

# Sistema Solar: Asteroides, Cometas y Meteoros

Ernesto Nicola

Palma de Mallorca, 04-11-2021



# Contenido de la charla

## ① Los Cuerpos del Sistema Solar

- El sistema solar en conjunto
- Planetas Enanos

## ② Asteroides y Meteoroides

- Asteroides del cinturón principal
- Objetos próximos a la Tierra (NEOs: Near Earth Objects)
- Meteoroides, Meteoros y Meteoritos

## ③ Objetos Transneptunianos

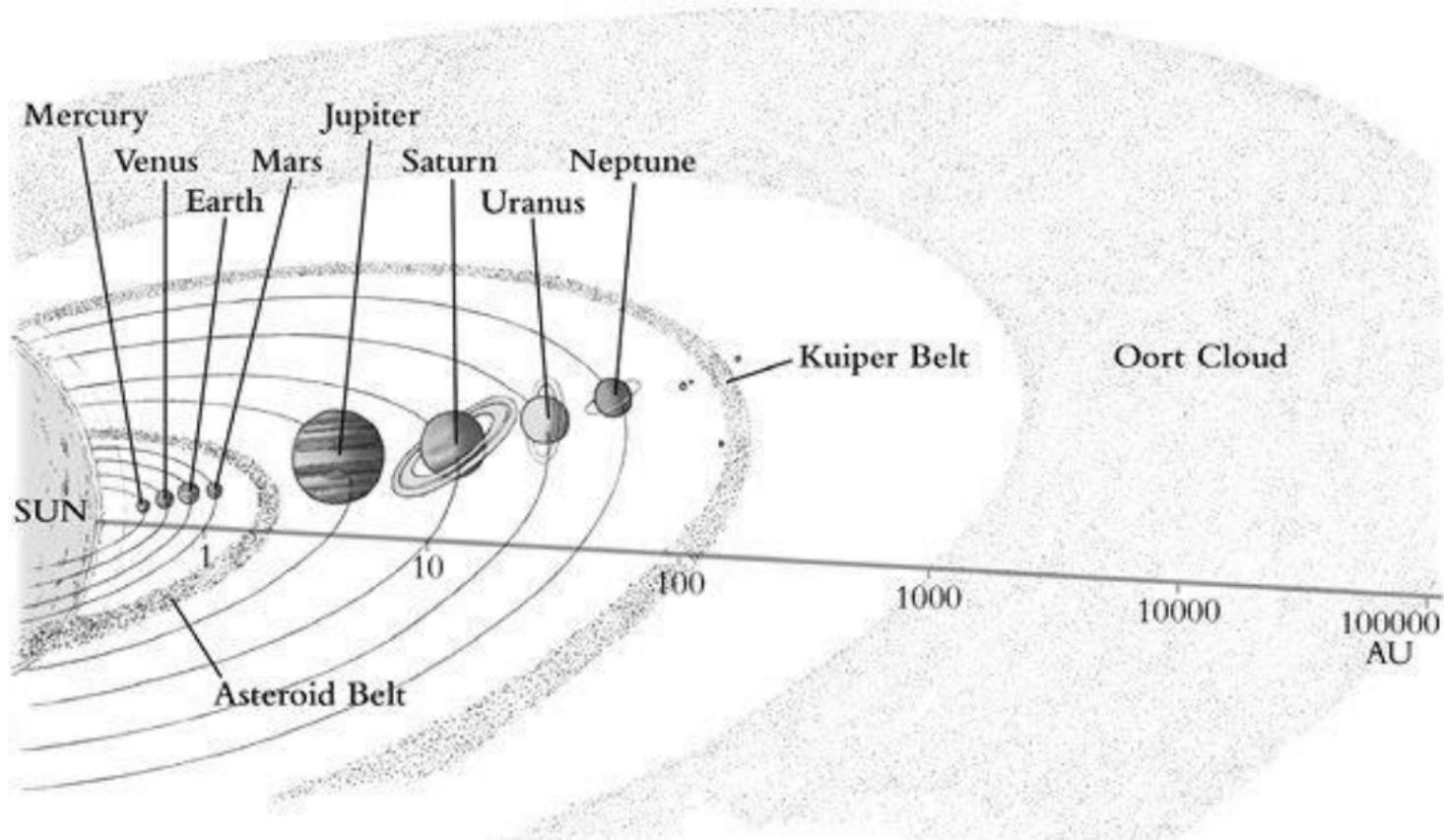
- Objetos del Cinturón de Kuiper
- Objetos de la Nube de Oort

## ④ Cometas

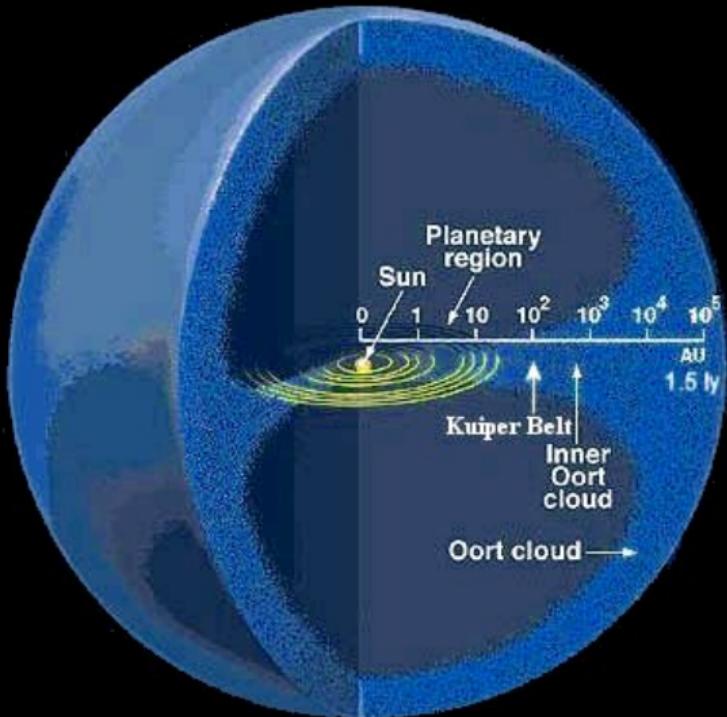
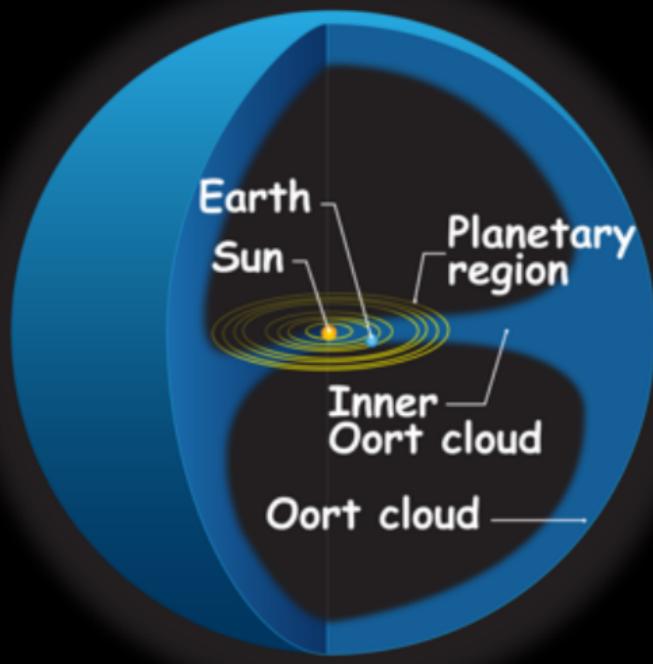
- Cometas
- Lluvias de Meteoros

# 1. Los Cuerpos del Sistema Solar

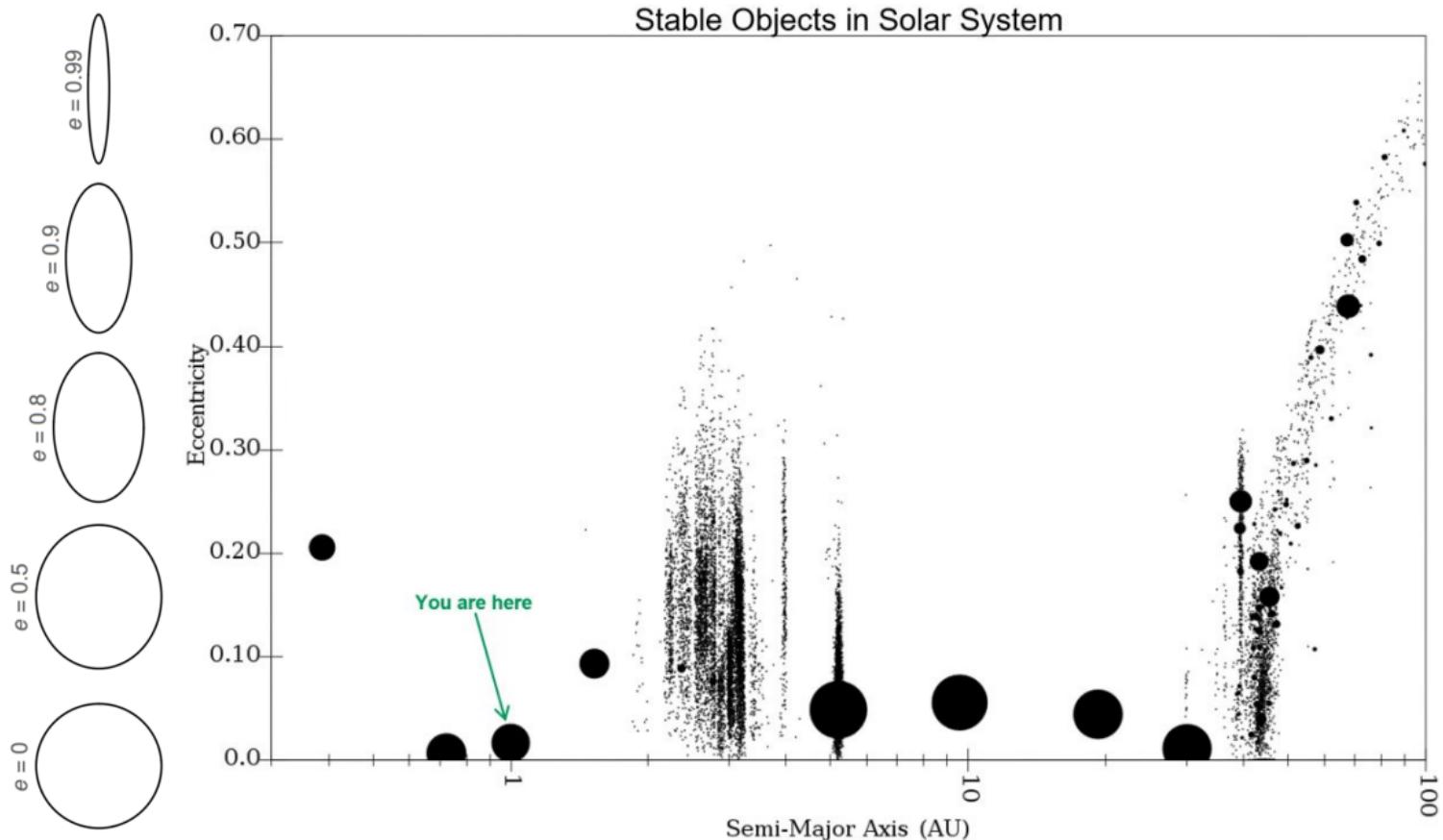
# Estructura general del Sistema Solar



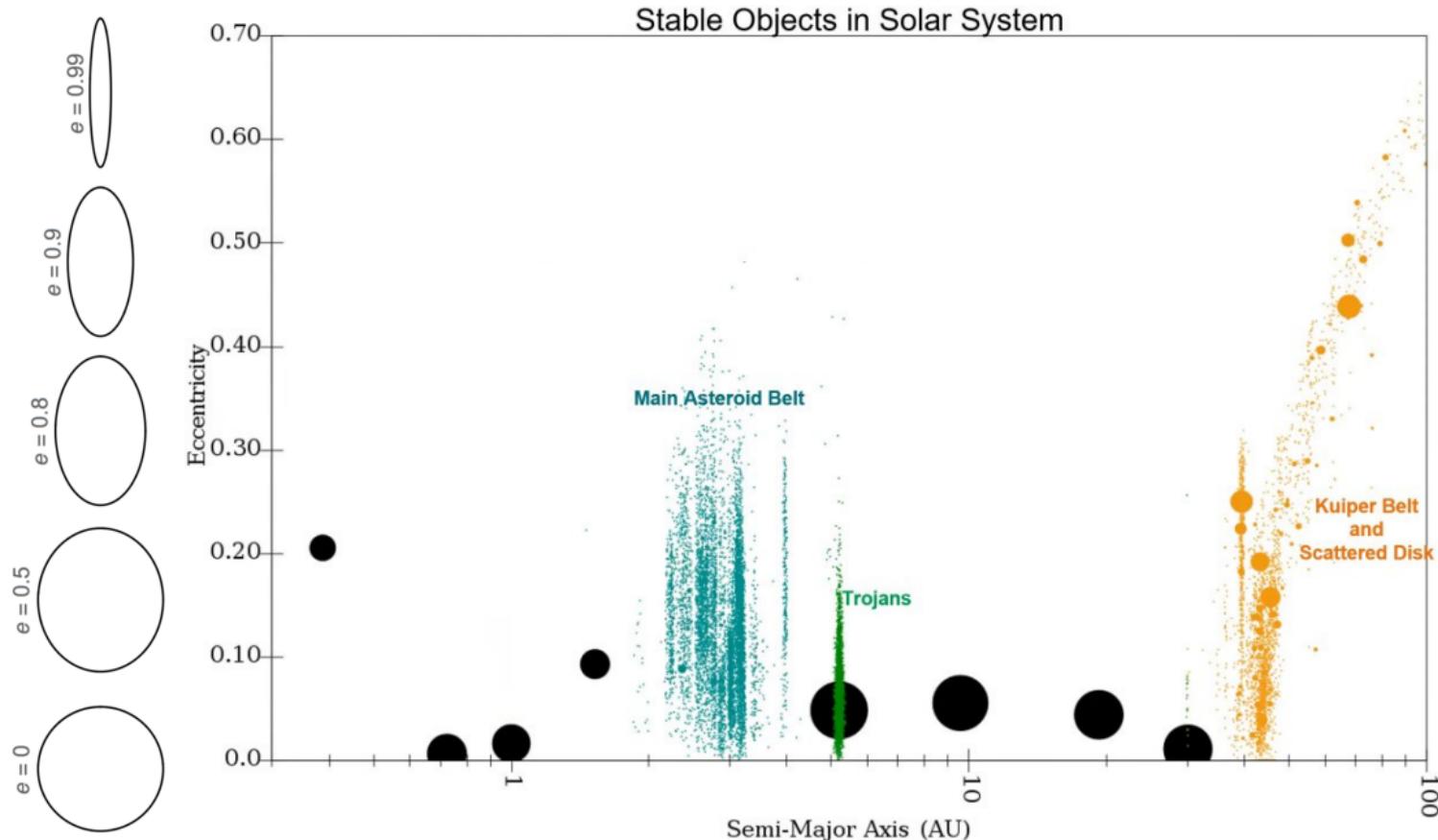
# Cinturón de Kuiper y Nube de Oort



# Inventario de los objetos del Sistema Solar: Objetos Pequeños

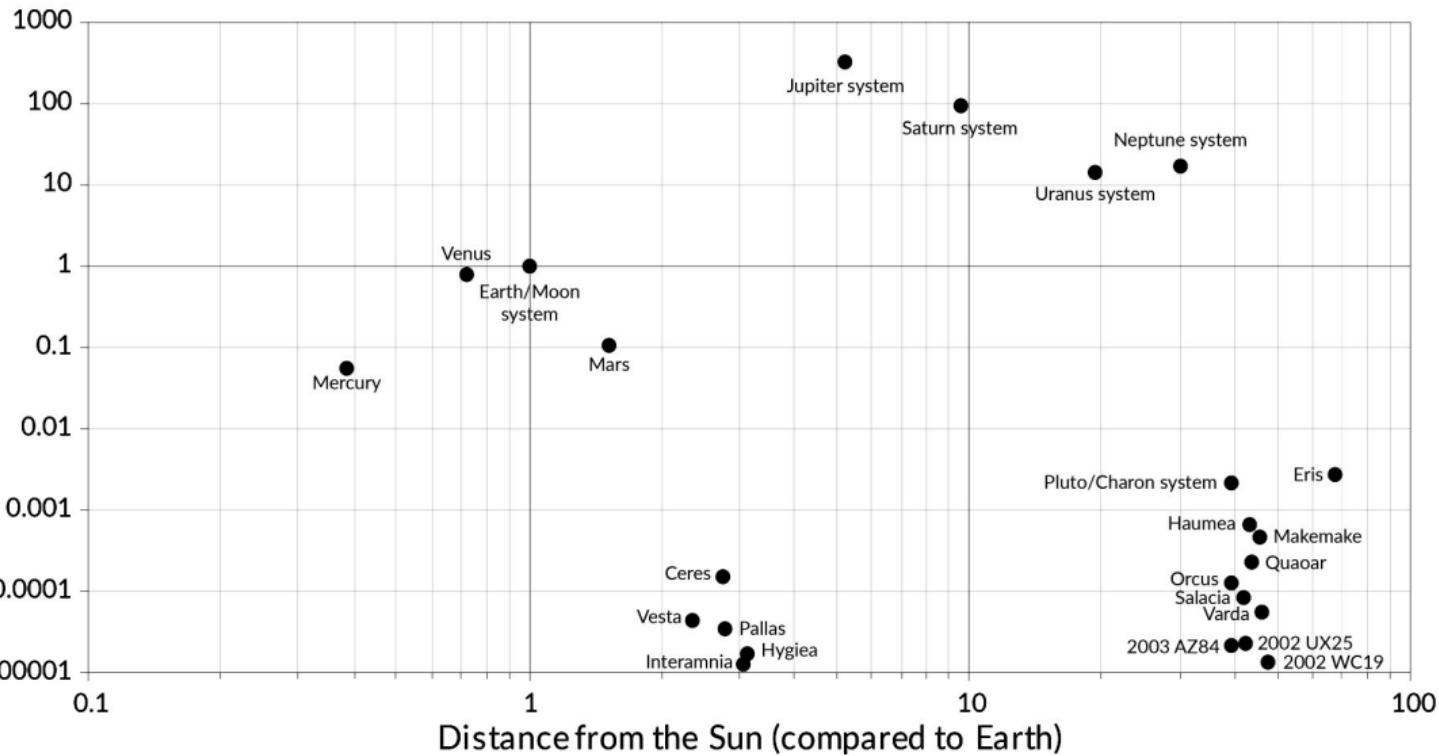


# Principales Poblaciones: Cinturones de Asteroides y de Kuiper

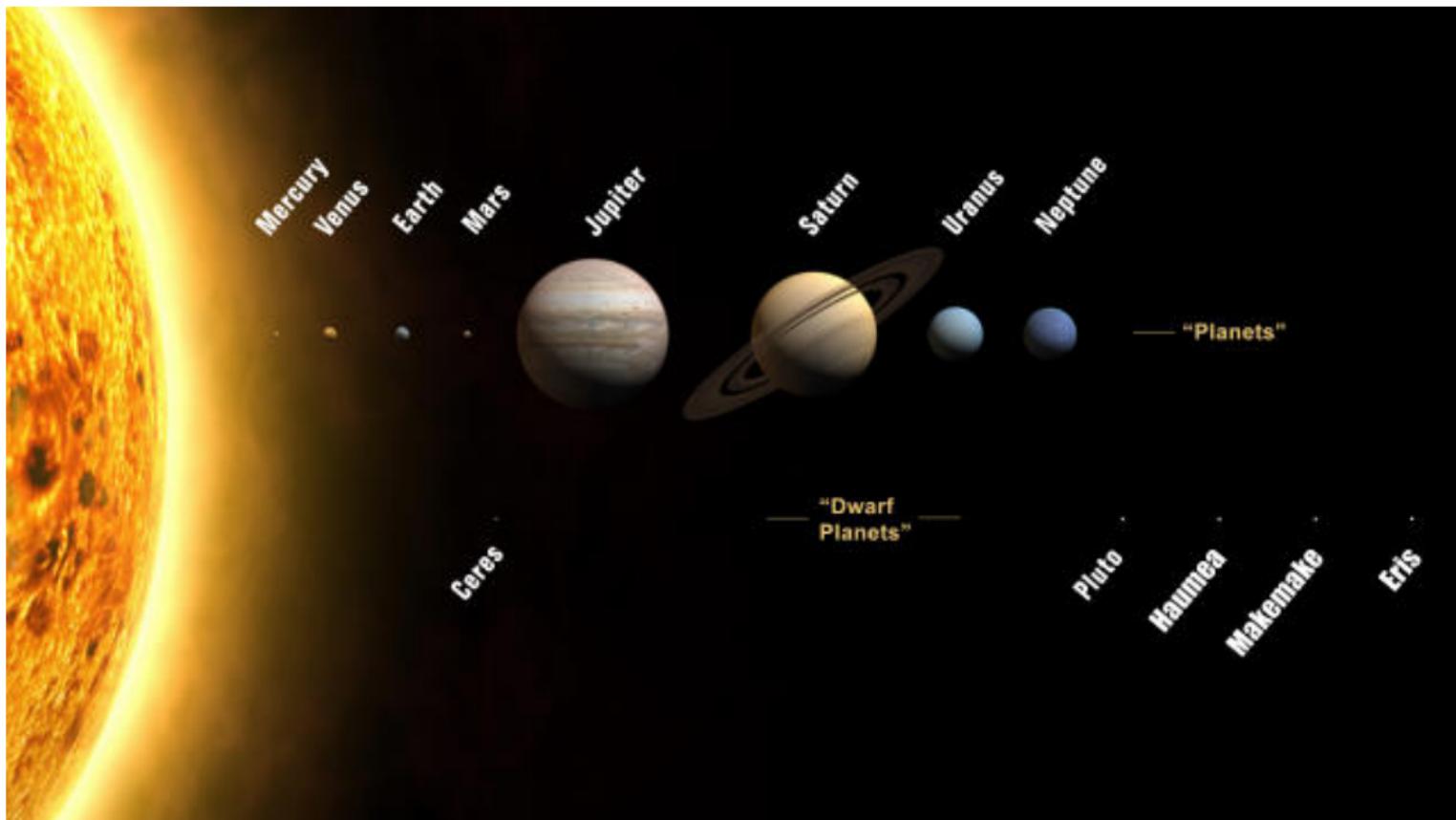


# Planetas y Otros Objetos Masivos

Mass (compared to Earth)



# 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



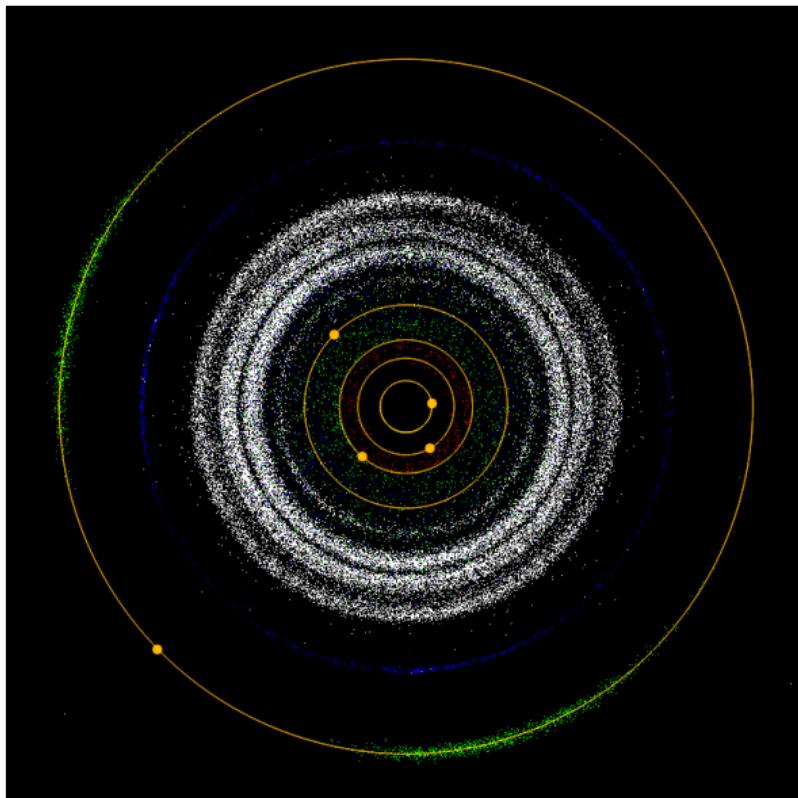
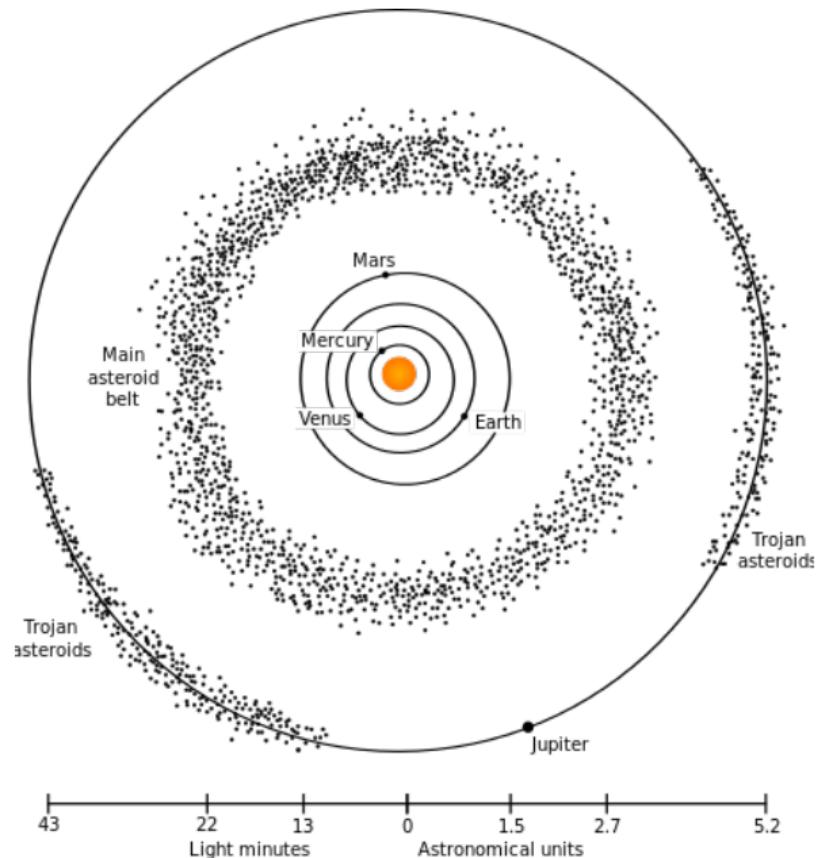
Pluto

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

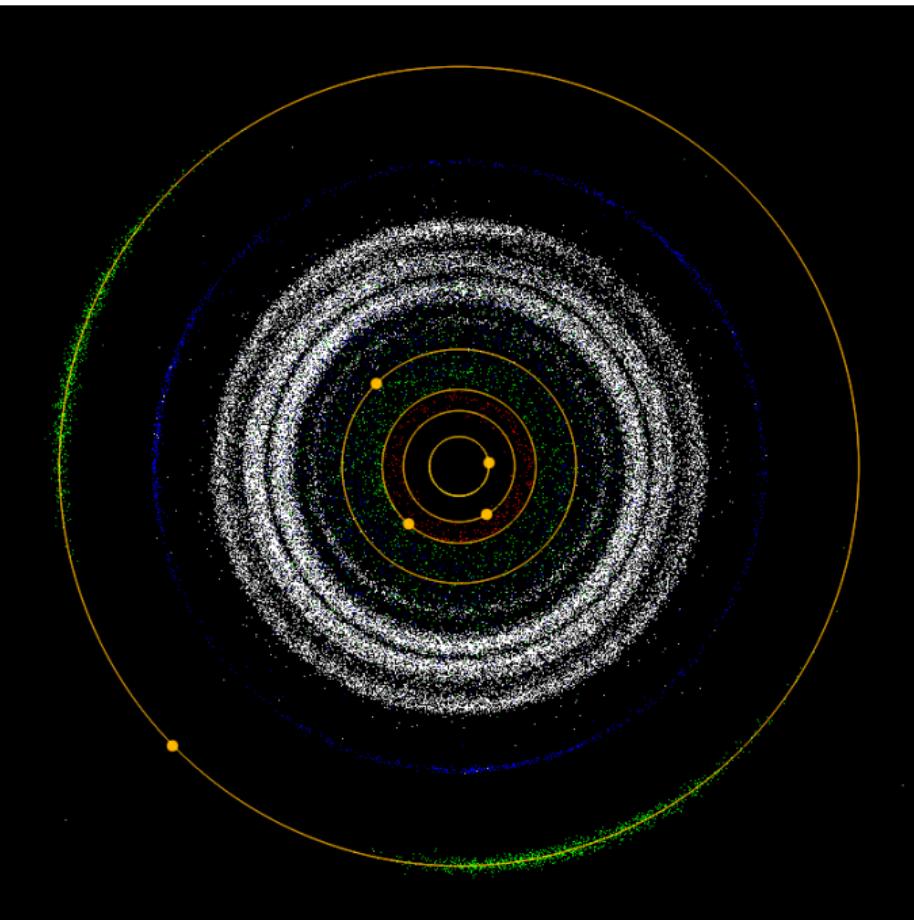
## 2. Asteroides y Meteoroides

# Asteroides

# Asteroides



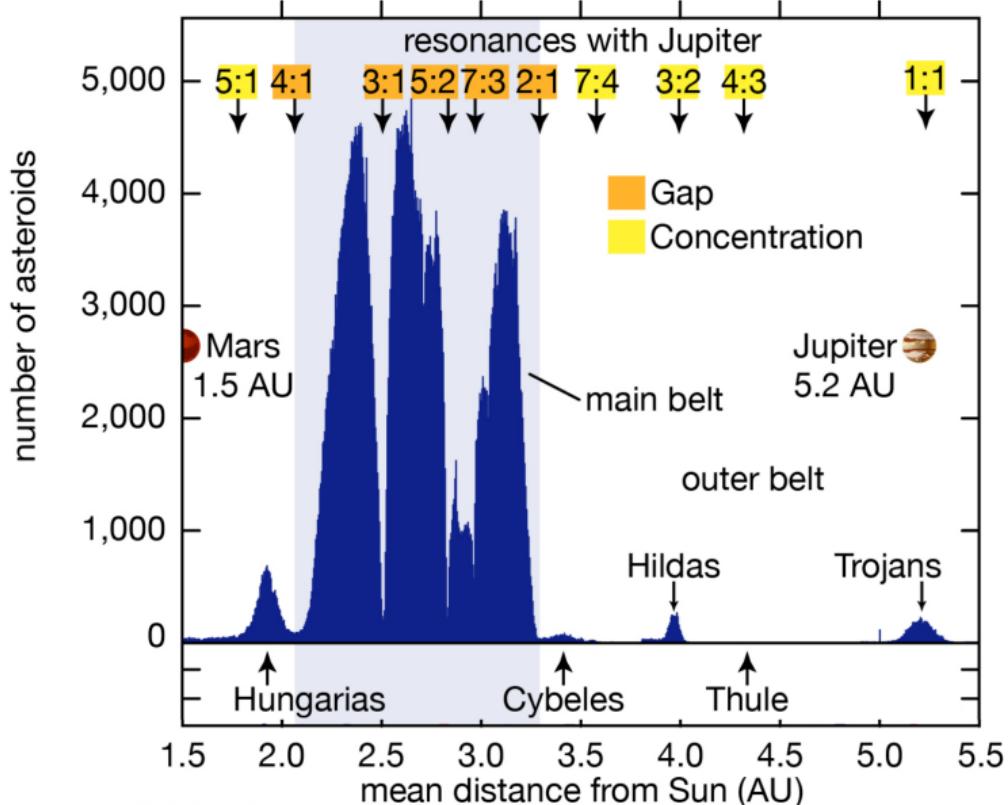
# Asteroides



Existen varias familias de asteroides:

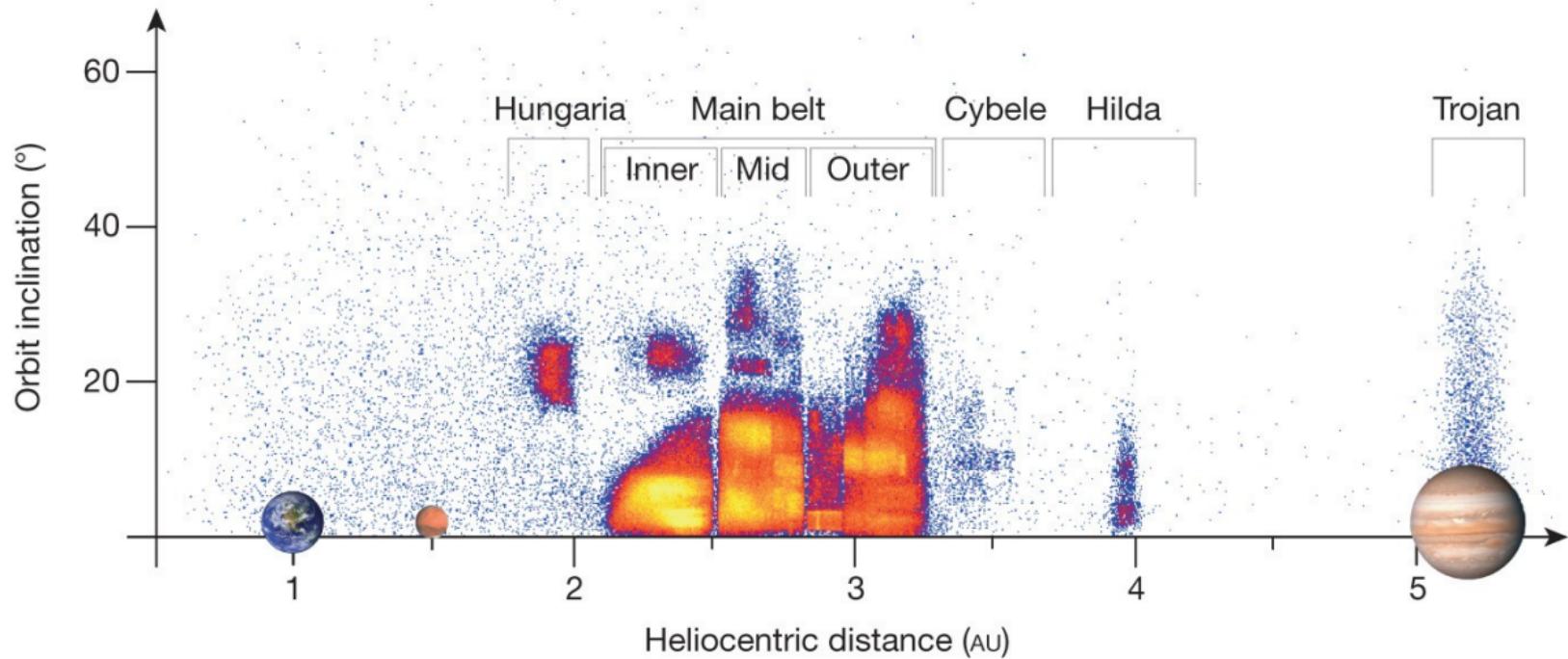
- Blanco: asteroides "genéricos" de **cinturón principal de asteroides** .
  - Los **Huecos de Kirkwood** son visibles en el cinturón de asteroides principal (Blanco)
- Fuera del cinturón principal:  
Verde: **Trojanos de Júpiter** y  
Azul: Hildas
- Dentro del cinturón principal:  
**asteroides cercanos a la Tierra**  
(**Near Earth Asteroids; NEOs**)  
(Rojo: Atens, Verde: Apollos y  
Azul: Amors)

# 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



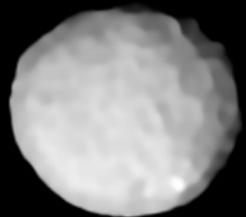
**Ceres**

939 km



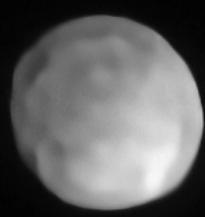
**Vesta**

525 km



**Pallas**

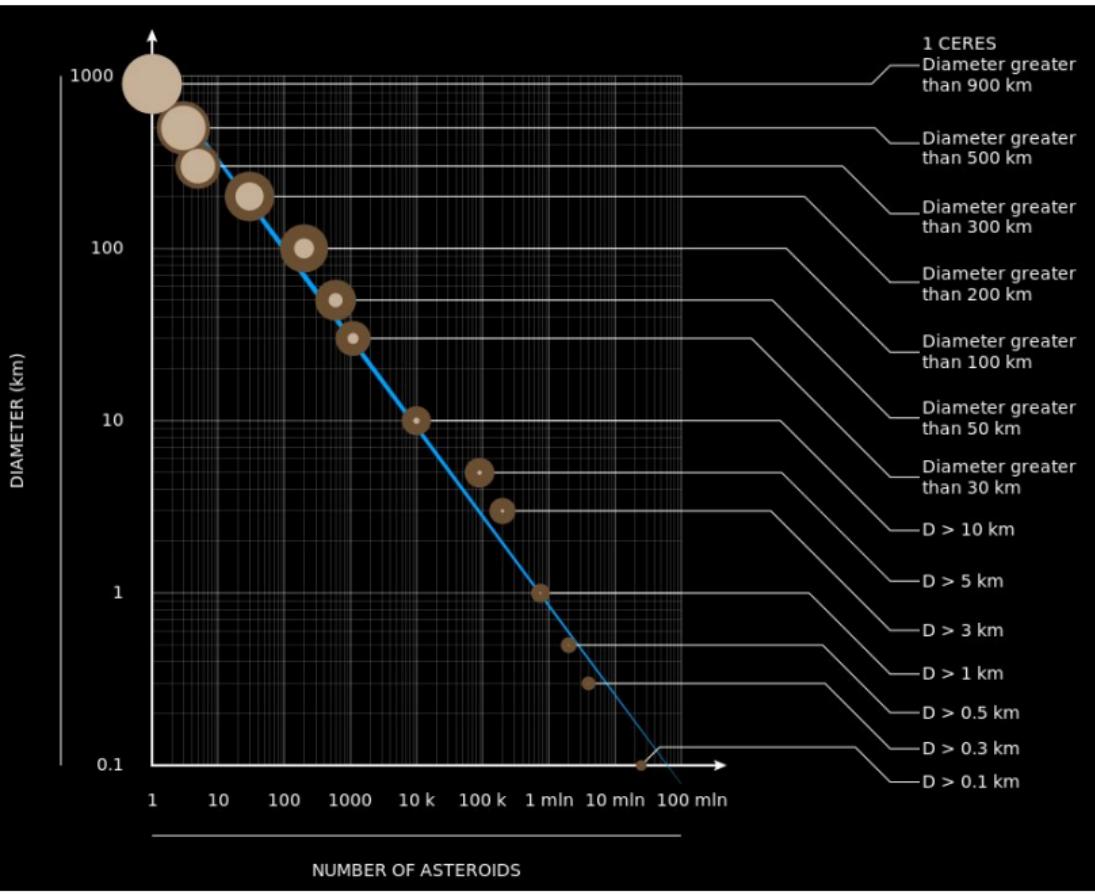
512 km



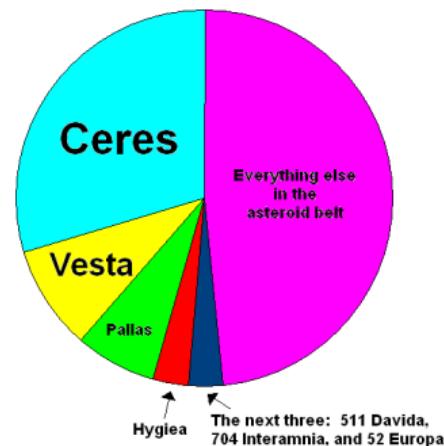
**Hygiea**

434 km

# Asteroides: Estadísticas de Asteroides



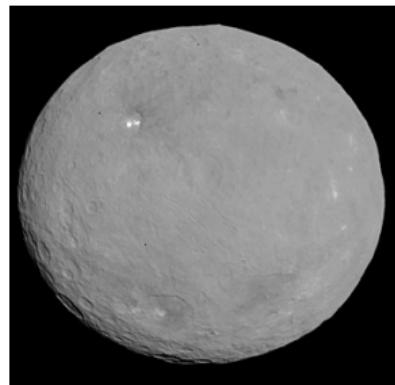
Distribución de la masa:



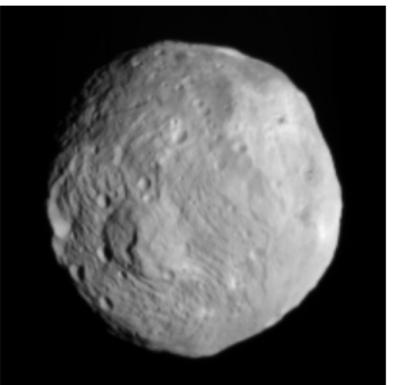
- **Asteroides (y Cometas):**  $> 50m$
- **Meteoroides:** objetos entre entre  $50m$  y  $0.1mm$
- **Polvo Cósmico:**  $< 0.1mm (= 100\mu m)$

## 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

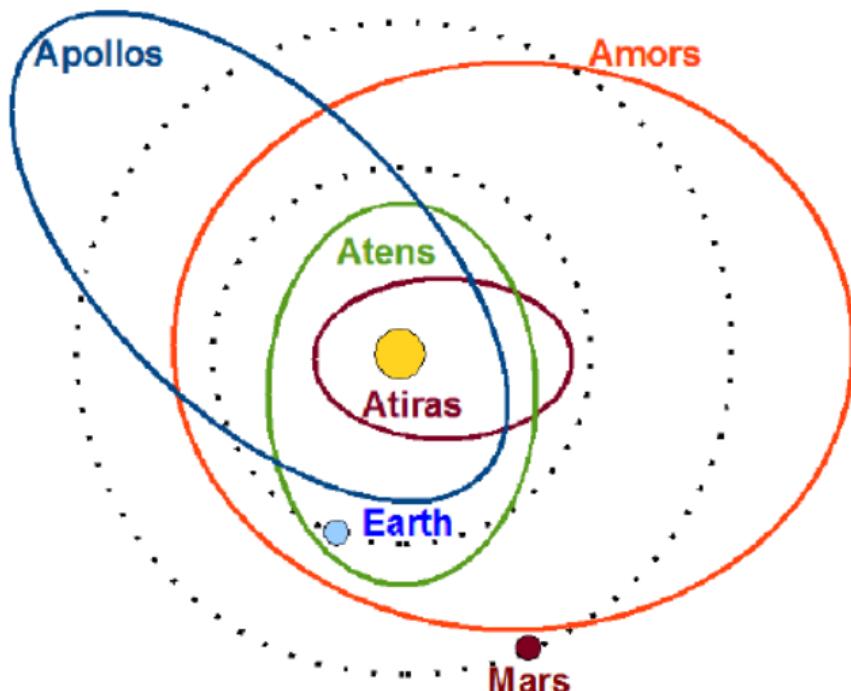


- 8 asteroides del cinturón principal han sido visitados por misiones espaciales:
- Ceres, Vesta, Lutetia, Mathilde, Ida/Dactyl, Gaspra, Annefrank y Steins

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

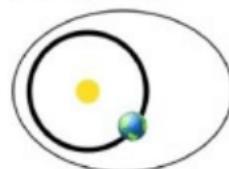
# Objetos próximos a la Tierra (NEO, Near Earth Object)

- 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

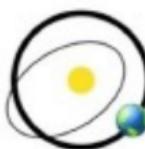


Cruzan la órbita de la Tierra:

Apollos

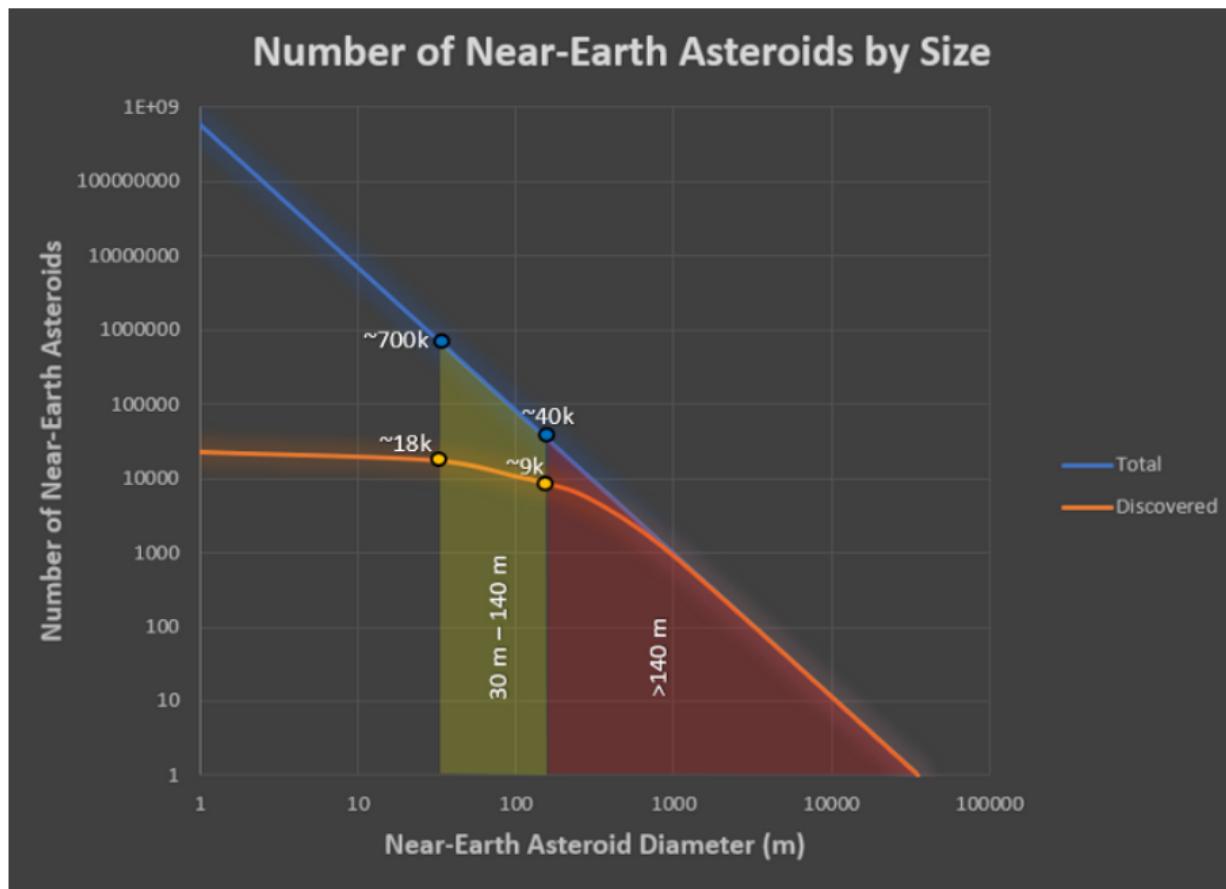


Atens

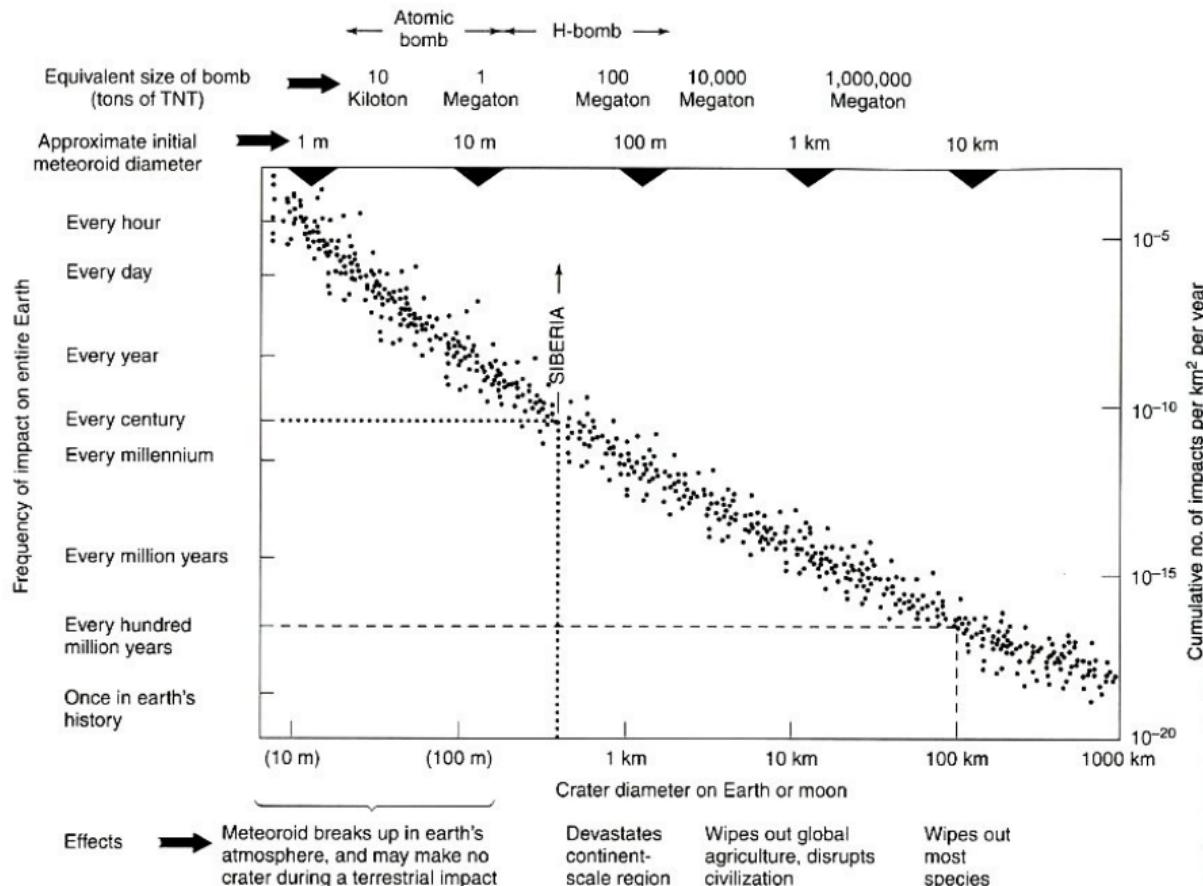


Type	Near-Earth Population
Apollo	62% of known asteroids
Aten	6% of known asteroids
Amor	32% of known asteroids
Atira	6 known asteroids

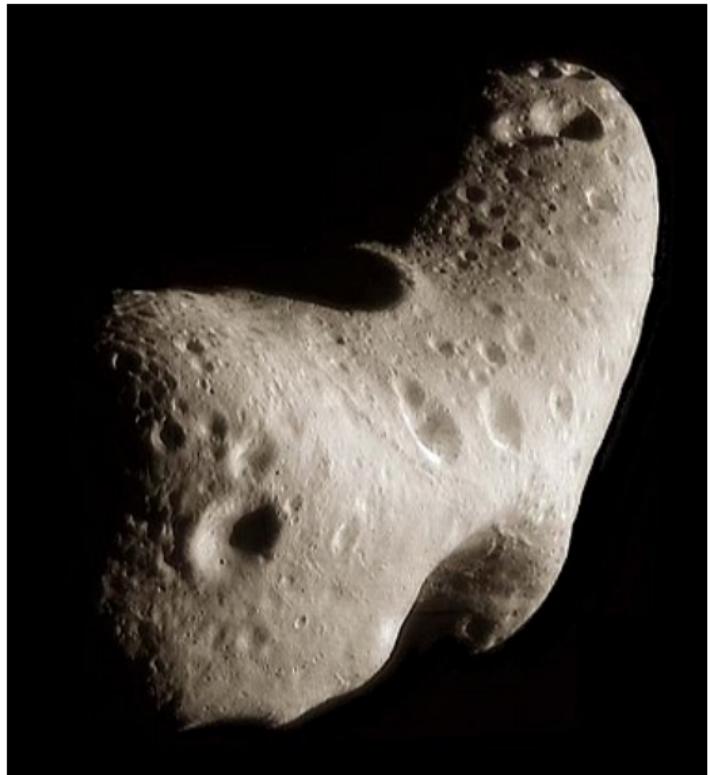
# Detección de Objetos próximos a la Tierra (NEO, Near Earth Object)



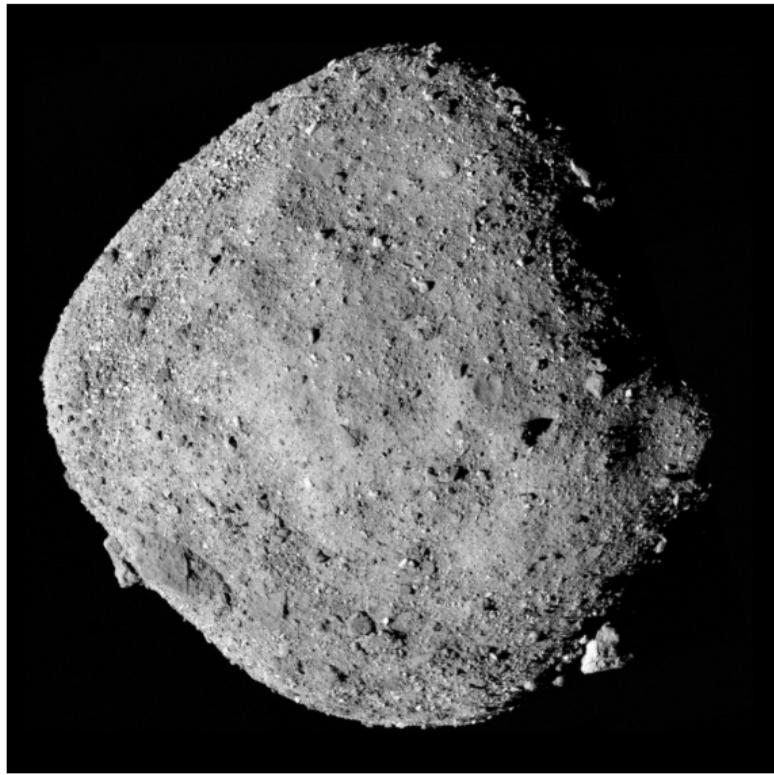
# Efecto del impacto de asteroides en la Tierra



## NEOs: Algunos ejemplos



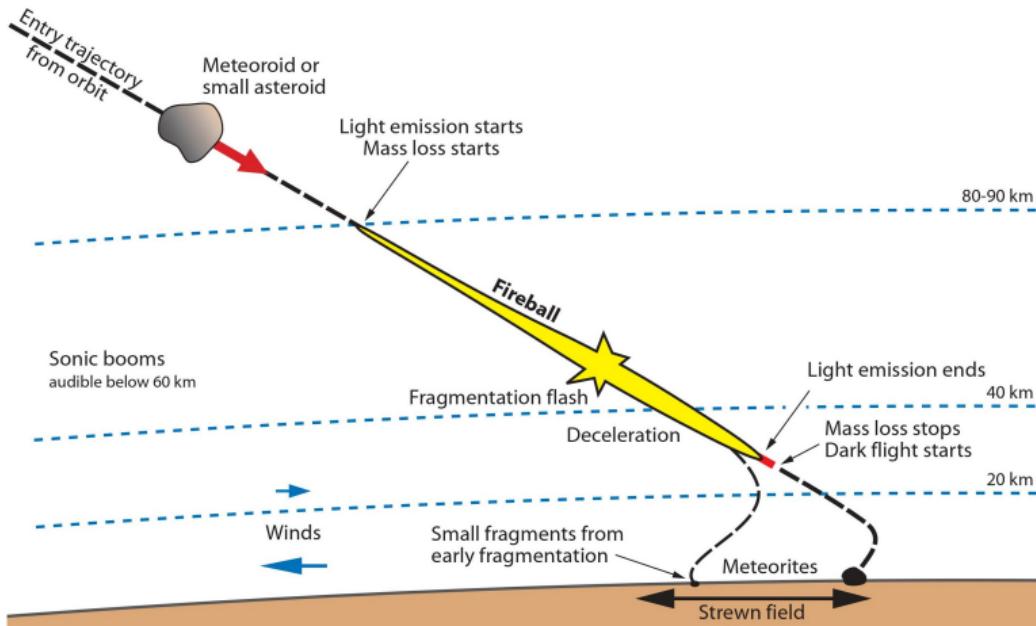
433 Eros (17km; NEAR Shoemaker, NASA)



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

## Meteoroides, Meteoros y Meteoritos

# Meteoroides, Meteoros y Meteoritos

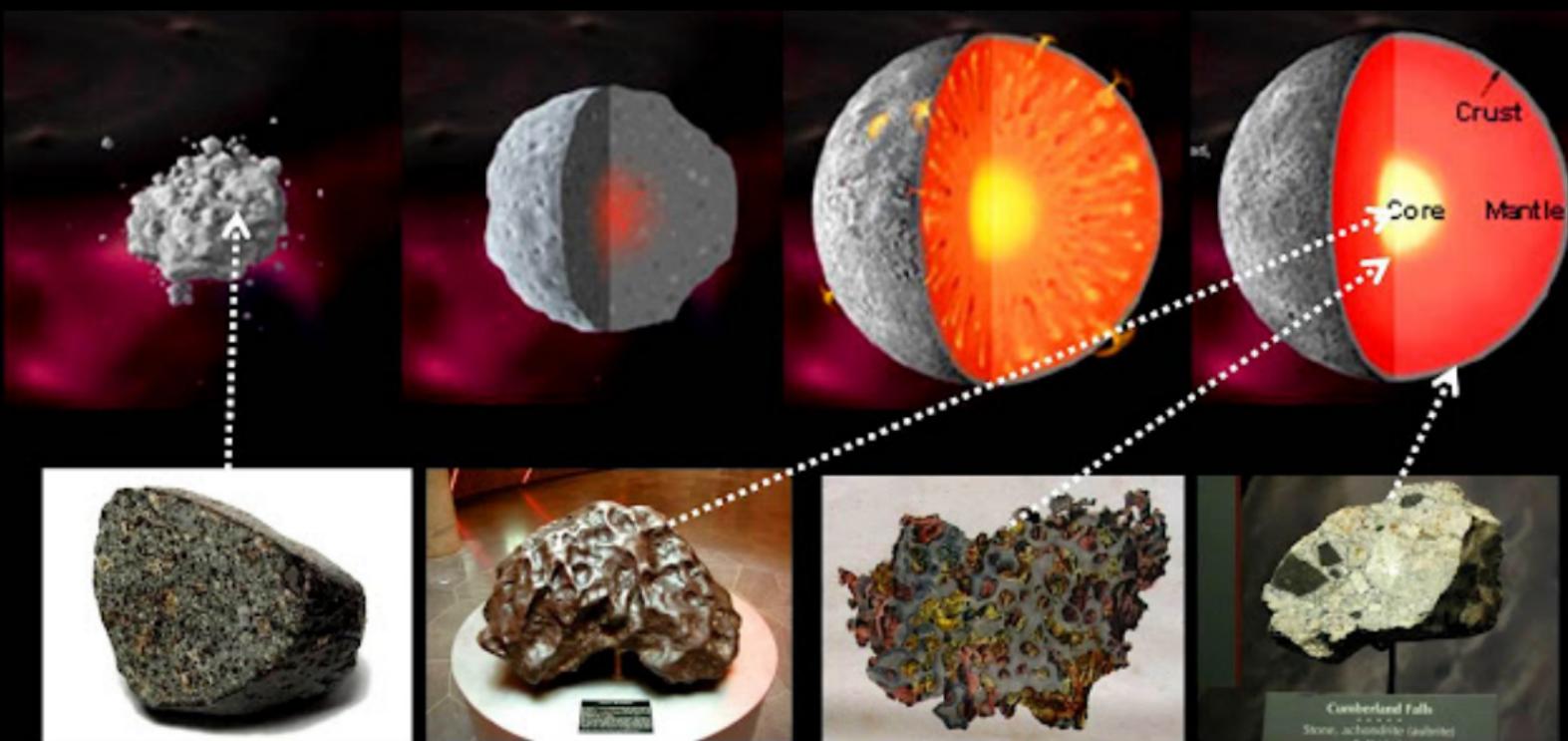


## Los fenómenos luminosos

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

- Meteoroides: objetos con tamaños entre 50m y 0.1mm (entre los asteroides y el polvo cósmico)
- Meteoros: el fenómeno luminoso que se produce cuando un meteorito atraviesa nuestra atmósfera. Los bólidos son los metoros más intensos
- 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

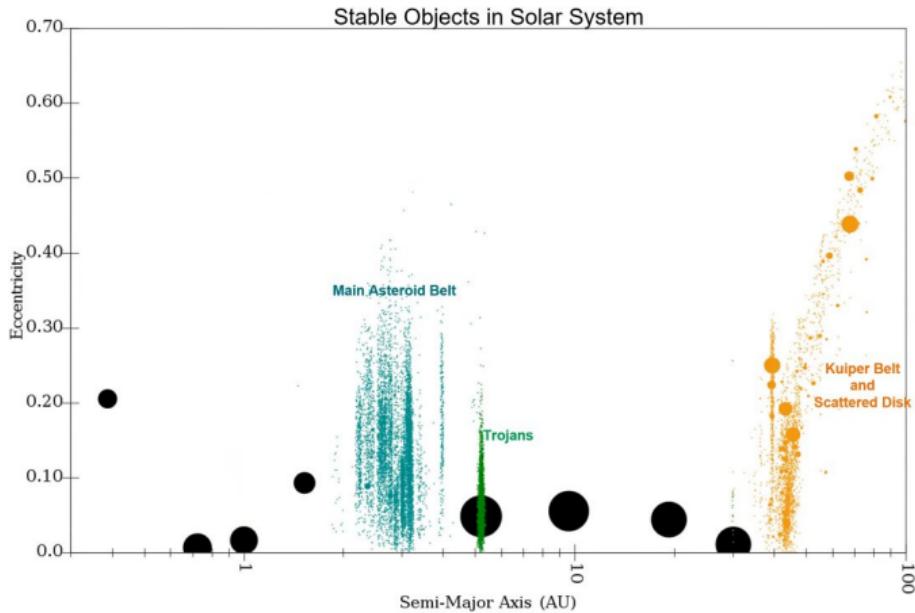


Achondritic Stony  
Meteorite

### 3. Objetos Transneptunianos

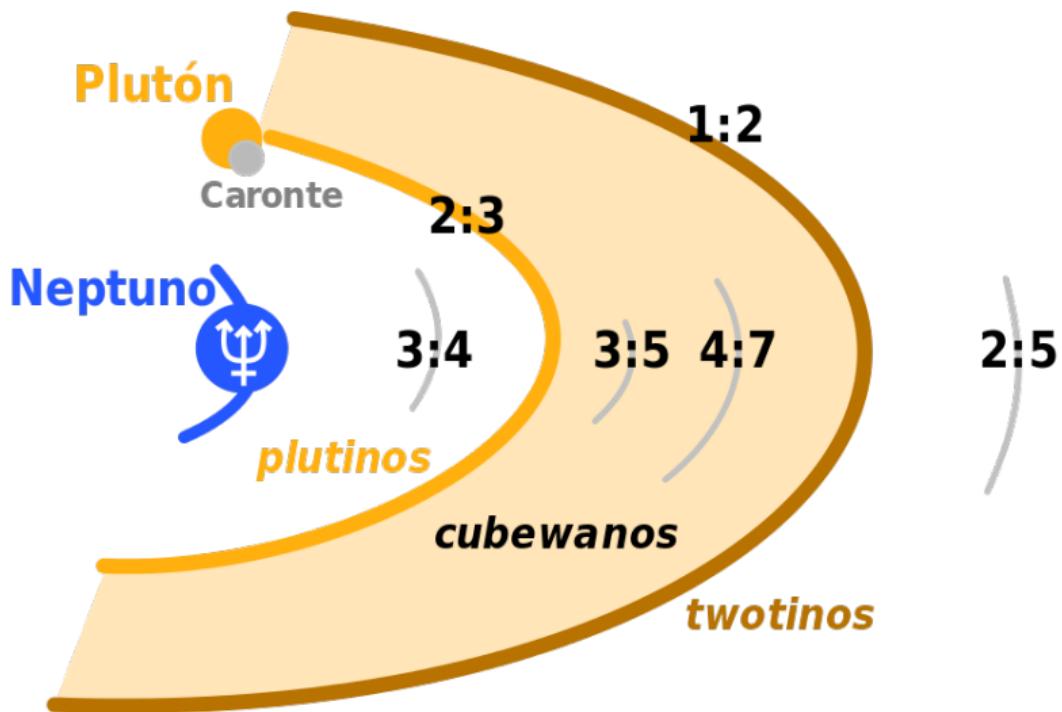
# Cinturón de Kuiper

# Cinturón de Kuiper

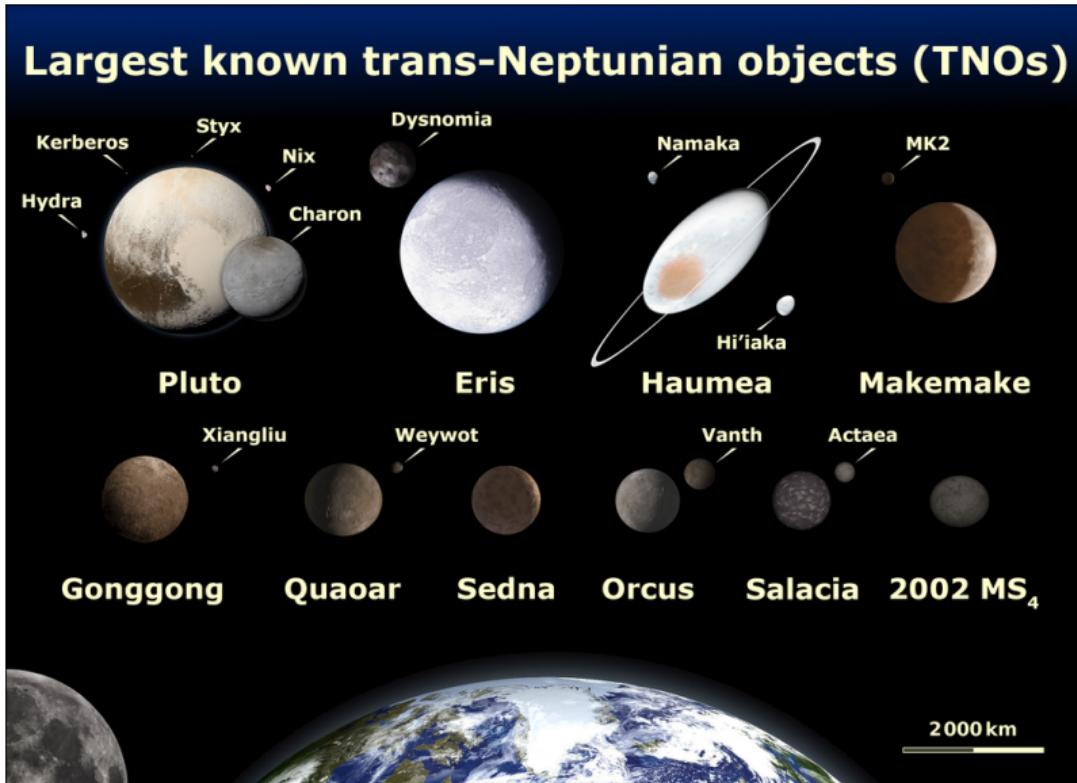


- El **Cinturón de Kuiper** es un disco de objetos entre la órbita de Neptuno ( $\sim 40\text{AU}$ ) y  $\sim 50\text{AU}$
- Estos objetos están compuestos mayormente de hielos y roca.
- Se estima que el cinturón de Kuiper tiene más de 100.000 objetos de más de 100km de diámetro (en comparación, en el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

## Cinturón de Kuiper y resonancia orbital



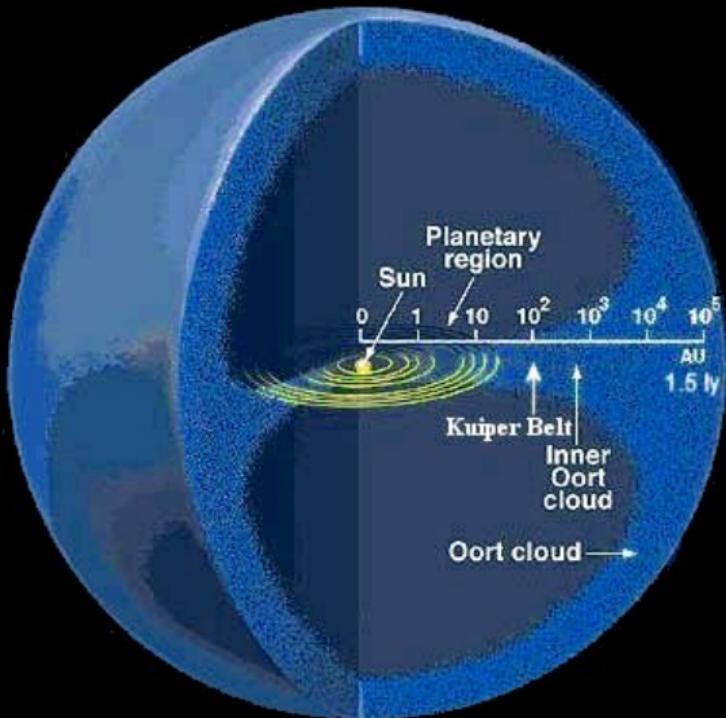
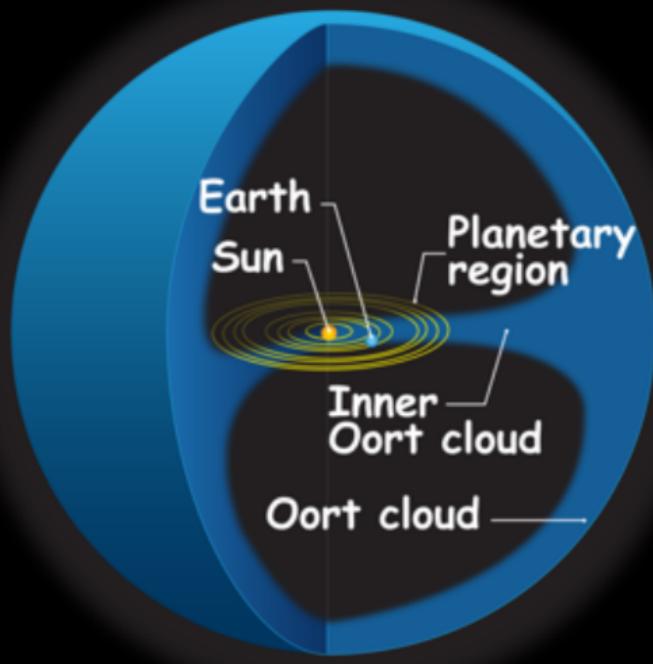
# Objetos del Cinturón de Kuiper



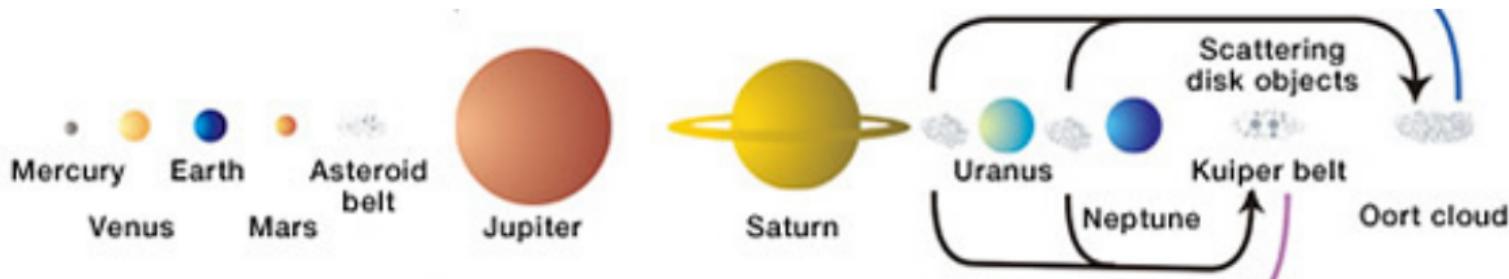
- Algunos de los objetos pueden llegar a medir más de 2.300km (Eris), pero probablemente existan objetos más grandes todavía no descubiertos.

# Nube de Oort

# Cinturón de Kuiper y Nube de Oort

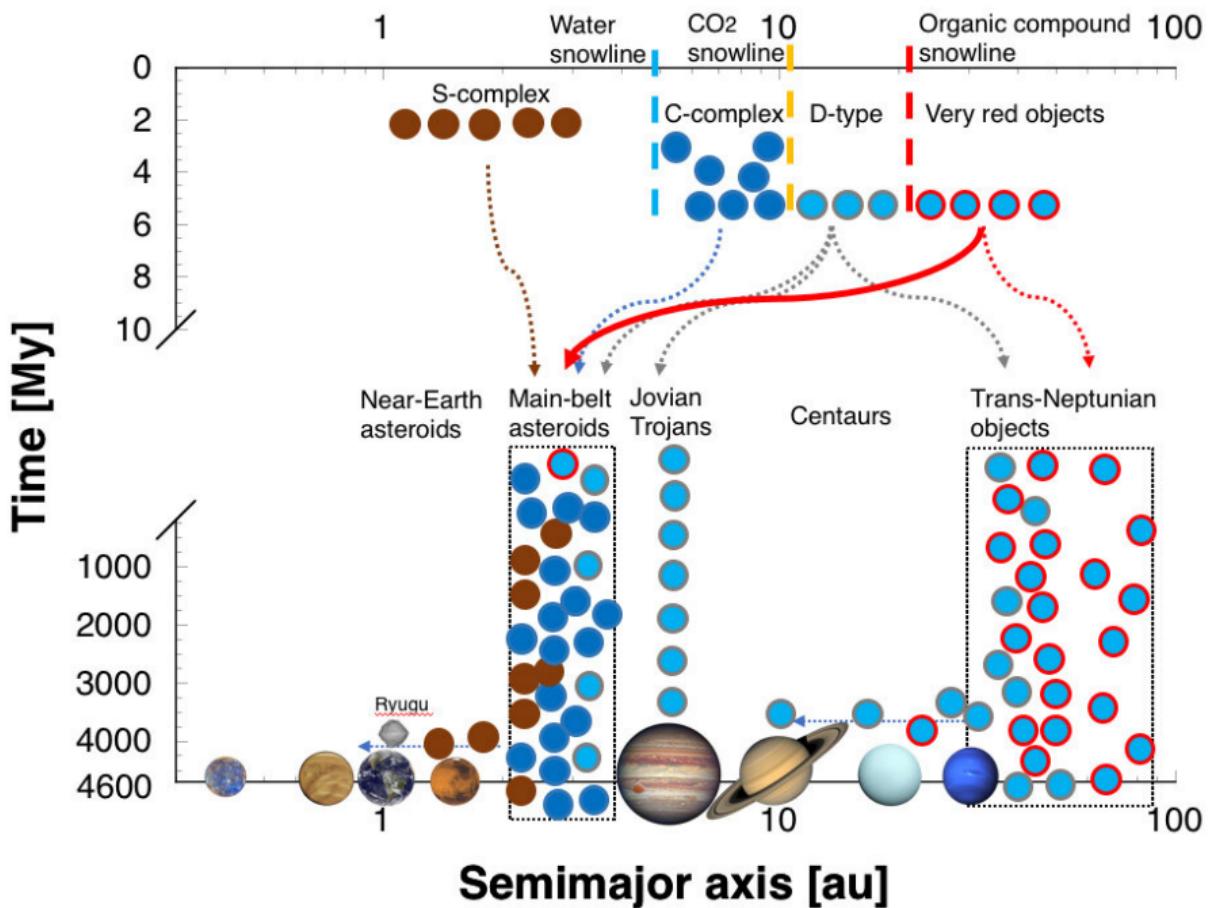


# ¿Cuál es el origen de los objetos Transneptunianos?



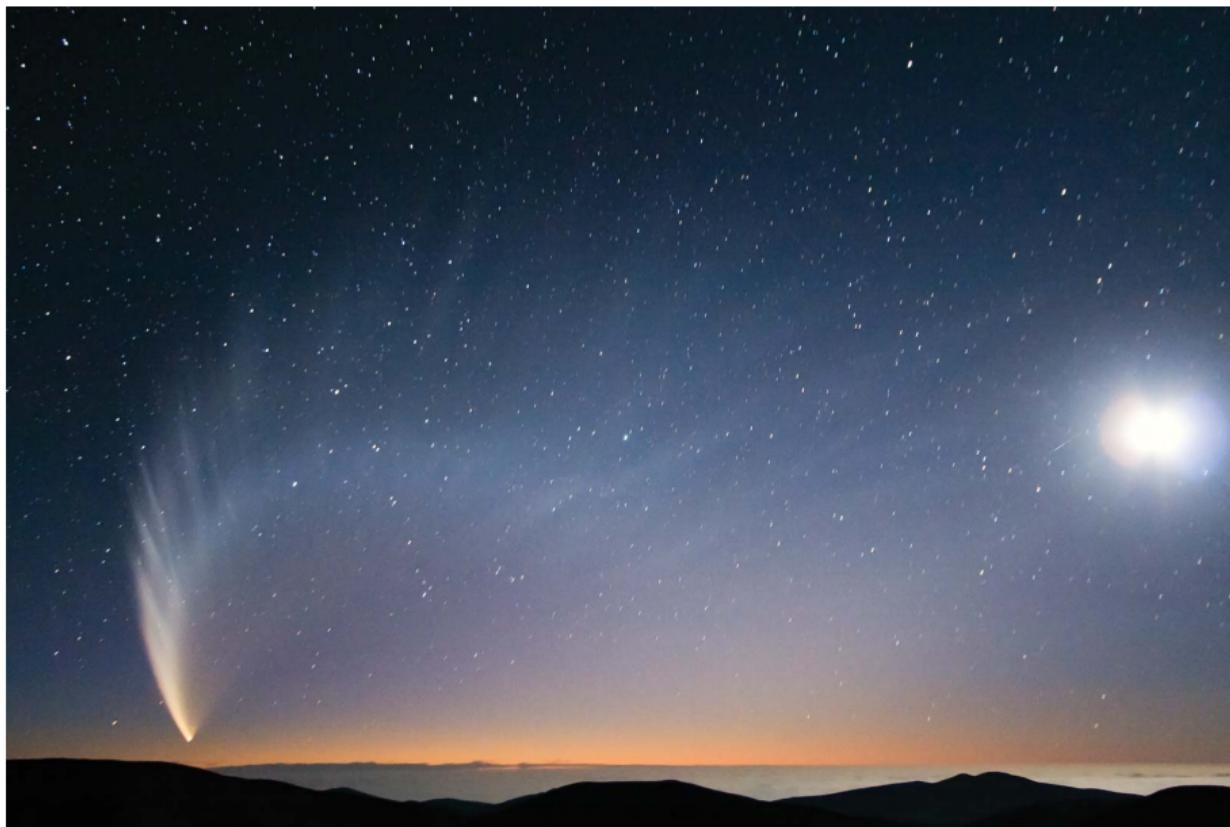
- Los objetos del Cinturón de Kuiper y la Nube de Oort probablemente se originaron más cerca del Sol que su posición actual: en la zona donde están Urano y Neptuno
- Un desplazamiento tardío de Neptuno hacia una órbita más exterior puede haber desplazado estos objetos menores a su posición actual.

# Origen de los Objetos del Sistema Solar



## 4. Cometas

# Los Cometas



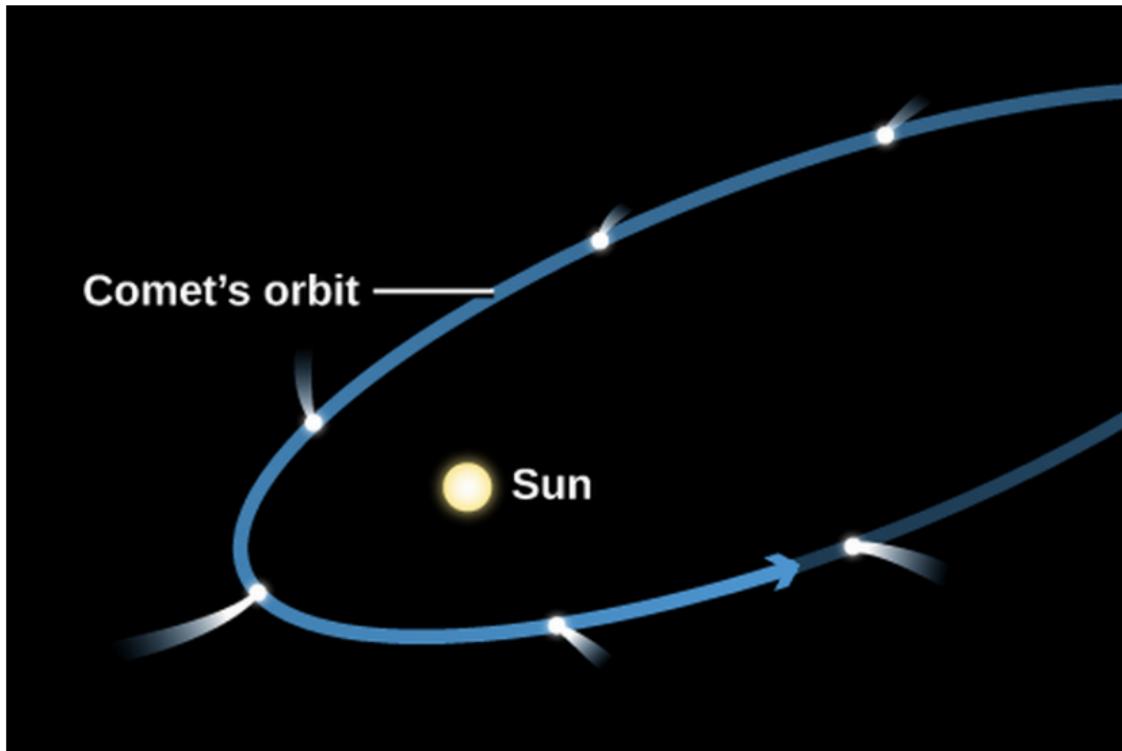
Cometa McNaught (C/2006 P1; Chile, 2007)

# Los Cometas



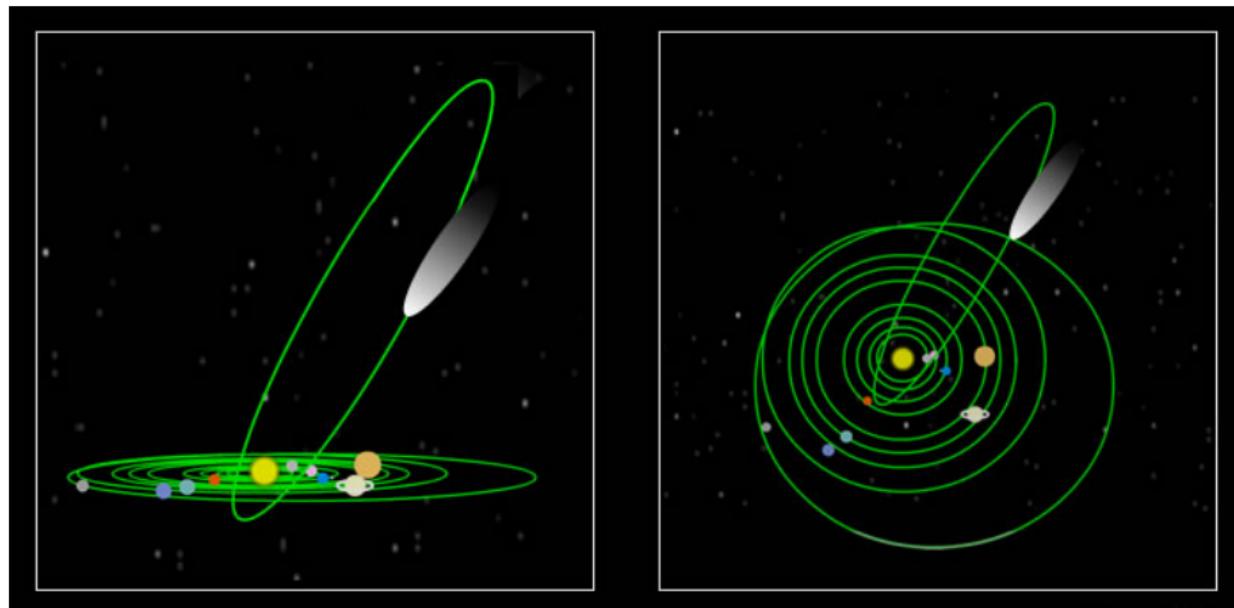
Cometa Neowise (C/2020 F3 (NEOWISE))

# Las Colas de los Cometas



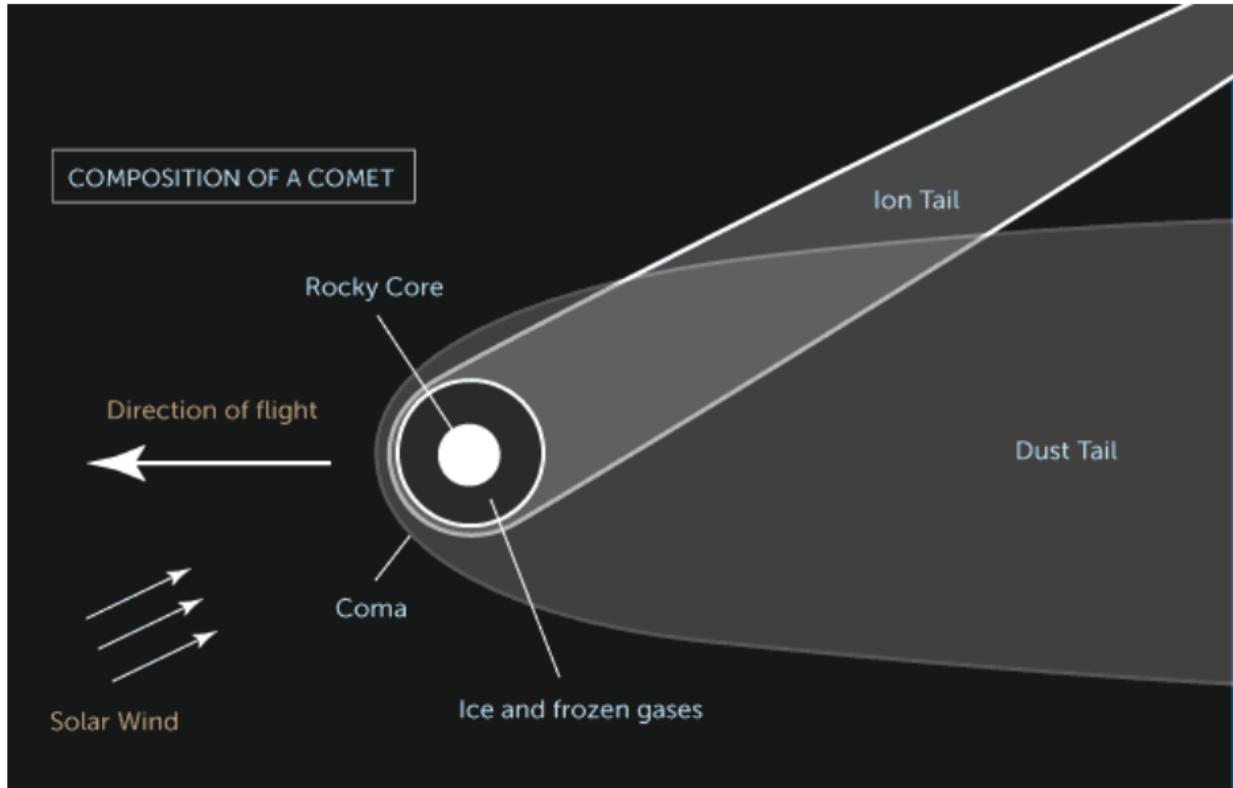
- Los cometas siguen órbitas muy elípticas alrededor del Sol.
- Cuando el cometa se acerca al Sol, desarrolla una cola que puede llegar a ser muy grande.

# Orbitas de los Cometas: Muy elípticas y no necesariamente en el Plano



- 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.

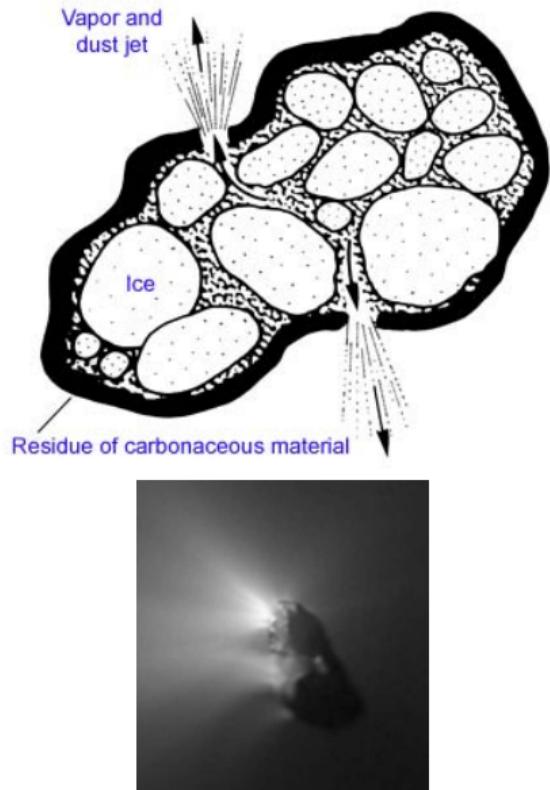
# Anatomía de un Cometa



Partes de un cometa:

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

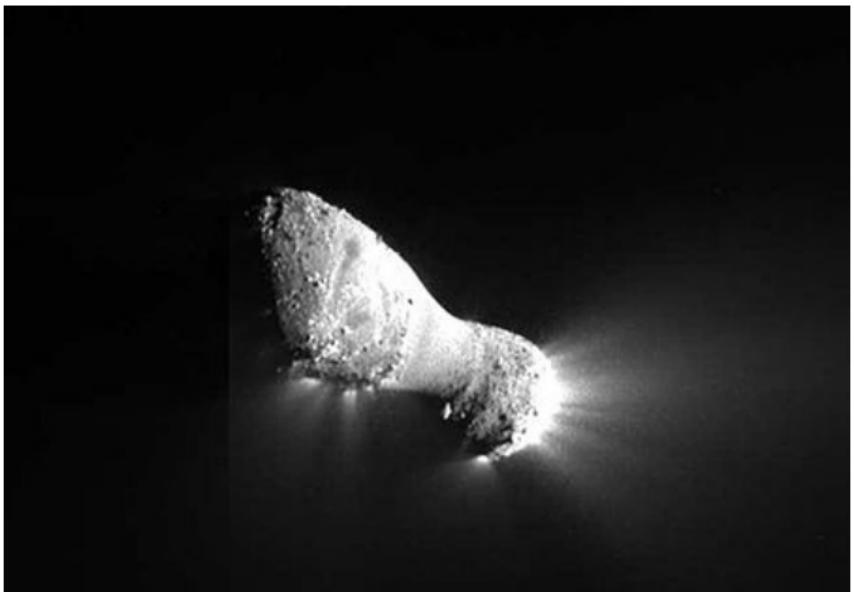
# Anatomía de un Cometa: 1. Núcleo



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 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<sub>2</sub> 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

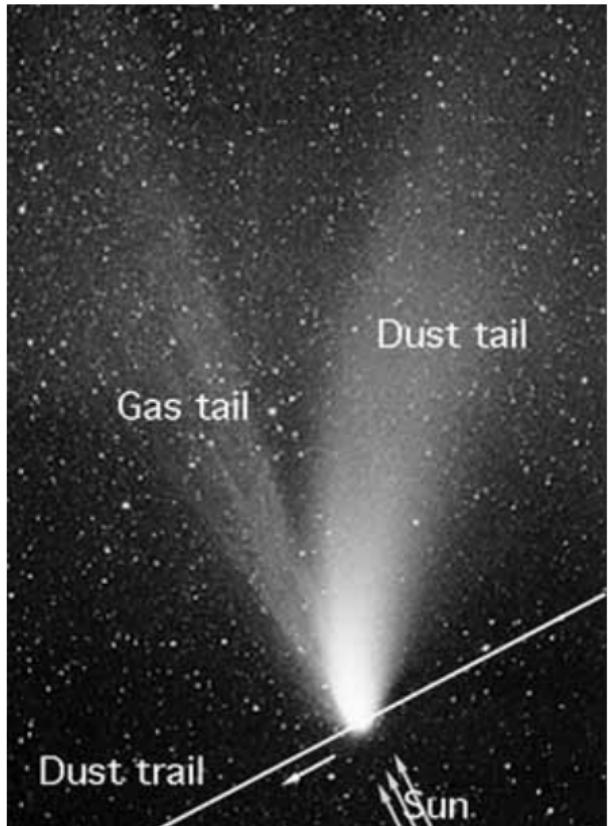
# Anatomía de un Cometa: 3. y 4. Colas de Polvo y de Gas

## Cola de polvo:

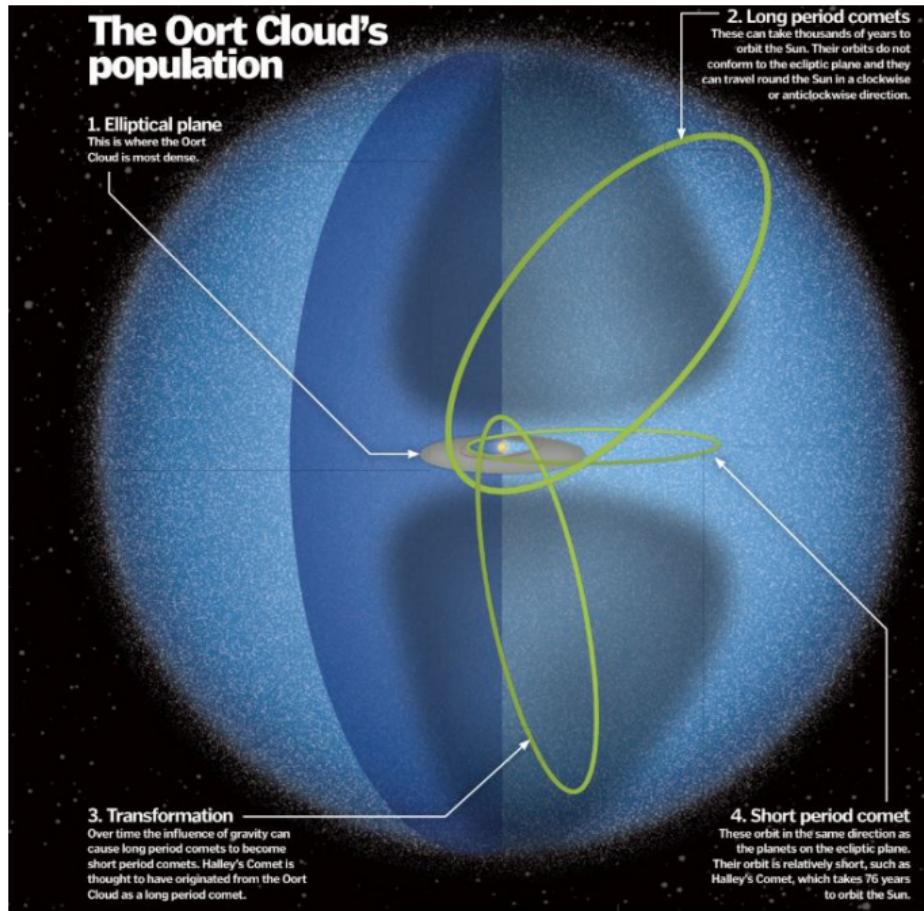
- Está hecha de partículas del tamaño del hollín expulsadas del núcleo por los gases.
- Las partículas de polvo son levemente empujadas por la radiación solar
- Esta es la parte más fácil de ver a simple vista
- Puede llegar a tener una longitud de 10.000.000km (26 veces la distancia Tierra-Luna!)
-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



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



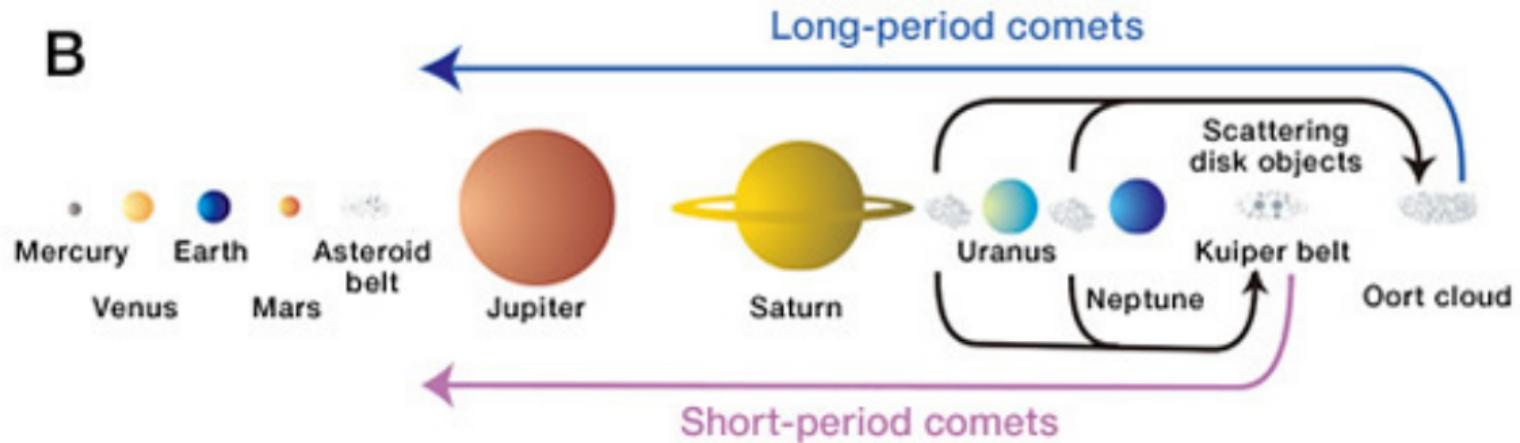
Hay dos tipos de cometas  
**Cometas de período corto**

- Período corto de < 200 años
- Provienen del Cinturón de Kuiper
- Sus órbitas no están muy inclinadas
- Orbitan en sentido anti-horario (progrado)

**Cometas de período largo**

- Período largo 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

# Lluvias de Meteoros

# Lluvias de Meteoros

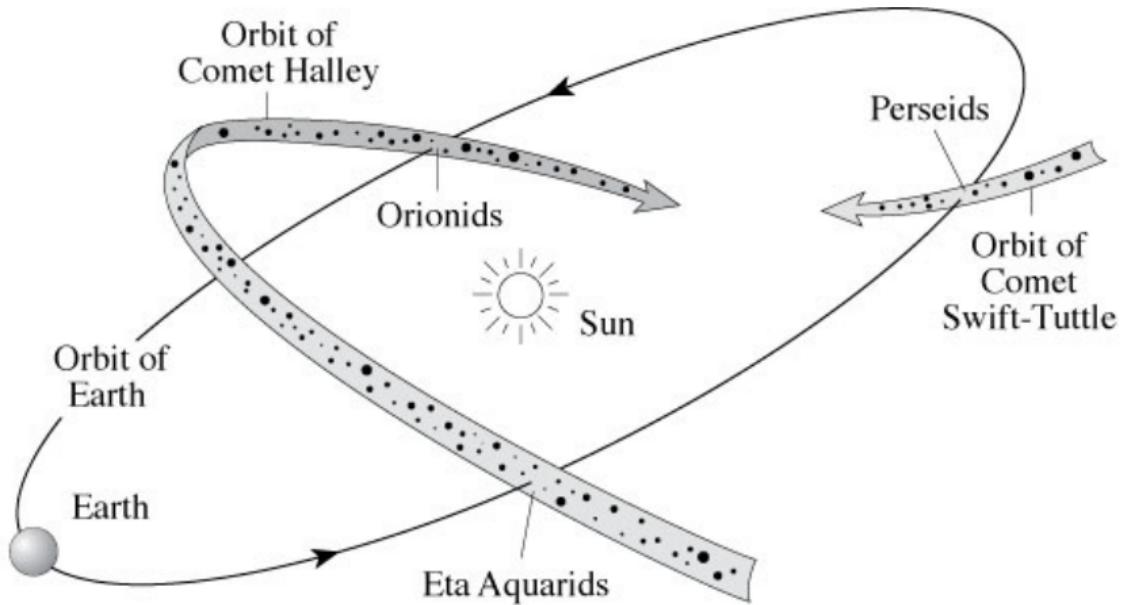


# Lluvias de Meteoros



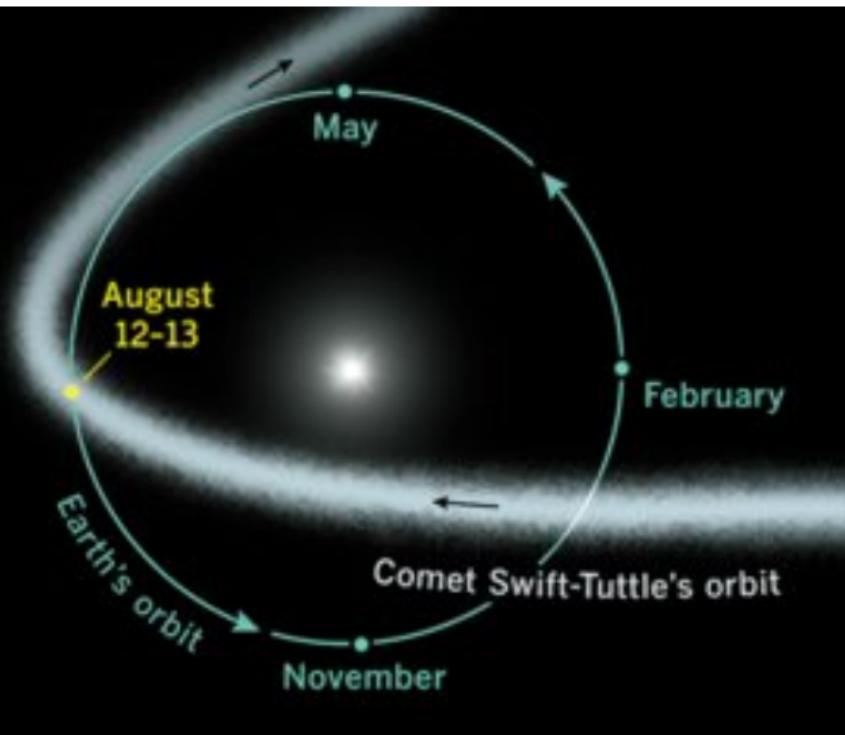
Lluvia de meteoros de las Leónidas; pico. 17 de noviembre

# Lluvias de Meteoros

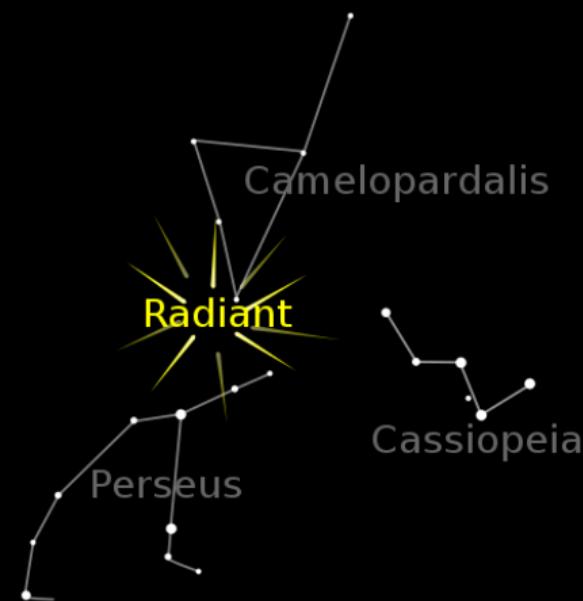


- Las lluvias de meteoros se producen cuando la tierra intersecta la órbita de un cometa.
- En la órbita del cometa (independientemente de la posición del cometa) suele haber restos de polvo cometario que el cometa ha ido desprendiendo.
- Hay varios cometas que interseccionan la órbita de la Tierra.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

# Lluvias de Meteoros: Radiante

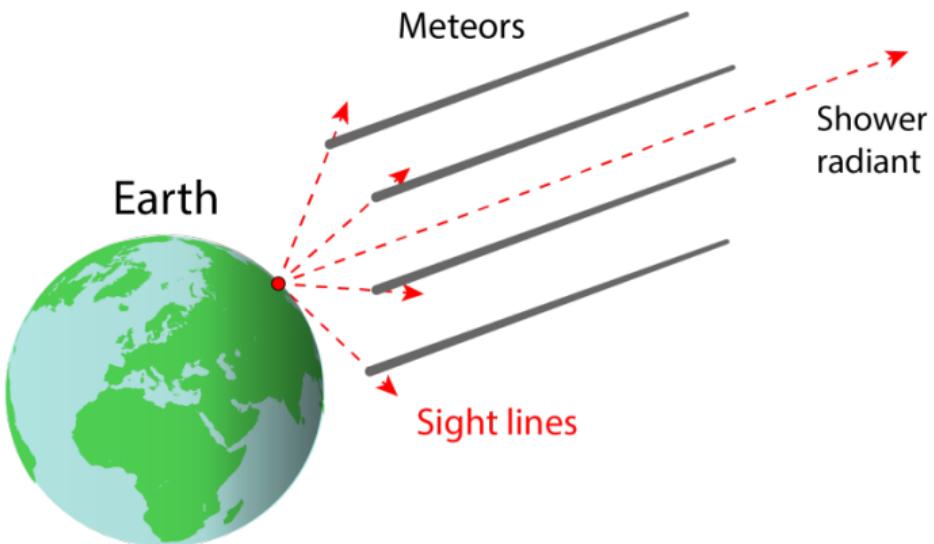
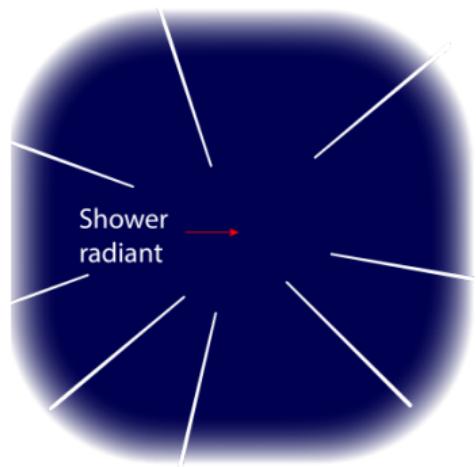


Perseid meteor shower



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

# 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 cenital			Progenitor	Radiante	
CUADRÁNTIDAS	28 DIC - 12 ENE	3 ENE	120	41	15h 28m /	49,5°	2003 EH1 (ASTEROIDE)	BÓYERO
LÍRIDAS	15 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°	BP/TUTTLE	OSA MENOR

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