

# Astrofísica del Sistema Solar

## La población de cometas

# Cometas:

- Caracterizados por la presencia de volátiles.
- Tamaños relativamente pequeños.
- Albedos bajos ( $\sim 0.04$ ).
- Dinámica relativamente complicada ( $T_J < 3$ ).
- Casos de estado de suspensión (dormant comet).
- Hay tres componentes a estudiar: cola, coma y núcleo.

# Clasificación:

Una clasificación posible es:

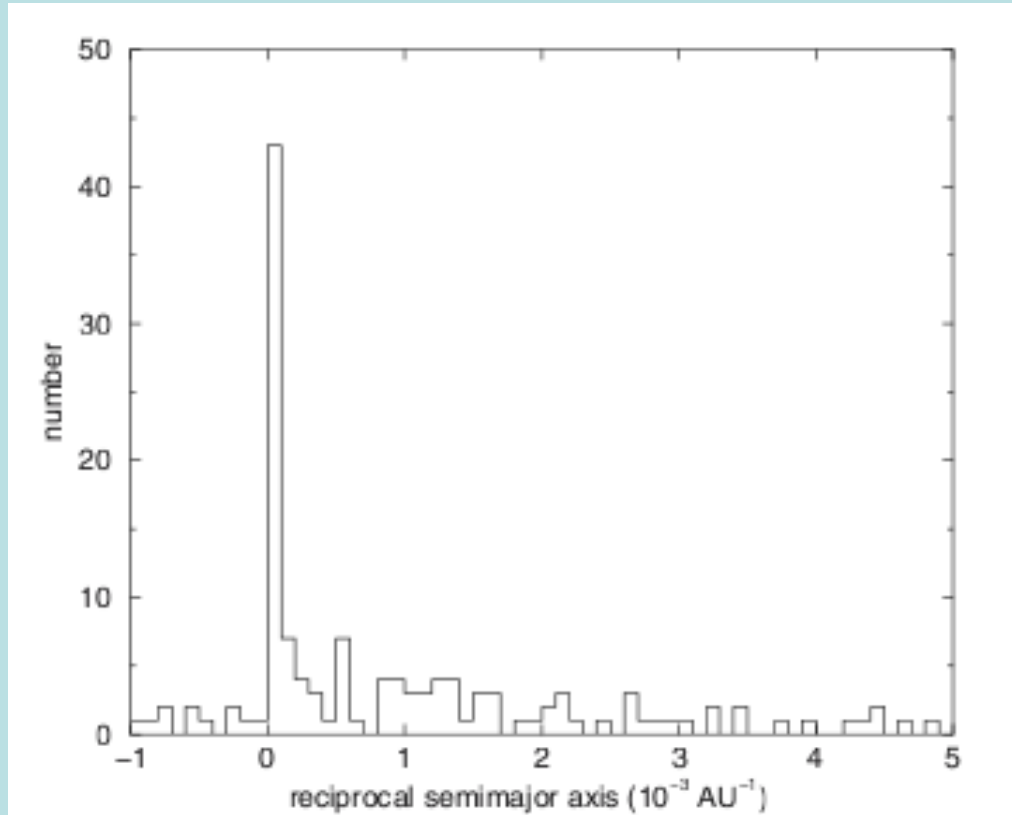
- Largo período ( $> 200$  yr).
- Corto período ( $< 200$  yr).
- Familia de Júpiter ( $< 20$  yr).
- Centauros, TNOs, etc.
- Sungrazers.
- ACOs, Main-belt comets, asteroides activos.

# Origen:

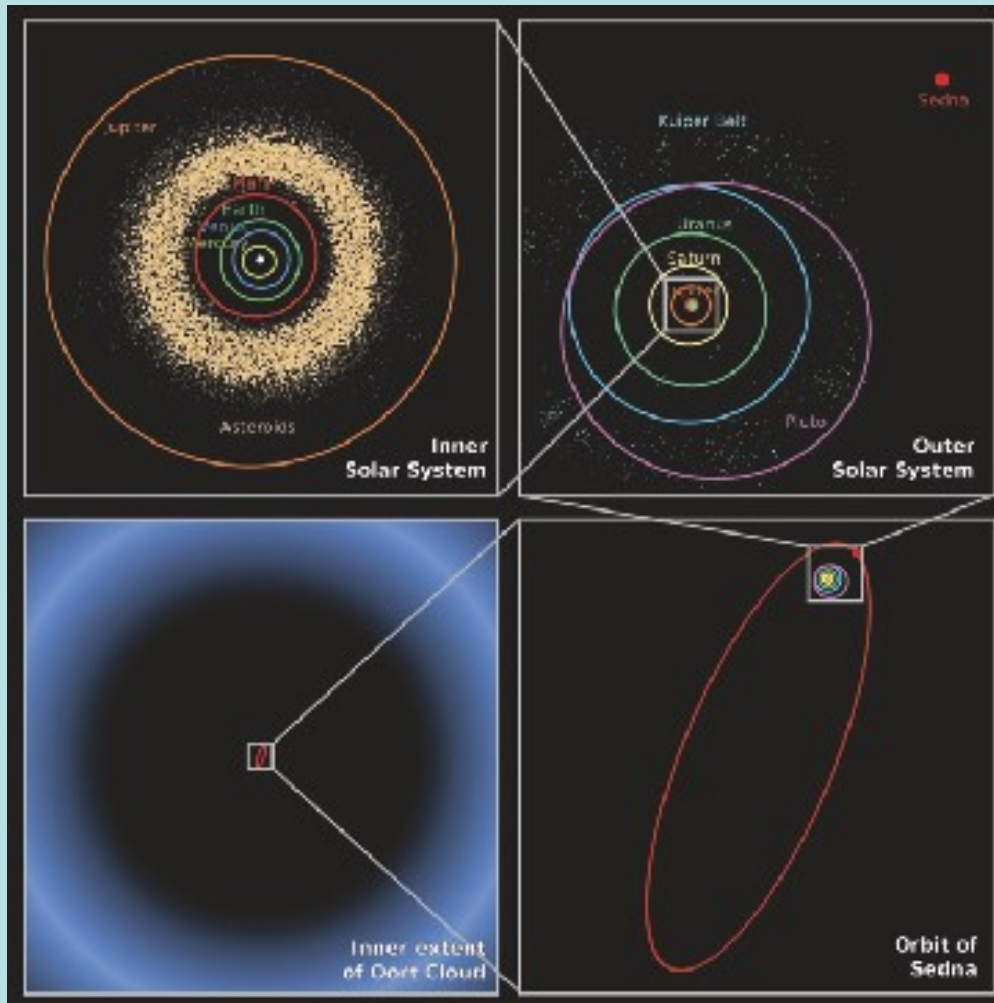
Los cometas de largo período provienen de la nube de Oort

nunca se convierten a corto período.

$e \sim 1$   
 $0 < i < 180^\circ$



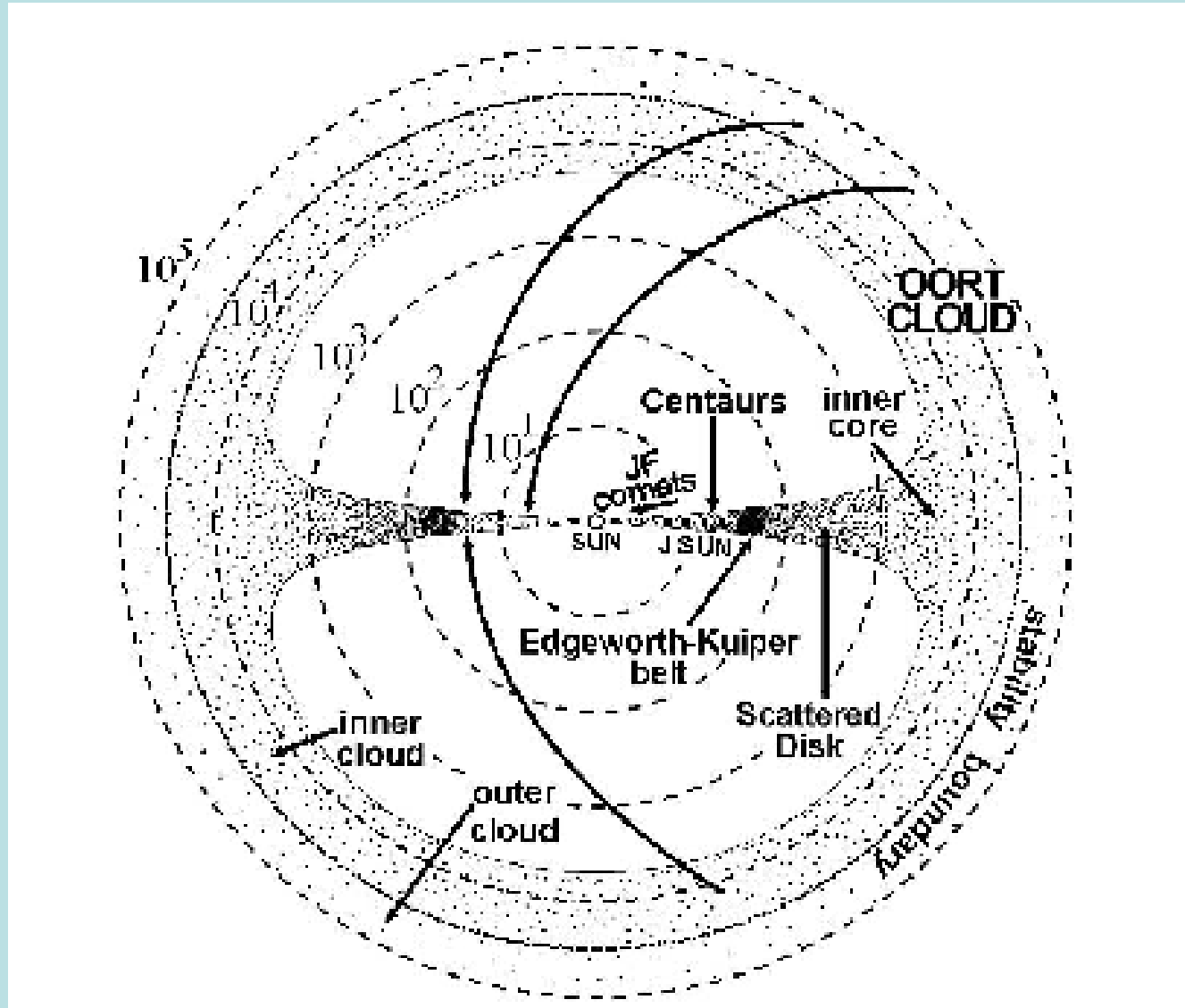
# Origen:



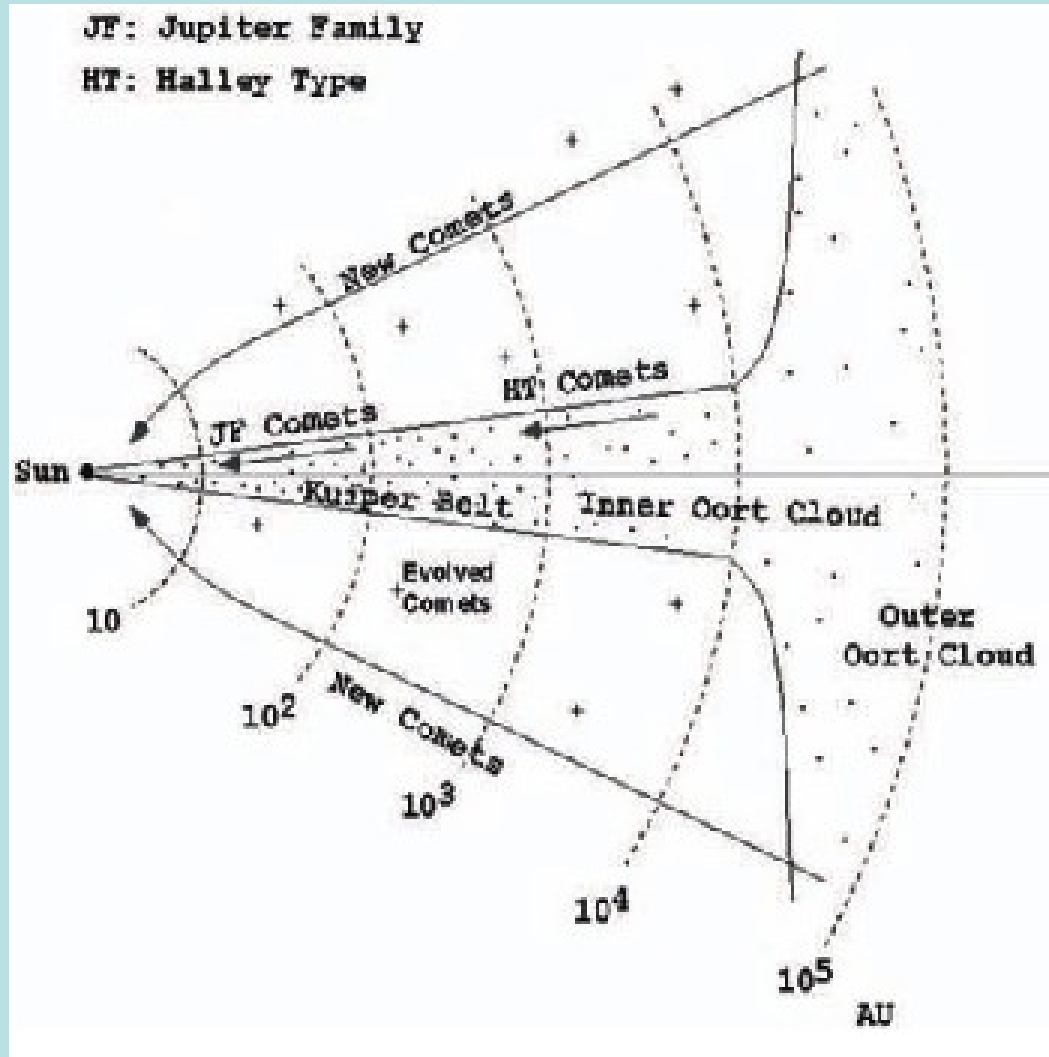
La nube de Oort  
se ve  
perturbada por  
estrellas y  
nubes  
moleculares

$\sim 10^{12}$  cometas  
de  $\sim 1$  km  
En distr.  
isotrópica

# Origen:



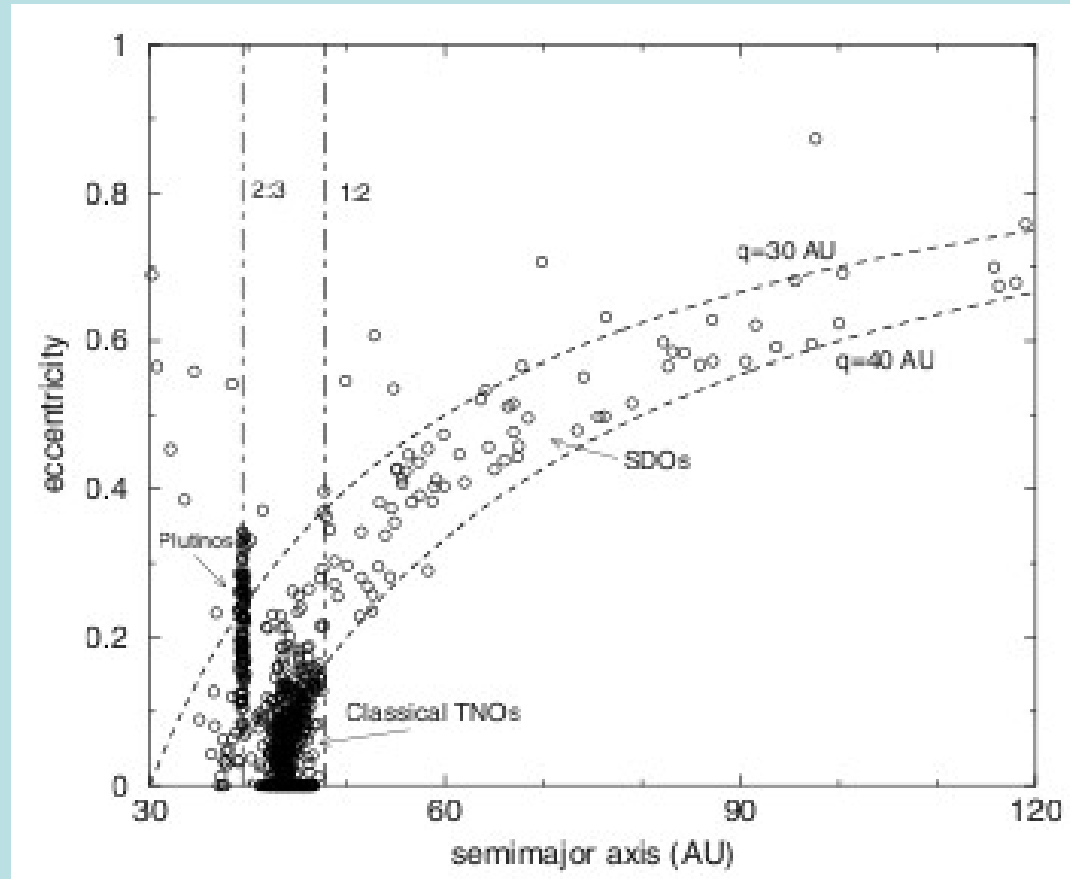
# Origen:



Familia de  
Júpiter

$i \sim 0 - 15^\circ$

# Origen:



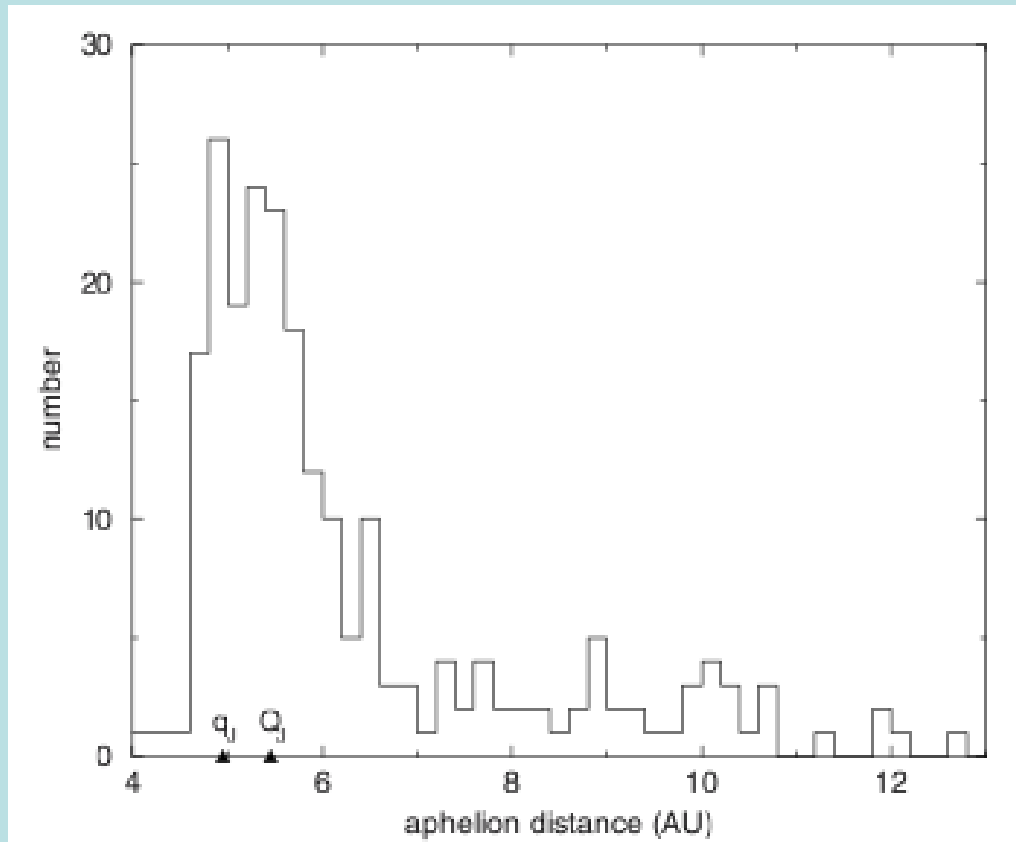


# Origen:

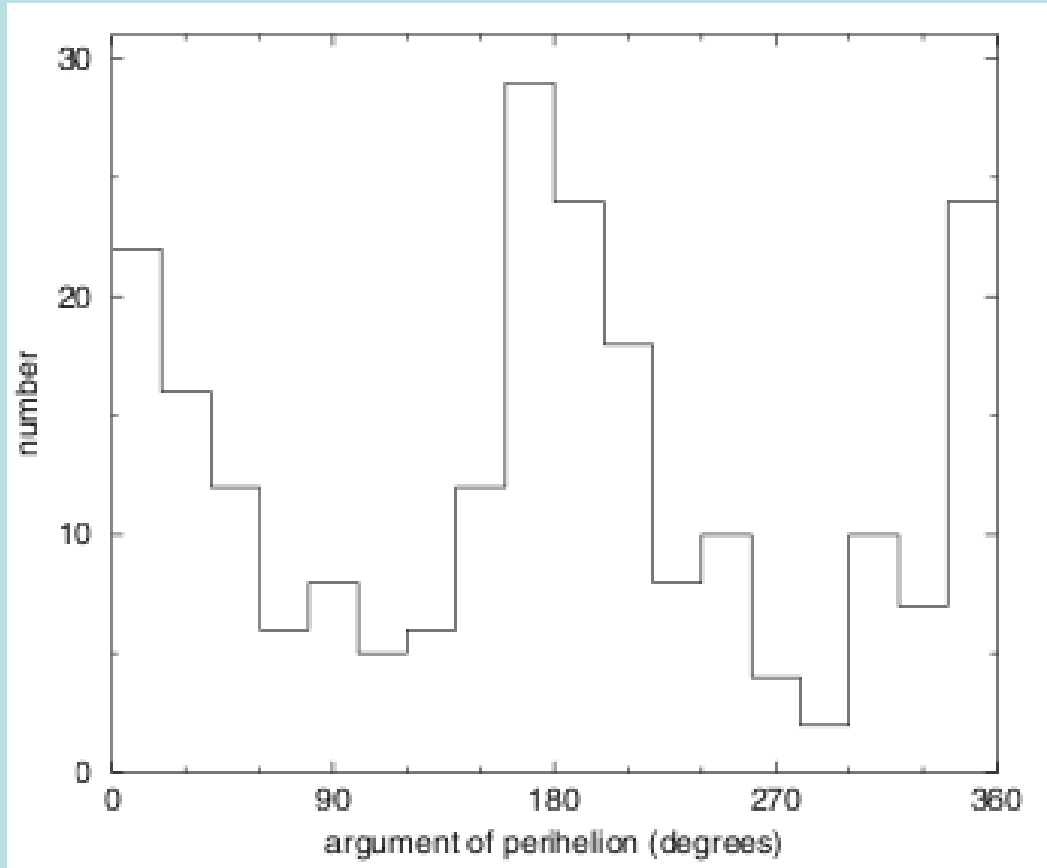
Los cometas de la familia de Júpiter tienen baja inclinación y órbitas directas

$e < 1$   
i bajo

encuentros con Júpiter



# Origen:



Cometas  
familia de  
Júpiter

perihelios  
en el plano  
eclíptico

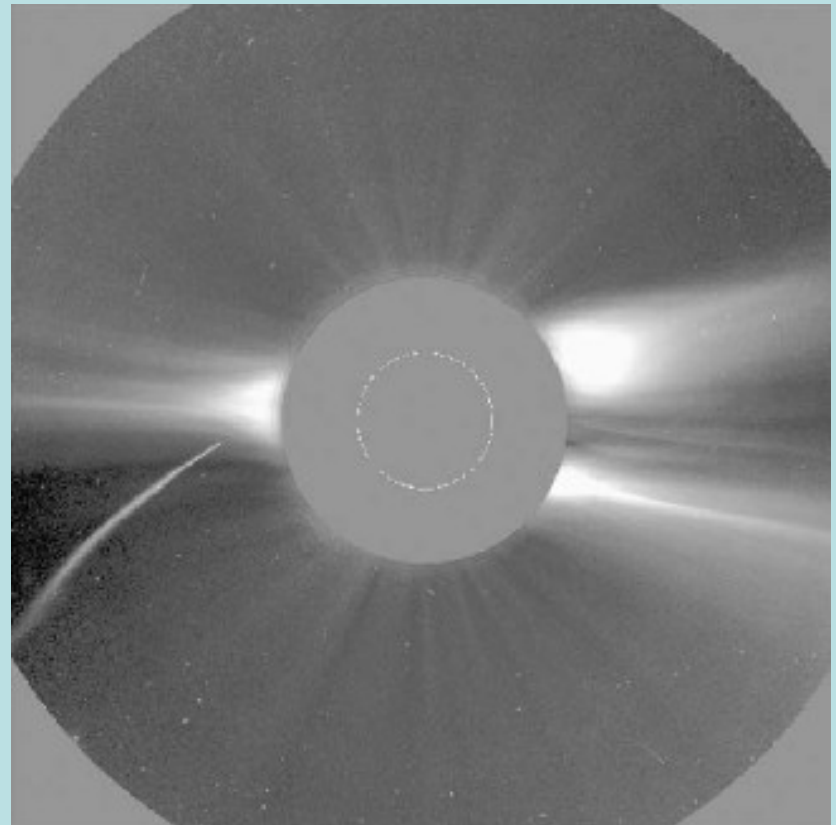
# Origen:

- Al ser perturbados, los TNO cruzan la órbita de Neptuno y se convierten en Centauros.
- Los Centauros tienen semiejes  $< 30$  UA y perihelios  $> 5$  UA.
- Por perturbaciones debidas a los planetas mayores su semieje tiende a disminuir.
- cuando es dispersado por Júpiter a la región interna del Sistema Solar se convierte en un cometa de la Familia de Júpiter.

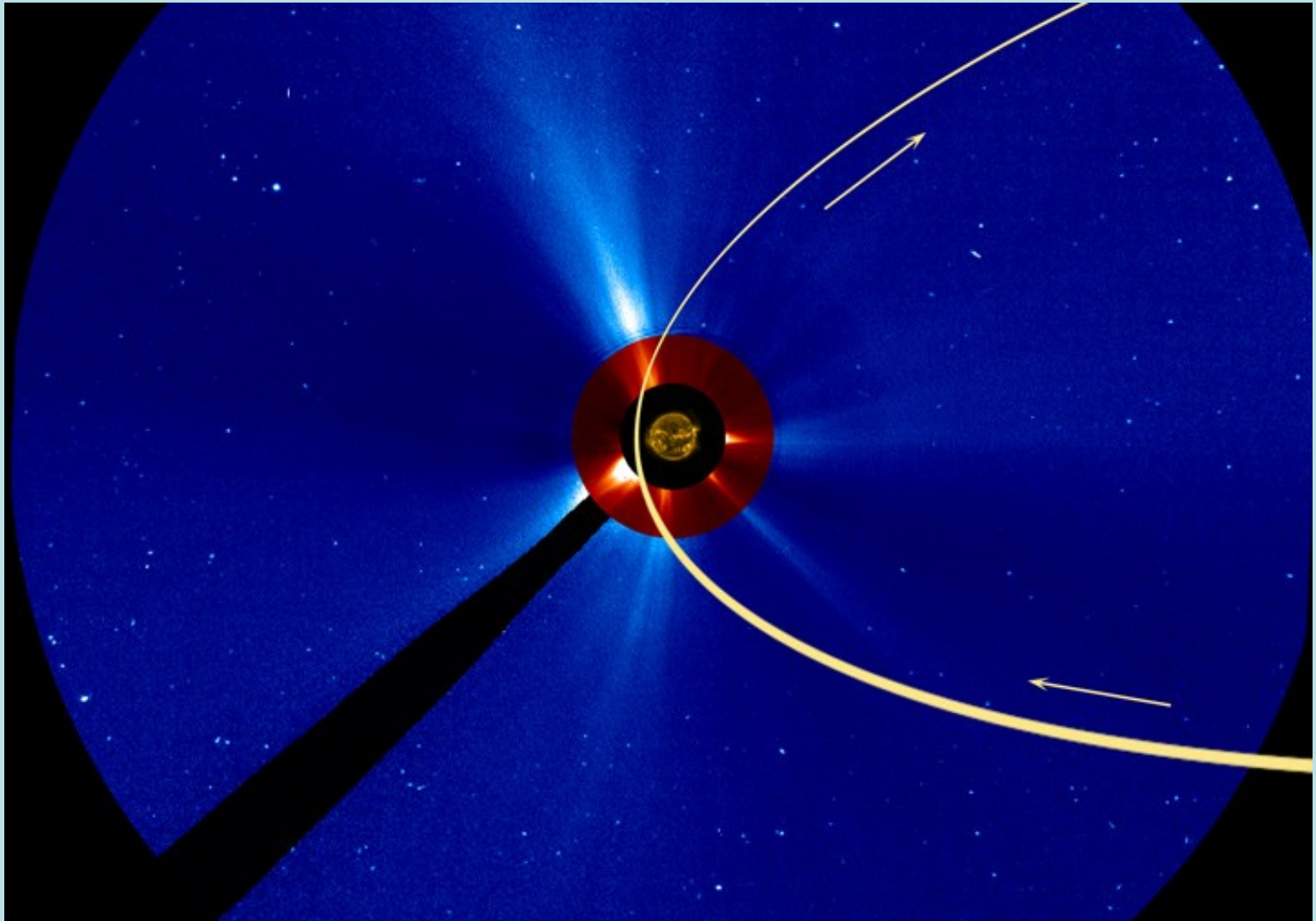
# Cometas sungrazers:

- grupo Kreutz:  $q < 0.02$  UA.
- grupo Meyer:  $q < 0.04$  UA;  $i < 70^\circ$ .
- grupo Marsden:  $q < 0.05$  UA;  $i \sim 13^\circ$ .

Actualmente, son descubiertos principalmente por satélites que observan el Sol (SOHO y LASCO)

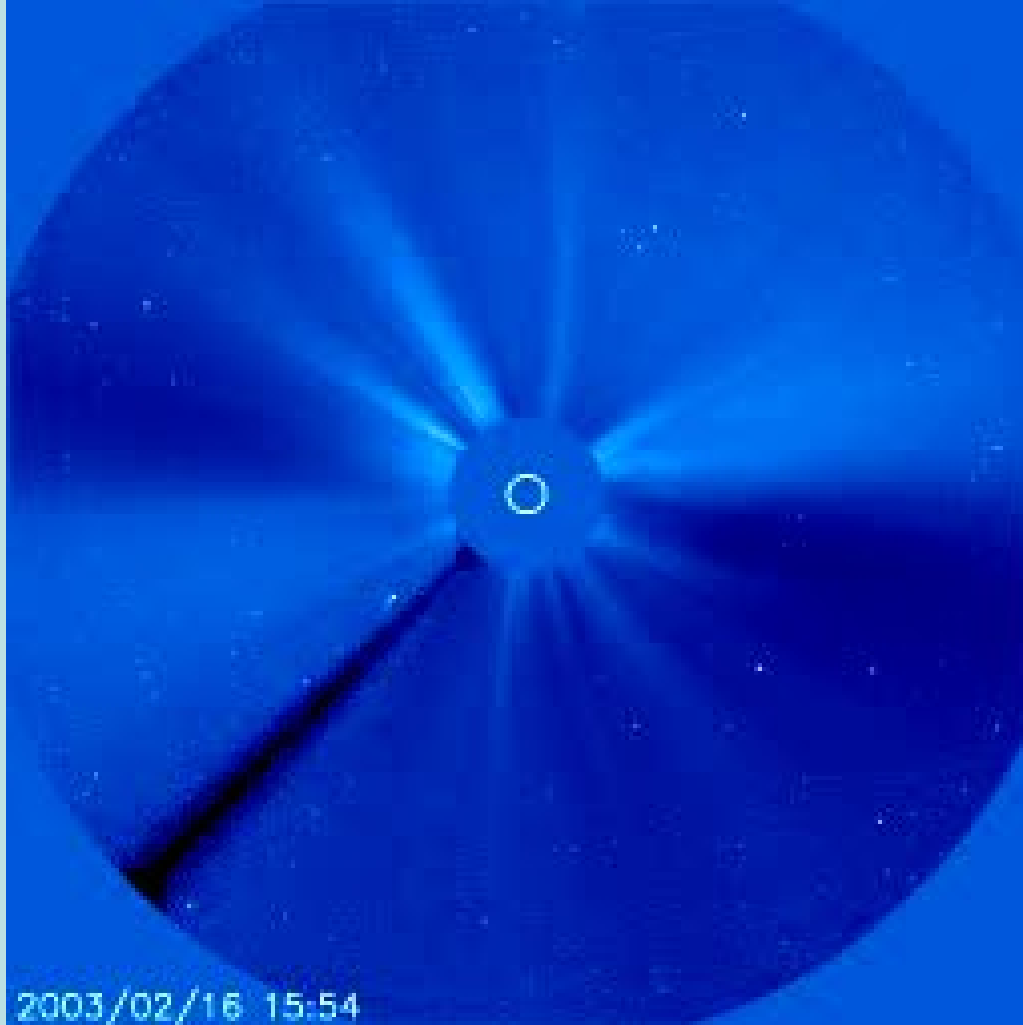


# Cometas sungrazers:



Satélite SOHO (LASCO C2 y C3)

# Cometas sungrazers:



C/2002 V1 NEAT

$$q = 0.099 \text{ ua}$$

$$e = 0.9999$$

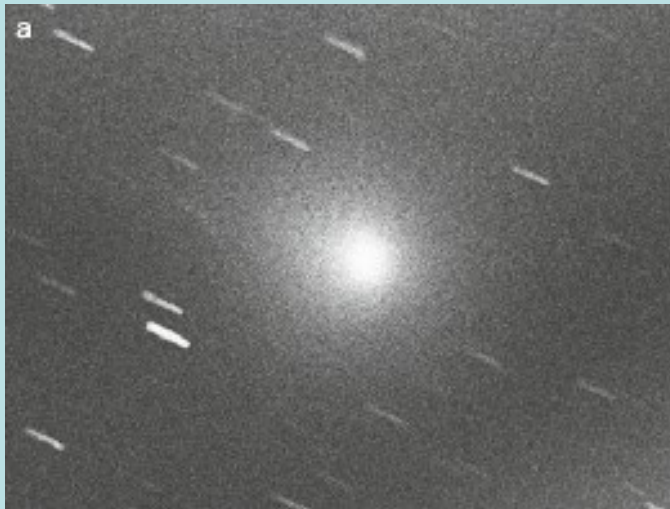
$$i = 81.7^\circ$$

# Cometas sungrazers:

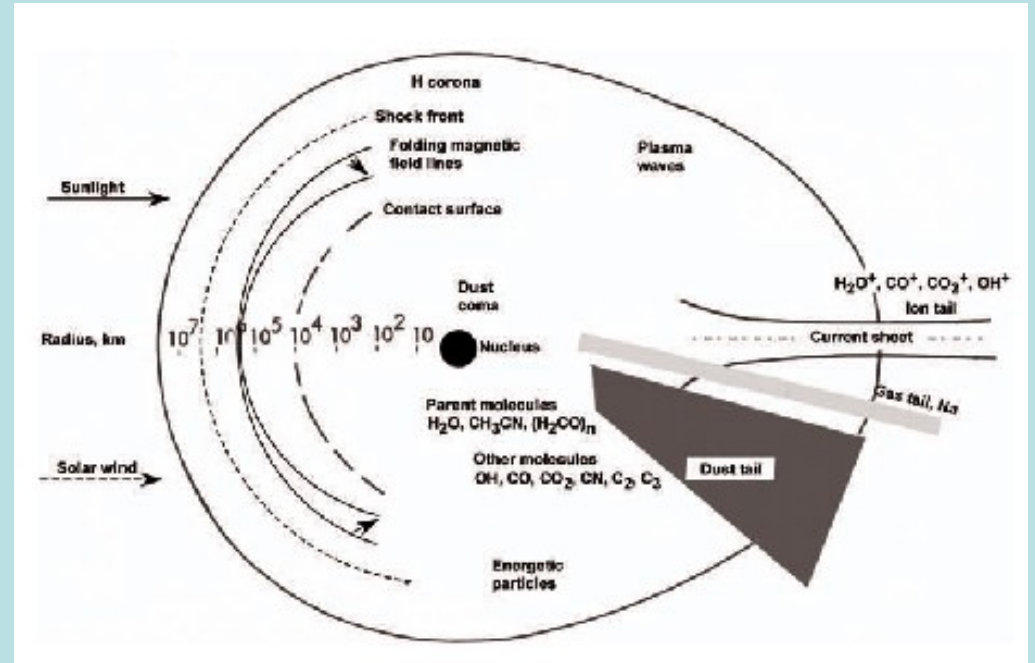


Dos cometas juntos colisionando  
con el Sol (01/06/98)

# Comas:



2P/Halley





# Comas:

## Producción de gas

$$(1 - A_b) \frac{F_{\odot} e^{-\tau}}{r_{AU}^2} \pi R^2 = 4\pi R^2 \varepsilon_{ir} \sigma T^4 + \frac{QL_s}{N_A} + 4\pi R^2 K_T \frac{T}{z}$$

The equation is annotated with four callout boxes:

- Sun-Light absorbed**: points to the term  $(1 - A_b) \frac{F_{\odot} e^{-\tau}}{r_{AU}^2} \pi R^2$
- Thermal energy emitted**: points to the term  $4\pi R^2 \varepsilon_{ir} \sigma T^4$
- Energy from evaporation**: points to the term  $\frac{QL_s}{N_A}$
- Heat conduction into interior**: points to the term  $4\pi R^2 K_T \frac{T}{z}$

where

$Q$  gas production rate

$K_T$  thermal conductivity

$L_s$  latent heat of sublimation per mole

$\varepsilon_{ir}$  infrared emissivity

$\tau$  optical depth of the coma

$T$  temperature of the surface

# Comas:

## Brillo del cometa

The apparent brightness of a comet

$$B_v \propto r_{\odot}^{-\zeta} r_{\Delta}^{-2}$$

$r_{\Delta}$  is the distance between comet and observer

$r_{\odot}$  is the distance between the comet and Sun

An inert object has  $\zeta=2$

Comets have  $\zeta > 2$ . Gas production rate can make the comet's  $\tau=1$  surface be large

Apparent magnitude

$$m_v = M_v + 2.5\zeta \log r_{AU} + 5 \log r_{\Delta,AU}$$

# Comas:

$$\frac{1}{2} \mu_a m_a m_u v_o^2 = \frac{3}{2} kT,$$

$$\int_{R_c}^{\infty} \frac{Q \sigma_x}{4\pi r^2 v_o} dr = 0.5,$$

$R_c$  es el radio donde el flujo deja de ser hidrodinámico y pasa a ser no-colisional.

$\sigma_x$  es la sección eficaz.

$Q$  es la tasa de producción gaseosa.

$Q$  para el agua:

$$Q \approx \frac{1.2 \times 10^{18} \pi R^2}{r_{AU}^2},$$

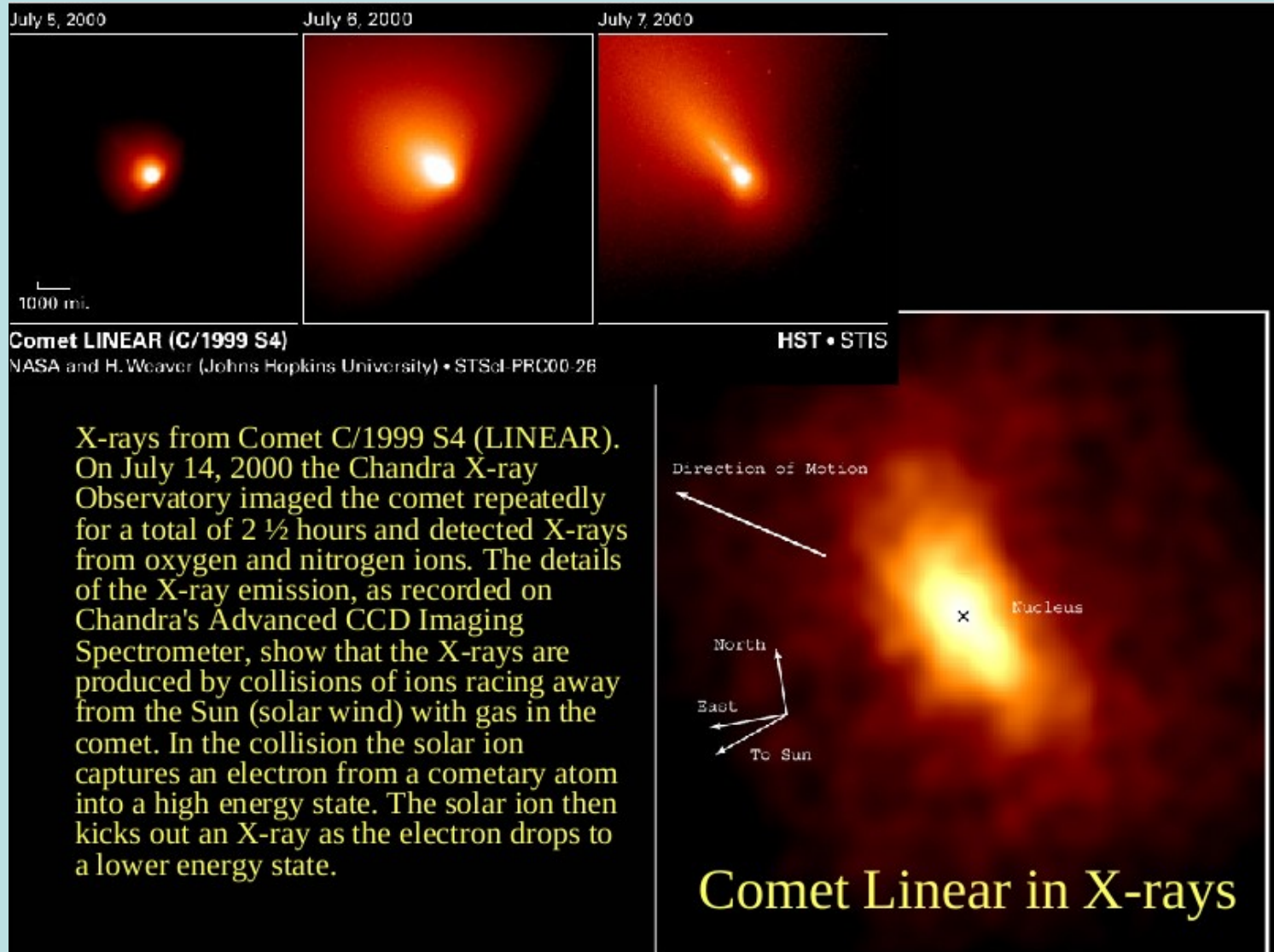
Moléculas padres:

$$N_p(r) = \frac{Q_p}{4\pi r^2 v_p} e^{-r/R_p},$$

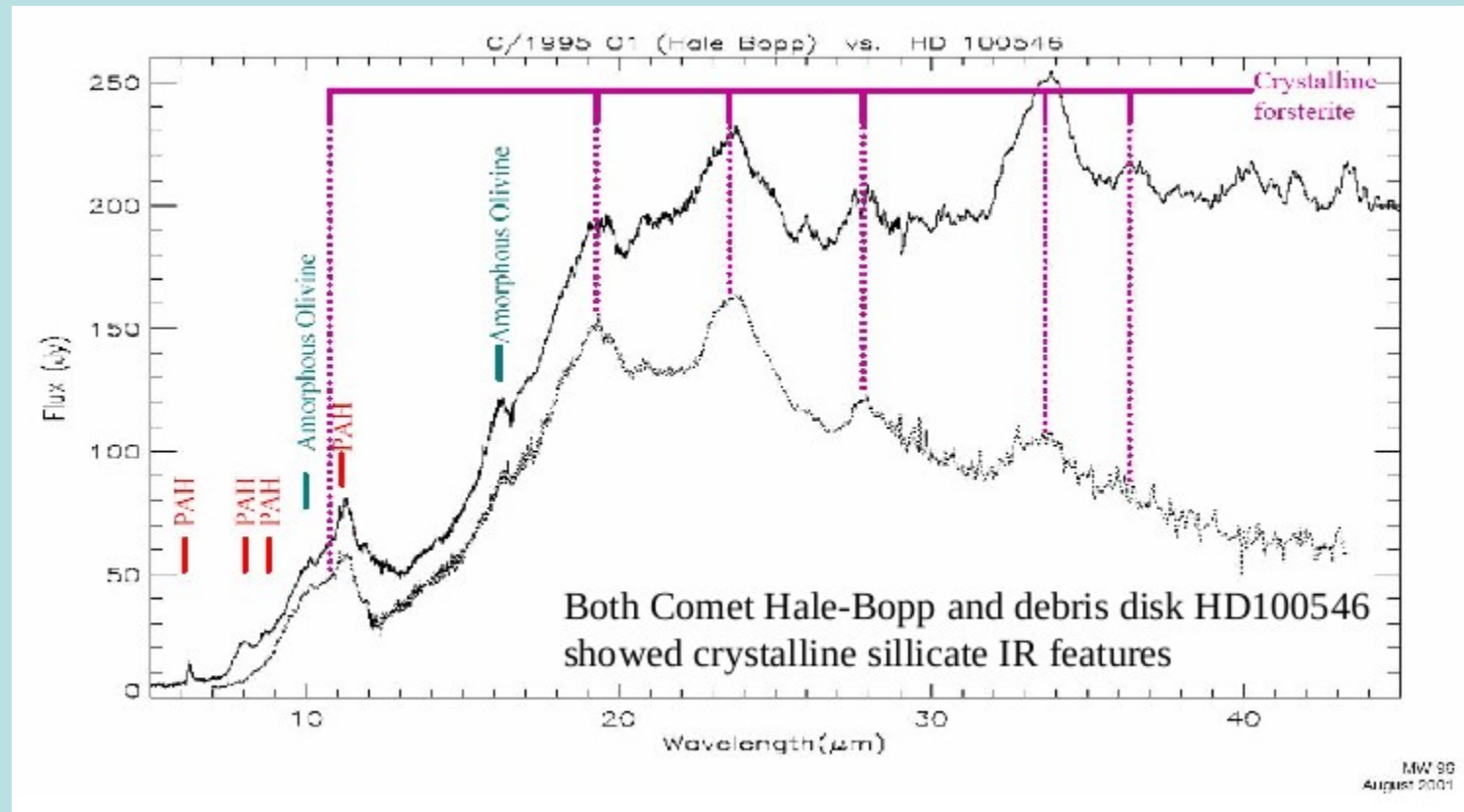
Moléculas hijas:

$$N_d(r) = \frac{Q_p}{4\pi r^2 v_d} \frac{R_d}{R_d - R_p} \left( e^{-r/R_d} - e^{-r/R_p} \right).$$

# Comas:

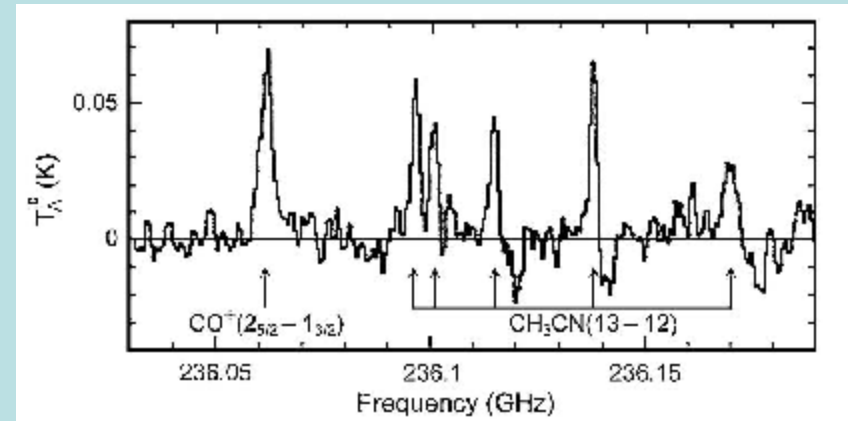
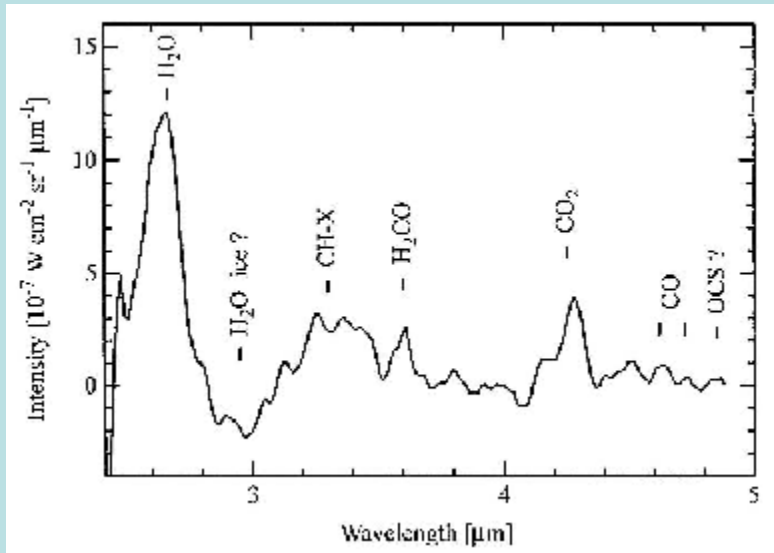


# Comas:



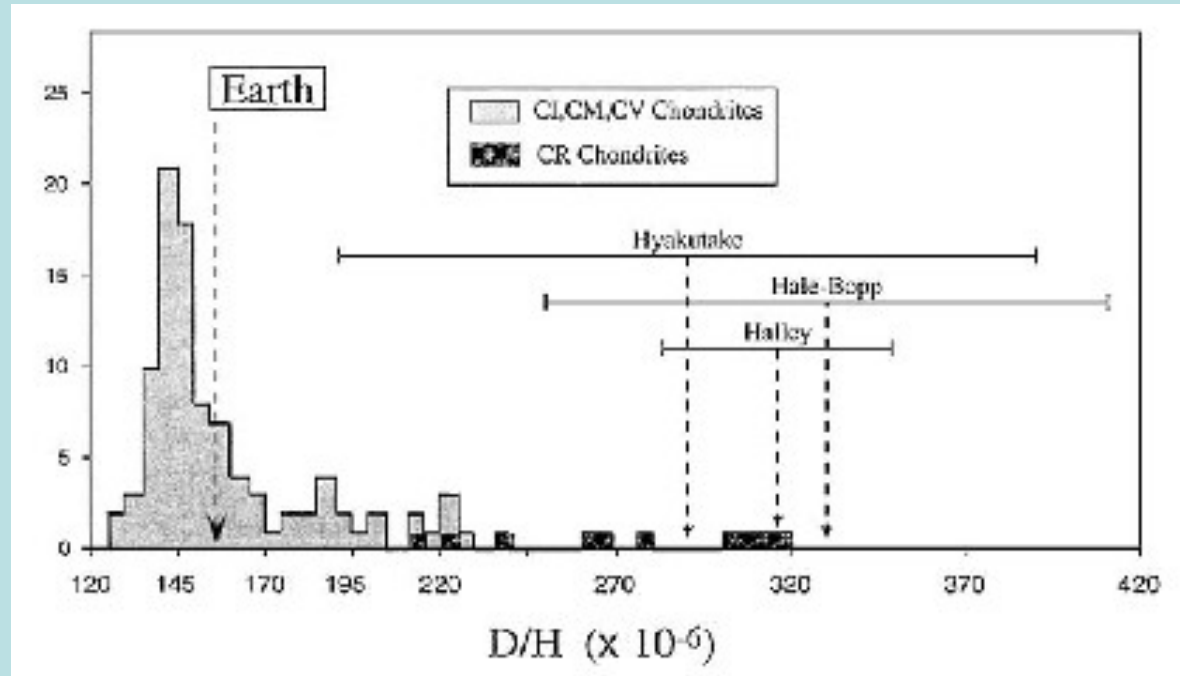
Silicatos presentes en discos estelares

# Comas:



Se detectan bandas de compuestos en IR y radio

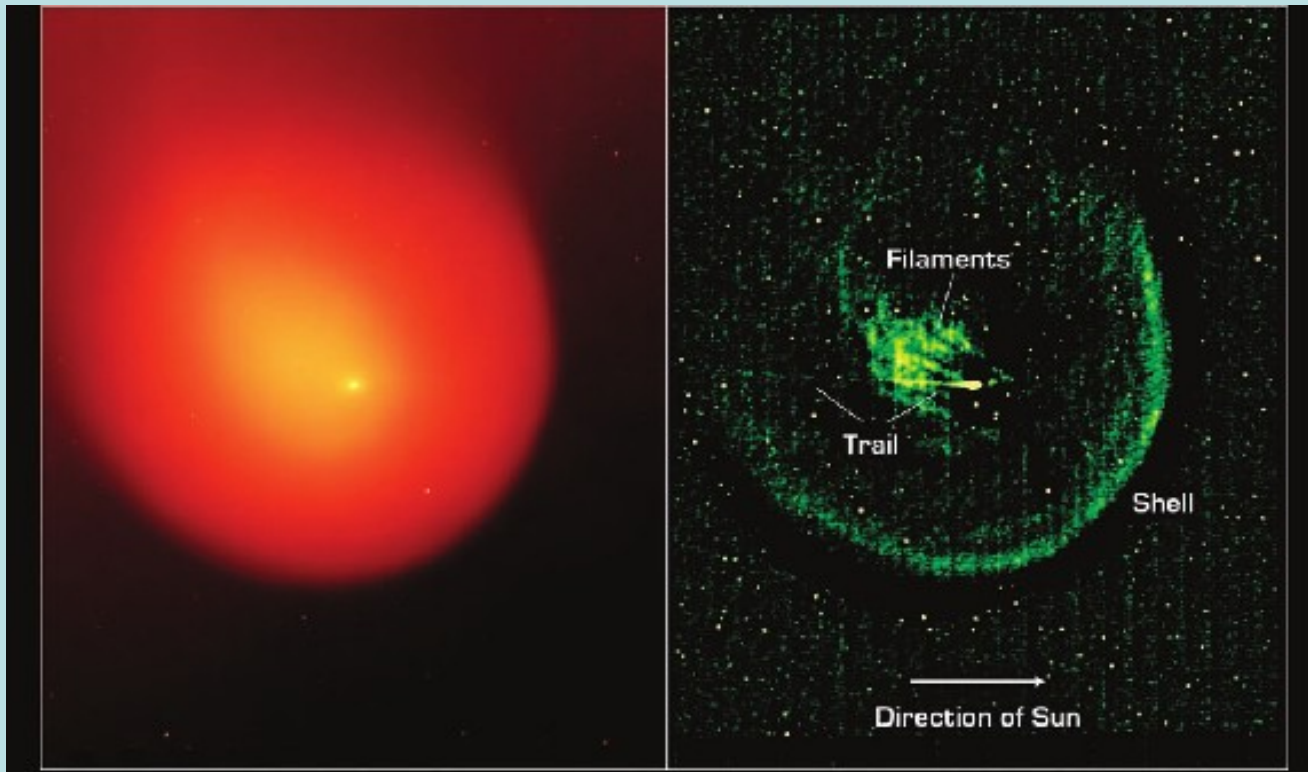
# Comas:



## Relación D / H para diferentes objetos

Posiblemente el Deuterio fue más abundante en el Sistema Solar exterior e ISM (~ 10 veces la protosolar)

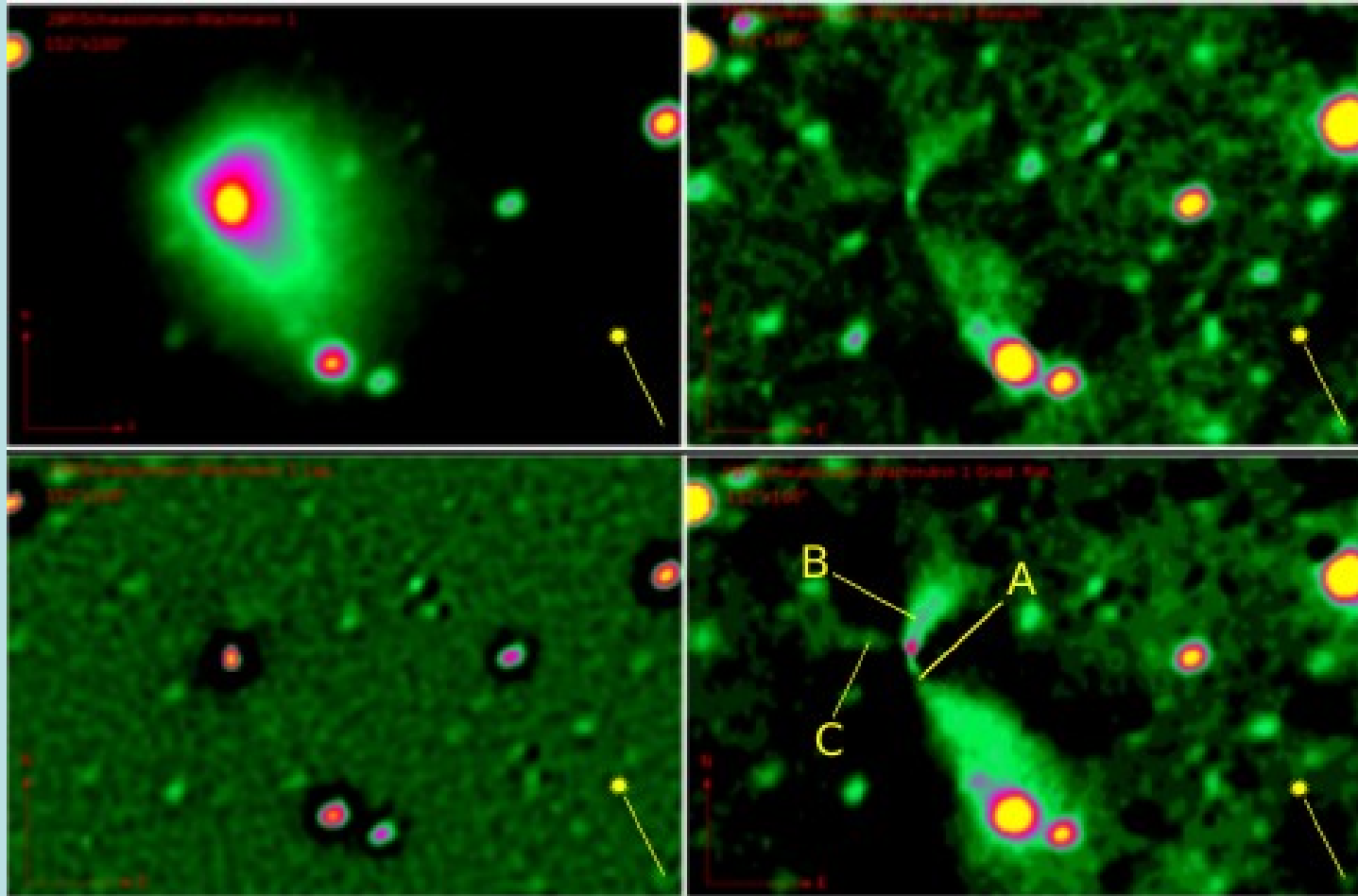
# Comas:



17P/Holmes

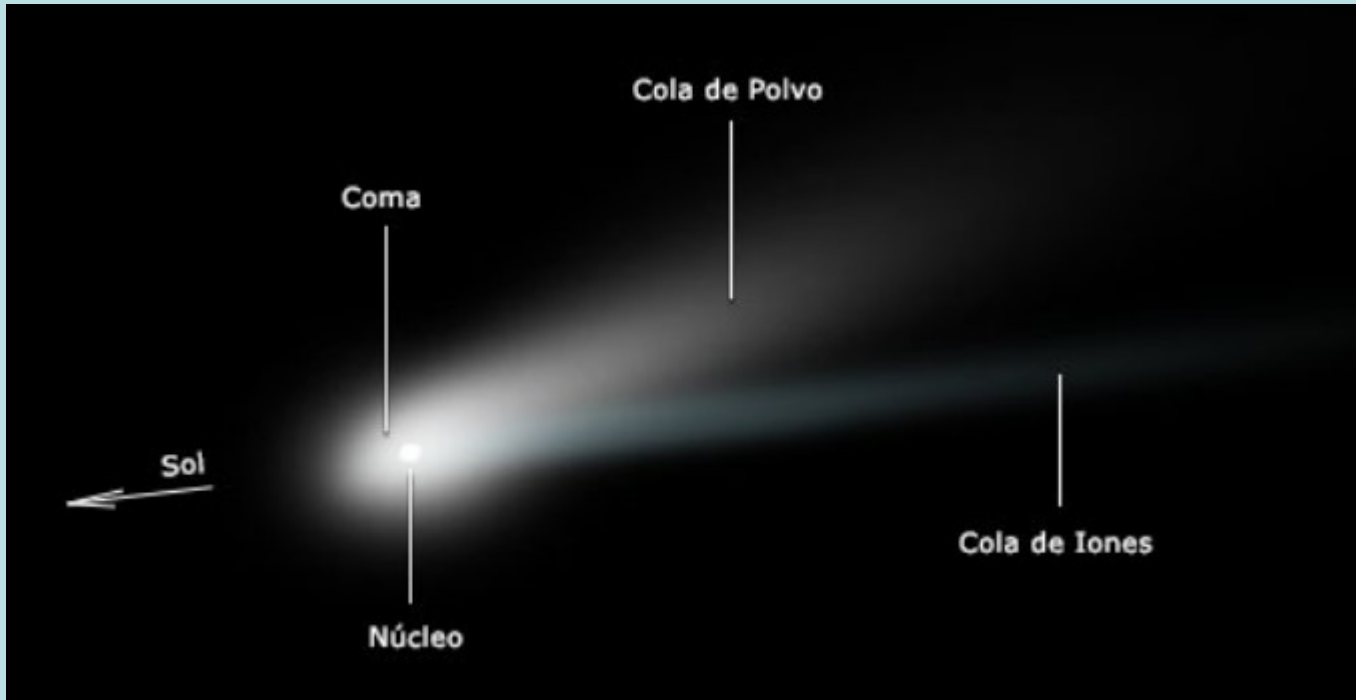


# Comas:

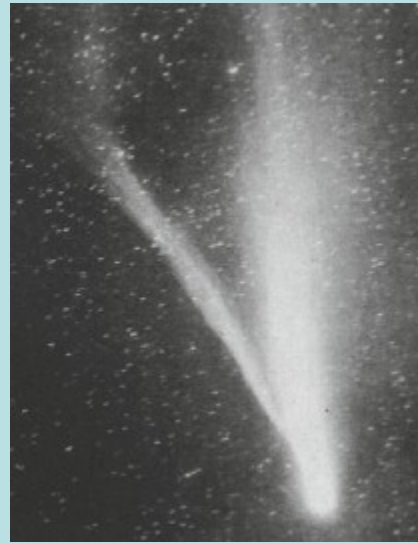
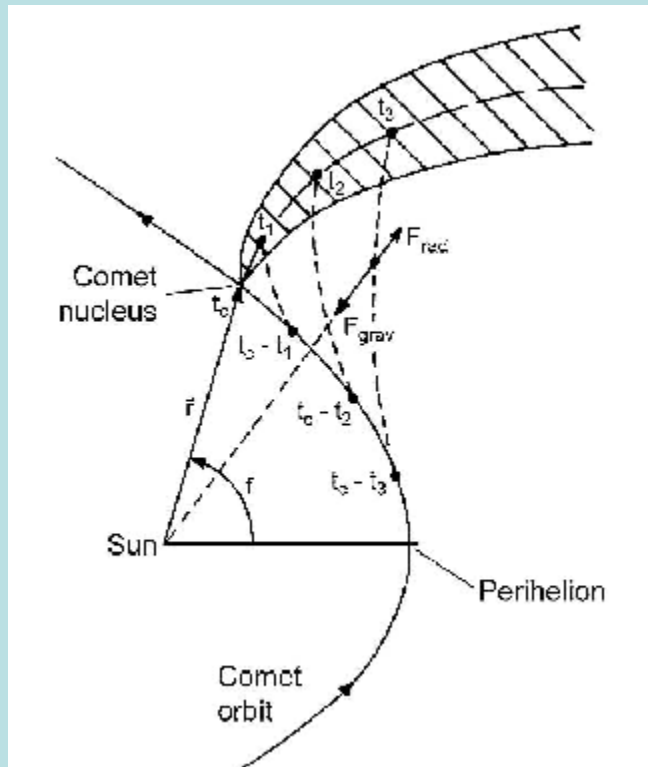


29P/ Schwassmann – Wachmann 1

# Colas:



# Colas:



C/1978 A1  
West



C/1959 X1  
Mrkos

# Colas:



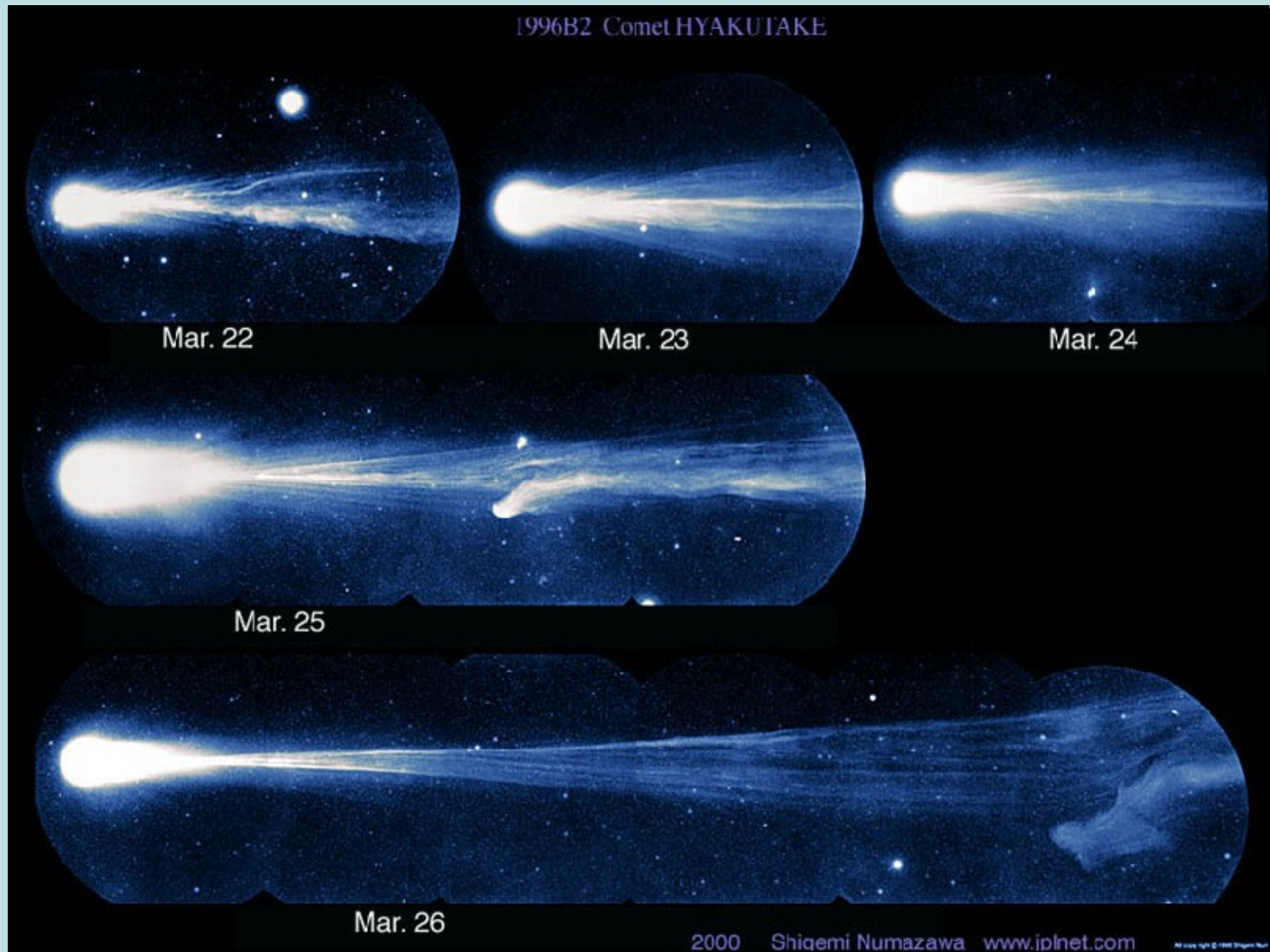
C/2011 L4  
PANSTARRS

Presencia de estrias



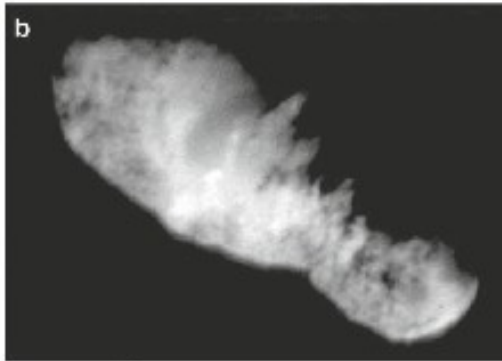
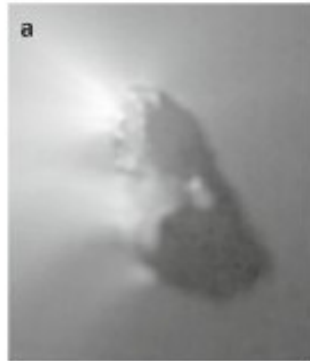
C/1995 O1  
Hale-Bopp

# Colas:



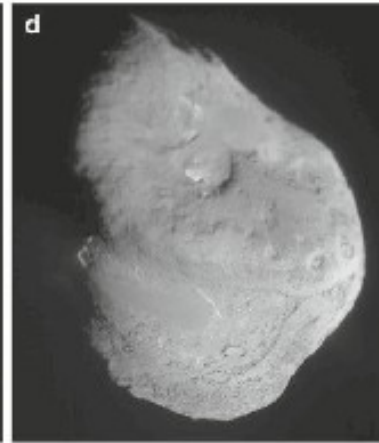
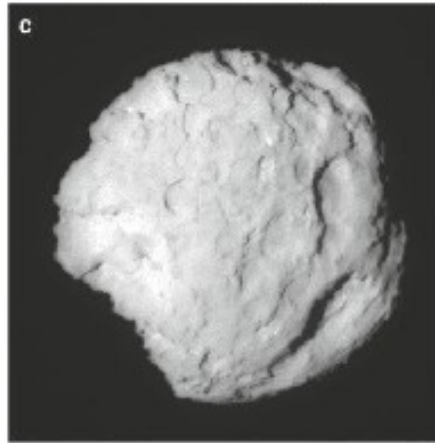
# Núcleos:

2P/Halley



19P/Borrelly

81P/Wild 2



9P/Tempel 1

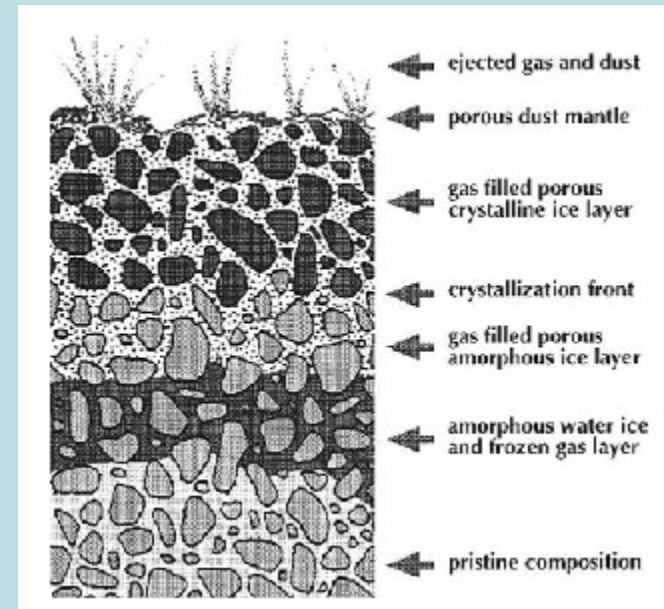
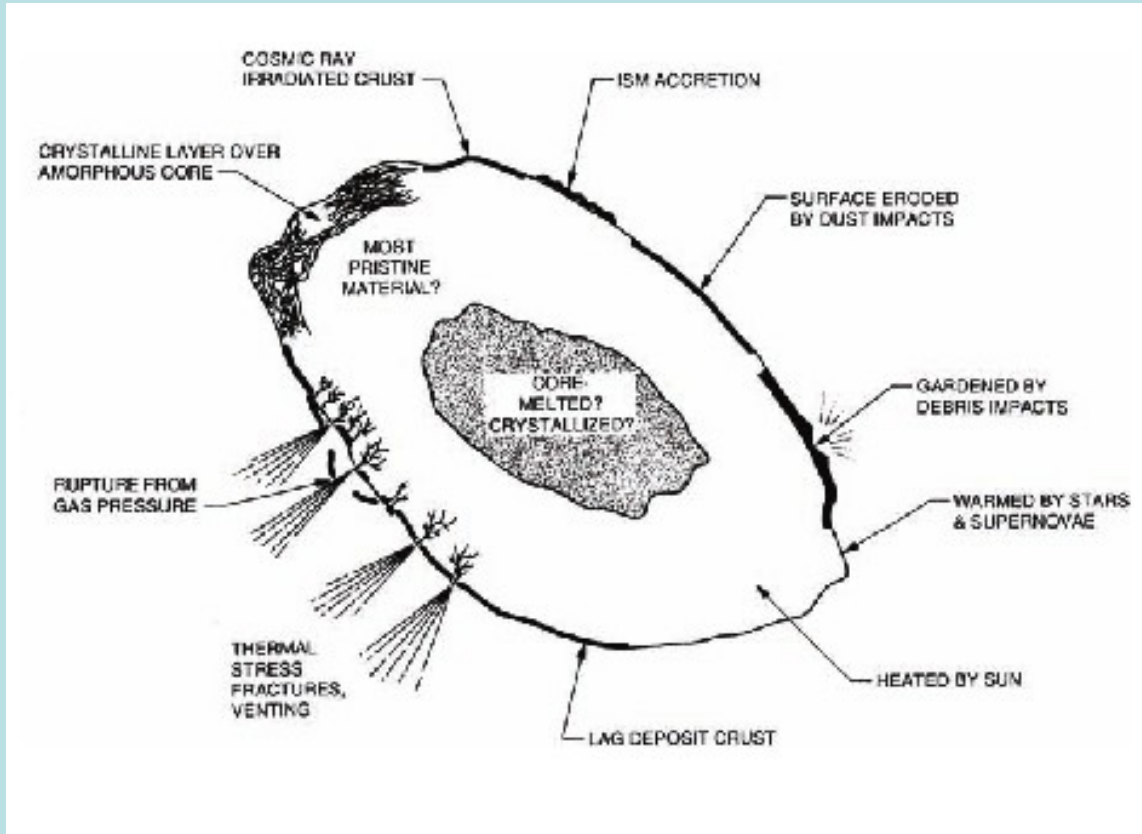
# Núcleos:



2P/Halley



# Núcleos:



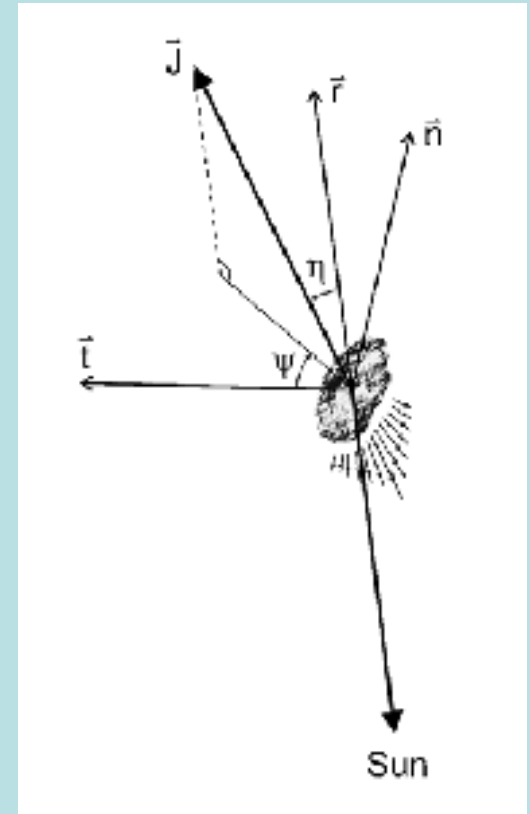
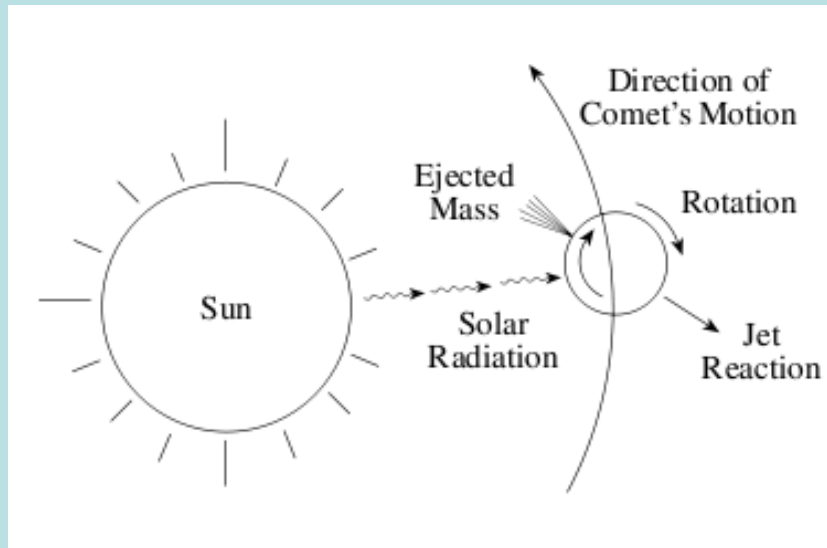


# Núcleos:



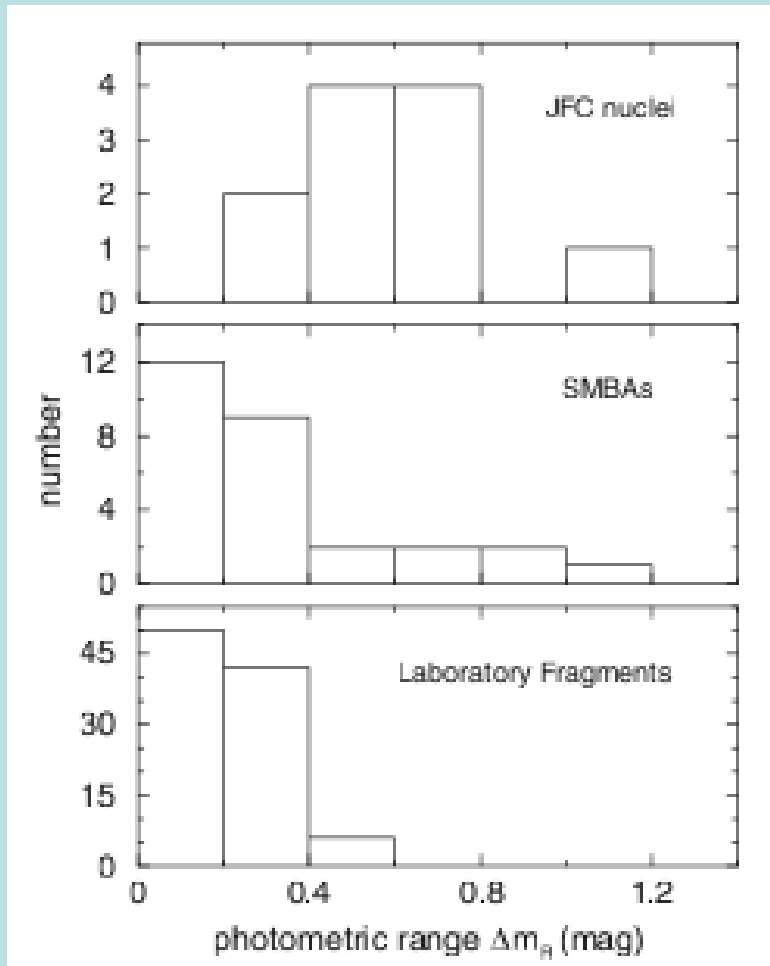
332P/Ikeya-Murakami

# Núcleos:



La existencia de Jets produce un efecto no gravitatorio en el movimiento del cometa

# Núcleos:



Núcleo Elipsoidal

Sup. Máxima = A

Sup. Mínima = B

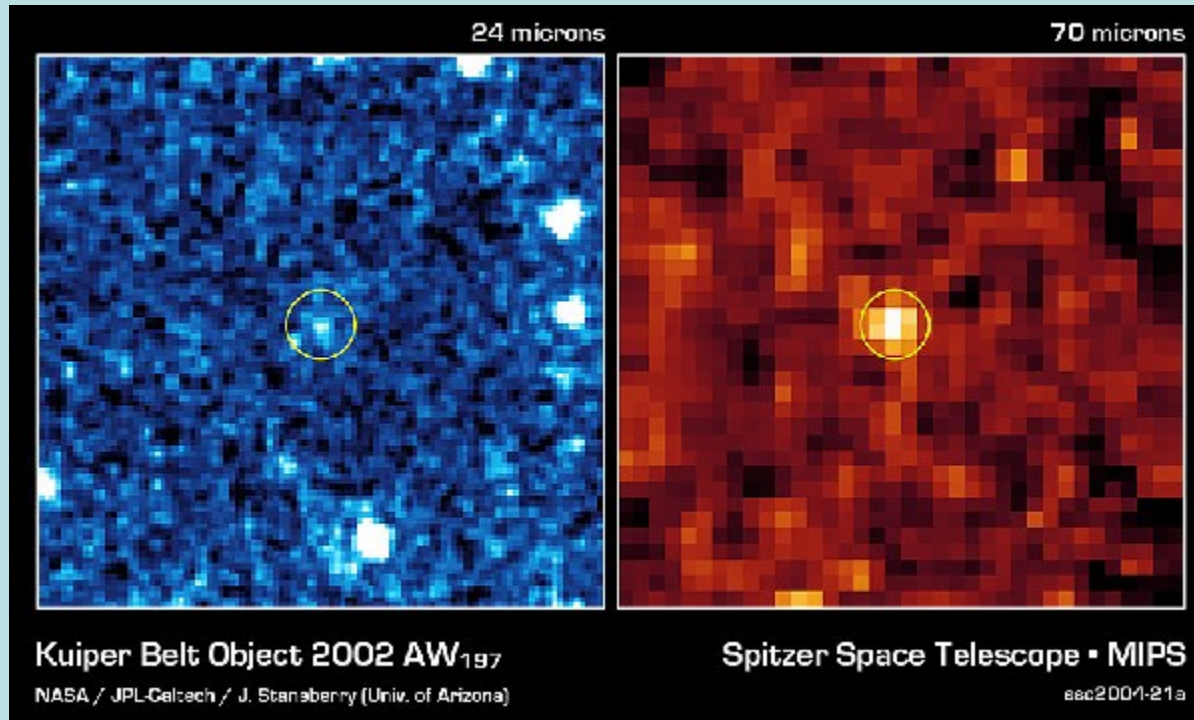
$$m_{max} = -2.5 \log(\pi A),$$
$$m_{min} = -2.5 \log(\pi B).$$

$$\Delta m = -2.5 \log(A/B)$$

$$\frac{A}{B} = 10^{-0.4 \Delta m}$$

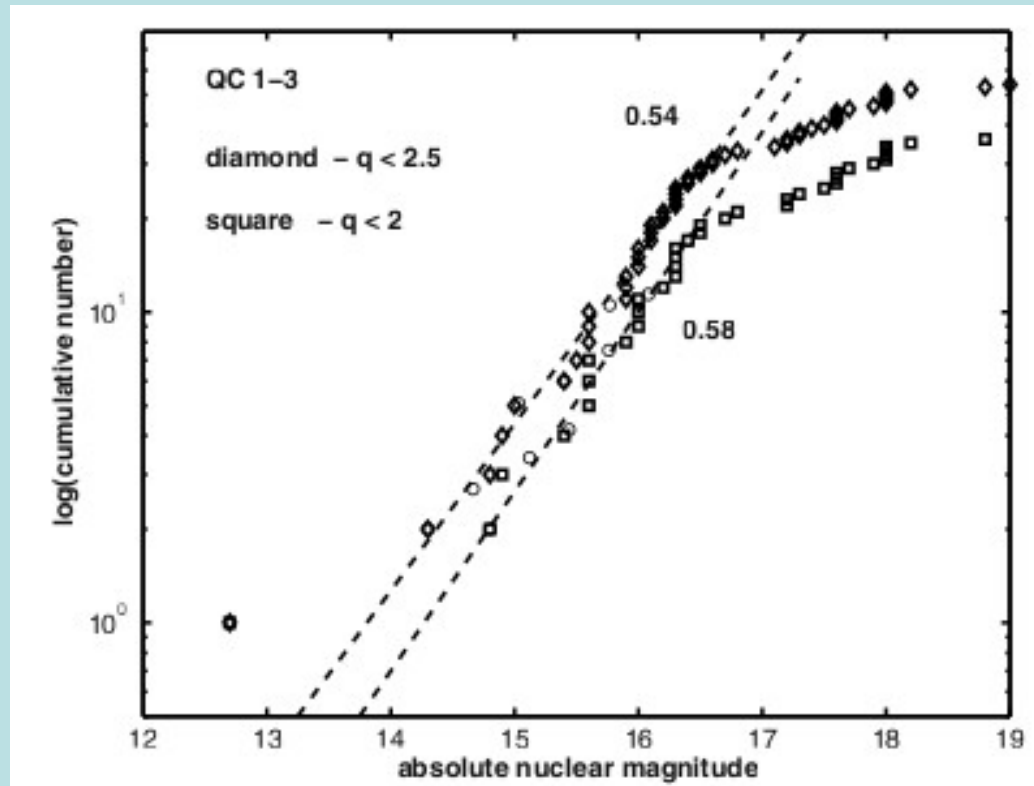
# Núcleos:

Se suponía  $p_v \sim 0.04$



Spitzer encuentra  $p_v \sim 0.18$   
Para un TNO

# Núcleos:



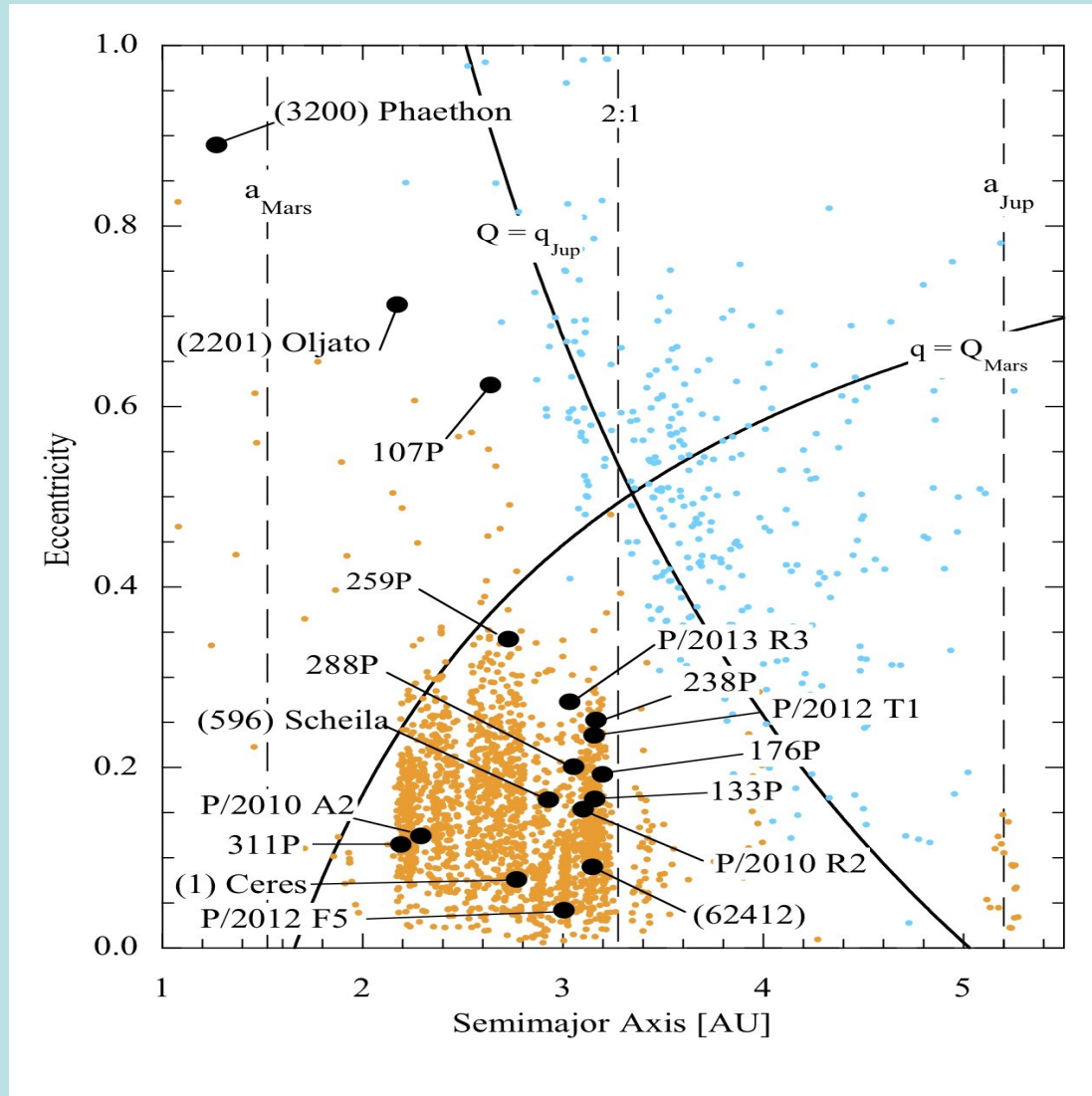
Distribución de tamaños  
Cometas de la familia de Júpiter

# ACOs, MBCs y asteroides activos:

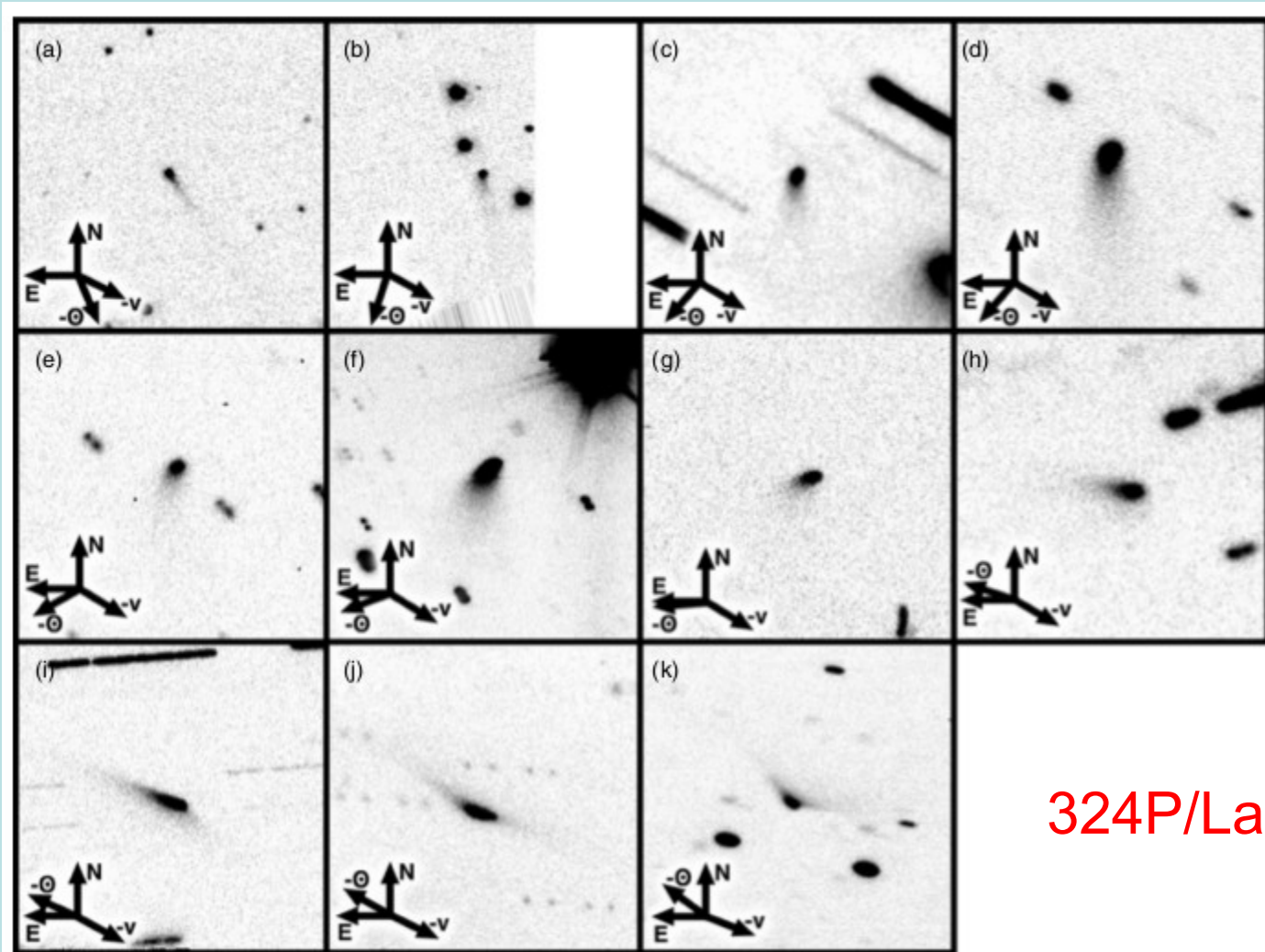
- Los asteroides en órbitas cometarias (ACOs) son objetos que no presentan actividad pero se mueven en órbitas con  $T_J < 3$  en el Sistema Solar interior.
- Los Main-belt comets son asteroides que se mueven en órbitas con  $T_J > 3$  pero que han mostrado actividad.
- Los asteroides activos son los objetos que muestran actividad en su perihelio.
- Algunos NEAs tienen propiedades dinámicas de cometas y se cree que pueden ser objetos extintos.



# ACOs, MBCs y asteroides activos:



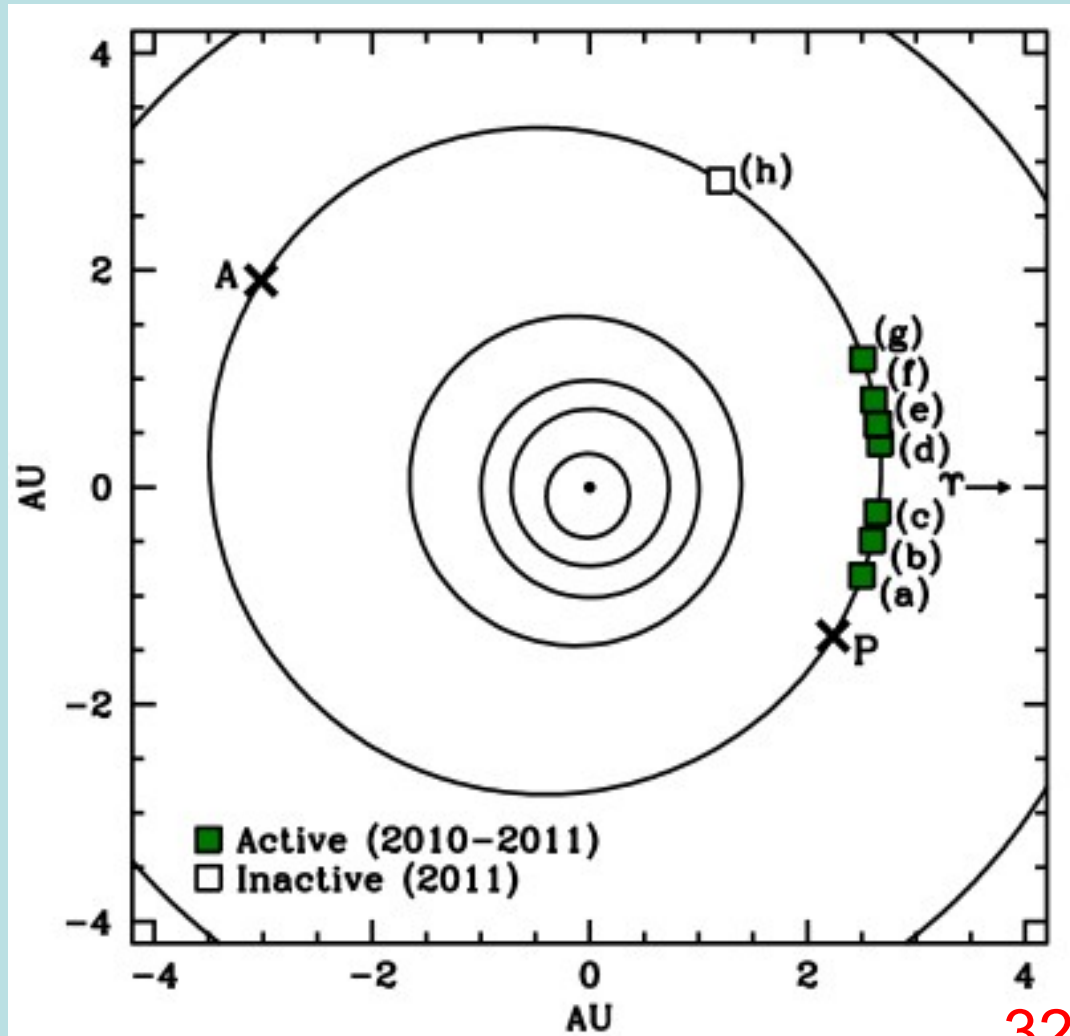
# ACOs, MBCs y asteroides activos:



324P/La Sagra



# ACOs, MBCs y asteroides activos:



324P/La Sagra

