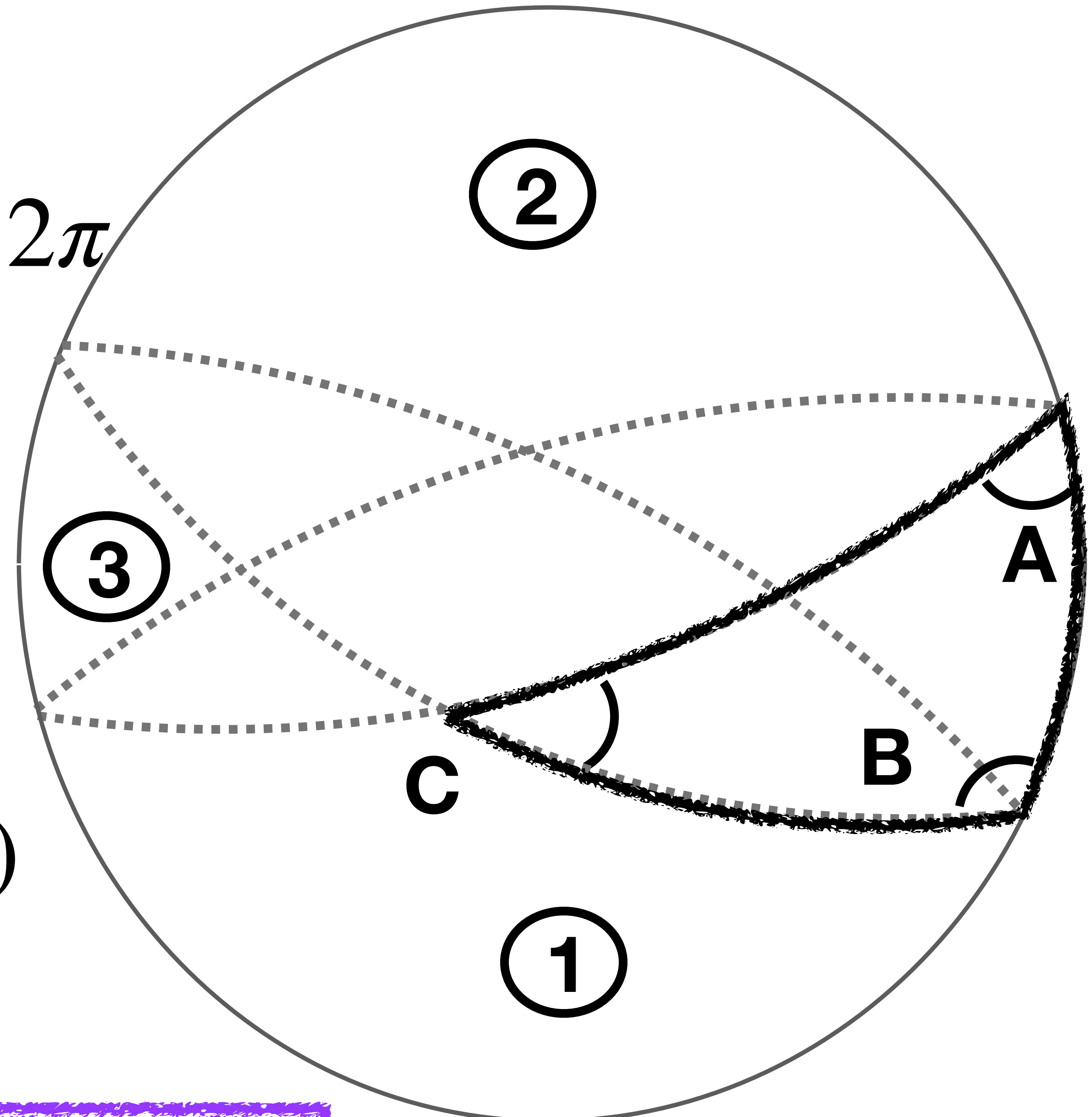
sumando estas 3 ecuaciones tenemos:

$$3A_{\triangle} + A_{\triangle_1} + A_{\triangle_2} + A_{\triangle_3} = 2(A + B + C) \qquad \textbf{(1)}$$

$$3A_{\triangle} + A_{\triangle_1} + A_{\triangle_2} + A_{\triangle_3} = 2(A + B + C) \qquad \textbf{(1)}$$

Además tenemos que:

$$A_{\triangle_1} + A_{\triangle_2} + A_{\triangle_3} + A_{\triangle} = 2\pi$$



sustituyendo ésta en Ec. (1) tenemos:

$$3A_{\triangle} + 2\pi - A_{\triangle} = 2(A + B + C)$$

$$\cancel{2}A_{\triangle} + \cancel{2}\pi = \cancel{2}(A + B + C)$$

$$\boxed{A_{\triangle} = \underline{(A + B + C) - \pi}}$$

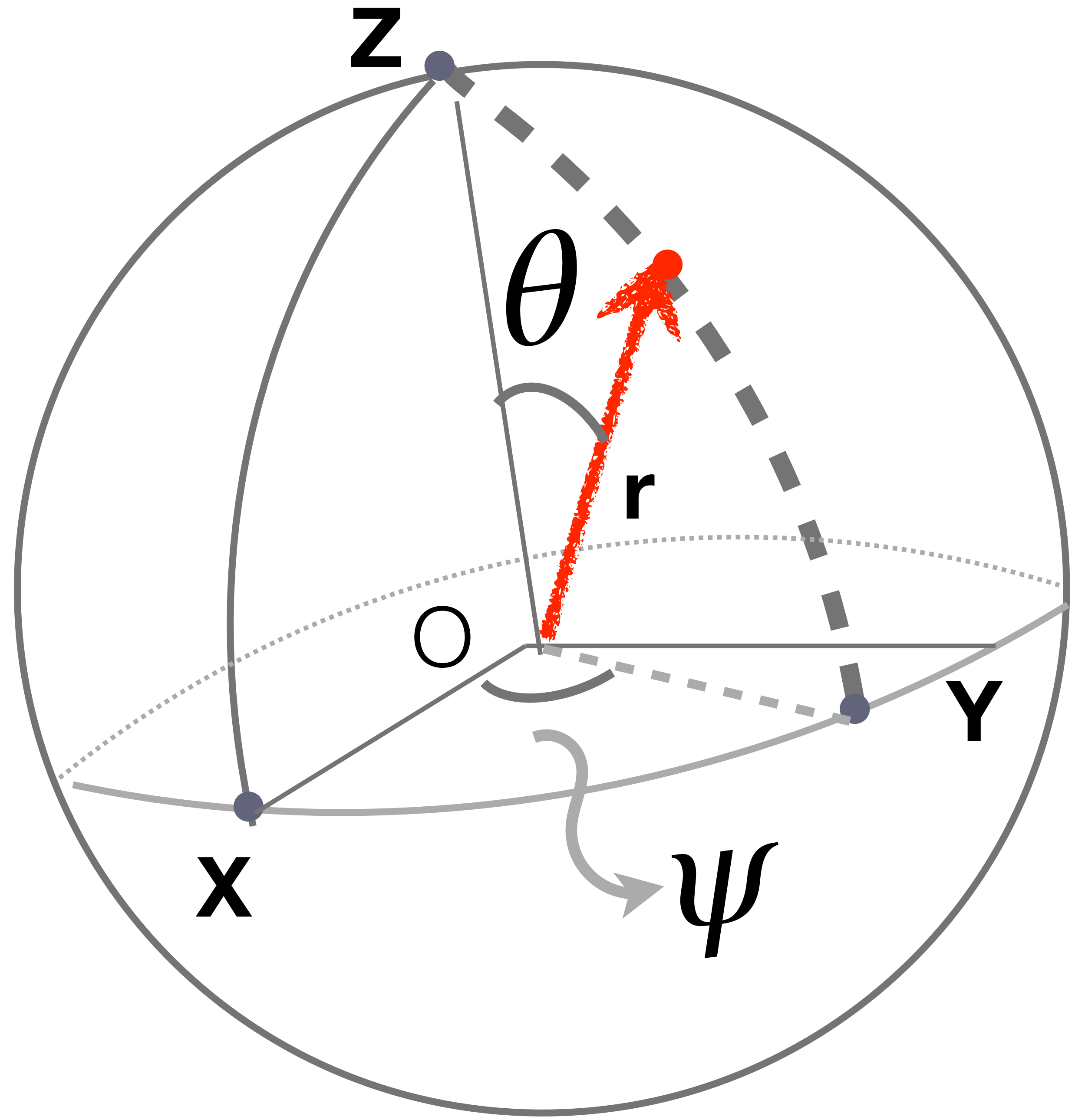
c.q.d.

se llama exceso esférico

Coordenadas Esféricas (o Coordenadas Polares)

Coordenadas Esféricas (o Coordenadas Polares)

- XY: plano fundamental
  - $\hat{z}$: polo del plano XY
- Círculo máximo de referencia XZ (ψ=0º)
- **Ángulo Polar (Colatitud) (0º≤θ≤π)**
- **Acimut (0º≤ψ≤2π):**
  - es el ángulo diedro entre el plano de referencia XZ y el que pasa por el obj.



Coordenadas Esféricas (o Coordenadas Polares)

- Coordenadas rectangulares (o cartesianas):

$$Z = r\cos\theta$$

$$X = r\sin\theta\cos\psi$$

$$Y = r\sin\theta\sin\psi$$