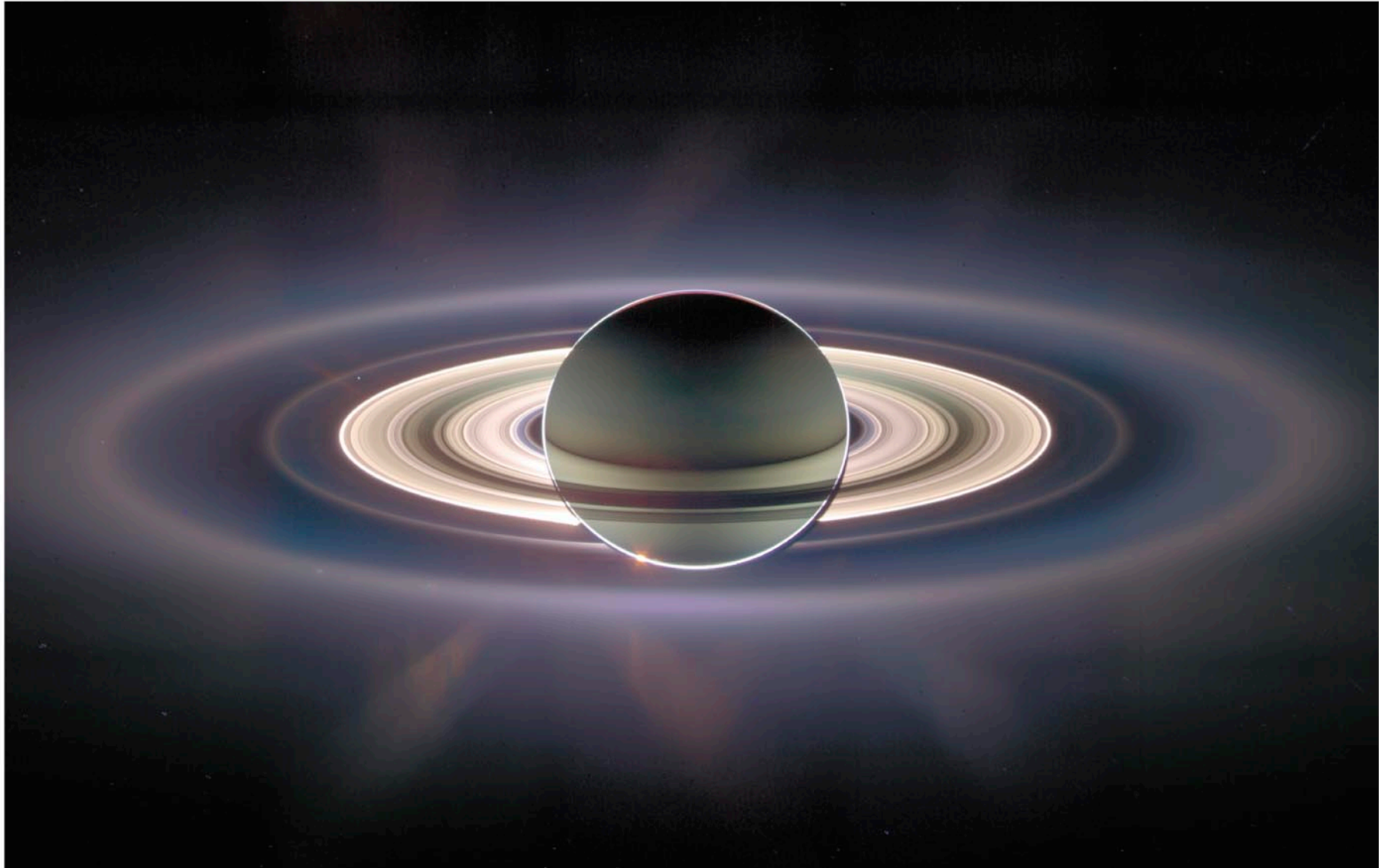


# Sistemas planetarios jovianos



# ¿Qué es una atmósfera?



Una atmósfera es una capa de gas que circunda un mundo.

# Atmosferas de planetas terrestres

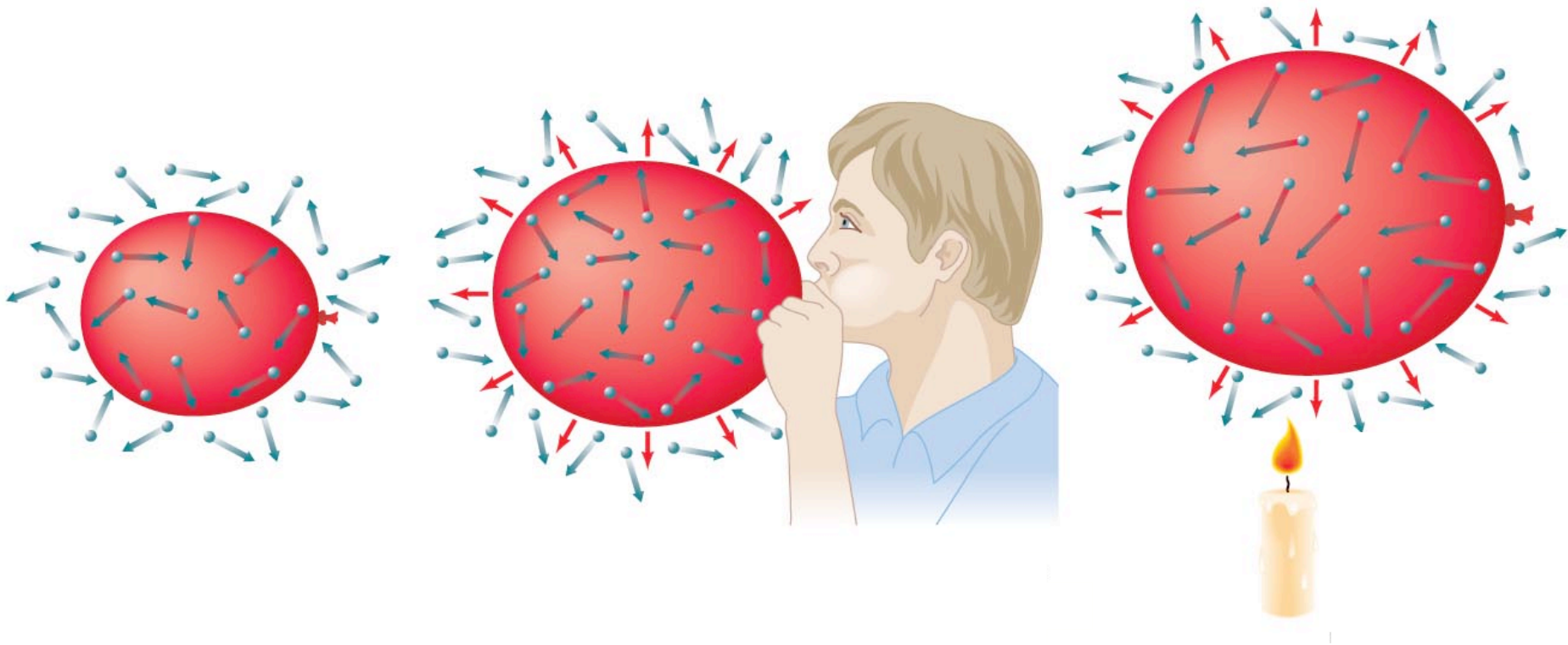
World	Composition of Atmosphere	Surface Pressure*	Average Surface Temperature	Winds, Weather Patterns	Clouds, Hazes
<b>Mercury</b>	helium, sodium, oxygen	$10^{-14}$ bar	day: 425°C (797°F) night: -175°C (-283°F)	none: too little atmosphere	none
<b>Venus</b>	96% carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) 3.5% nitrogen (N <sub>2</sub> )	90 bars	470°C (878°F)	slow winds, no violent storms, acid rain	sulfuric acid clouds
<b>Earth</b>	77% nitrogen (N <sub>2</sub> ) 21% oxygen (O <sub>2</sub> ) 1% argon H <sub>2</sub> O (0.4%, but variable) 0.04% carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	1 bar	15°C (59°F)	winds, hurricanes, rain, snow	H <sub>2</sub> O clouds, pollution
<b>Moon</b>	helium, sodium, argon	$10^{-14}$ bar	day: 125°C (257°F) night: -175°C (-283°F)	none: too little atmosphere	none
<b>Mars</b>	95% carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) 2.7% nitrogen (N <sub>2</sub> ) 1.6% argon	0.007 bar	-50°C (-58°F)	winds, dust storms	H <sub>2</sub> O and CO <sub>2</sub> clouds, dust

# Atmósfera terrestre



- Cerca de 10 kilómetros de espesor
- Consiste principalmente en nitrógeno molecular ( $N_2$ ) y oxígeno ( $O_2$ ).

# Presión atmosférica

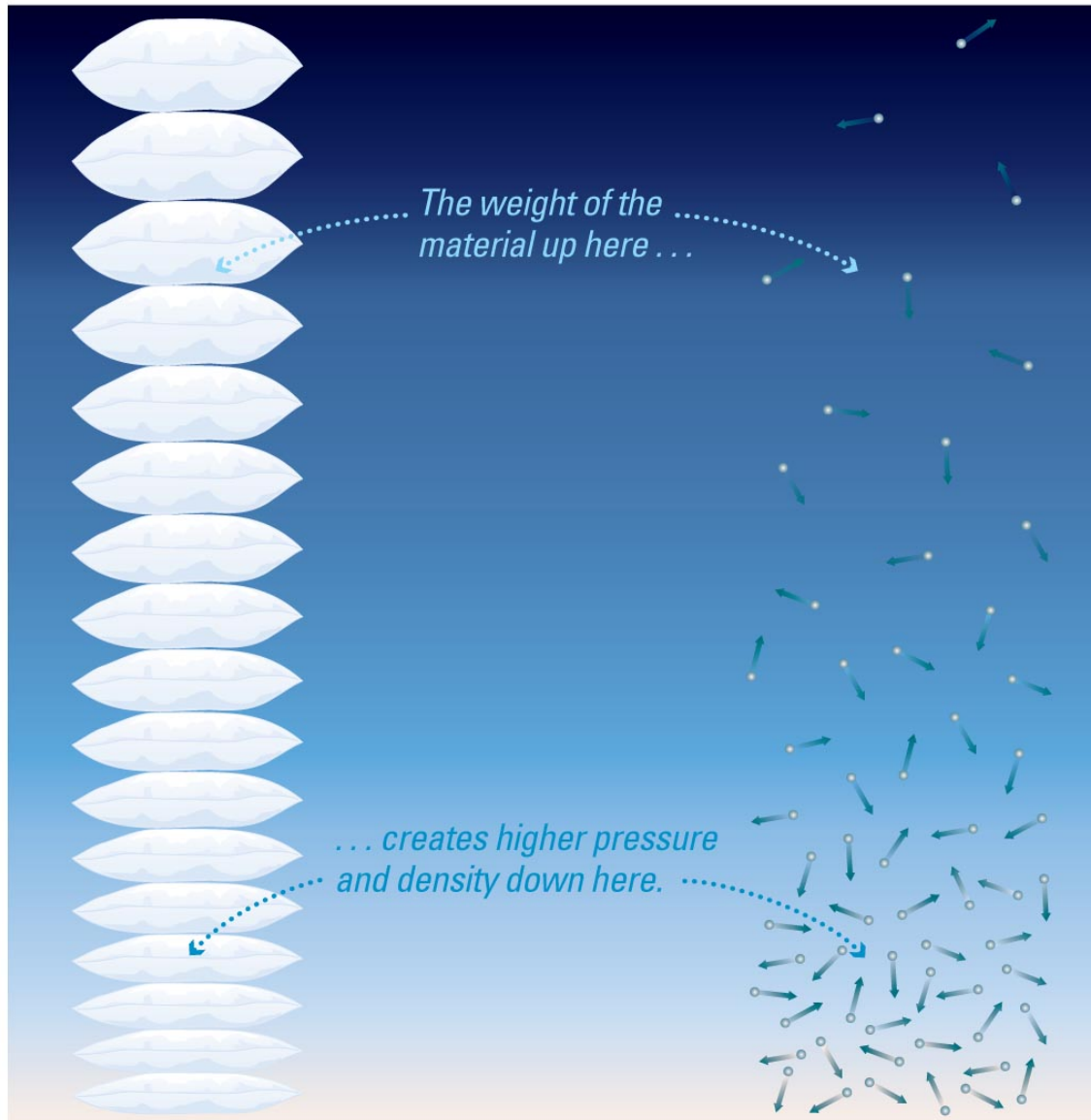


La presión del gas depende de la densidad y la temperatura.

Agregar moléculas de aire aumenta la presión en un globo.

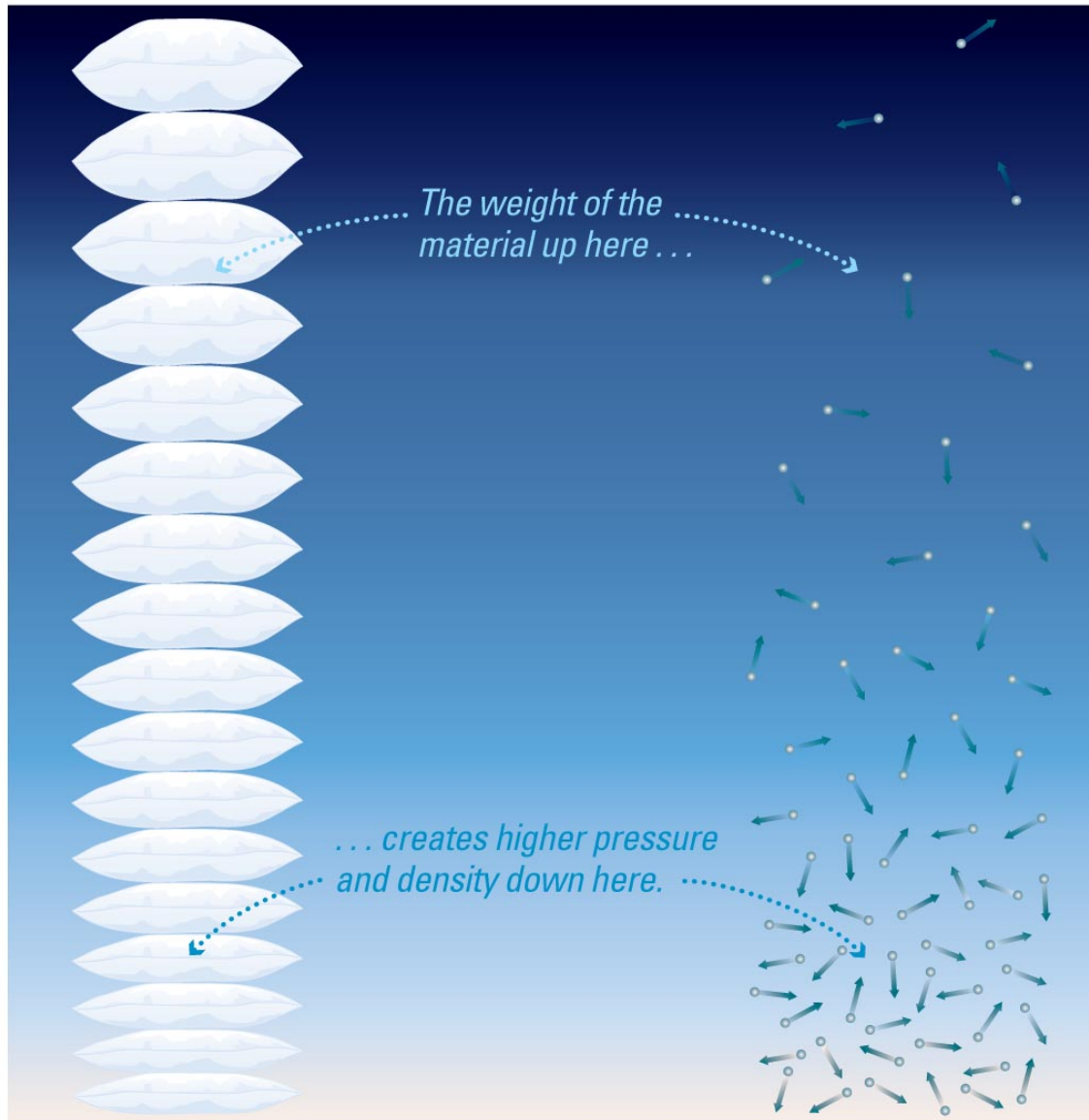
Calentar el aire también aumenta la presión.

# Presión atmosférica



- La presión y la densidad disminuyen con la altitud porque el peso de las capas superpuestas es menor.
- La presión de la Tierra a nivel del mar es:
  - 1.03 kg por metro cuadrado
  - 1 bar

# ¿Dónde termina una atmósfera?



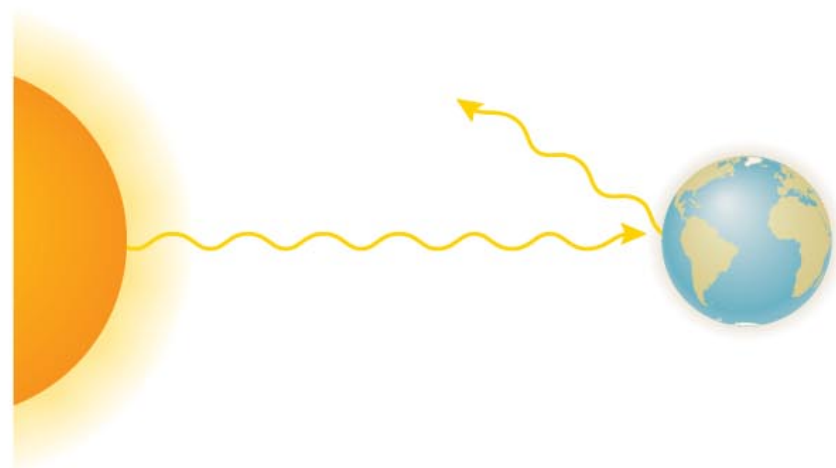
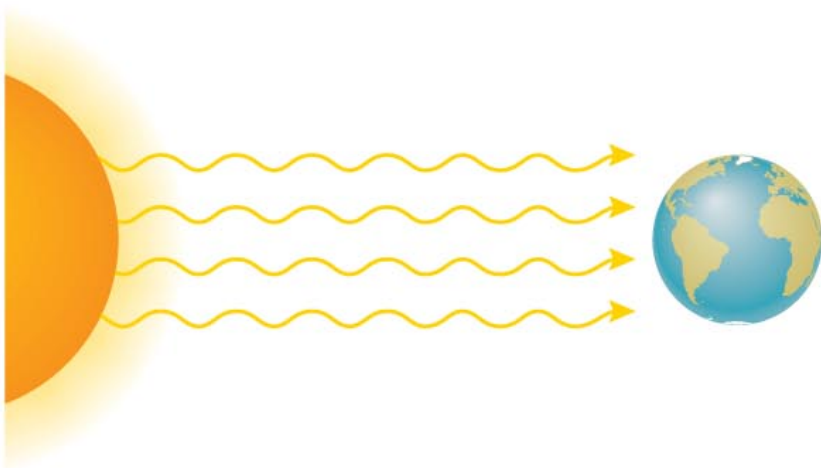
- No hay un límite superior claro.
- La mayor parte del gas de la Tierra está a menos de 10 kilómetros de la superficie, pero una pequeña fracción se extiende a más de 100 kilómetros.
- Las altitudes de más de 60 kilómetros se consideran "espacio".

# Efectos de las atmósferas

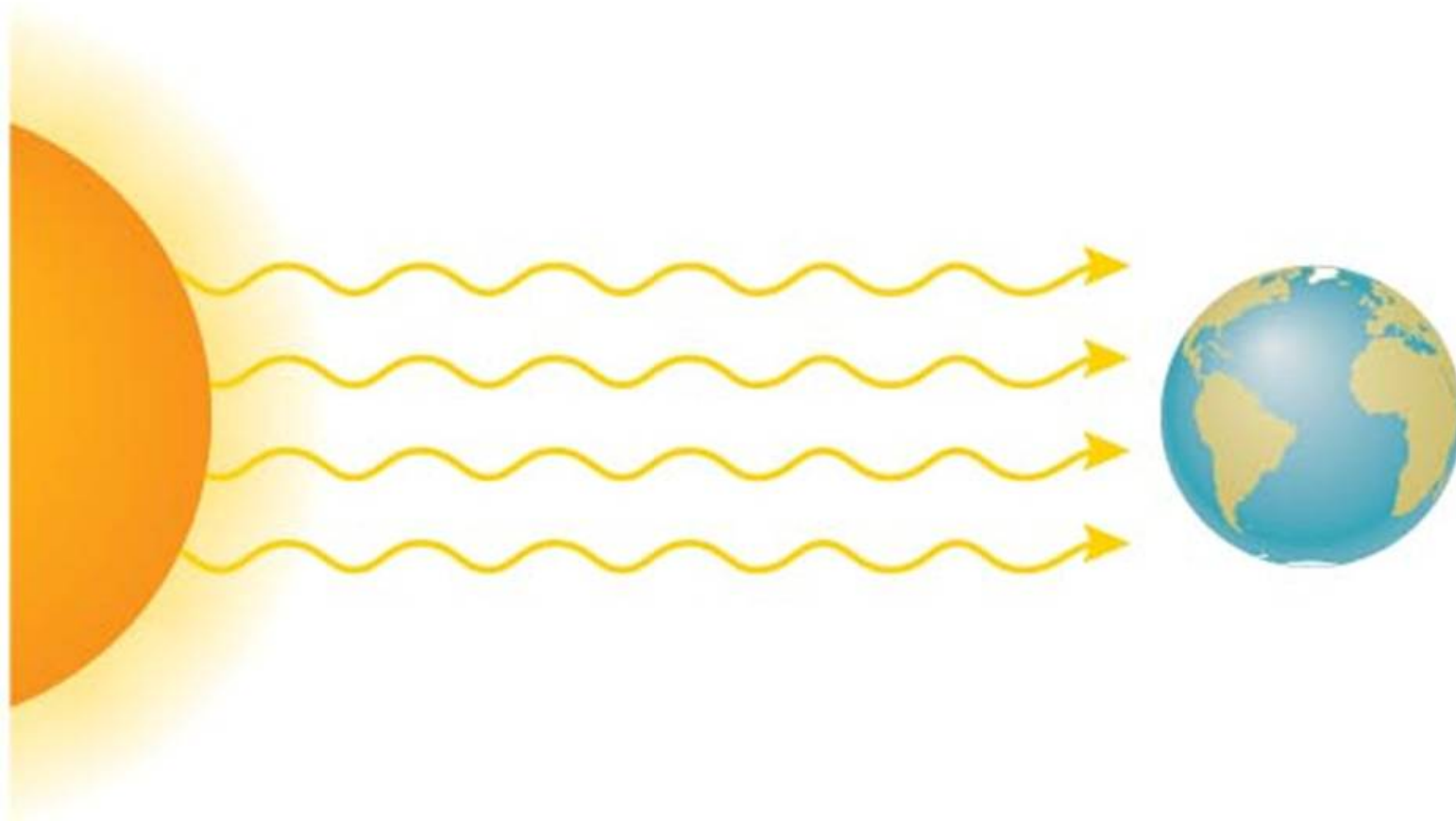
- Crean presión que determina si puede existir agua líquida en la superficie.
- Absorben y dispersan la luz.
- Crean viento, clima y clima.
- Ellos interactúan con el viento solar para crear una magnetosfera.
- Pueden calentar las superficies planetarias a través del efecto invernadero.



# ¿Qué factores pueden causar el cambio climático a largo plazo?

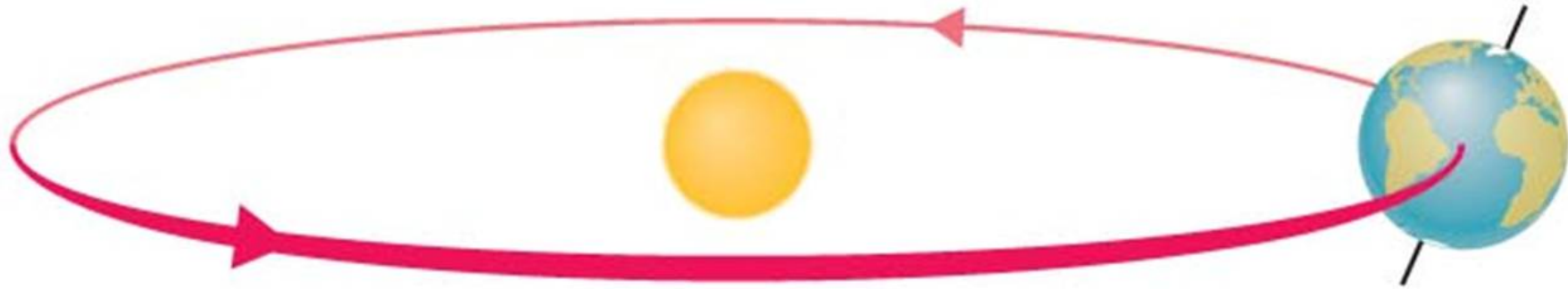


# 1) Brillo solar



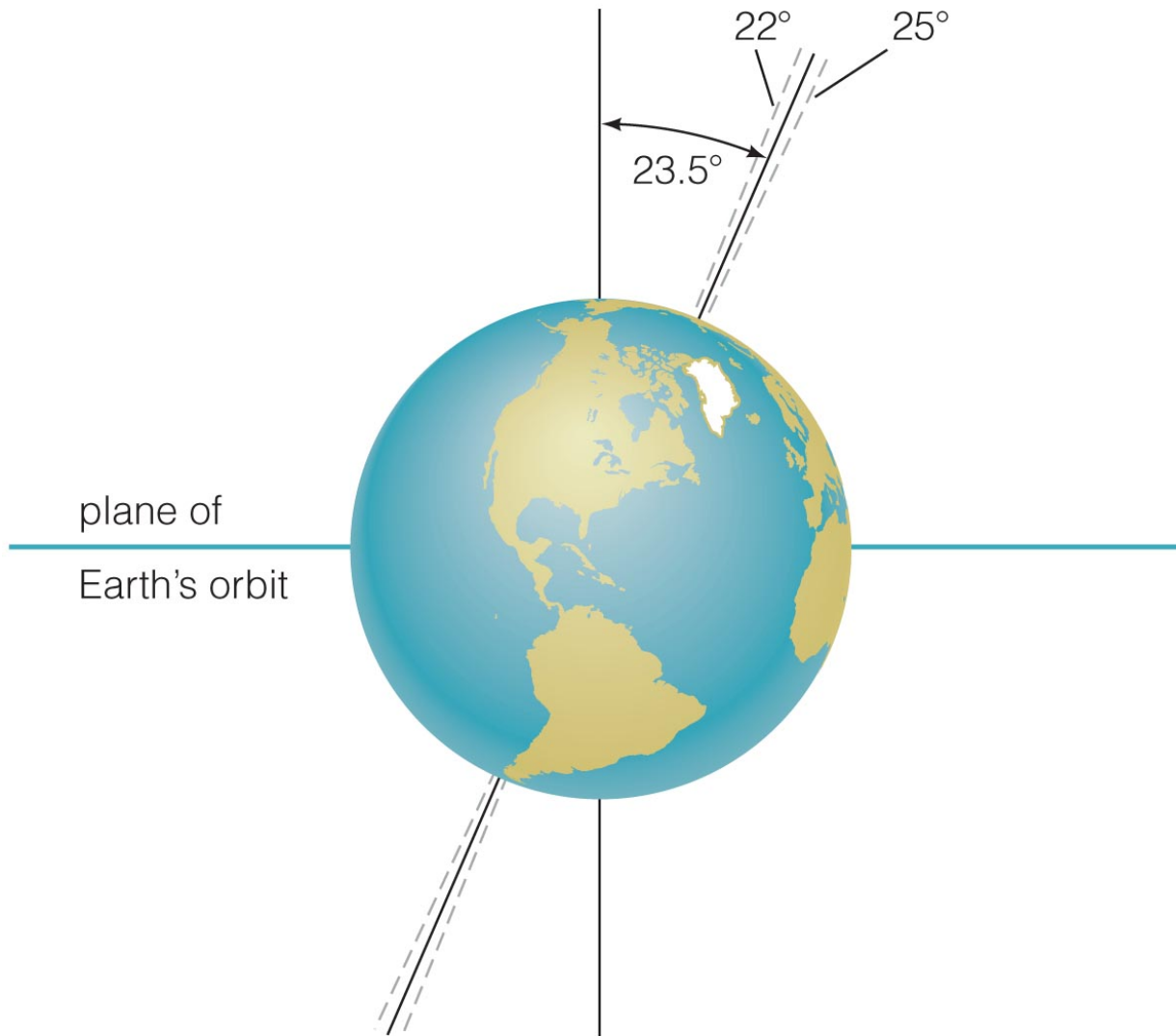
- El Sol gradualmente se vuelve más brillante con el tiempo, aumentando la cantidad de luz solar que calienta los planetas.

## 2) Cambios en la inclinación del eje



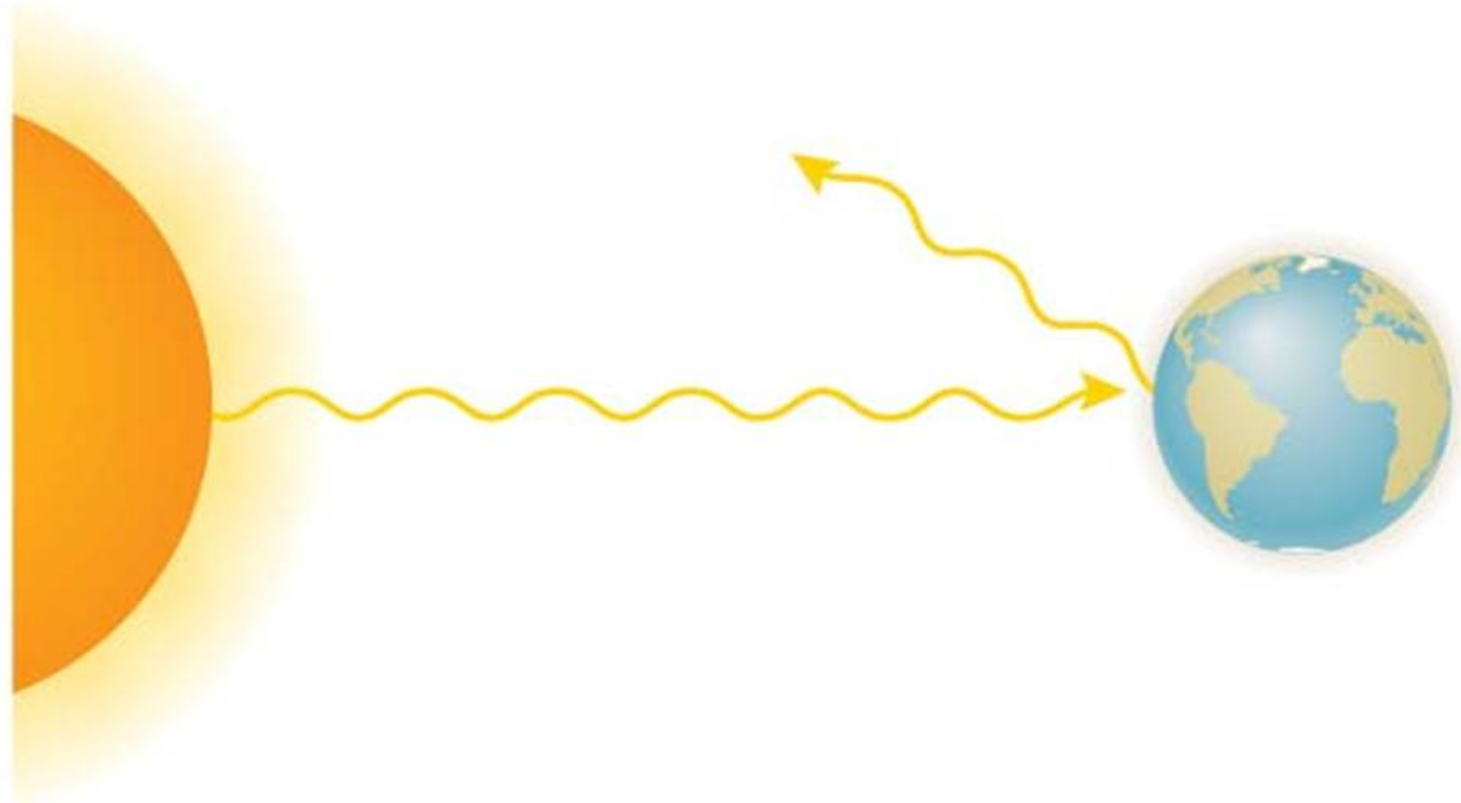
- Una mayor inclinación crea temporadas más extremas, mientras que una inclinación más pequeña mantiene las regiones polares más frías.

## 2) Cambios en la inclinación del eje



- Pequeñas atracciones gravitacionales de otros cuerpos en el sistema solar hacen que la inclinación del eje de la Tierra varíe entre 22° y 25°.

### 3) Cambios en la reflectividad



- Una mayor reflectividad tiende a enfriar un planeta, mientras que una menor reflectividad conduce al calentamiento.

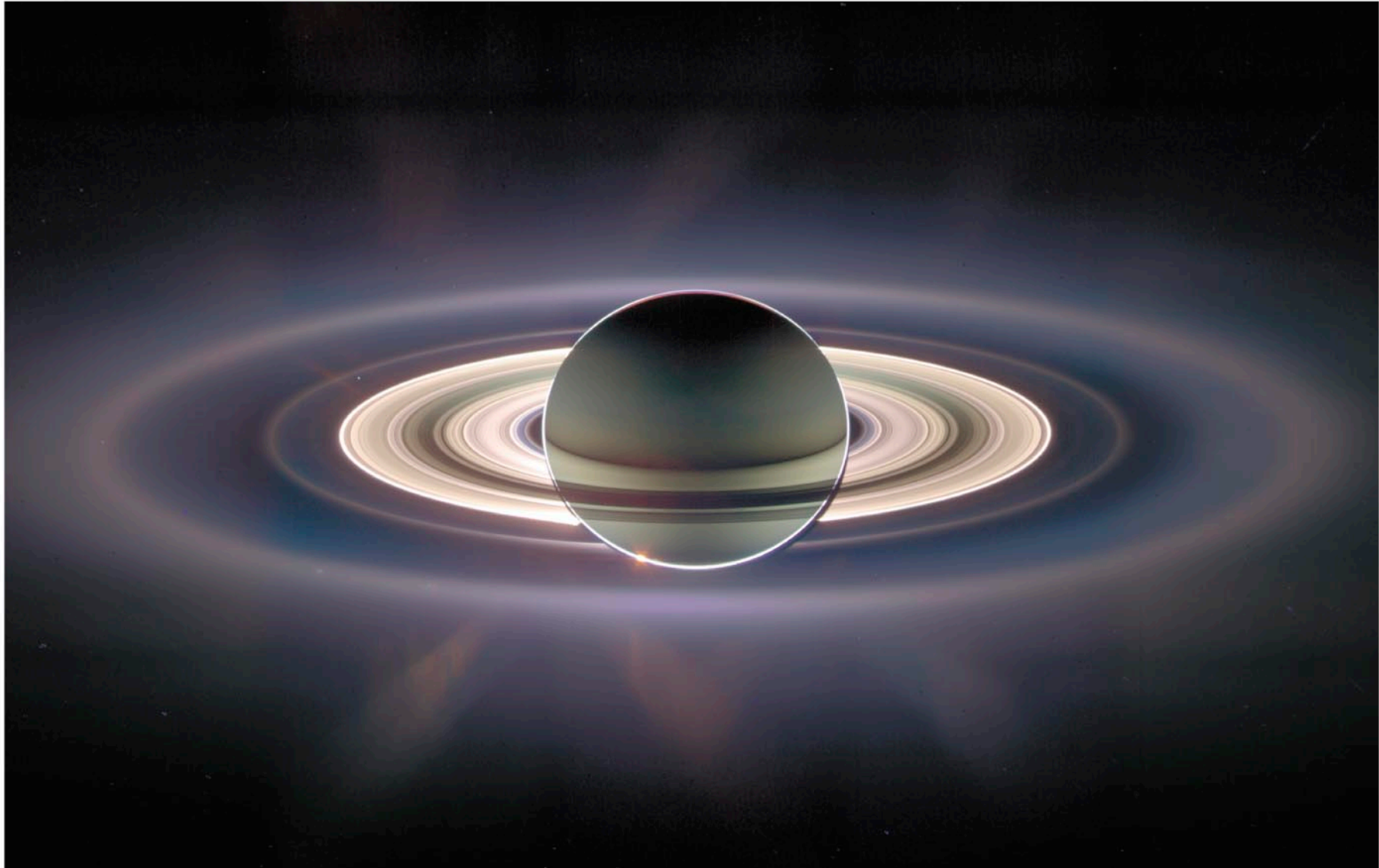
## 4) Cambios en los gases que producen efecto invernadero



- Un aumento en los gases de efecto invernadero conduce al calentamiento, mientras que una disminución conduce al enfriamiento.

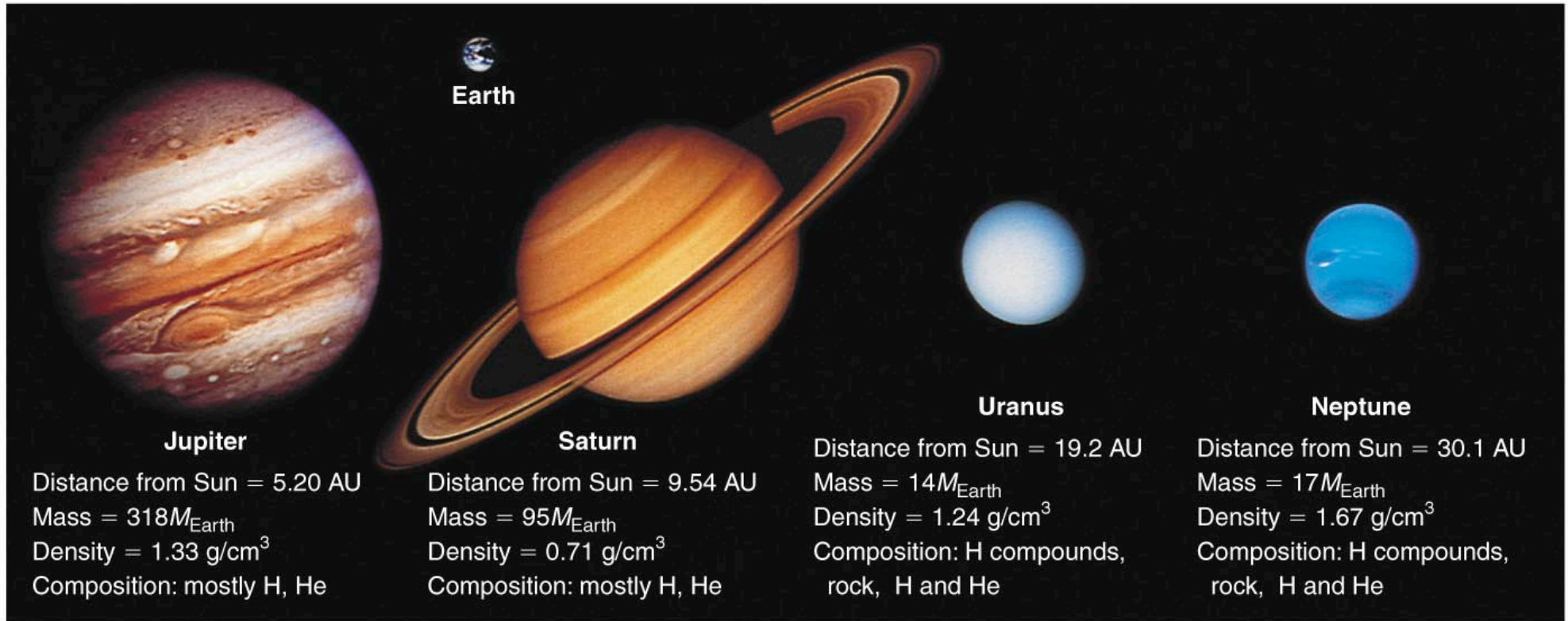
- ¿Son todos los planetas jovianos iguales?
- ¿Cómo son los planetas jovianos en el interior?
- ¿Cómo es el clima en los planetas jovianos?
- ¿Los planetas jovianos tienen magnetosferas como la de la Tierra?

# Sistemas planetarios jovianos





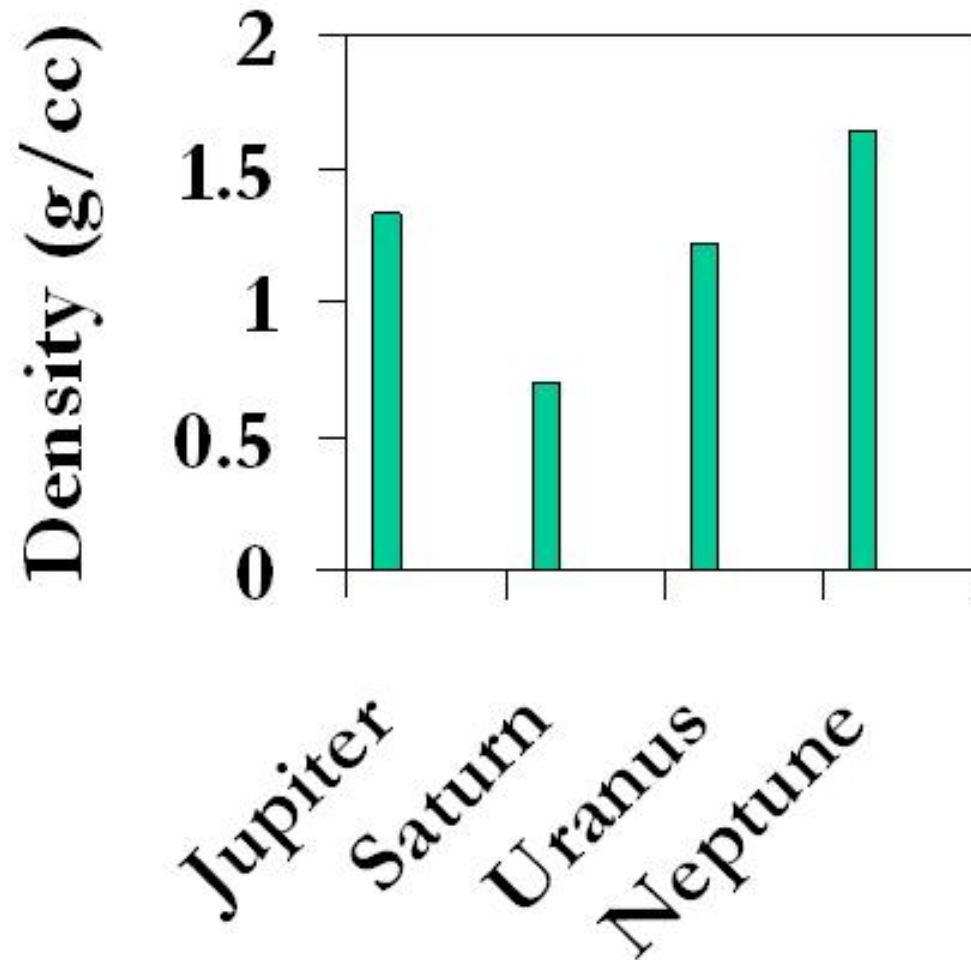
# ¿Son todos los planetas jovianos iguales?



# Composición de los planetas jovianos

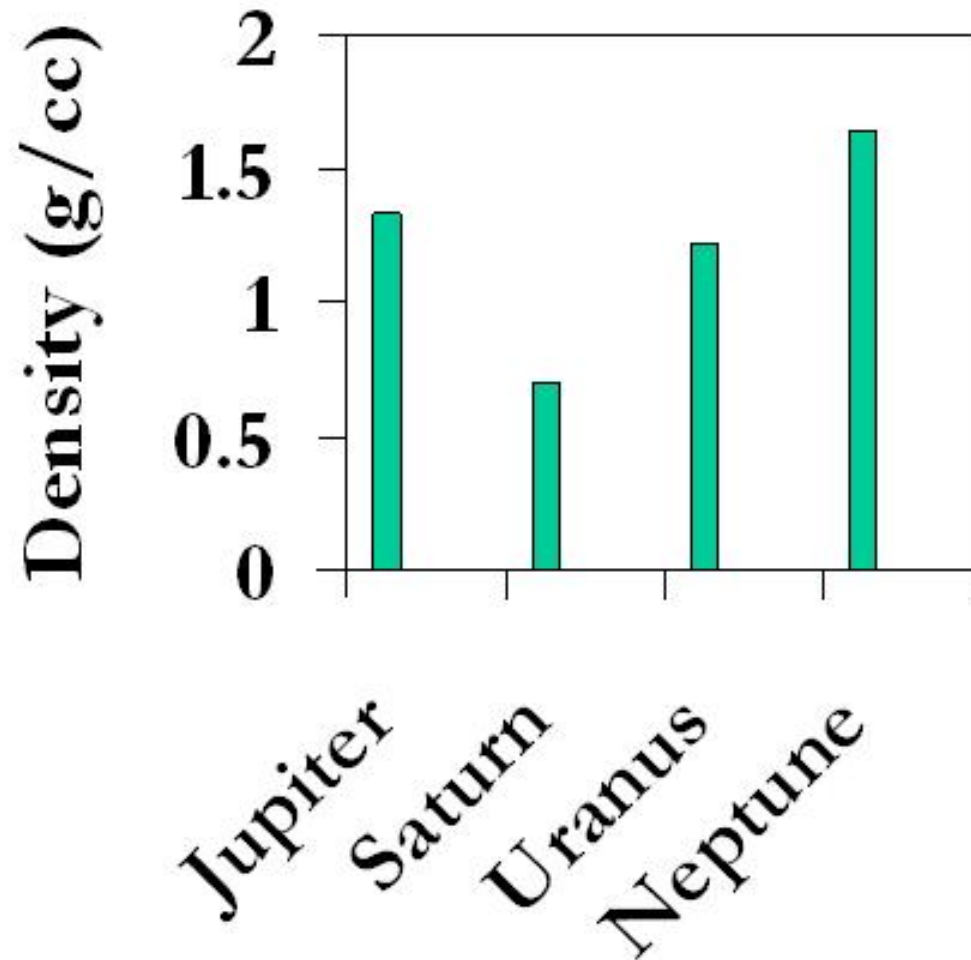
- Júpiter y Saturno
  - Mayormente H y He gas
- Urano y Neptuno
  - Principalmente compuestos de hidrógeno: agua (H<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>)
  - H, He, y piedras

# Diferencias de densidad



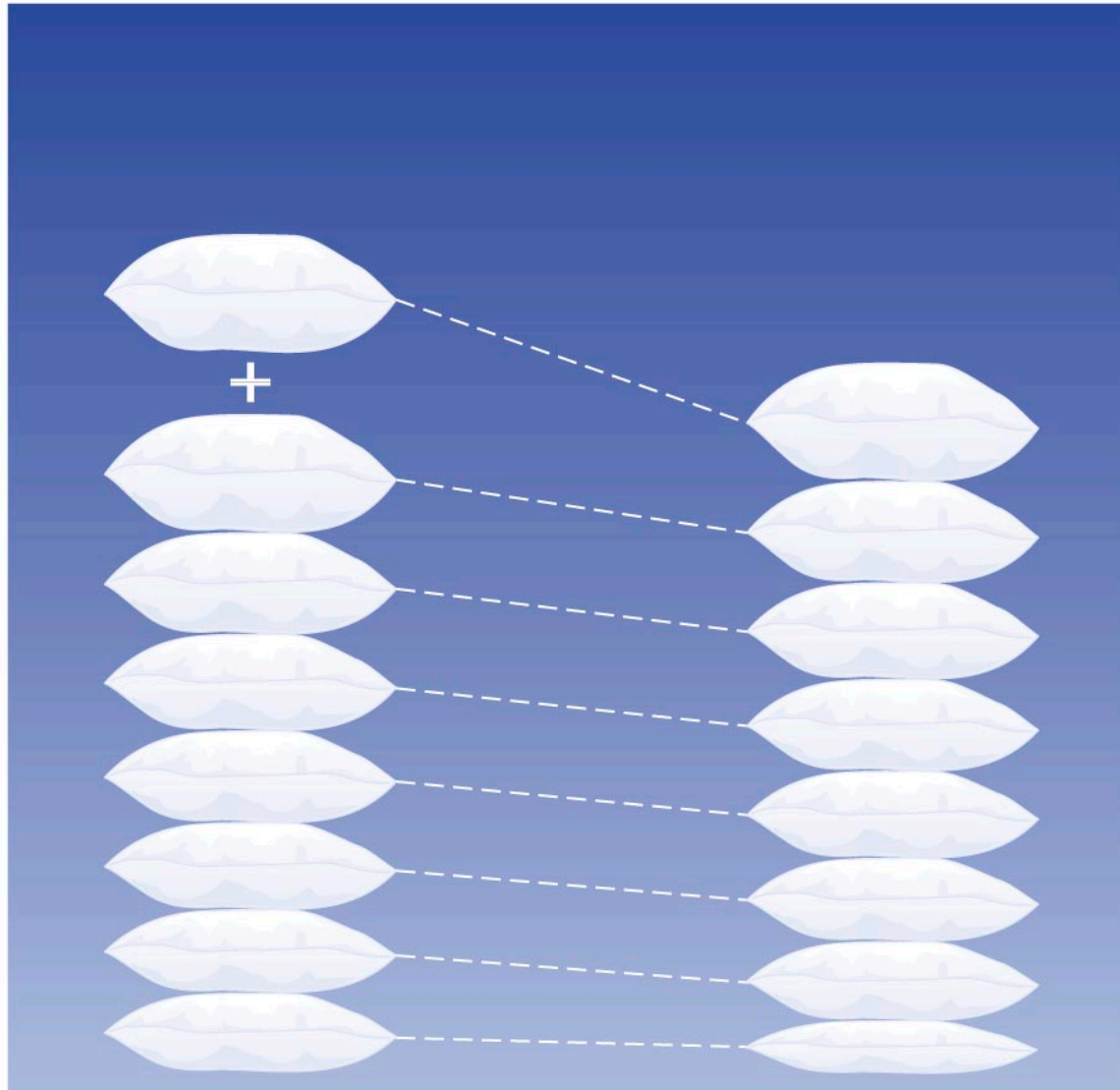
- Urano y Neptuno son más densos que Saturno porque tienen menos H / He, proporcionalmente.

# Diferencias de densidad



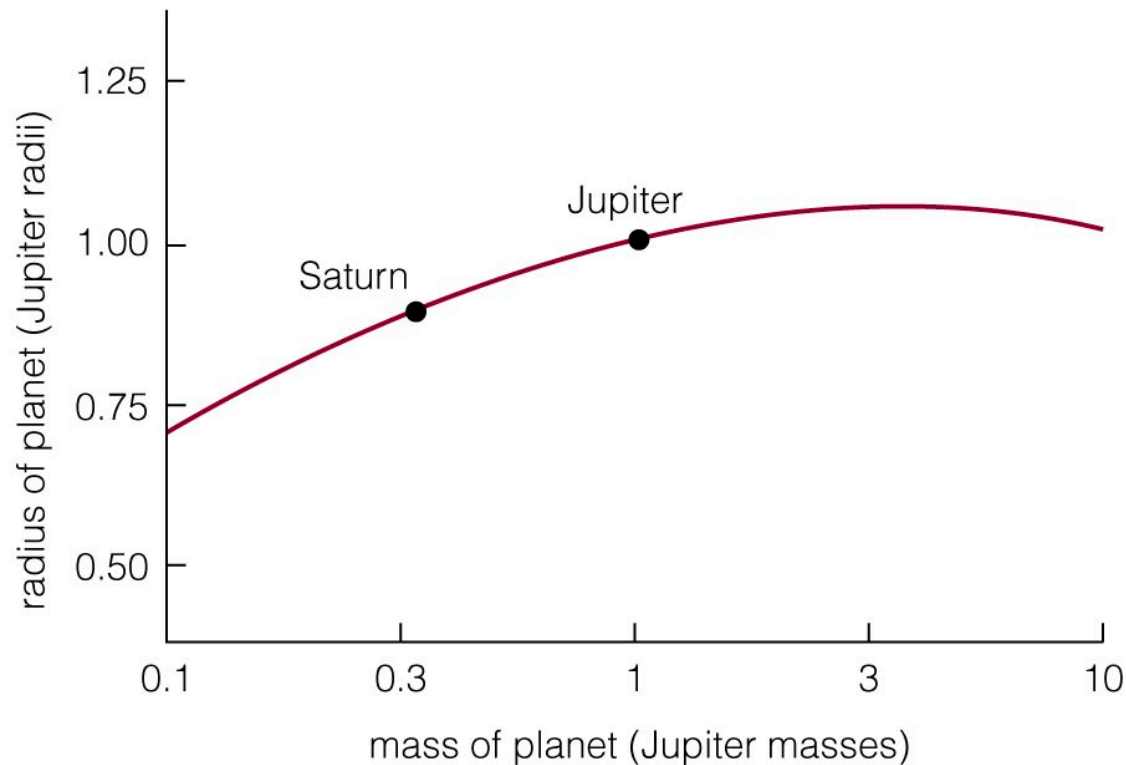
- Pero esa explicación no funciona para Júpiter ...

# Tamaños de planetas jovianos



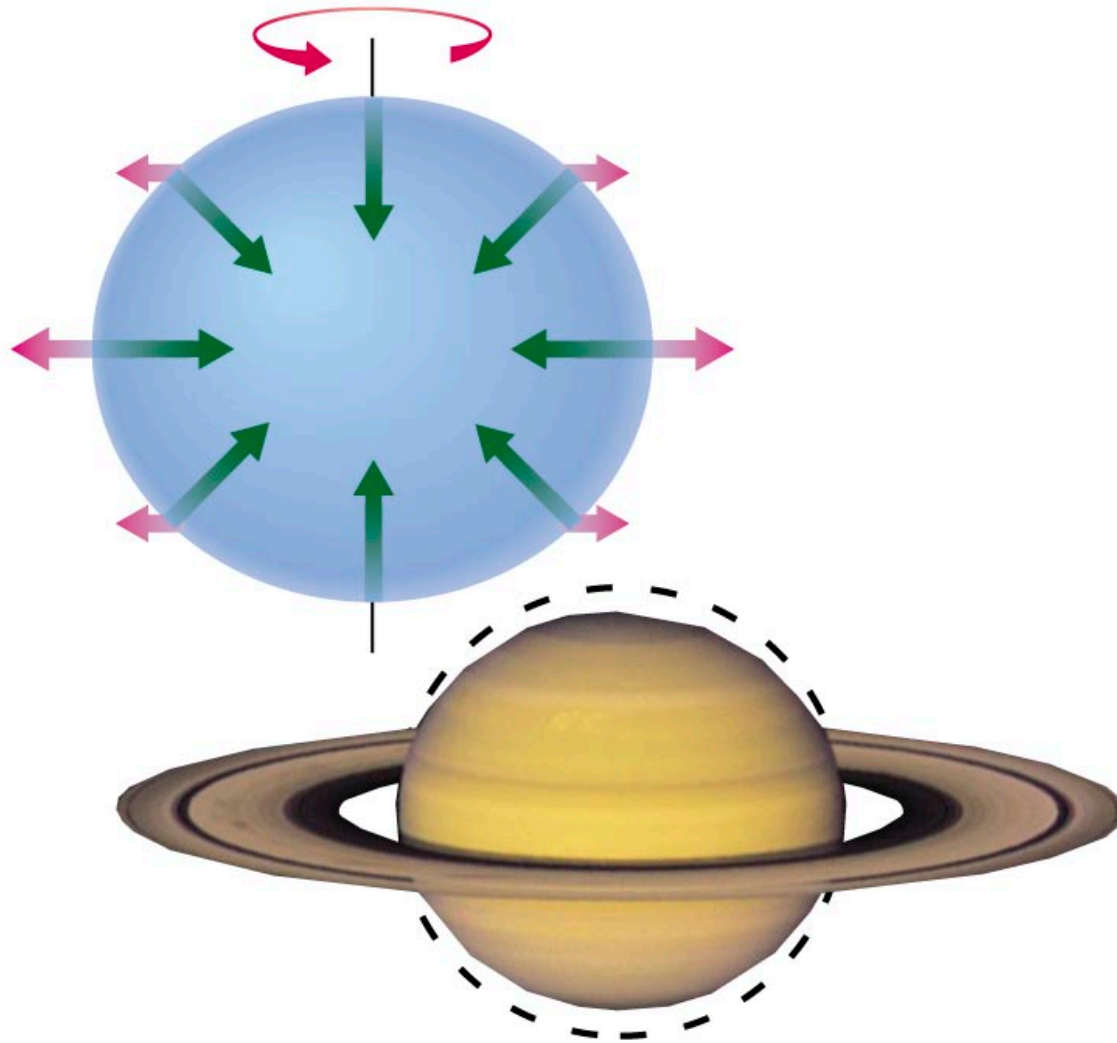
- Agregar masa a un planeta joviano comprime las capas de gas subyacentes.

# Tamaños de planetas jovianos



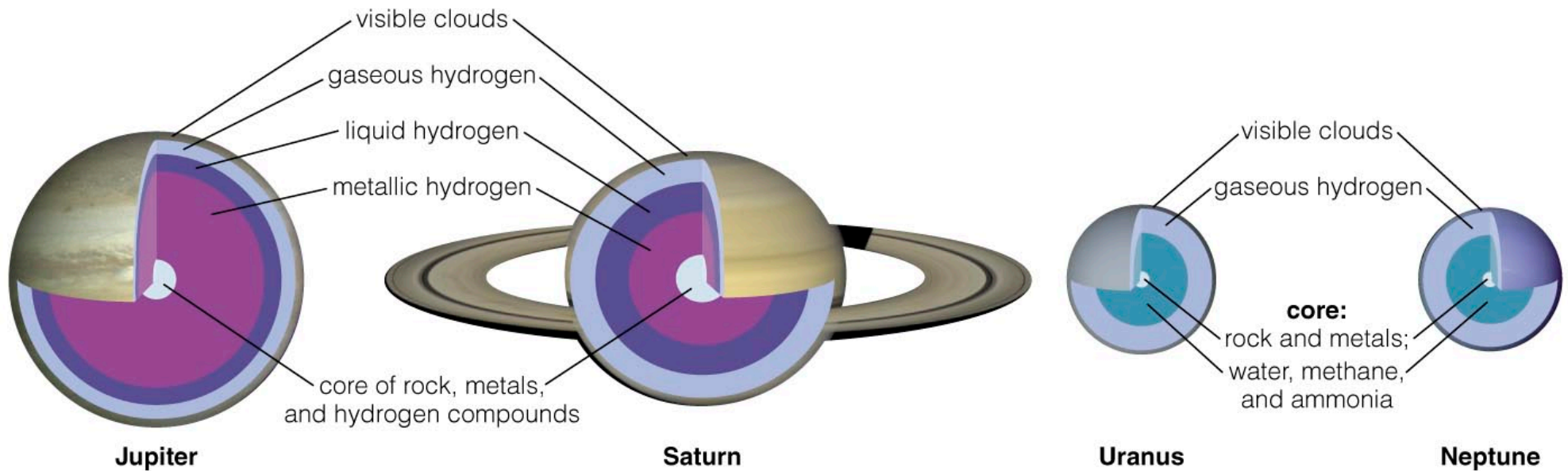
- Una mayor compresión es la razón por la que Júpiter no es mucho más grande que Saturno, aunque es tres veces más masivo.
- Los planetas jovianos con incluso más masa pueden ser más pequeños que Júpiter.

# Rotación y Forma



- Los planetas jovianos no son muy esféricos debido a su rápida rotación.

# ¿Cómo son los planetas jovianos en el interior?

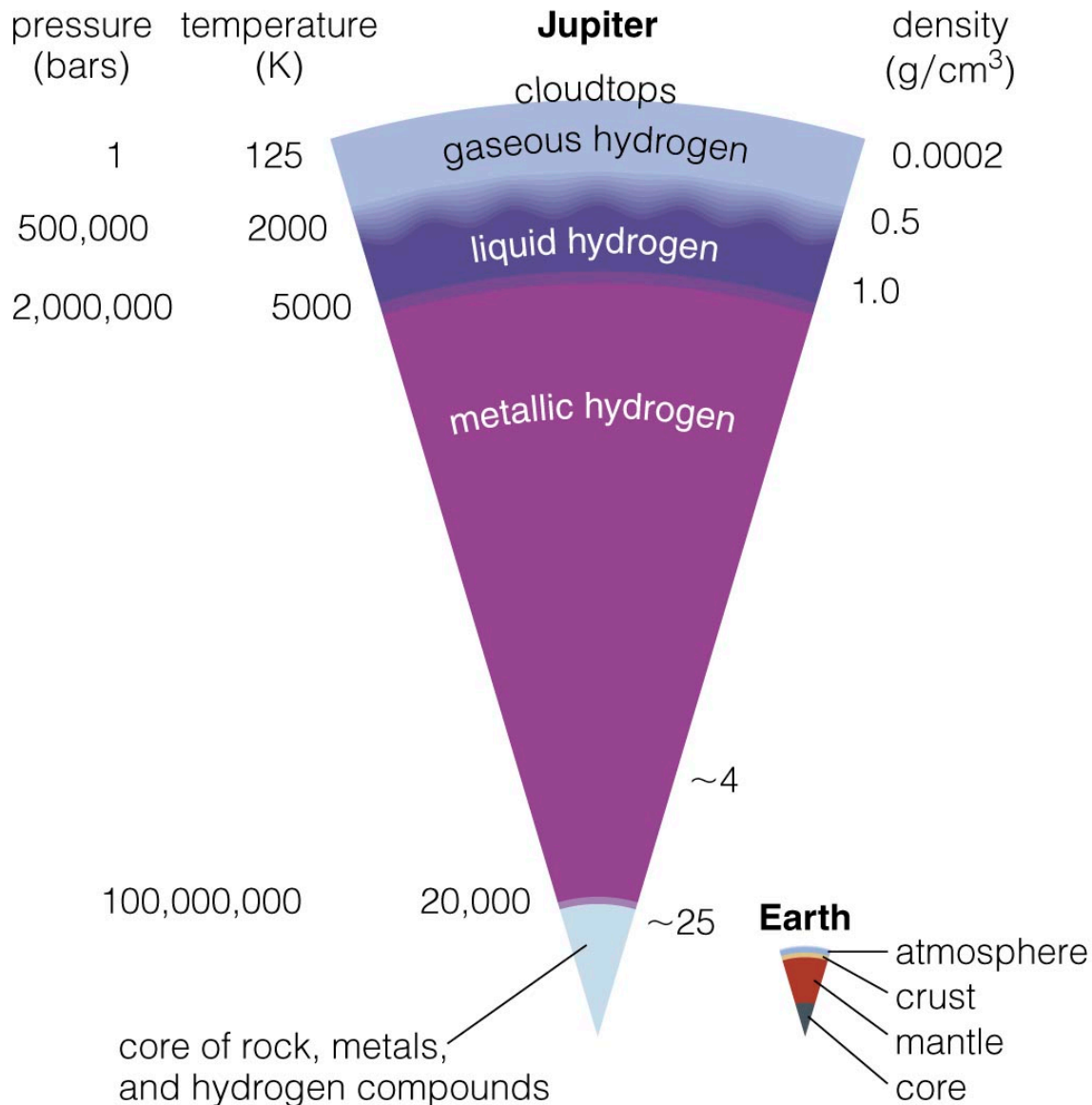




# Interiores de los planetas jovianos

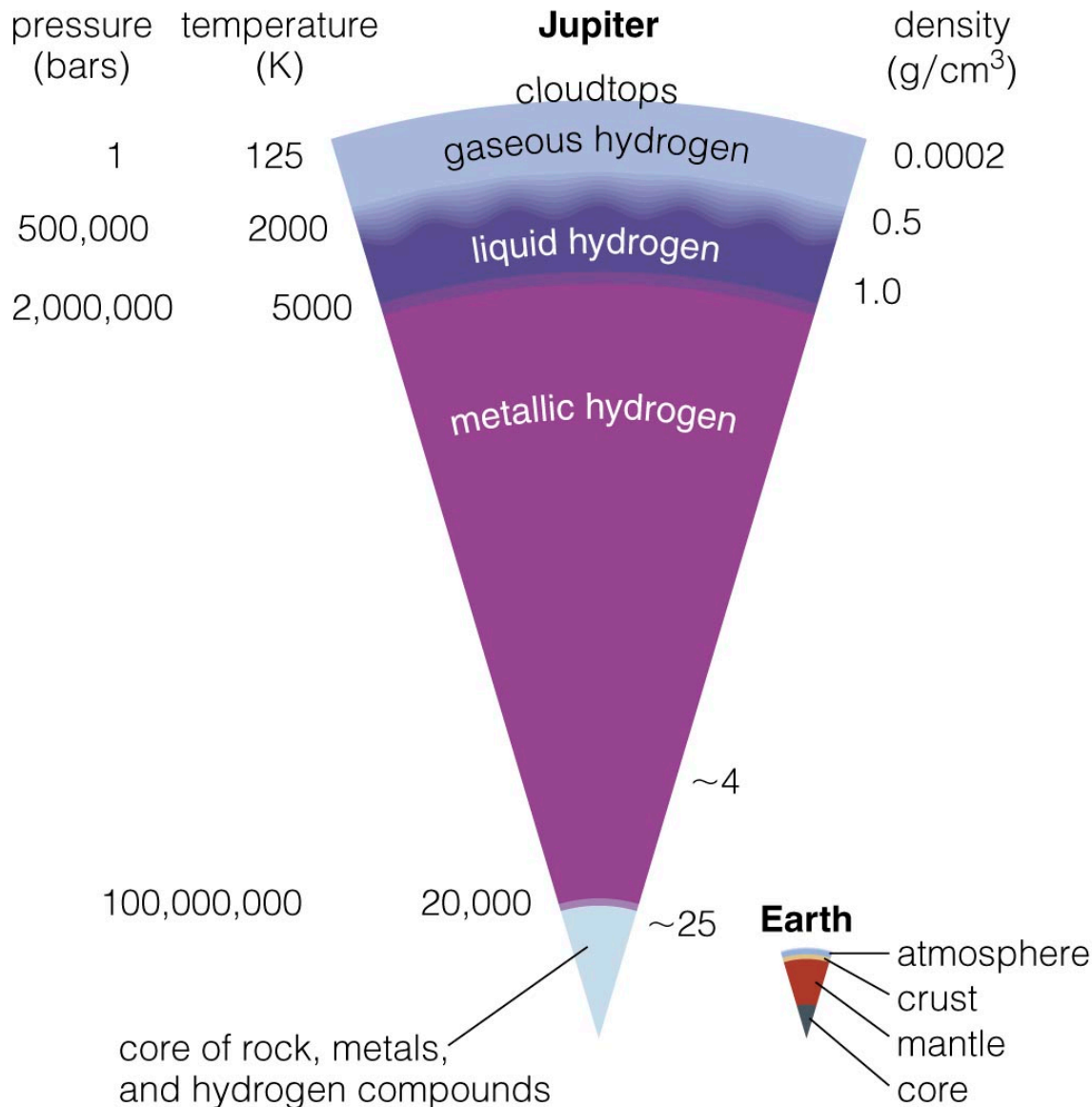
- Sin superficie sólida
- Capas bajo alta presión y temperaturas.
- Núcleos ( $\sim 10$  masas terrestres) hechos de compuestos de hidrógeno, metales y rocas
- Las capas son diferentes para los diferentes planetas. ¿POR QUÉ?

# Jupiter



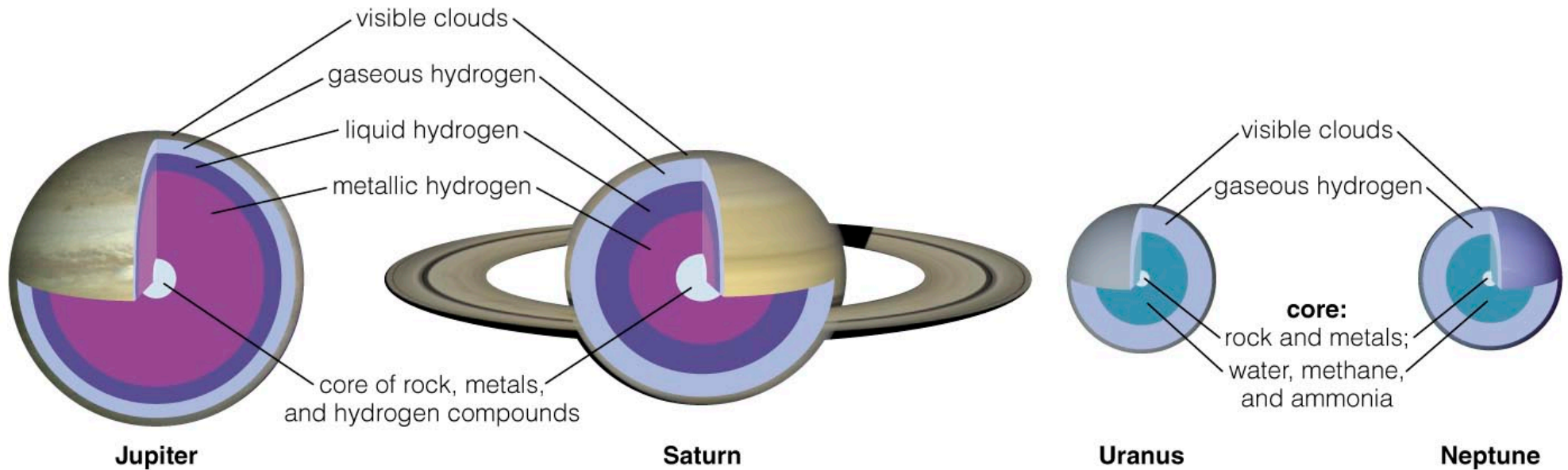
- Las altas presiones dentro de Júpiter causan que la fase de hidrógeno cambie con la profundidad.
- El hidrógeno actúa como un metal a grandes profundidades porque sus electrones se mueven libremente.

# Jupiter



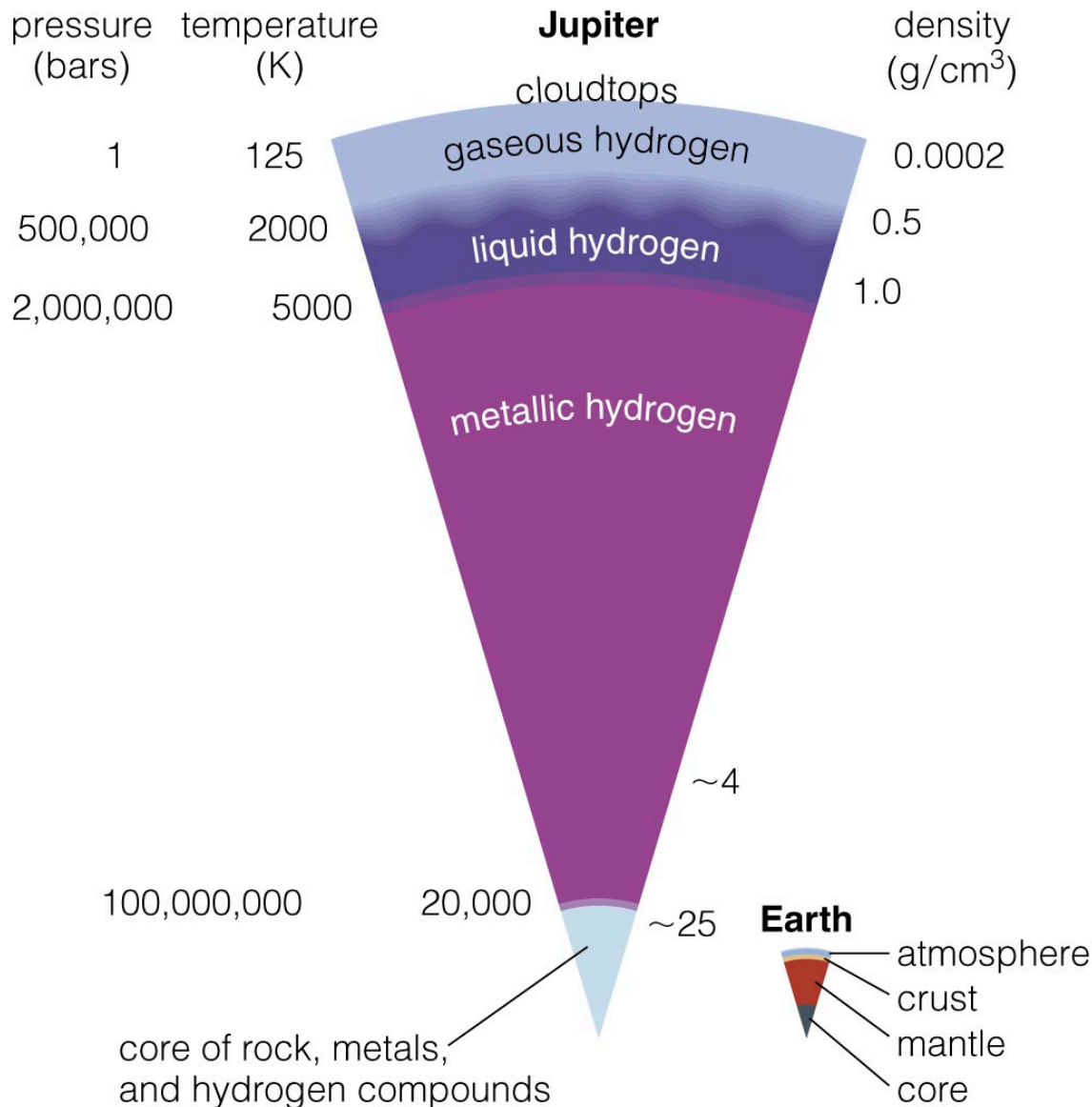
- Se cree que el núcleo está hecho de roca, metales y compuestos de hidrógeno.
- El núcleo es aproximadamente del mismo tamaño que la Tierra pero 10 veces más masivo.

# 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.

# El calor interno de Júpiter

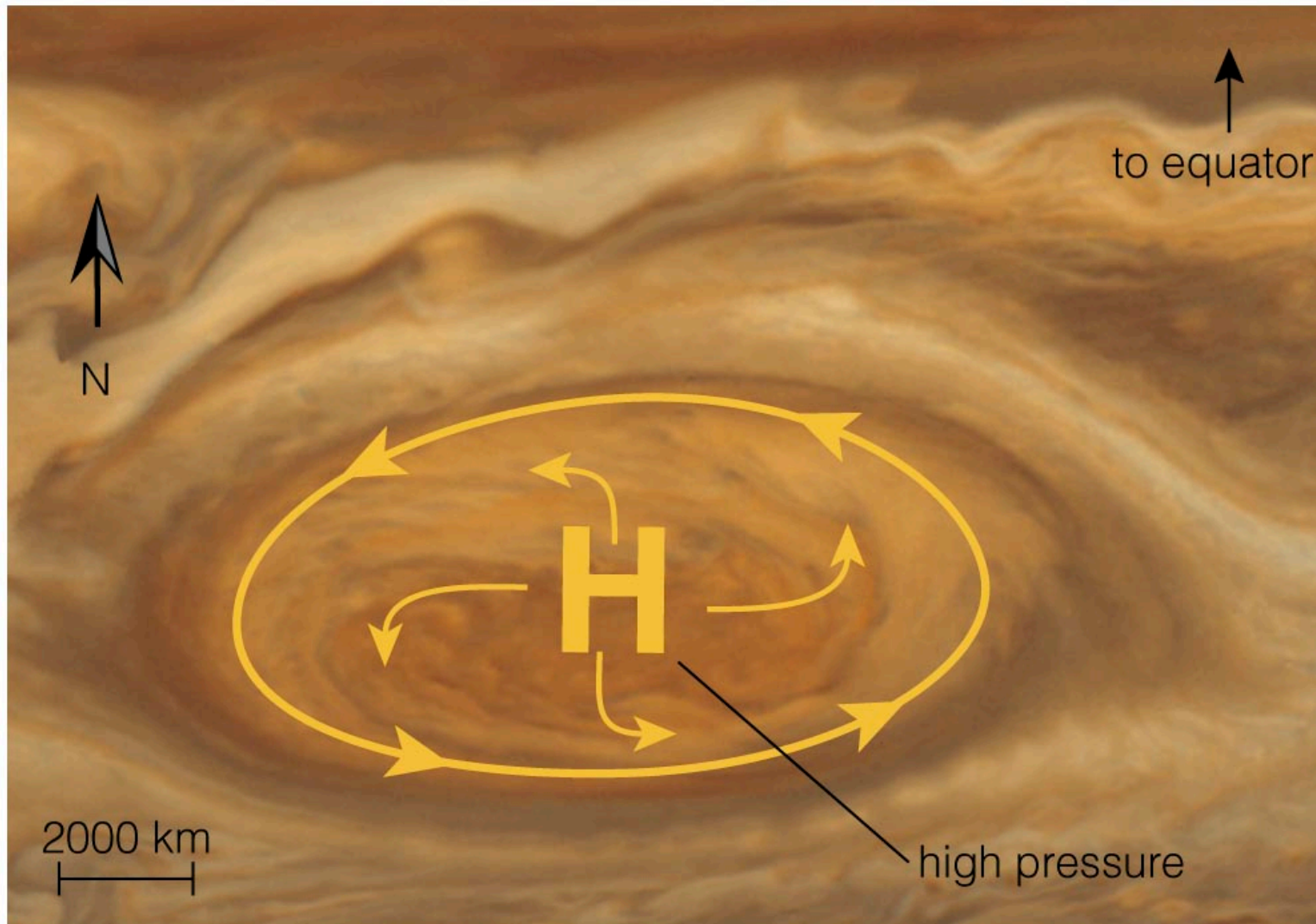


- Júpiter irradia el doble de energía que recibe del sol.
- La energía probablemente proviene de una contracción lenta del interior (liberando energía potencial).

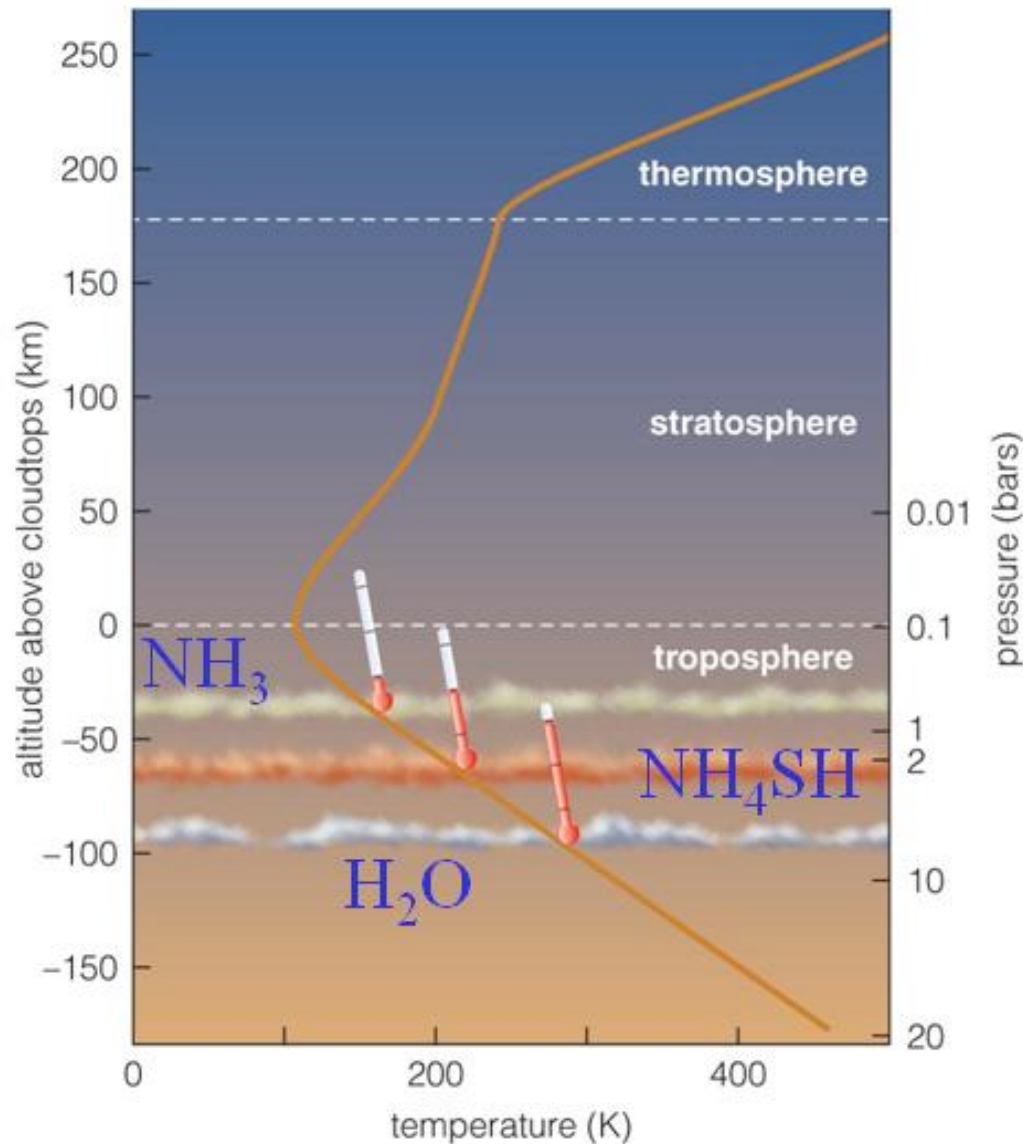
# Calor interno de otros planetas

- Saturno también irradia el doble de energía que recibe del sol.
- La energía probablemente proviene de la diferenciación (lluvia de helio).
- Neptuno emite casi el doble de energía que recibe, pero la fuente de esa energía sigue siendo misteriosa.

# ¿Cómo es el clima en los planetas jovianos?



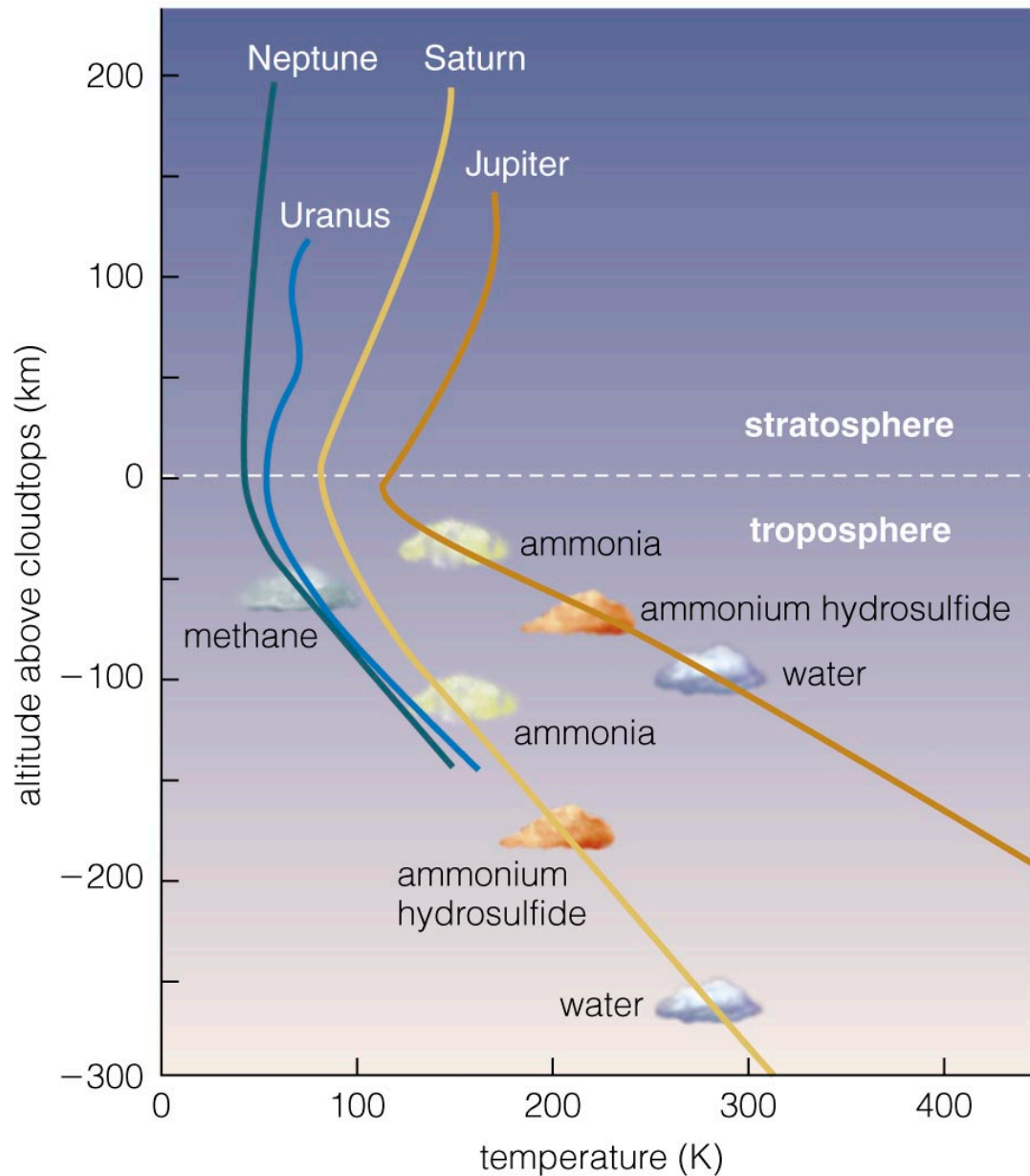
# La atmósfera de Júpiter



- Los compuestos de hidrógeno en Júpiter forman nubes.
- Diferentes capas de nubes corresponden a puntos de congelación de diferentes compuestos de hidrógeno.

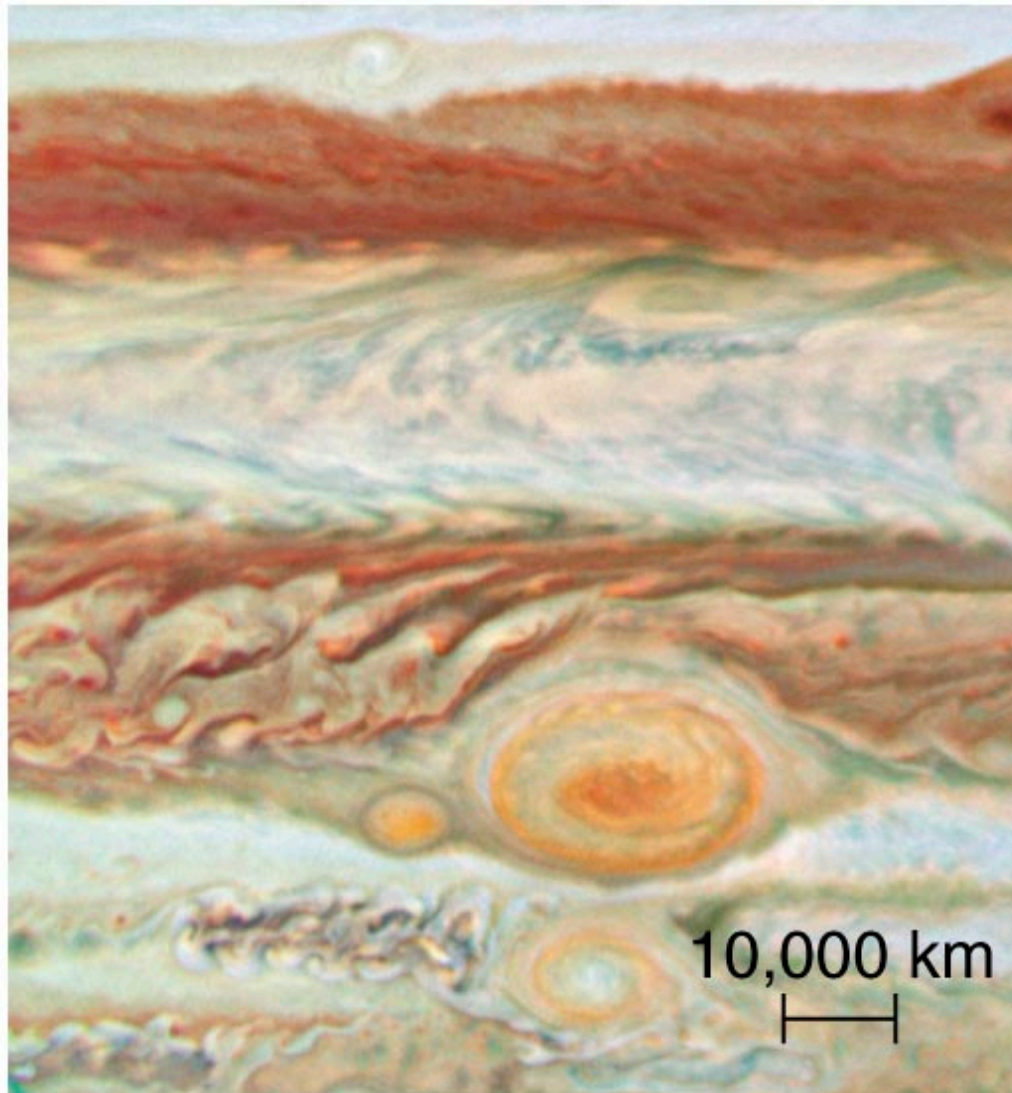


# Atmósferas de planetas jovianos



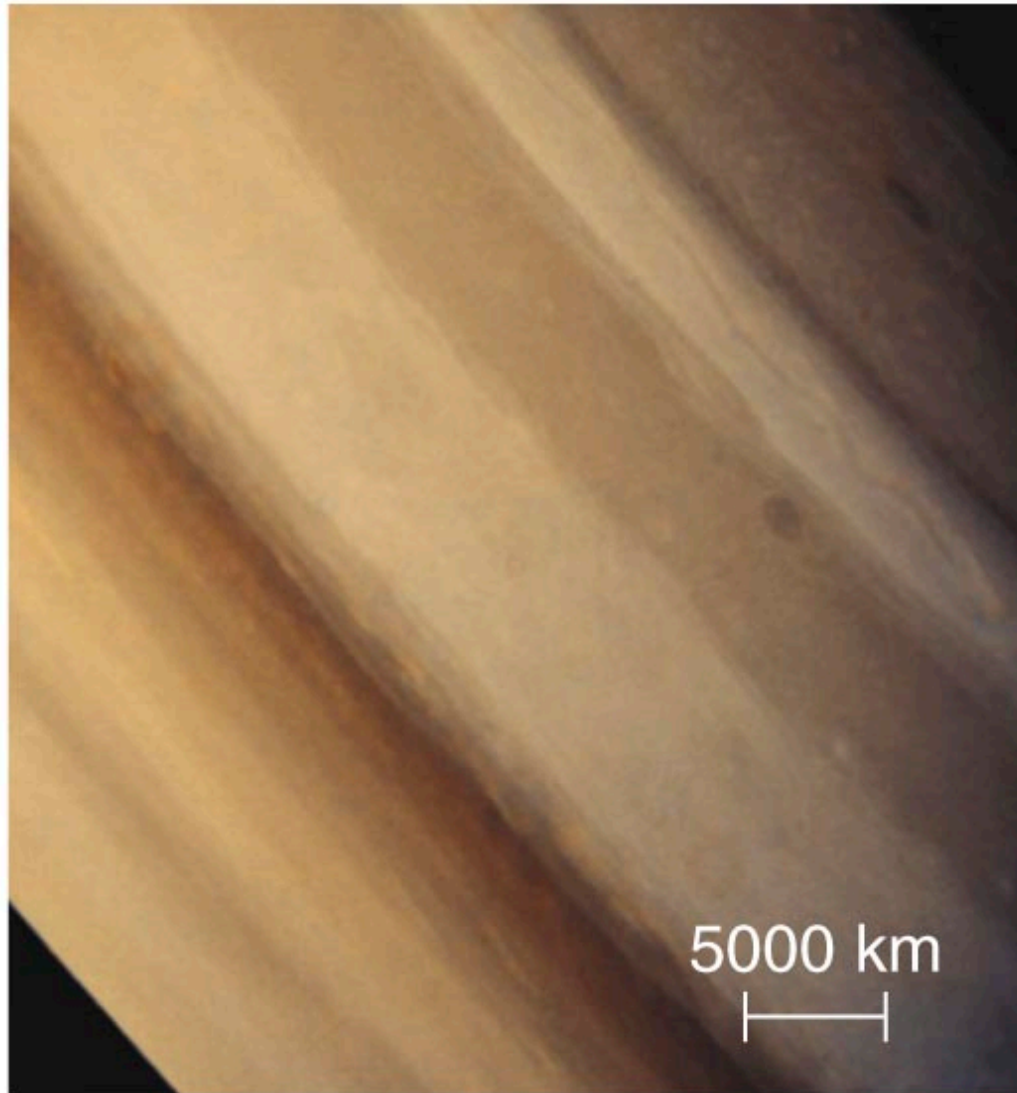
- Otros planetas jovianos tienen capas de nubes similares a las de Júpiter.
- Diferentes compuestos hacen nubes de diferentes colores.

# Los colores de Júpiter



- Las nubes de sulfuro de amonio ( $\text{NH}_4\text{SH}$ ) reflejan rojo / marrón.
- El amoníaco, la capa más alta y fría, refleja el blanco.

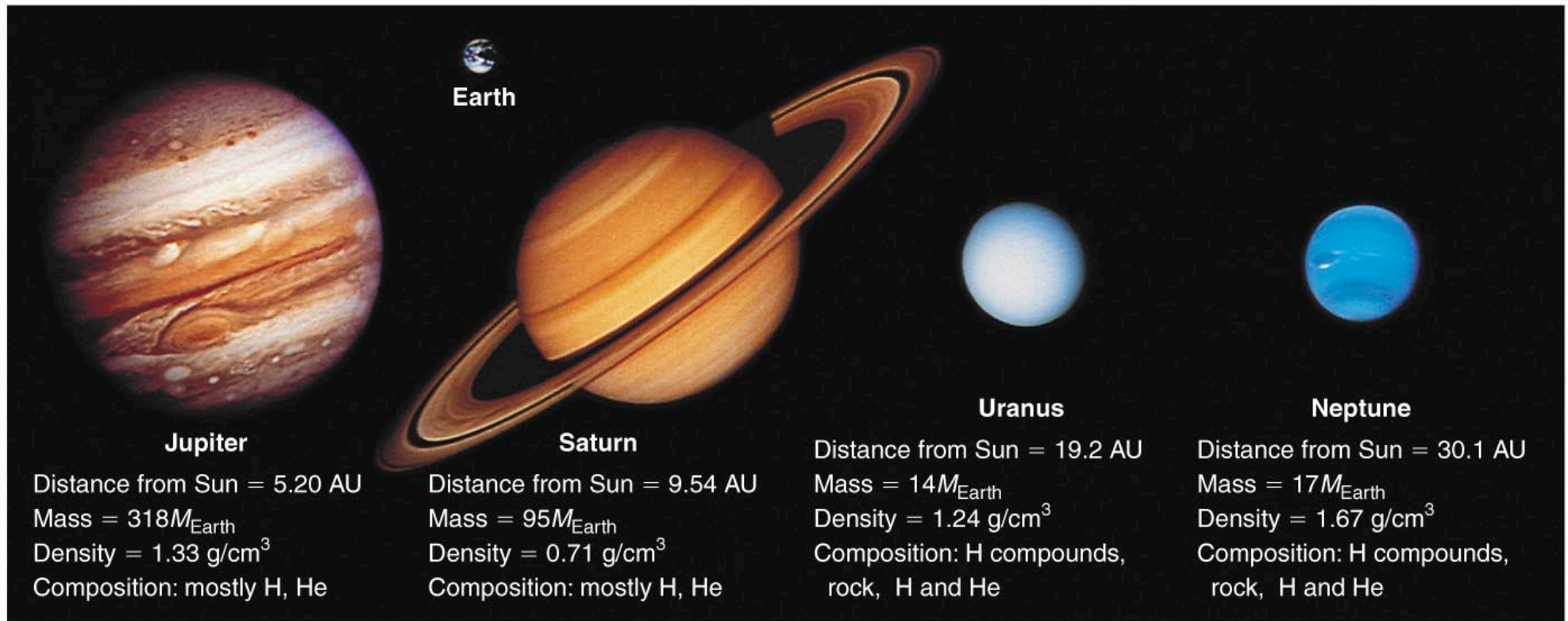
# Los colores de Saturno



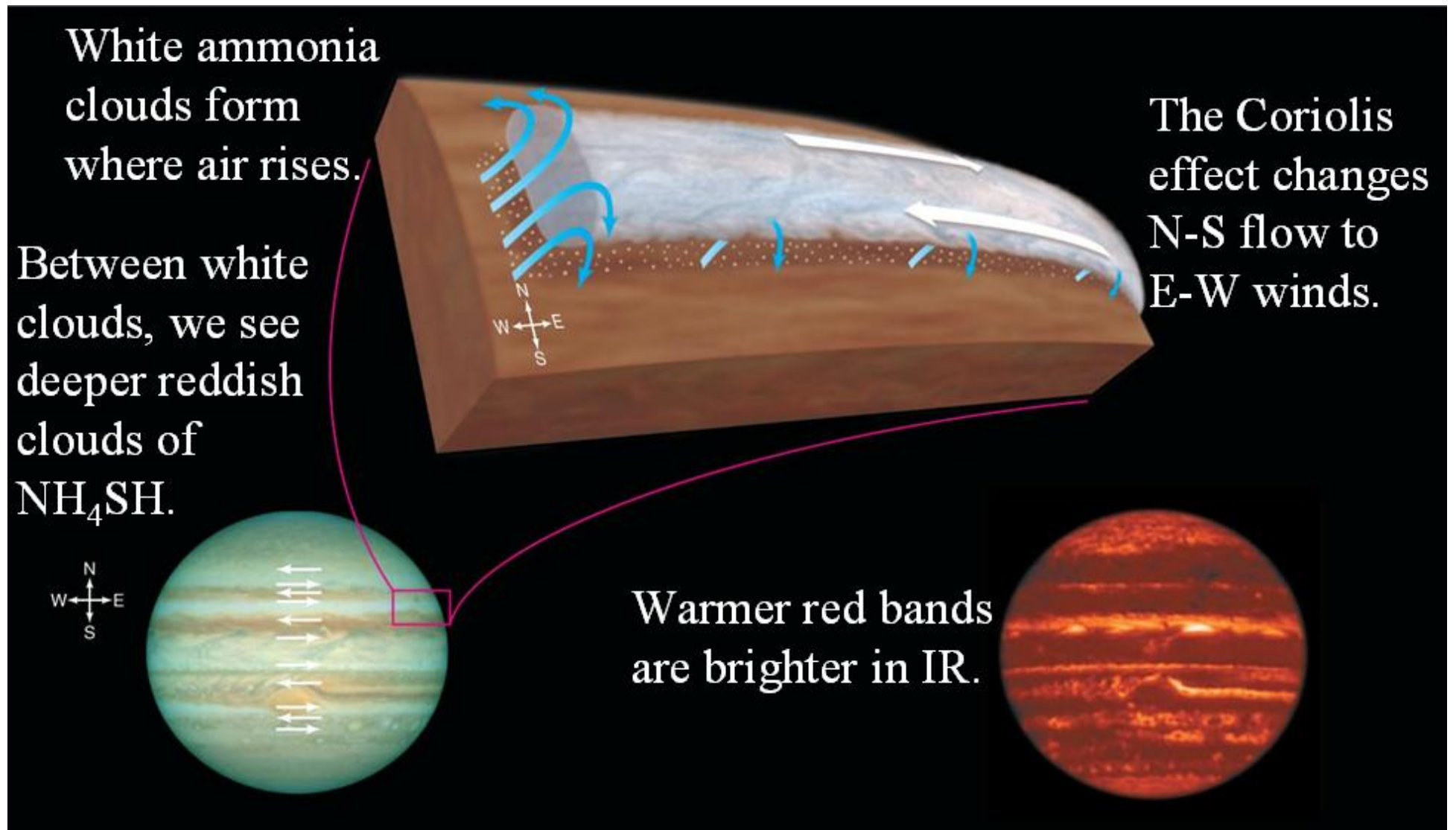
- Las capas de Saturno son similares, pero más profundas y más alejadas del Sol (más tenue).

# El metano en Urano y Neptuno

- El gas metano de Neptuno y Urano absorbe la luz roja pero transmite luz azul.
- La luz azul se refleja en las nubes de metano, haciendo que esos planetas se vean azules.

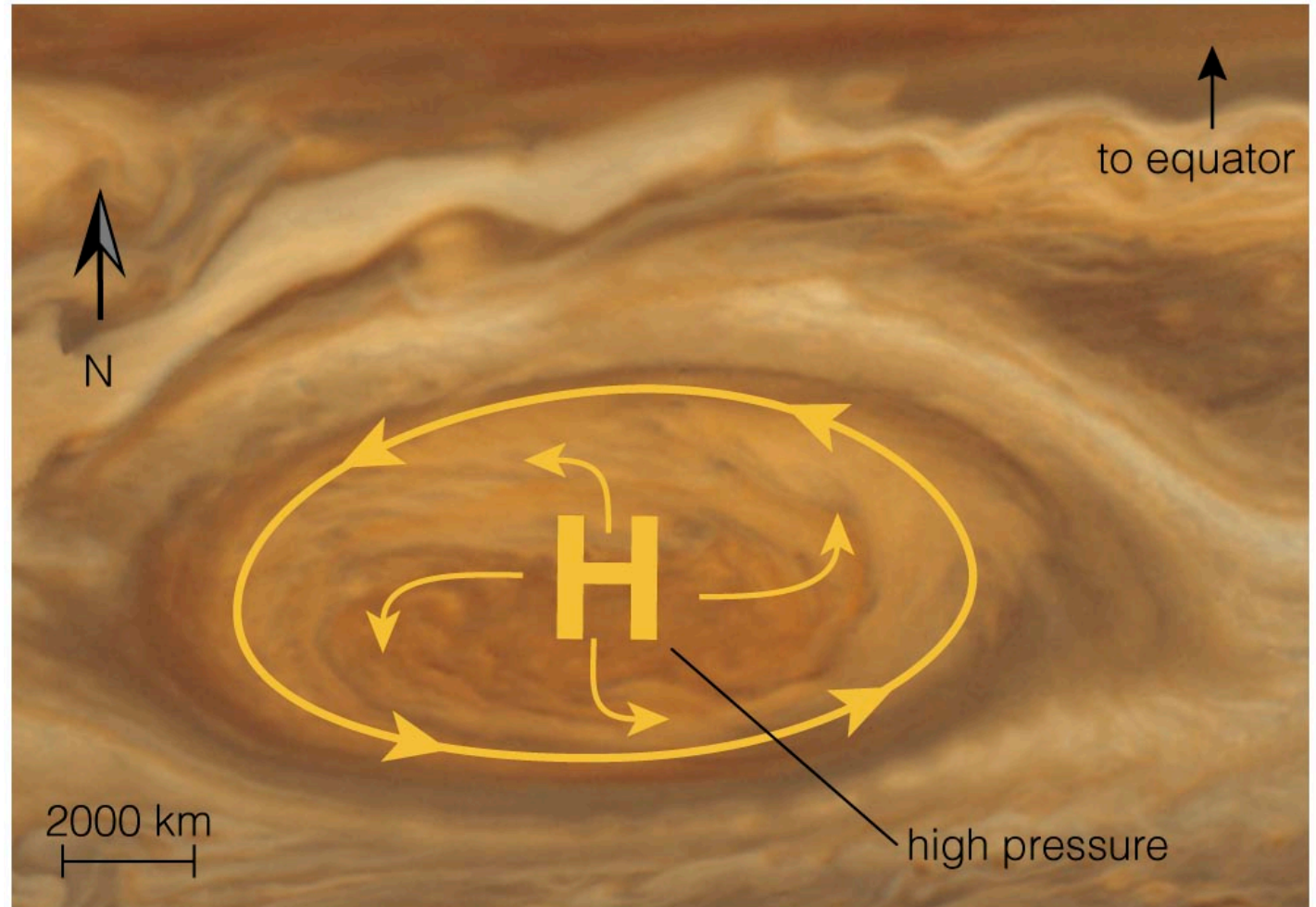


# Las bandas de Júpiter



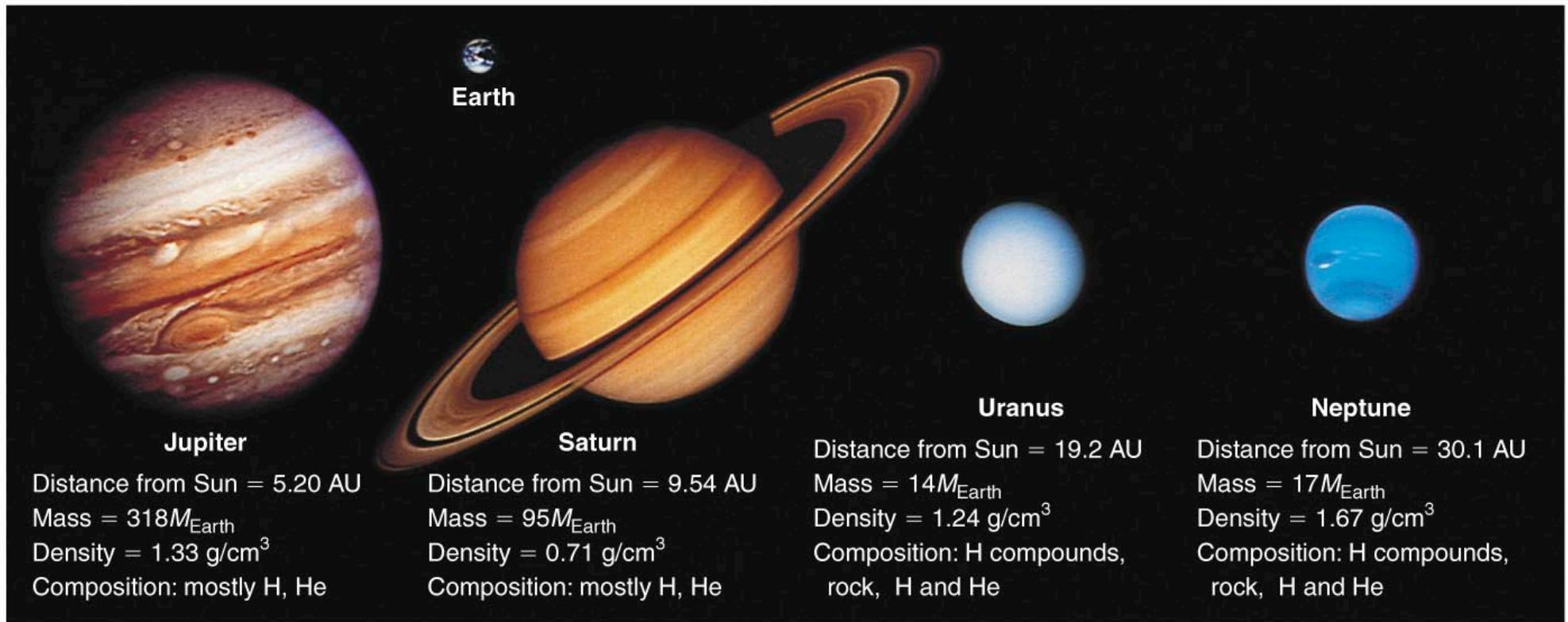
Interactive Figure

# La Gran Mancha Roja de Júpiter



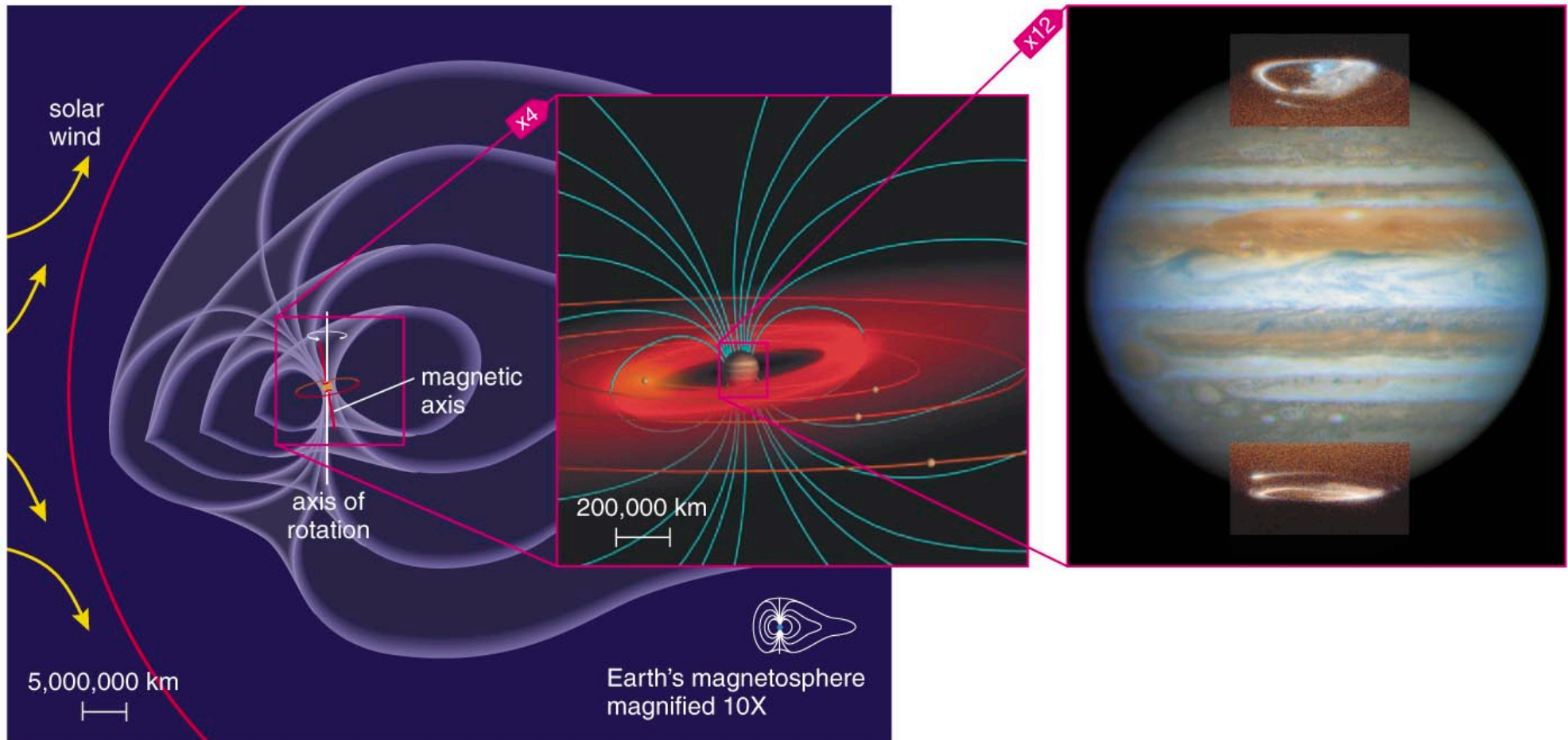
- Es una tormenta el doble de ancha que la Tierra.
- Ha existido durante al menos tres siglos.

# El clima en los planetas jovianos



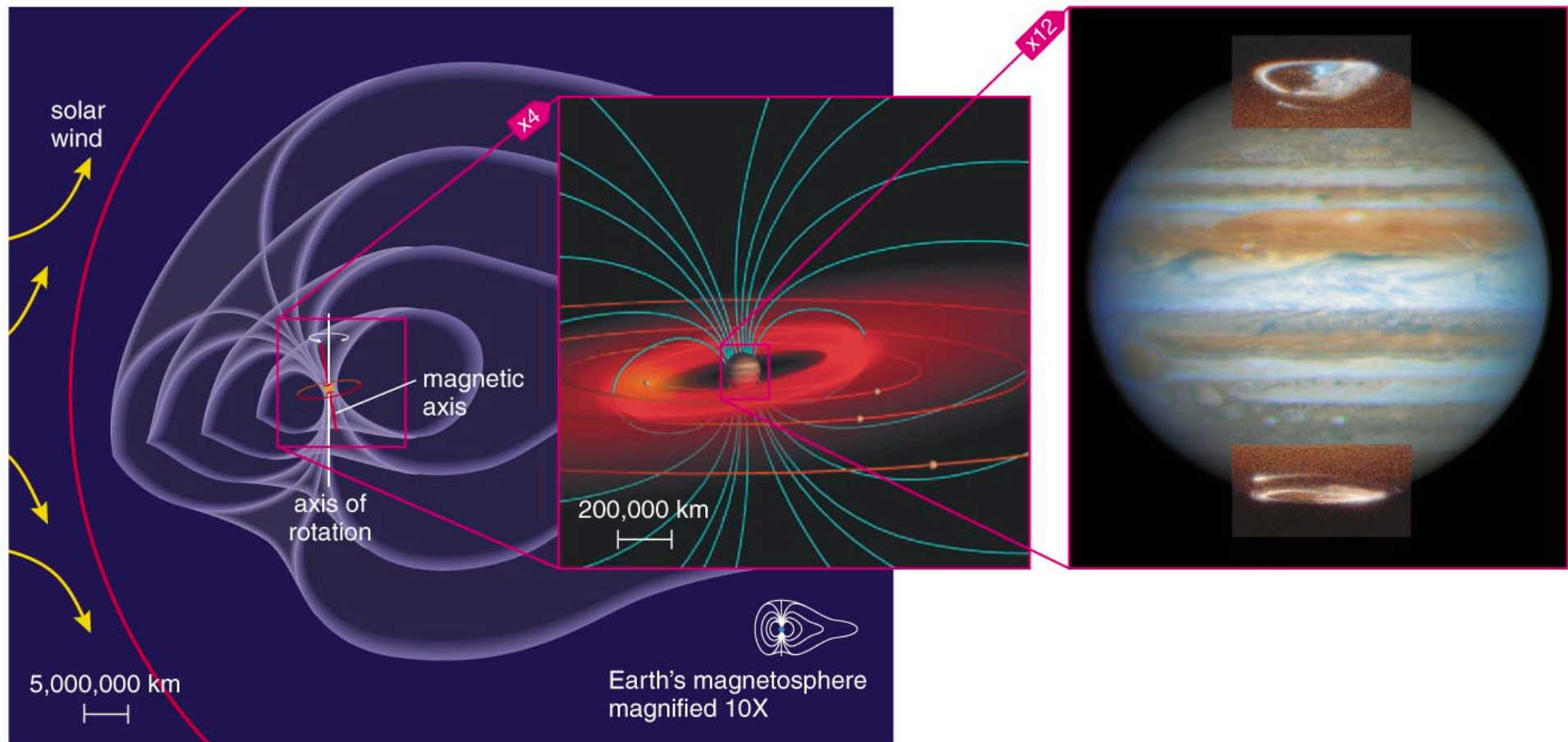
- Todos los planetas jovianos tienen fuertes vientos y tormentas.

# ¿Los planetas jovianos tienen magnetosferas como la de la Tierra?



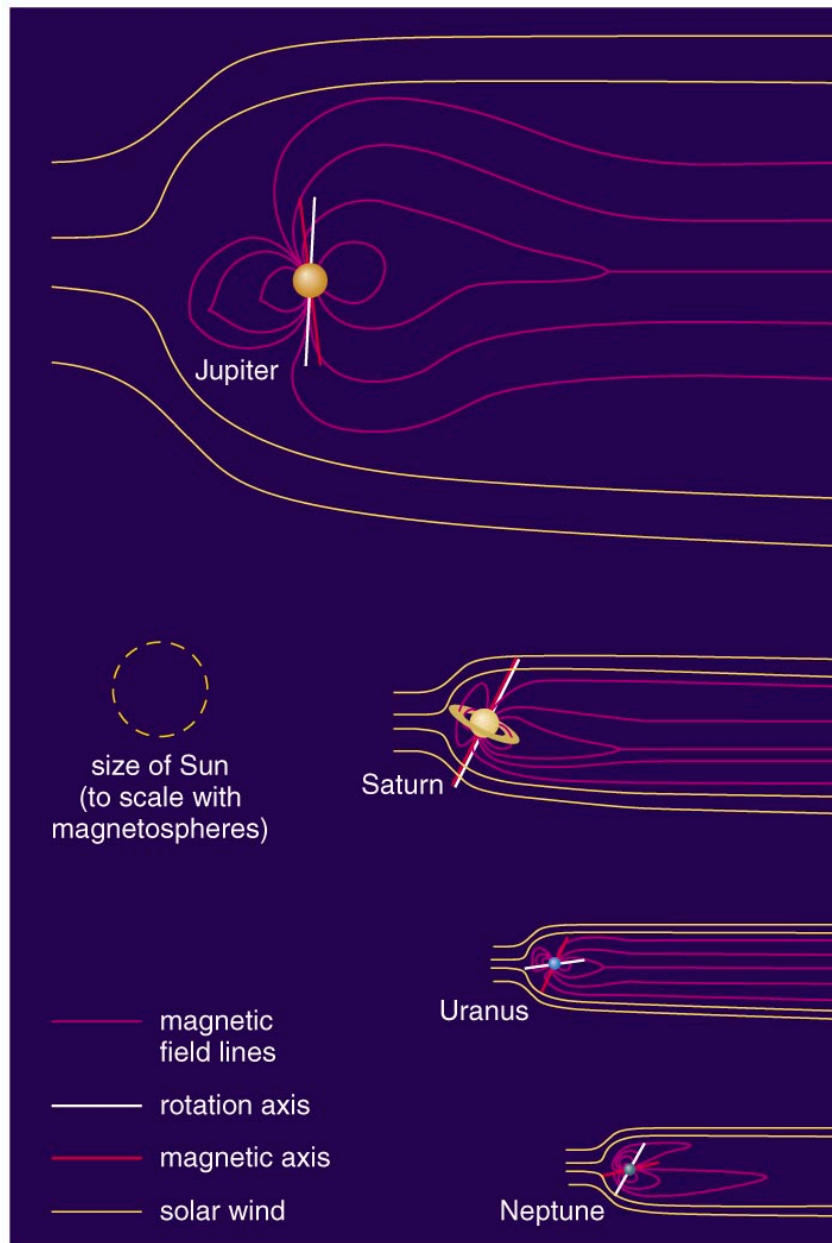


# La magnetosfera de Júpiter



- El fuerte campo magnético de Júpiter le da una enorme magnetosfera.
- Los gases que escapan de Io alimentan el toro de Io en forma de rosquilla.

# Otras magnetoesferas

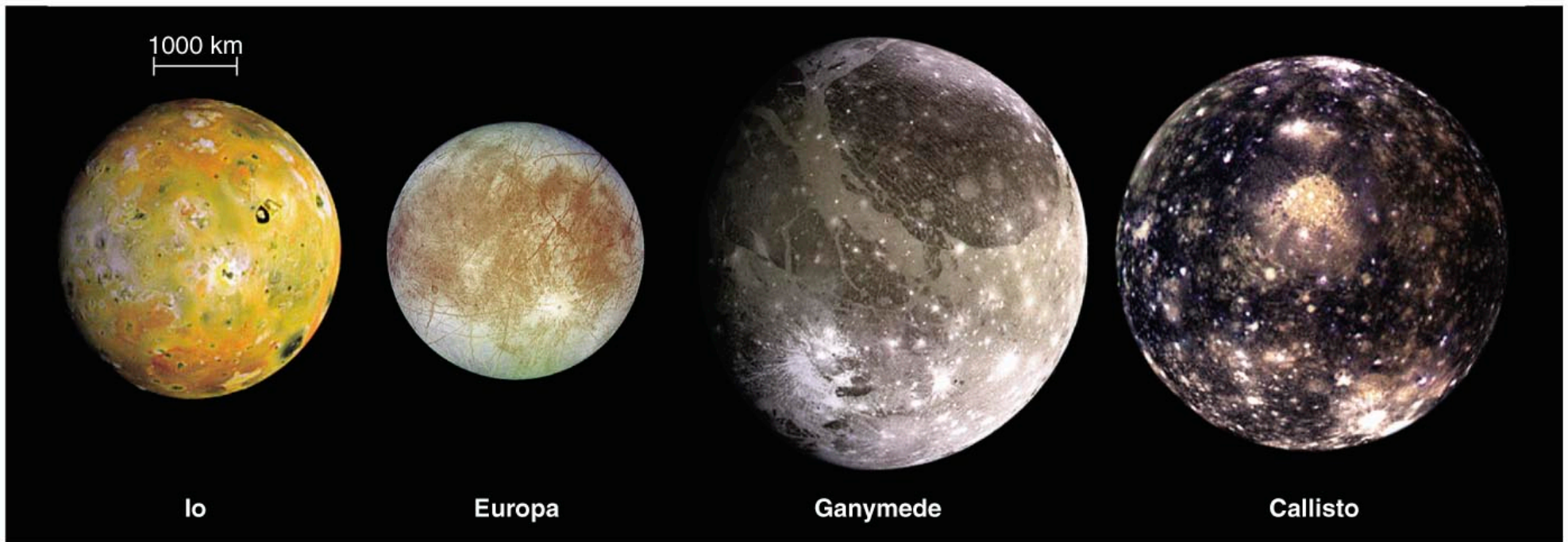


- Todos los planetas jovianos tienen magnetosferas sustanciales, pero la de Júpiter es la más grande.

# Satélites de hielo y roca

- ¿Qué tipo de lunas orbitan los planetas jovianos?
- ¿Por qué las lunas galileanas de Júpiter son tan geológicamente activas?
- ¿Qué es notable acerca de Titán y otras lunas principales del sistema solar exterior?
- ¿Por qué las pequeñas lunas heladas son más activas geológicamente que los pequeños planetas rocosos?

# ¿Qué tipo de lunas orbitan los planetas jovianos?



© 2010 Pearson Education, Inc.

# Tamaños de lunas

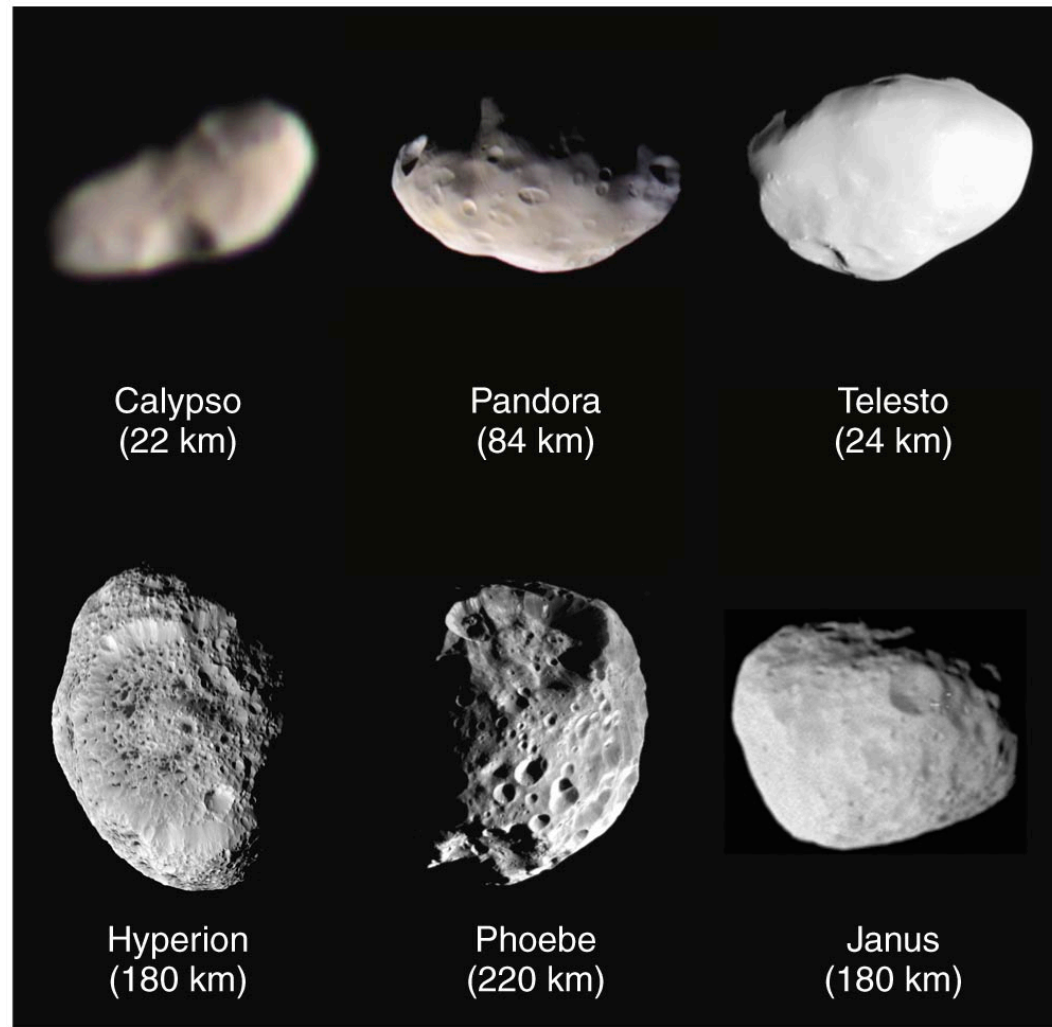
- Lunas pequeñas ( $< 300$  km)
  - Sin actividad geológica
- Lunas medianas (300–1500 km)
  - Actividad geológica en el pasado.
- Lunas grandes ( $> 1500$  km)
  - Actividad geológica en curso



## Lunas medianas y grandes

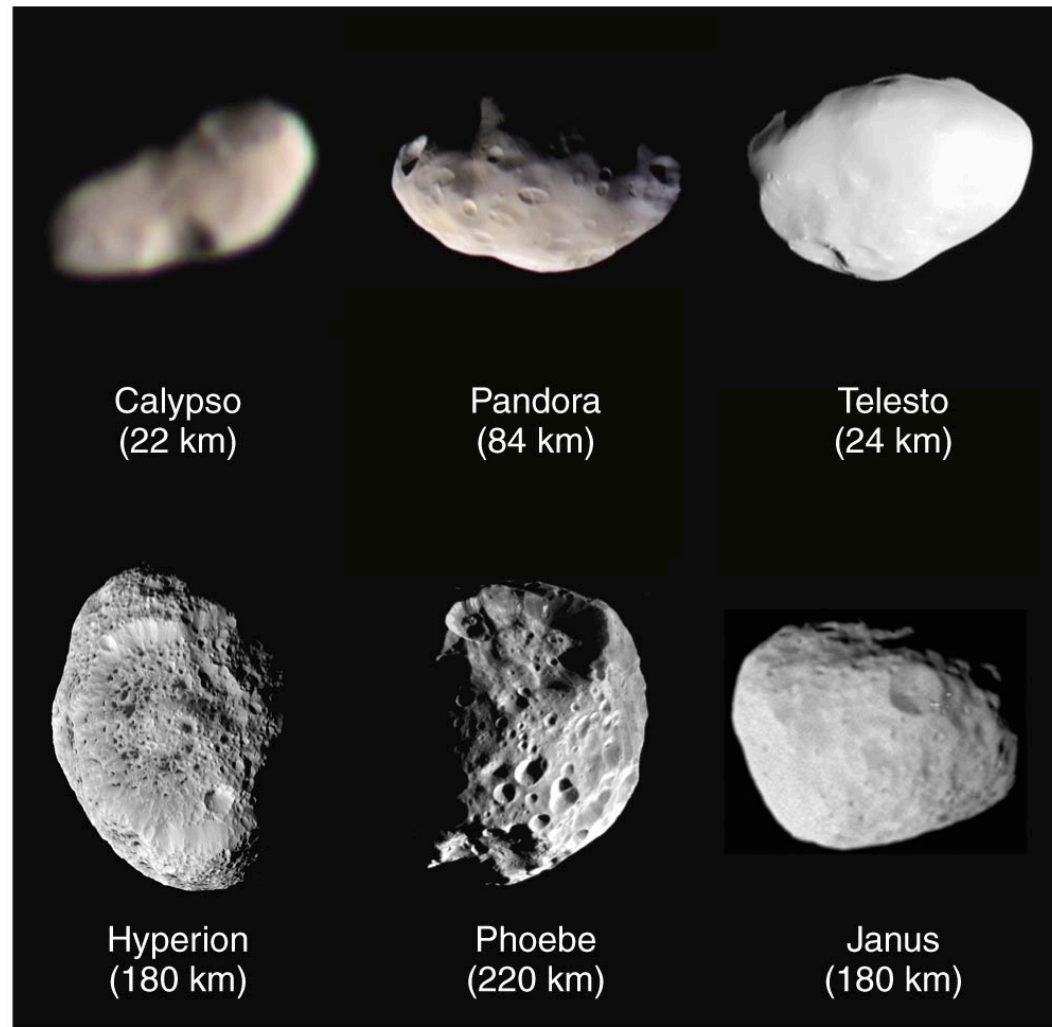
- Suficiente auto-gravedad para ser esférica.
- Tener cantidades sustanciales de hielo.
- Formado en órbita alrededor de planetas jovianos.
- Las órbitas circulares en la misma dirección que la rotación del planeta.

# Lunas pequeñas



- Estas son mucho más numerosas que las lunas medianas y grandes.
- No tienen la gravedad suficiente para ser esféricos: la mayoría tienen "forma de patata".

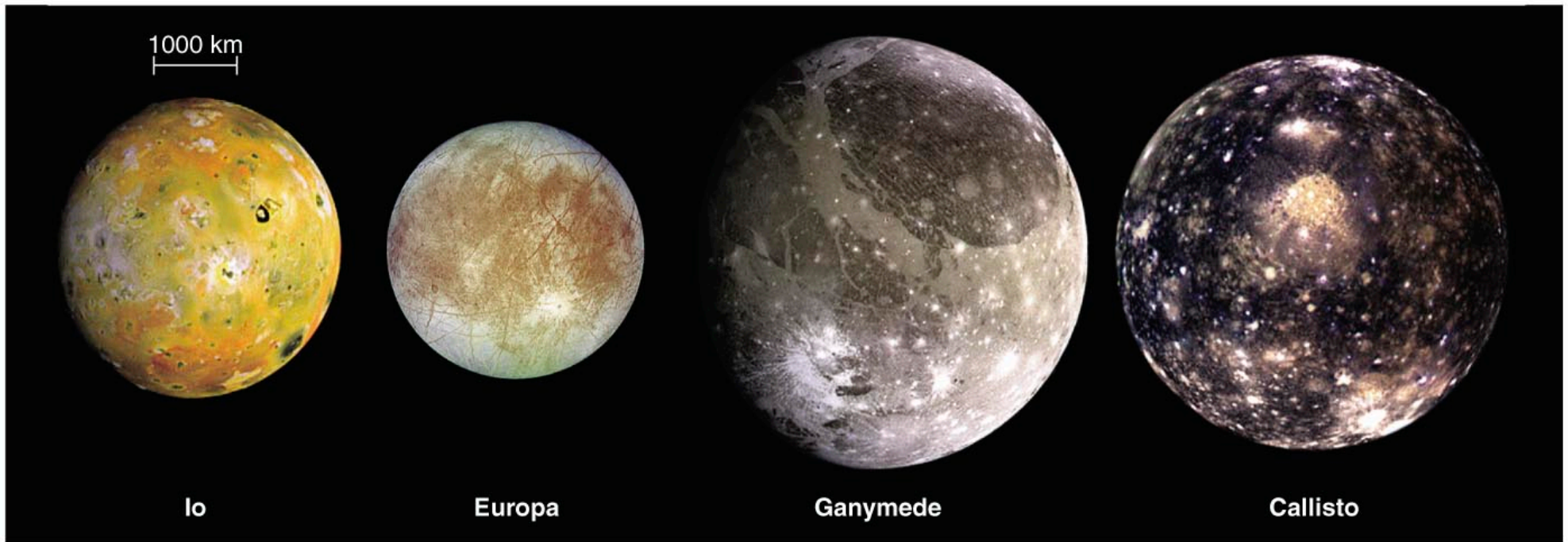
# Lunas pequeñas



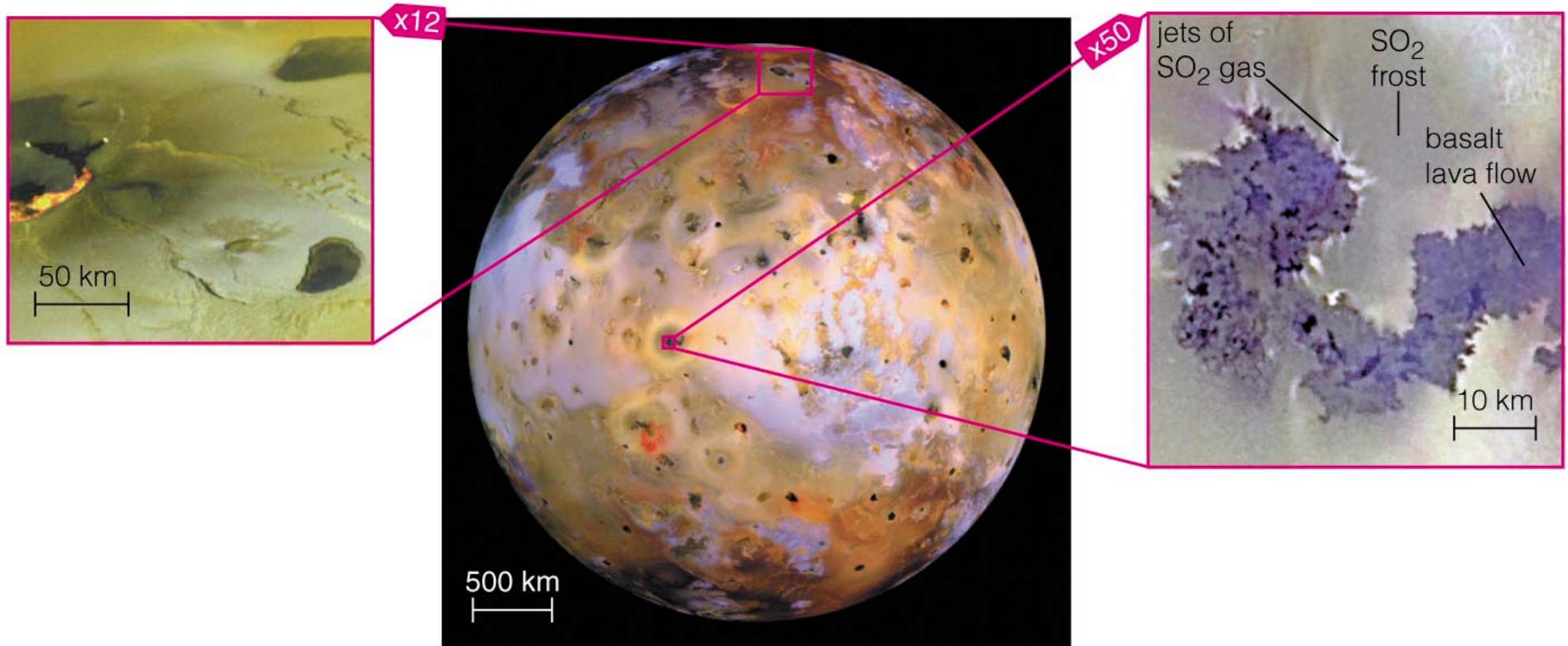
- Son asteroides o cometas capturados, por lo que sus órbitas no siguen los patrones habituales.



# ¿Por qué las lunas galileanas de Júpiter son tan geológicamente activas?

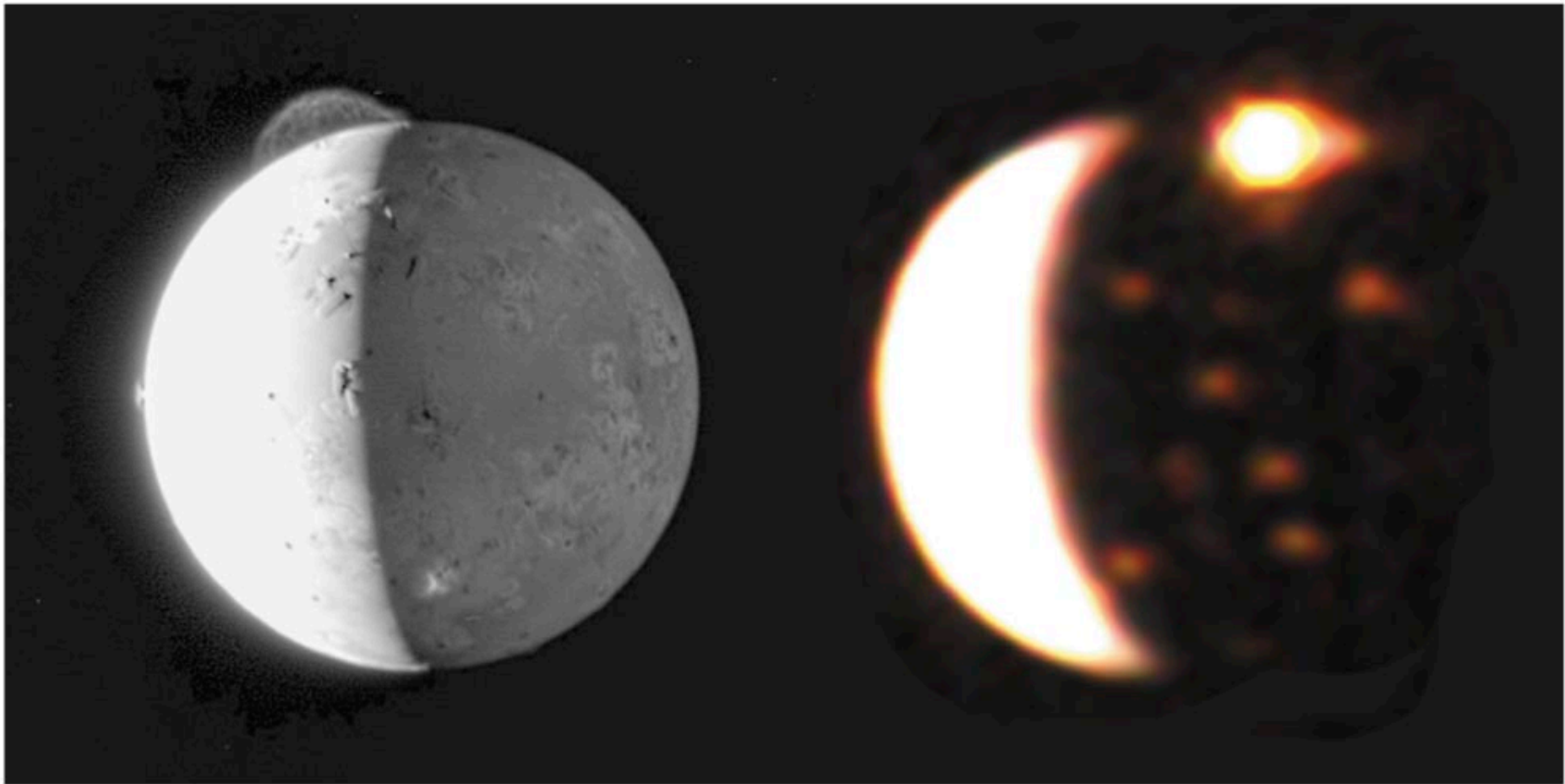


# La actividad volcánica de Io



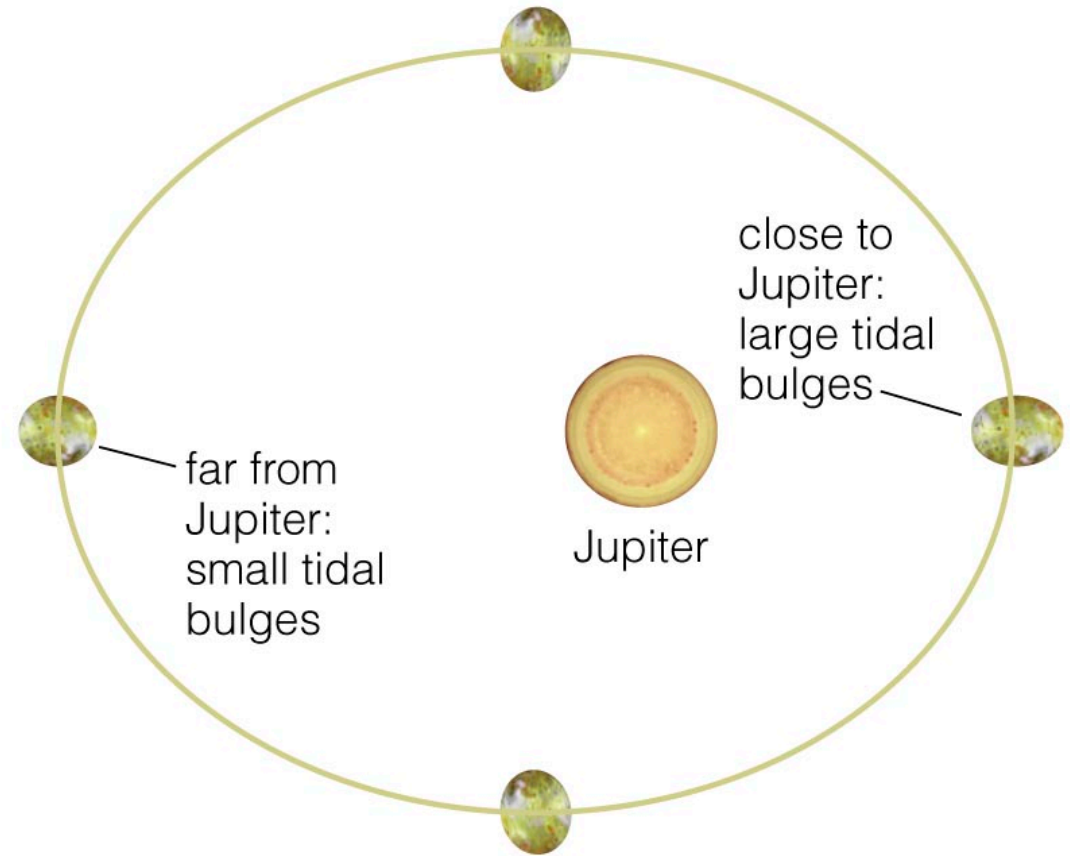
- Io es el cuerpo con mayor actividad volcánica en el sistema solar, pero ¿por qué?

# Volcanes de Io



- Las erupciones volcánicas continúan cambiando la superficie de Io.

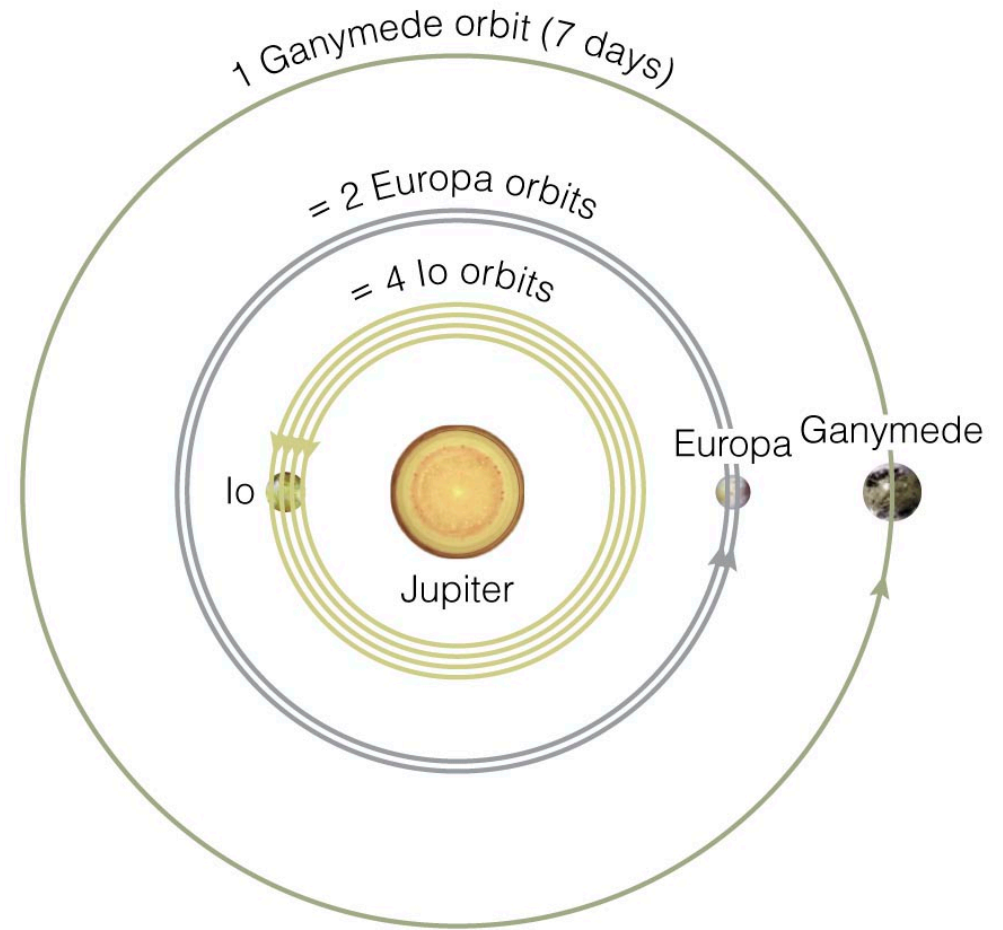
# Calentamiento de marea



Io está aplastado y estirado mientras orbita a Júpiter.

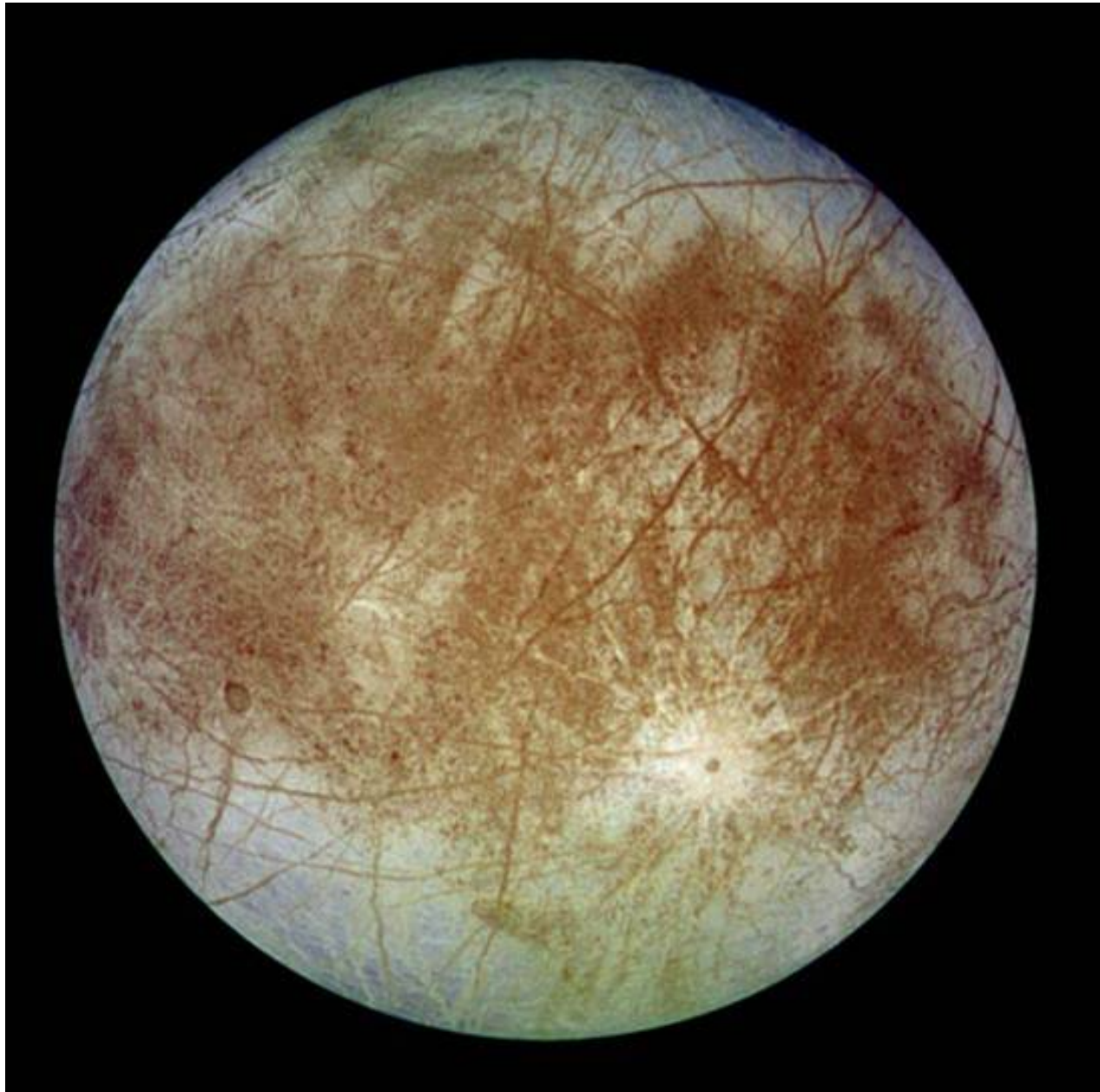
Pero ¿por qué su órbita es tan elíptica?

# Resonancias Orbitales

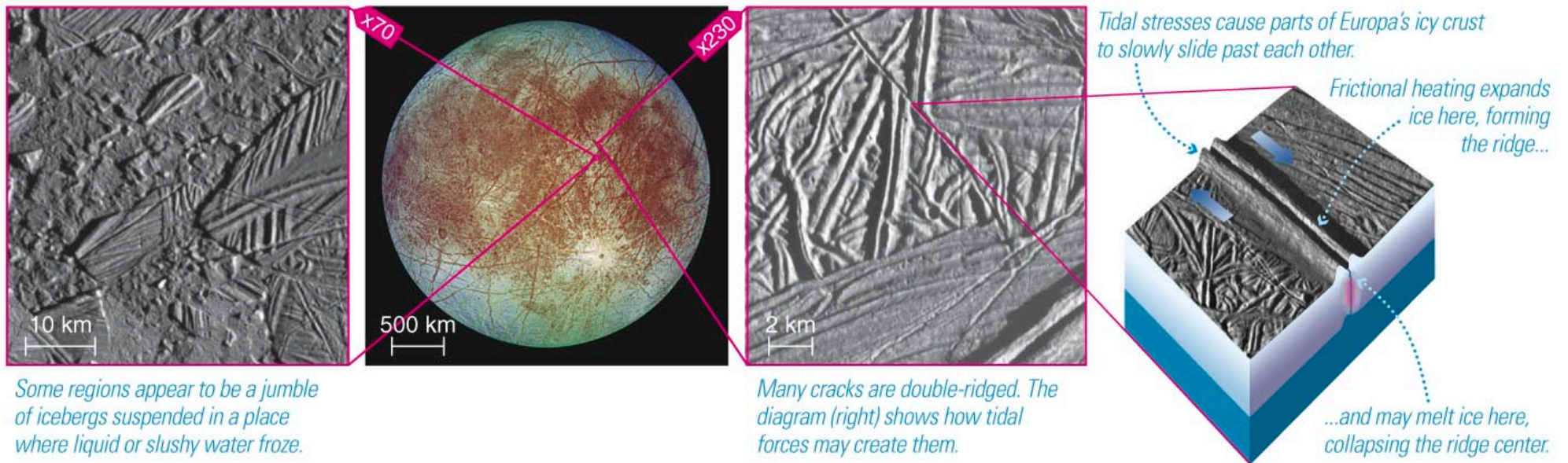


Cada 7 días,  
estas tres lunas  
se alinean.

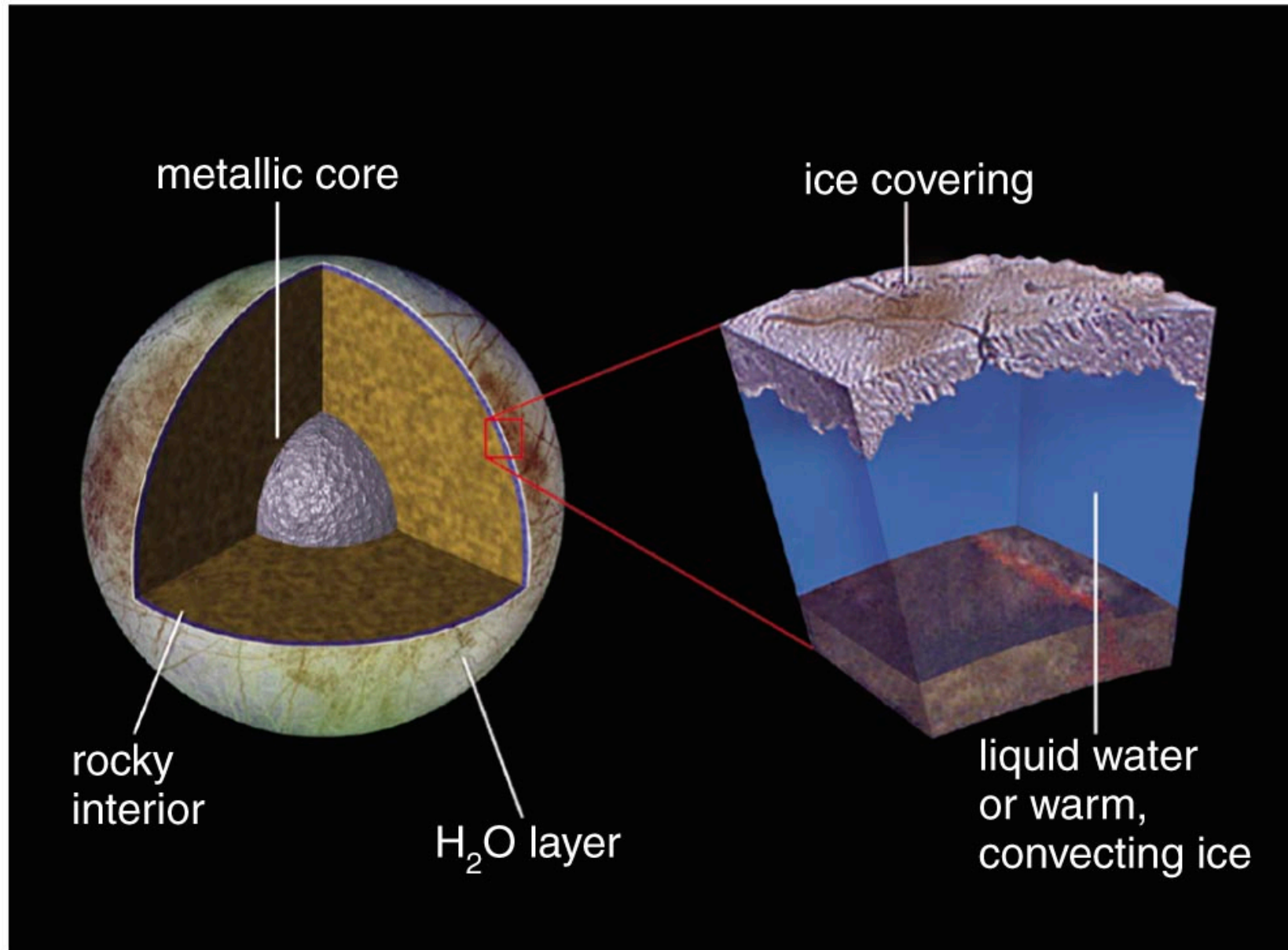
# El océano de Europa: ¿mundo de agua?



# Las mareas estresan la superficie del hielo de Europa.

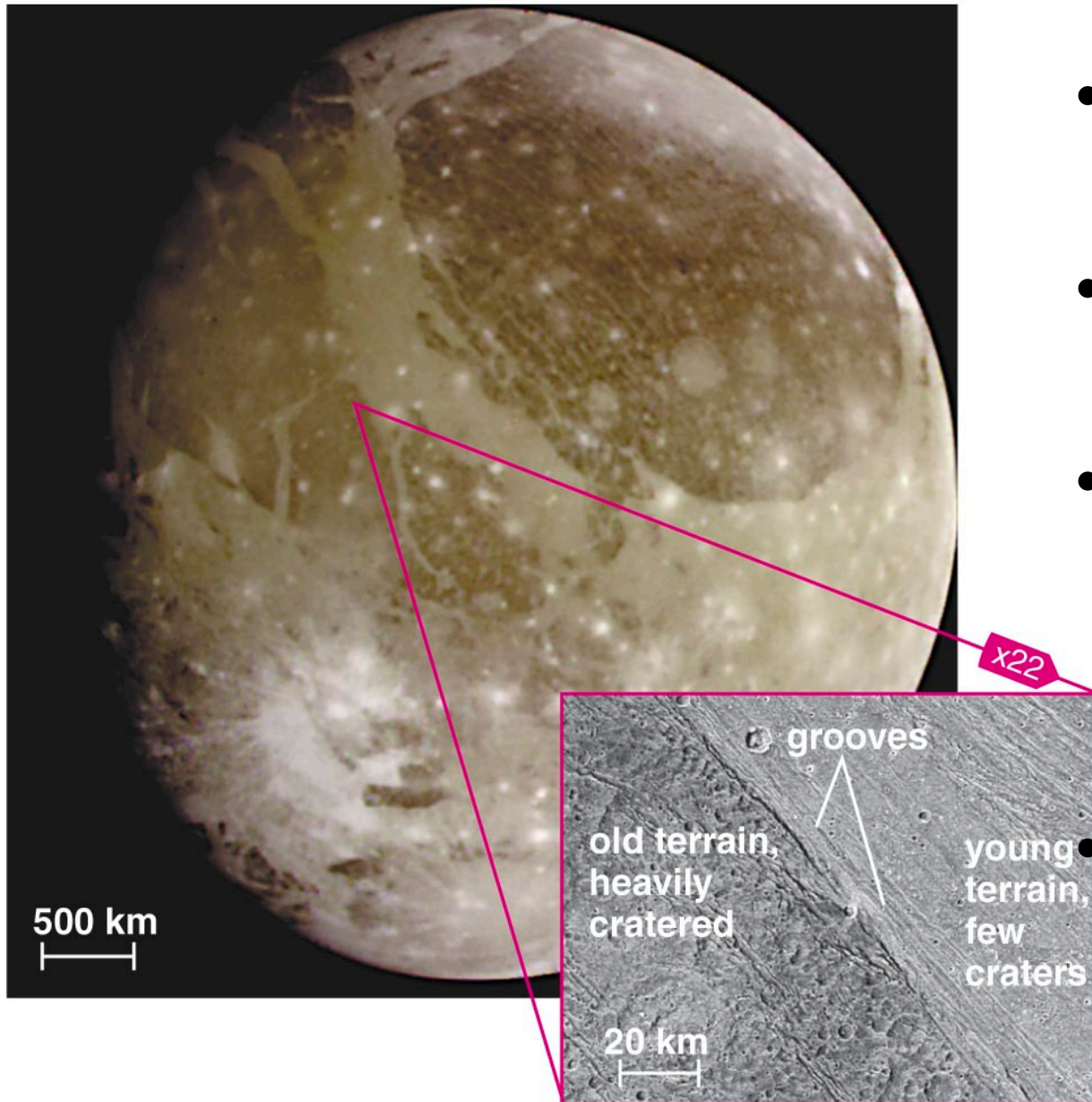


El interior de Europa también se calienta con la marea.



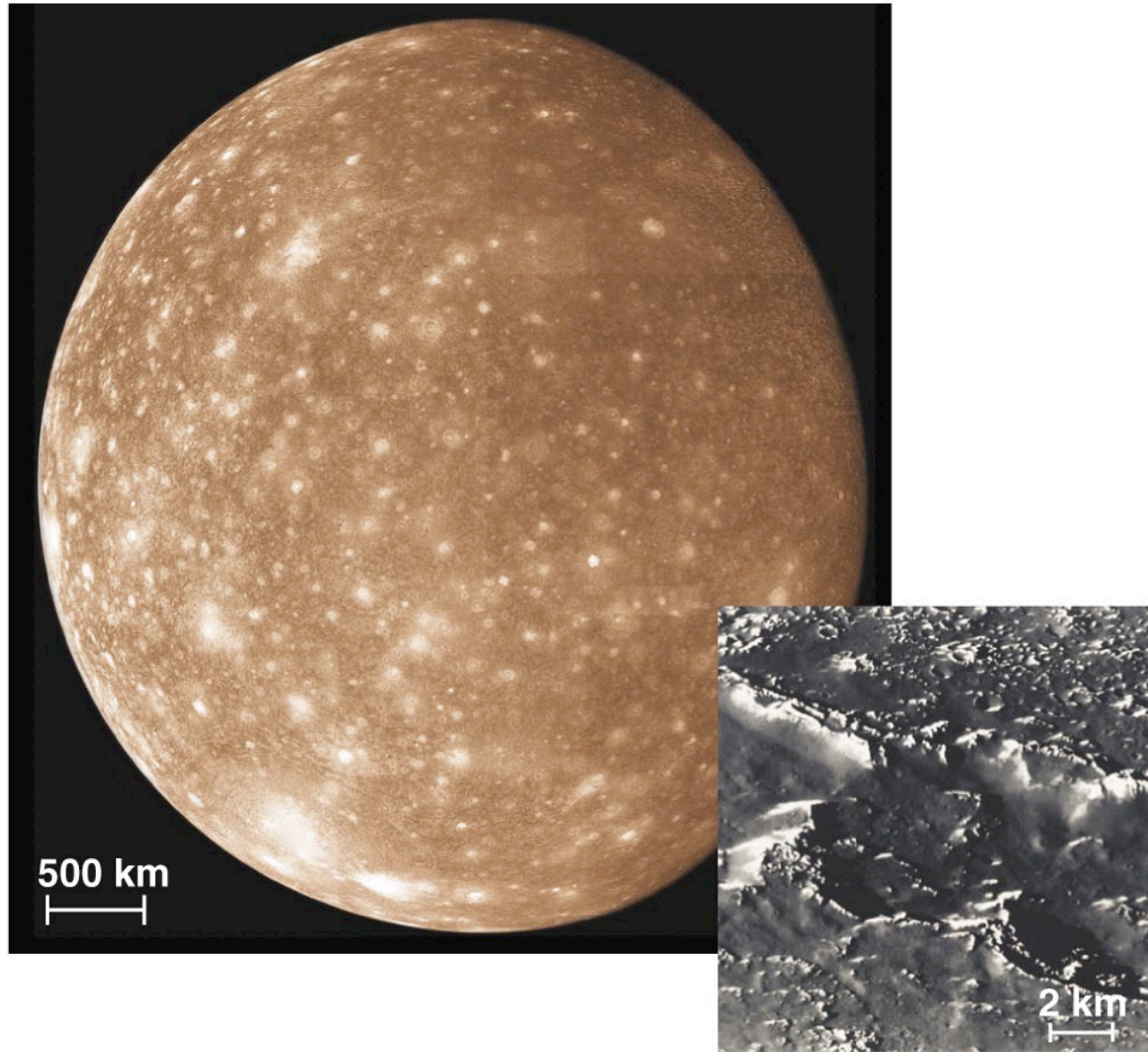


# Ganymedes



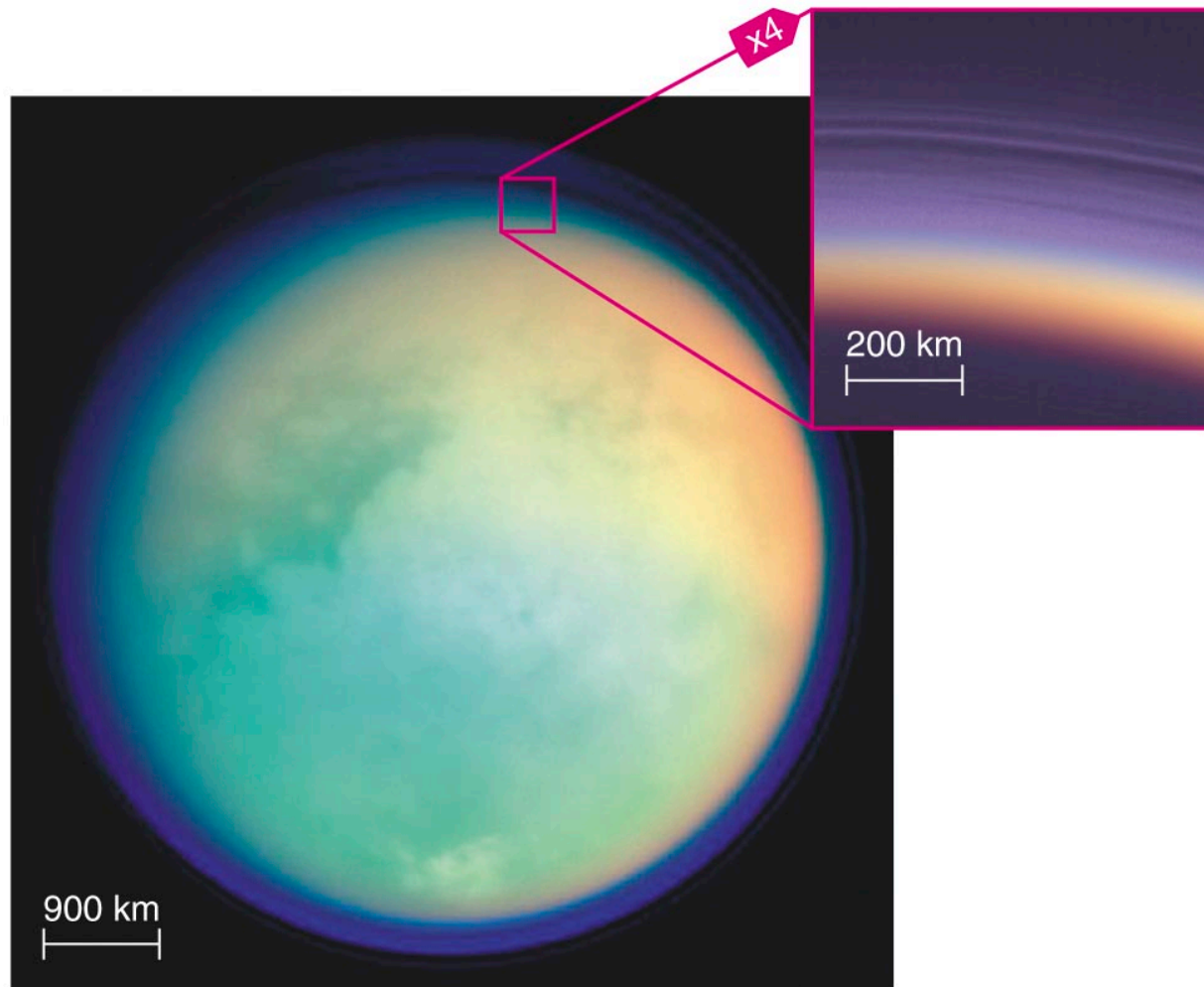
- La luna más grande del sistema solar.
- Evidencia clara de actividad geológica.
- ¿Calentamiento de marea más calor por desintegración radioactiva?

# Callisto

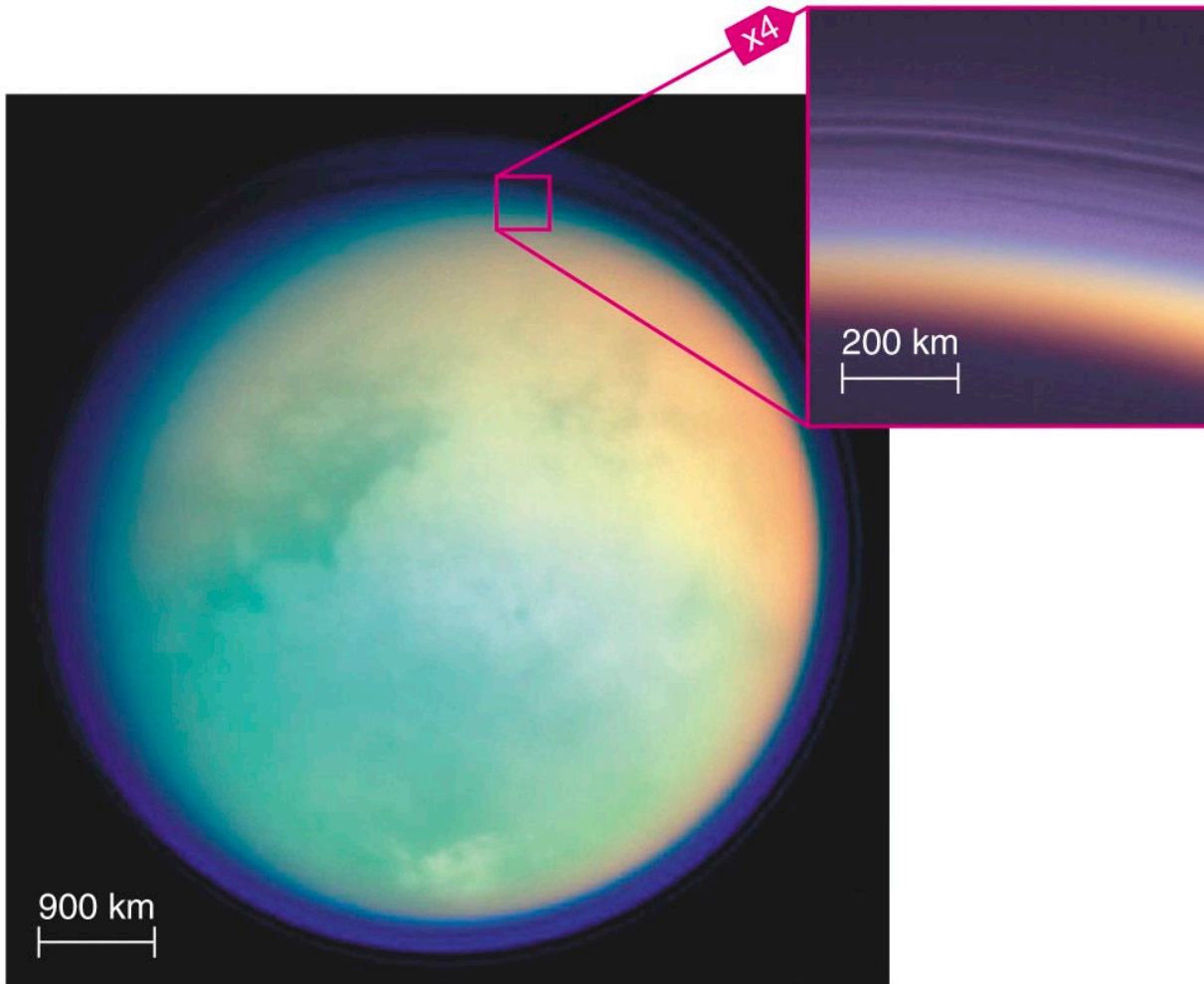


- Bola de hielo con cráteres
- Sin calentamiento por mareas, sin resonancias orbitales
- ¿Pero tiene un campo magnético?

¿Qué es notable acerca de Titán y otras lunas principales del sistema solar exterior?

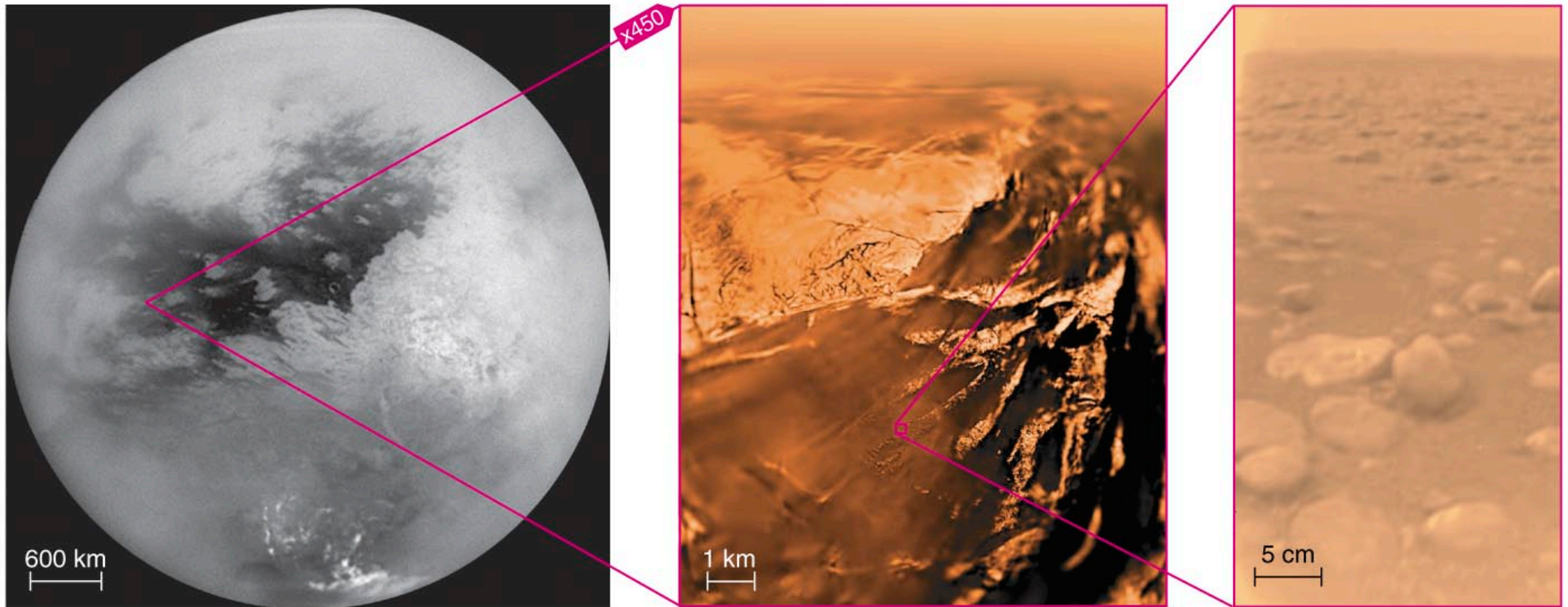


# La atmósfera de Titán



- Titan is the only moon in the solar system to have a thick atmosphere.
- It consists mostly of nitrogen with some argon, methane, and ethane.

# La Superficie de Titán



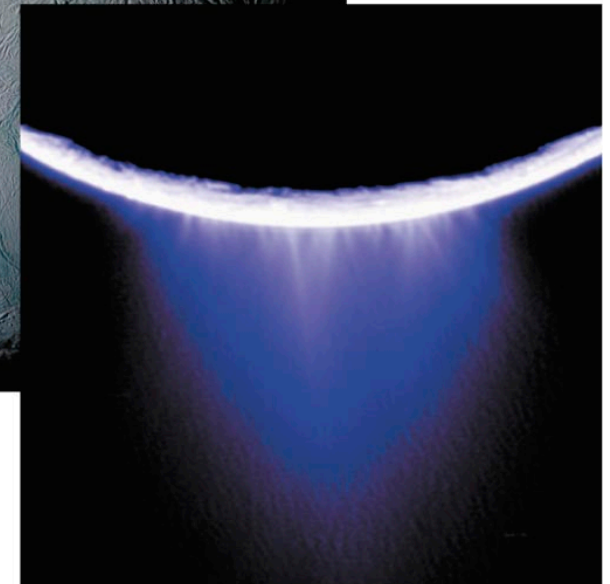
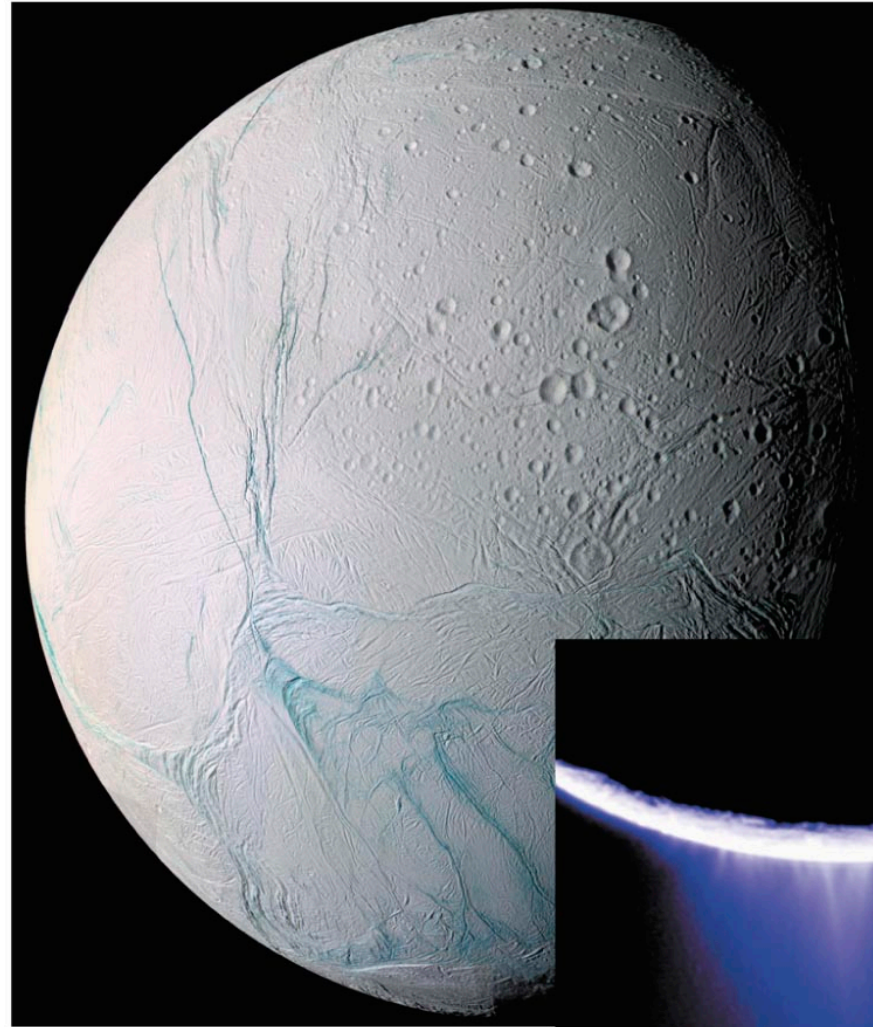
- La sonda Huygens proporcionó un primer vistazo a la superficie de Titán a principios de 2005.
- Encontró metano líquido y "rocas" hechas de hielo.

# Lunas medianas de saturno



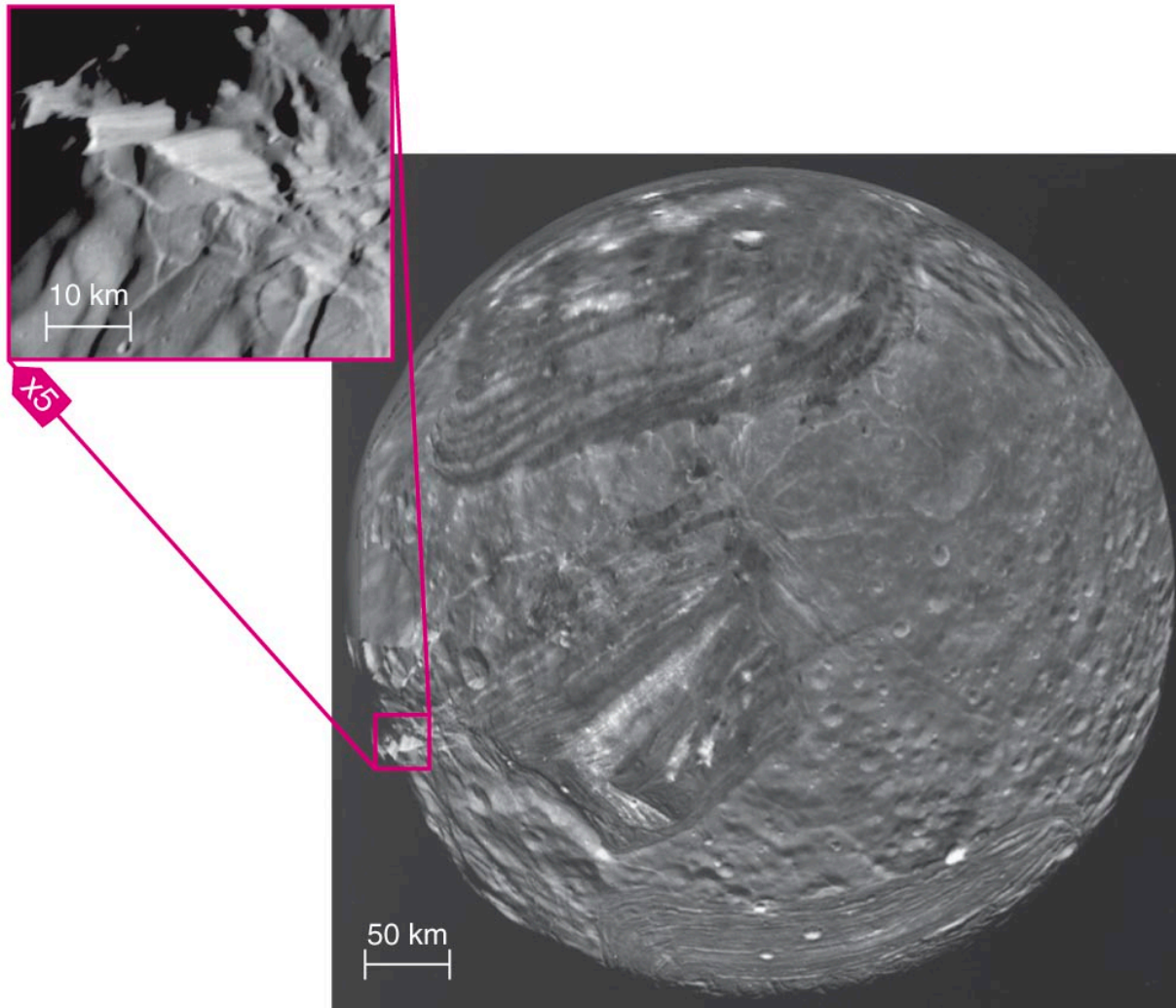
- Casi todos muestran evidencia de volcanismo y / o tectónica en el pasado.

# Lunas medianas de Saturno



- Las fuentes de hielo de Encelado sugieren que puede tener un océano subsuperficial.

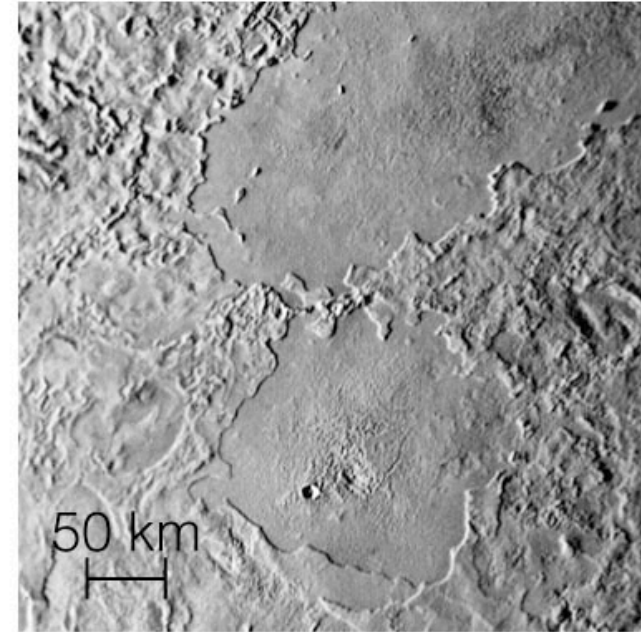
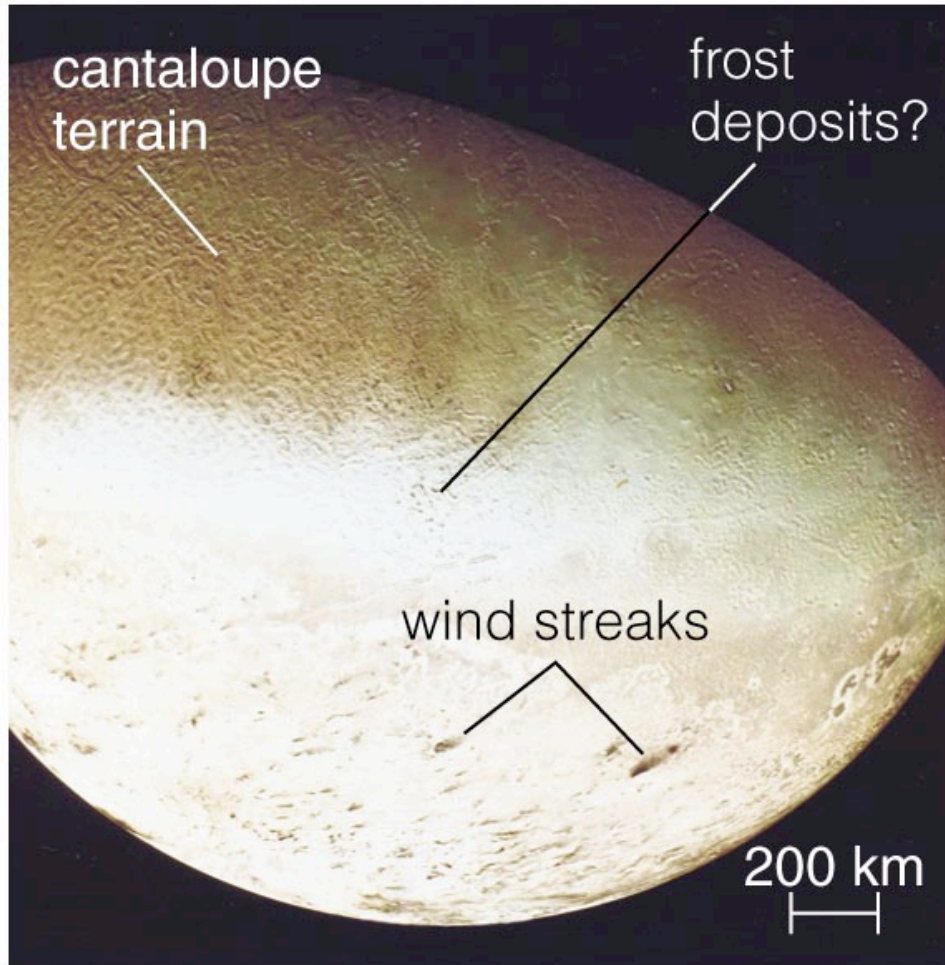
# Lunas medianas de Urano



- Tienen cantidades variables de actividad geológica.
- Miranda tiene grandes características tectónicas y pocos cráteres (posiblemente indicando un episodio de calentamiento de mareas en el pasado).

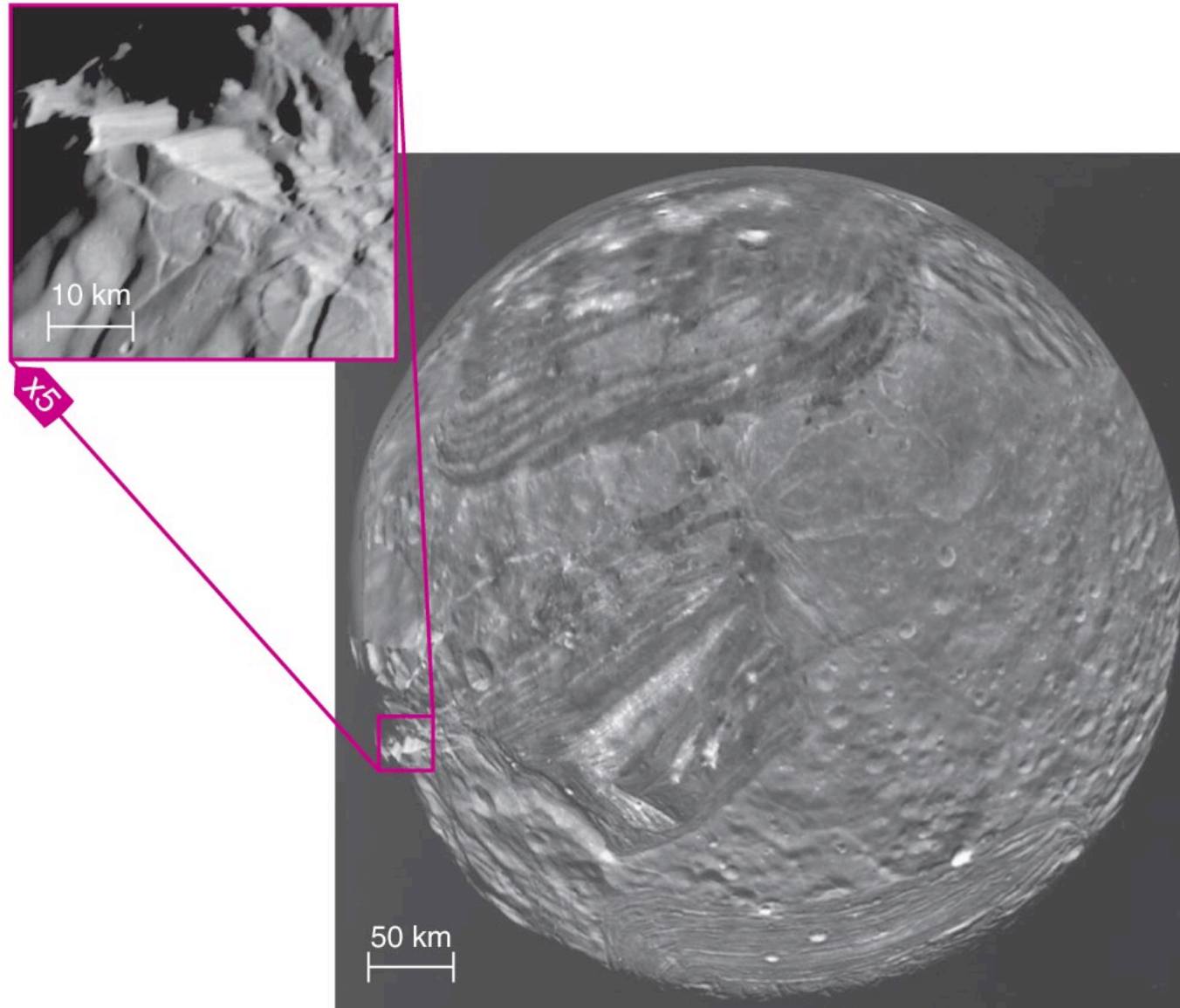


# Tritón, la luna de Neptuno

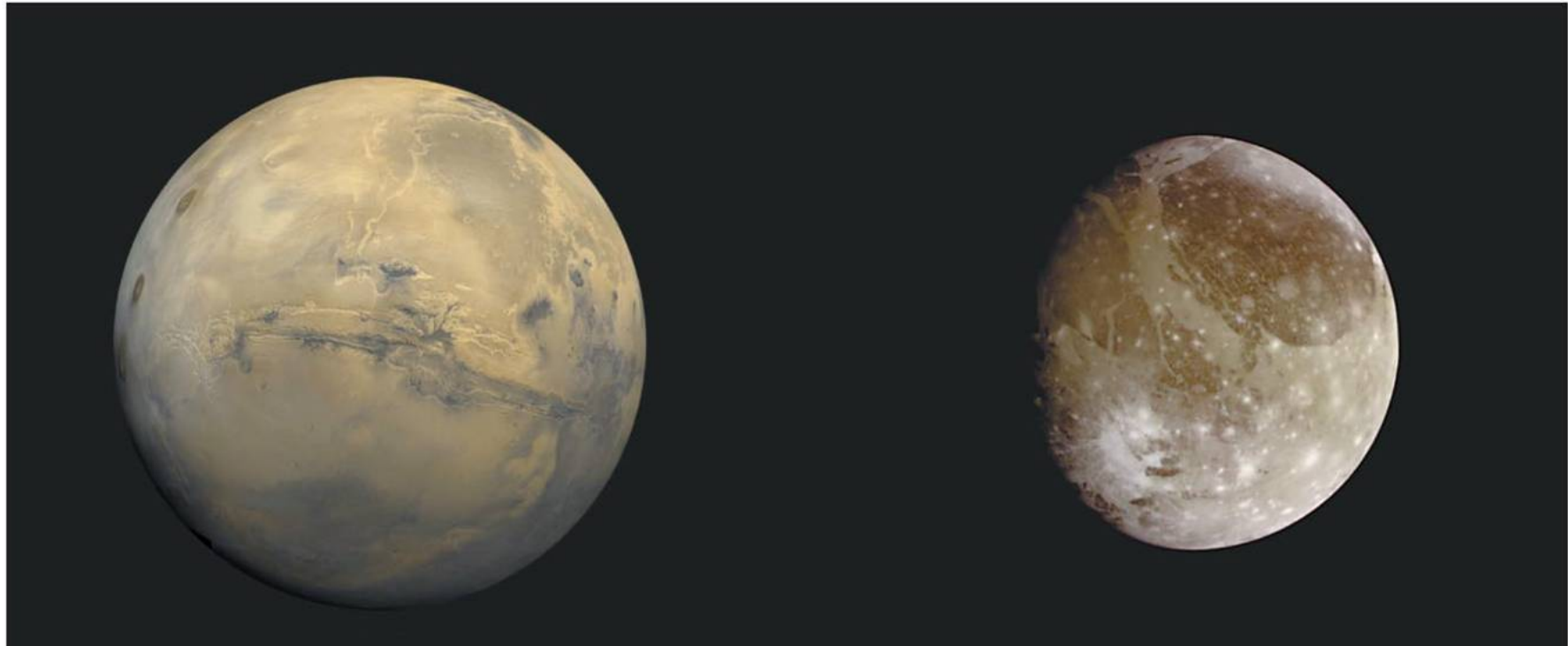


- Similar a Plutón, pero más grande.
- Evidencia de actividad geológica pasada.

¿Por qué las pequeñas lunas heladas son más activas geológicamente que los pequeños planetas rocosos?



# Planetas rocosos versus lunas heladas

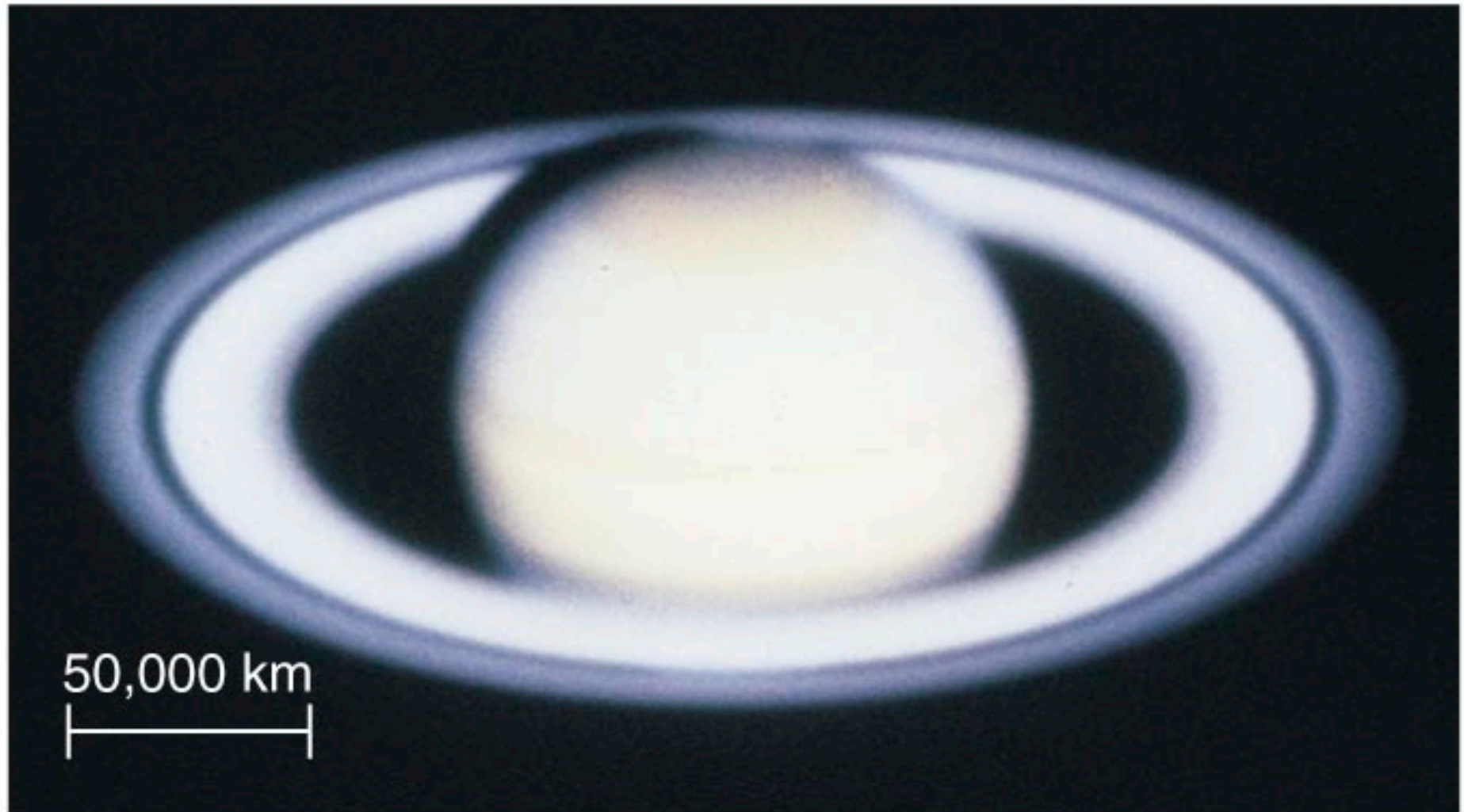


- La roca se derrite a temperaturas más altas.
- Sólo los planetas rocosos grandes tienen suficiente calor para la actividad.
- El hielo se derrite a temperaturas más bajas.
- El calentamiento de las mareas puede derretir el hielo interno, la actividad de conducción.

# Anillos del planeta joviano

- ¿Cómo son los anillos de Saturno?
- ¿Cómo se comparan otros sistemas de anillos jovianos con los de Saturno?
- ¿Por qué los planetas jovianos tienen anillos?

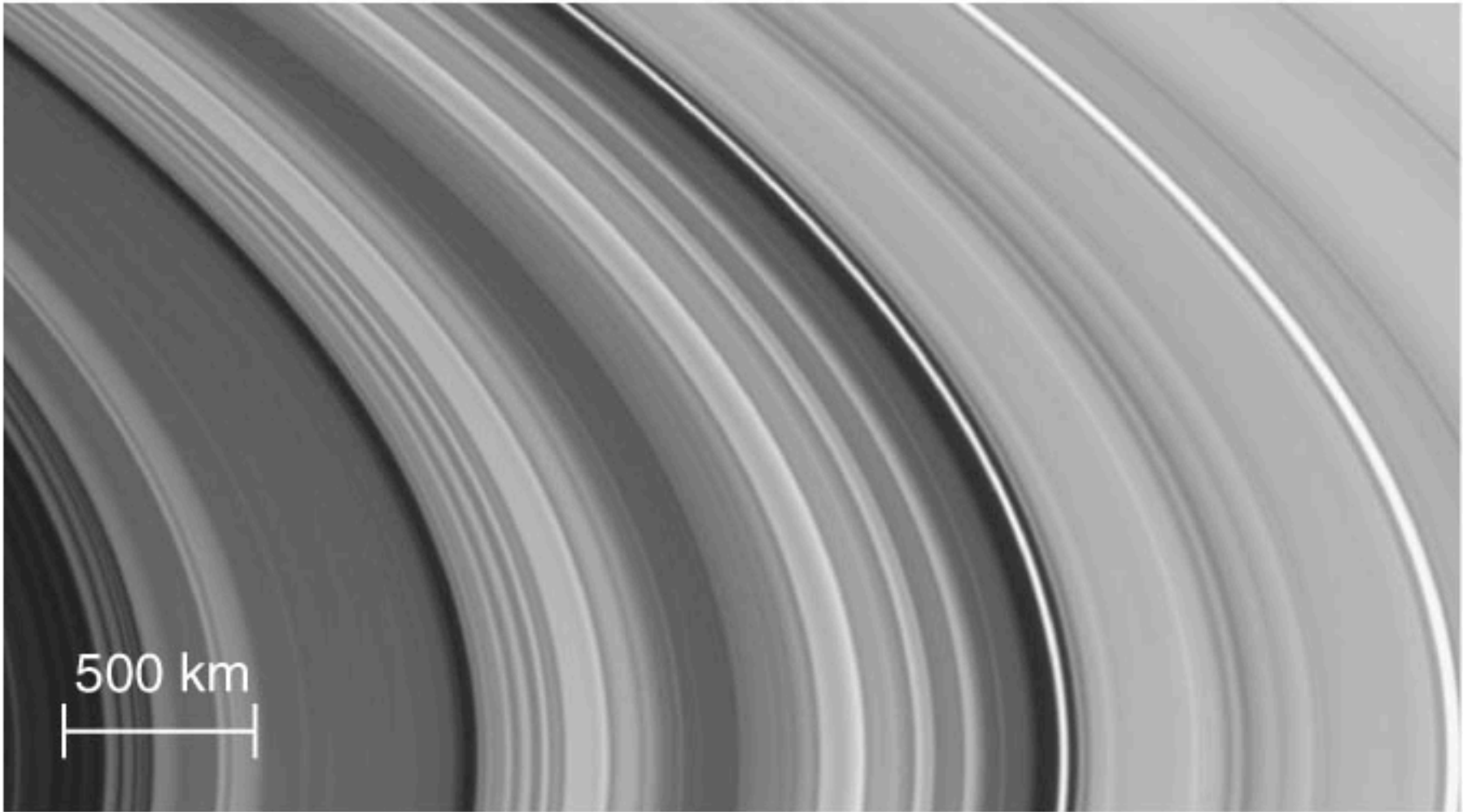
# ¿Cómo son los anillos de Saturno?



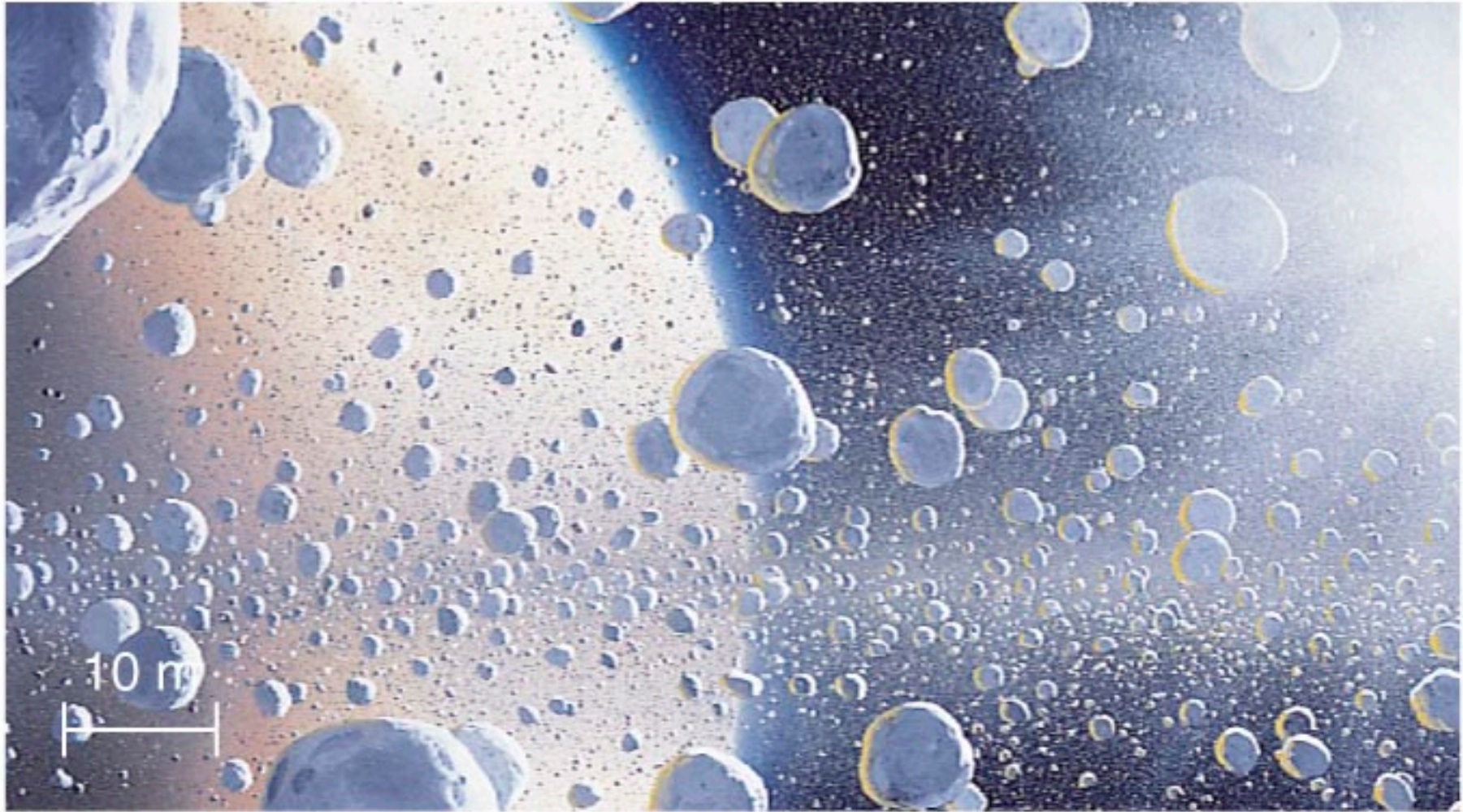
# ¿Cómo son los anillos de Saturno?

- Están formados por numerosas partículas individuales diminutas.
- Ellos orbitan alrededor del ecuador de Saturno.
- Son muy delgados

# ¿Cómo son los anillos de Saturno?

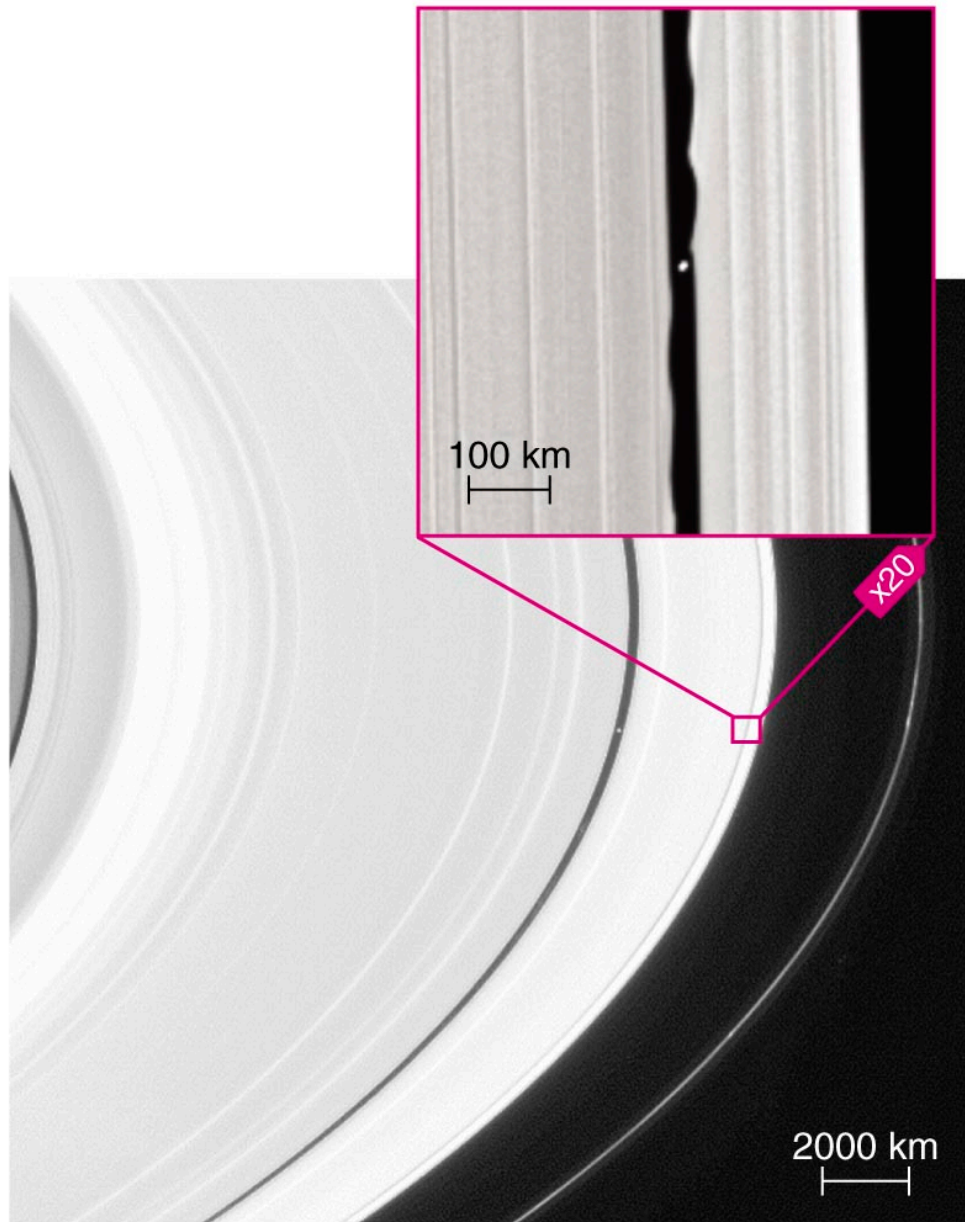


# Vision artística de los anillos.



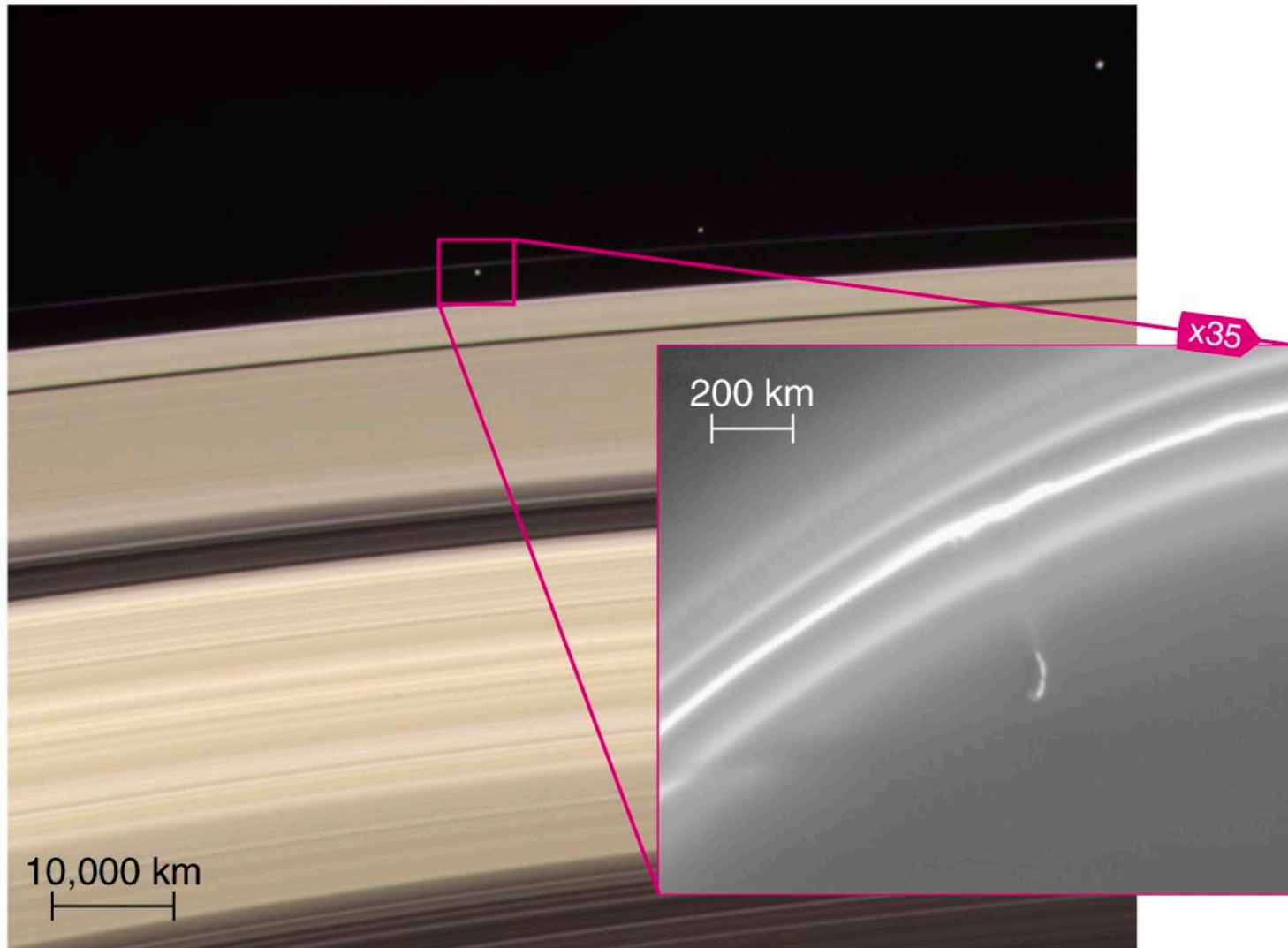


# Gap Moons



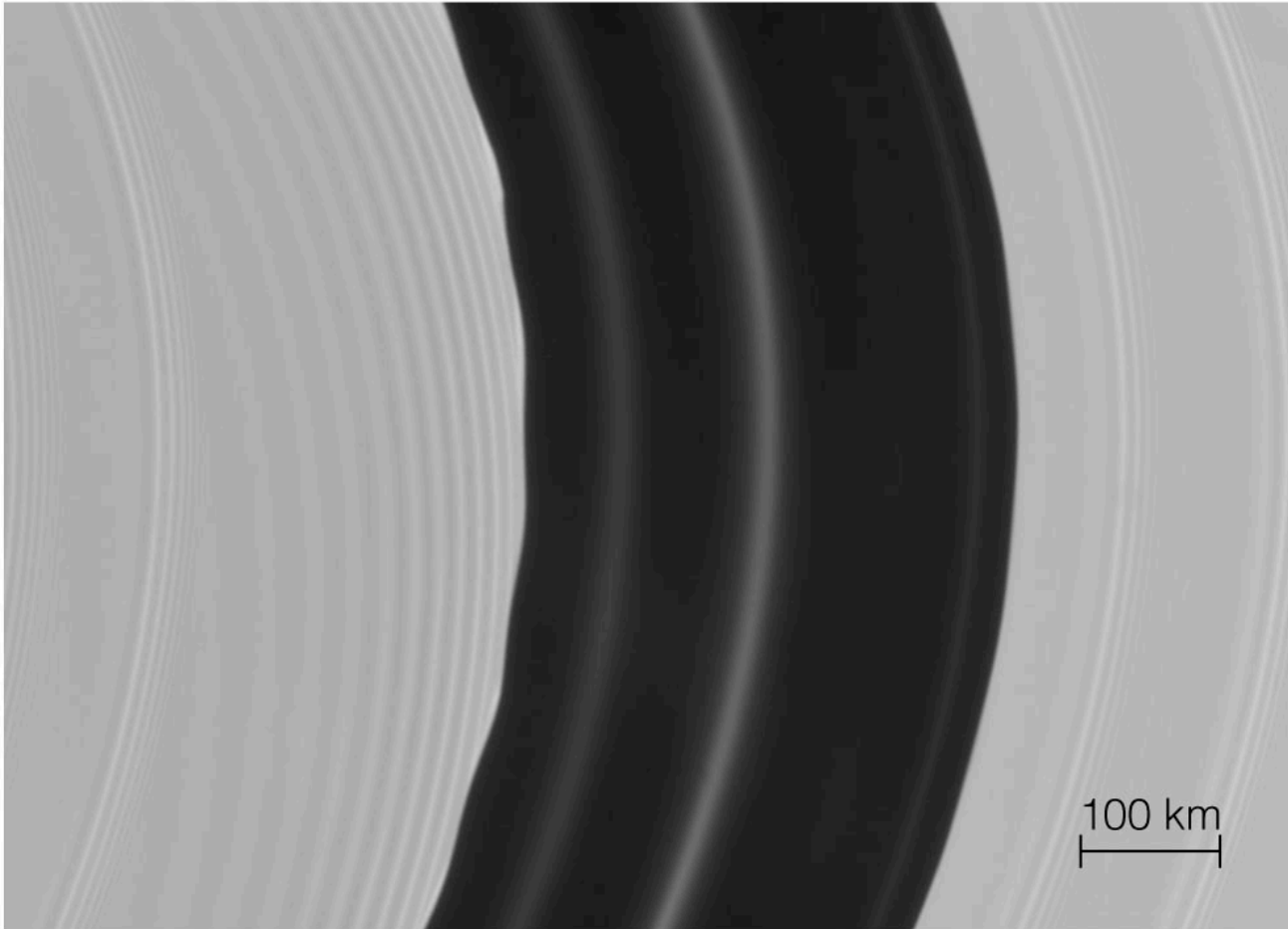
- Algunas lunas pequeñas crean huecos dentro de los anillos.

# Shepherd Moons



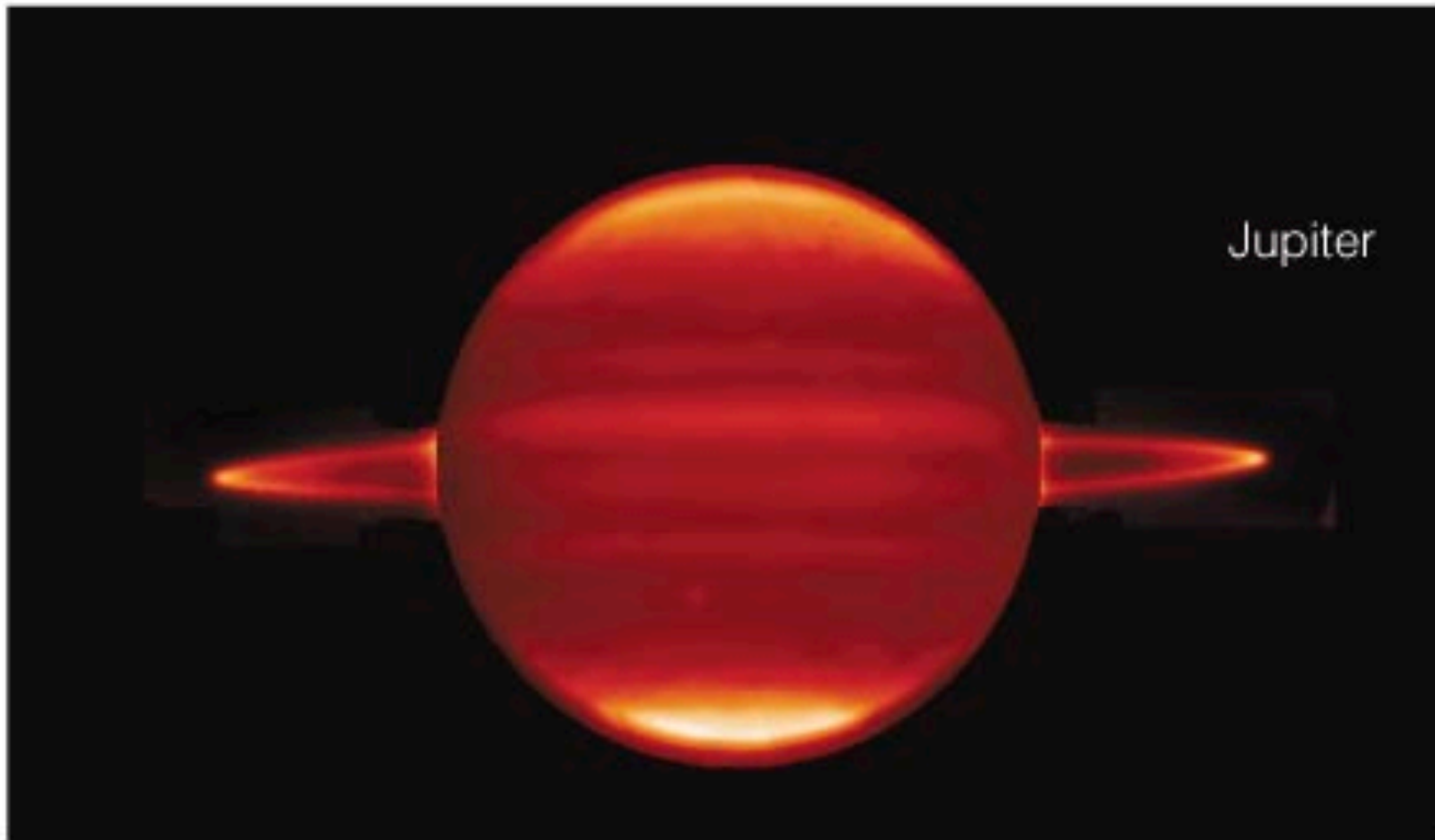
- Un par de lunas pequeñas puede forzar las partículas en un anillo estrecho.

# Resonance Gaps

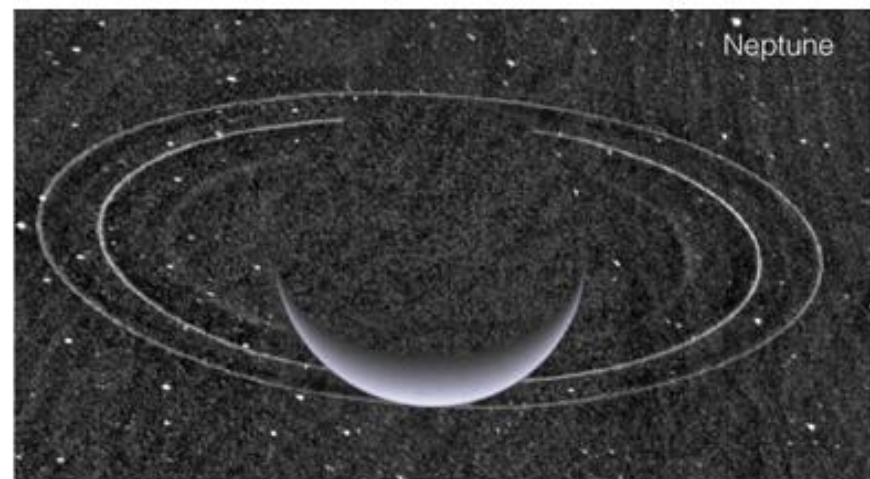
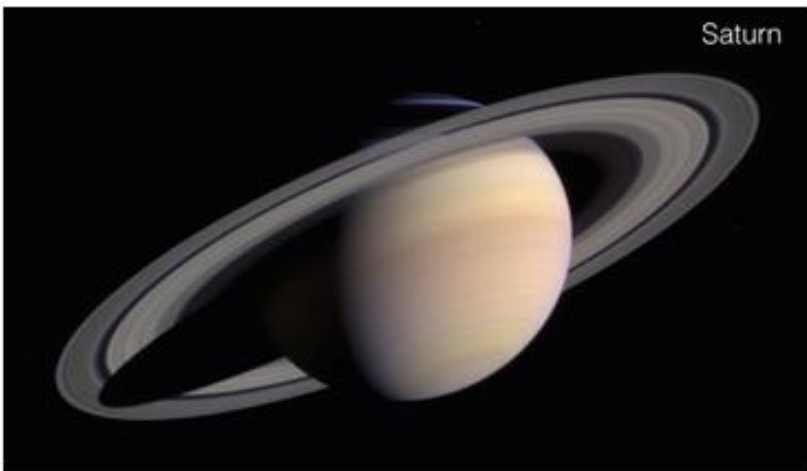
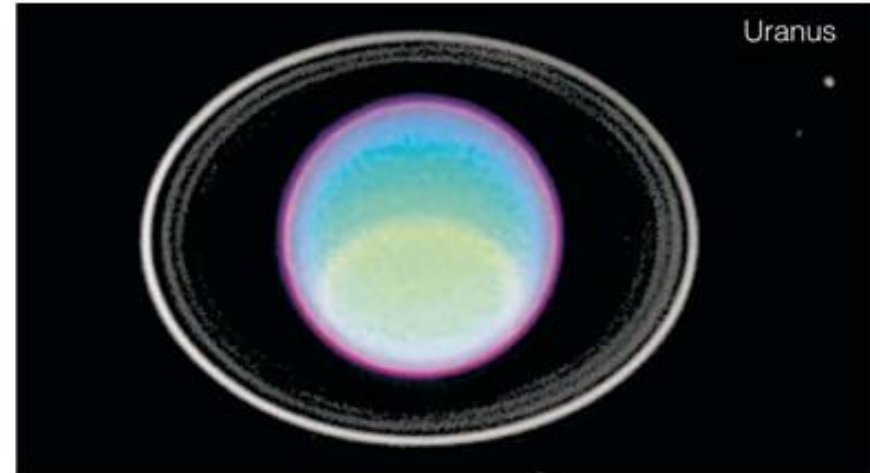
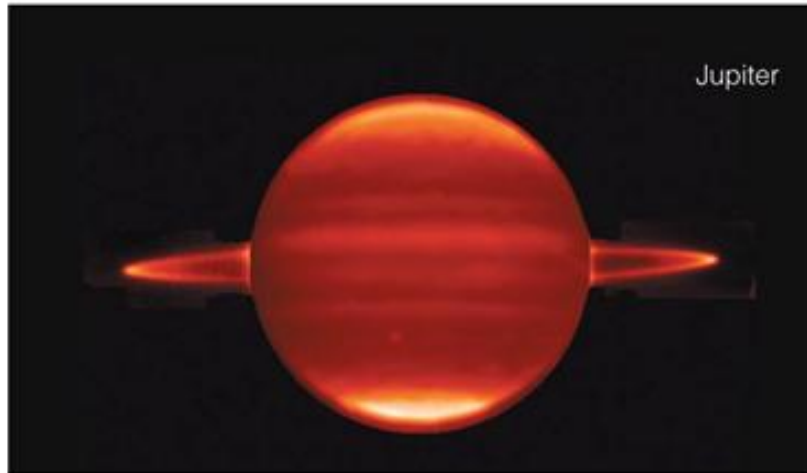


- La resonancia orbital con una luna más grande también puede producir una brecha.

¿Cómo se comparan otros sistemas de anillos jovianos con los de Saturno?



# Sistemas de anillos jovianos



- Los cuatro planetas jovianos tienen sistemas de anillos.
- Otros tienen partículas de anillo más oscuras que Saturno.

# ¿Por qué los planetas jovianos tienen anillos?



# ¿Por qué los planetas jovianos tienen anillos?

- Se formaron a partir del polvo creado en los impactos en las lunas que orbitan esos planetas.

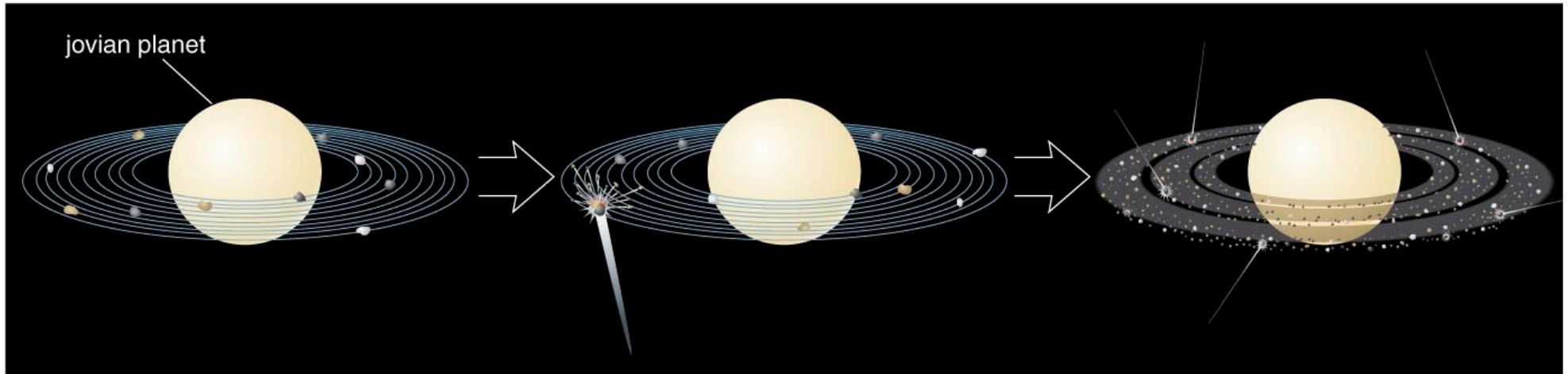
¿Como lo sabemos?

# ¿Como lo sabemos?

- Los anillos no son restos de la formación del planeta porque las partículas son demasiado pequeñas para haber sobrevivido durante tanto tiempo.
- Debe haber un reemplazo continuo de partículas diminutas.
- La fuente más probable es el impacto entre las lunas jovianas.



# Formacion de los anillos



- Todos los planetas jovianos tienen anillos porque poseen muchas lunas pequeñas cerca.
- Los impactos en estas lunas son aleatorios.
- Los increíbles anillos de Saturno pueden ser un "accidente"