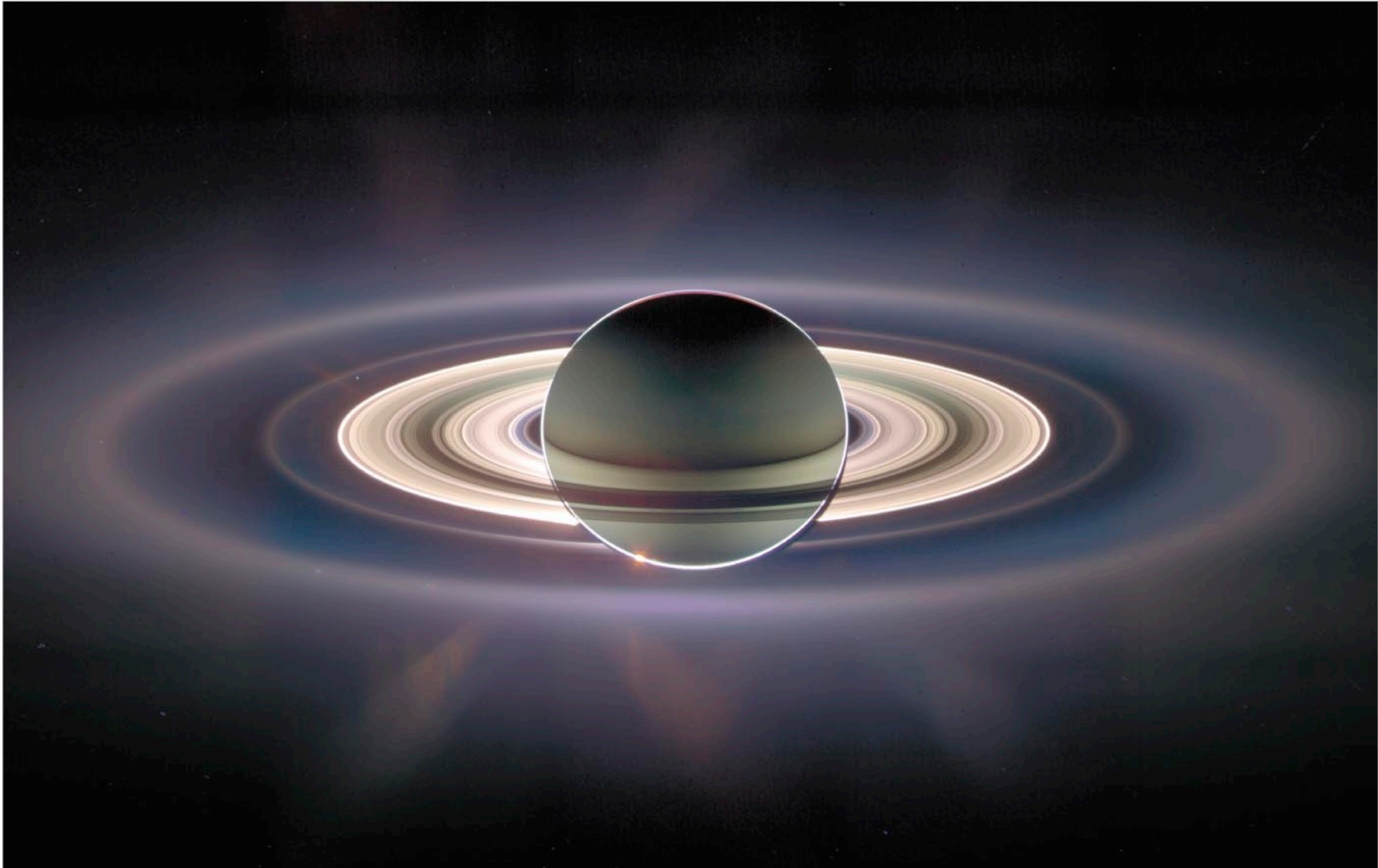


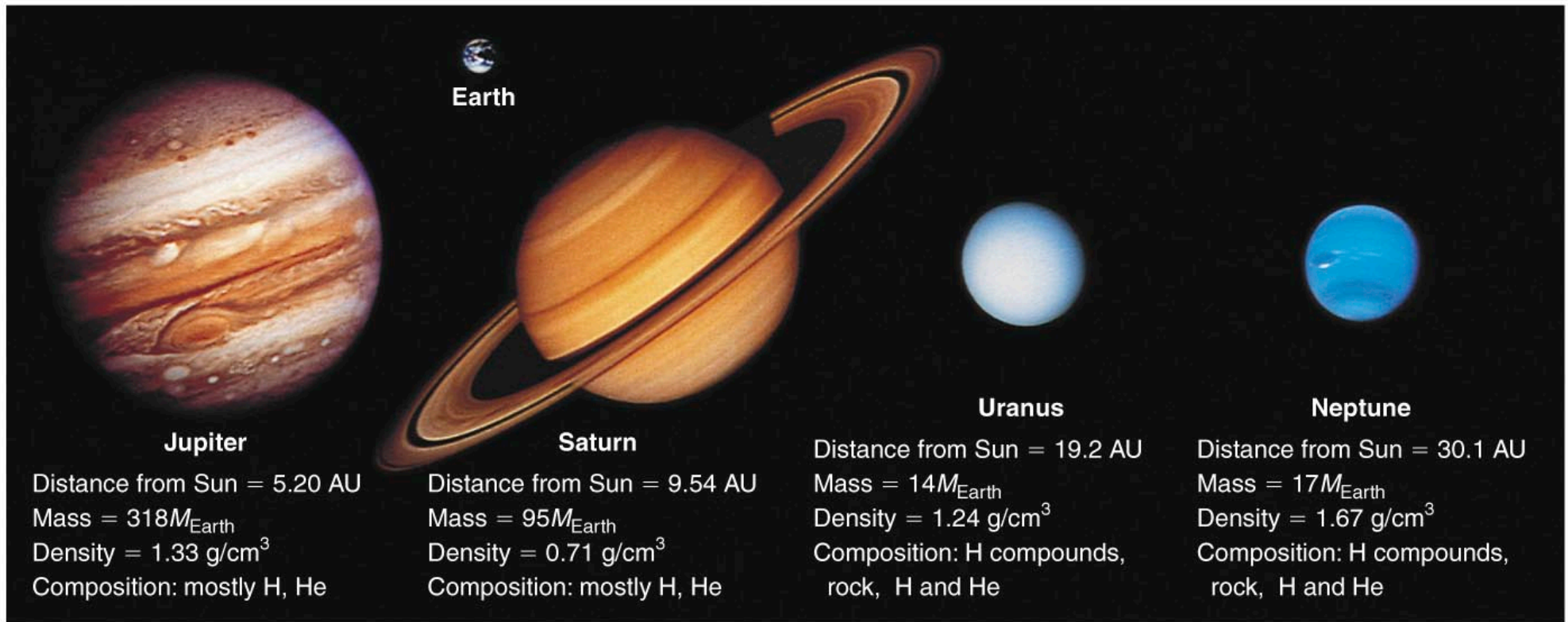
# Asteroides, cometas y planetas enanos: su origen, órbitas e impactos



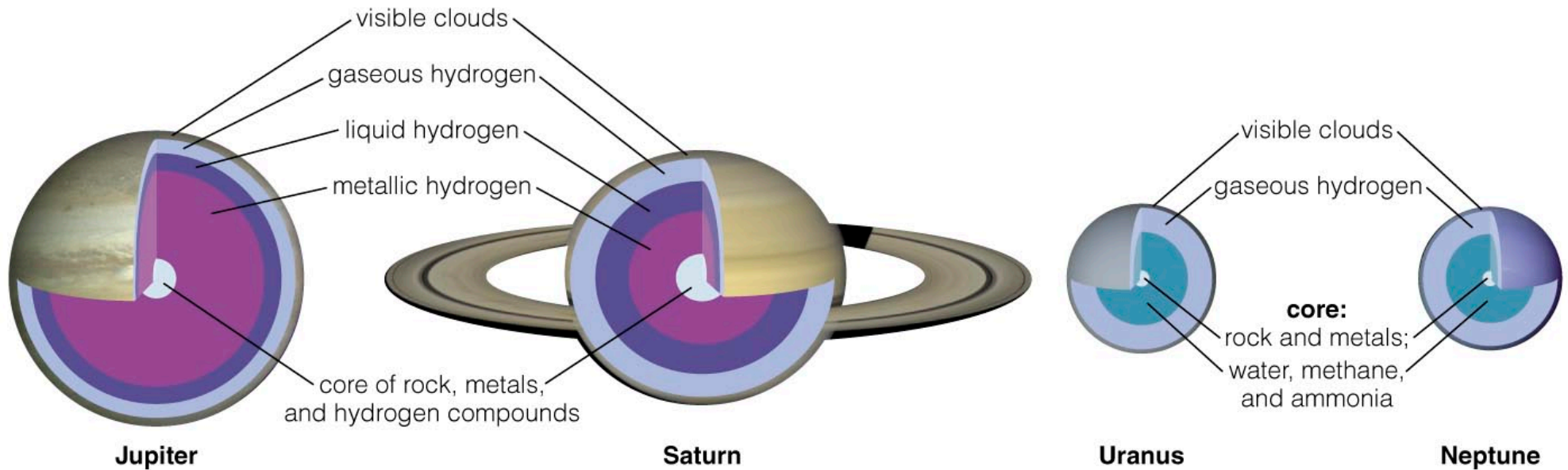
# Sistemas planetarios jovianos



# ¿Son todos los planetas jovianos iguales?



# Comparando los interiores jovianos

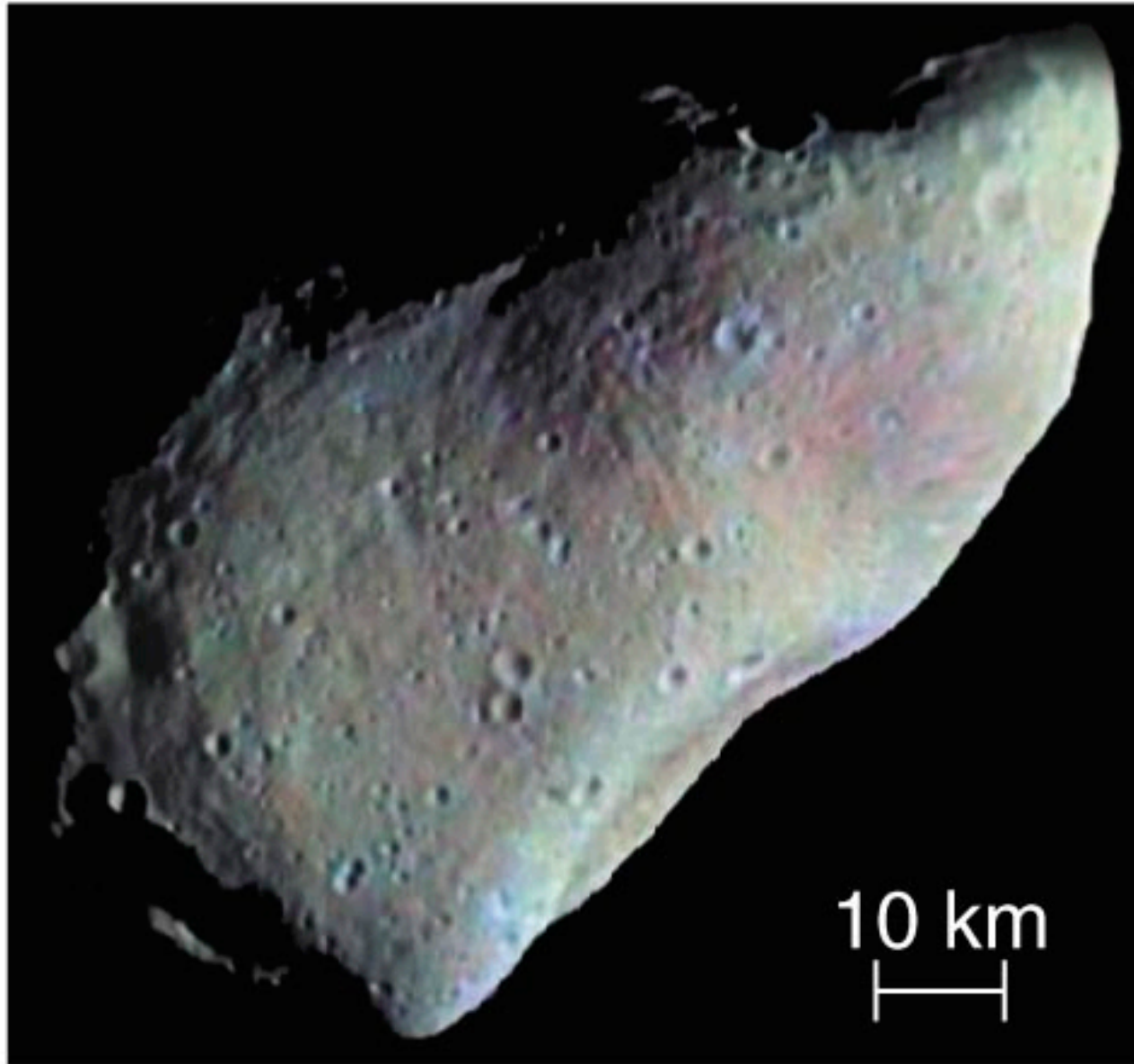


- Los modelos sugieren que los núcleos de los planetas jovianos tienen una composición similar.
- Las presiones más bajas dentro de Urano y Neptuno significan que no hay hidrógeno metálico.

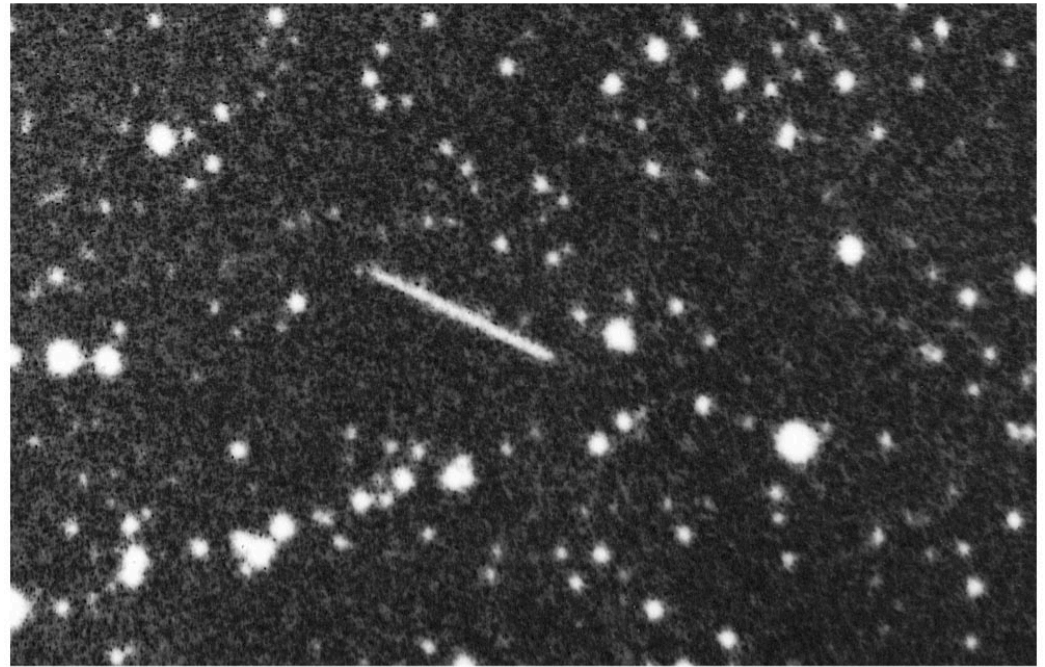
# Asteroides y meteoritos

- ¿Cómo son los asteroides?
- ¿Por qué hay un cinturón de asteroides?
- ¿De dónde vienen los meteoritos?

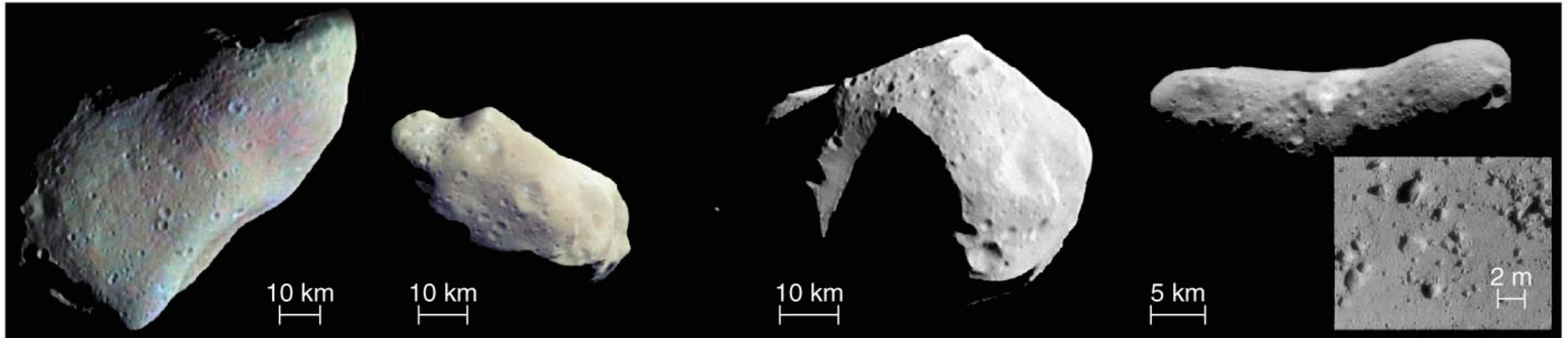
# ¿Cómo son los asteroides?



# Asteroid Facts



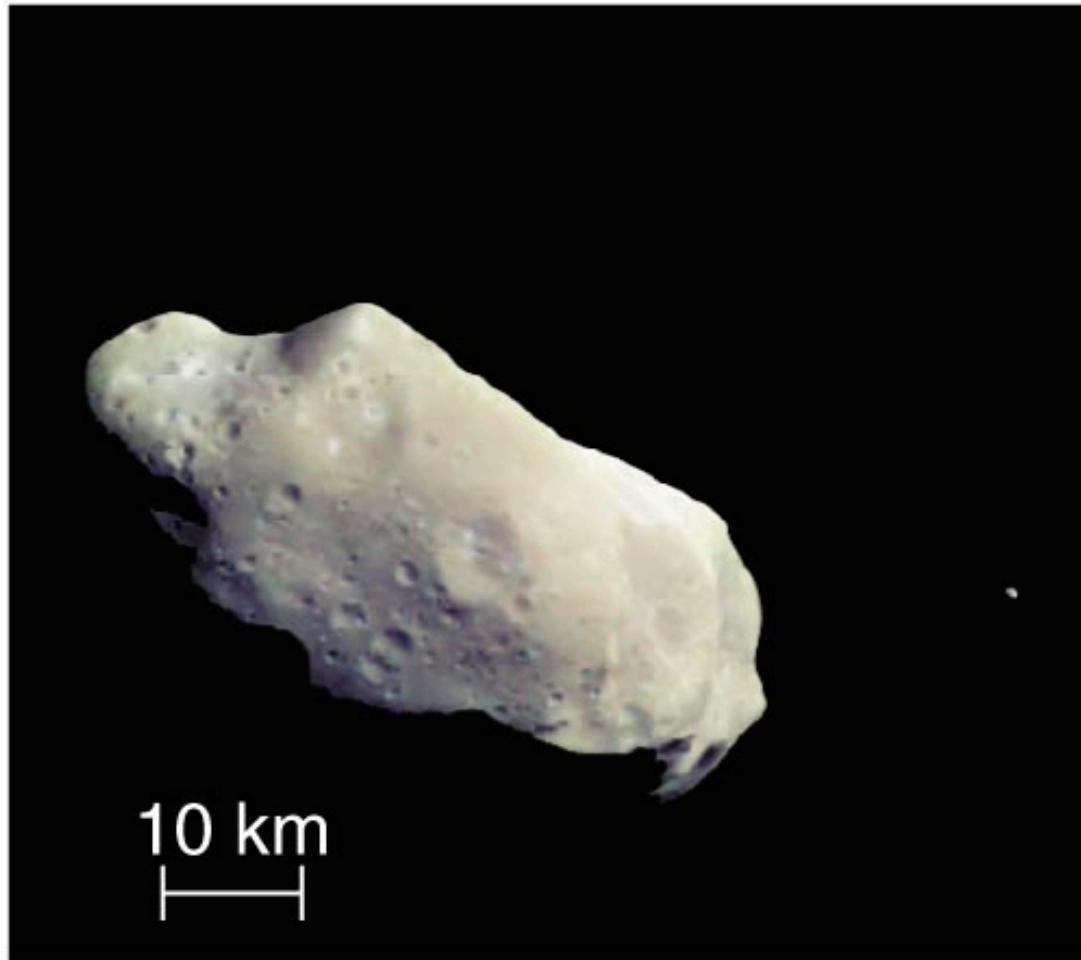
- Los asteroides son restos rocosos de la formación de planetas.
- El más grande es Ceres, diámetro  $\sim$  1000 kilómetros.
- 150,000 en catálogos, y probablemente más de un millón con un diámetro  $>$  1 kilómetro.
- Los asteroides pequeños son más comunes que los asteroides grandes.
- Todos los asteroides en el sistema solar no se agregarían a un pequeño planeta terrestre.



Los asteroides están craterizados y no redondos.

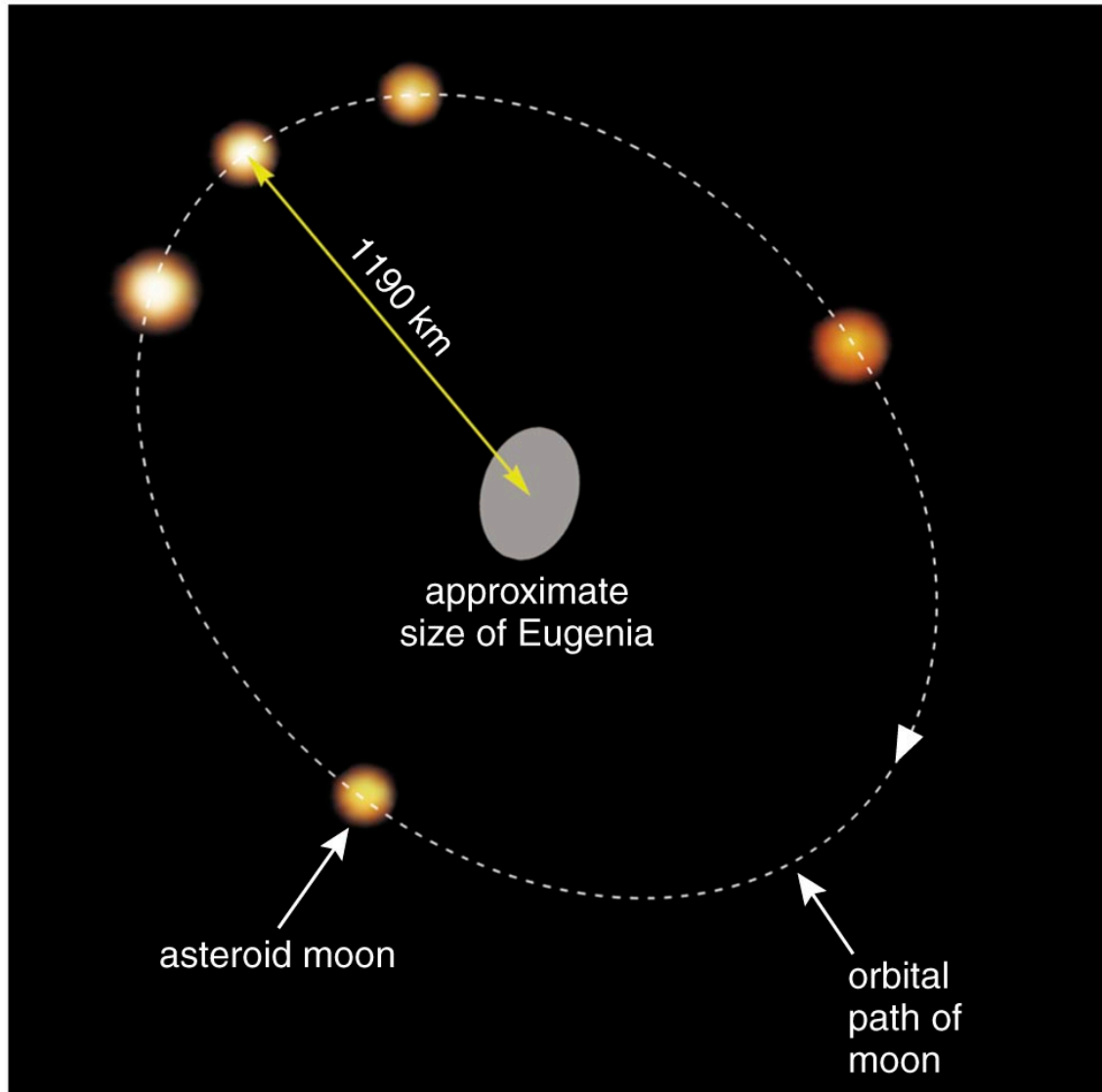


# Asteroides con lunas



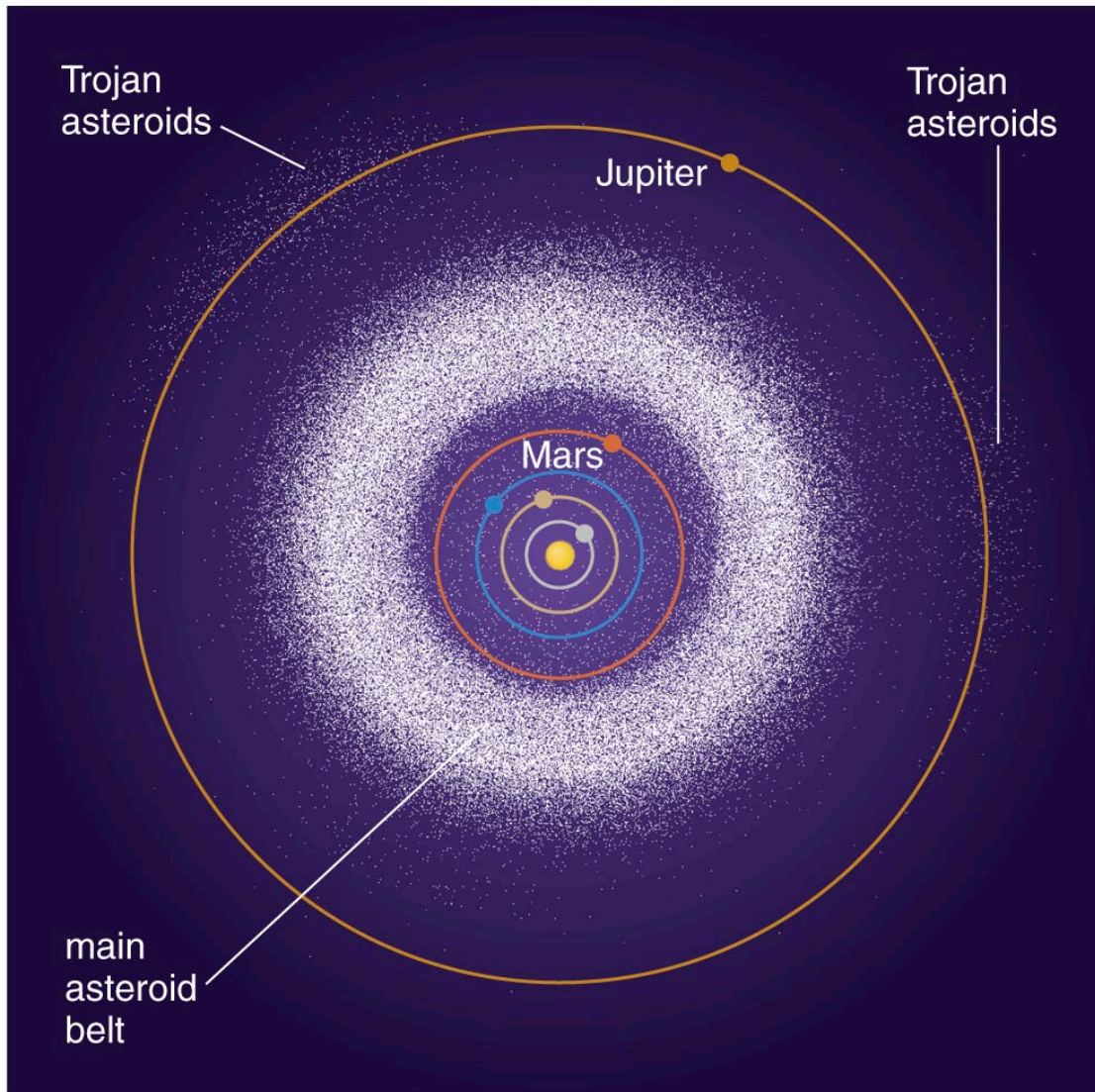
- Algunos asteroides grandes tienen su propia luna.
- El asteroide Ida tiene una pequeña luna llamada Dactyl.

# Densidad de los asteroides



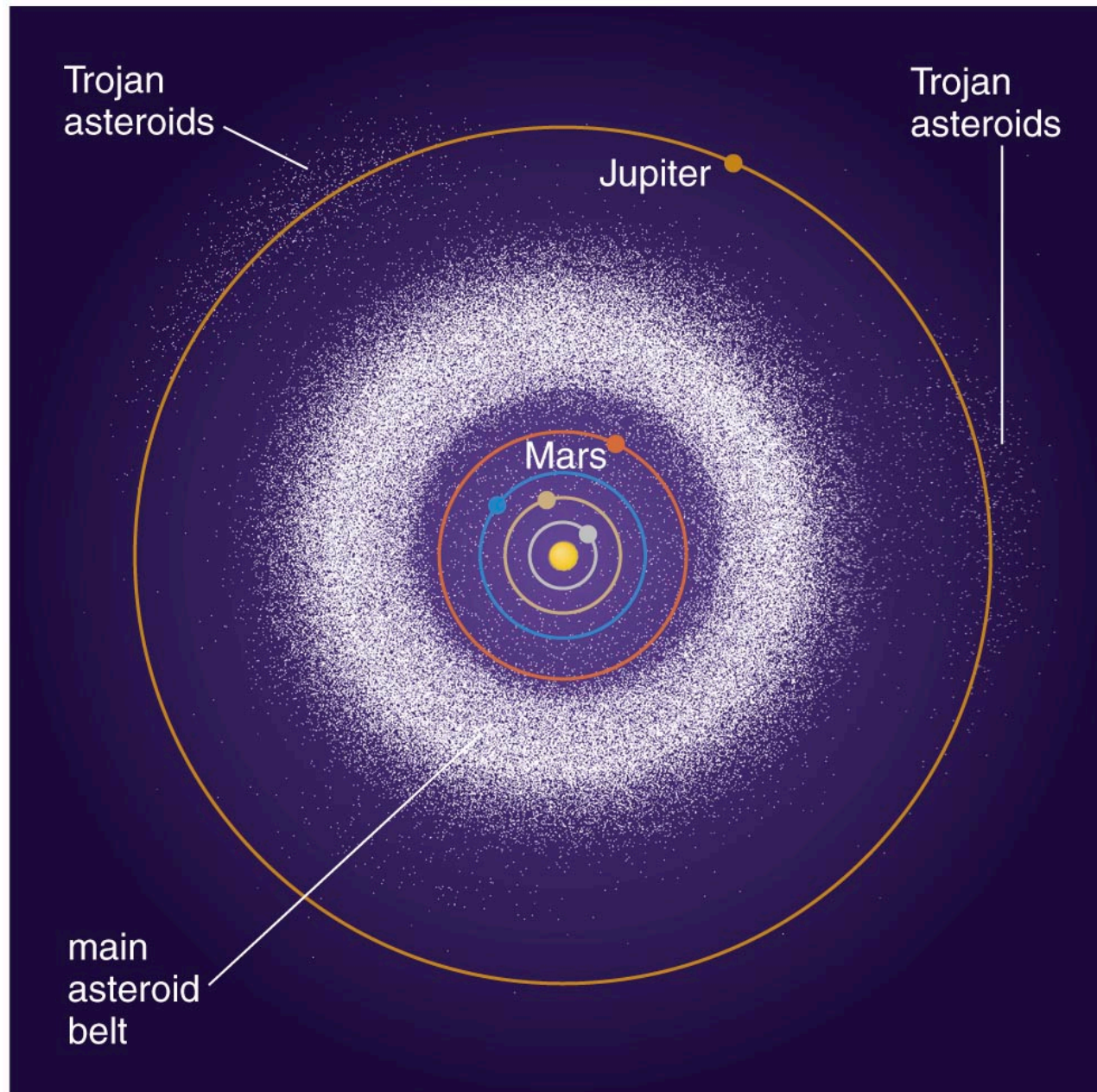
- Medir la órbita de la luna del asteroide nos dice la masa de un asteroide.
- La masa y el tamaño nos dicen la densidad de un asteroide.
- Algunos asteroides son de roca sólida; otros son solo montones de escombros.

# Órbitas de los asteroides



- La mayoría de los asteroides orbitan en el *cinturón de asteroides* entre Marte y Júpiter.
- Los asteroides *troyanos* siguen la órbita de Júpiter.
- Las órbitas de los *asteroides cercanos* a la Tierra cruzan la órbita de la Tierra.

# ¿Por qué hay un cinturón de asteroides?



¿Qué explicación para el cinturón parece la más plausible?

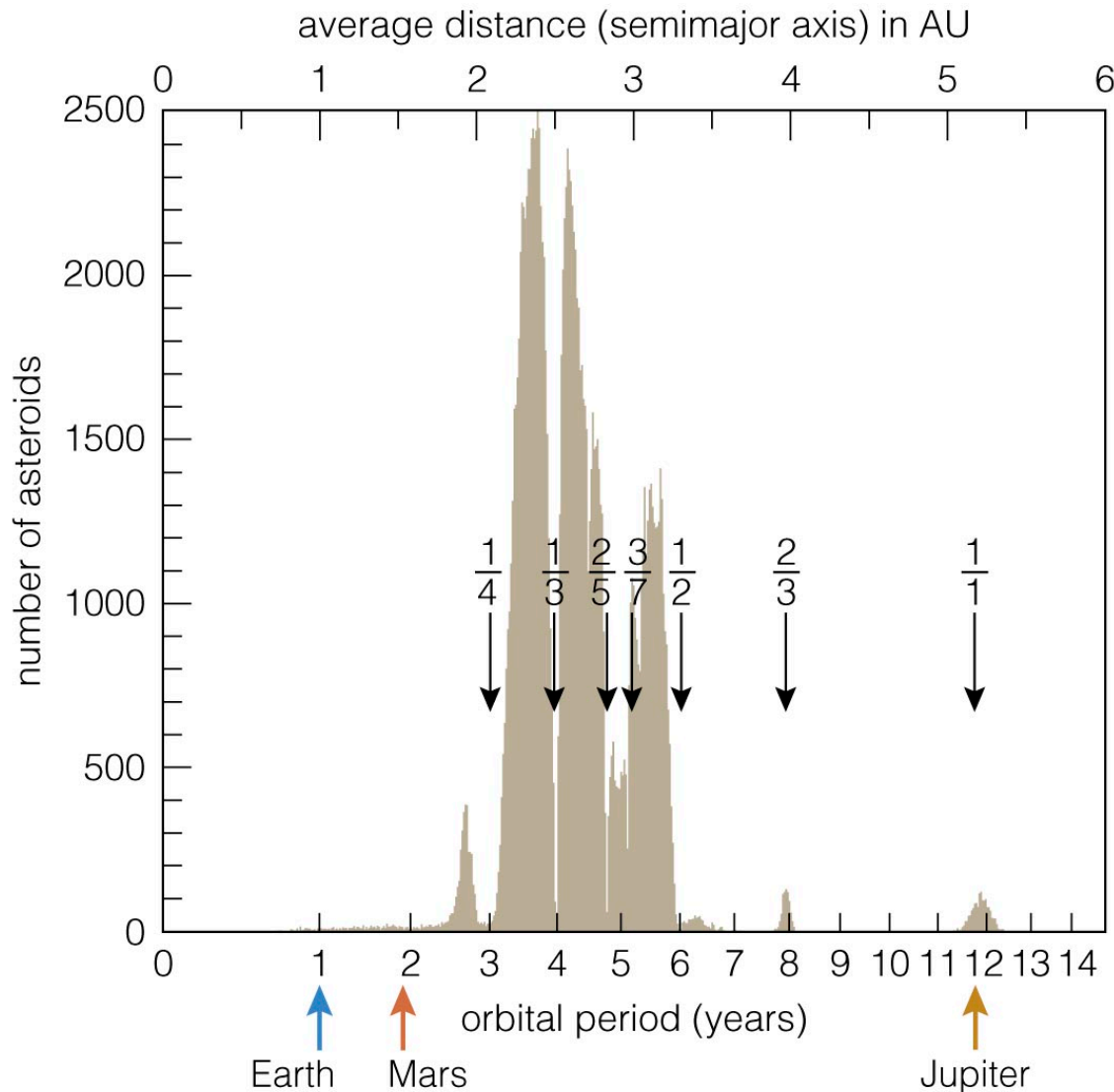
- A. El cinturón es donde se formaron todos los asteroides.
- B. El cinturón es el remanente de un gran planeta terrestre que solía estar entre Marte y Júpiter.
- C. El cinturón es donde sobrevivieron todos los asteroides.

¿Qué explicación para el cinturón parece la más plausible?

- A. El cinturón es donde se formaron todos los asteroides.
- B. El cinturón es el remanente de un gran planeta terrestre que solía estar entre Marte y Júpiter.
- C. El cinturón es donde sobrevivieron todos los asteroides.**

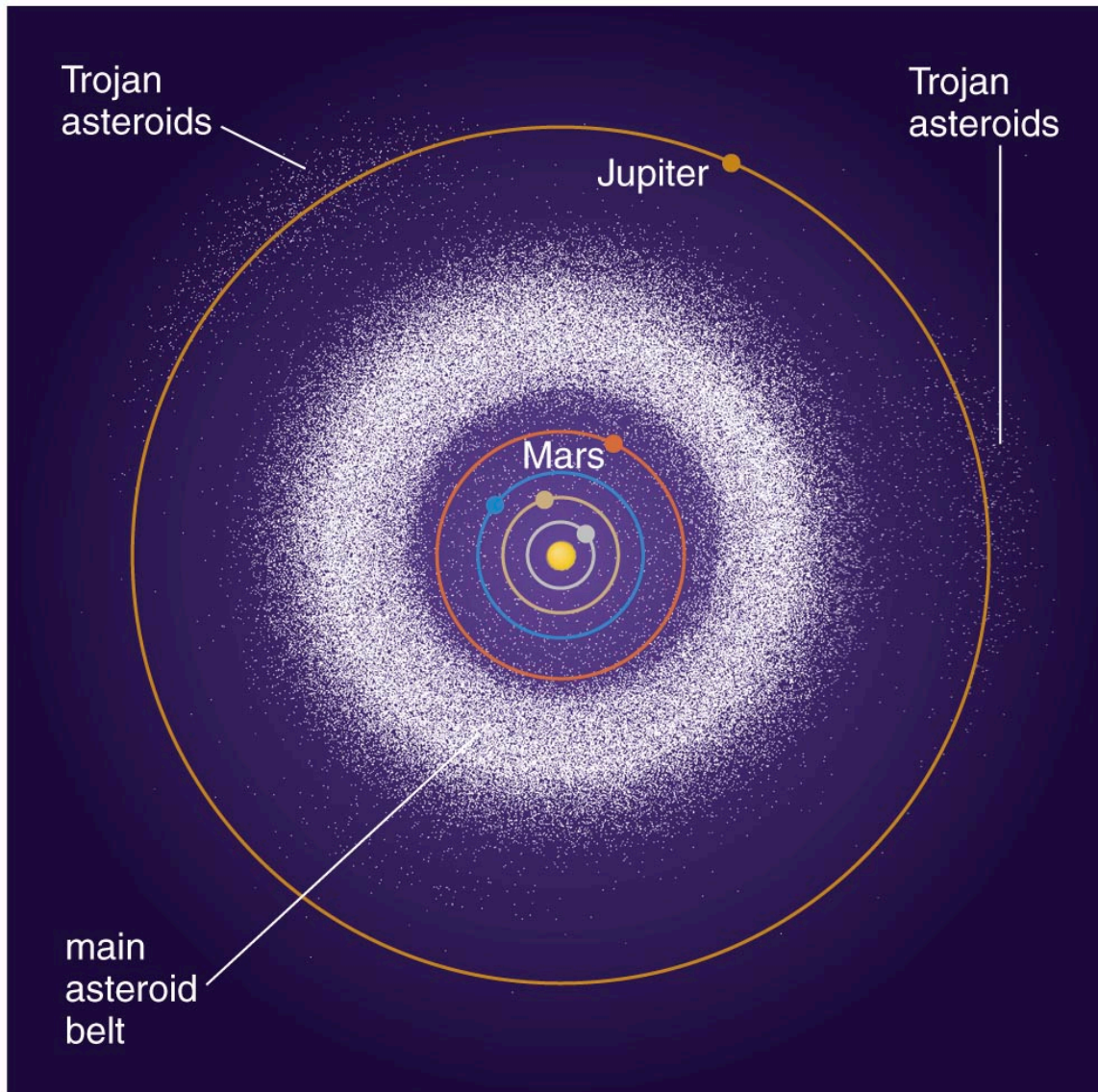
Pero ¿POR QUÉ no formaron un planeta?

# Resonancias Orbitales



- Los asteroides en resonancia orbital con Júpiter experimentan empujones periódicos.
- Eventualmente, esos empujones mueven los asteroides fuera de las órbitas resonantes, dejando huecos en el cinturón de asteroides.

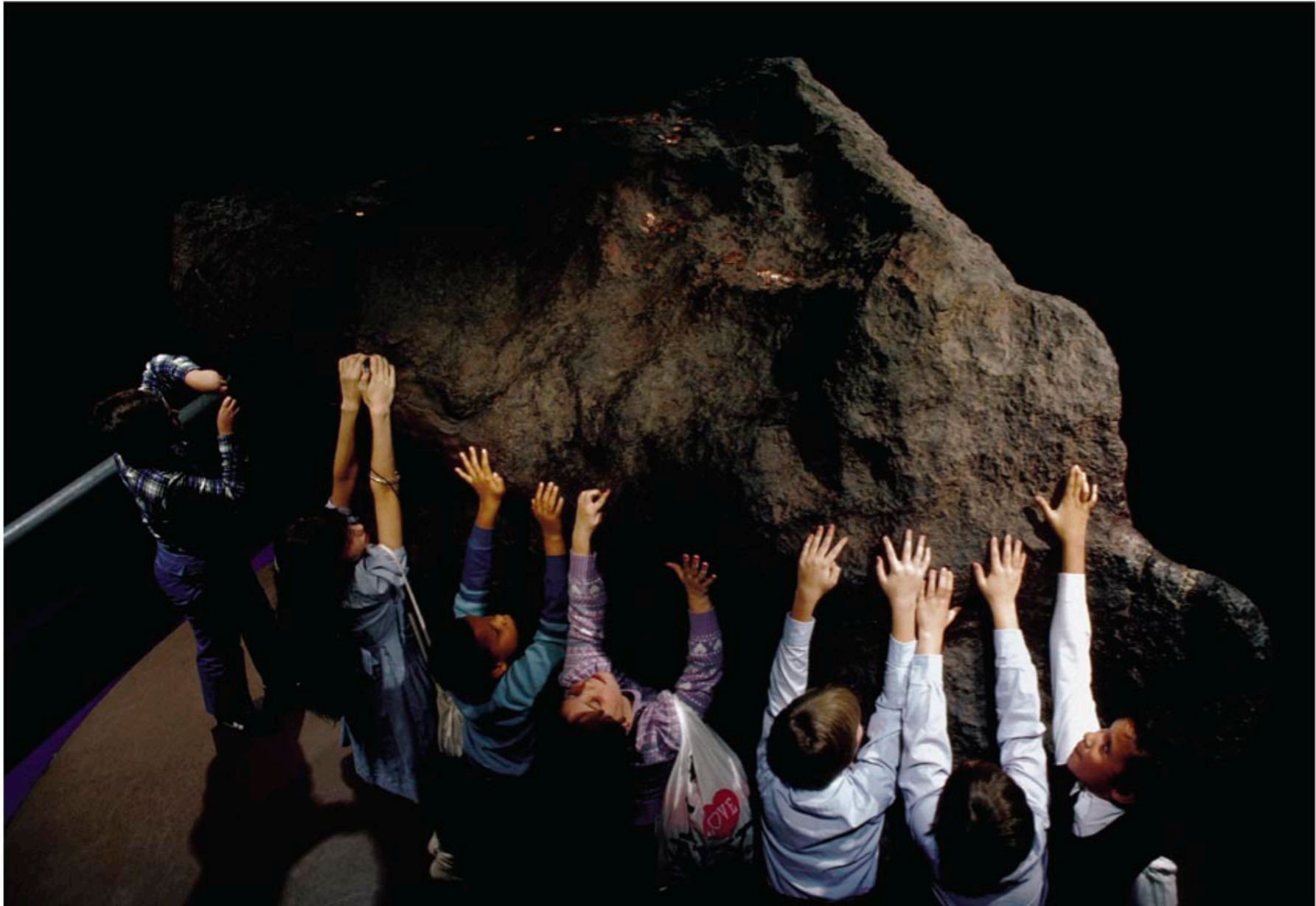
# Origen del cinturón de asteroides



- Los planetesimales rocosos entre Marte y Júpiter no se acumularon en un planeta.
- La gravedad de Júpiter, a través de la influencia de las resonancias orbitales, agitó las órbitas de los asteroides e impidió su acumulación en un planeta.



# ¿De dónde vienen los meteoritos?



# Terminología de meteoros

- **Meteorito:** una roca del espacio que cae a través de la atmósfera de la Tierra.
- **Meteora:** el rastro brillante dejado por un meteorito.

# Impactos de meteorito



Chicago, March 26, 2003

# Tipos de meteoritos

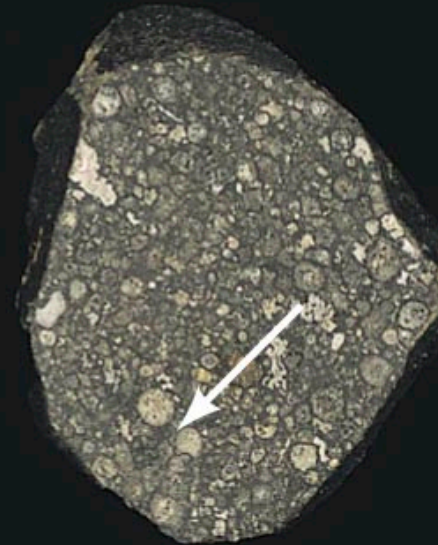
- 1) Primitivo: sin cambios en la composición desde que se formaron por primera vez hace 4.600 millones de años.
- 2) Procesado: más joven; Han experimentado procesos como el volcanismo o la diferenciación.

# Meteoritos primitivos

a Primitive Meteorites.



***Stony primitive meteorite:*** Made of rocky material embedded with shiny metal flakes (arrow).



***Carbon-rich primitive meteorite:*** Also rocky but with dark carbon compounds and small whitish spheres (arrow).

# Meteoritos procesados

**b** Processed Meteorites.



***Metal-rich processed meteorite:***  
*Made of iron and other metals  
that came from a shattered  
asteroid's core.*



***Rocky processed meteorite:***  
*Resembles volcanic rocks found  
on Earth.*

# Meteoritos de la luna y marte

- Unos pocos meteoritos llegan de la Luna y Marte.
- La composición difiere de los fragmentos de asteroides.
- Una forma barata (pero lenta) de adquirir rocas lunares y rocas de Marte.

# Cometas

- ¿Cómo son los cometas?
- ¿De dónde vienen los cometas?



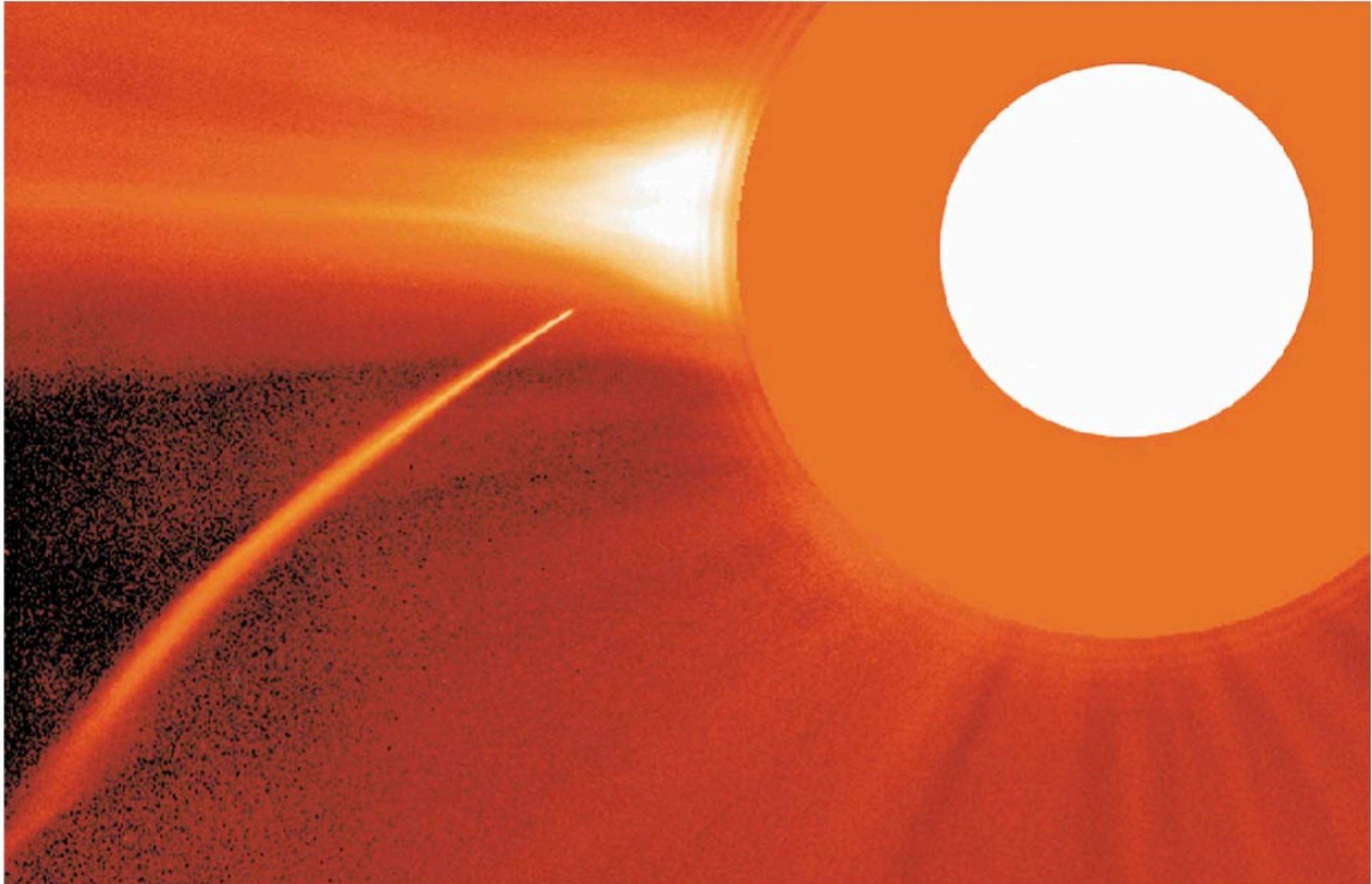
# ¿Cómo son los cometas?



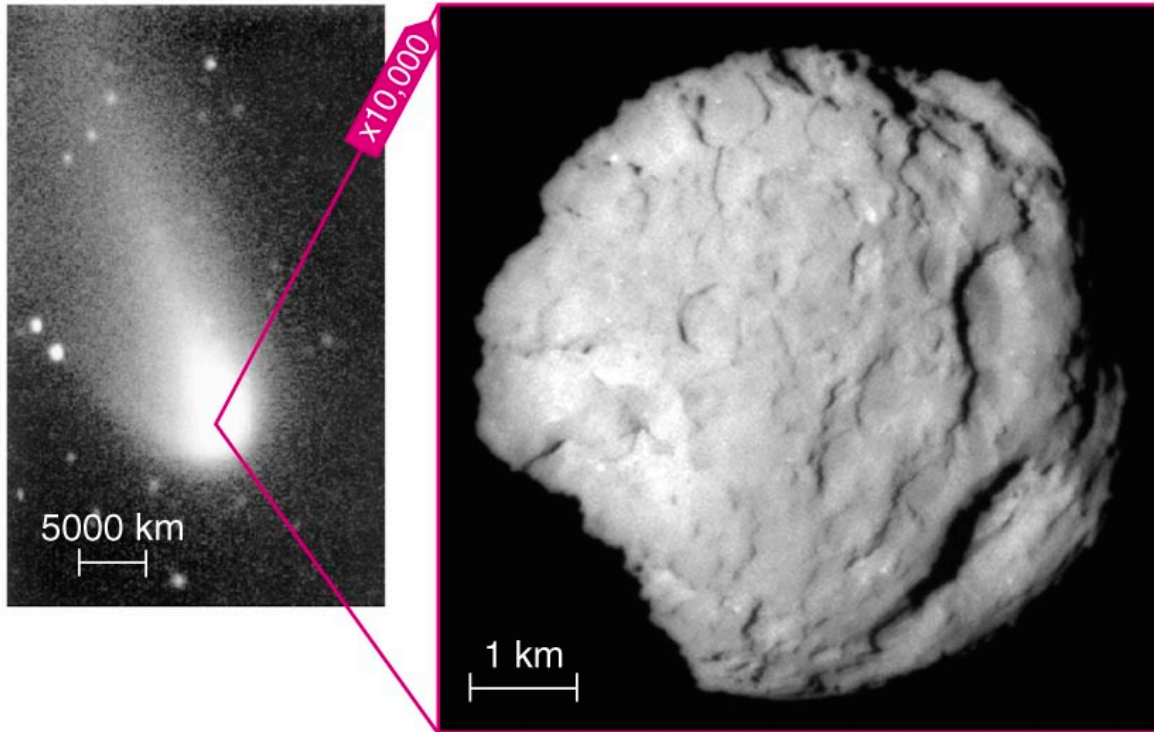
# Cometas

- Formados más allá de la línea de escarcha, los cometas son contrapartes de hielo para los asteroides.
- El núcleo del cometa es una "bola de nieve sucia".
- La mayoría de los cometas no tienen colas.
- La mayoría de los cometas permanecen perpetuamente congelados en el sistema solar exterior.
- Sólo los cometas que entran en el sistema solar interior crecen colas.

# Sun-Grazing Comet

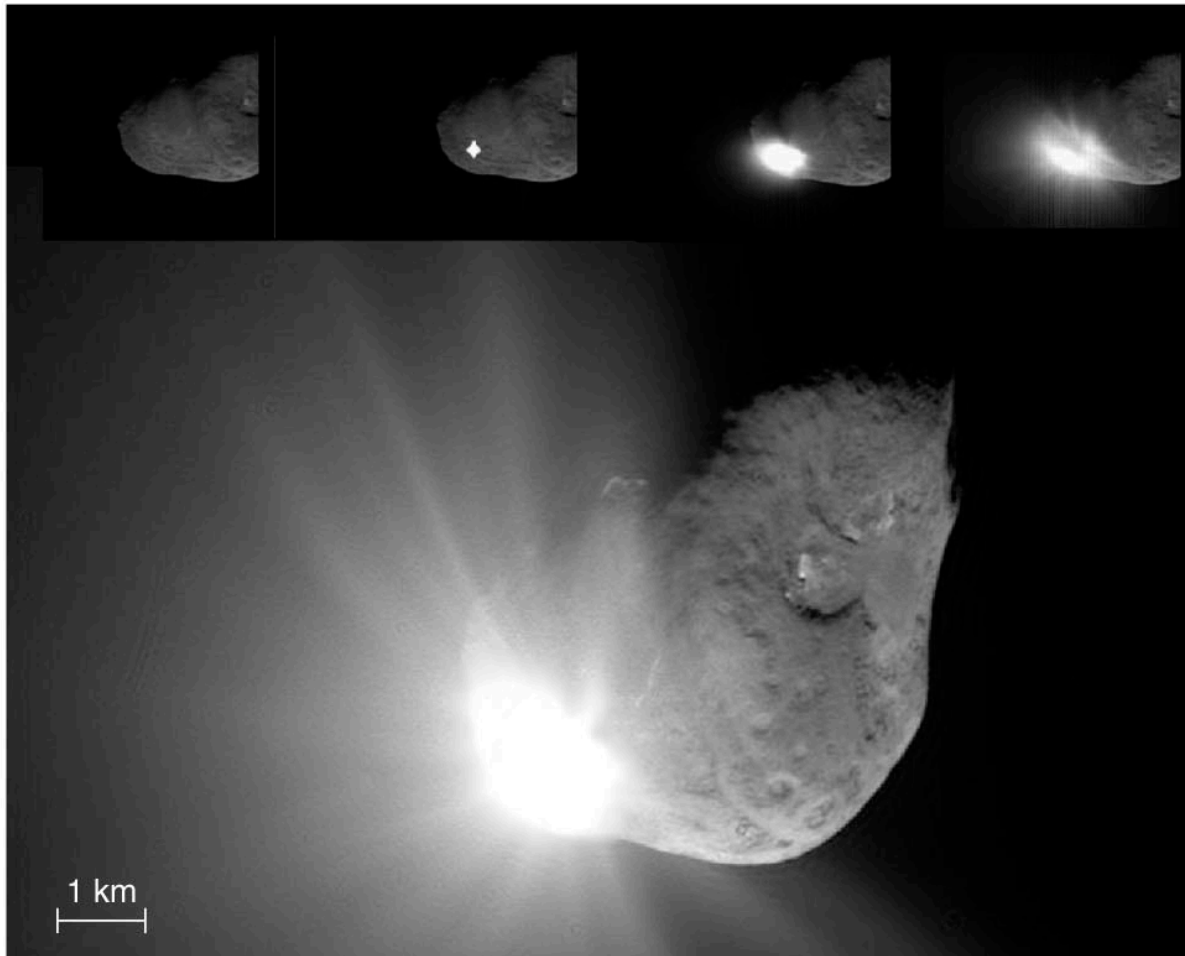


# Núcleos de cometas



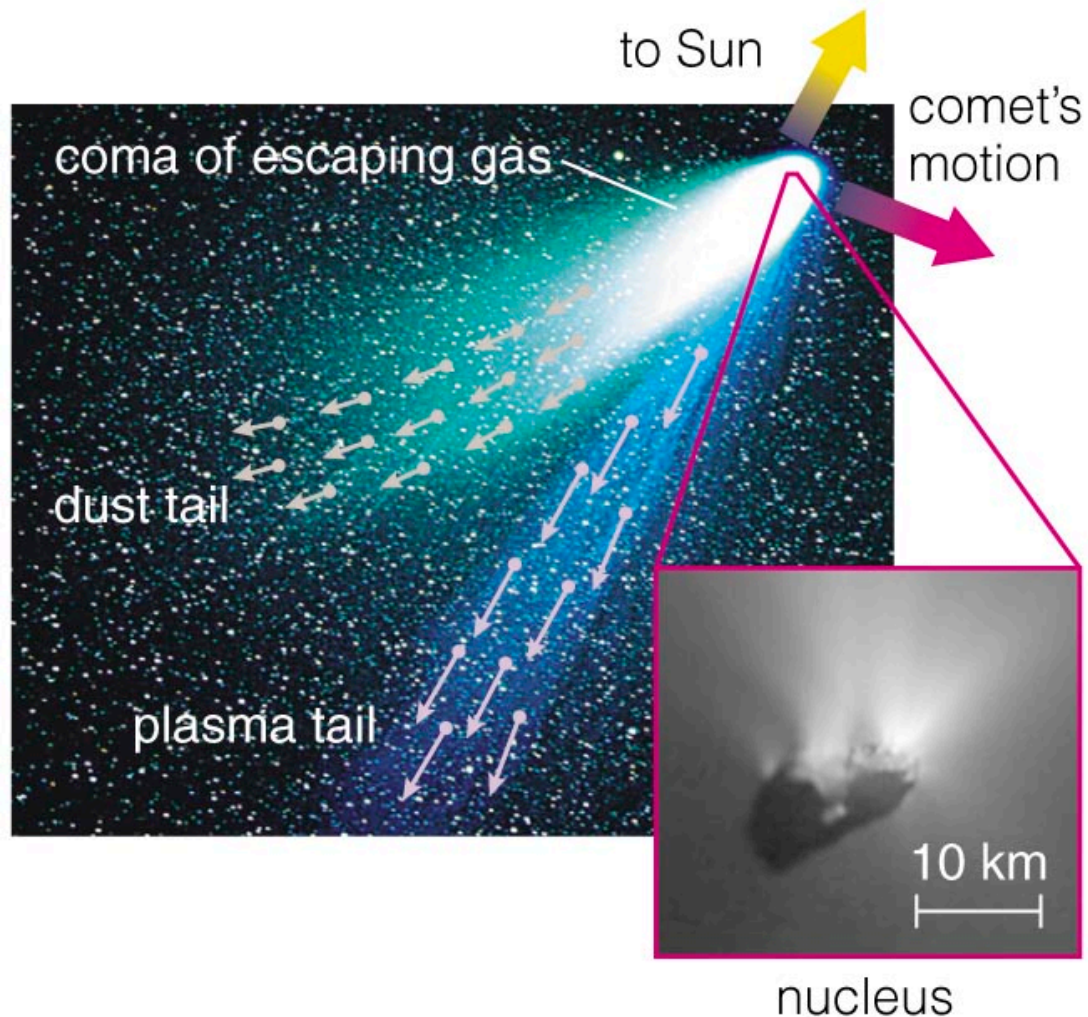
- Una "bola de nieve sucia"
- Fuente de material para la cola del cometa.

# Deep Impact



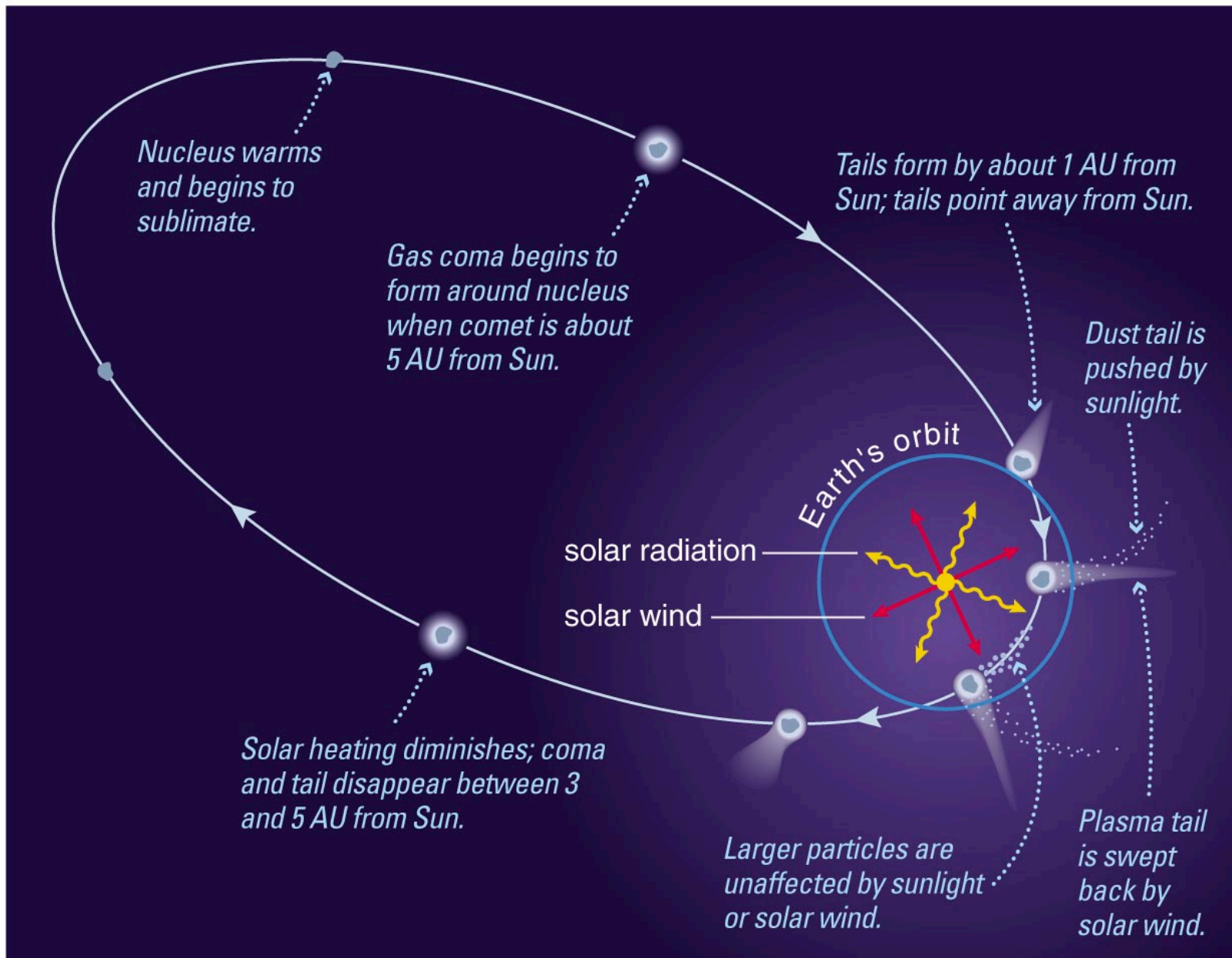
- Misión de estudio del núcleo del cometa Tempel 1.
- Proyectoil golpeó la superficie el 4 de julio de 2005.
- Muchos telescopios estudiaron las consecuencias del impacto.

# Anatomía de un cometa



- *coma* es la atmósfera que proviene del núcleo calentado de un cometa.
- *cola de plasma* es un gas que se escapa del coma, empujado por el viento solar.
- *cola de polvo* es empujada por los fotones.

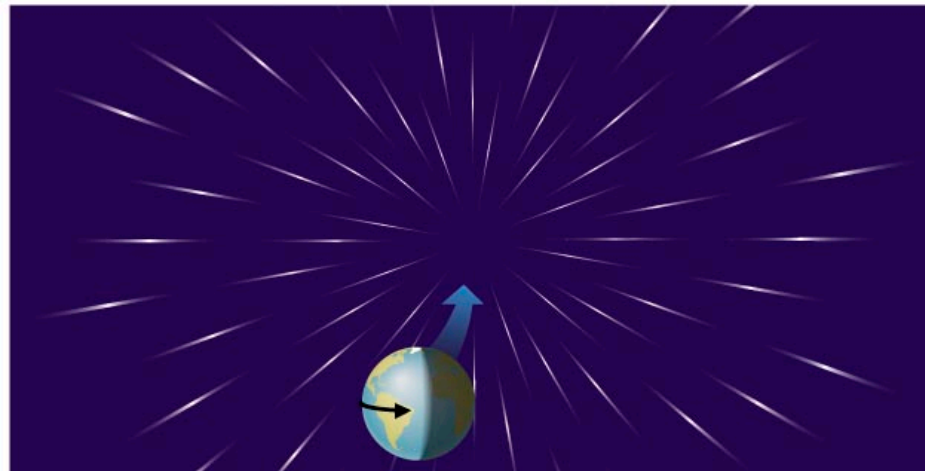
# Crecimiento de la cola





Los cometas expulsan pequeñas partículas que siguen al cometa en su órbita y causan lluvias de meteoros cuando la Tierra cruza la órbita del cometa.

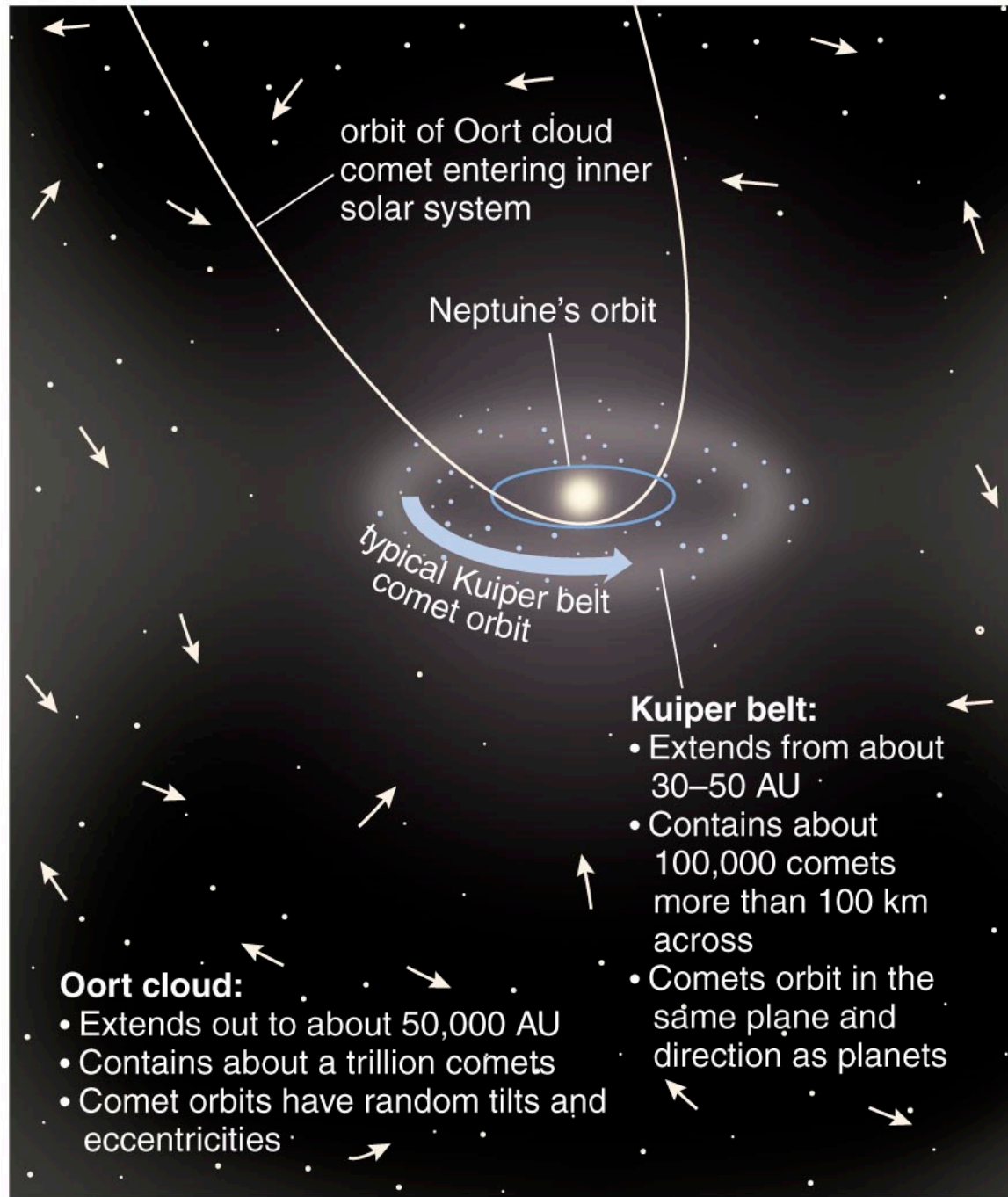




Los meteoros en una lluvia de meteoritos parecen emanar de la misma zona del cielo debido al movimiento de la Tierra a través del espacio.

# ¿De dónde vienen las cometas?





Solo un pequeño número de cometas entran al sistema solar interior. La mayoría se queda lejos del sol.

*Nube de Oort:*  
 en órbitas aleatorias que se extienden a aproximadamente 50,000 AU

*Cinturón de Kuiper:*  
 en órbitas ordenadas de 30 a 100 UA en el disco del sistema solar

# ¿Como llegaron ahi?

- Cometas del cinturón de Kuiper formadas en el cinturón de Kuiper: plano, alineado con el plano de las órbitas planetarias, que orbitan en la misma dirección que los planetas.
- Los cometas de la nube de Oort estuvieron una vez más cerca del Sol, pero fueron expulsados por interacciones gravitacionales con planetas jovianos: distribución esférica, órbitas en cualquier dirección

# ¿Qué hemos aprendido?

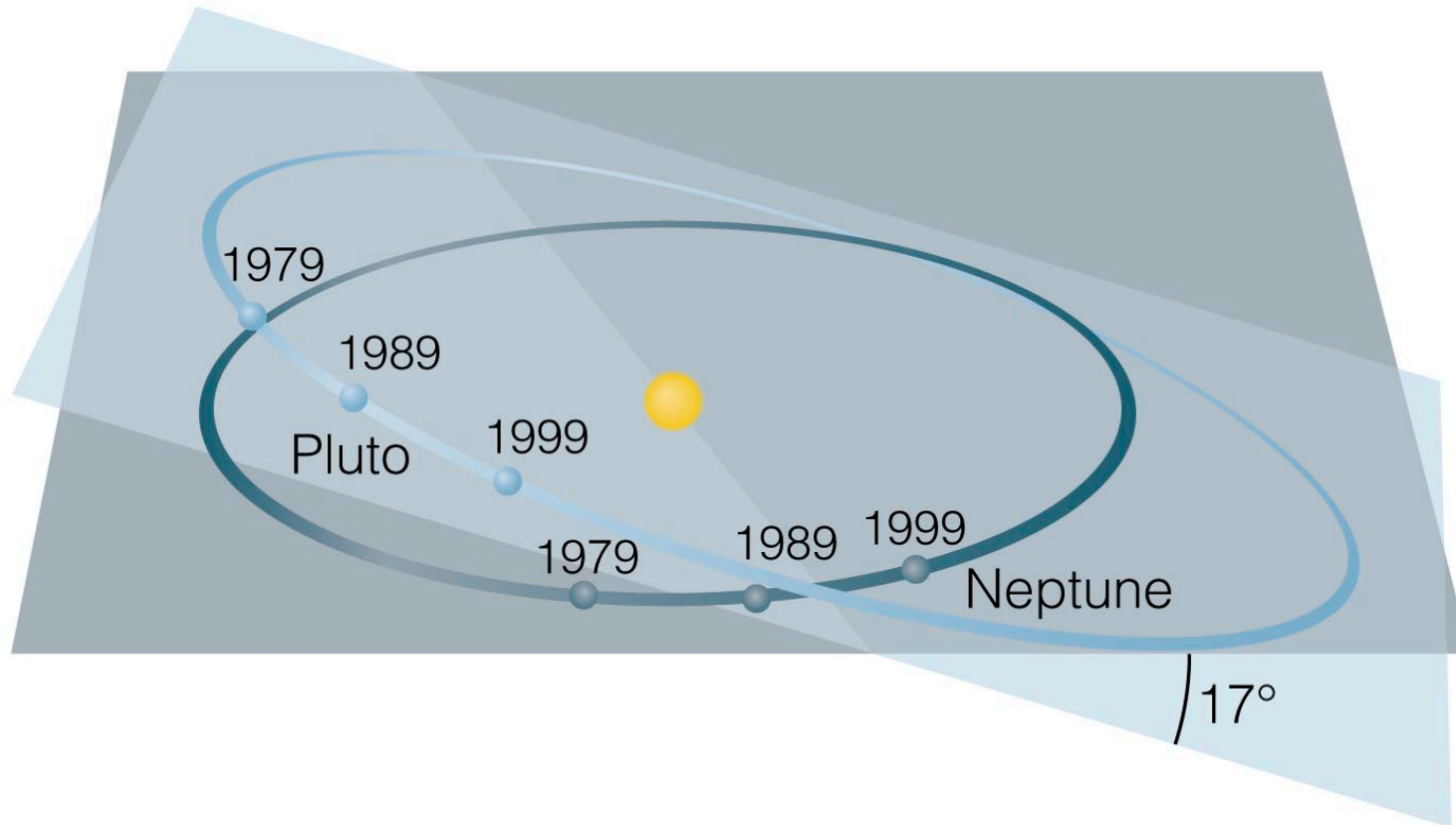
- ¿Cómo son los cometas?
  - Los cometas son como bolas de nieve sucias.
  - La mayoría están lejos del Sol y no tienen cola.
  - Las colas crecen cuando el cometa se acerca al Sol y el núcleo se calienta.
- ¿De dónde vienen los cometas?
  - Los cometas en plano del sistema solar provienen del cinturón de Kuiper.
  - Los cometas en órbitas aleatorias provienen de la nube de Oort.

# Plutón: solitario no más

- ¿Qué tan grande puede ser un cometa?
- ¿Cómo son los grandes objetos del cinturón de Kuiper?
- ¿Son los planetas Plutón y Eris?



# Pluto's Orbit



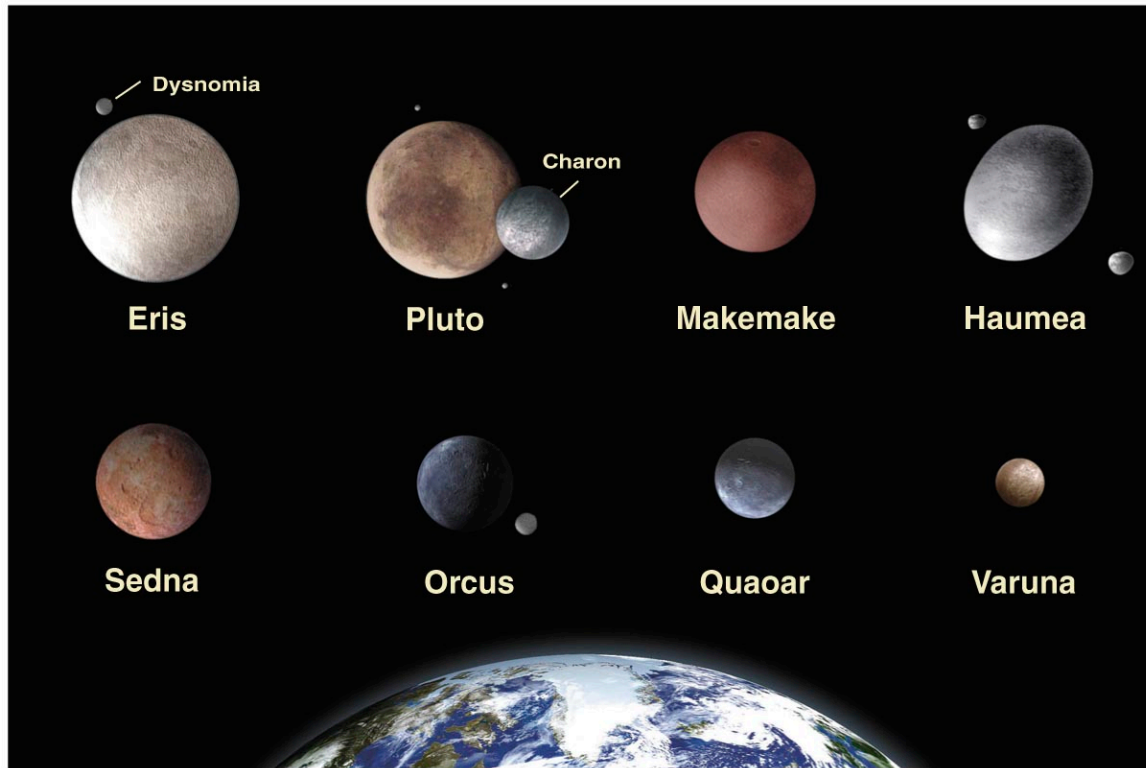
- Plutón nunca llegará a Neptuno, aunque sus órbitas se crucen, debido a su resonancia orbital de 3: 2.
- Neptuno orbita tres veces durante el tiempo en que Plutón orbita dos veces.



# ¿Plutón es un planeta?

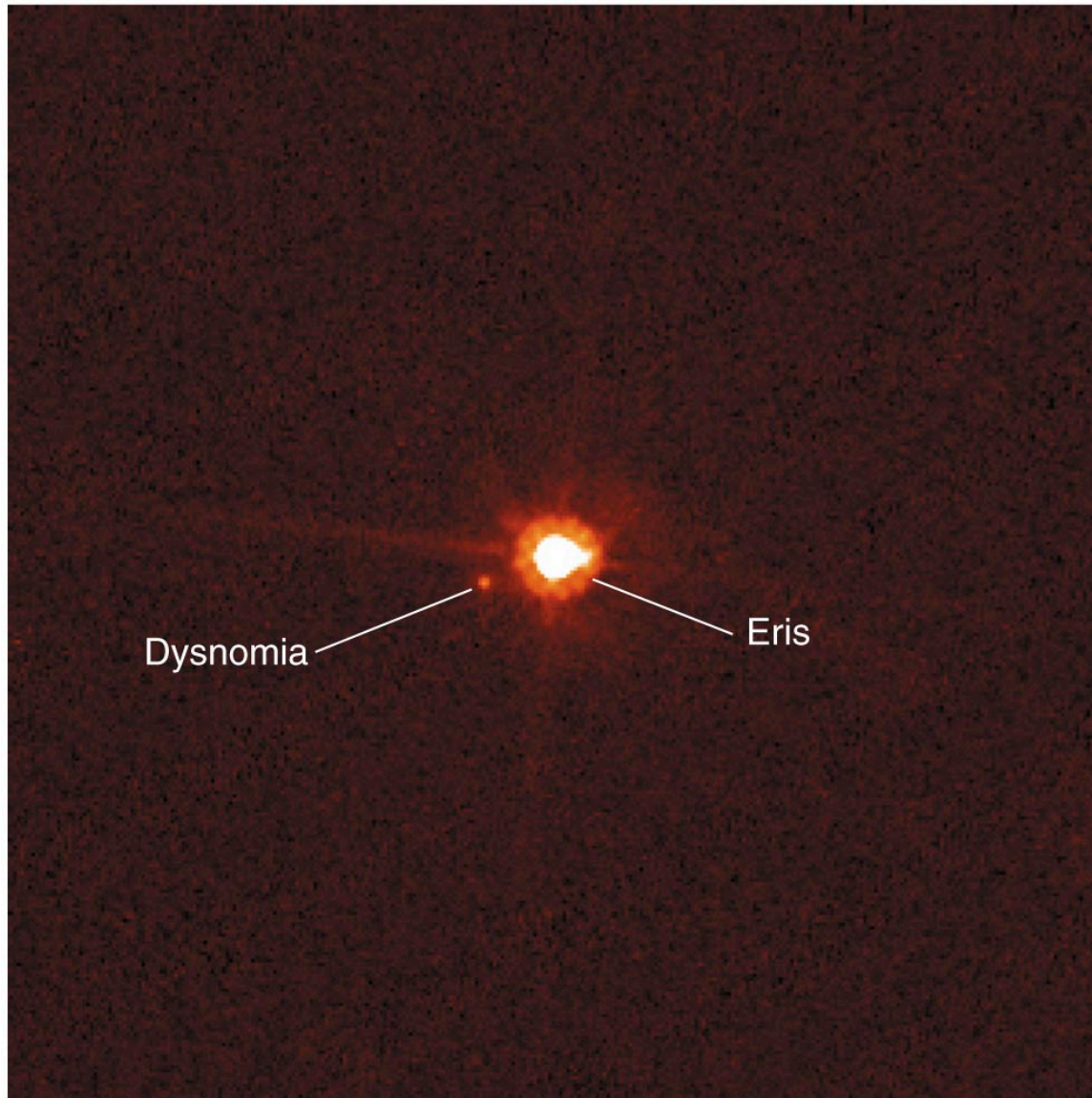
- Mucho más pequeño que los planetas terrestres o jovianos.
- No es un gigante gaseoso como otros planetas exteriores.
- Tiene una composición helada como un cometa.
- Tiene una órbita muy elíptica, inclinada.
- Tiene más en común con los cometas que con los ocho planetas principales.

# Otros cuerpos helados



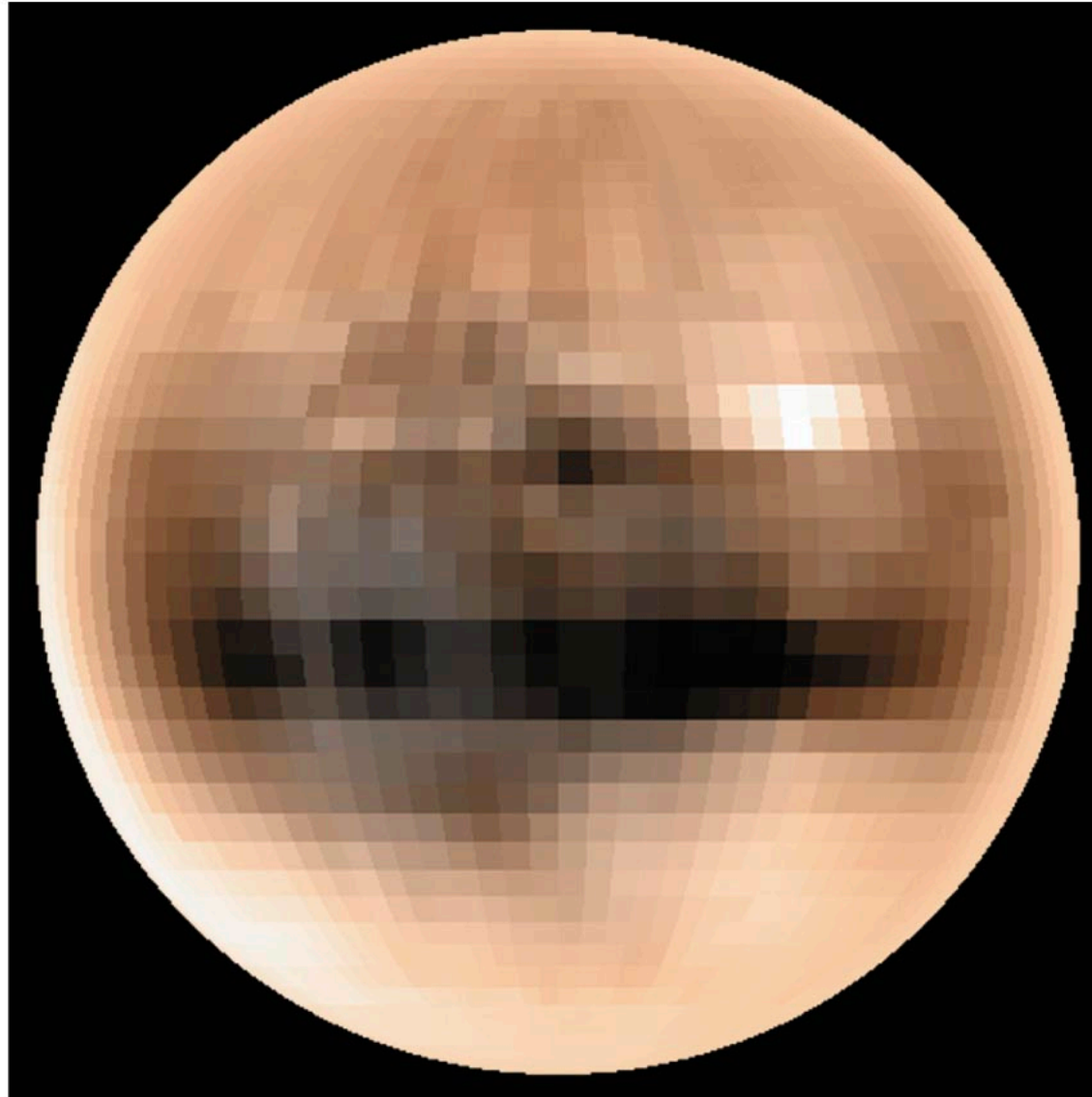
- Hay muchos objetos helados como Plutón en órbitas elípticas e inclinadas más allá de Neptuno.
- El más grande de estos, Eris, se descubrió en el verano de 2005 y es incluso más grande que Plutón.

# Objetos del cinturón de Kuiper



- Estos objetos grandes y helados tienen órbitas similares a los objetos más pequeños en el cinturón de Kuiper que se convierten en cometas de corto período.
- Entonces, ¿son cometas muy grandes o planetas muy pequeños?

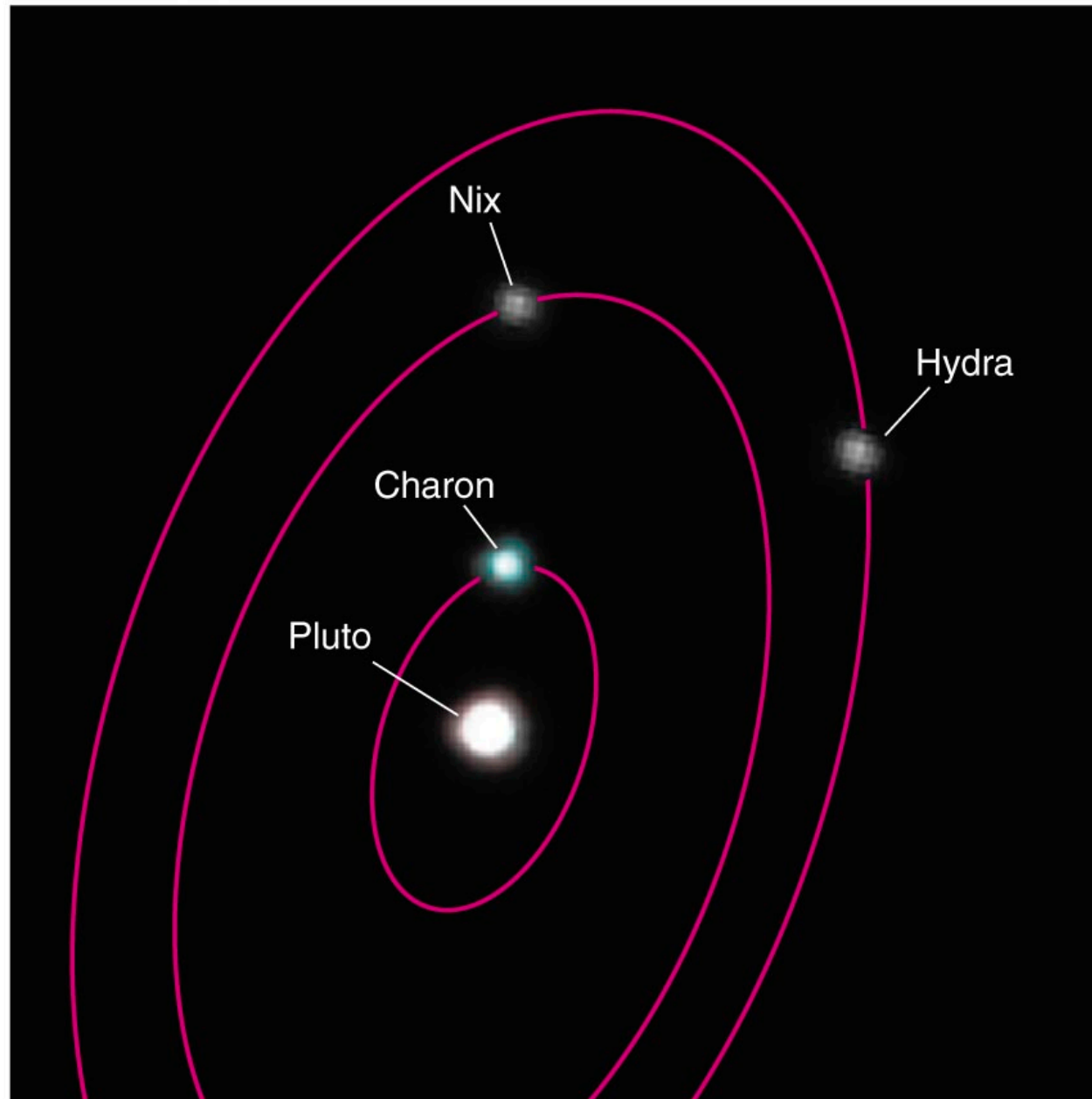
# ¿Cómo son los grandes objetos del cinturón de Kuiper?



# ¿Cómo es Plutón?

- Su luna Caronte es casi tan grande como el mismo Plutón (probablemente debido a un gran impacto).
- Plutón es muy frío (40 K).
- Plutón tiene una delgada atmósfera de nitrógeno que se volverá a congelar en la superficie a medida que la órbita de Plutón la aleje del Sol.

# Vista del Hubble de Plutón y sus lunas



# Otros objetos del cinturón de Kuiper

- La mayoría se han descubierto muy recientemente, se sabe muy poco acerca de ellos.
- La misión New Horizons de la NASA estudiará Plutón y algunos otros objetos del cinturón de Kuiper en un sobrevuelo planificado.

# ¿Son los planetas Plutón y Eris?





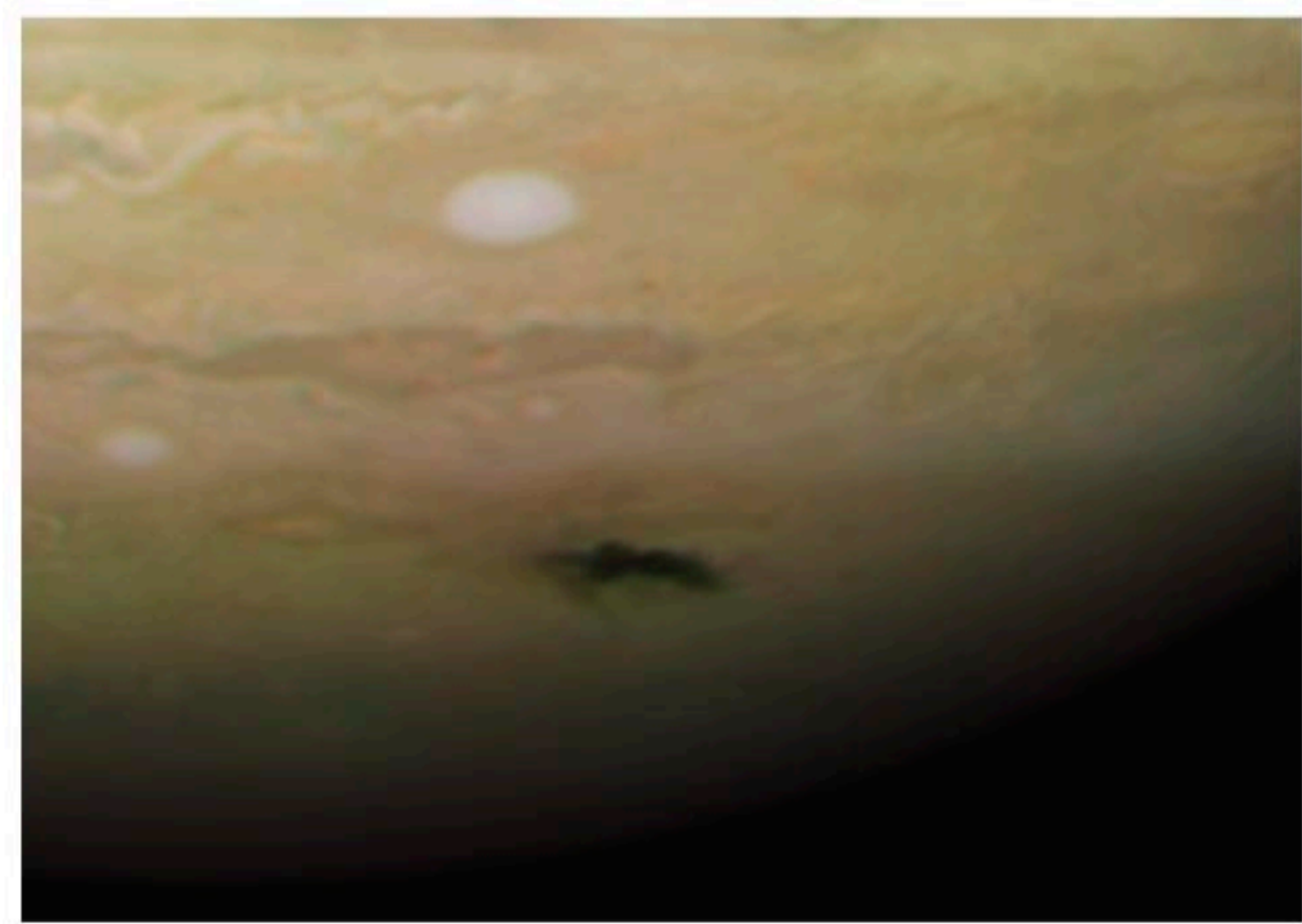
# Plutón y Eris

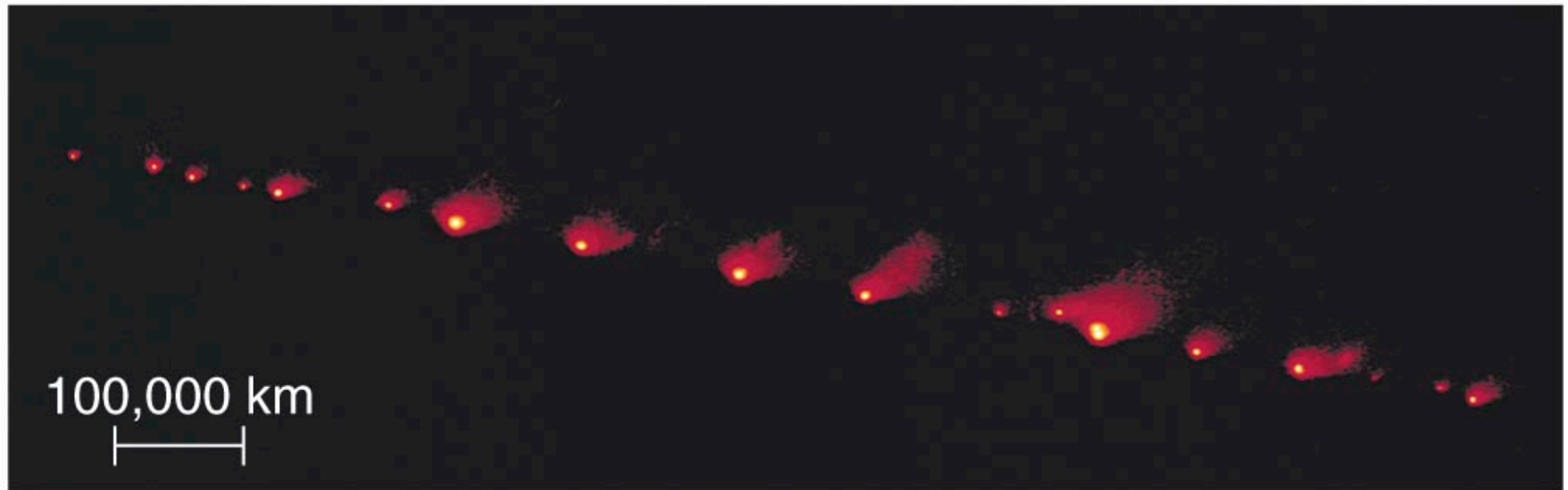
- El tamaño de Plutón fue sobreestimado después de su descubrimiento en 1930, y durante décadas no se descubrió nada de tamaño similar.
- Ahora se han descubierto otros objetos grandes en el cinturón de Kuiper, incluido Eris.
- La Unión Astronómica Internacional (IAU) ahora clasifica a Plutón y Eris como planetas enanos.
- Los planetas enanos no han eliminado la mayoría de los otros objetos de sus trayectorias orbitales.

# Colisiones cósmicas: cuerpos pequeños frente a los planetas

- ¿Alguna vez hemos sido testigos de un gran impacto?
- ¿Un impacto mató a los dinosaurios?
- ¿Es la amenaza de impacto un peligro real o una exageración de los medios?
- ¿Cómo afectan los planetas jovianos las tasas de impacto y la vida en la Tierra?

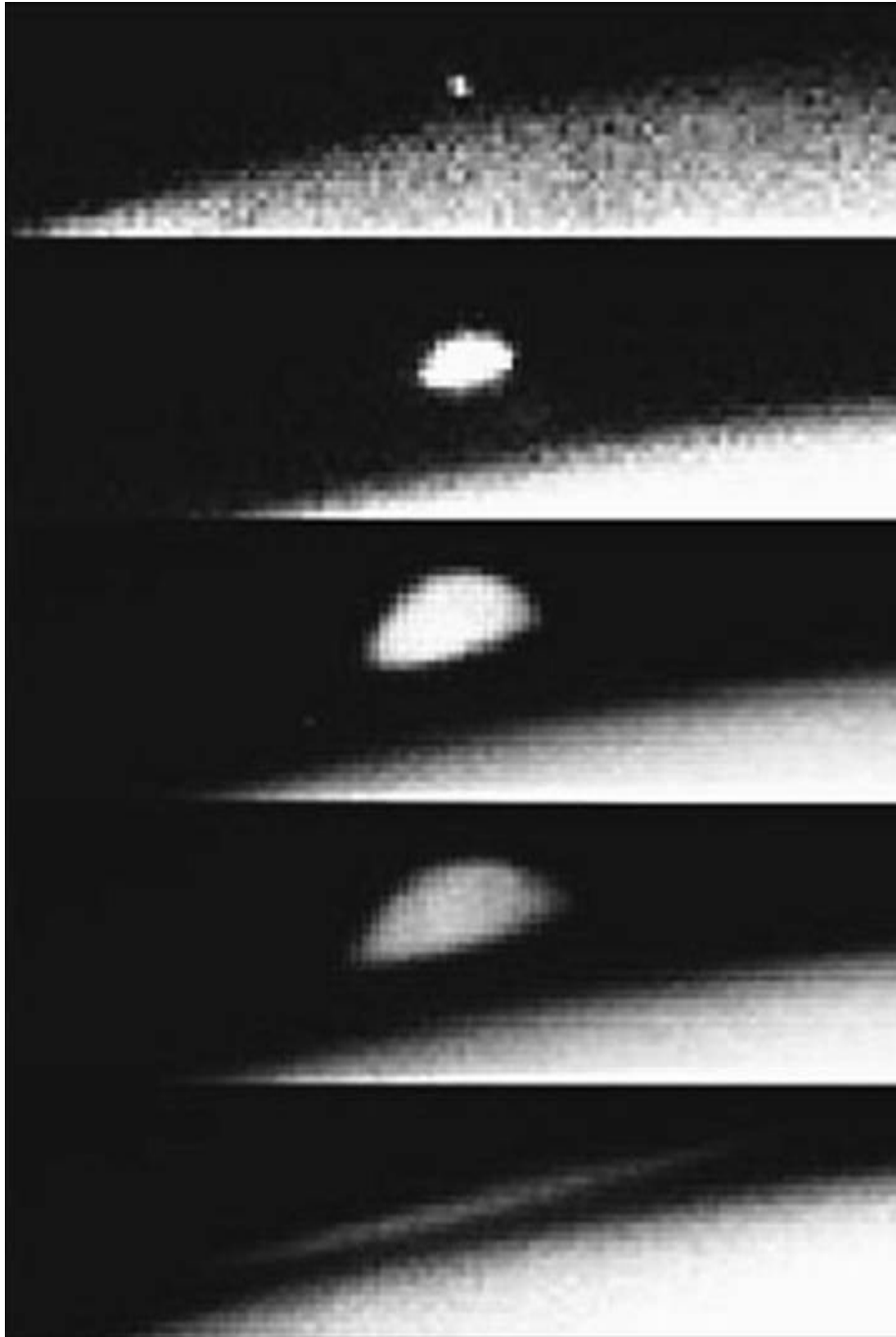
¿Alguna vez hemos sido testigos de un gran impacto?



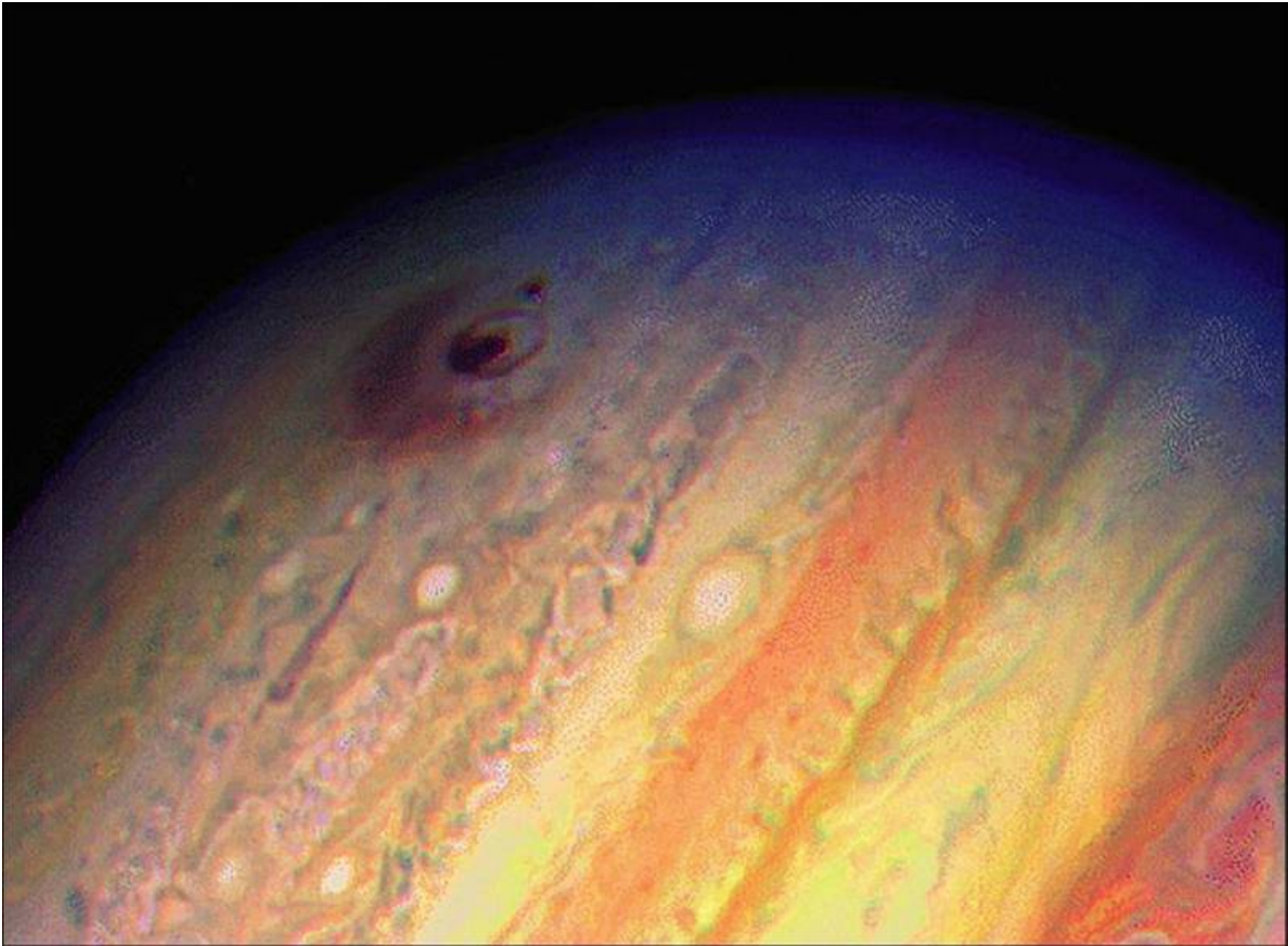


El cometa SL9 causó una serie de impactos violentos en Júpiter en 1994, recordándonos que aún ocurren colisiones catastróficas.

Las fuerzas de marea lo desgarraron durante un encuentro previo con Júpiter.



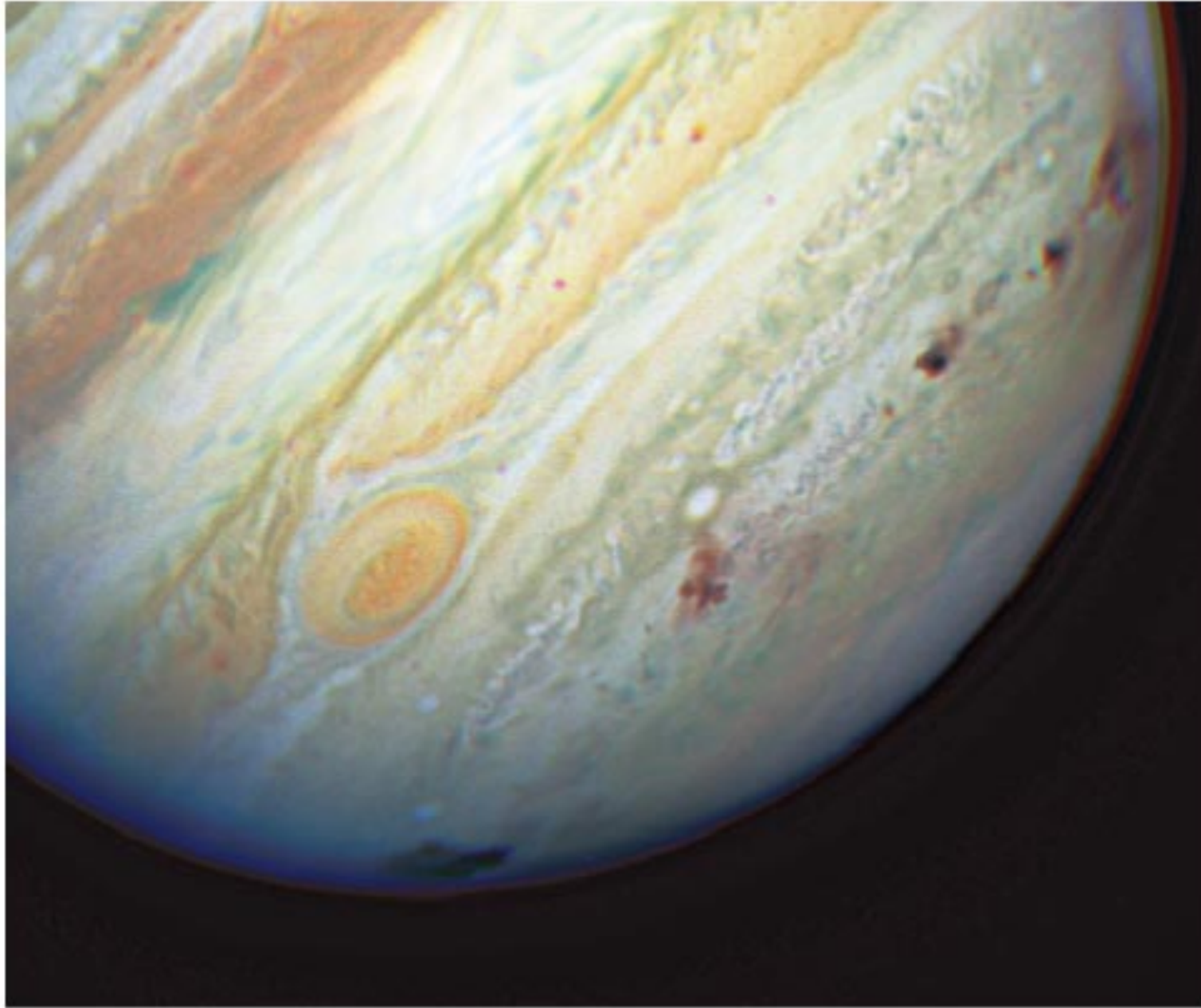
Un penacho de impacto de un fragmento del cometa SL9 se eleva por encima de la superficie de Júpiter.



Escombros polvorientos en un sitio de impacto

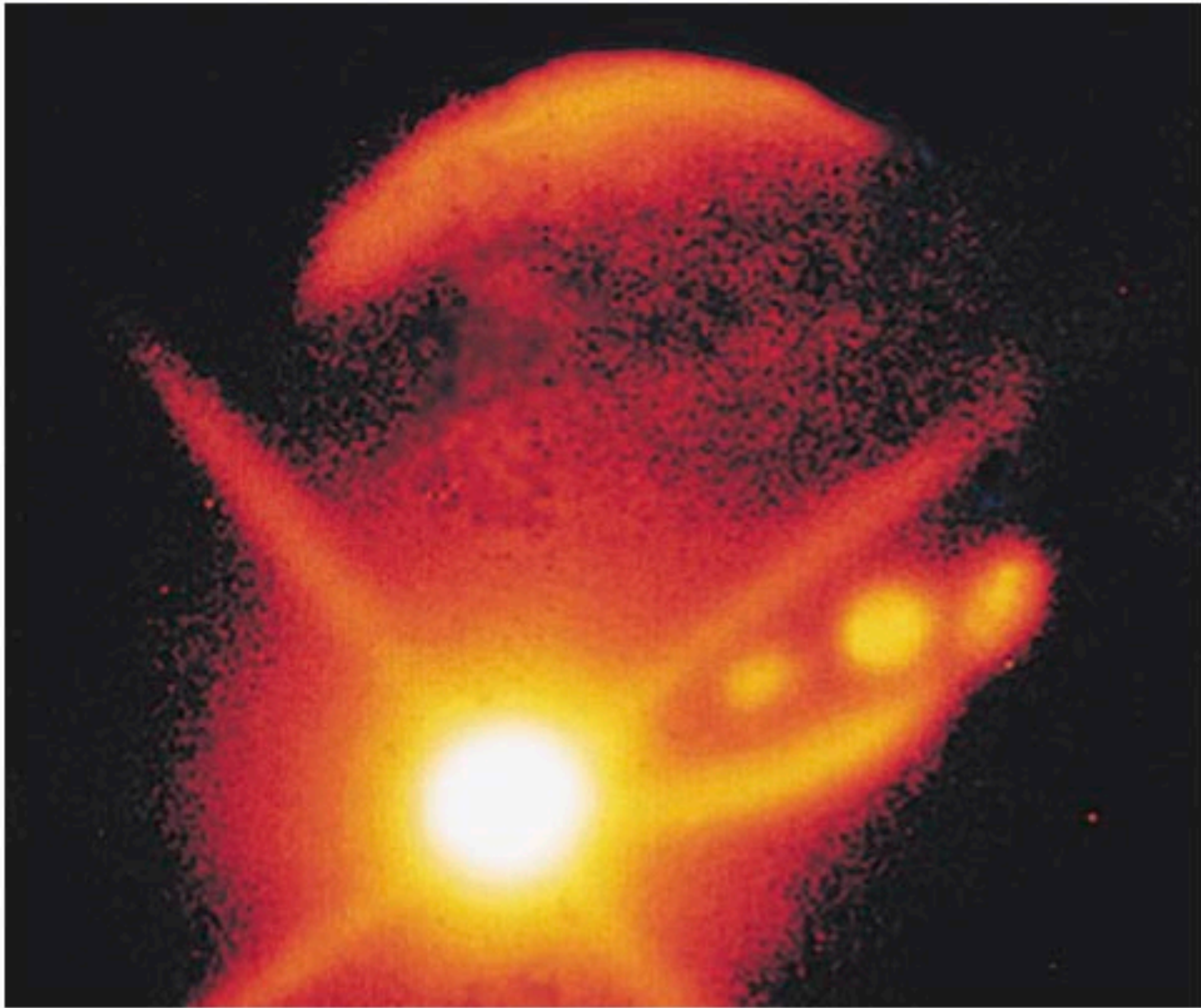


Concepción artística del impacto de SL9.



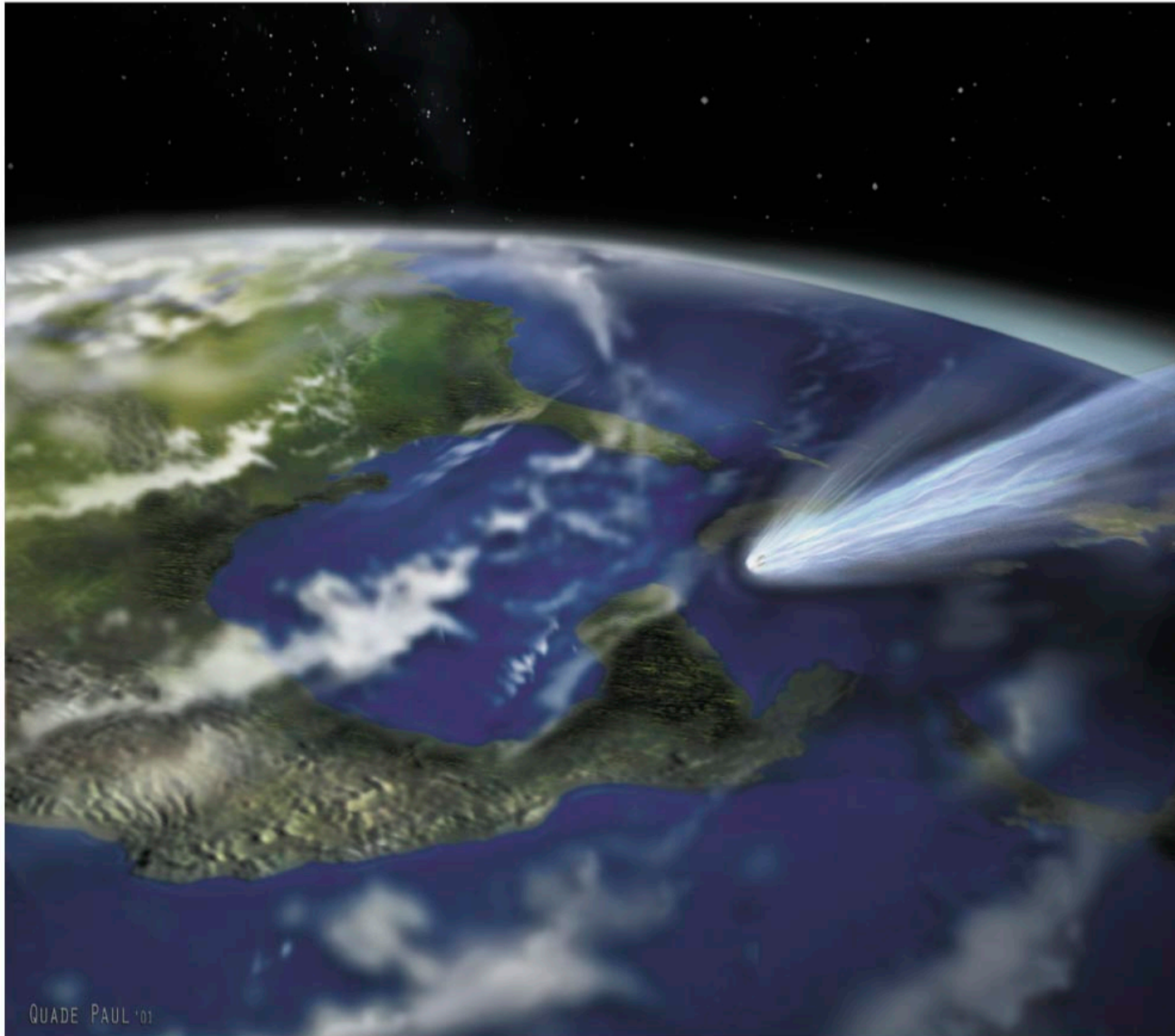
Varios sitios de impacto.





Sitios de impacto en luz infrarroja

# ¿Un impacto mató a los dinosaurios?



# Extinciones en masa

- El registro fósil muestra ocasionales grandes caídas en la diversidad de especies: extinciones en masa.
- La más reciente fue hace 65 millones de años, terminando el reinado de los dinosaurios.

# Iridio: Evidencia de un impacto

- El iridio es muy raro en las rocas de la superficie de la Tierra, pero a menudo se encuentra en los meteoritos.
- Luis y Walter Alvarez encontraron una capa mundial que contenía iridio, colocada hace 65 millones de años, probablemente por un impacto de meteorito.
- Los fósiles de dinosaurios se encuentran debajo de esta capa.

# Capa de Iridio

No hay fósiles de dinosaurios en las capas superiores de roca.

Capa delgada que contiene el elemento raro iridio

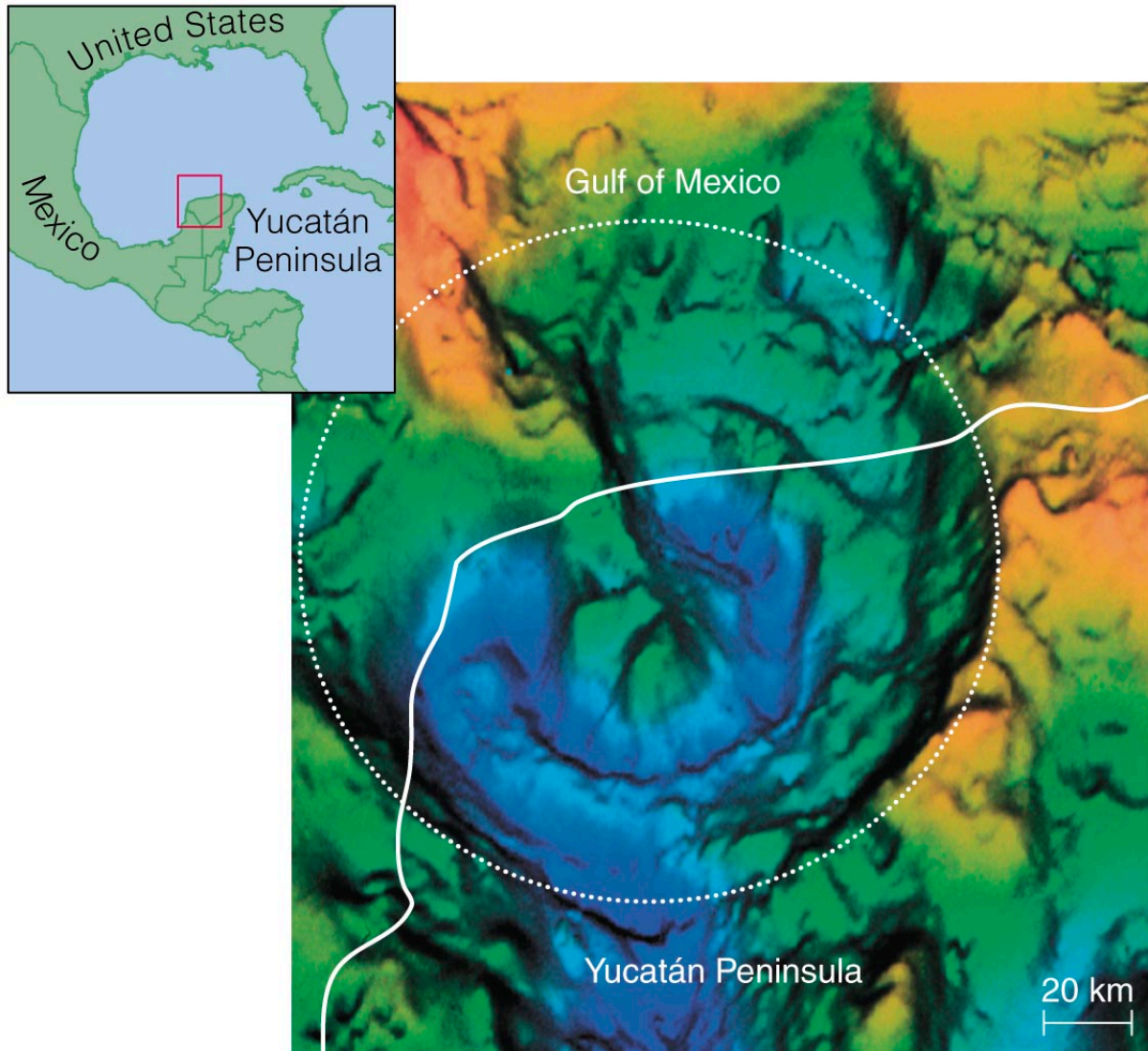
Fósiles de dinosaurios en capas de roca más bajas.



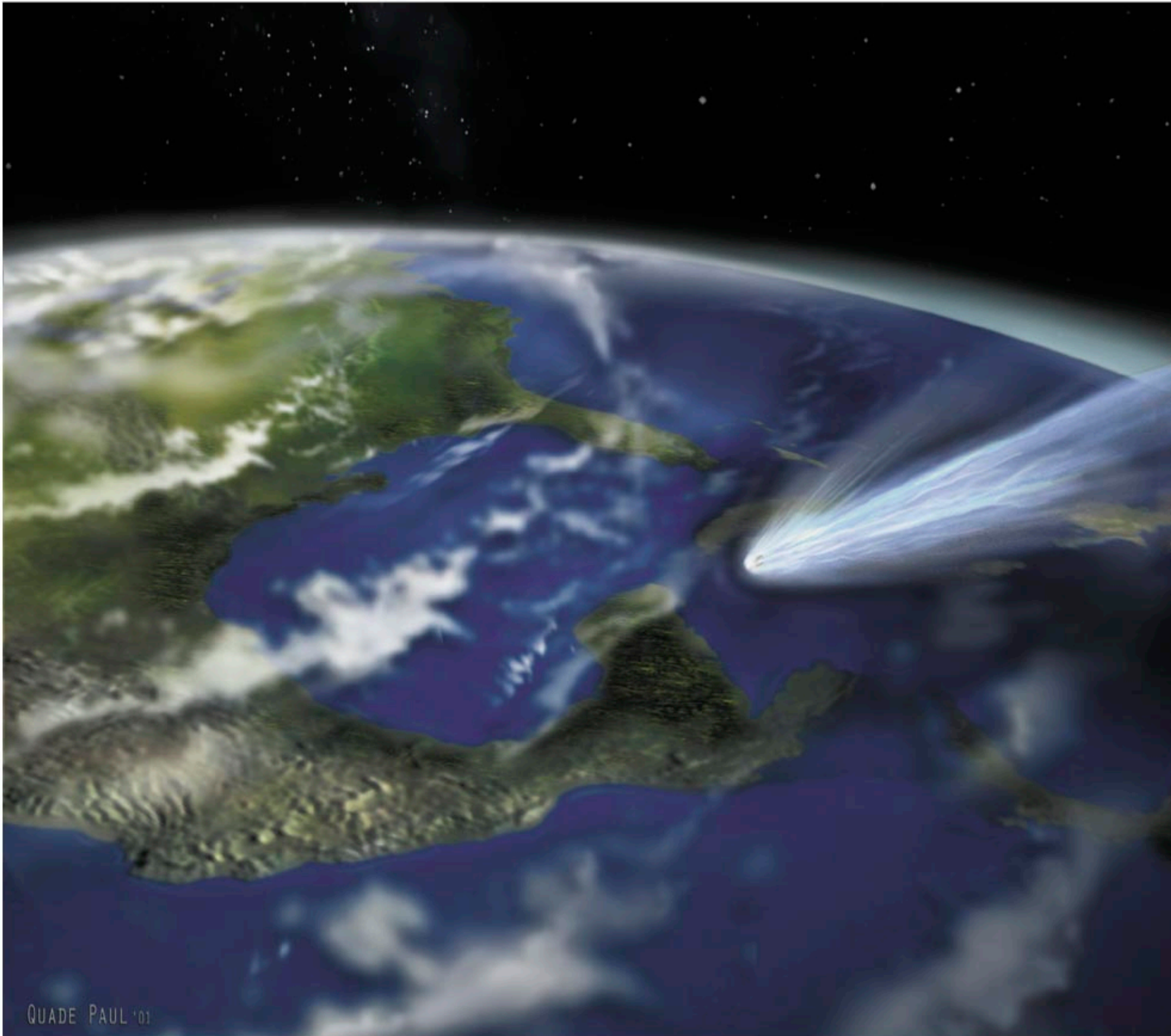
# Consecuencias de un impacto

- Meteorito de 10 kilómetros de tamaño enviará grandes cantidades de escombros a la atmósfera.
- Los escombros reducirán la luz solar que llega a la superficie de la Tierra.
- El cambio climático resultante puede haber tenido la extinción masiva.

# Sitio de impacto probable

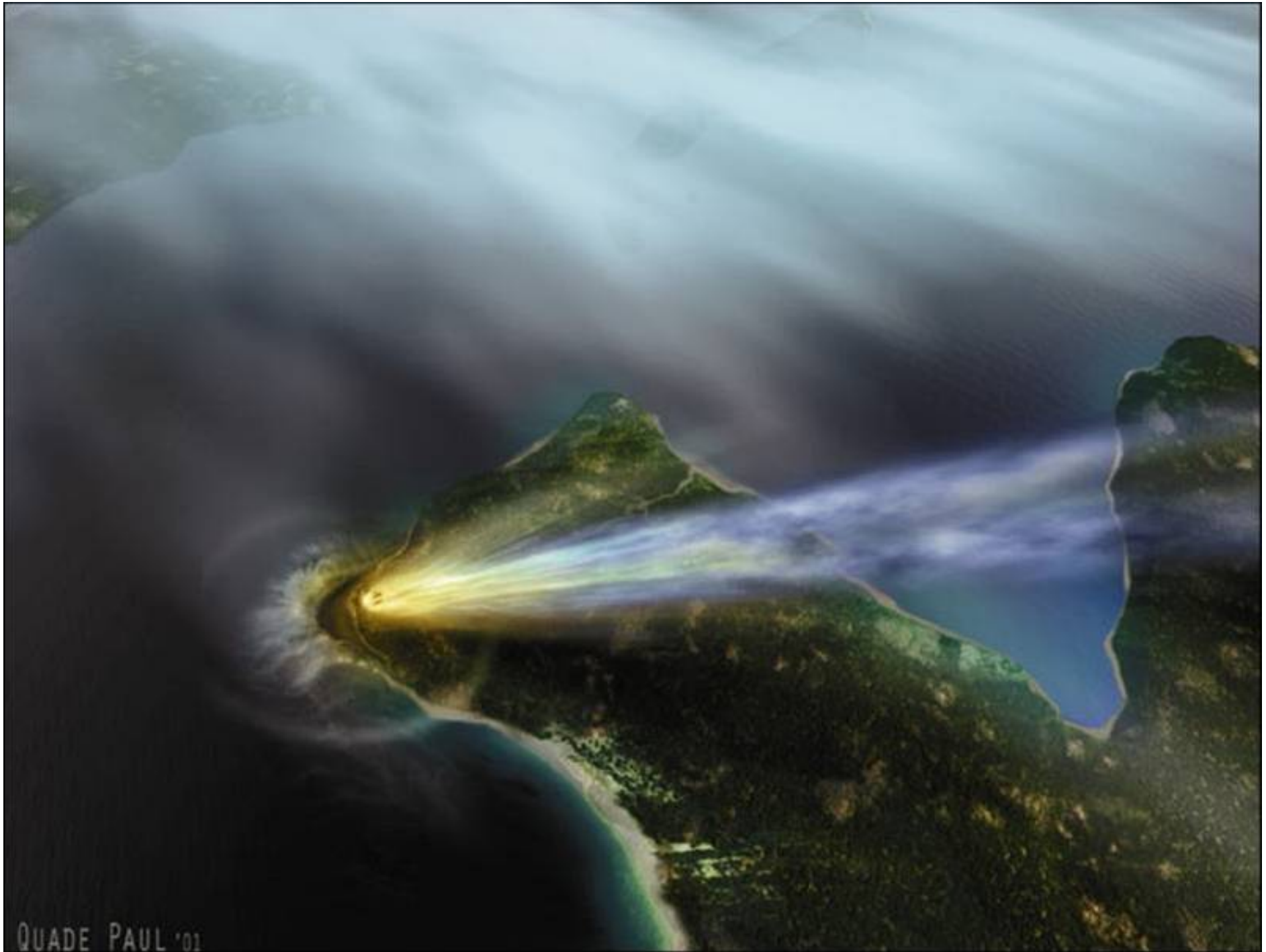


- Los geólogos han encontrado un gran cráter subterráneo de unos 65 millones de años en México.

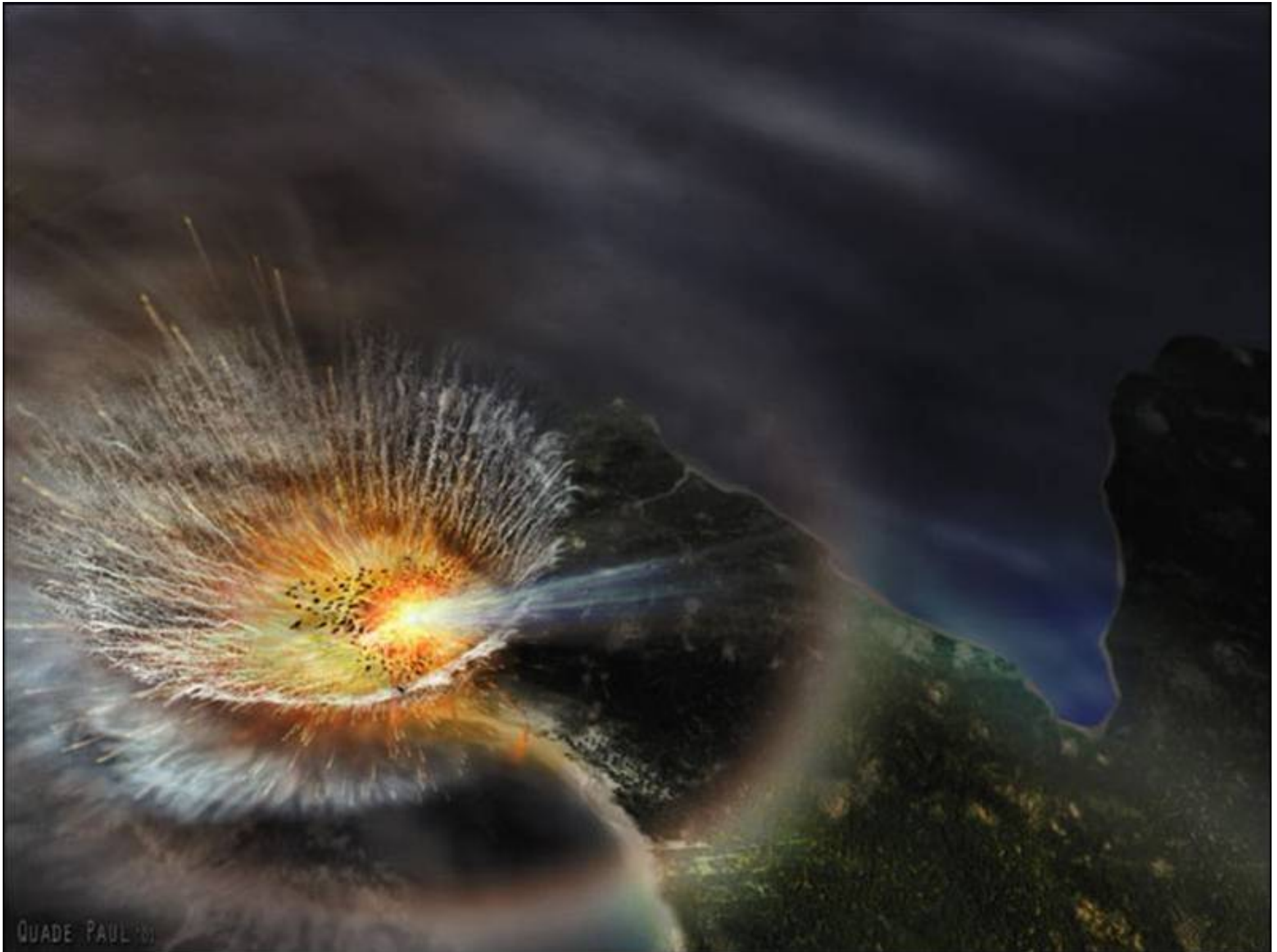


Un cometa o asteroide de unos 10 kilómetros de diámetro se acerca a la Tierra.

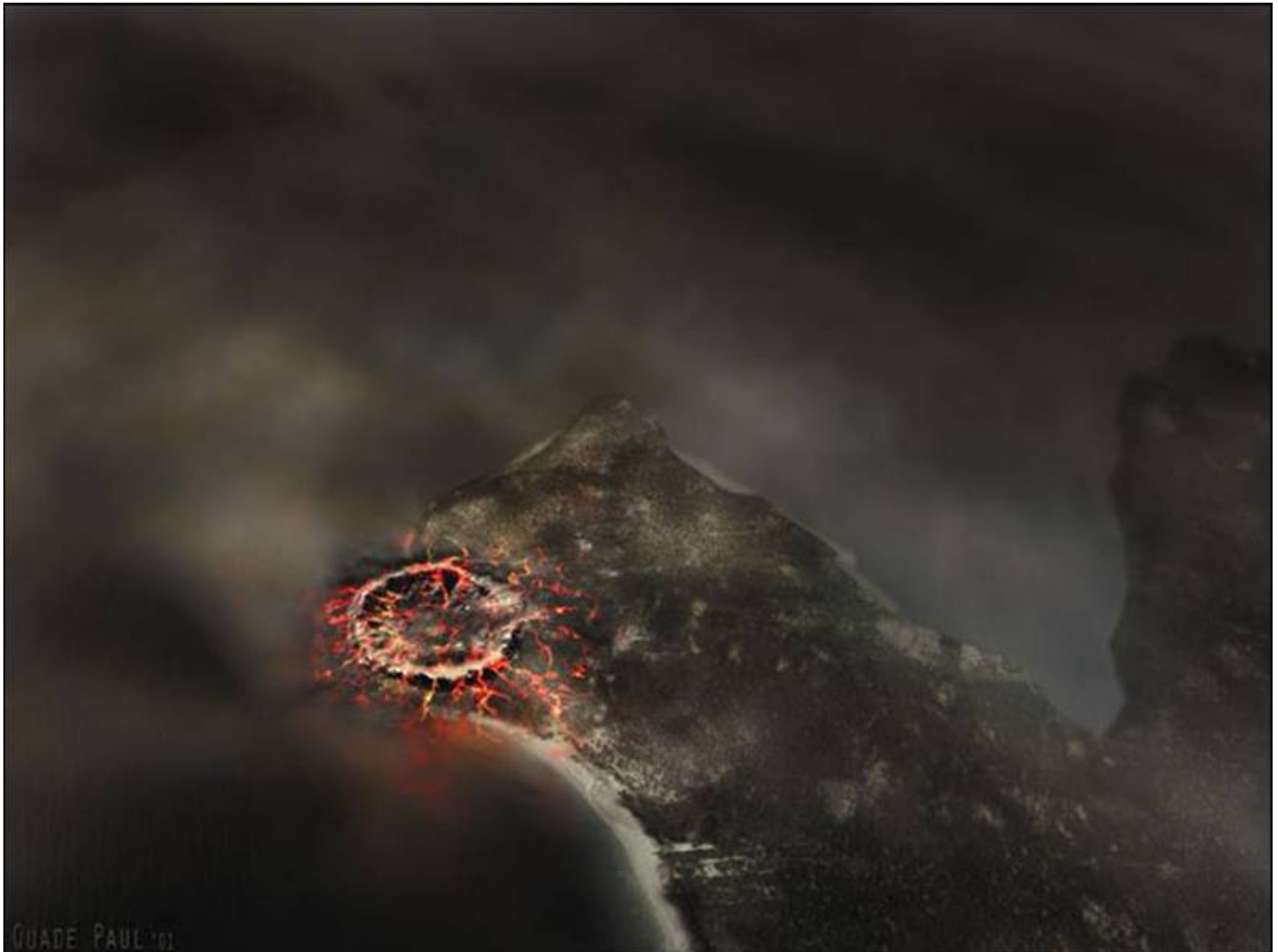




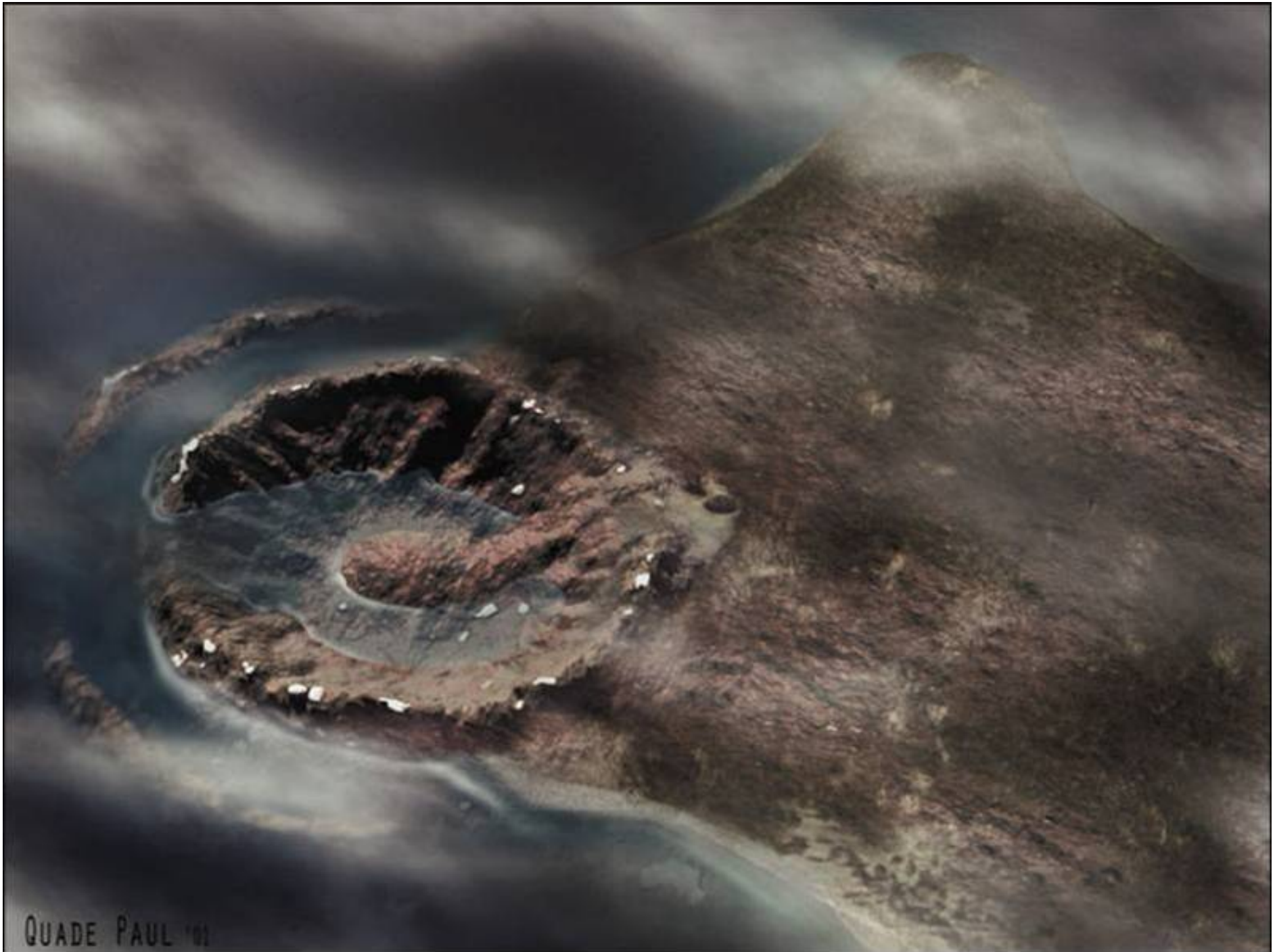
QUADE PAUL '01



QUADE PAUL '01



QUADE PAUL '01



¿Es la amenaza de impacto un peligro real o una exageración?



# Impactos

- Asteroides y cometas han golpeado la Tierra.
- Un impacto importante es solo cuestión de tiempo: no SI, sino CUANDO.
- Los impactos mayores son muy raros.
- Los eventos de nivel de extinción ocurren con millones de años de diferencia.
- El daño mayor ocurre a decenas de cientos de años de diferencia.



Tunguska, Siberia: 30 de junio de 1908

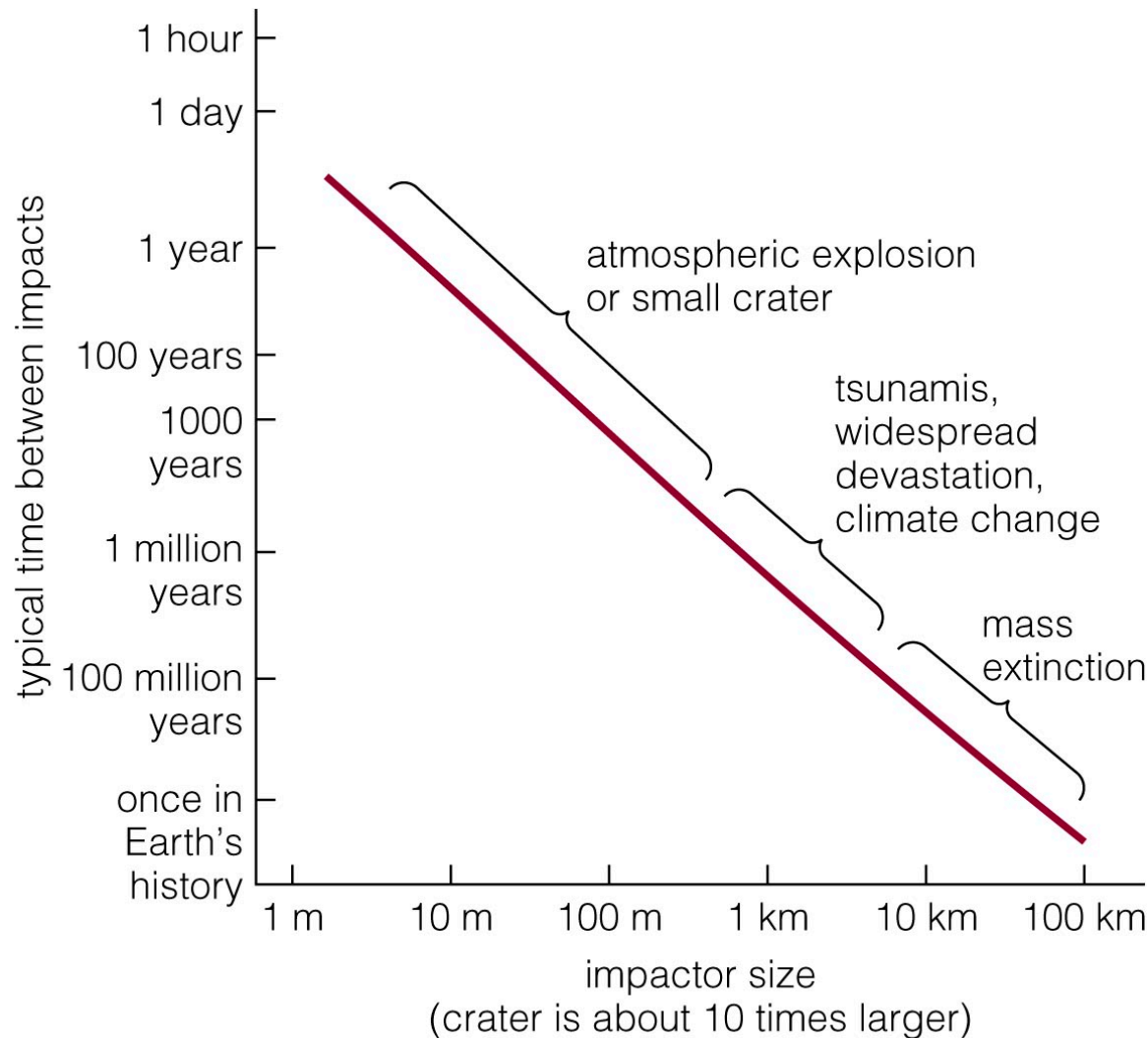
Un objeto de ~ 40 metros se desintegró y explotó en la atmósfera.



Meteor Crater, Arizona: hace 50,000 años (objeto de 50 metros)



# Frecuencia de Impactos



- Pequeños impactos ocurren casi a diario.
- Los impactos lo suficientemente grandes como para causar extinciones masivas ocurren con muchos millones de años de diferencia.

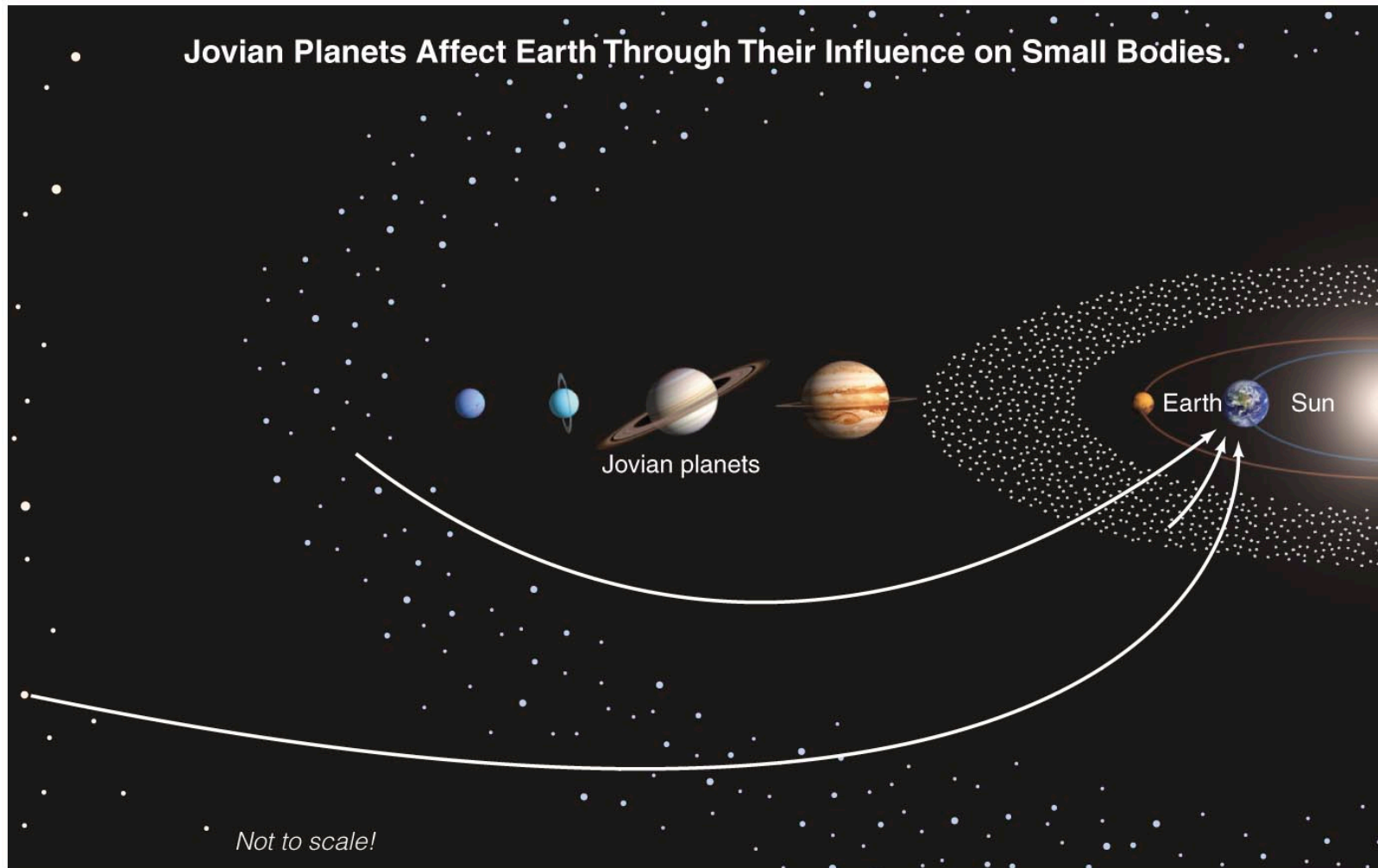
# El asteroide que podría destruirnos

- No lo hemos visto todavía.
- La deflexión es más probable con años de advertencia anticipada.
- El control es crítico: es poco probable que la división de un gran asteroide en un montón de pequeños asteroides ayude.
- Recibimos menos advertencias anticipadas de un cometa asesino ...

# ¿Cómo afectan los planetas jovianos las tasas de impacto y la vida en la Tierra?

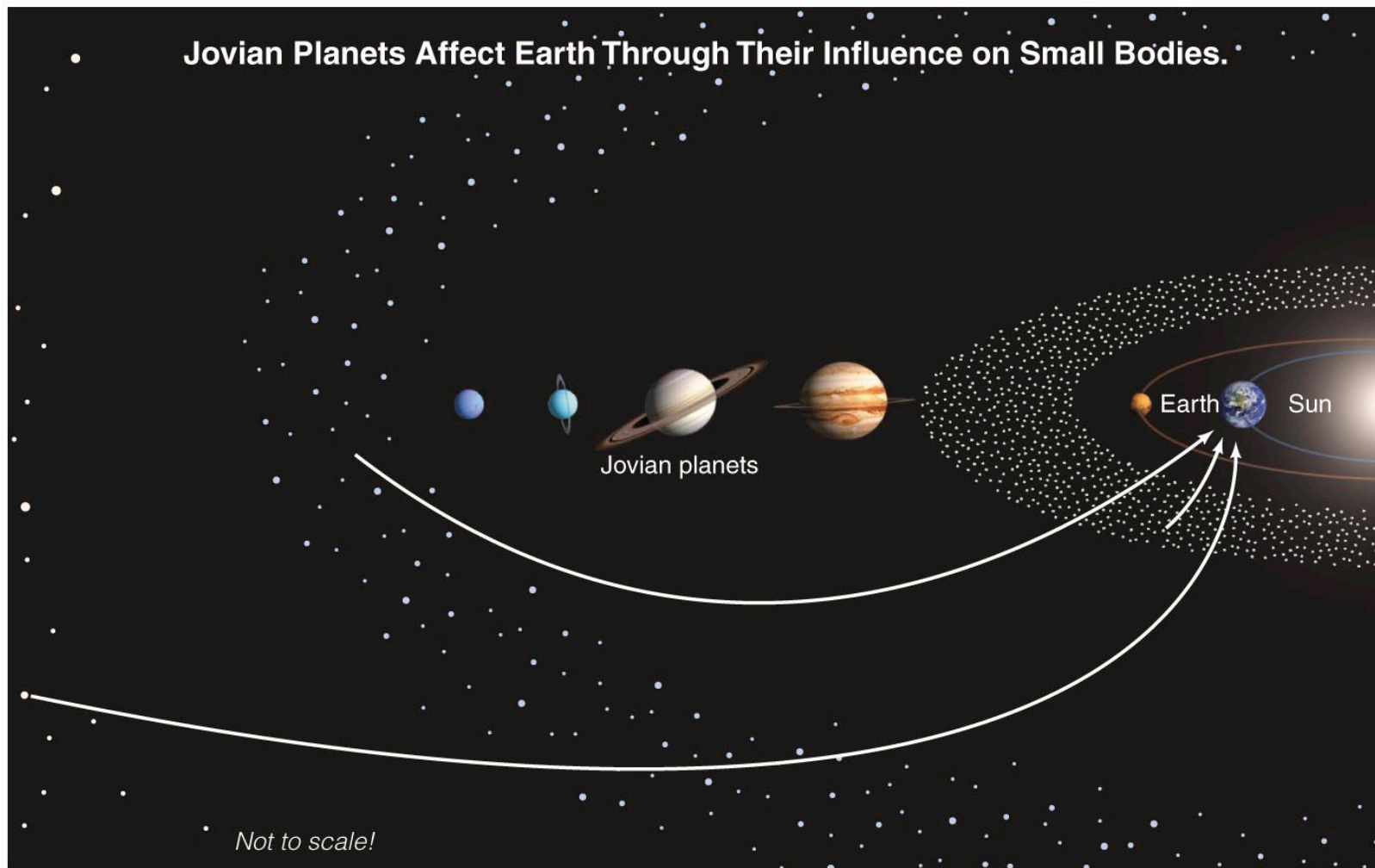


# Influencia de los planetas jovianos.



La gravedad de un planeta joviano (especialmente Júpiter) puede redirigir un cometa

# Influencia de los planetas jovianos.



Júpiter ha dirigido algunos cometas hacia la Tierra, pero ha expulsado muchos más en la nube de Oort.



¿Era necesario Júpiter para la vida en la Tierra?



Los impactos pueden extinguir la vida.

¿Pero eran necesarios para la "vida como la conocemos"?