



Los objetos trans-neptunianos

Adriano Campo Bagatin

Instituto Universitario de Física Aplicada
a las Ciencias y las Tecnologías

Departamento de Física, Ingeniería de
Sistemas y Teoría de la Señal

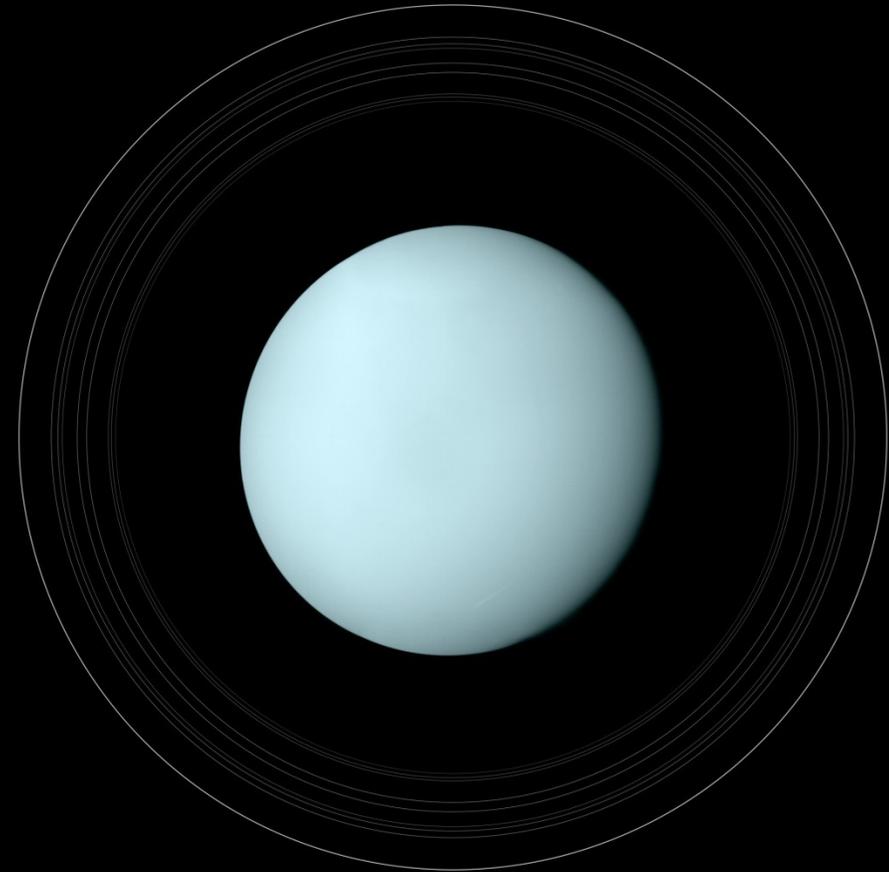
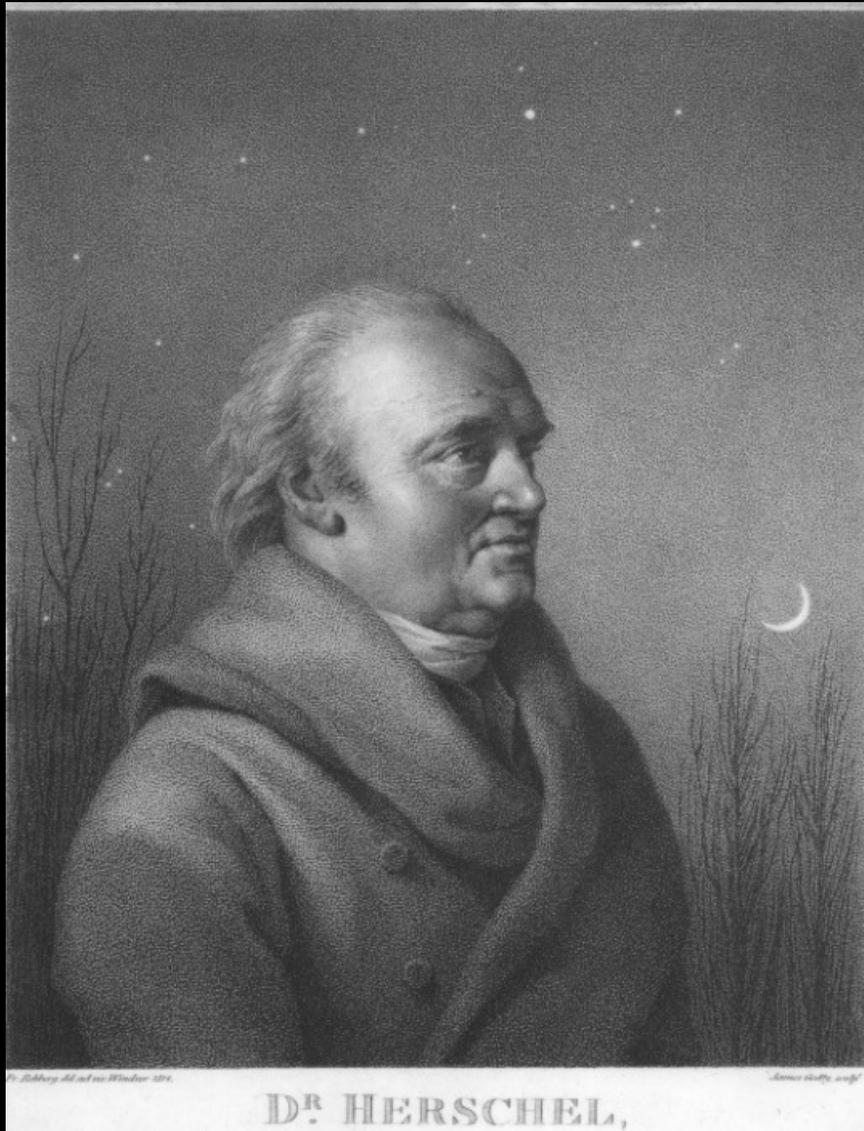


Los objetos trans-neptunianos

- Una perspectiva histórica
- La 'trastienda' del Sistema Solar:
arquitectura del SS exterior
- 'Zoología' de los TNOs
- ¿Cómo hemos llegado a esto?
Génesis de los pequeños cuerpos del SS exterior

Una perspectiva histórica





Voyager Image of Uranus

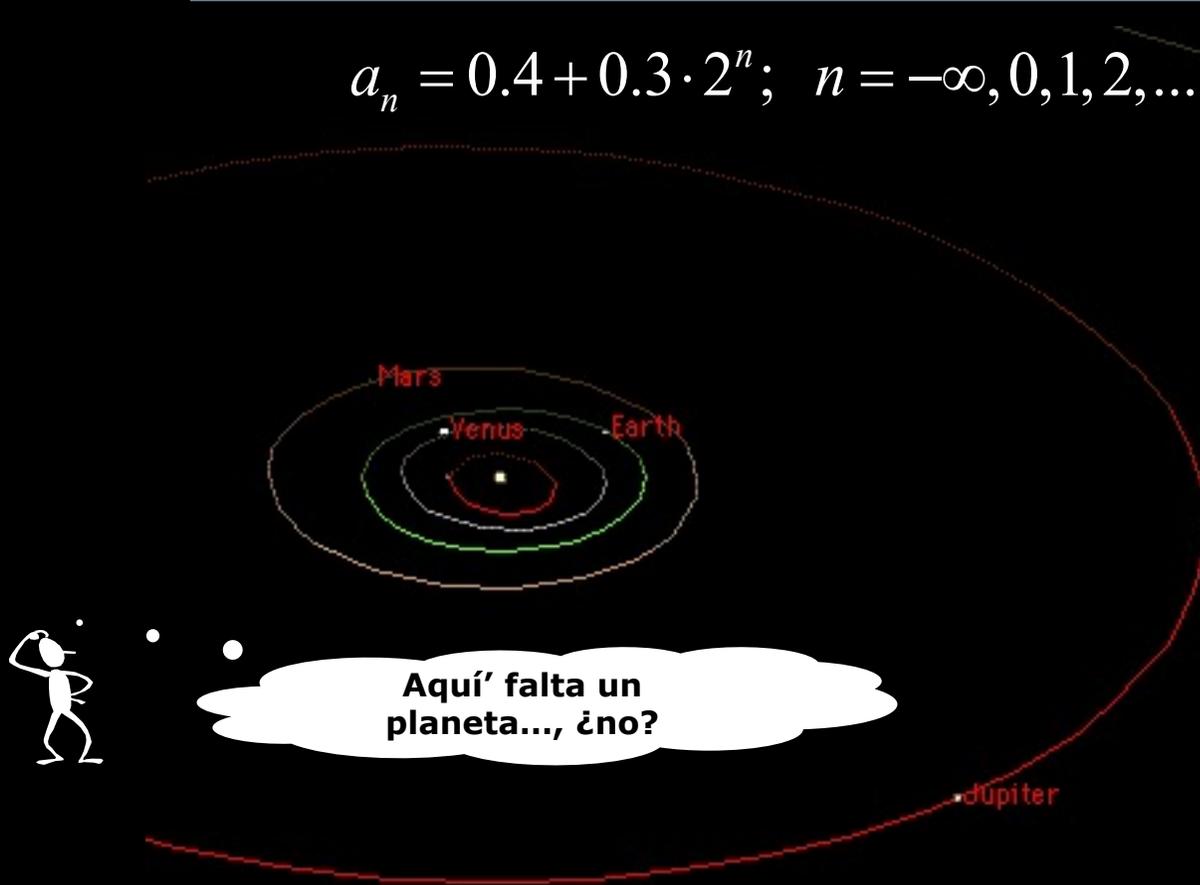
Copyright © 2004 Calvin J. Hamilton

1781: Descubrimiento de Urano.

"Inter Jovem et Martem planetam interposui ..."
(Johannes Kepler)

"Ley de Titius-Bode"

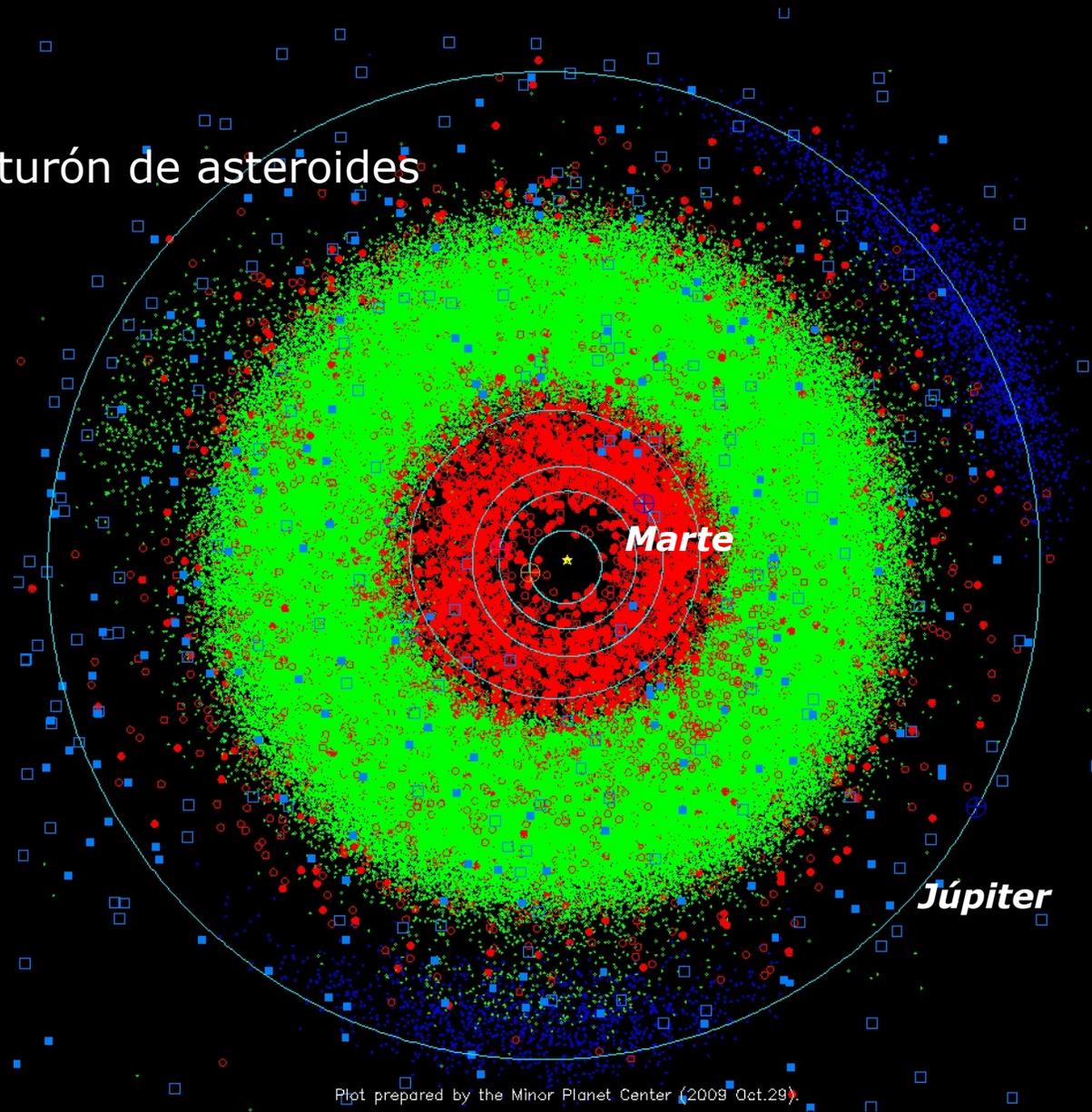
$$a_n = 0.4 + 0.3 \cdot 2^n; \quad n = -\infty, 0, 1, 2, \dots$$



Giuseppe Piazzi

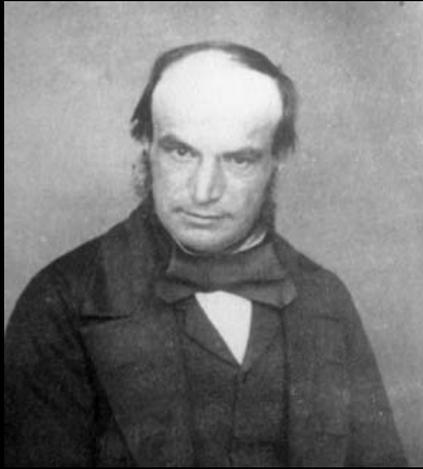
1801: Descubrimiento de Ceres, el primer asteroide.

El cinturón de asteroides



Plot prepared by the Minor Planet Center (2009 Oct.29)

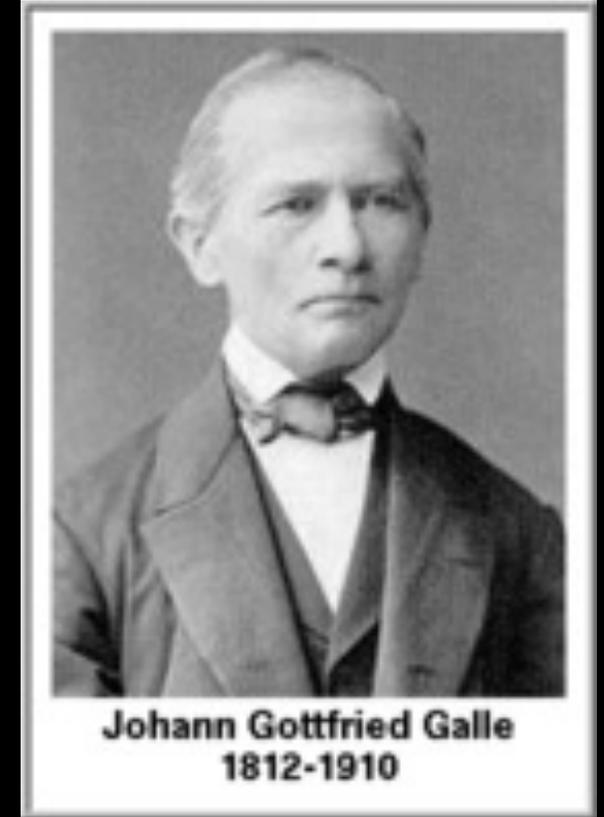
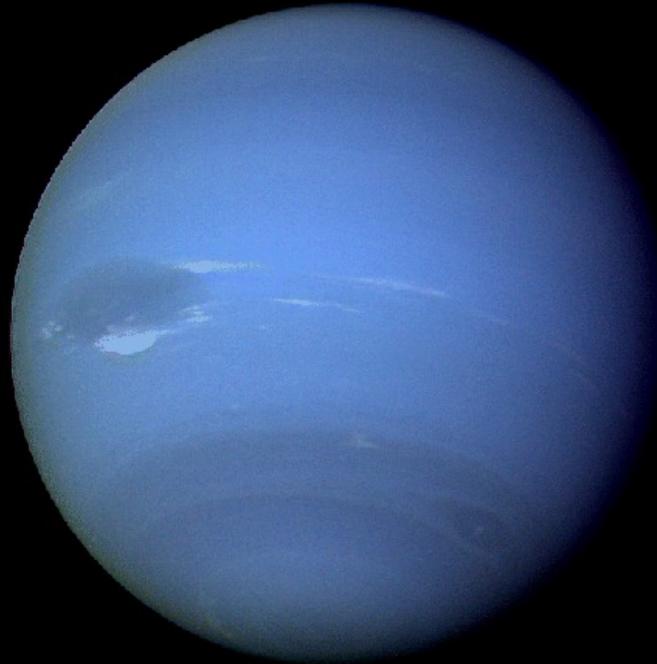
1846: El 8º planeta, Neptuno



J.C. Adams

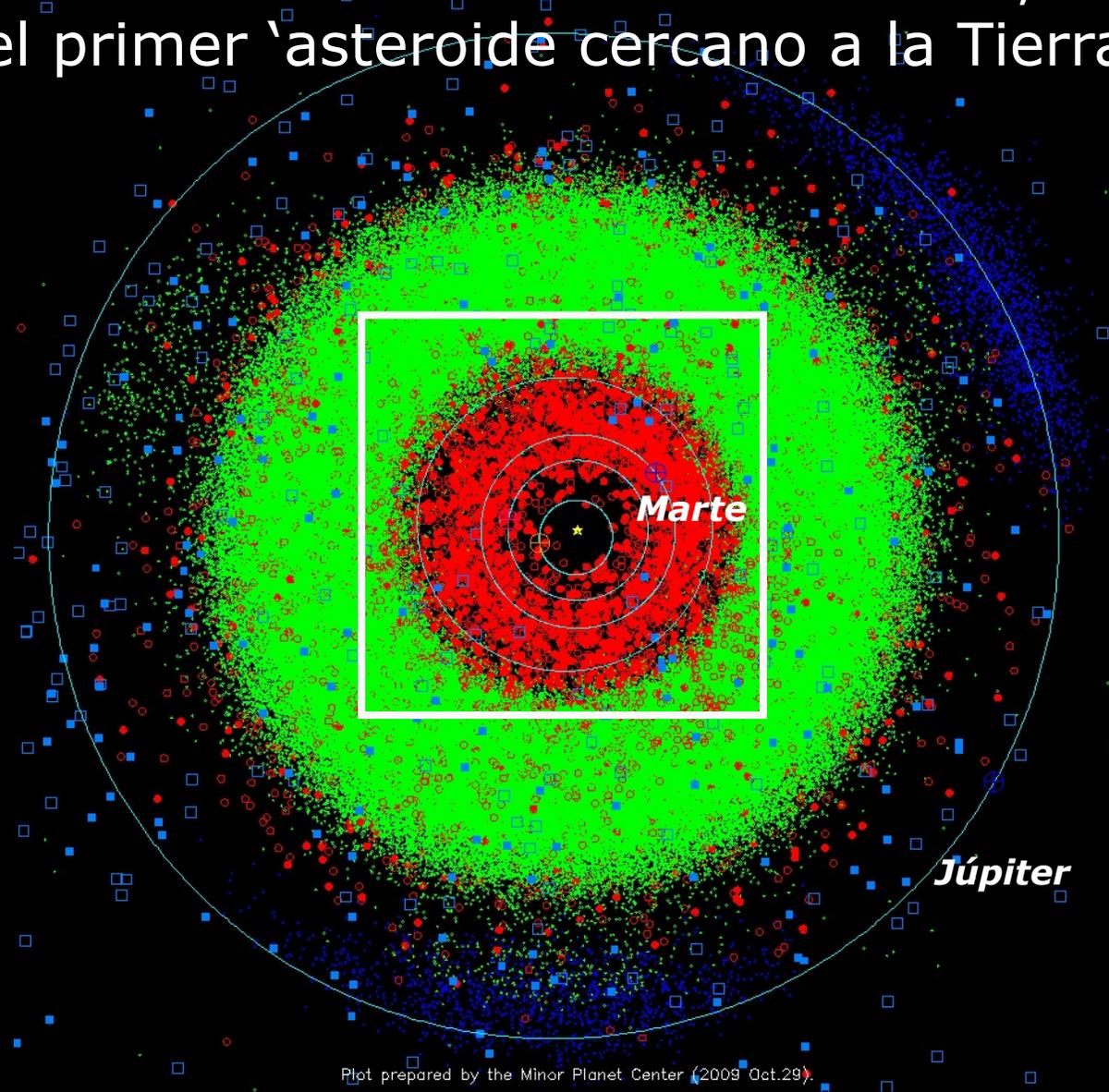


U.J.J. Le Verrier

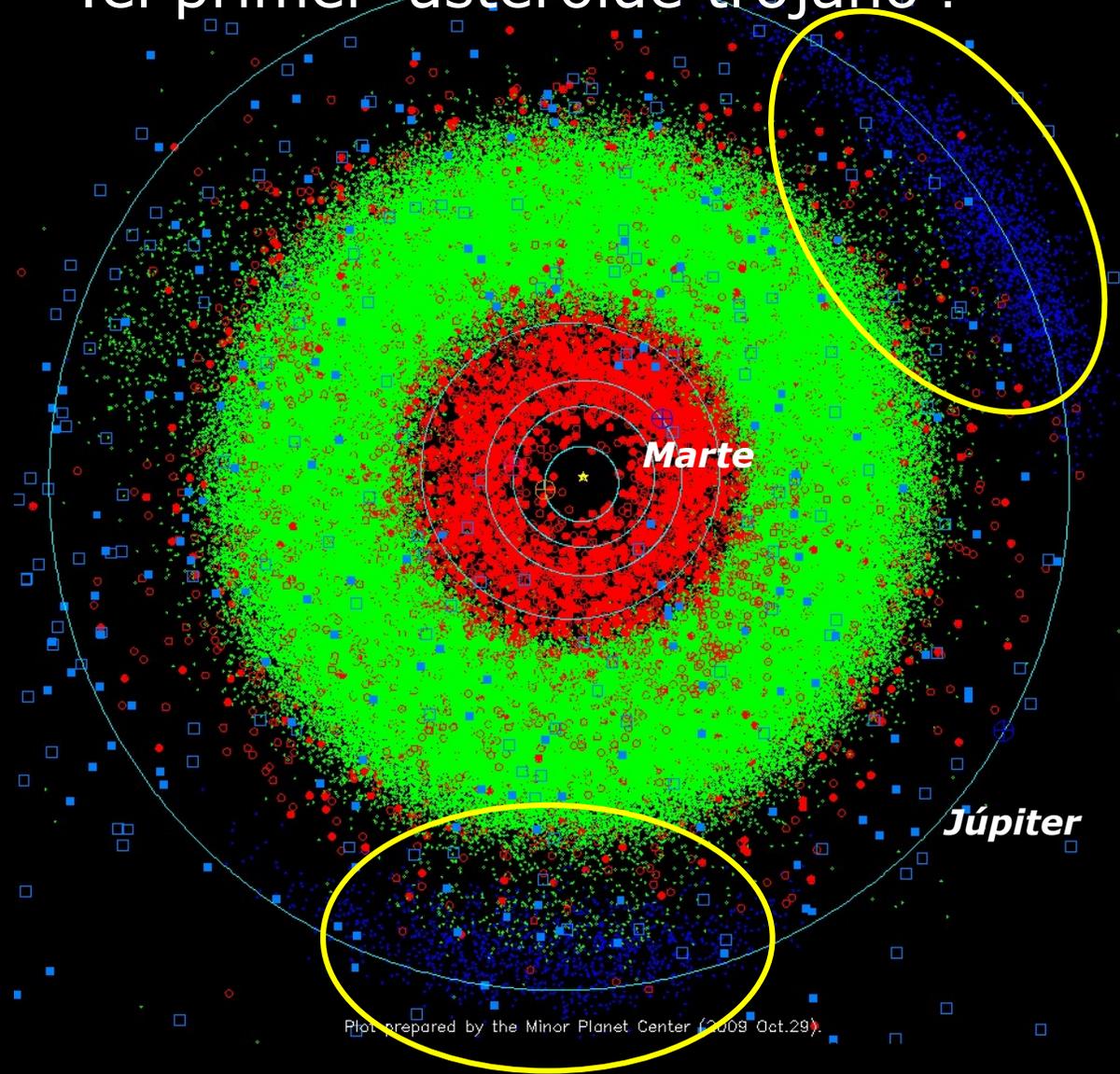


Johann Gottfried Galle
1812-1910

1898: Descubrimiento de 'Eros', iel primer 'asteroide cercano a la Tierra'!

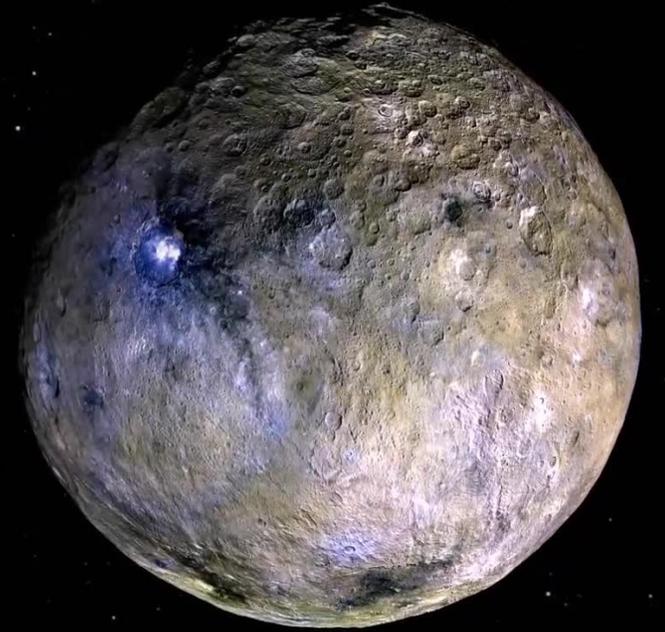


1906: Descubrimiento de 'Achilles', iel primer 'asteroide trojano'!



Primeras páginas de historia del SS

- Entre Marte y Jupiter no hay ningún planeta, hay un 'cinturón de asteroides'
 - Jupiter se formó rápidamente
- Hay asteroides que tienen órbitas cercanas a la de la Tierra
 - Los planetas internos (y la Luna) sufrieron muchas colisiones
 - Los meteoritos son de origen no-terrestre
- Hay asteroides que siguen la órbita de Jupiter
 - Júpiter capturó asteroides (¿de dónde?)



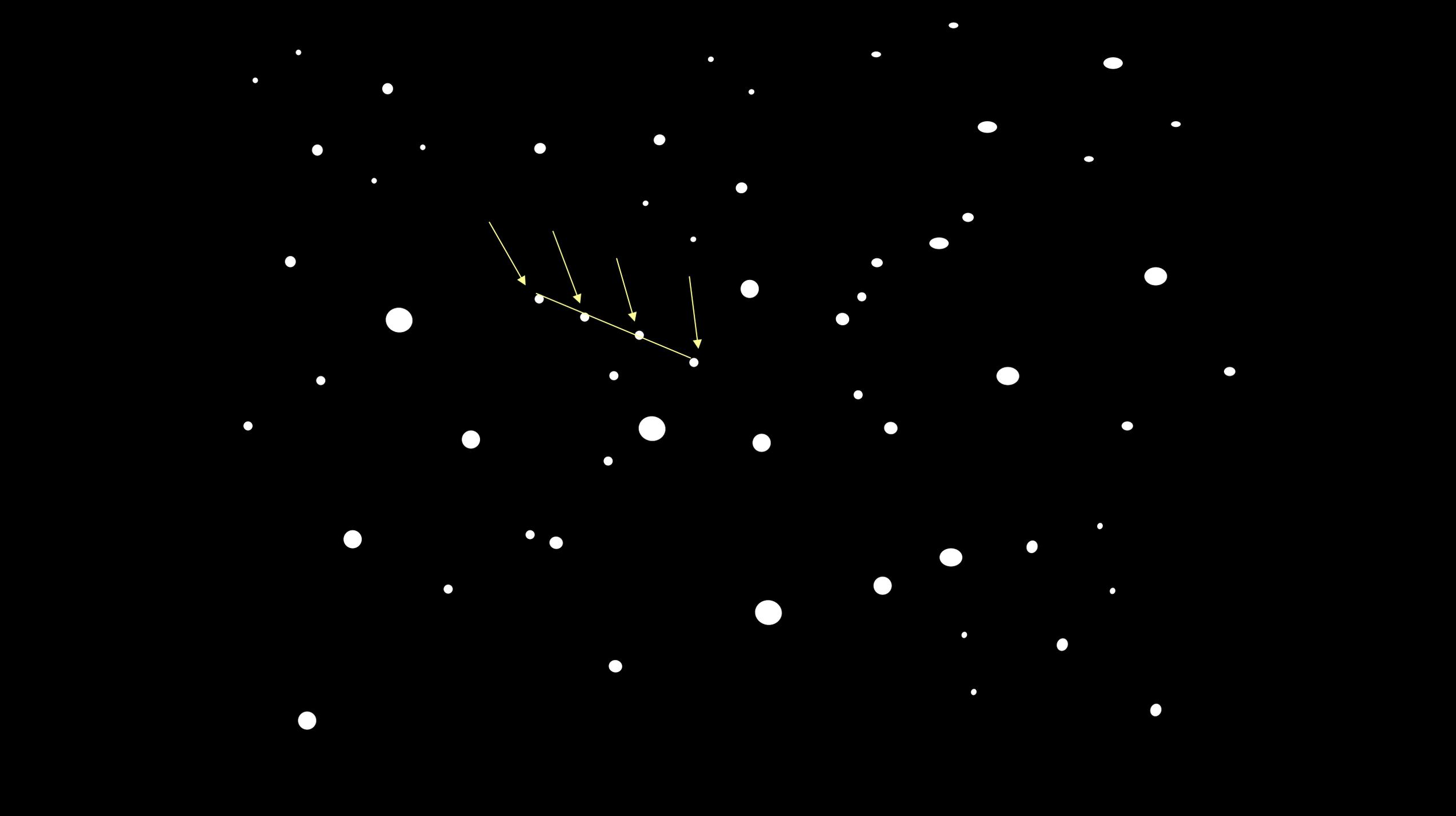


***New Horizons,
NASA 2015***

Plutón, 1930

Clyde Tombaugh



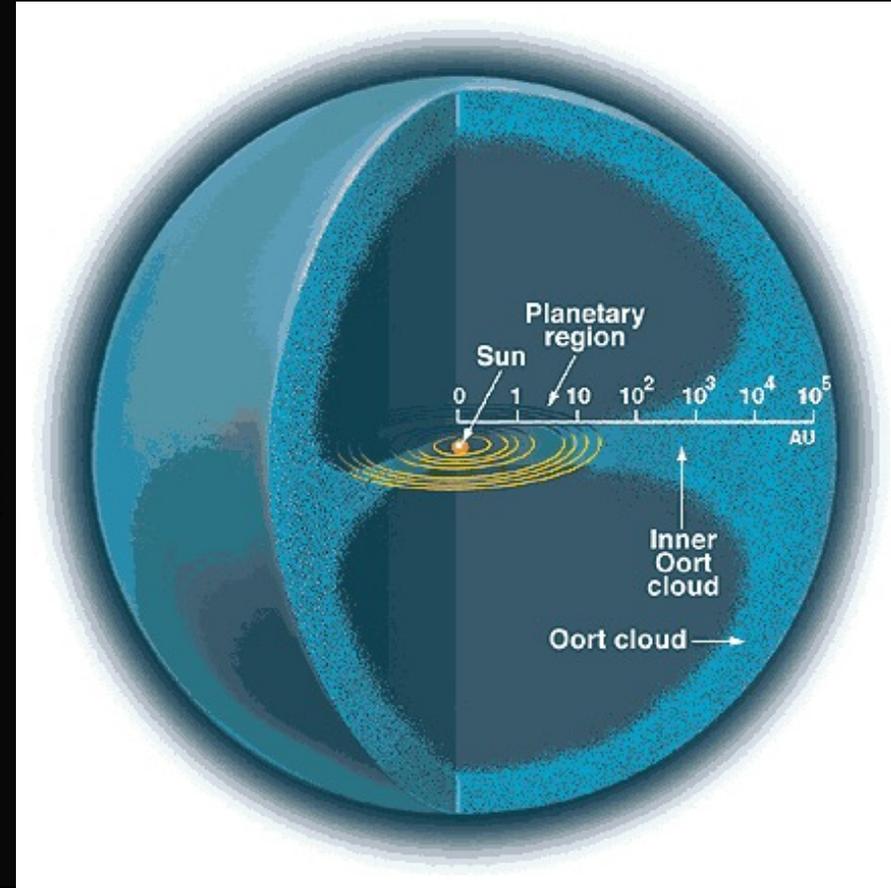
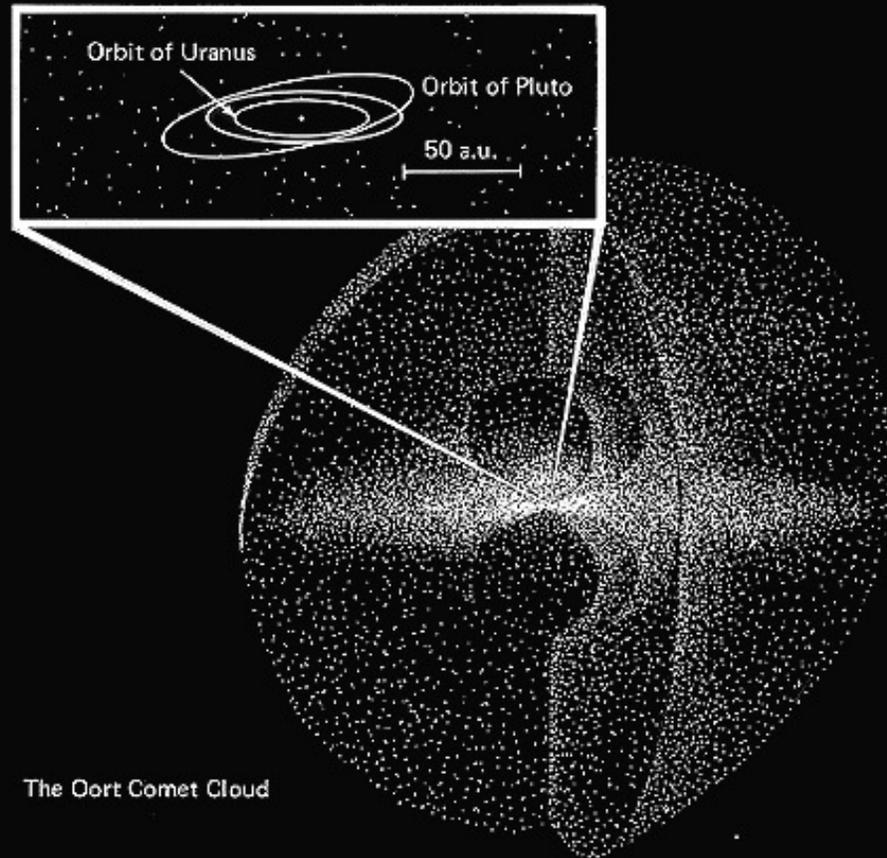




¿ DE DÓNDE VIENEN LOS COMETAS ?



Cometas de "largo periodo" ($T > 300$ años)



La Nube de Oort (Jan E. Oort, 1950)

Cometas de "corto periodo" ($T < 300$ años)

On the existence of a comet belt beyond Neptune FREE

Julio A. Fernández

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 192, Issue 3, October 1980,
Pages 481–491, <https://doi.org/10.1093/mnras/192.3.481>

Published: 01 October 1980 **Article history** ▼



K. E. Edgeworth
(1943, 1949)





D. Jewitt



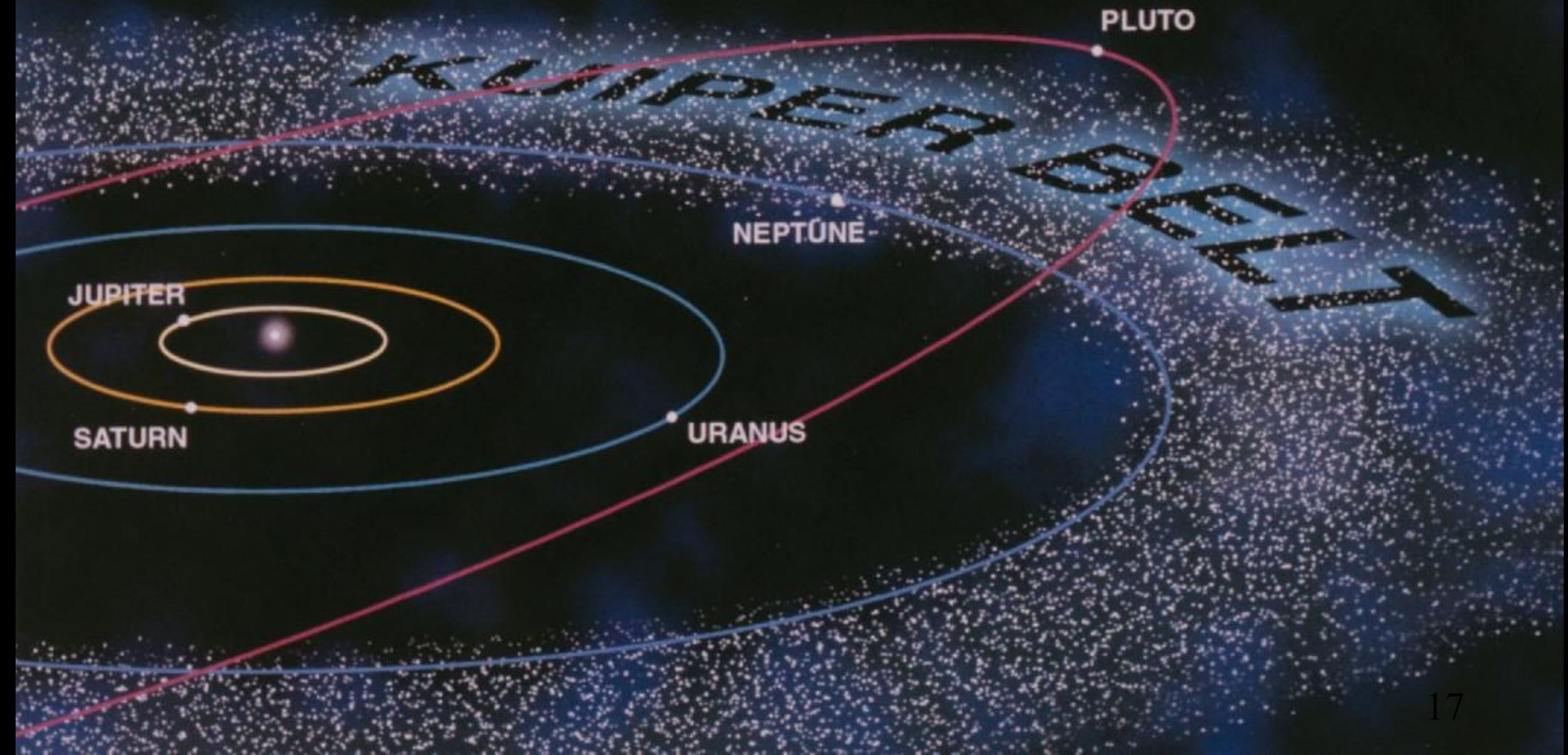
30 agosto de 1992

1992QB1



J. Luu

Cinturón de Edgeworth-Kuiper
Objetos Trans-neptunianos (TNOs)



REUNIÓN DE LA I.A.U. PRAGA, 14-25 AGOSTO 2006

Resolución final de la Unión Astronómica Internacional.

Un planeta es un cuerpo celeste que:

(a) Está en órbita alrededor del Sol.

(b) Tiene masa suficiente para que su propia gravedad venza a las fuerzas de estado sólido, y su forma sea la determinada por el equilibrio hidrodinámico.

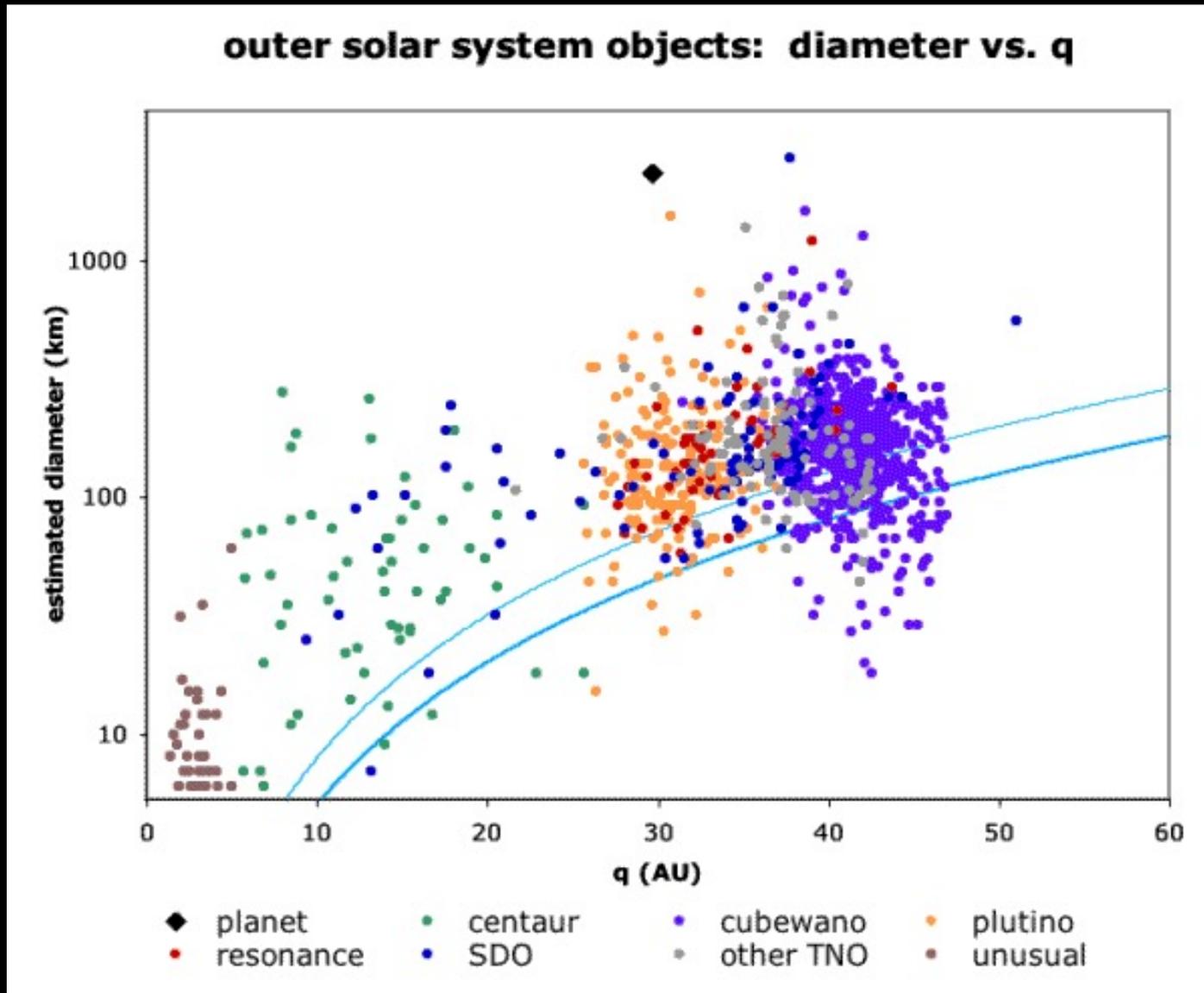
(c) Ha despejado las cercanías de su órbita.

Los objetos que cumplen (a) y (b), pero no cumplen (c), se llaman "*planetas enanos*".

Todos los demás se denominan "*pequeños cuerpos del S.S.*".
(El término "*cuerpos menores*" queda obsoleto y no debería utilizarse ya.)

La 'trastienda' del Sistema Solar: arquitectura del SS exterior

Descubrir objetos lejanos es complicado



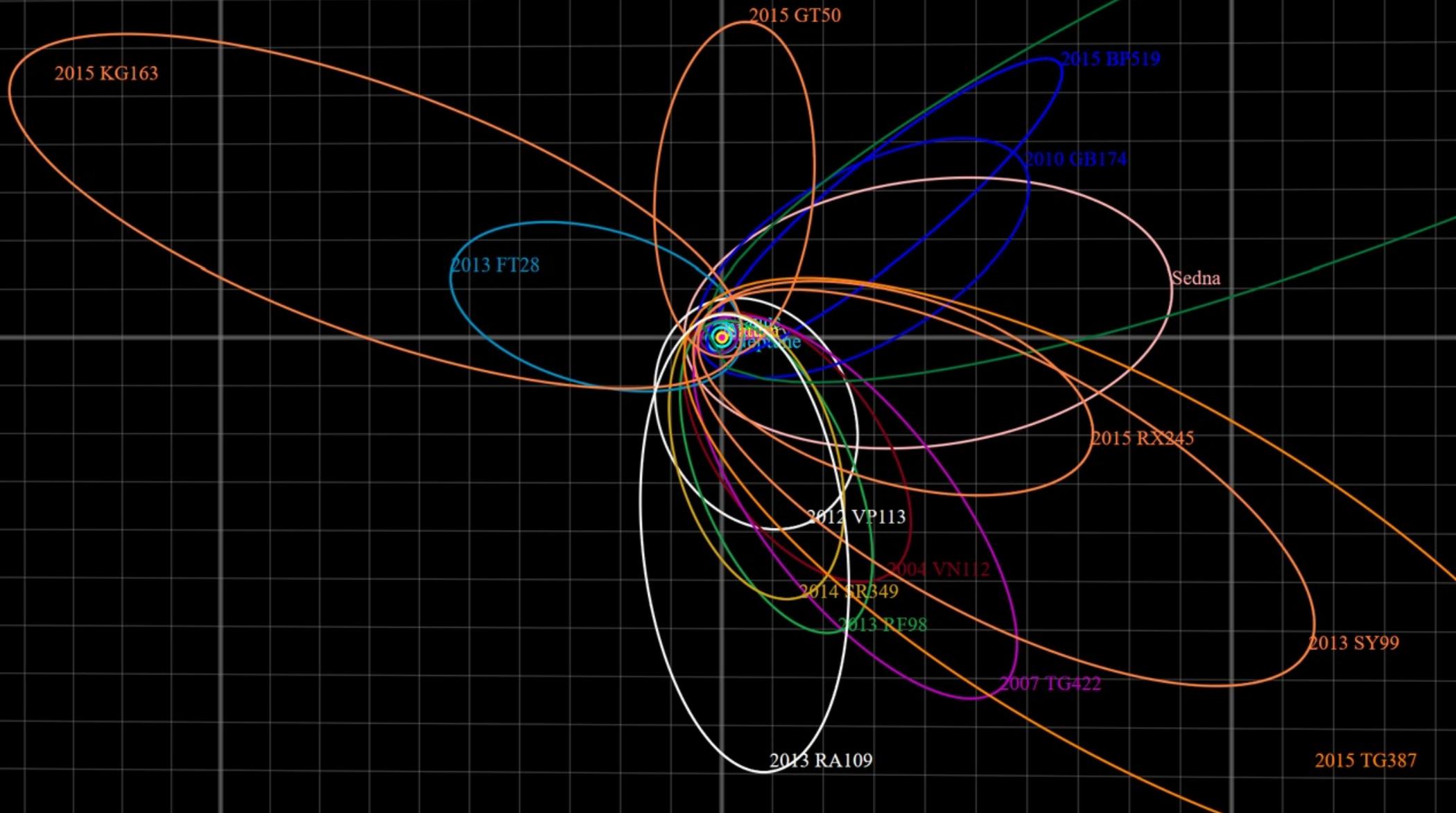
$$\text{Luminosidad: } L \propto A \cdot \frac{D^2}{R^4}$$

A : Albedo (% luz incidente reflejada).

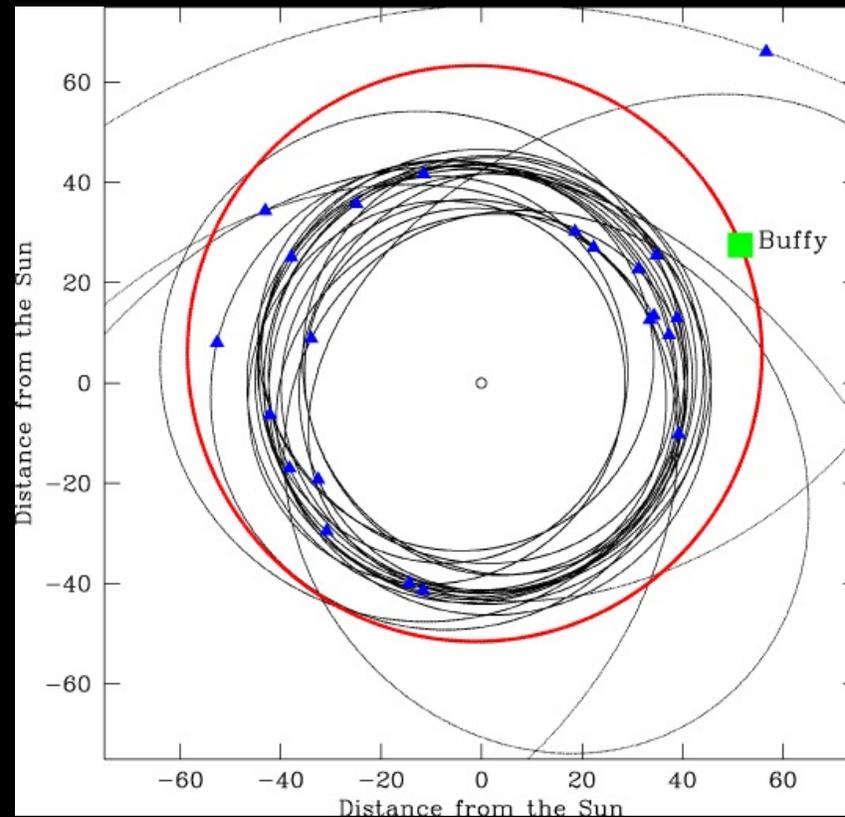
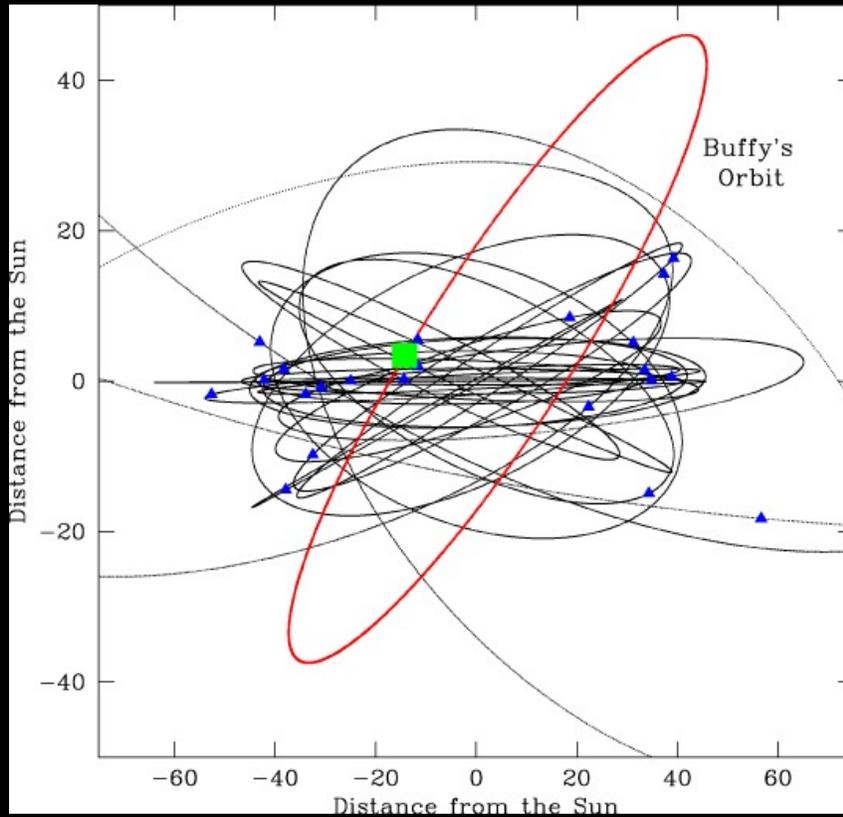
D: Tamaño.

R: Distancia heliocéntrica.

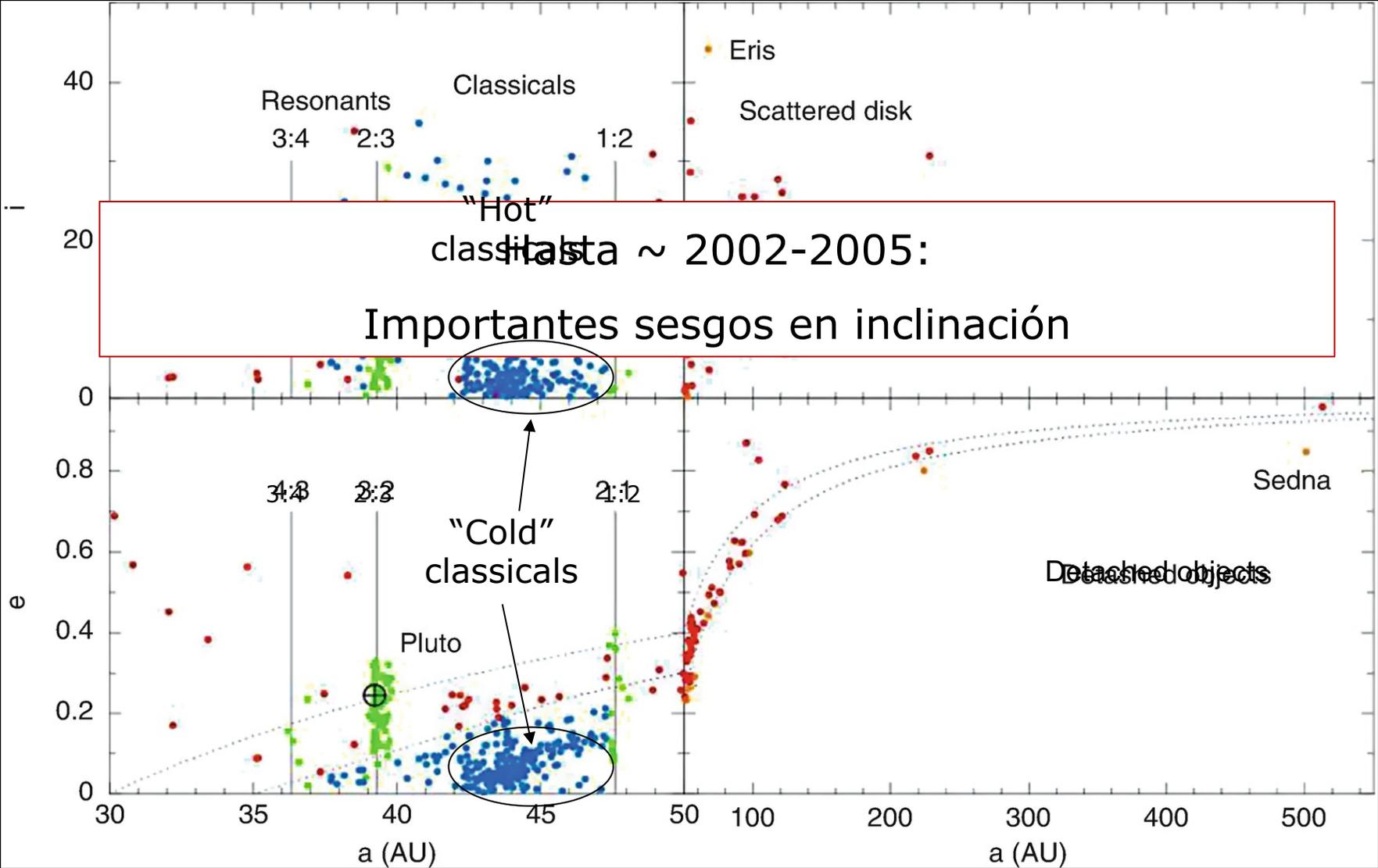
Órbitas muy excéntricas: ¿normales o exóticas?



Órbitas muy inclinadas: ¿normales o exóticas?

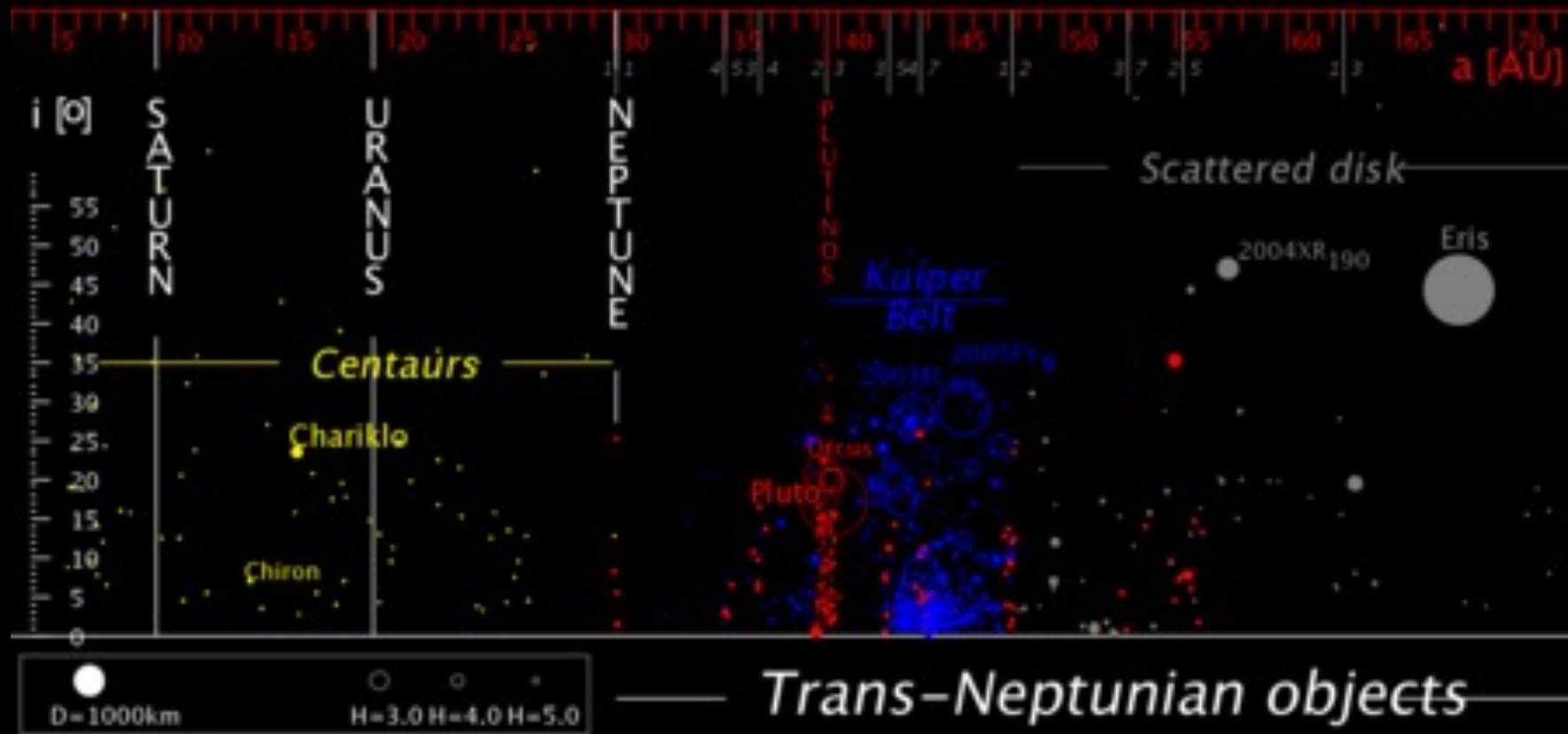


Distribución de los elementos orbitales

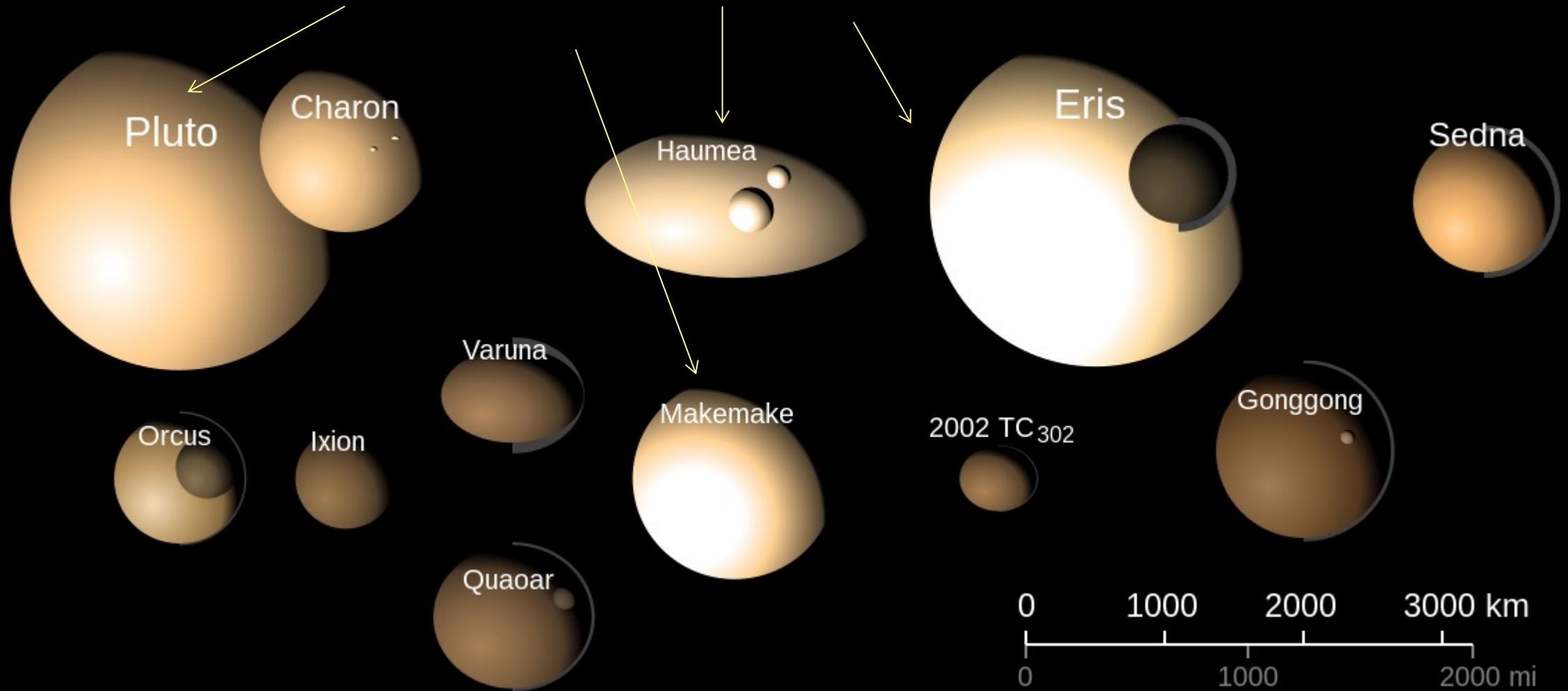


'Zoología' de los TNOs

Una "fauna" muy dispersa en el SS exterior



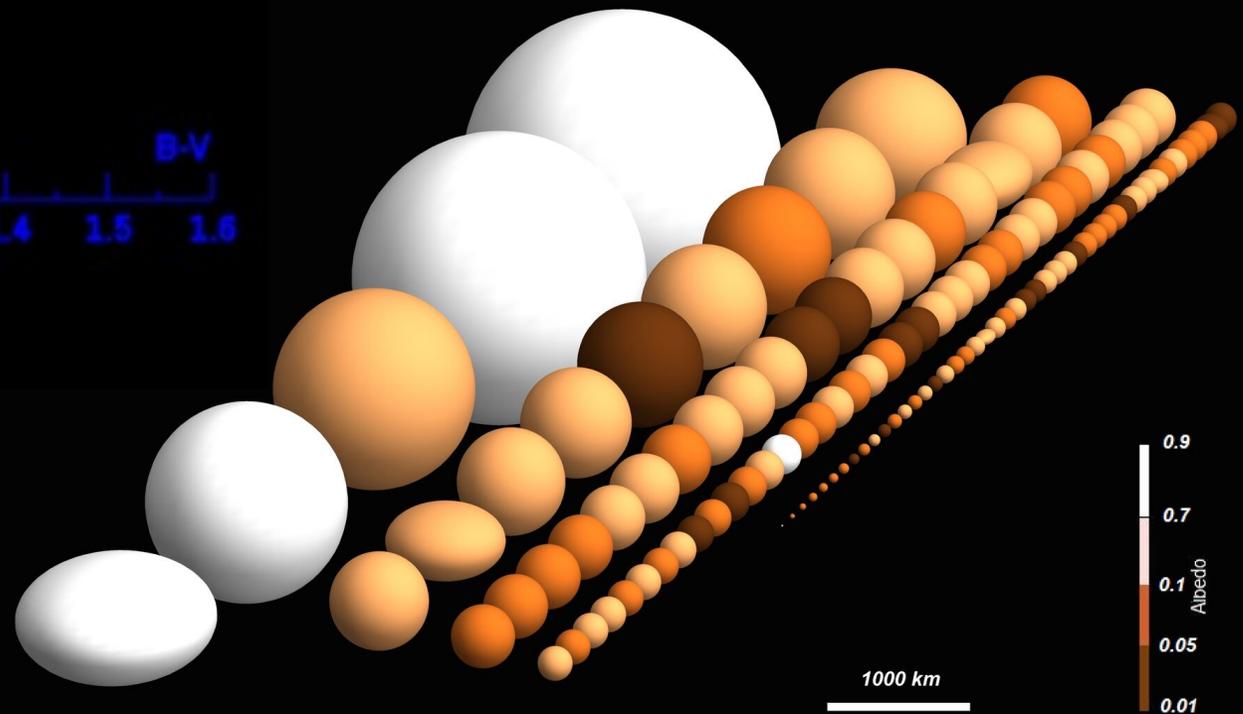
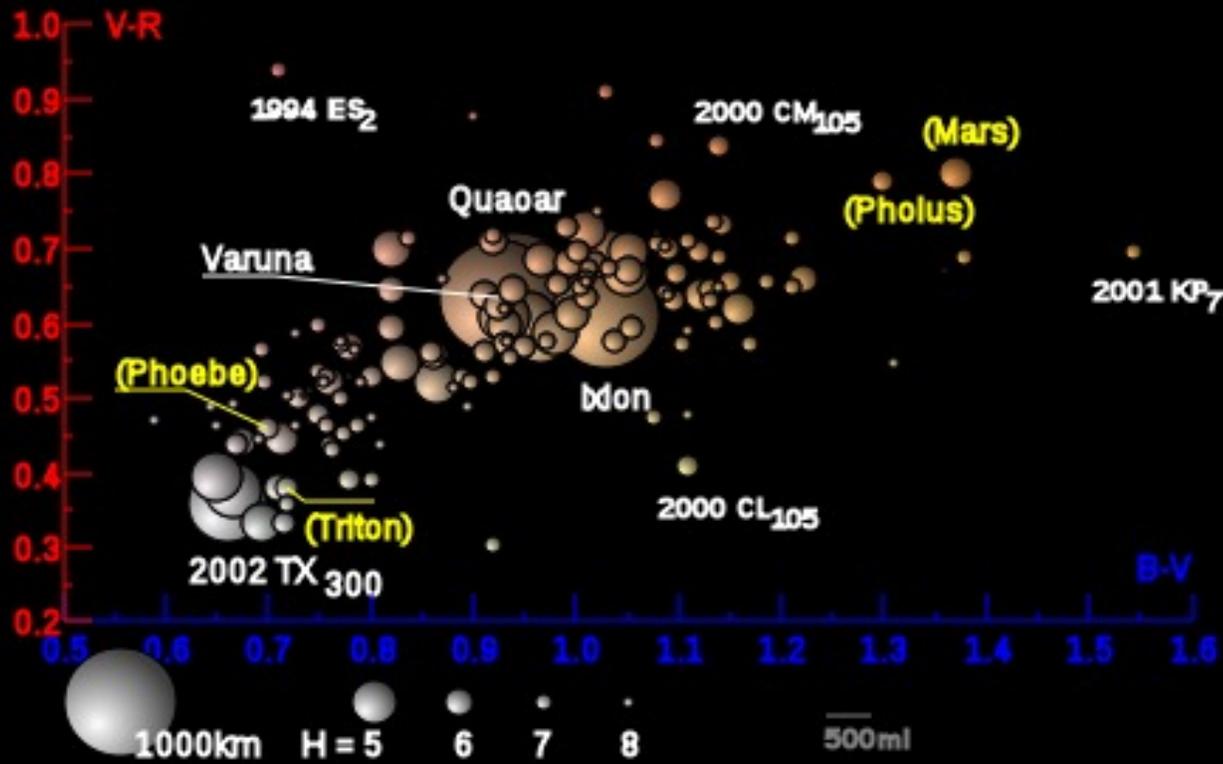
Dwarf planets (IAU 2006)



TNOs: Variedad de tamaños, formas y colores



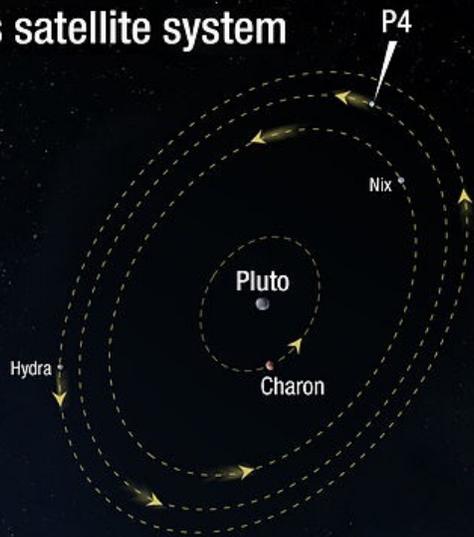
TNOs: Colores, tamaños y albedos



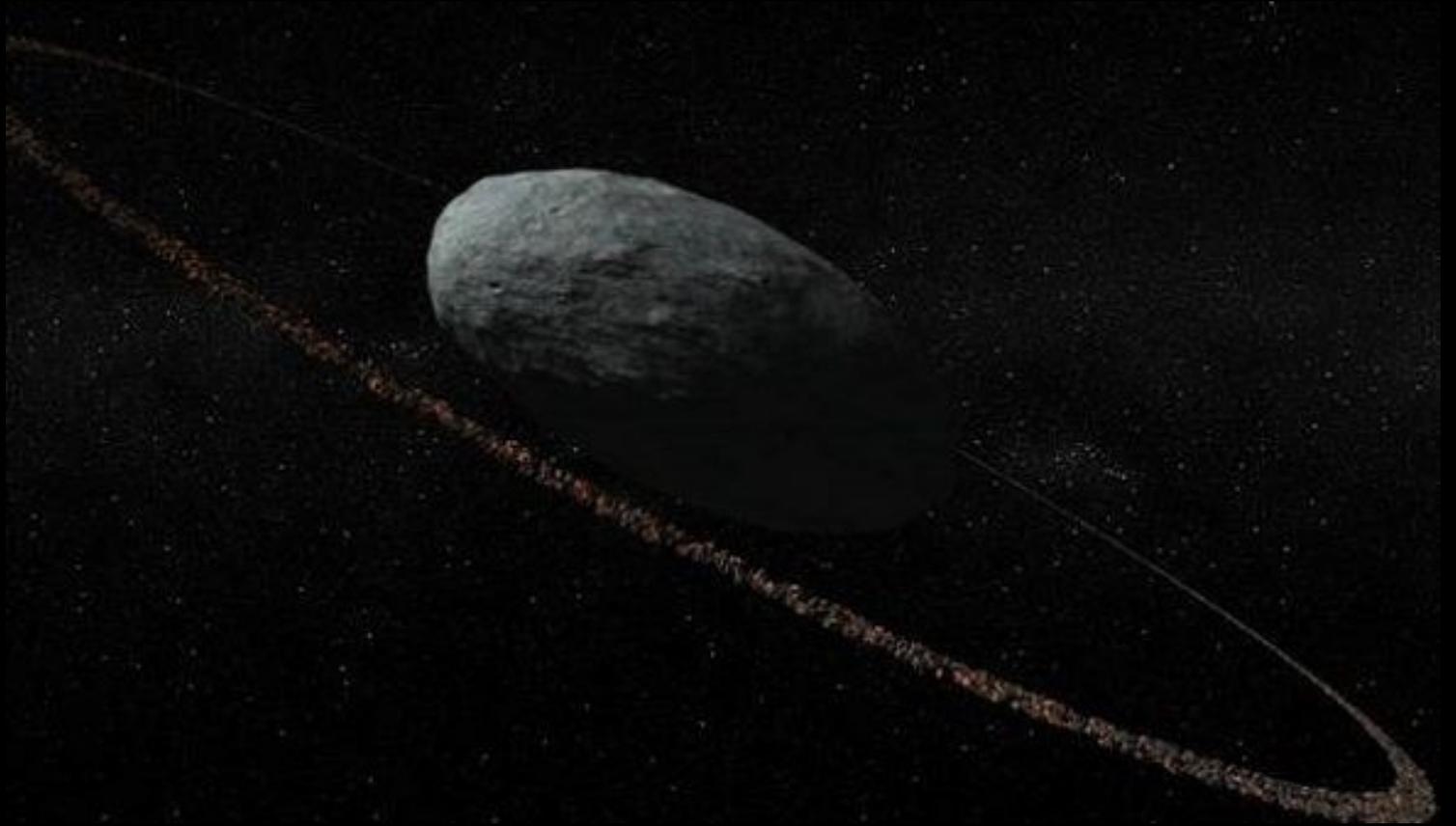
Plutón, Caronte, ...



Pluto's satellite system

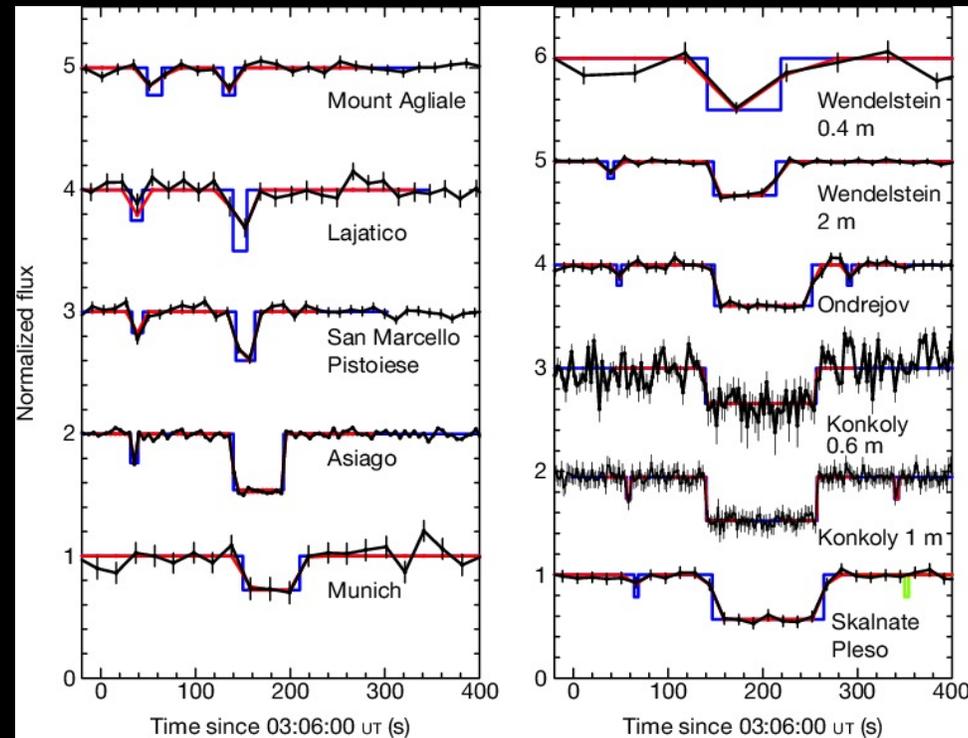
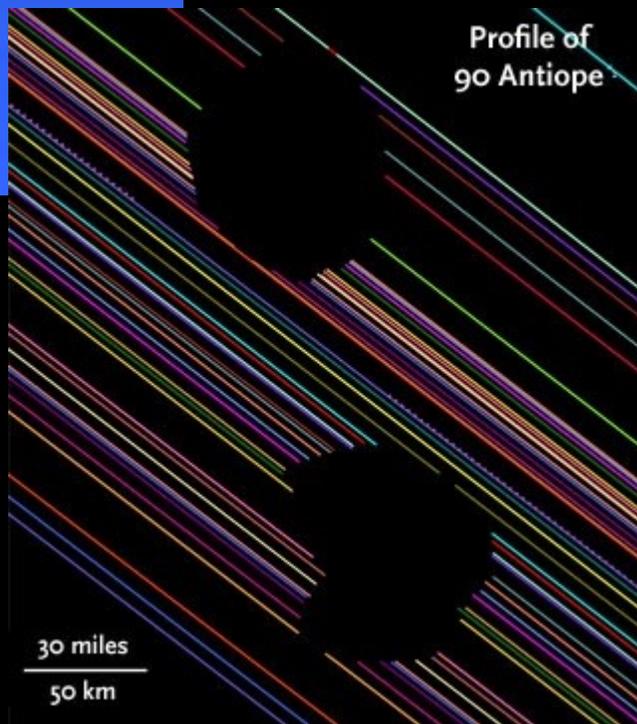
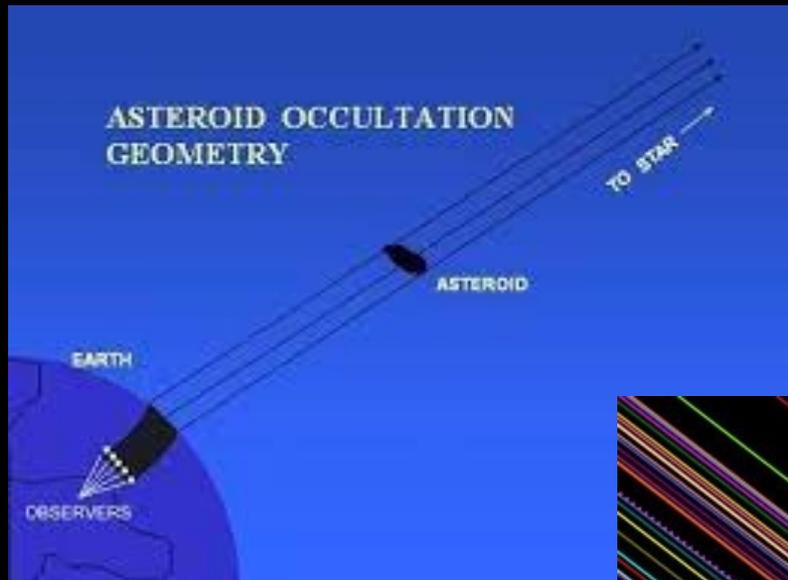


New Horizons (NASA) 2015

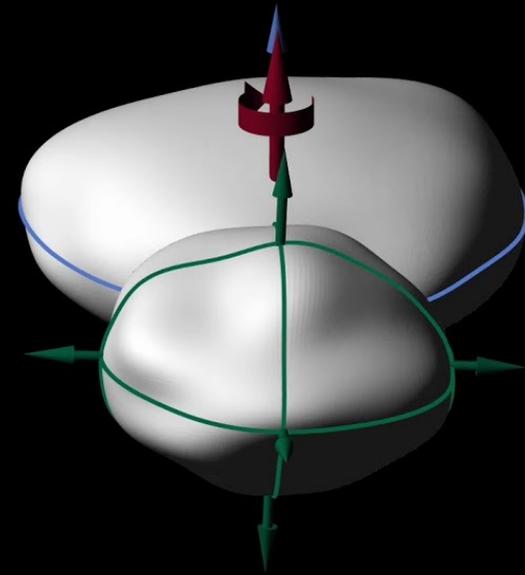


Haumea: dos satélites, un anillo y una "familia"

La técnica de las ocultaciones estelares



35 km



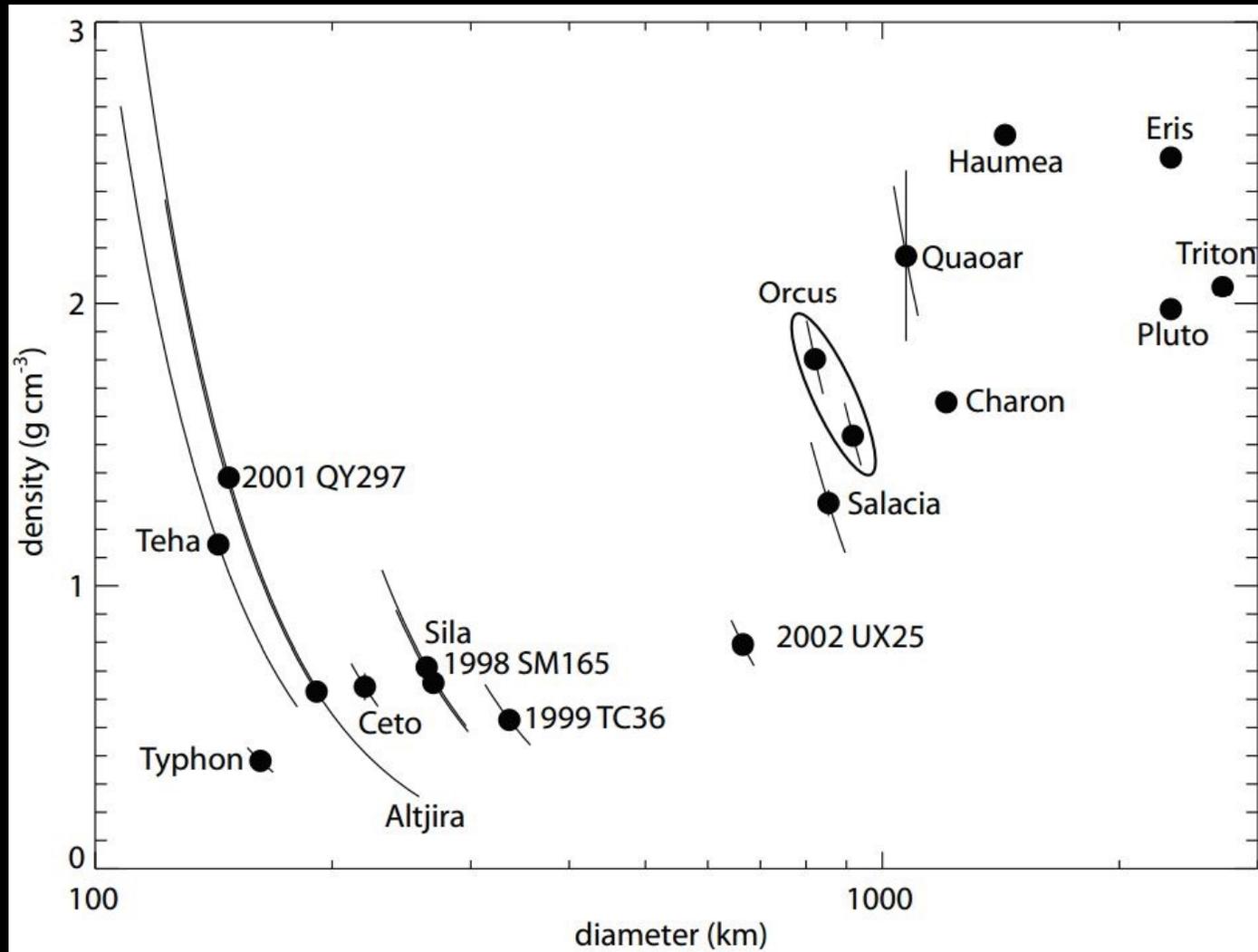
Arrokoth
New Horizons (NASA) 2019

6.5 km



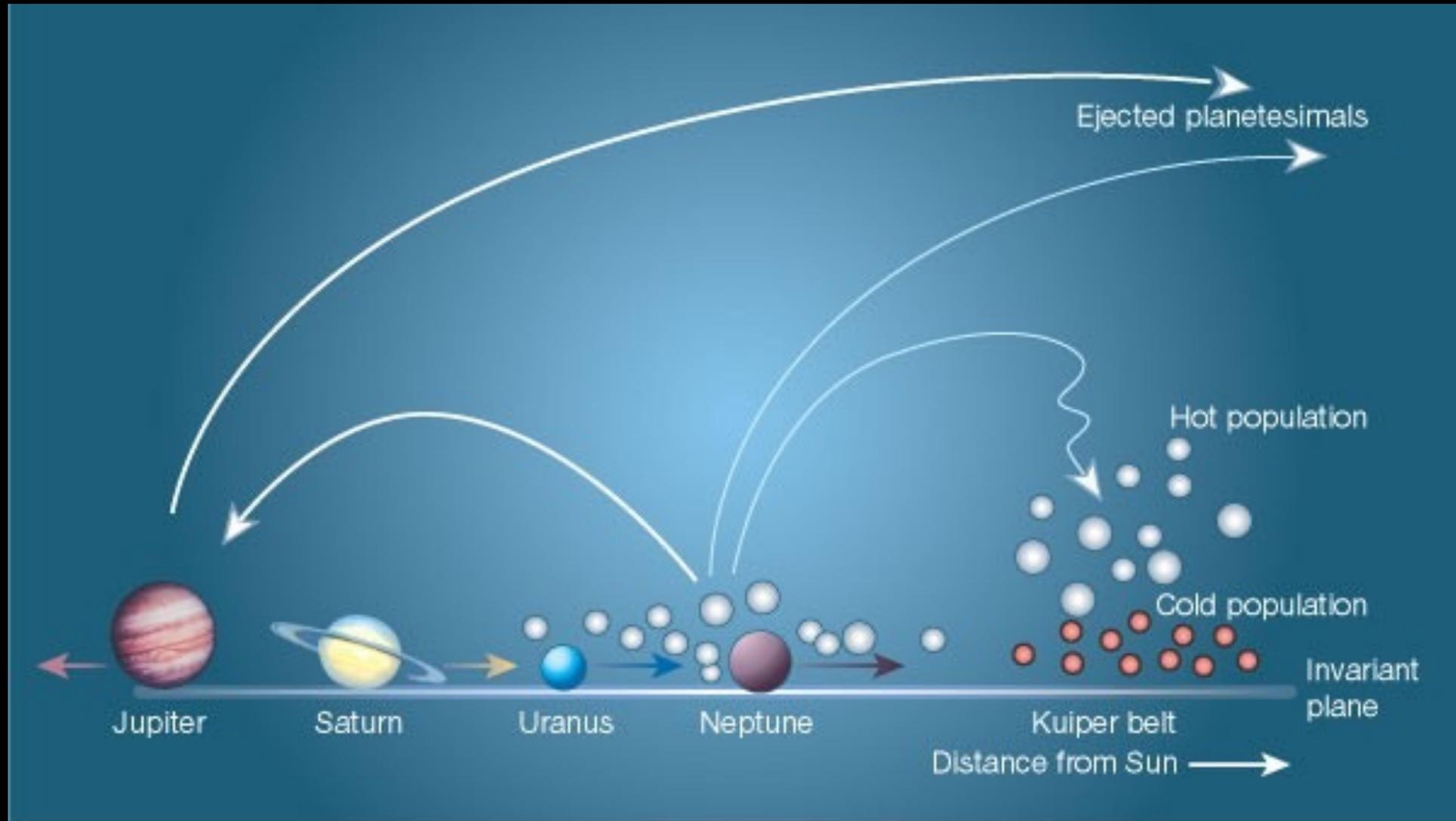
Comet Churyumov-Gerasimenko
Rosetta (ESA) 2014

¿Relación entre densidad y tamaño?

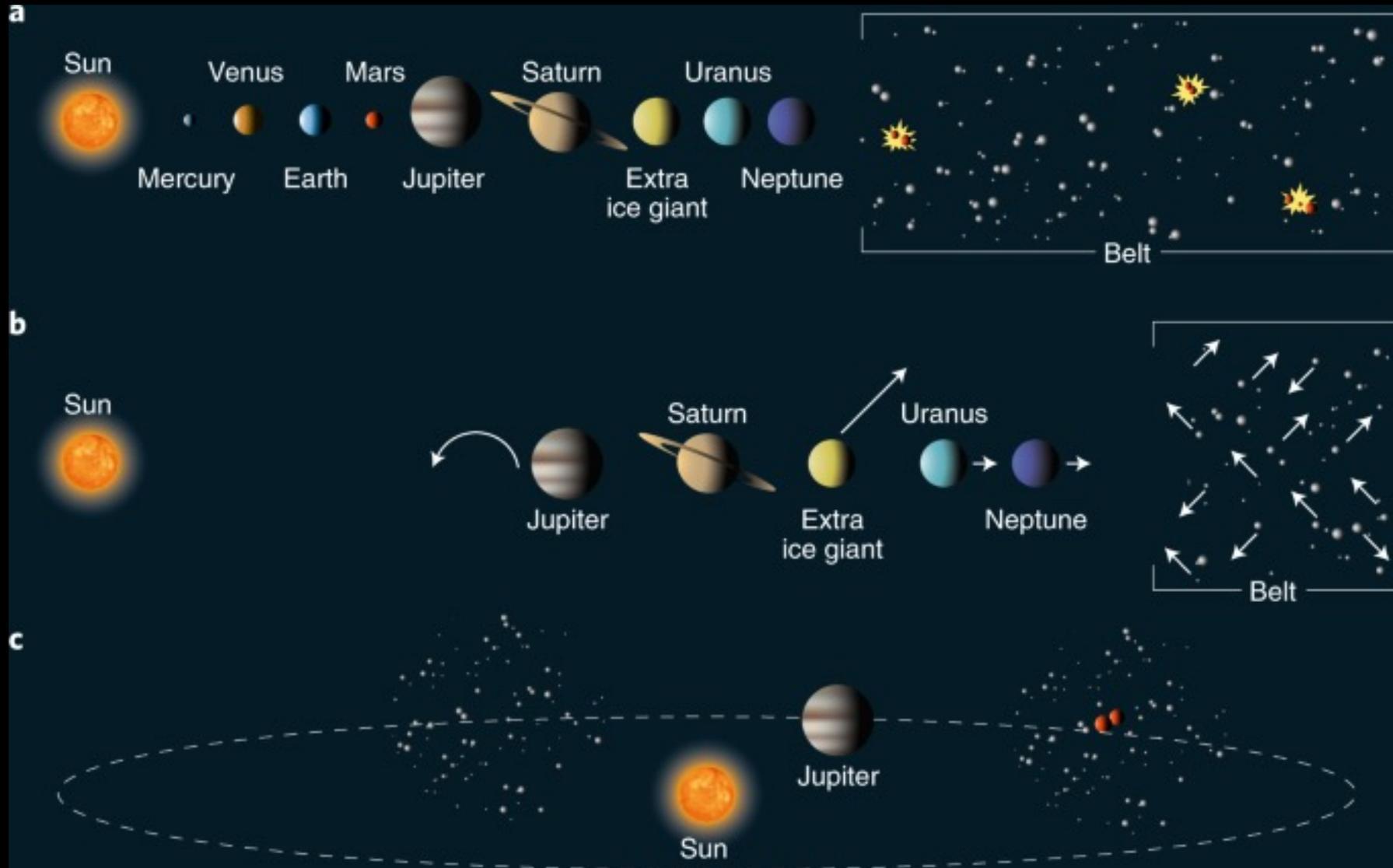


¿Cómo hemos llegado hasta aquí?
Génesis de los pequeños cuerpos del SS exterior

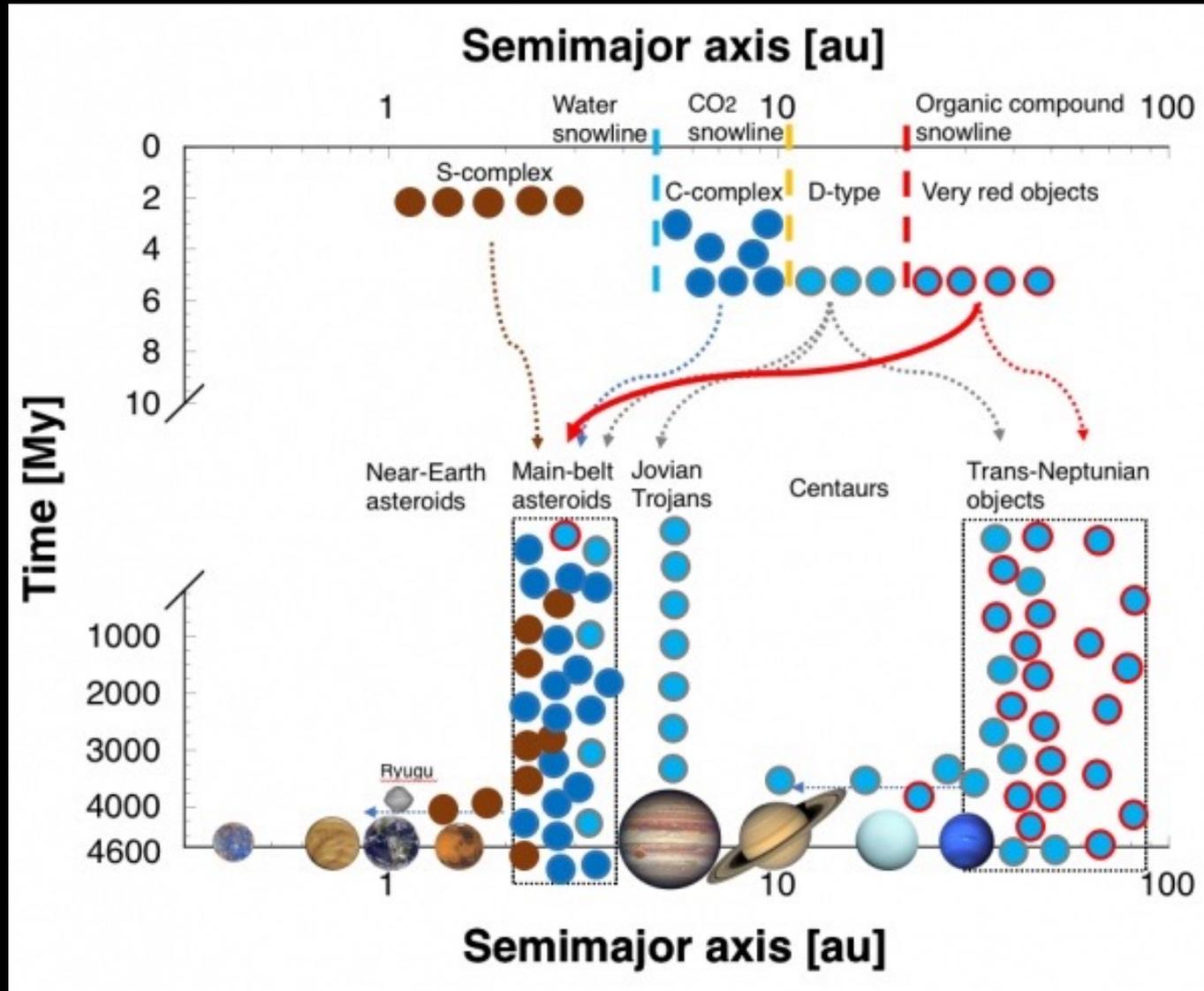
El 'modelo de Niza'



El 'modelo de Niza' actualizado (¿...el planeta 9...?)



El resultado: el sistema solar actual



Alguna página más de historia del SS

- Fuerte interacción dinámica entre los planetas y el disco primordial de planetesimales (20-30 MT)
 - Migración de los planetas gigantes
 - Vaciamiento del disco primordial (+99%)
 - Formación del cinturón TNOs
 - Formación de la nube de Oort
 - Captura de los Troyanos por Júpiter
y algunos satélites irregulares + Tritón (Neptuno)
 - Mezcla de cuerpos en el cinturón de asteroides
 - Probable expulsión de cuerpos de masa marciana?
 - Posible expulsión de un planeta gigante?

