

# Sistema Solar: Asteroides, Cometas y Meteoros

Ernesto Nicola

*Curso de Iniciación a la Astronomía 2022, 1er trimestre*

Palma de Mallorca, 2022-02-17

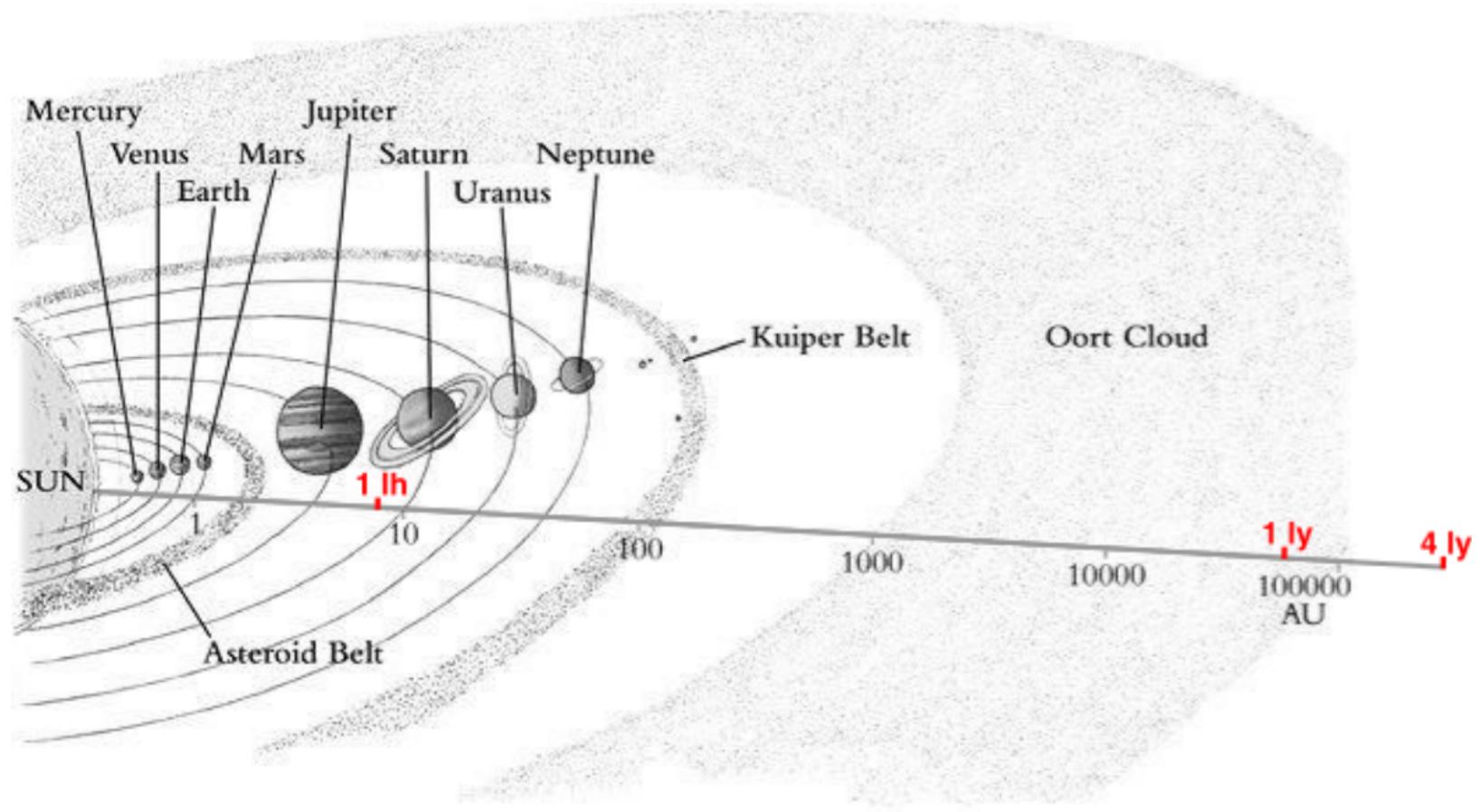


# Contenido de la charla

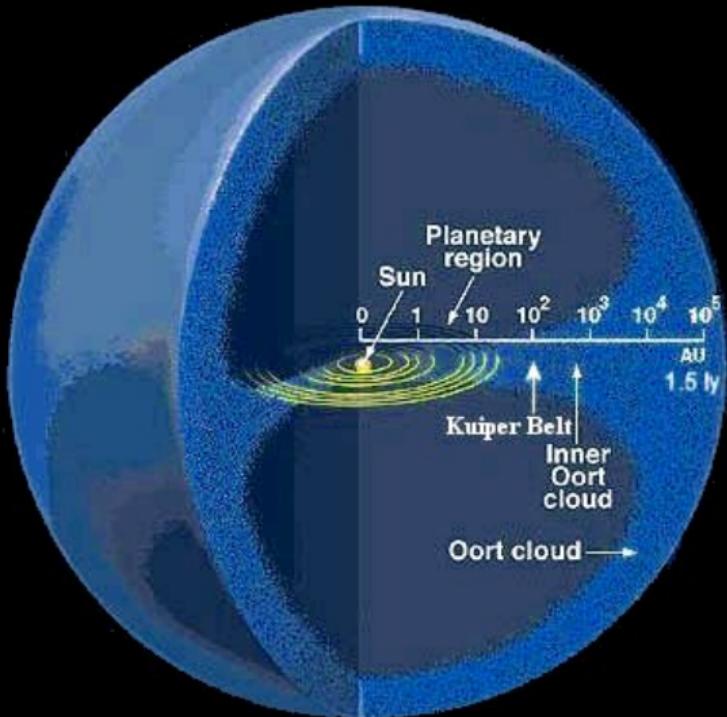
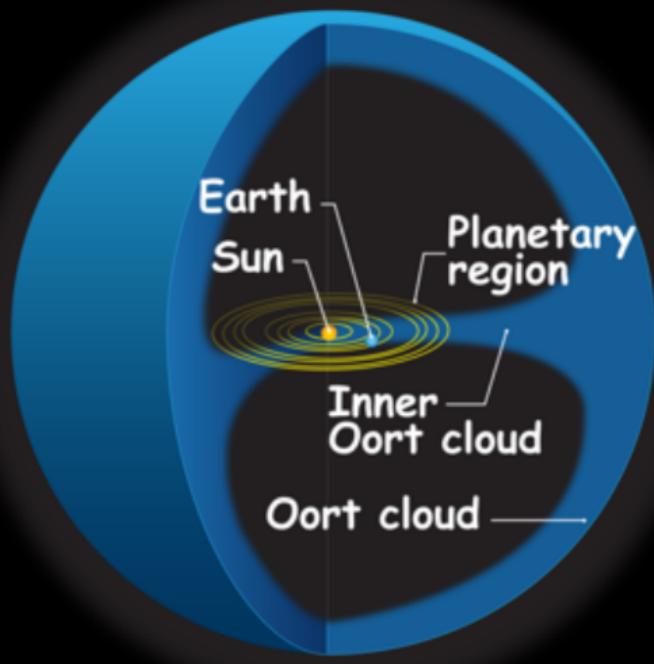
- 1 Inventario del Sistema Solar
- 2 Planetas Enanos
- 3 Asteroides y Meteoroides
  - Familias de Asteroides
  - Asteroides del Cinturón Principal
  - Near Earth Objects (NEOs)
  - Meteoroides, Meteoros y Meteoritos
- 4 Objetos Transneptunianos (TNOs)
  - Objetos del Cinturón de Kuiper
  - Objetos de la Nube de Oort
- 5 Cometas
  - Órbitas y Colas de los Cometas
  - Clasificación y Origen de los Cometas
  - Anatomía de los Cometas
  - Lluvias de Meteoros y Cometas

# 1. Inventario del Sistema Solar

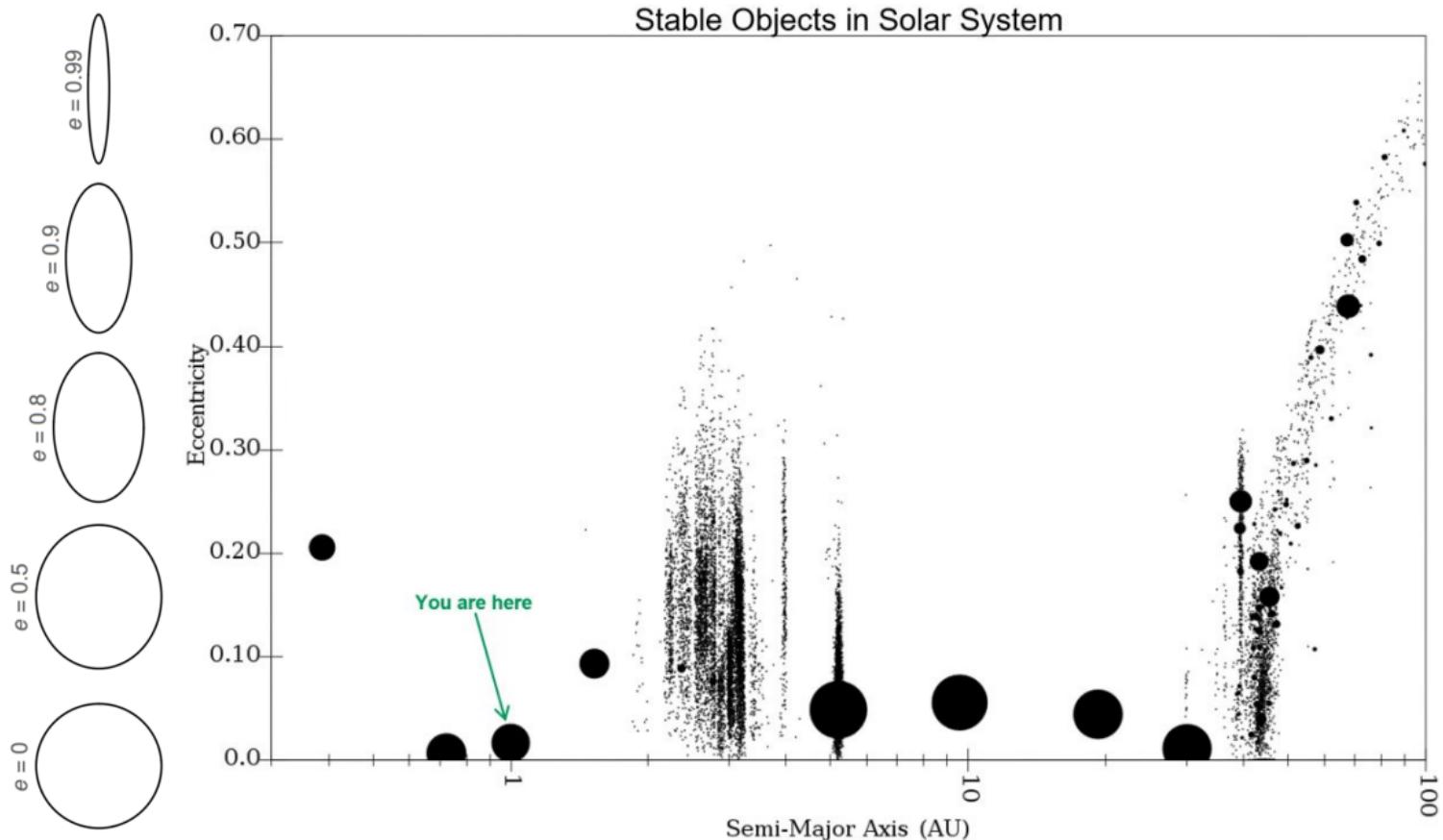
# Estructura general del Sistema Solar



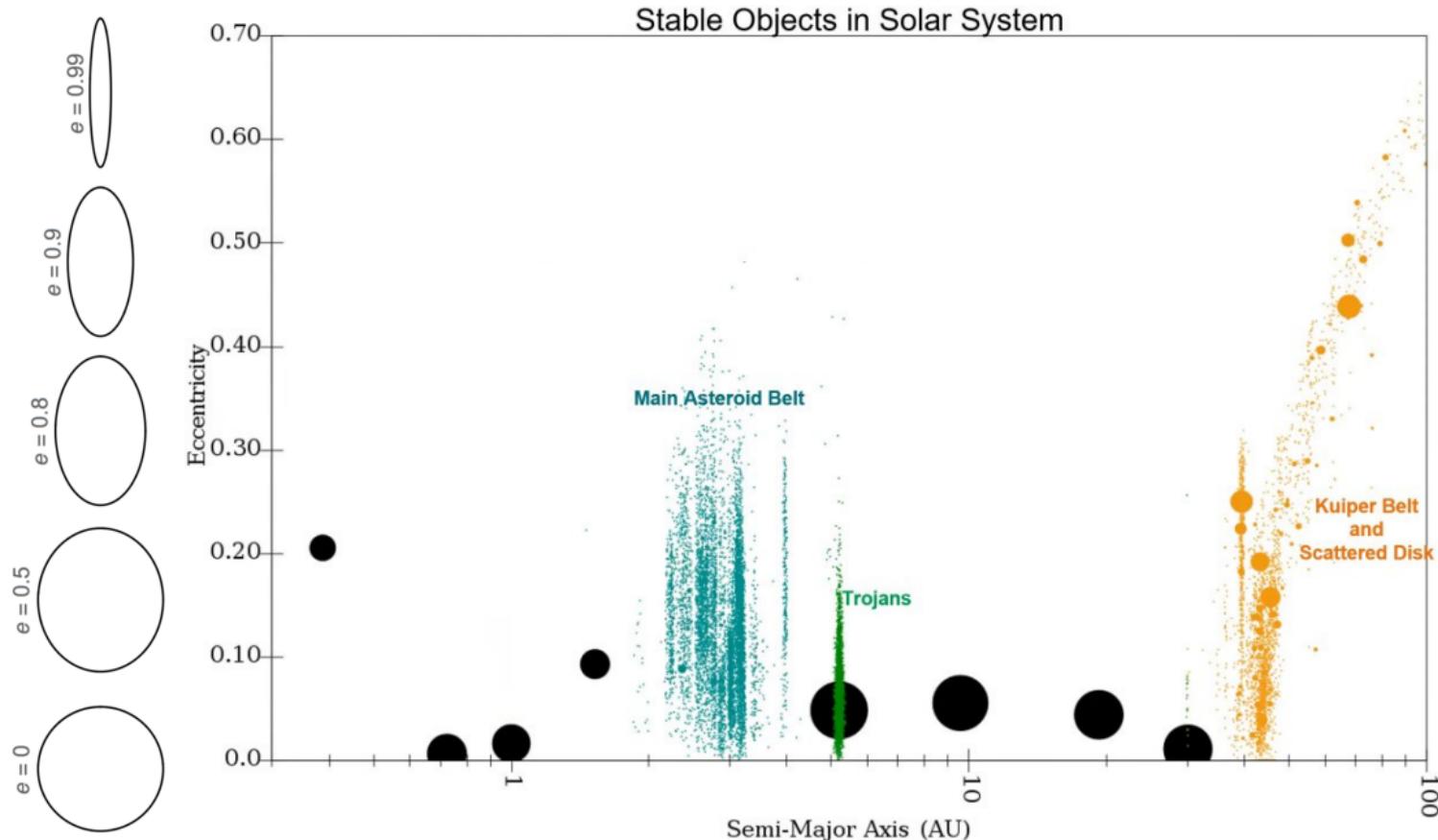
# Cinturón de Kuiper y Nube de Oort



# Inventario de los objetos del Sistema Solar: Objetos Pequeños

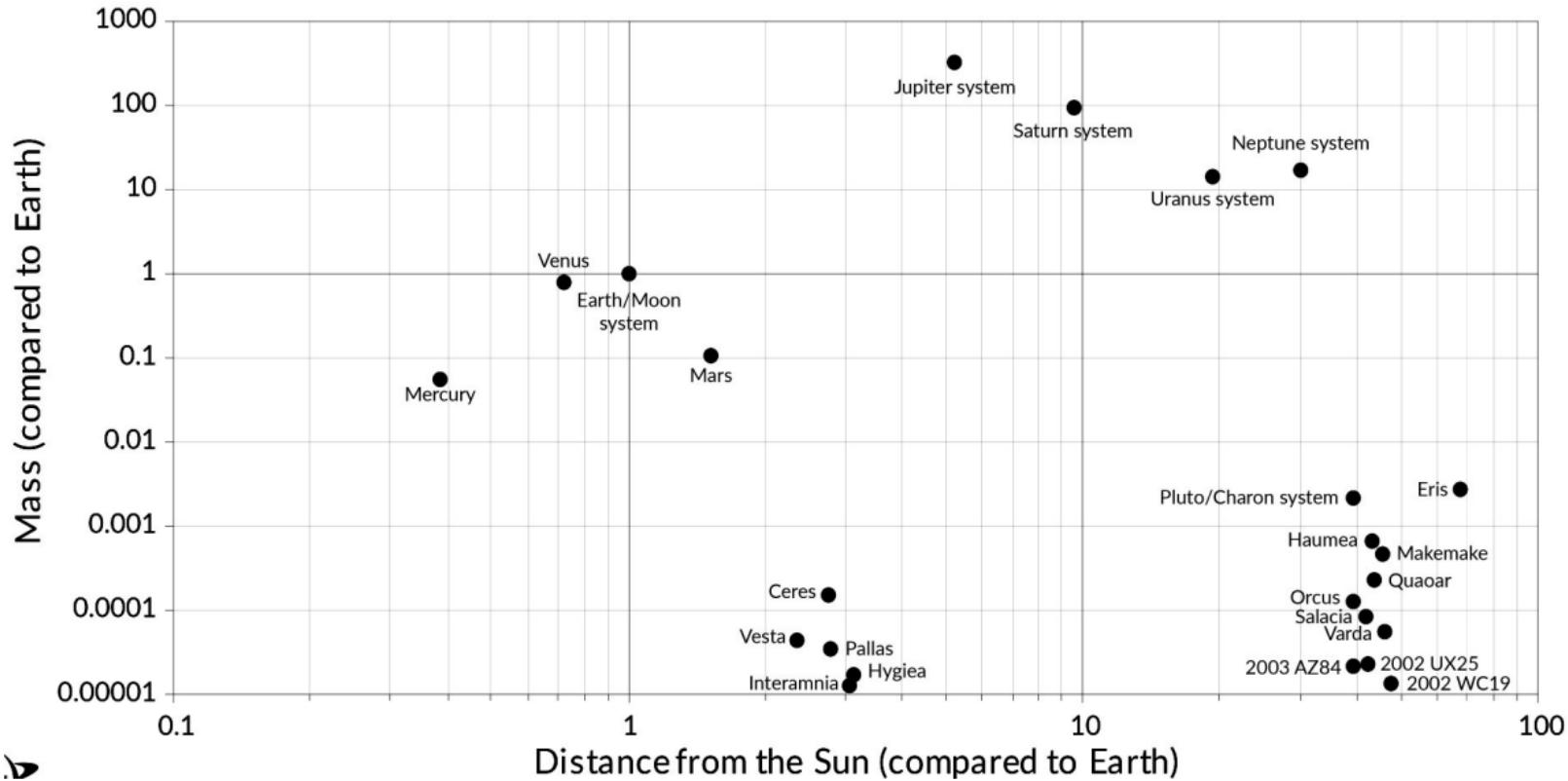


# Principales Poblaciones: Cinturones de Asteroides y de Kuiper



## 2. Planetas Enanos

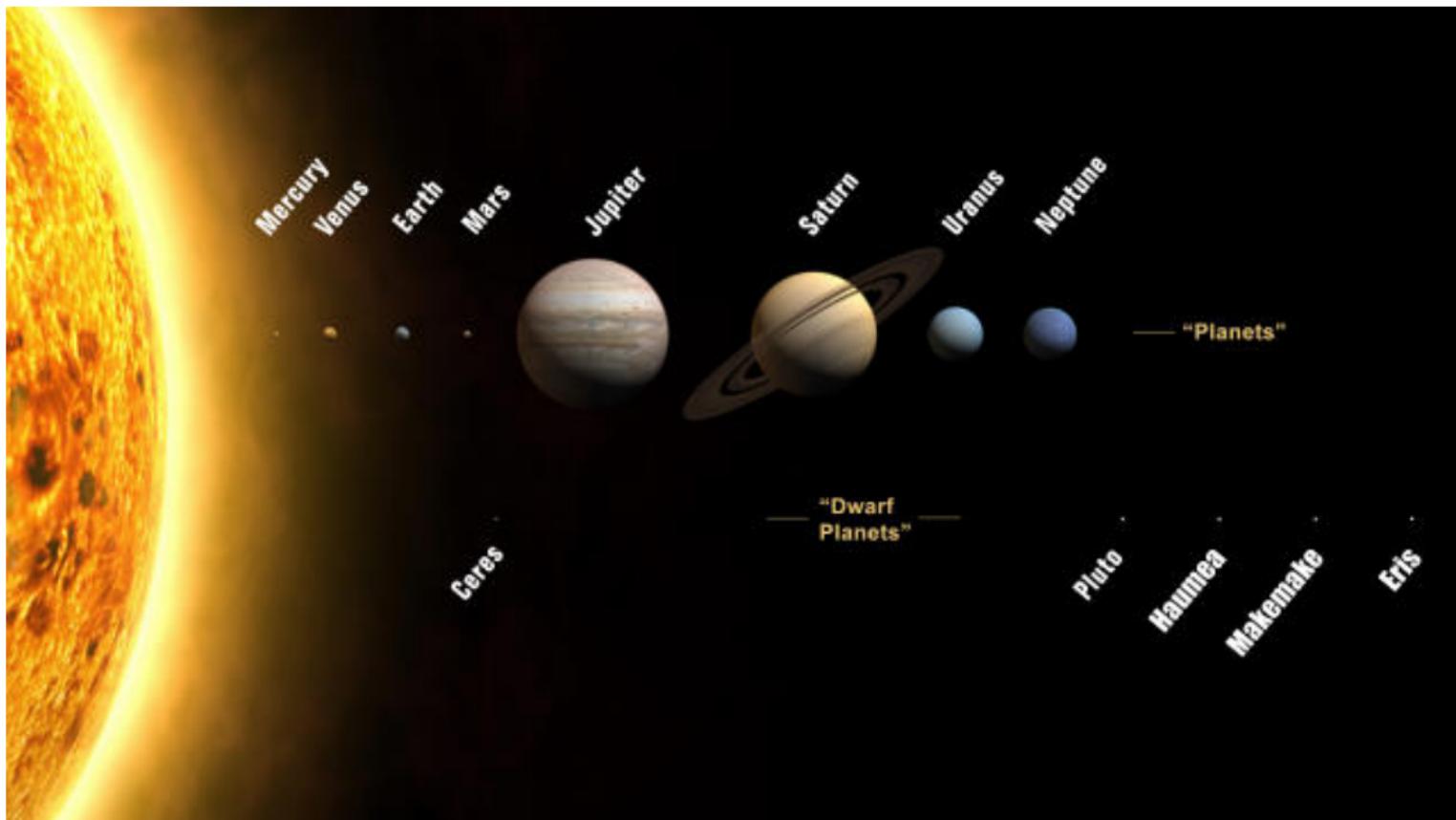
# Planetas y Otros Objetos Masivos



# Definición de Planeta, Planeta Enano y Cuerpos Menores

- ① La IAU (Unión Astronómica Internacional) define **planeta** como un cuerpo celeste que:
  - ① Orbita alrededor de una estrella o remanente de ella.
  - ② Tiene suficiente masa para que su gravedad supere las fuerzas del cuerpo rígido, de manera que asuma una forma en equilibrio hidrostático (prácticamente esférica).
  - ③ Ha limpiado la vecindad de su órbita de planetesimales, o lo que es lo mismo tiene dominancia orbital.
  - ④ No emite una luz propia.
- ② Según la IAU, un **planeta enano** es aquel cuerpo celeste que:
  - ① Está en órbita alrededor de una estrella (como el Sol).
  - ② Tiene suficiente masa para que su propia gravedad haya superado la fuerza de un cuerpo rígido, de manera que adquiera un equilibrio hidrostático (forma casi esférica).
  - ③ No es un satélite de un planeta u otro cuerpo no estelar.
  - ④ ***No ha limpiado la vecindad de su órbita, es decir la comparte con otros objetos.***
- ③ **Cuerpos menores del sistema solar:** asteroides, objetos transneptunianos (TNOs), cometas, etc.

# Planetas y Planetas Enanos



# Planetas Enanos



Jupiter  
⊕ 139,820 km

Earth  
⊕ 12,742 km



Earth's Moon  
⊕ 3,475 km

## The Dwarf Planets



Orcus



Ceres



Sedna



Quaoar



Gonggong



Makemake



Haumea



Eris



Pluto

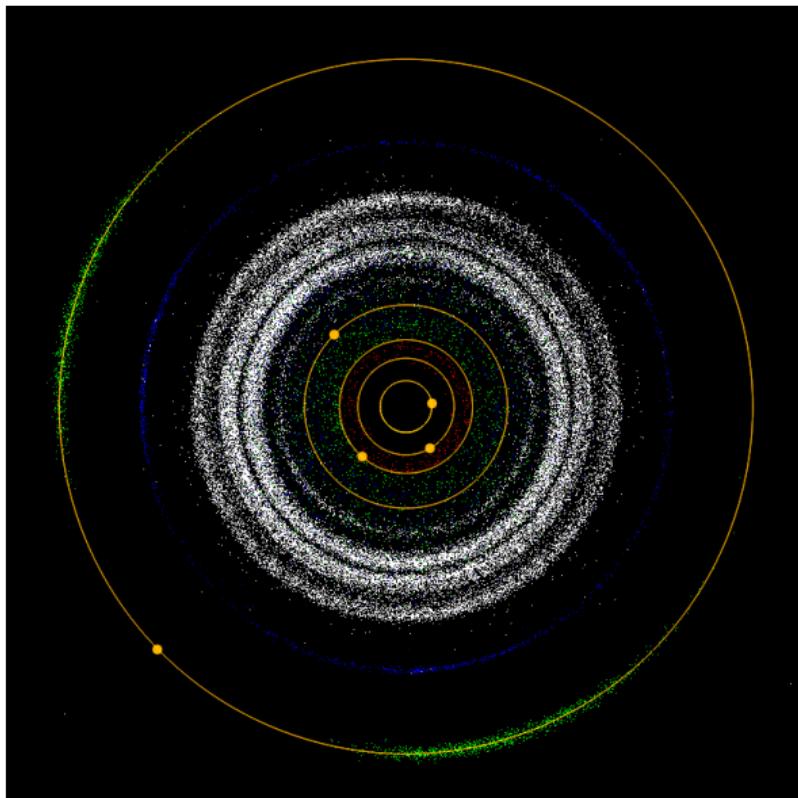
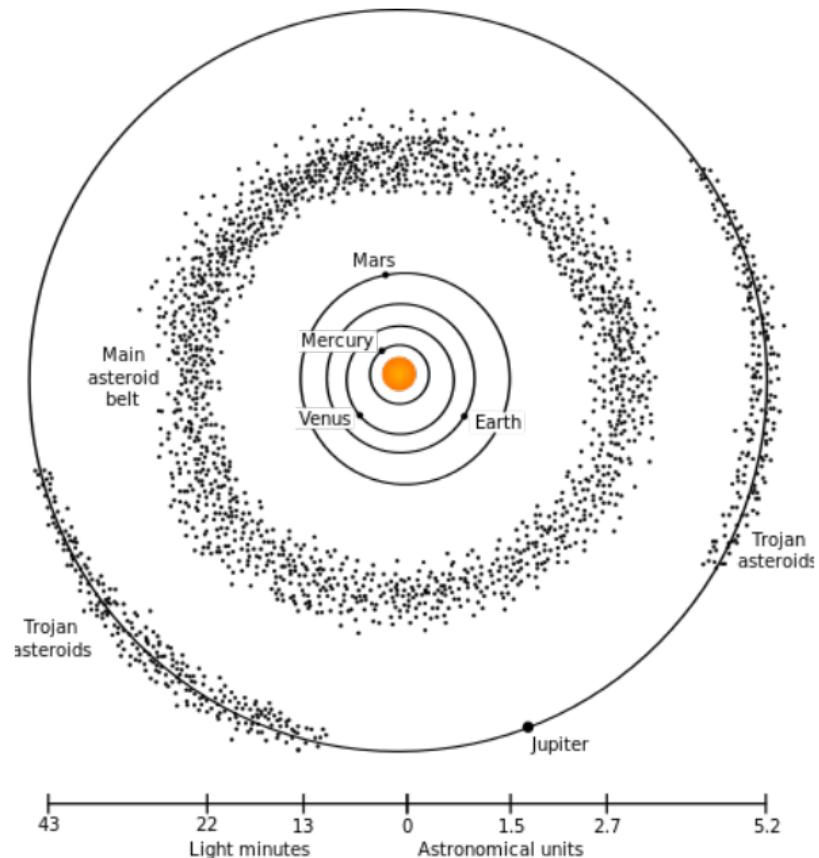
Reconocidos por la IAU como planetas enanos: Ceres, Plutón, Eris, Haumea y Makemake

### 3. Asteroides y Meteoroides

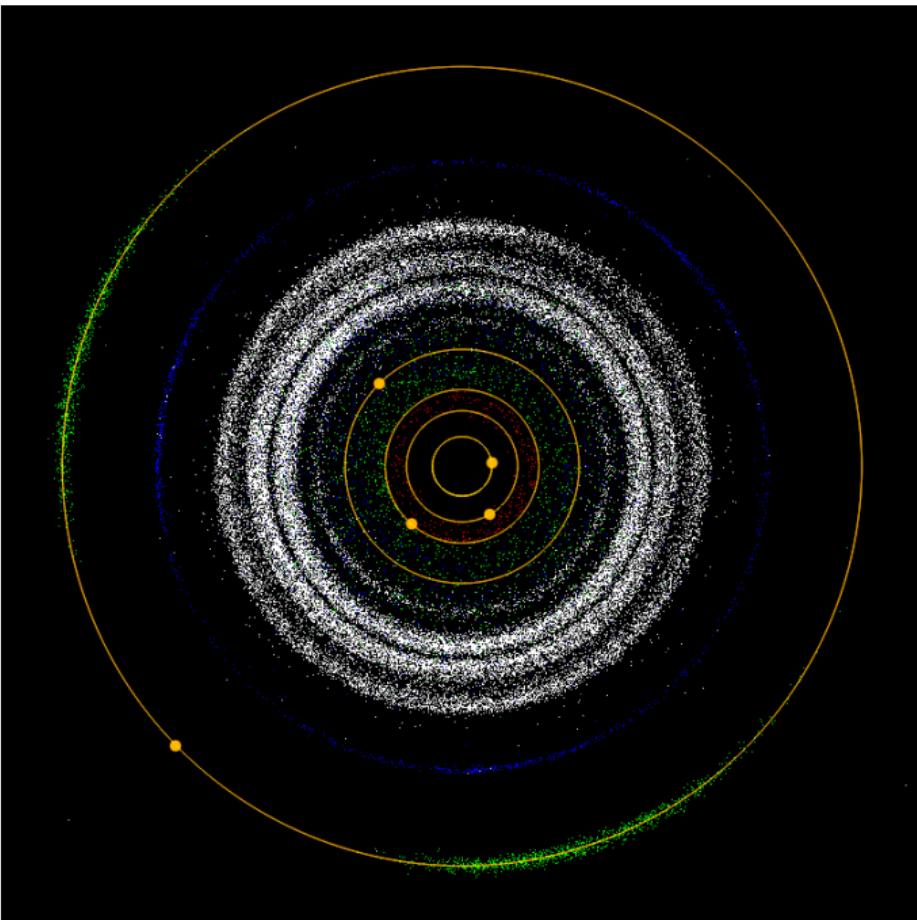
### 3. Asteroides y Meteoroides

Familias de Asteroides

# Asteroides



# Familias de Asteroides



En el cinturón principal:

- **asteroides "genéricos"** del cinturón principal de asteroides (*en blanco*)
  - Los **Huecos de Kirkwood** son visibles en el cinturón de asteroides principal

Fuera del cinturón principal:

- **asteroides Troyanos de Júpiter** (*en verde*)
- **asteroides Hildas** (*en azul*)

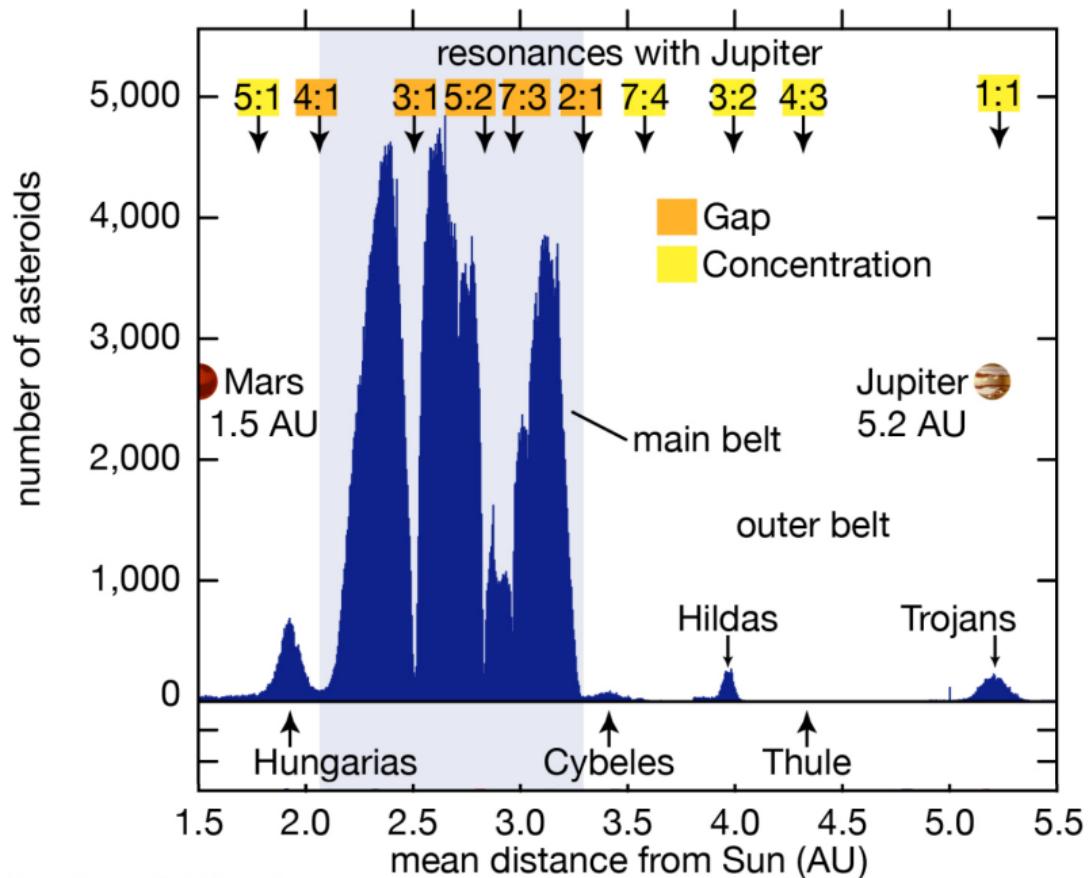
Dentro del cinturón principal:

- **asteroides cercanos a la Tierra** (*Near Earth Asteroids; NEOs*)  
(en rojo: **Atens**, en verde:  
**Apollos** y en azul: **Amors**)

### 3. Asteroides y Meteoroides

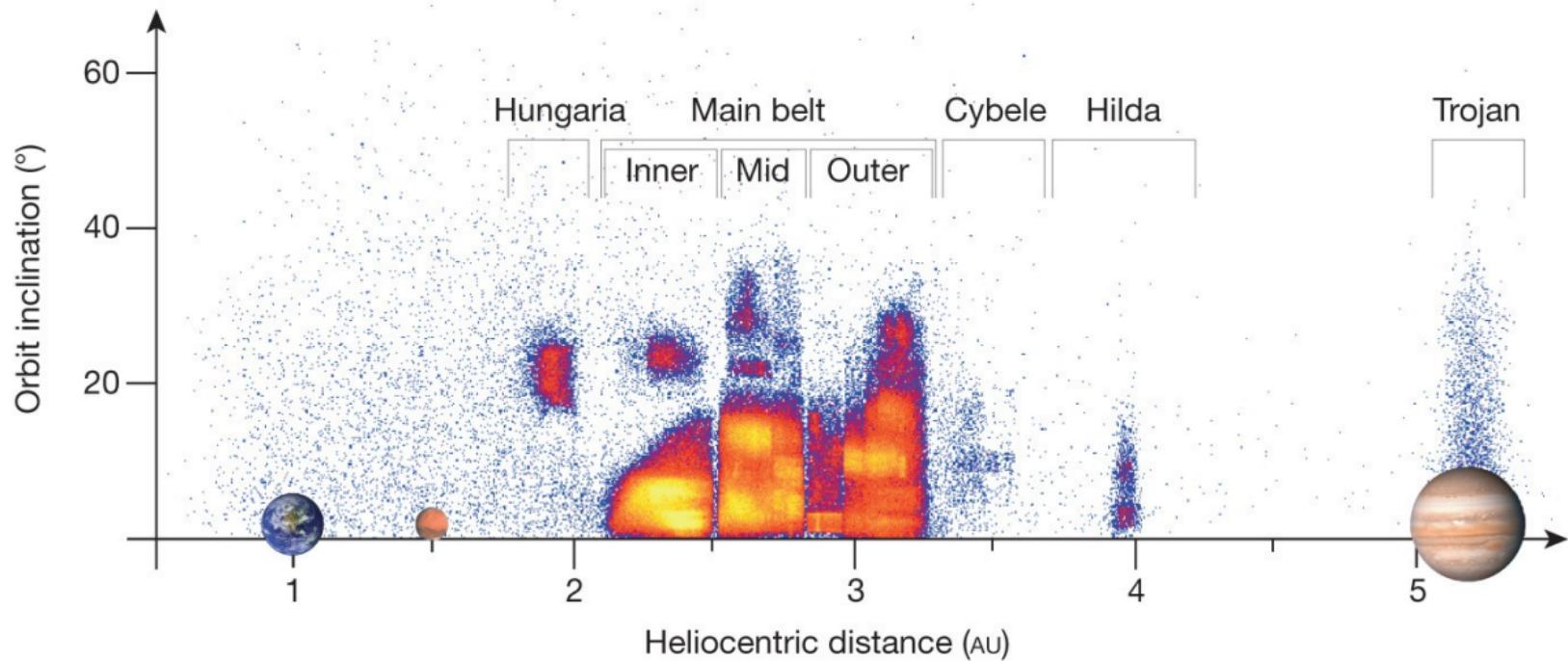
Asteroides del Cinturón Principal

# Cinturón Principal: Huecos de Kirkwood (Kirkwood gaps)



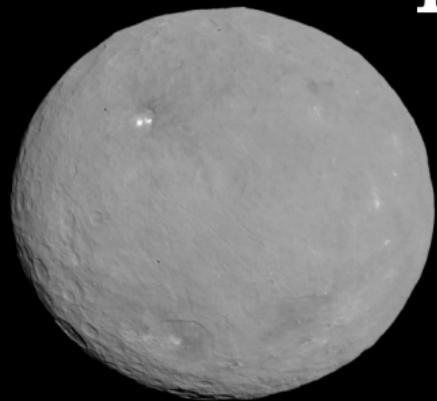
- Las resonancias orbitales entre los asteroides y Júpiter determinan las zonas donde se producen:
  - huecos (órbitas inestables) y
  - concentraciones (órbitas estabilizadas)

# Asteroides



- Existen muchas familias ("grupos dinámicos") de asteroides (i.e. asteroides que comparten propiedades orbitales).

## The four largest asteroids



**Ceres**

939 km



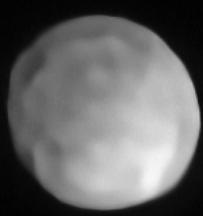
**Vesta**

525 km



**Pallas**

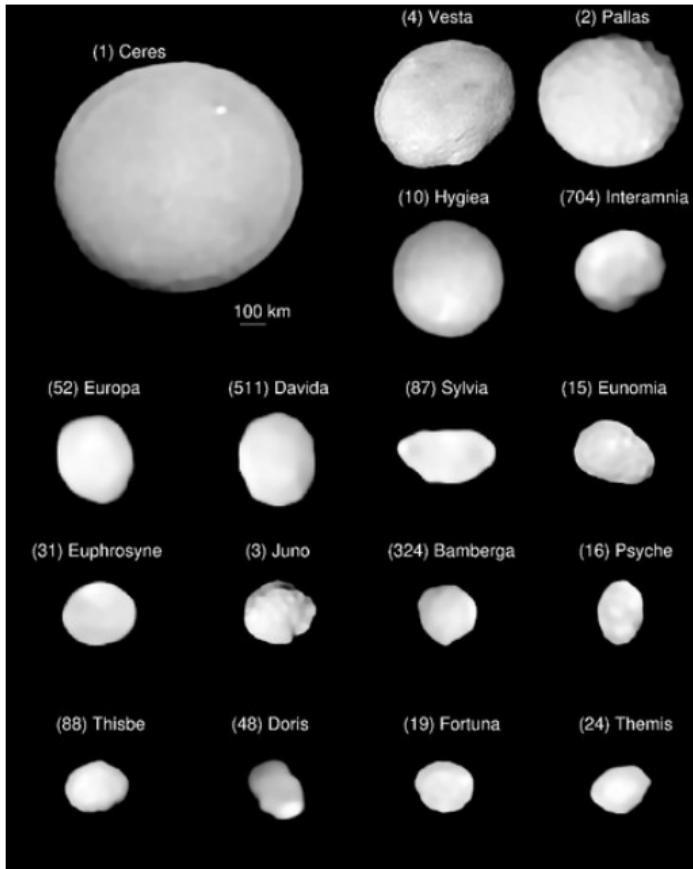
512 km



**Hygiea**

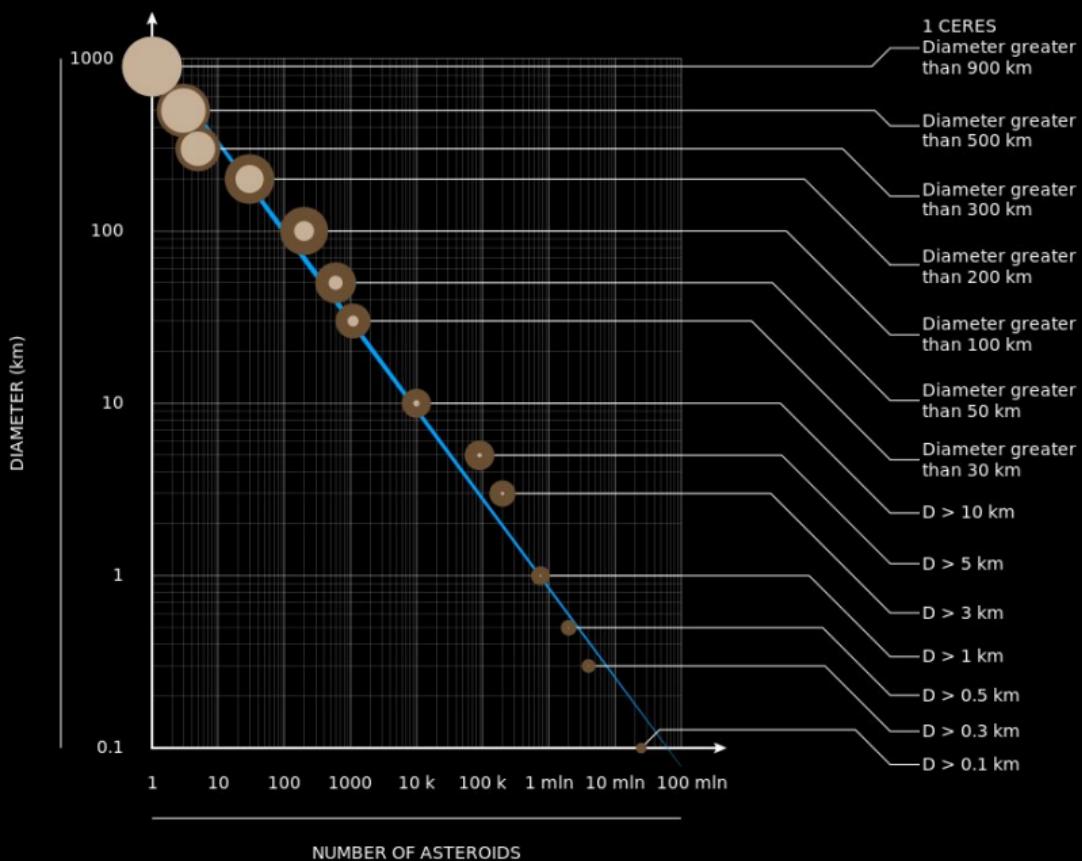
434 km

# Asteroides: Comparativa de Tamaño

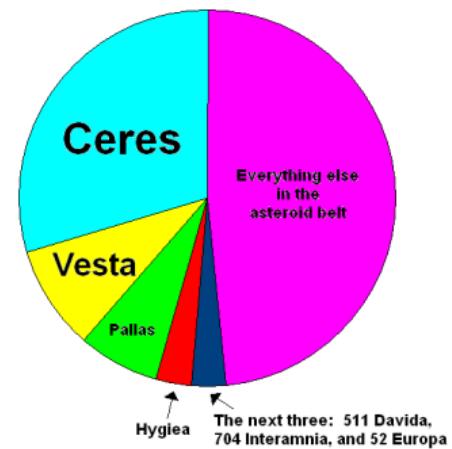


- La mayoría de los asteroides de más de 210 km de diámetro a escala

# Asteroides: Estadísticas de Asteroides



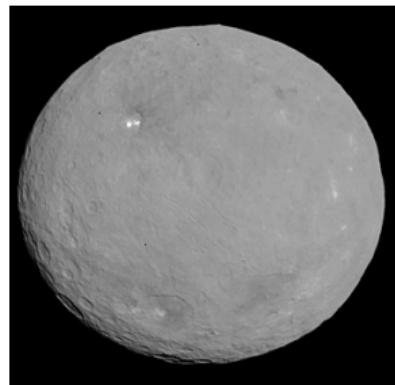
Distribución de la masa:



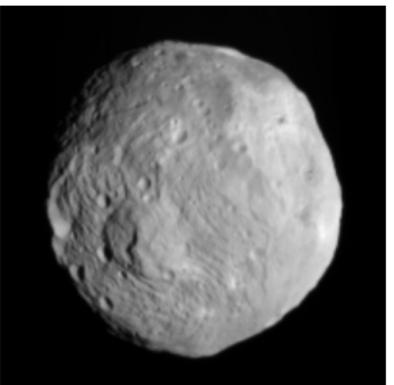
- **Asteroides (y Cometas):**  $> 50m$
- **Meteoroides:** entre  $50m$  y  $0.1mm$
- **Polvo Cósmico:**  $< 0.1mm$

## Asteroides: Algunos ejemplos

1 Ceres (939km),



4 Vesta (525km),



243 Ida (60km) y Dactyl



253 Mathilde (50km)



951 Gaspra (18km)



# Asteroides Visitados por Misiones Espaciales



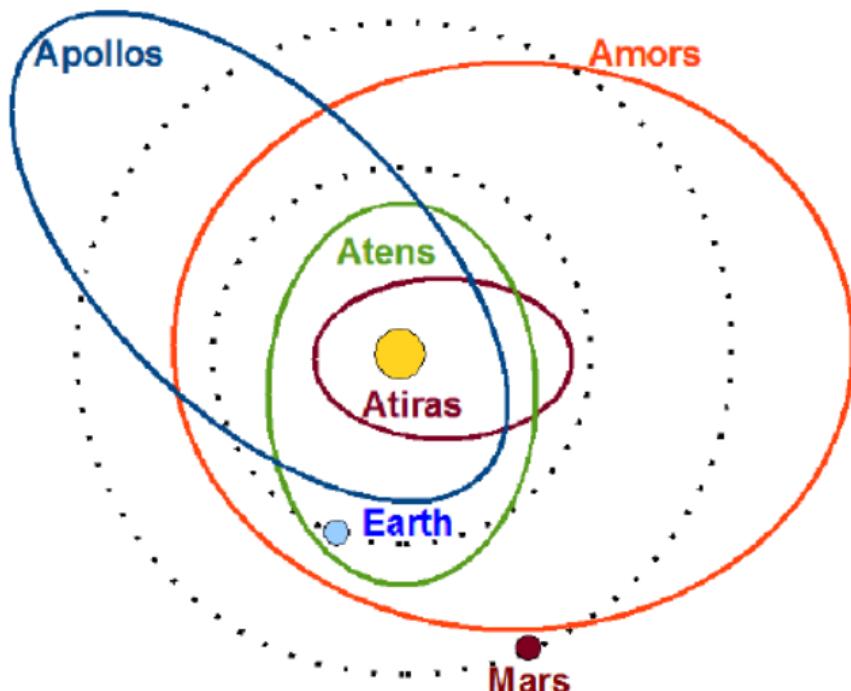
- 8 asteroides del cinturón principal han sido visitados por misiones espaciales:
- Ceres, Vesta, Lutetia, Mathilde, Ida/Dactyl, Gaspra, Annefrank y Steins

### 3. Asteroides y Meteoroides

Objetos Próximos a la Tierra (NEO, Near Earth Object)

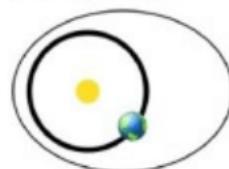
# Objetos próximos a la Tierra (NEO, Near Earth Object)

- NEO: son objetos cuyo punto más cercano al Sol (perihelio) es menor que 1,3AU.
- Hay 4 familias:



No cruzan la órbita de la Tierra:

Amors



Atiras

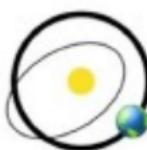


Cruzan la órbita de la Tierra:

Apollos

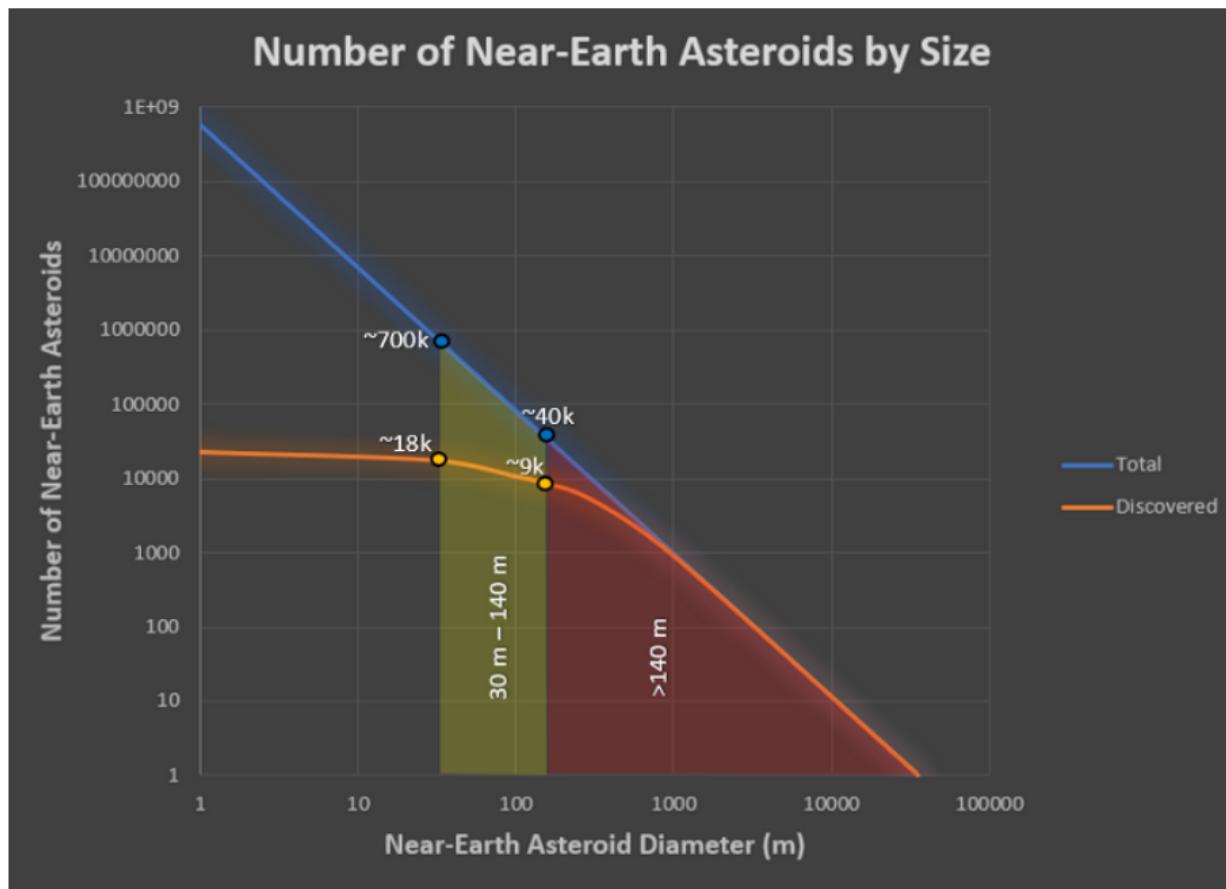


Atens

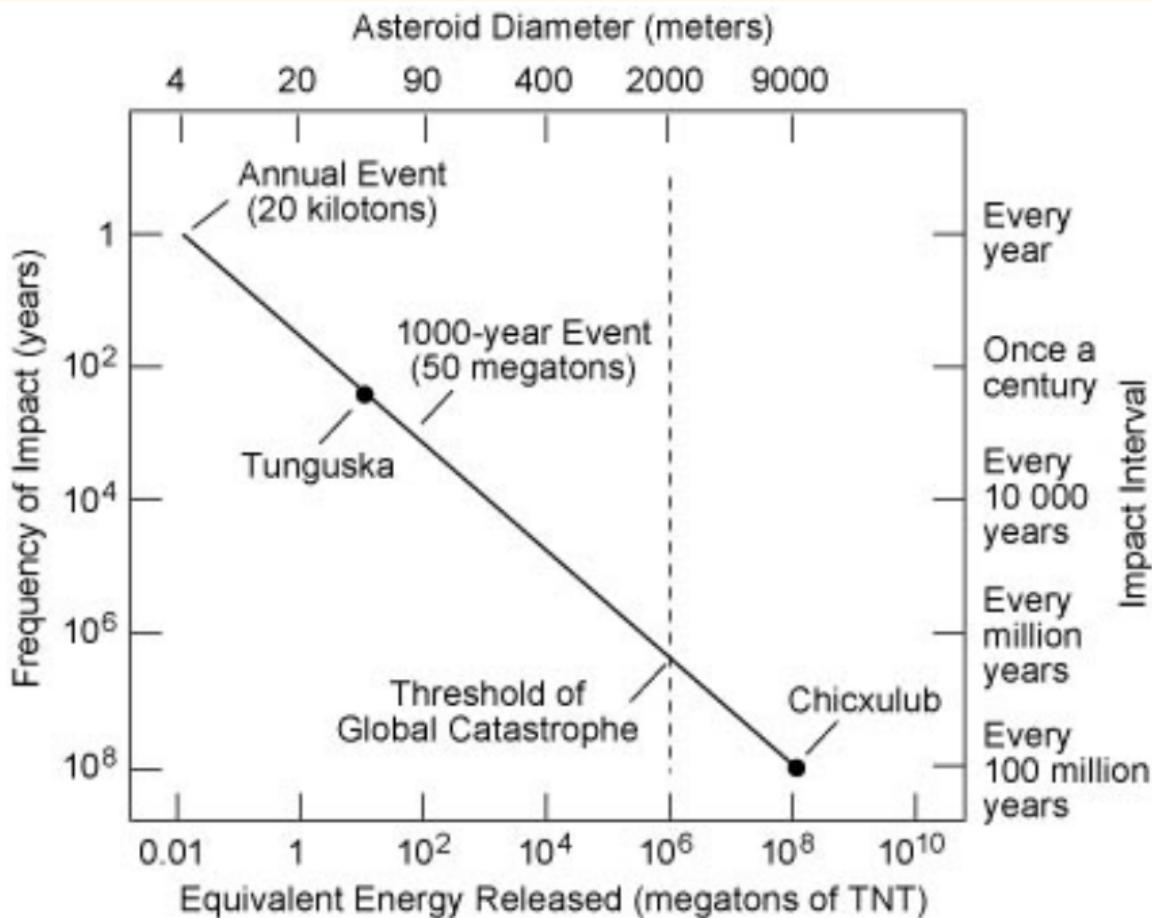


Type	Near-Earth Population
Apollo	62% of known asteroids
Aten	6% of known asteroids
Amor	32% of known asteroids
Atira	6 known asteroids

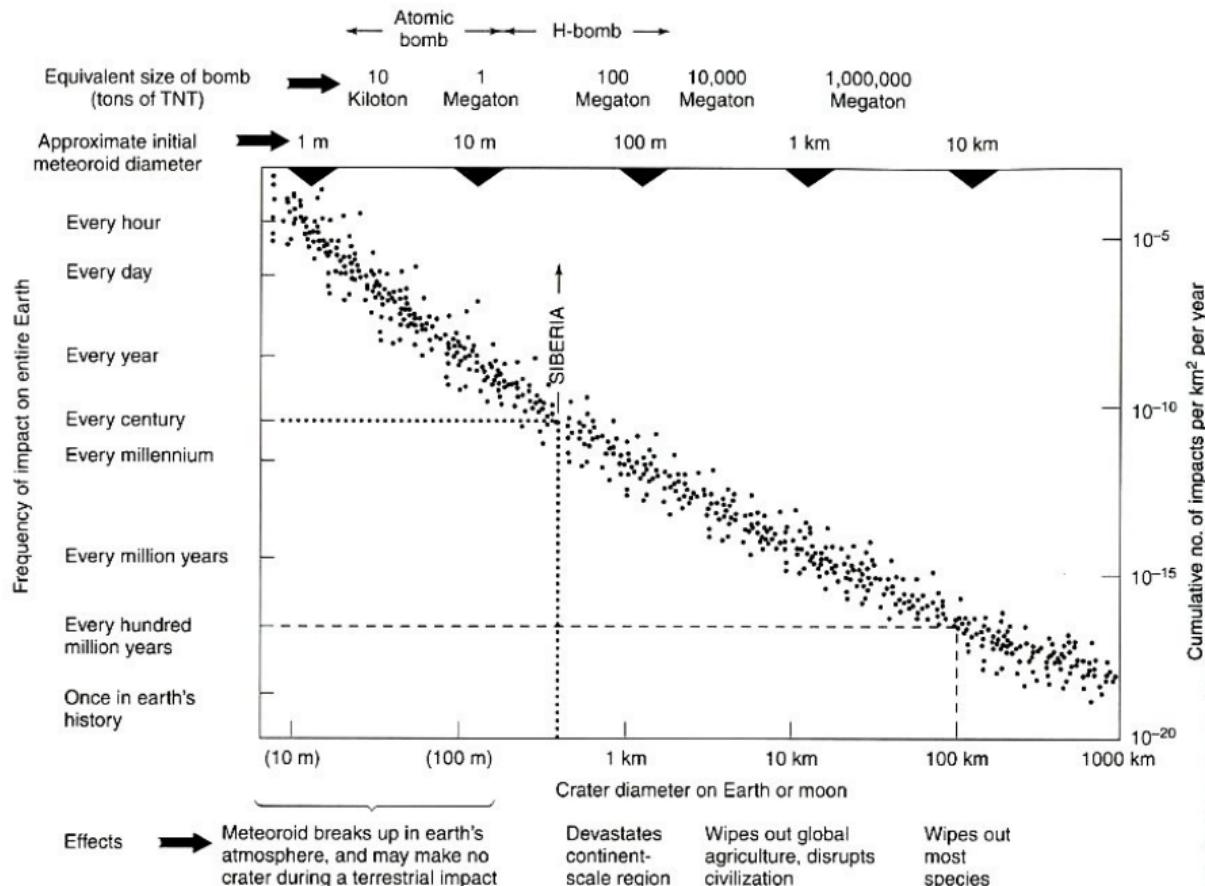
# Detección de Objetos próximos a la Tierra (NEO, Near Earth Object)



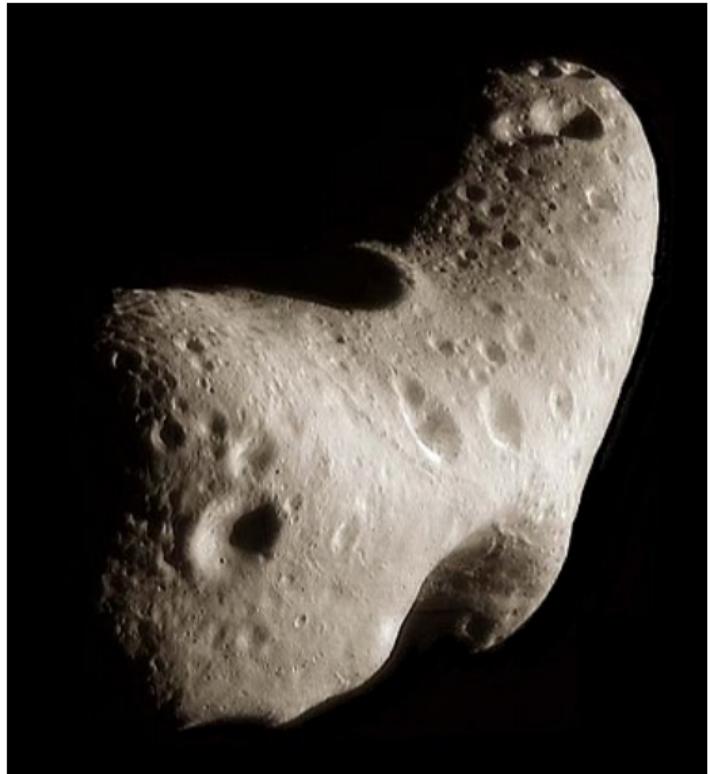
## Efecto del impacto de asteroides en la Tierra



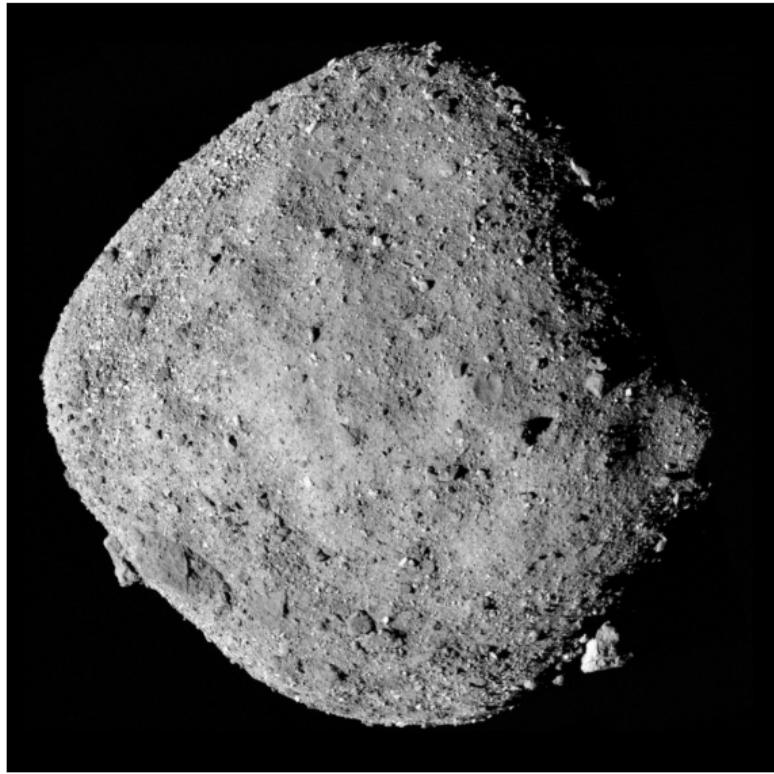
# Efecto del impacto de asteroides en la Tierra



## NEOs: Algunos ejemplos



433 Eros (17km; NEAR Shoemaker, NASA)

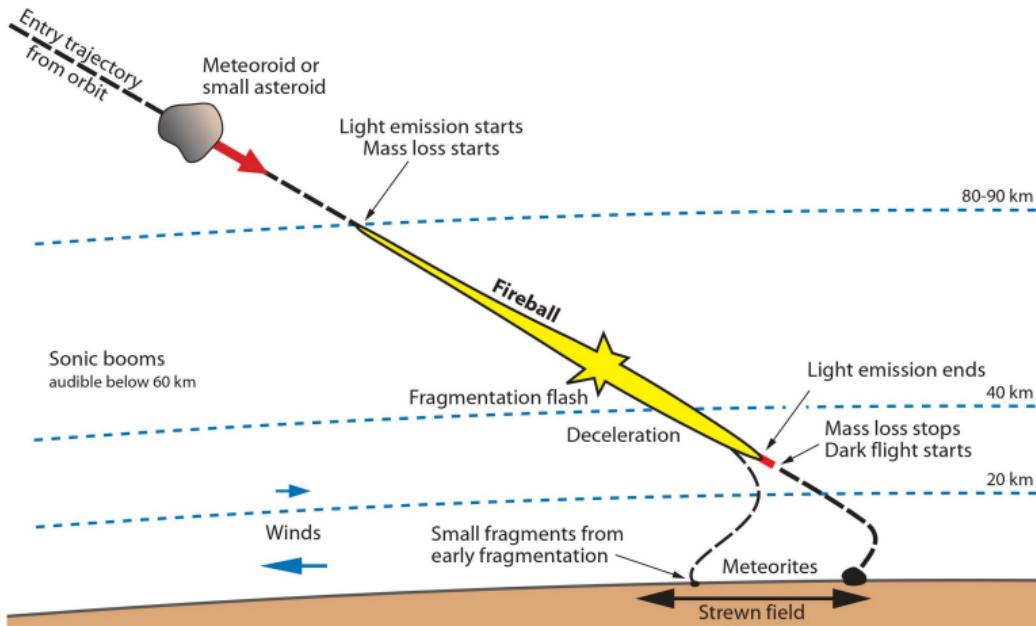


101955 Bennu (0,5km; OSIRIS-REx, NASA)

### 3. Asteroides y Meteoroides

Meteoroides, Meteoros y Meteoritos

# Meteoroides, Meteoros y Meteoritos

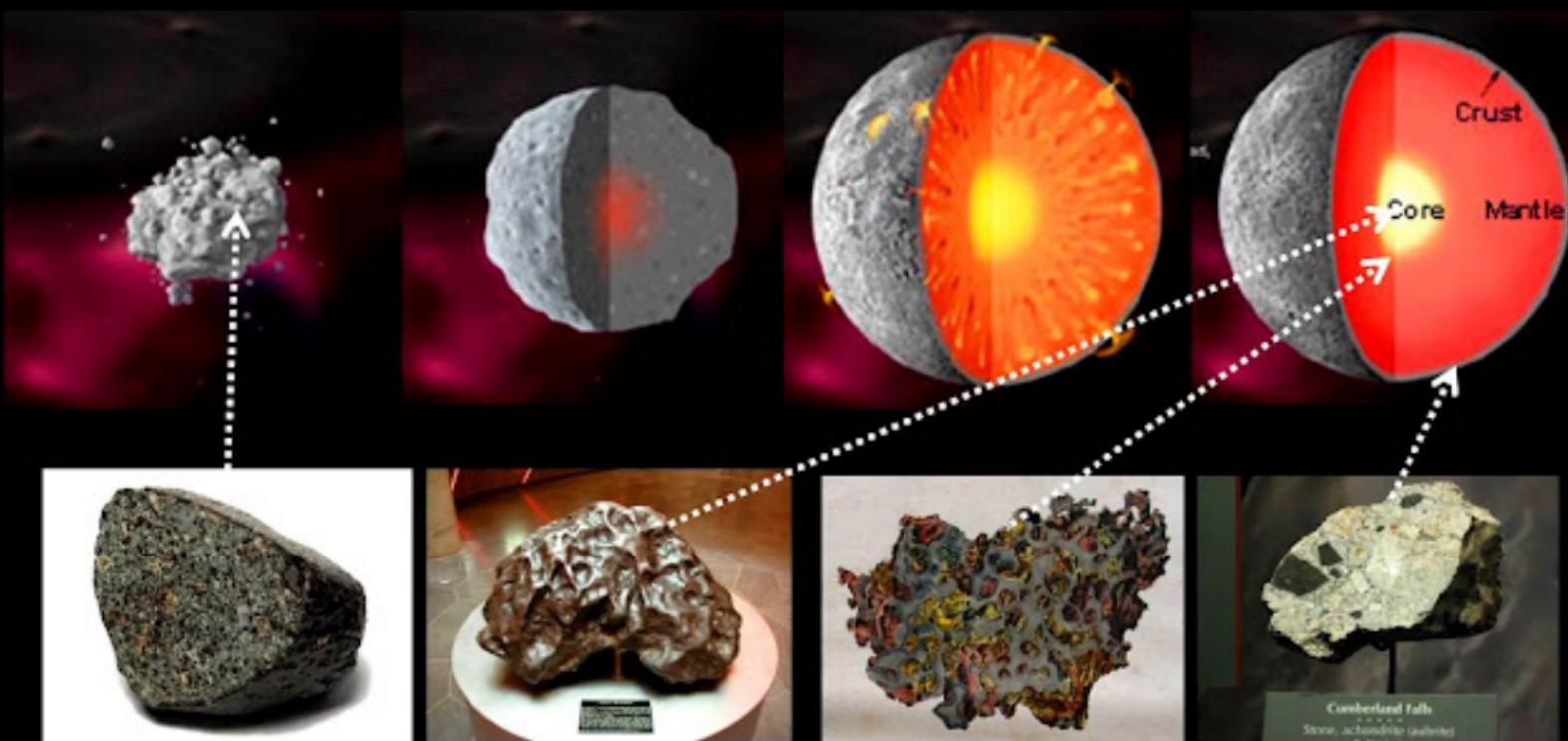


*Los fenómenos luminosos*

Nombre	Masa	Altitud	Duración
Estrella fugaz	orden del g	110-80 km	1-2 s
Meteoro	orden del kg	80-50 km	2-5 s
Bólido	de 0,5 a 10 T	50-13 km	5-40 s

- ① **Meteoroides:** objetos con tamaños entre 50m y 0.1mm (entre los asteroides y el polvo cósmico)
- ② **Meteoros:** el fenómeno luminoso que se produce cuando un meteorito atraviesa nuestra atmósfera. Los bólidos son los meteoros más intensos
- ③ **Meteoritos:** un meteorito que alcanza la superficie de un planeta

# Meteoritos: Distintos tipos en función de su Origen



Chondritic Stony  
Meteorite

Iron  
Meteorite

Pallasite  
Meteorite

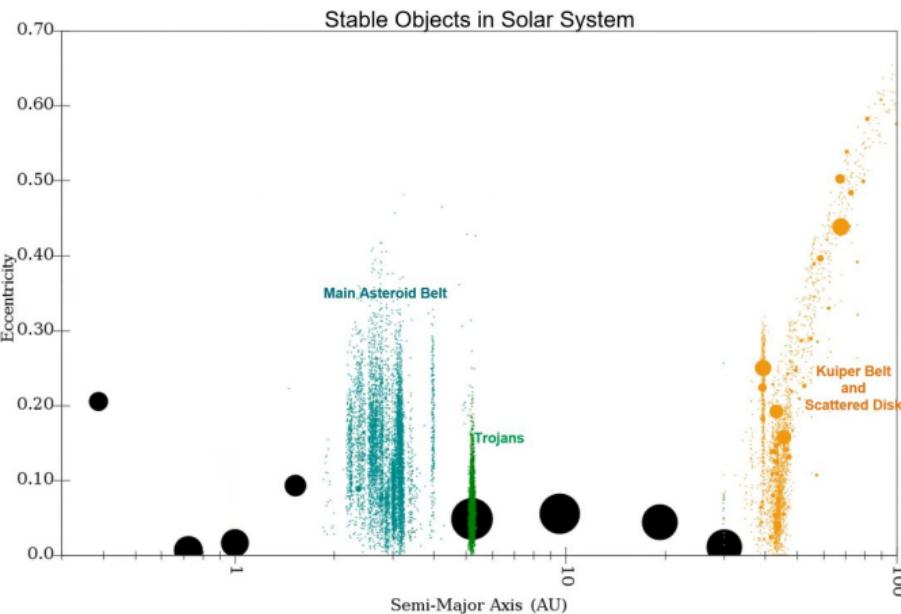
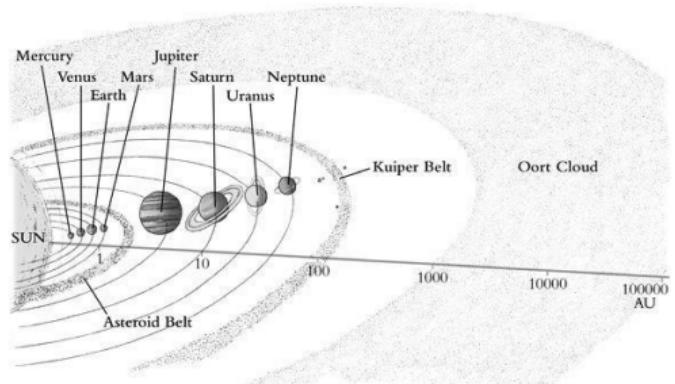
Achondritic Stony  
Meteorite

## 4. Objetos Transneptunianos (TNOs)

## 4. Objetos Transneptunianos (TNOs)

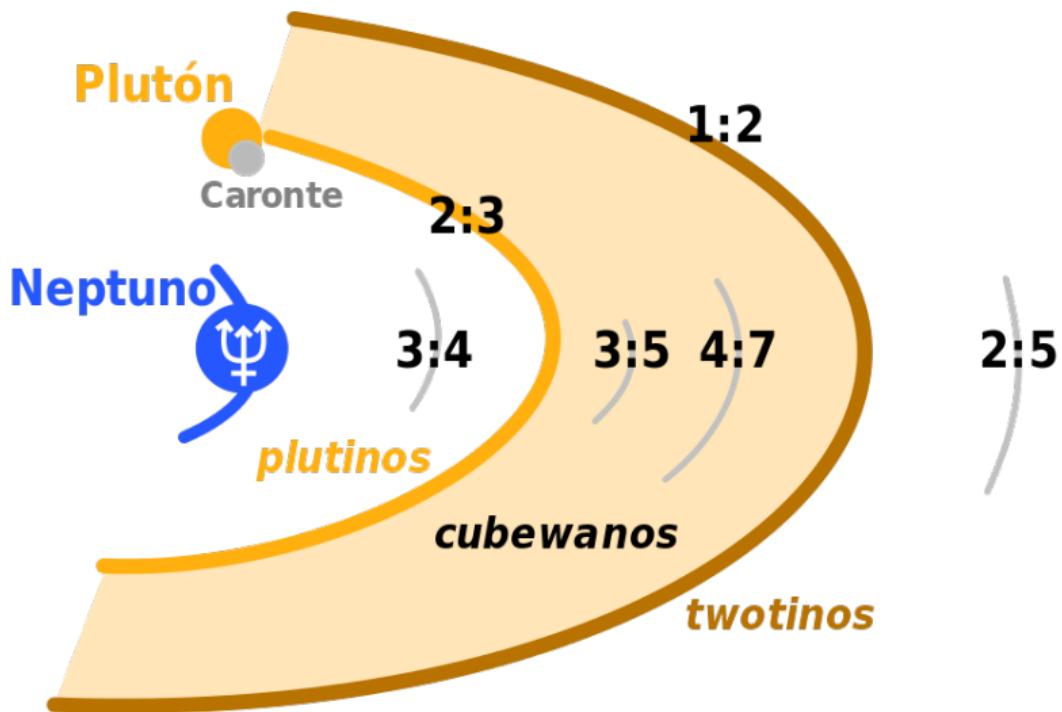
Objetos del Cinturón de Kuiper

# Cinturón de Kuiper

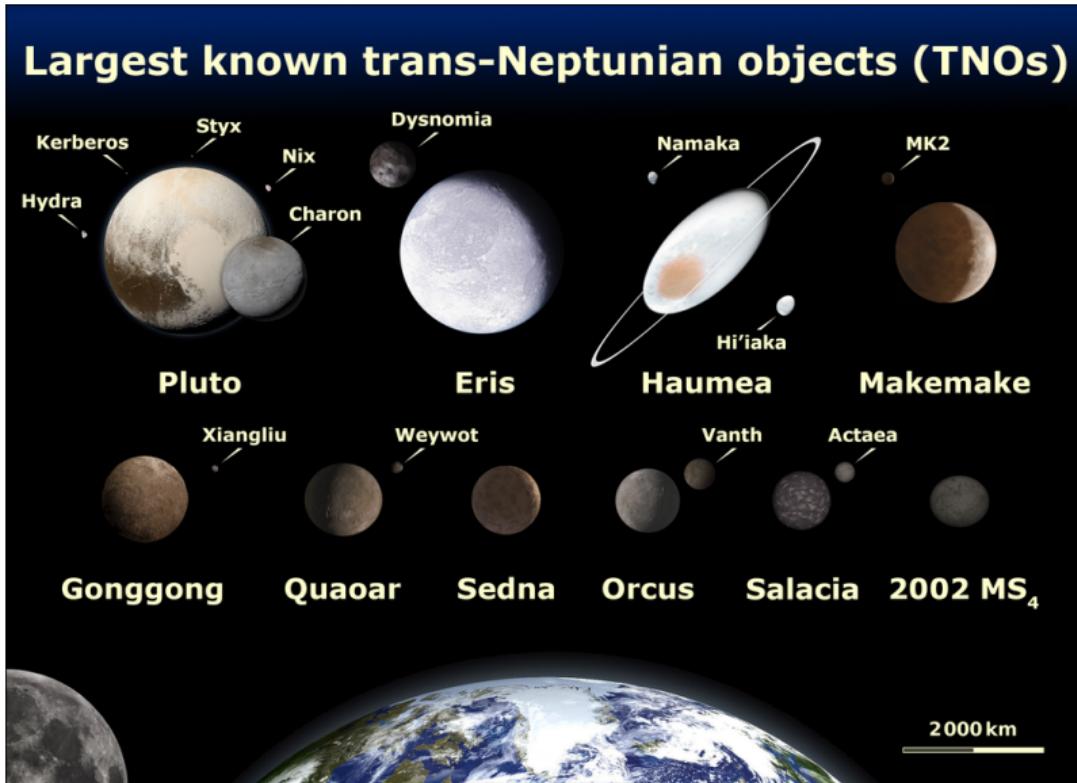


- **Cinturón de Kuiper:** disco de objetos entre la órbita de Neptuno a  $\sim 40\text{AU}$  y  $\sim 50\text{AU}$ .
- Estos objetos están compuestos mayormente de hielos y roca.
- Se estima que el cinturón de Kuiper tiene más de 100.000 objetos de más de 100 km de diámetro (en comparación, en el cinturón de asteroides no hay más de 100 objetos más grandes que 100 km)

## Cinturón de Kuiper y resonancia orbital



# Objetos del Cinturón de Kuiper

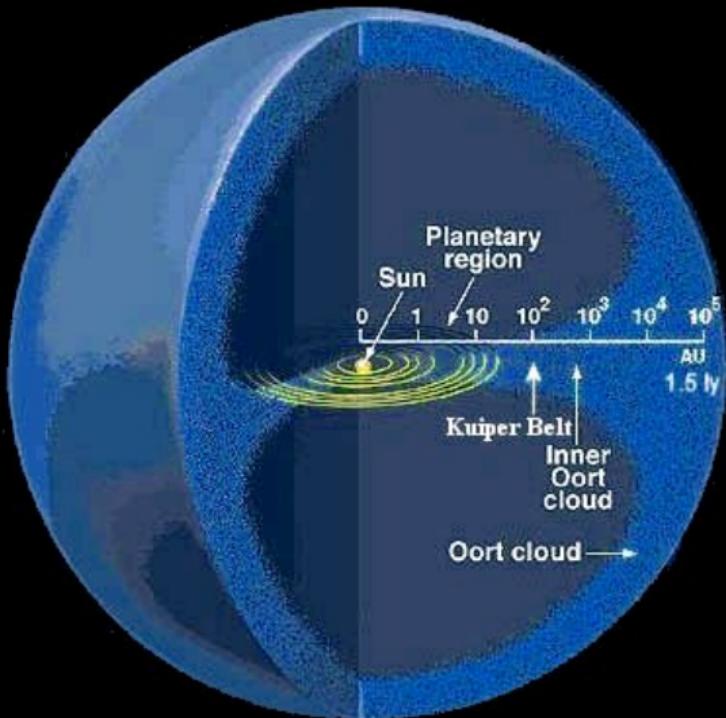
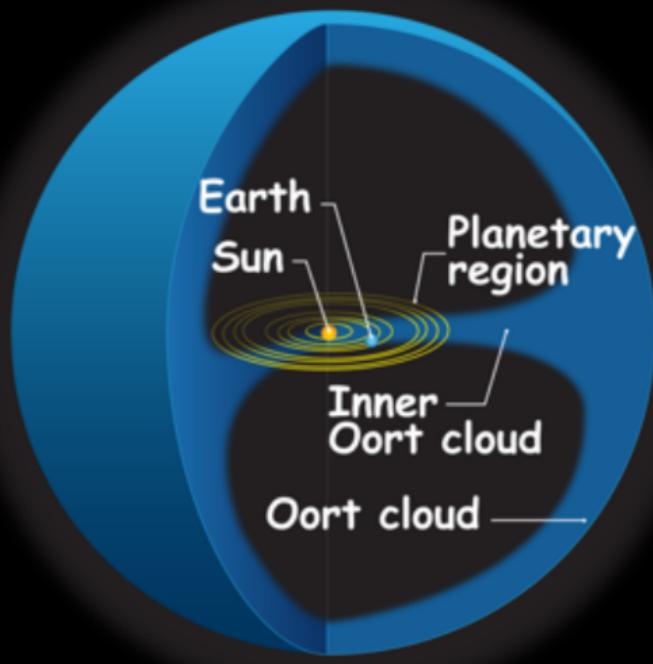


- Algunos de los objetos pueden llegar a medir más de 2.300 km (Eris), pero probablemente existan objetos más grandes todavía no descubiertos.

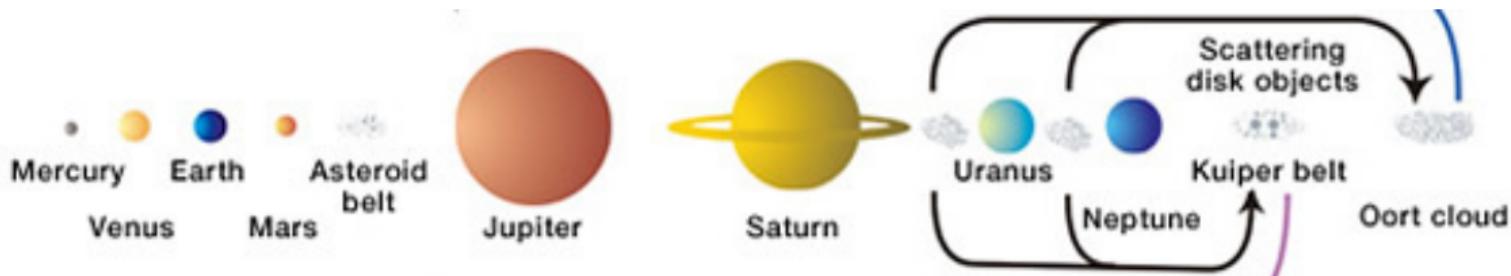
## 4. Objetos Transneptunianos (TNOs)

Objetos de la Nube de Oort

# Cinturón de Kuiper y Nube de Oort



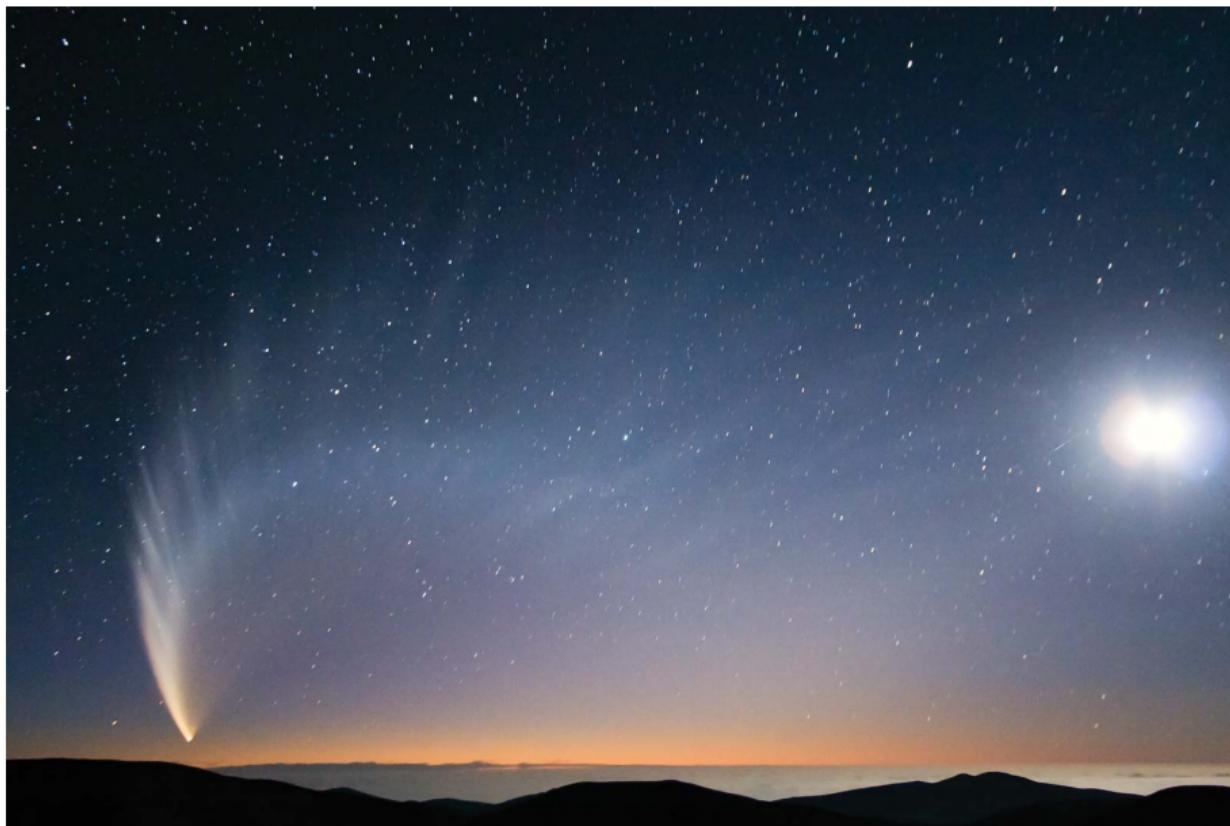
# ¿Cuál es el origen de los objetos Transneptunianos?



- Los objetos del Cinturón de Kuiper y la Nube de Oort probablemente se originaron más cerca del Sol que su posición actual: en la zona donde están Urano y Neptuno
- Un desplazamiento tardío de Neptuno hacia una órbita más exterior puede haber desplazado estos objetos menores a su posición actual.

## 5. Cometas

# Los Cometas



Cometa McNaught (C/2006 P1; Chile, 2007)

# Los Cometas

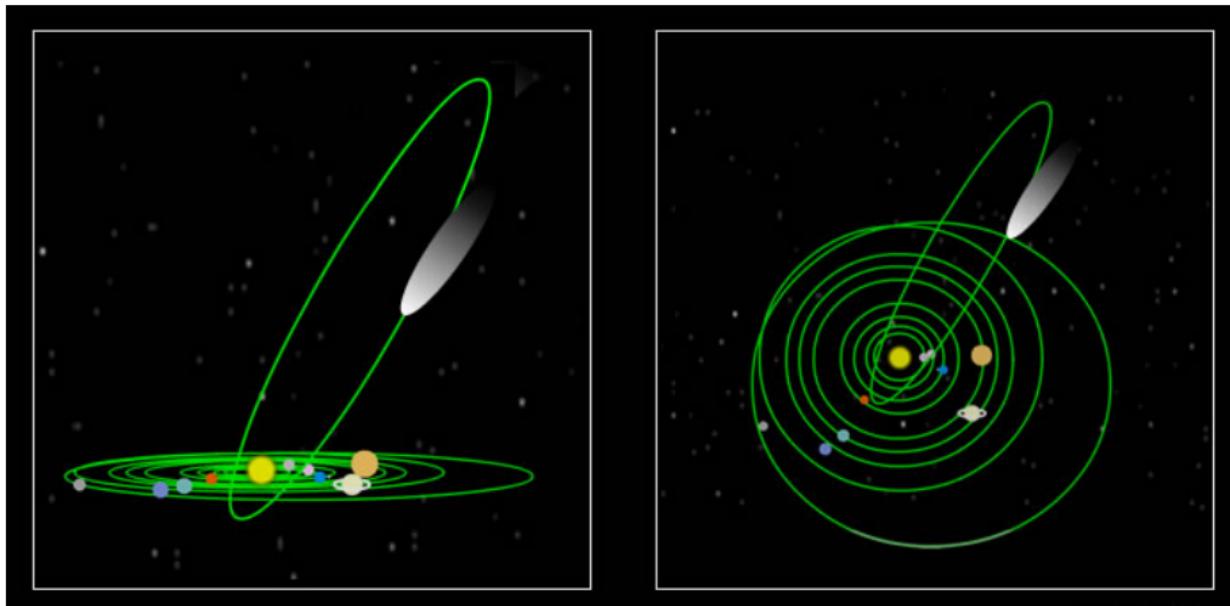


Cometa Neowise (C/2020 F3 (NEOWISE))

## 5. Cometas

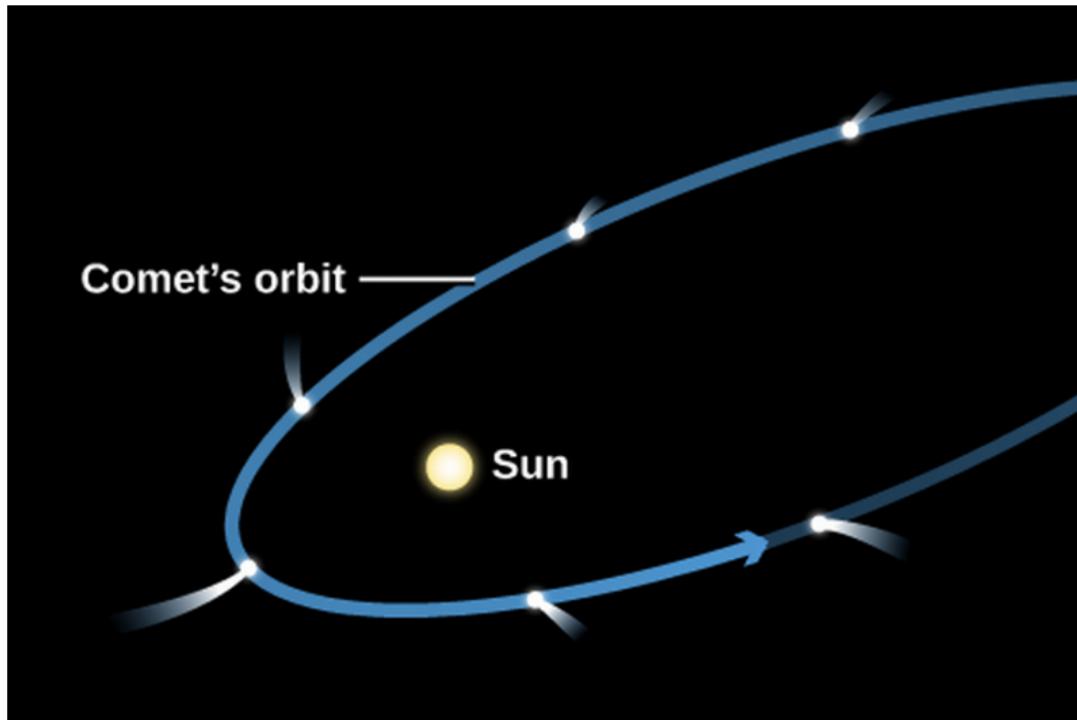
Órbitas y Colas de los Cometas

# Orbitas de los Cometas



- Las **órbitas** de los cometas son muy **elípticas** y no necesariamente en el plano de la Eclíptica (el plano del sistema solar)
- Suelen tener  **períodos de revolución largos o muy largos**, entre 3,3 años (2P/Encke) y muchos cientos de años o milenios.

# Colas de los Cometas

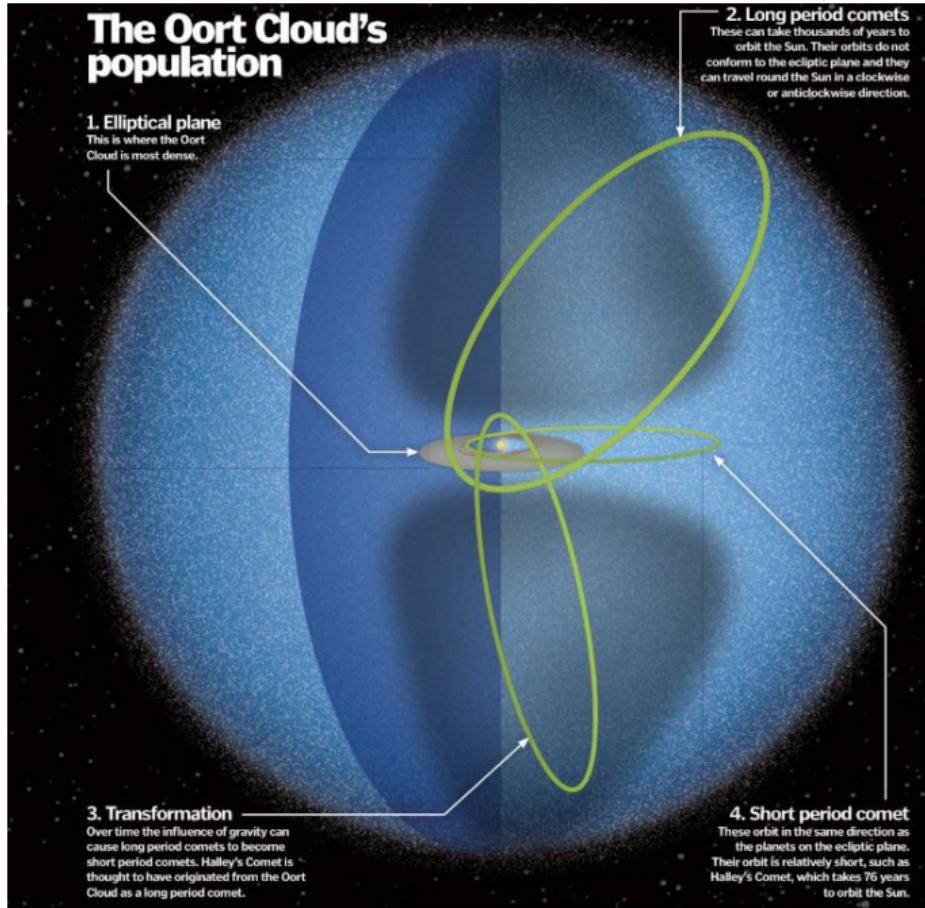


- Cuando el cometa se acerca al Sol, desarrolla una **cola**
  - La cola puede llegar a ser muy grande (qué puede llegar a tener una longitudes de más de 20 veces la distancia Tierra-Luna!)
  - La cola suele estar dirigida en dirección contraria a la posición del Sol

## 5. Cometas

Clasificación y Origen de los Cometas

# Clasificación de los Cometas: de Período Corto vs. Período Largo



Hay dos tipos de cometas:

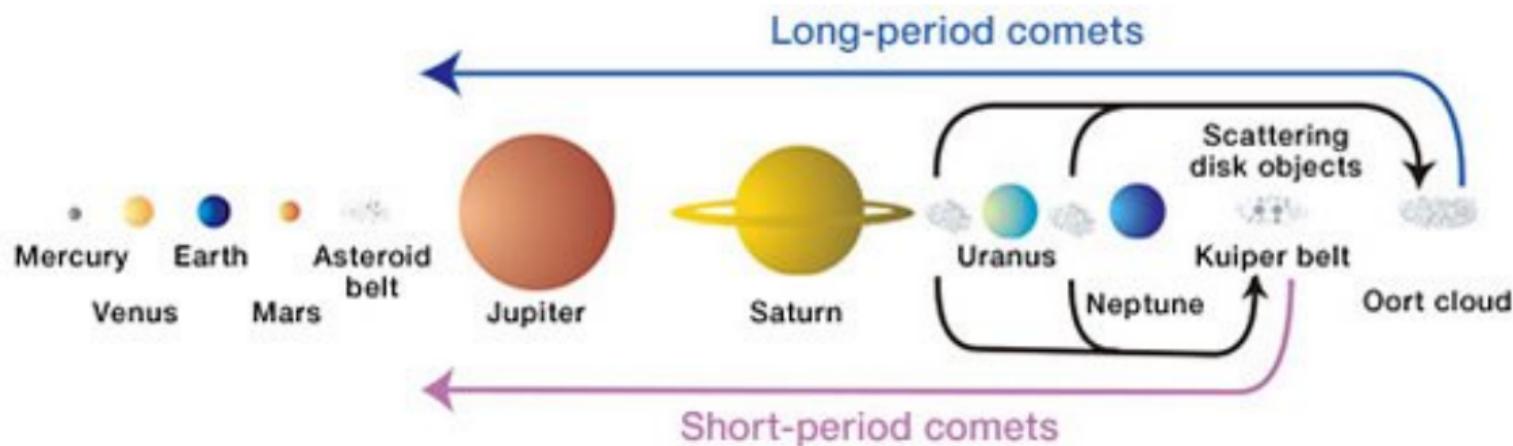
## 1 Cometas de período corto

- Período de < 200 años
- Provienen del Cinturón de Kuiper
- Sus órbitas no están muy inclinadas
- Orbitan en sentido anti-horario (progrado; al igual que los planetas)

## 2 Cometas de período largo

- Período de > 200 años
- Provienen de la Nube de Oort
- Pueden tener órbitas muy inclinadas
- Pueden tener movimiento progrado o retrógrado

# El Ciclo de Vida de los Cometas

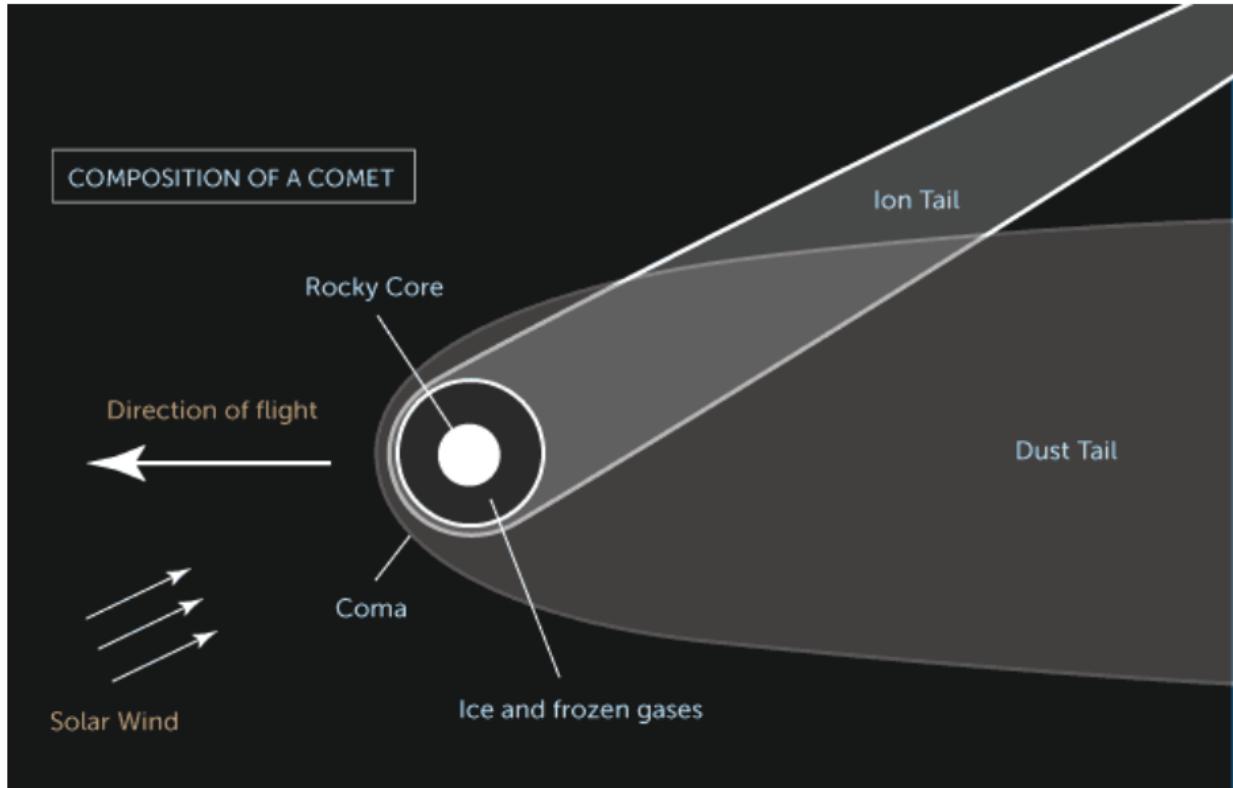


- Los cometas, al perder material por sublimación cuando se acercan al sol, tienen una vida limitada.
- El mecanismo de sustitución de cometas a partir de objetos del Cinturón de Kuiper y la Nube de Oort posibilita la existencia continuada de cometas

## 5. Cometas

Anatomía de los Cometas

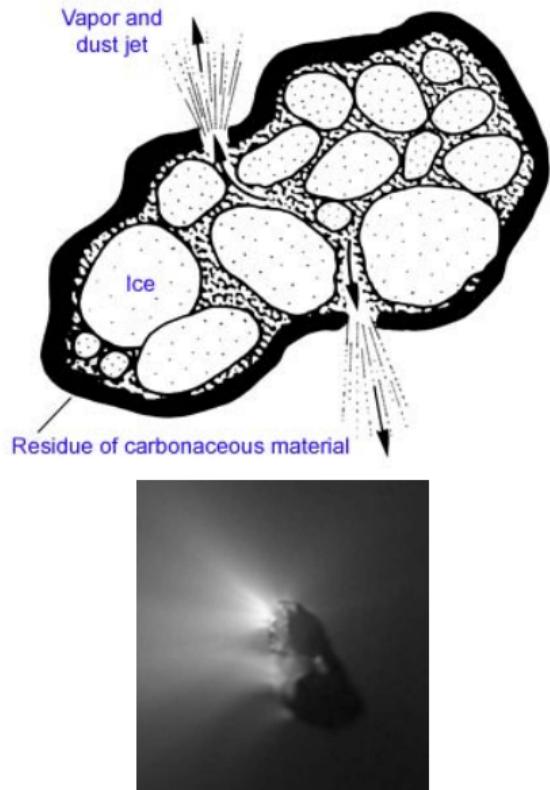
# Anatomía de un Cometa



Partes de un cometa:

- ① Núcleo
- ② Coma
- ③ Cola de polvo
- ④ Cola de gas (iónica)

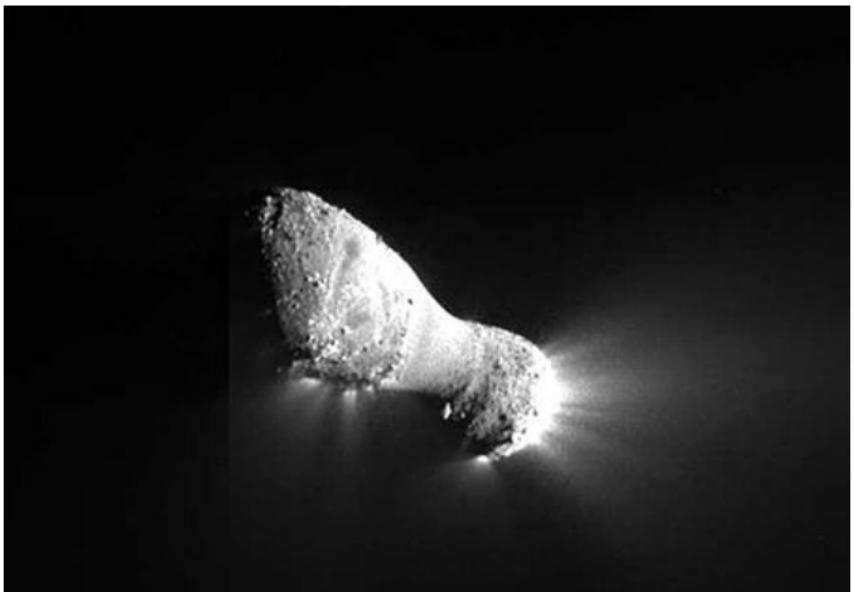
# Anatomía de un Cometa: 1. Núcleo



núcleo del cometa 1P/Halley

- El núcleo de un cometa se puede definir como una "bola de nieve sucia"
- El núcleo de un cometa es la única parte que existe cuando el cometa está lejos del Sol.
- El núcleo está típicamente compuesto por hielos sólidos y granos de material sólido del tamaño de polvo (tienen una composición aproximadamente condrítica)
- Al acercarse al Sol y calentarse los hielos del núcleo se subliman emanando gas y polvo. Típicamente esto ocurre en algunas zonas del núcleo, creando "chorros"
- Los núcleos son probablemente bastante porosos, ya que carecen de la fuerza de gravedad para auto-comprimirse y porque se "ahuecan" a medida que van perdiendo hielo de su interior por sublimación
- La mayoría de los cometas tienen núcleos de menos de 10km de diámetro.

## Anatomía de un Cometa: 1. Núcleo



Ejemplos: Núcleos de los cometas: 67P/Churyumov-Gerasimenko y 103P/Hartley

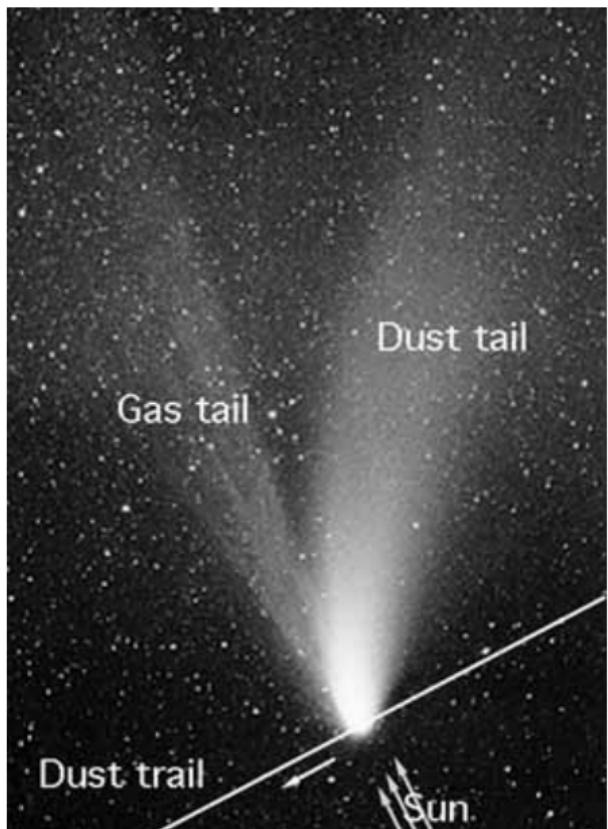
## Anatomía de un Cometa: 2. Coma

- Coma: atmósfera de vapor de agua,  $CO_2$  y otros gases que emanan del núcleo al sublimarse por el calentamiento del Sol
- La coma es muchísimo más grande que el núcleo, pudiendo alcanzar los 80.000 km



Coma del cometa 17P/Holmes

# Anatomía de un Cometa: 3. y 4. Colas de Polvo y de Gas



## Cola de polvo:

- Está hecha de partículas del tamaño del hollín expulsadas del núcleo por los gases.
- Las partículas de polvo son levemente empujadas por la radiación solar
- Esta es la parte más fácil de ver a simple vista
- Puede llegar a tener una longitud de 10.000.000 km (26 veces la distancia Tierra-Luna!)
- Suele curvarse

## Cola de gas (o iónica):

- La radiación solar ultravioleta ioniza las partículas gaseosas del cometa
- Las partículas ionizadas son empujadas por el campo magnético del viento solar
- Es una cola muy recta y opuesta a la dirección del Sol (porque el efecto del viento solar en el gas es mucho mayor que el movimiento del cometa)

## 5. Cometas

Los Cometas y las Lluvias de Meteoros

# Lluvias de Meteoros

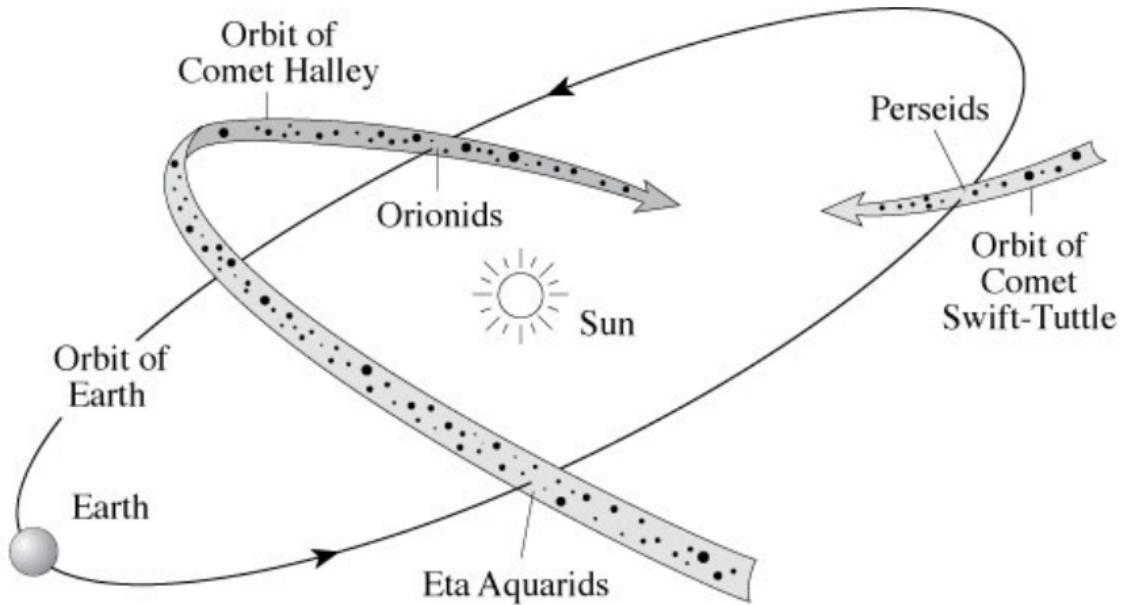


# Lluvias de Meteoros



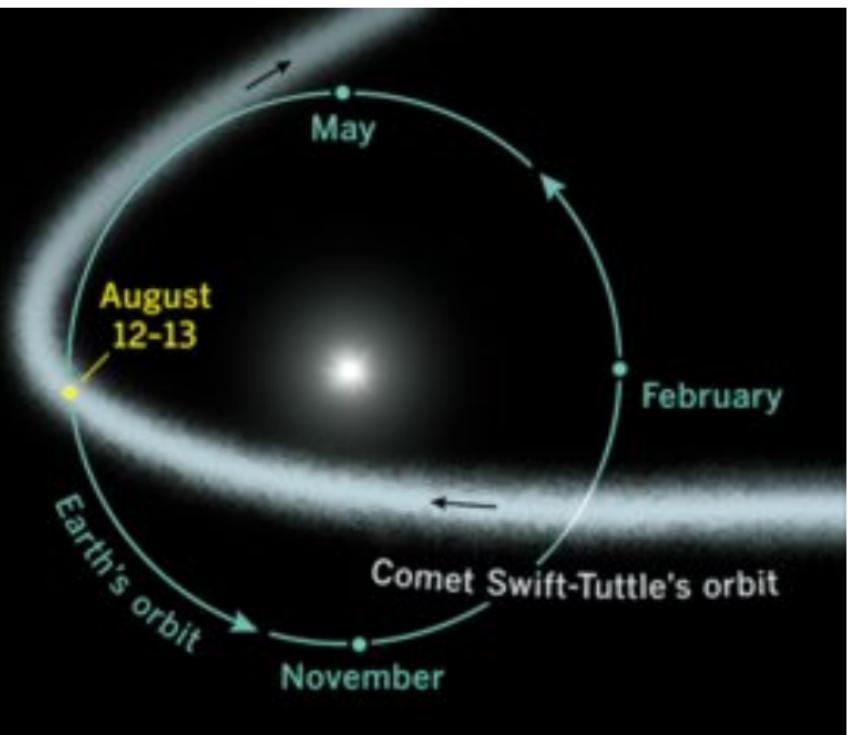
Lluvia de meteoros de las Leónidas; pico. 17 de noviembre

# Lluvias de Meteoros

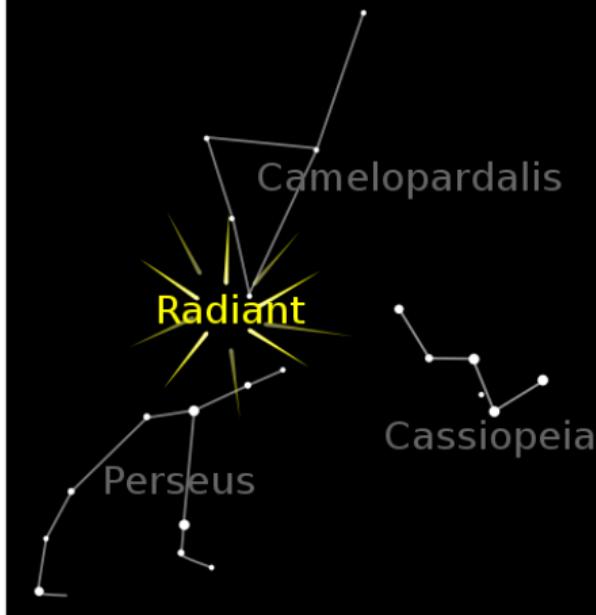


- Las lluvias de meteoros se producen cuando la tierra intersecta la órbita de un cometa.
- En la órbita del cometa (independientemente de la posición del cometa) suele haber restos de polvo cometario que el cometa ha ido desprendiendo.
- Hay varios cometas que interseccionan la órbita de la Tierra. Por lo tanto a lo largo del año se producen varias lluvias de meteoros.

# Lluvias de Meteoros: Radiante

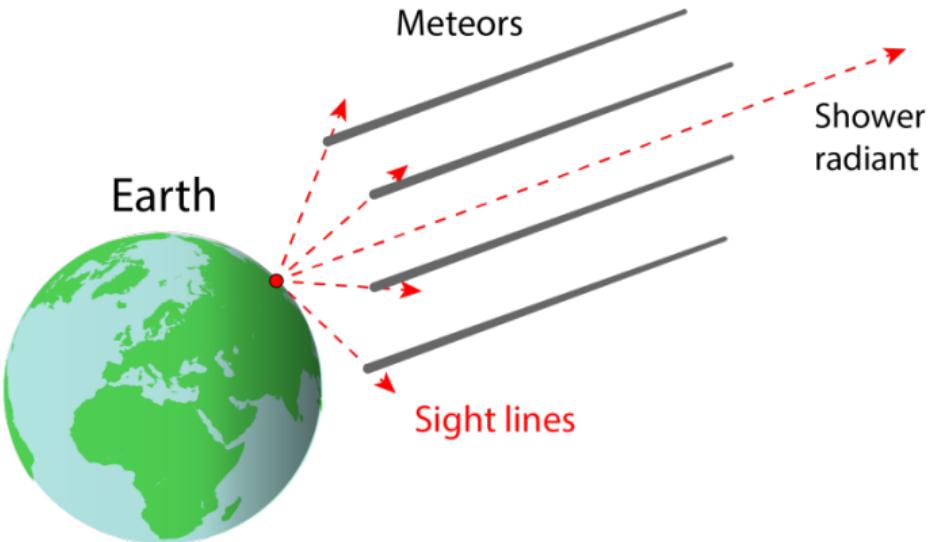
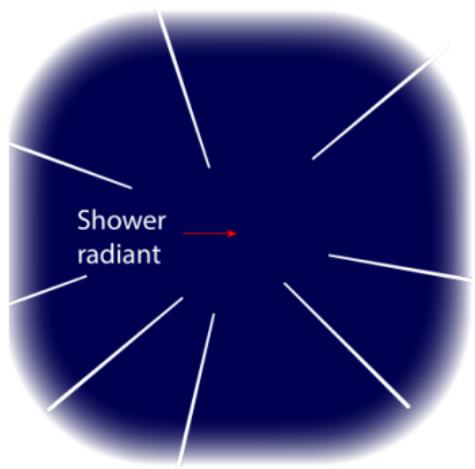


Perseid meteor shower



- Los meteoros que pertenecen a la misma lluvia aparentan originarse en el mismo zona en el cielo; la llamada **radiante** de la lluvia de meteoro.

# Lluvias de Meteoros: Radiante



- La radiante y el efecto de perspectiva que la provoca

# Lluvias de Meteoros

## Principales Lluvias de Meteoros a lo largo del Año

Nombre	Fechas	Pico	Tasa cenit.[/h]	Vel[km/s]	Radiante	Progenitor	Constelación
CUADRÁNTIDAS	28 DIC - 12 ENE	3 ENE	120	41	15h 28m / 49,5°	2003 EH1 (ASTEROIDE)	BOYERO
LÍRIDAS	16 ABR -25 ABR	22 ABR	18	49	18h 08m / 32°	THATCHER (C/1861 G1)	LIRA
ETA ACUÁRIDAS	19 ABR - 28 MAY	6 MAY	50	66	22h 32m / -1°	1P/HALLEY	ACUARIO
DELTA ACUÁRIDAS	12 JUL - 23 AGO	30 JUL	25	41	22h 40m / -16,4°	96P-MACHHOLZ	ACUARIO
PERSEIDAS	17 JUL - 24 AGO	12 AGO	100	59	03h 04m / 58°	109P/SWIFT-TUTTLE	PERSEO
DRACÓNIDAS	6 OCT - 10 OCT	8 OCT	20	20	17h 28m / 54°	21P/GIACOBINI-ZINNER	DRAGON
ORIÓNIDAS	2 OCT - 7 NOV	18 OCT	20	66	06h 20m / 15,5°	1P/HALLEY	ORION
LEÓNIDAS	6 NOV - 30 NOV	17 NOV	15	71	10h 08m / 21,6°	55P/TEMPEL-TUTTLE	LEO
GEMÍNIDAS	4 DIC - 17 DIC	14 DIC	120	35	07h 28m / 32,2°	3200 PHAETHON (ASTEROIDE)	GÉMINIS
ÚRSIDAS	17 DIC - 26 DIC	22 DIC	10	33	14h 28m / 76°	8P/TUTTLE	OSA MENOR

Las fechas pueden variar un día de un año a otro. @cieloprofundout

(Comparación: 60 km/s = 216.000 km/h; vel. sonido = 1.200 km/h)