

#### La Tierra en el Universo



Dr. Tabaré Gallardo

Departamento de Astronomía

Facultad de Ciencias

www.astronomia.edu.uy/depto



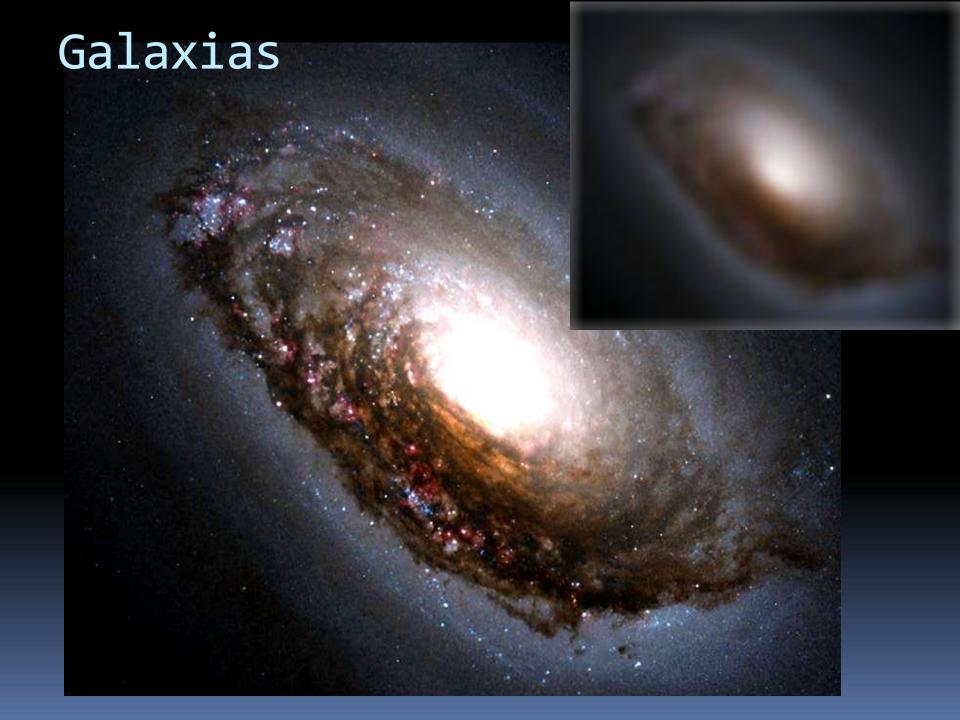
# Telescopio espacial Hubble





# Edwin Hubble

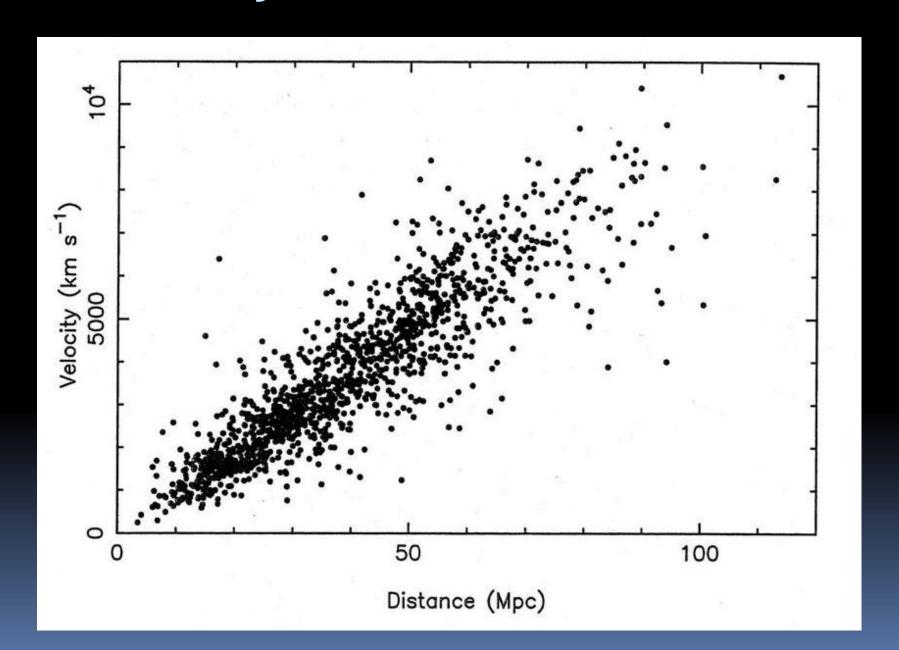




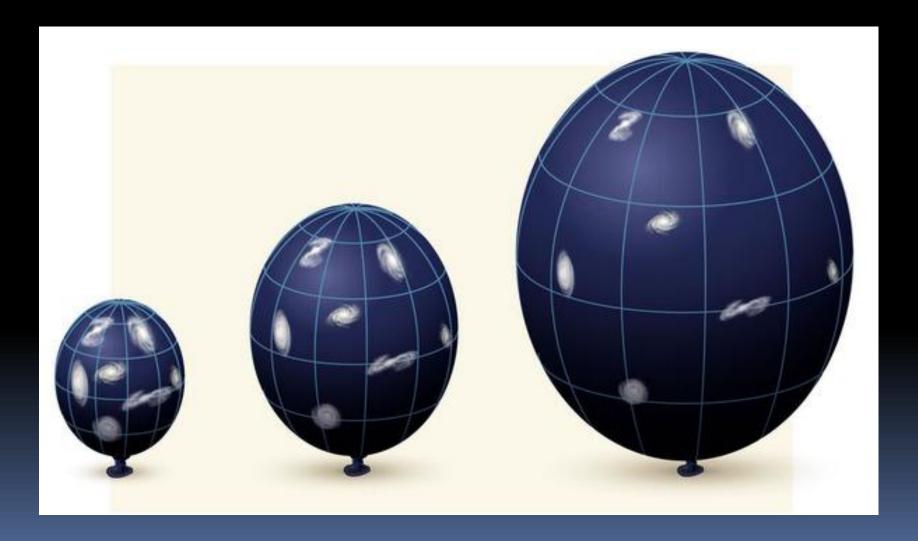
Diámetro: 100.000 años-luz. Cientos de miles de millones de estrellas + gas y polvo.



# 1929: Ley de Hubble



# Significado de la Ley de Hubble: EXPANSIÓN

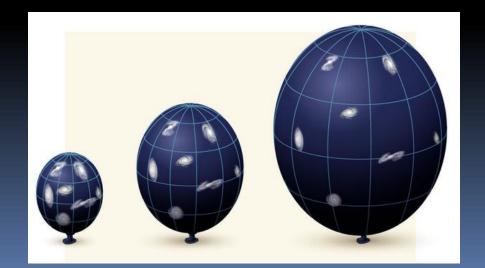


# Si vamos hacia atrás en el tiempo... Big Bang!

- Todo el Universo estaba contenido dentro de un volumen microscópico
- Densidad, temperatura y presión enormes
- La materia no podría existir en forma de átomos
- Instante cero: hace 13.700 millones de años

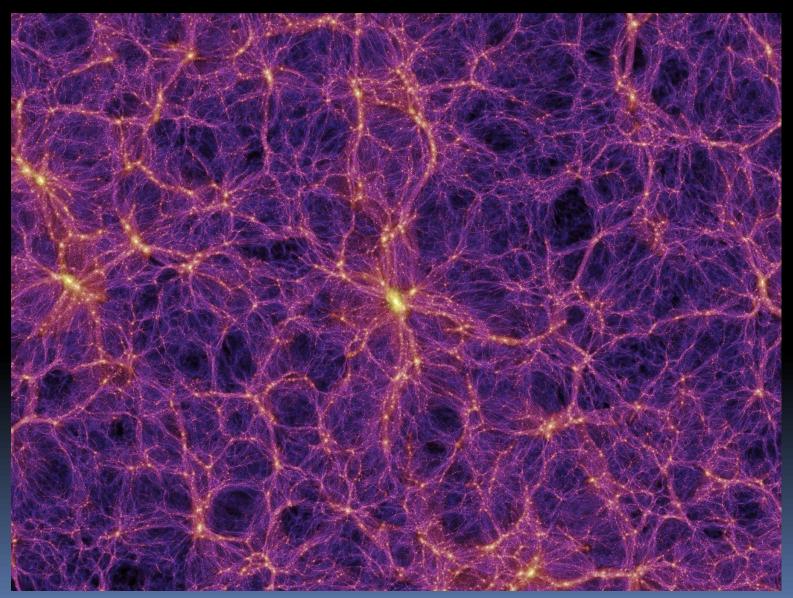
#### Big Bang

- No es una explosión EN EL espacio sino una expansión violenta DEL espacio
- El espacio se expande entre las galaxias
- La masa de las galaxias evita que el espacio que las contiene se expanda



## Estructura en gran escala

Cientos de miles de millones de galaxias.



#### Observando el pasado

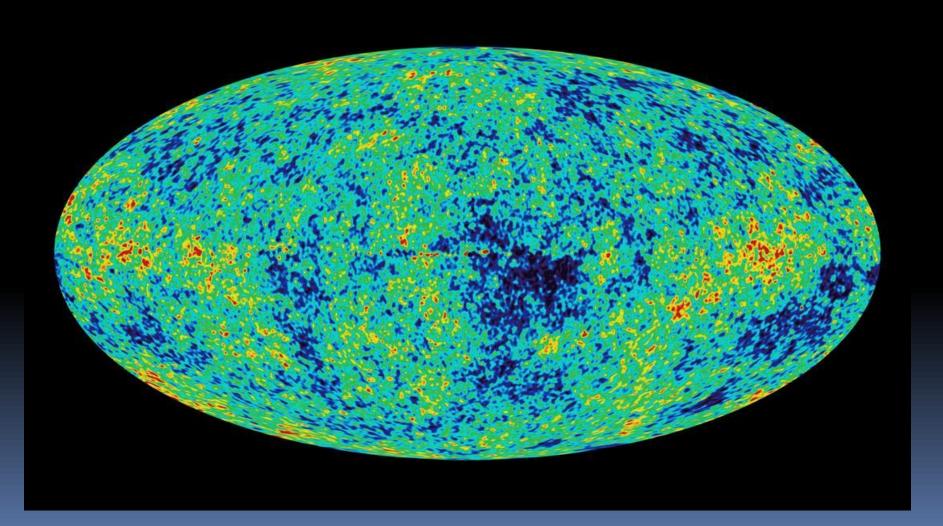
La luz demora en viajar...

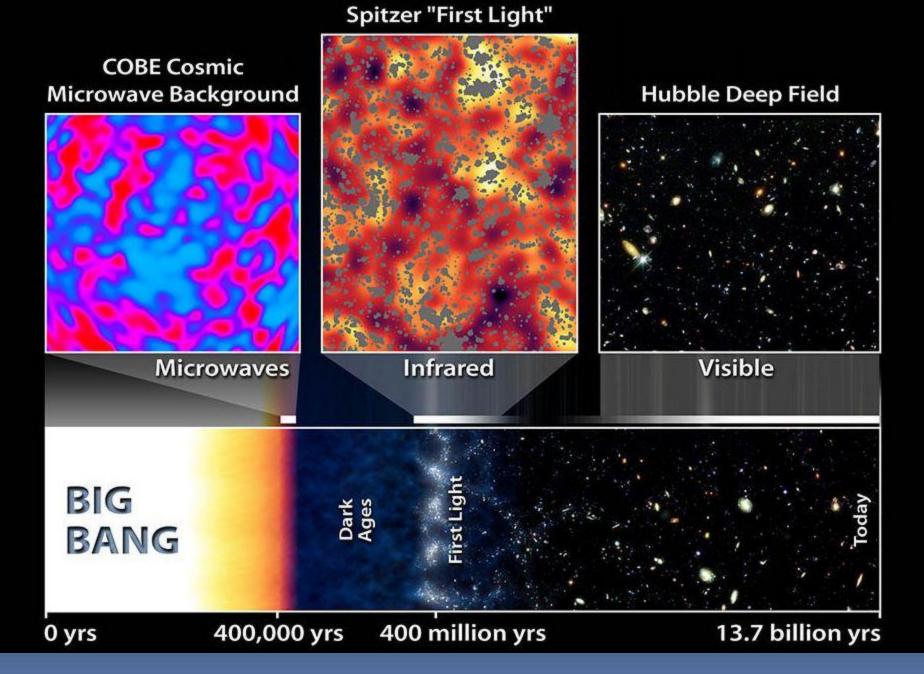


Antigüedad: 2 millones de años



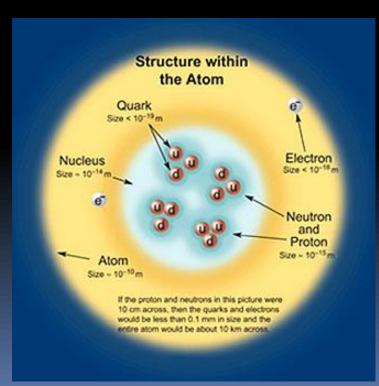
## Radiación Cósmica de Fondo

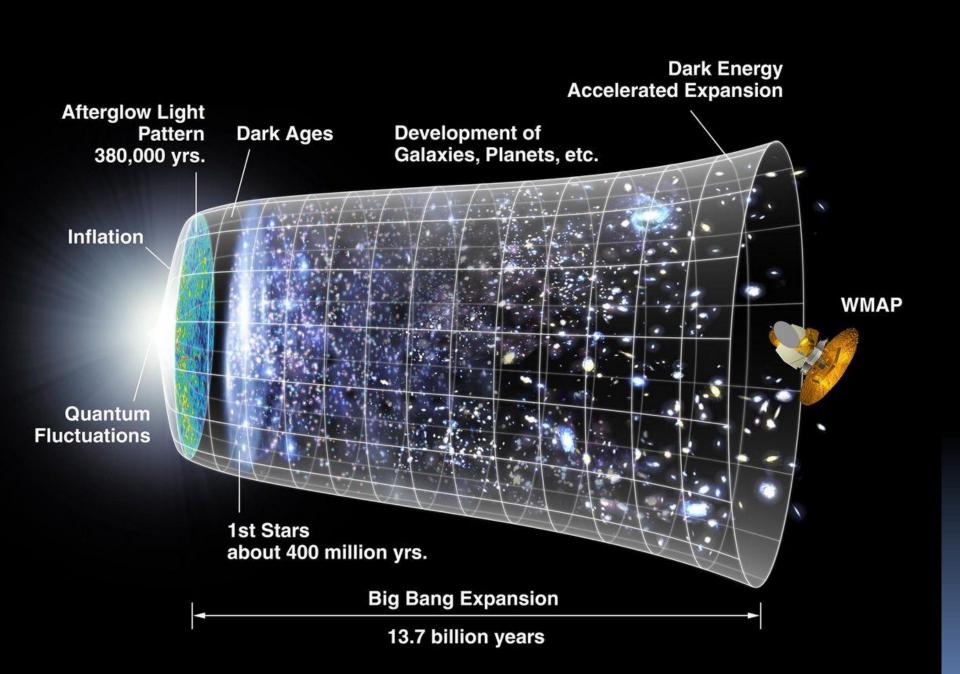




#### Primeros 3 minutos del Universo

- Energía ← → materia + antimateria
- "Sopa" de quarks y electrones
- Quarks -> protones y neutrones
- Núcleos de H y He

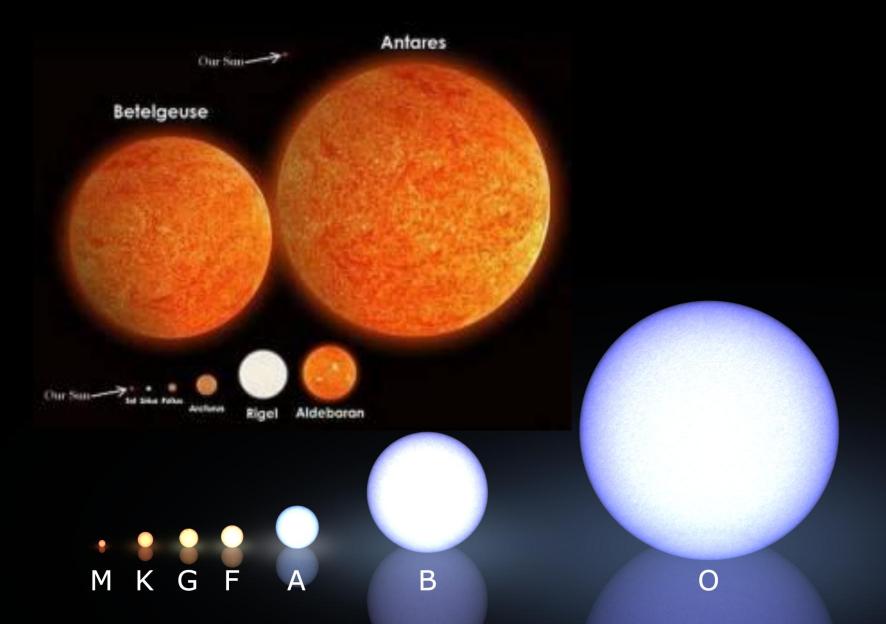








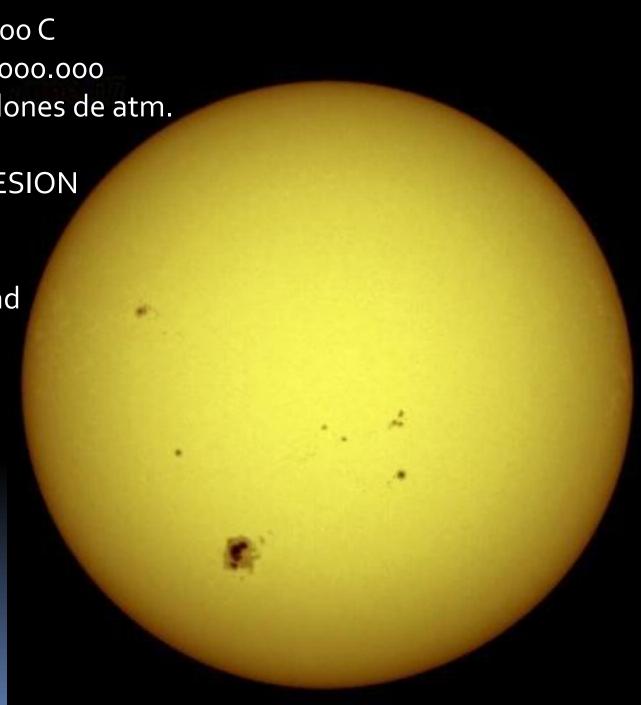
### Tamaños estelares



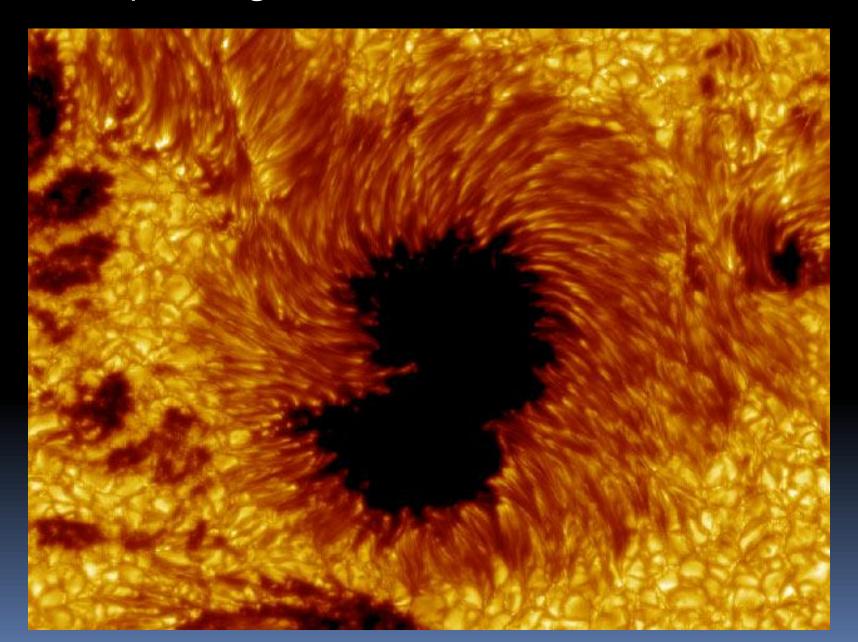
Temperatura sup = 5500 C Temperatura int = 14.000.000 Presión = 250.000 millones de atm.

Equilibrio PESO – PRESION

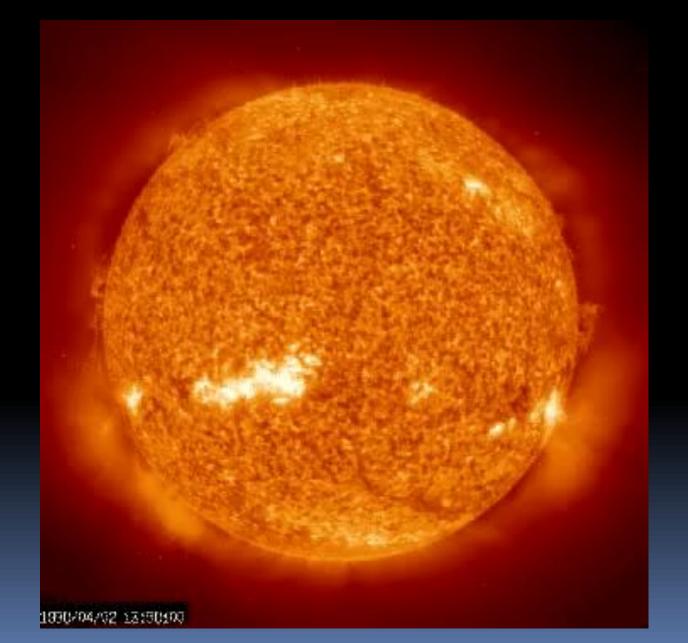
Fuente de fotones, viento solar y gravedad



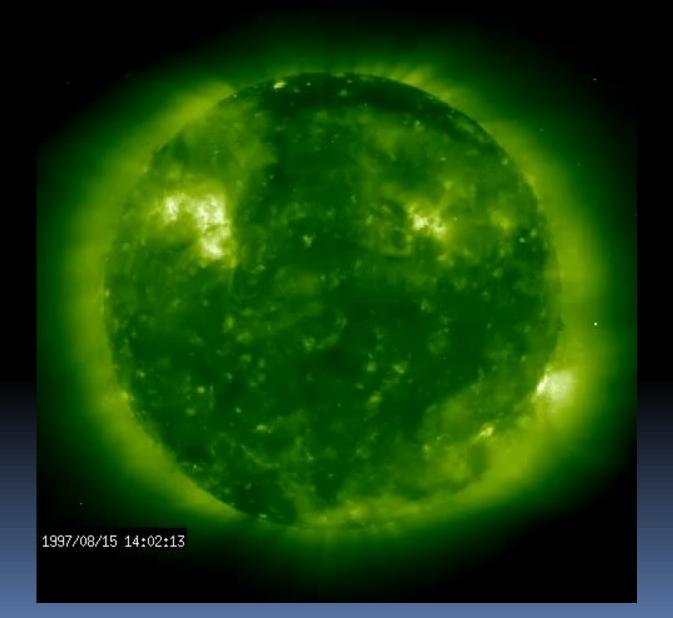
#### Campos magnéticos intensos



#### Estrellas: reactores de fusión

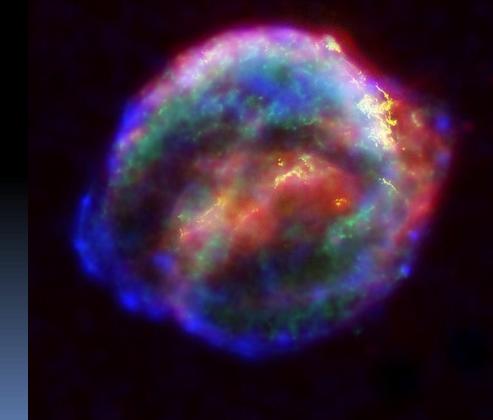


#### Estrellas: reactores de fusión



#### Formación de elementos

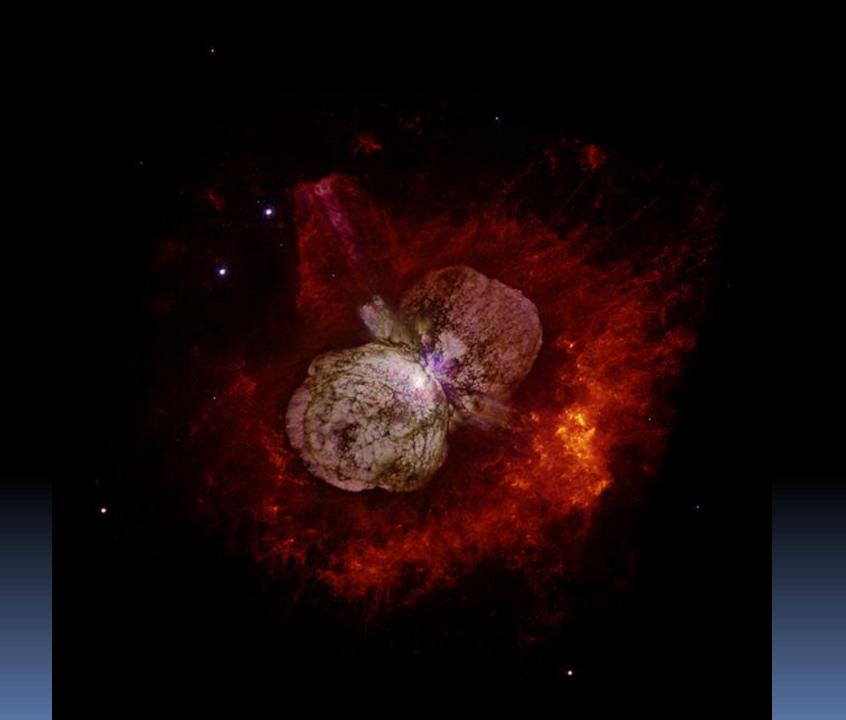
- Núcleo estrella:  $H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow Fe$
- Explosión supernova: demás elementos de la tabla



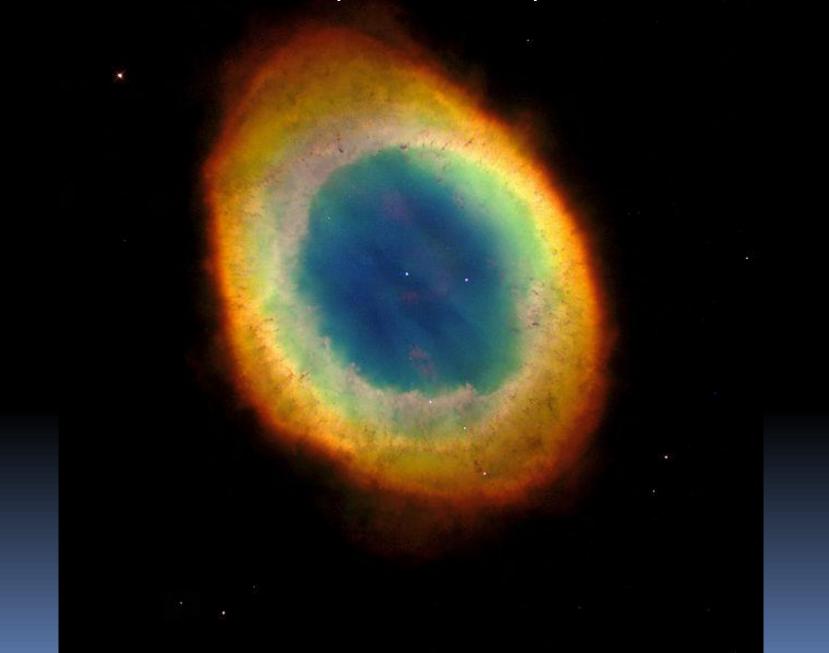








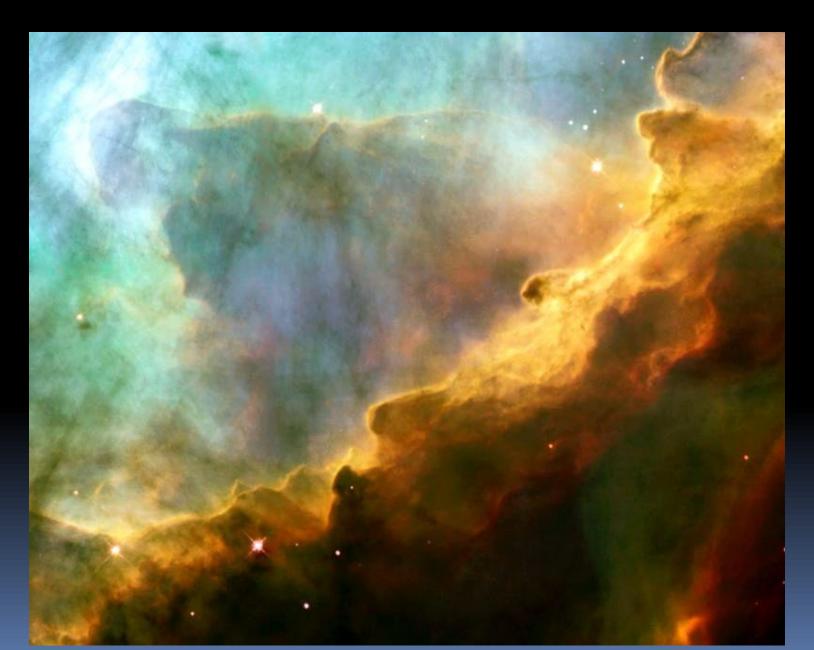
Medio interestelar enriquecido con "polvo" de estrellas.



### Principales elementos en el polvo: CHON



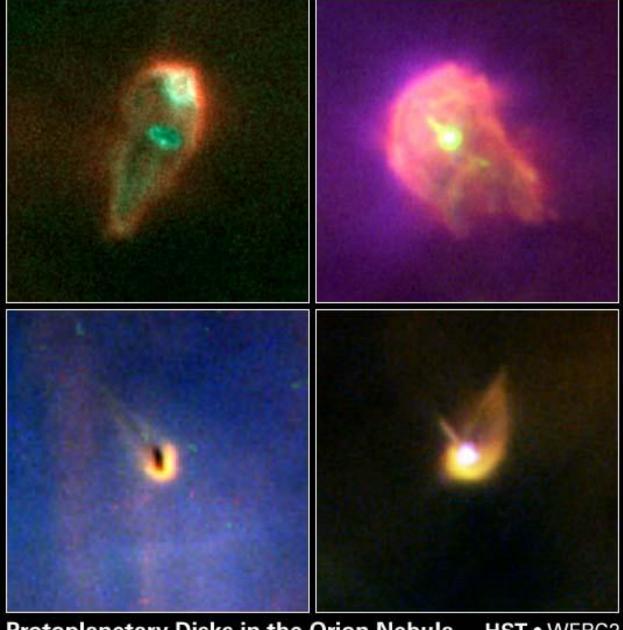
# Formación estelar



Formación del Sistema Solar

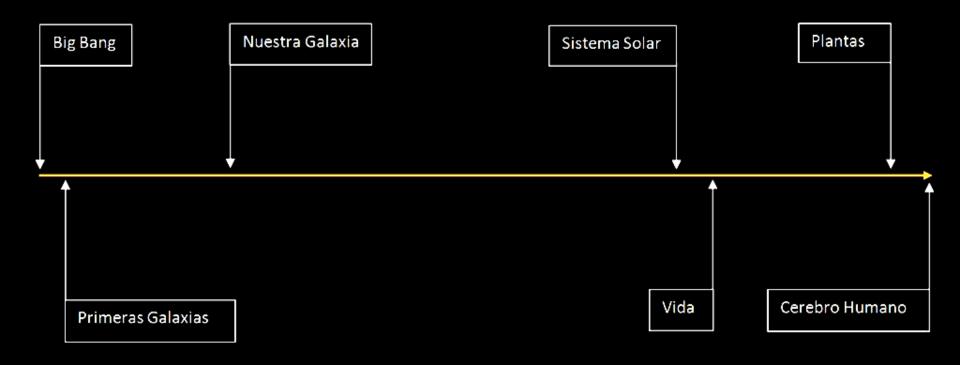




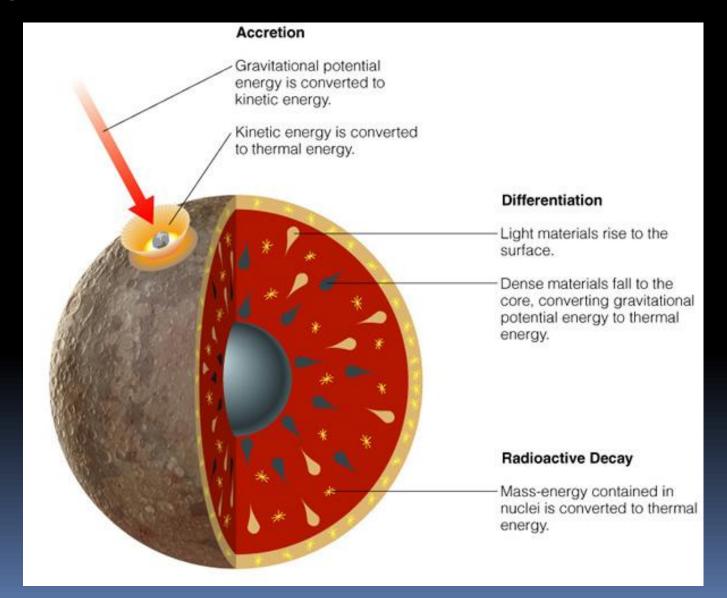


Protoplanetary Disks in the Orion Nebula HST • WFPC2 NASA, J. Bally (University of Colorado), H. Throop (SWRI), and C.R. O'Dell (Vanderbilt University) • STScl-PRC01-13

# Cronología



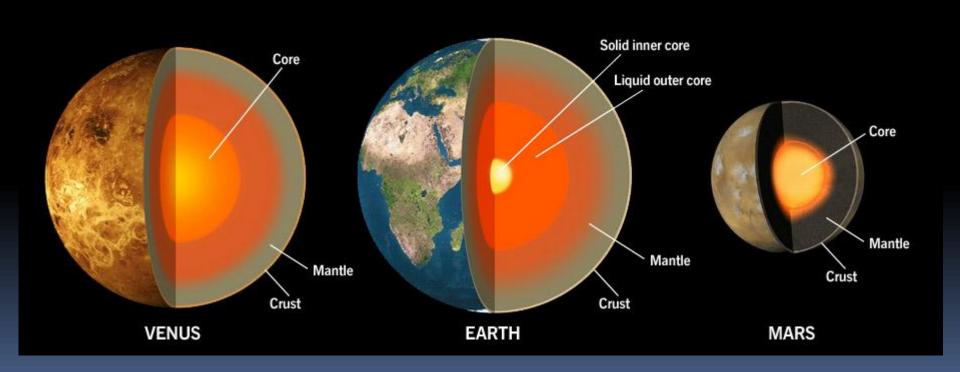
# Formación planetaria: etapas finales



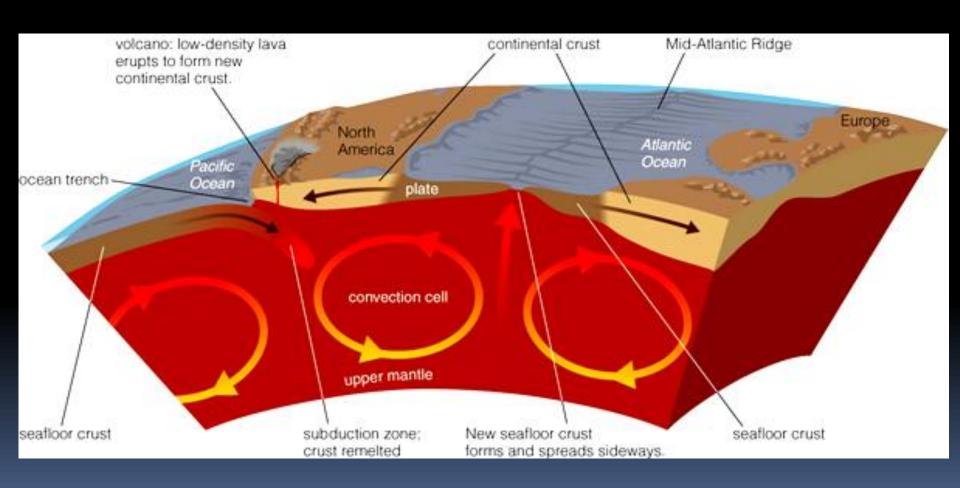
# Formación de la Luna



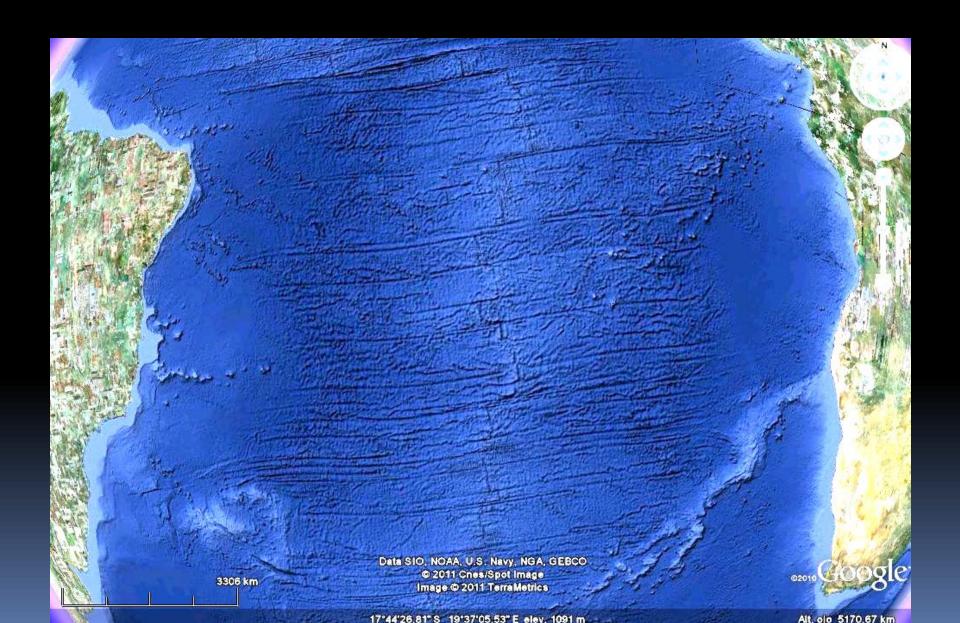
# Evolución planetaria: administración del calor interno



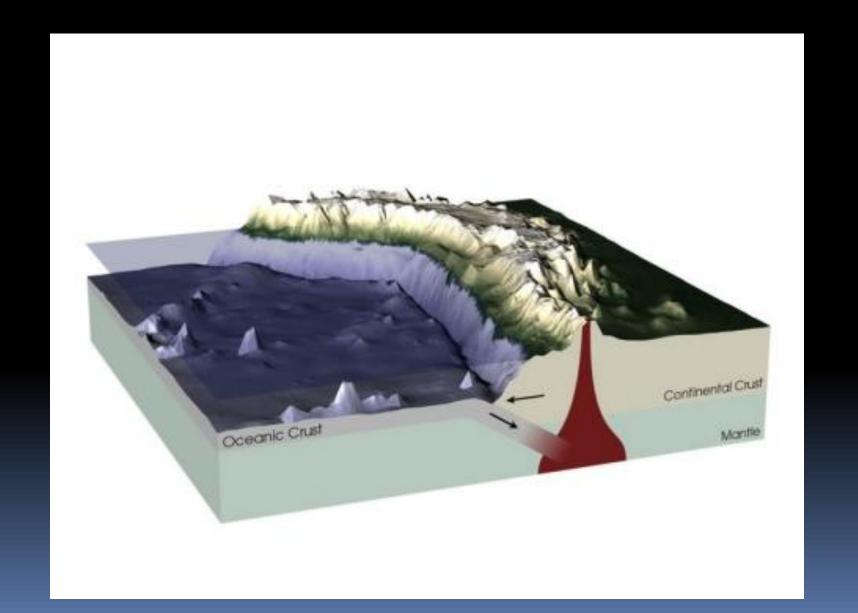
# Tierra: renovación superficie y atmósfera



#### Reciente formación de corteza oceánica



# Reciclaje de CO<sub>2</sub>

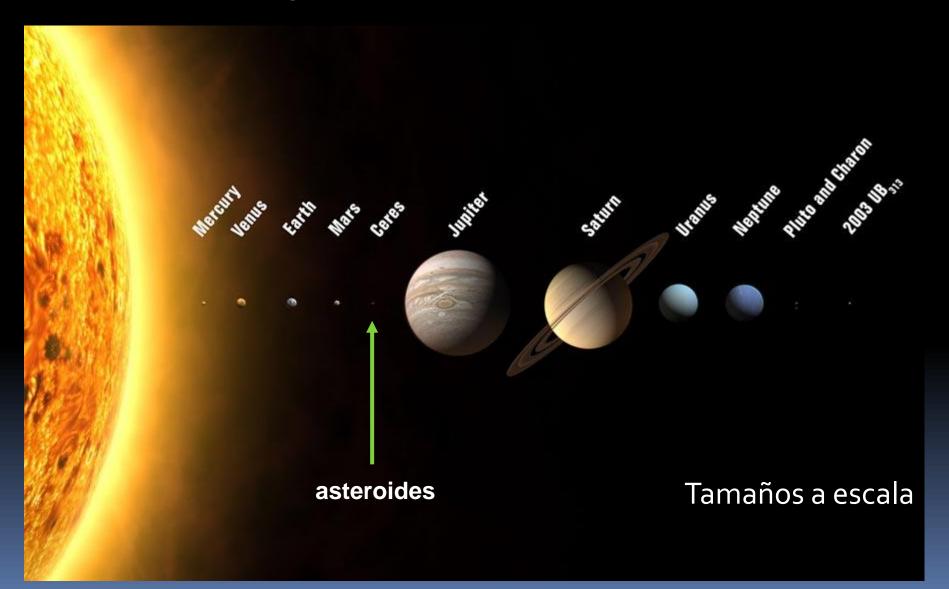


## Ciclo CO<sub>2</sub>

- Plantas lo absorben y lo fijan al suelo
- Pasa al fondo marino
- Subducción de placas
- Magma volcánico
- Sale a la atmósfera a través de volcanes
- Las plantas lo absorben

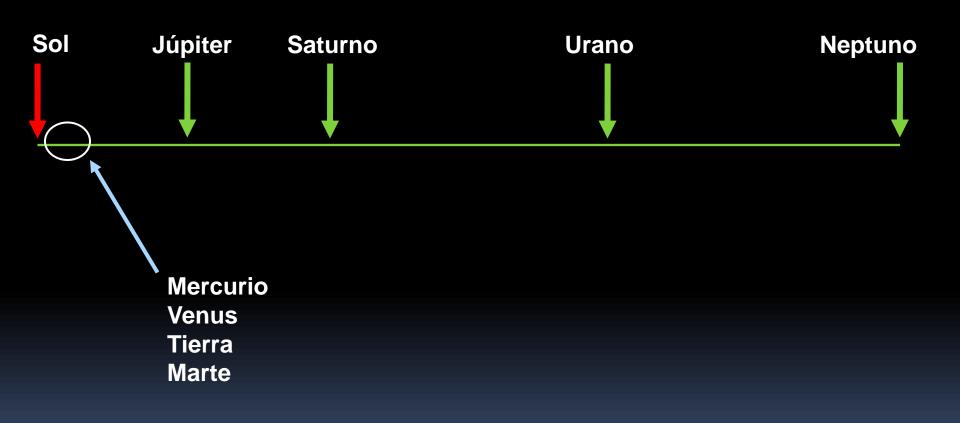
#### Sistema Solar

Mundos rocosos, gaseosos y helados



#### Sistema Solar

#### Distancias a escala

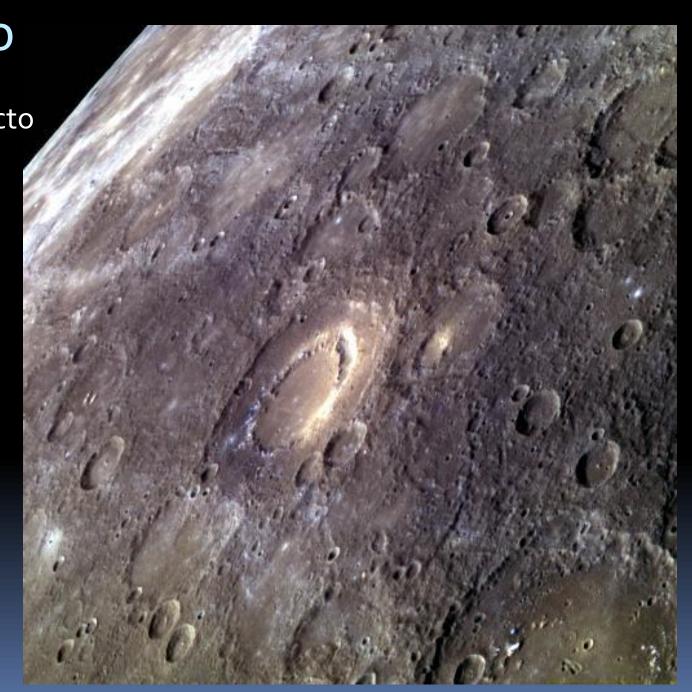


#### Mercurio



Mercurio

Cráteres de impacto





Sin atmósfera: cielo negro

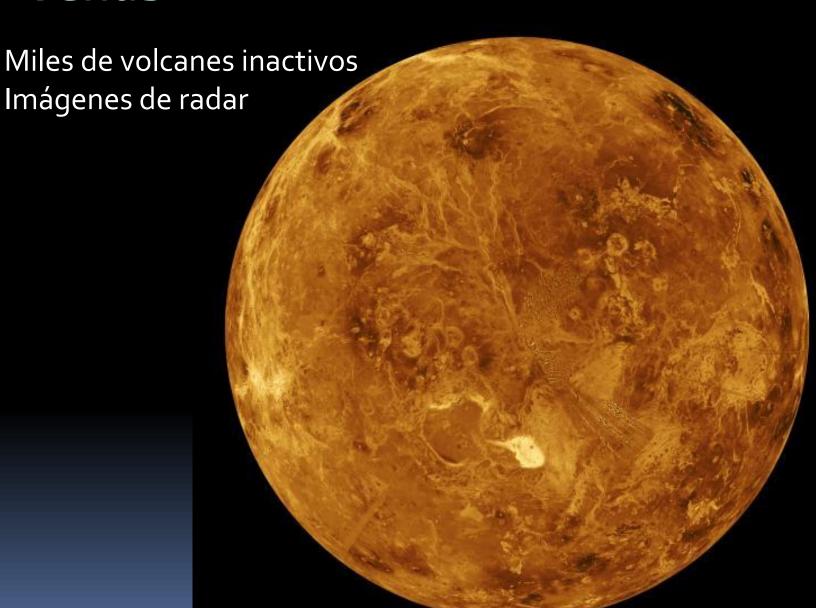


#### Venus

Día = - 117 días terrestres Temperatura media = 500 C Presión = 90 atm. CO2 No hay agua



## Venus

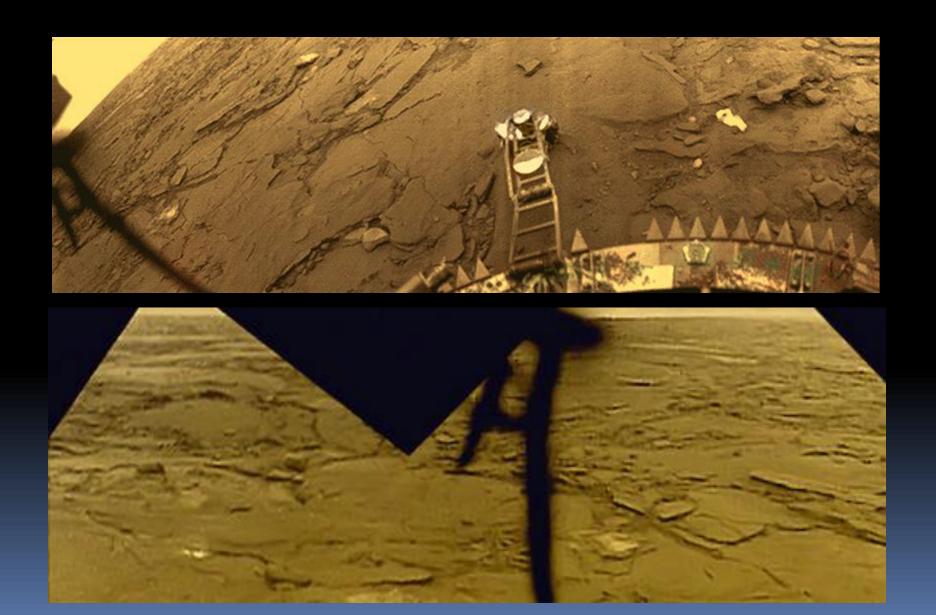


# Venus: panqueques



## Venus

#### Roca sólida y seca (basaltos)

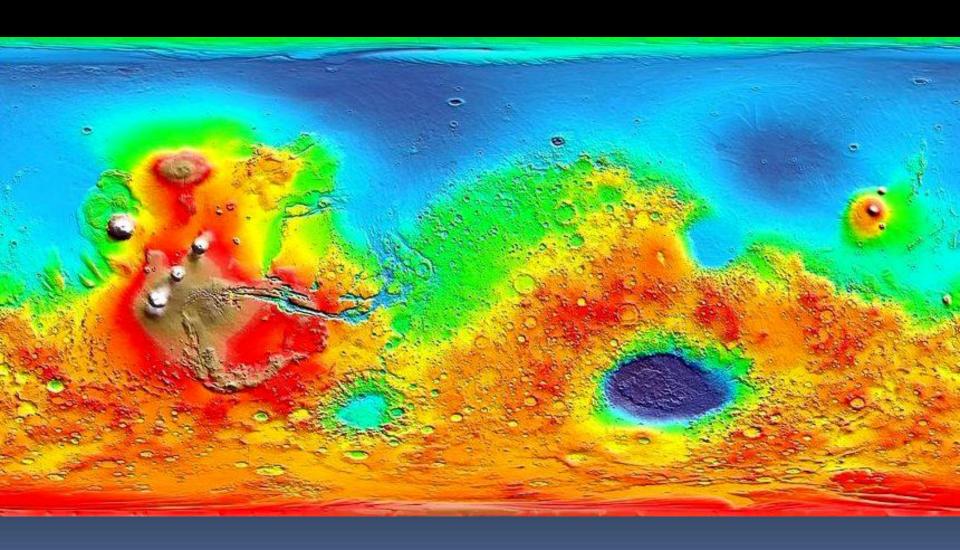


Agua sólida, líquida y gaseosa. Única atmósfera rica en Oxígeno: energía y protección UV. Campo magnético.



Volcanes fosilizados Erosión por fluidos Agua en el pasado







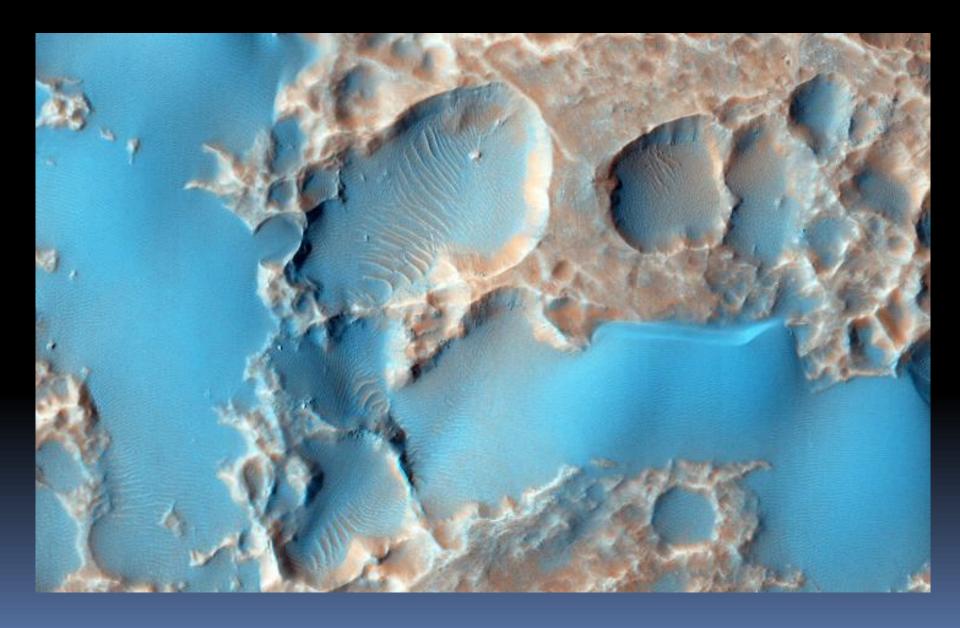


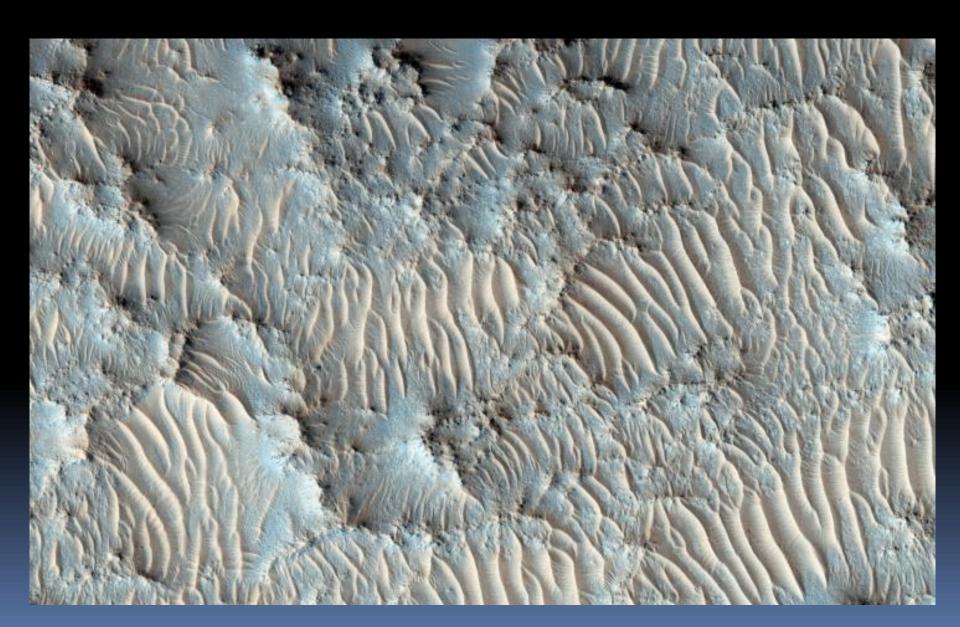


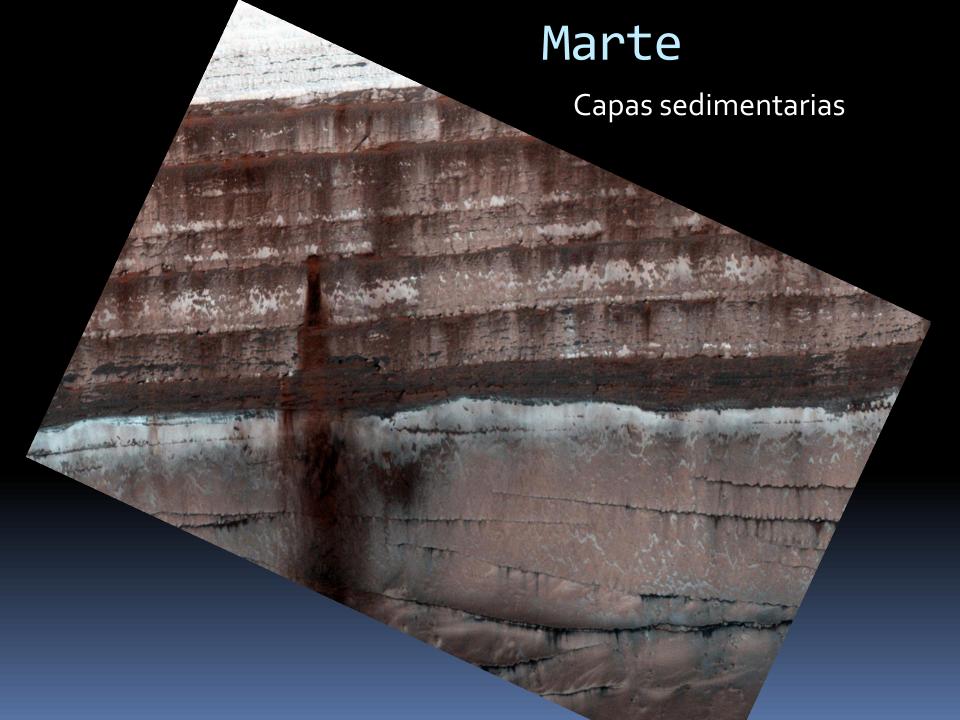
#### Tornados











Sin agua superficial.

Hielo subsuperficial (permafrost)



## Asteroide Eros



#### "Pila de escombros"

## Itokawa



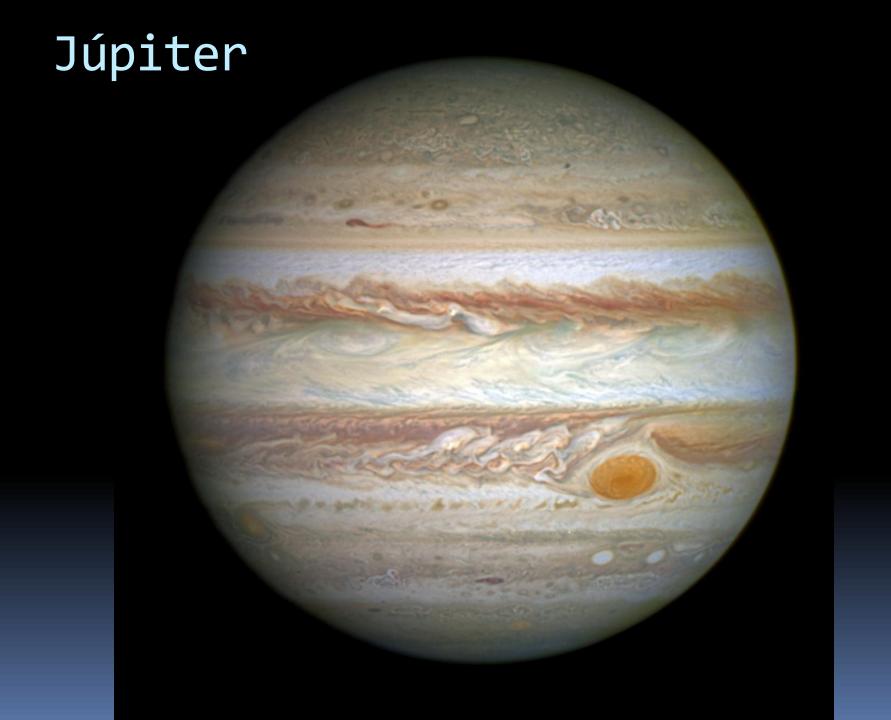
#### Meteoritos

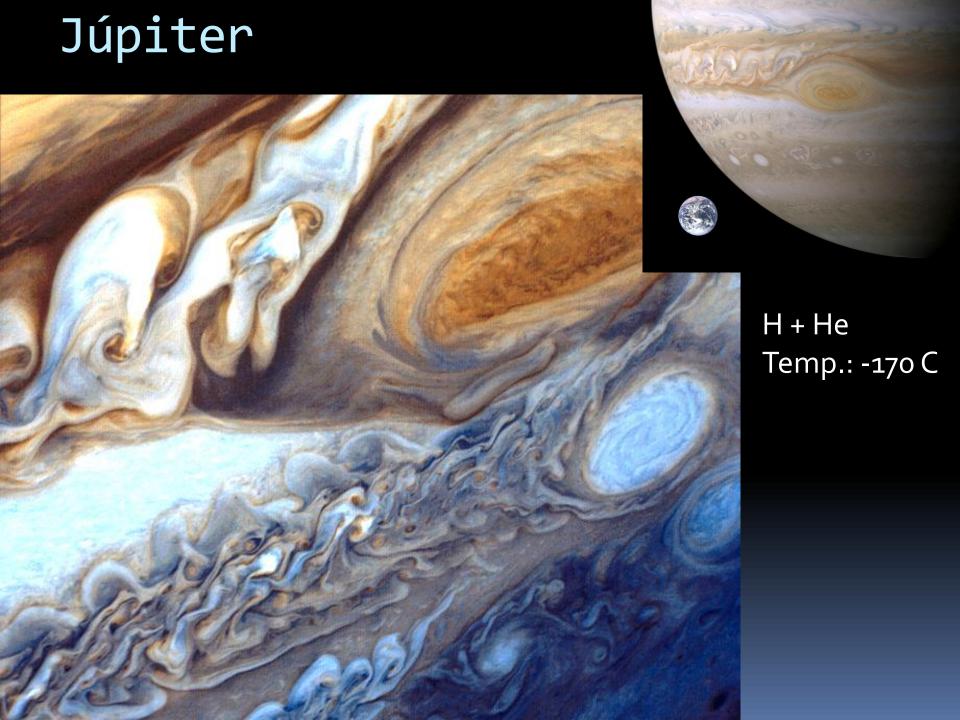
- Fragmentos de asteroides y cometas
- Fragmentos de Marte y Luna
- Sobreviven al ingreso en la atmósfera
- Metálicos, rocosos y carbonosos
- Se encontraron aminoácidos



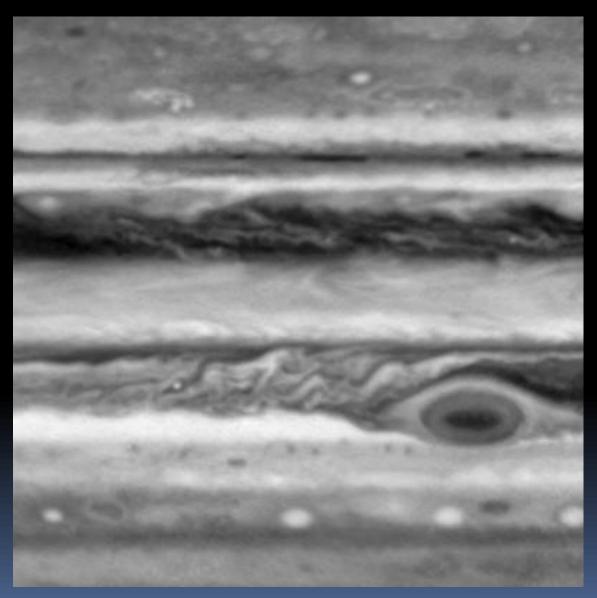
# Ceres(planeta enano)



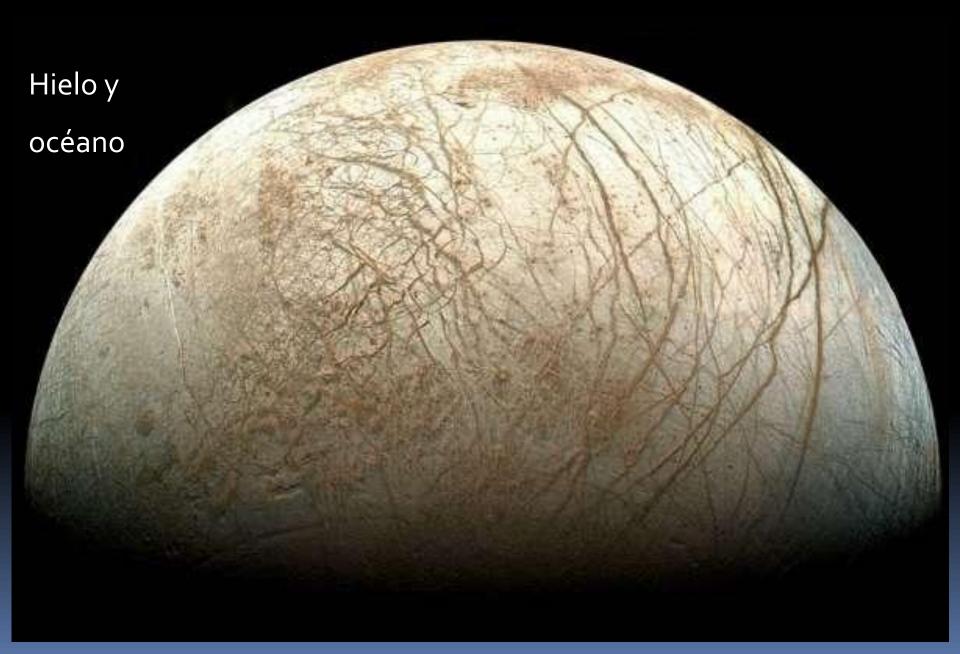




# Júpiter

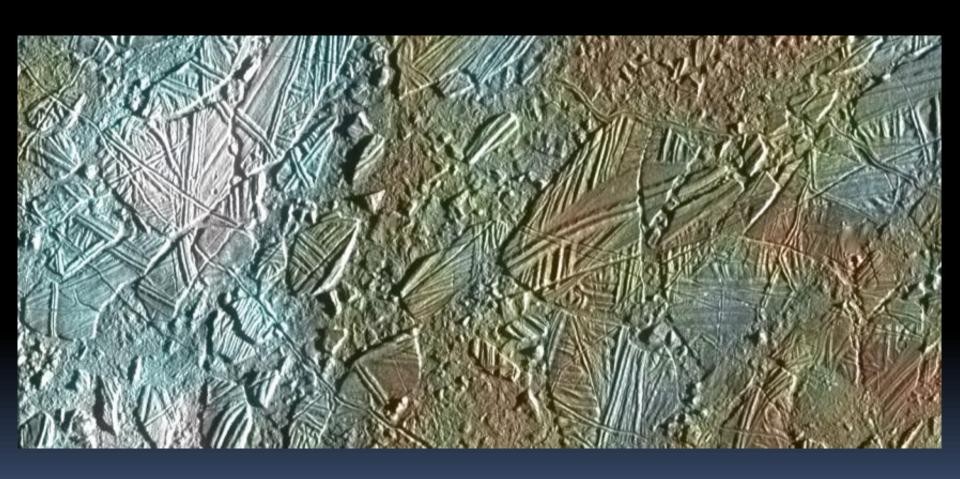


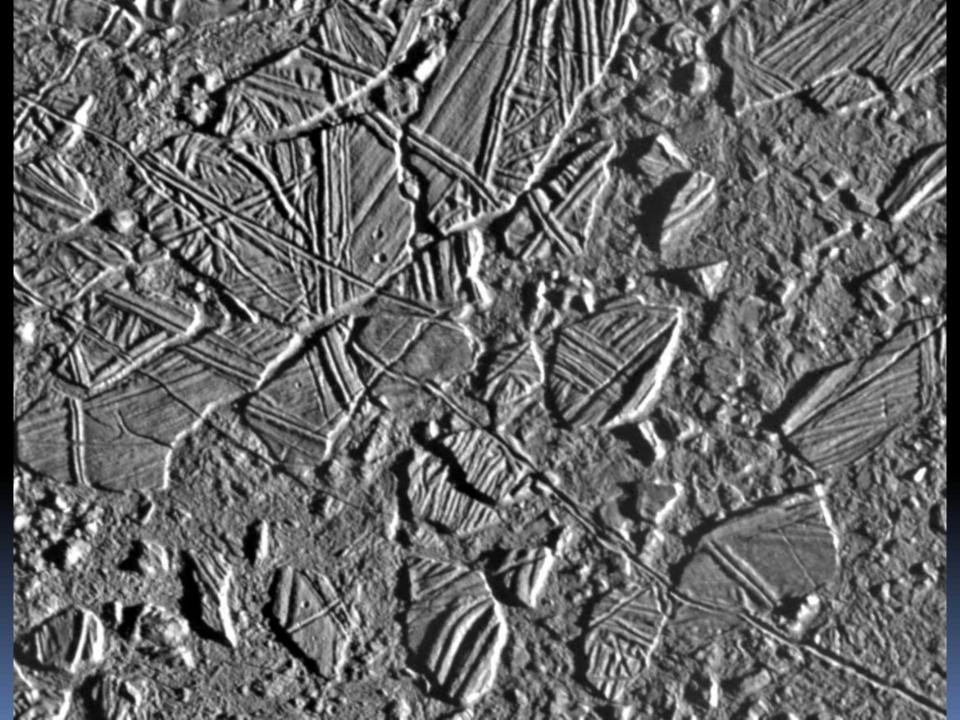
# Europa





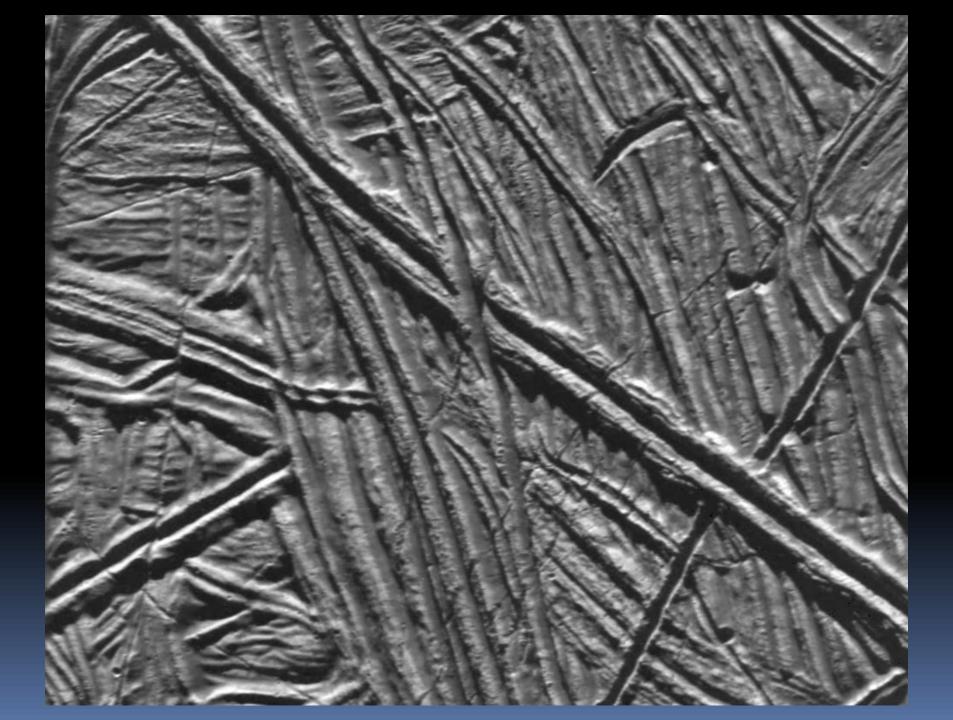
# Europa





# Europa

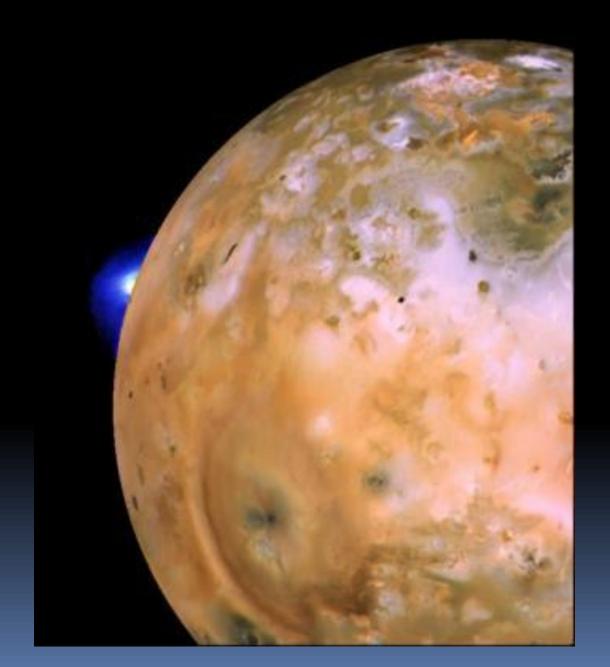


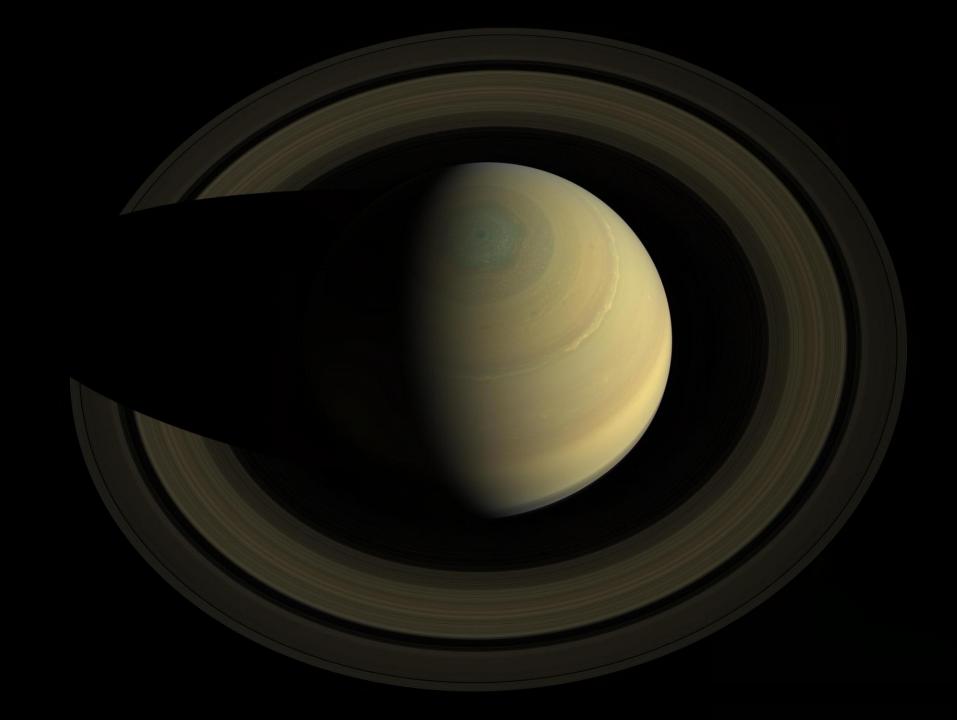


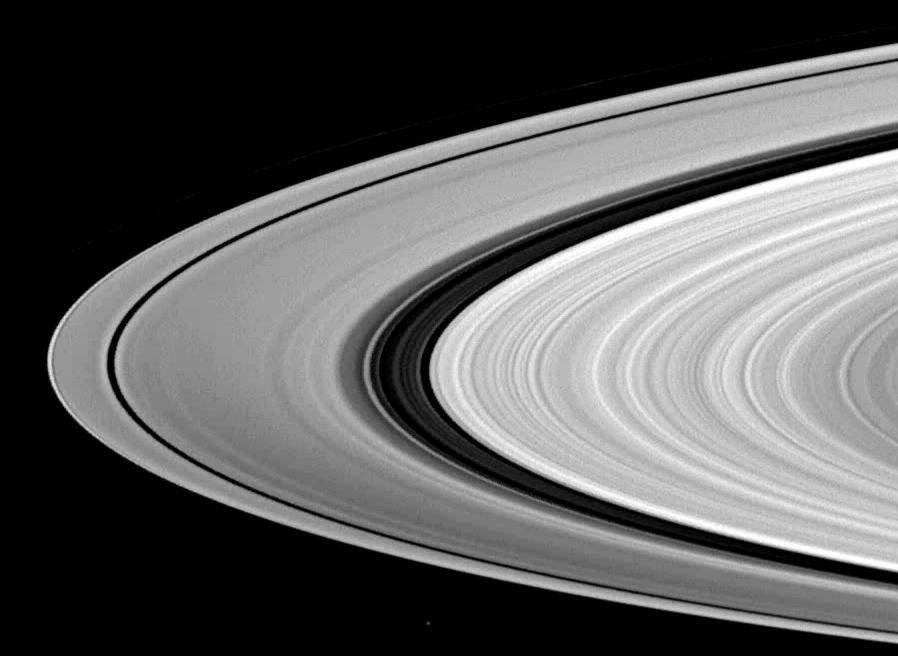
## Io

Volcanes activos

Mareas jovianas







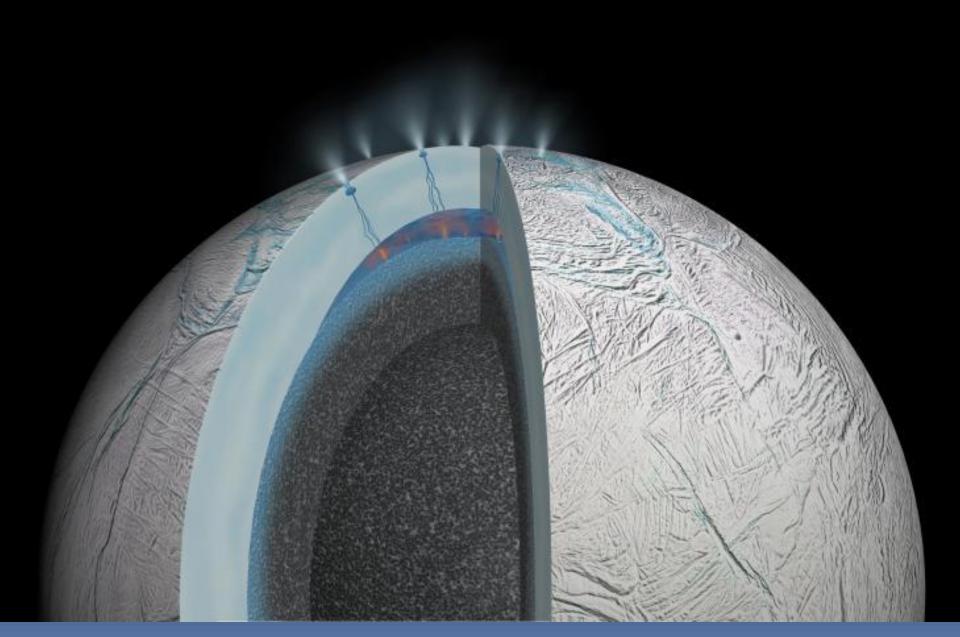
## Encelado



# Encelado

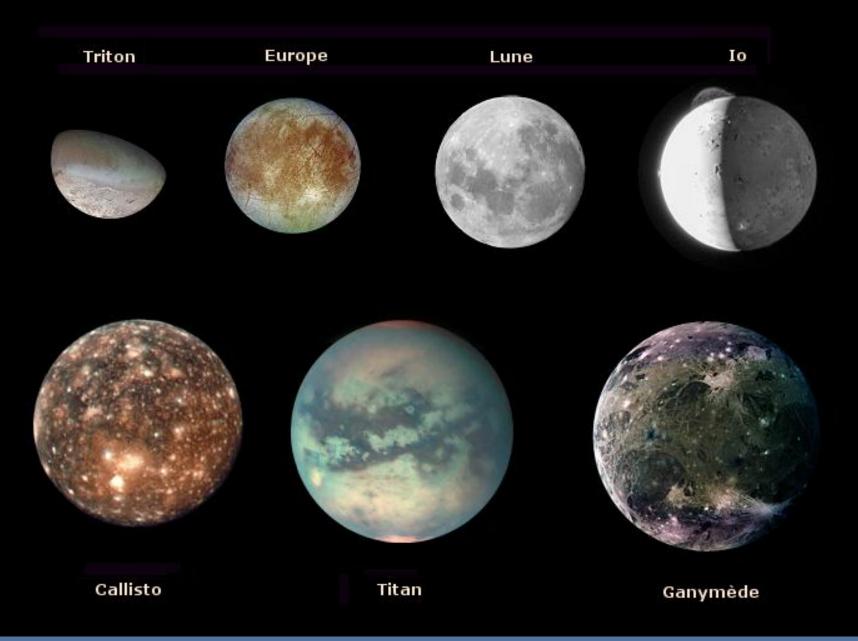


# Encelado





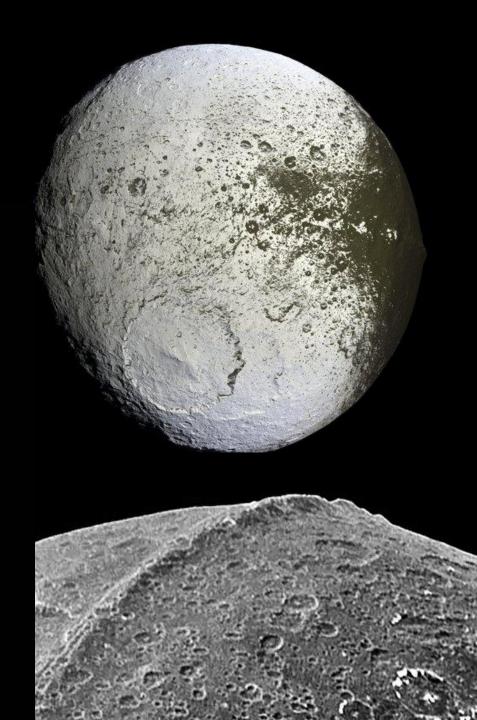
# Mayores satélites



# Iapetus

Materia orgánica



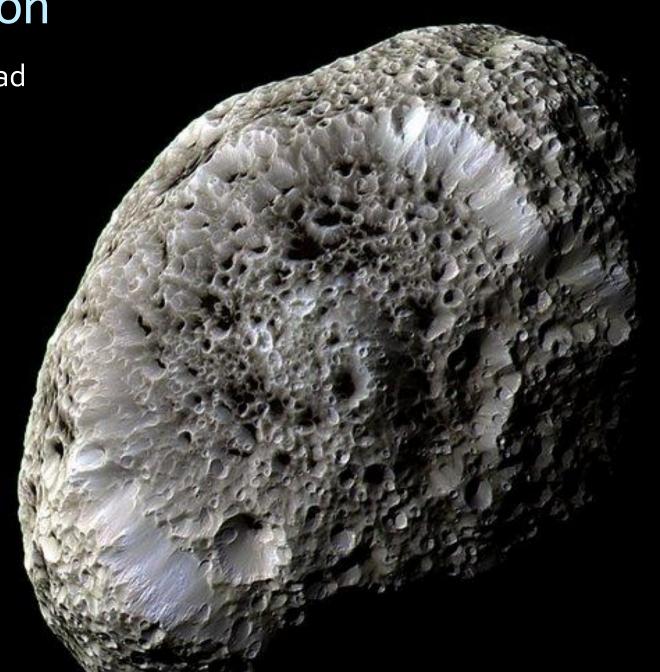


# Phoebe



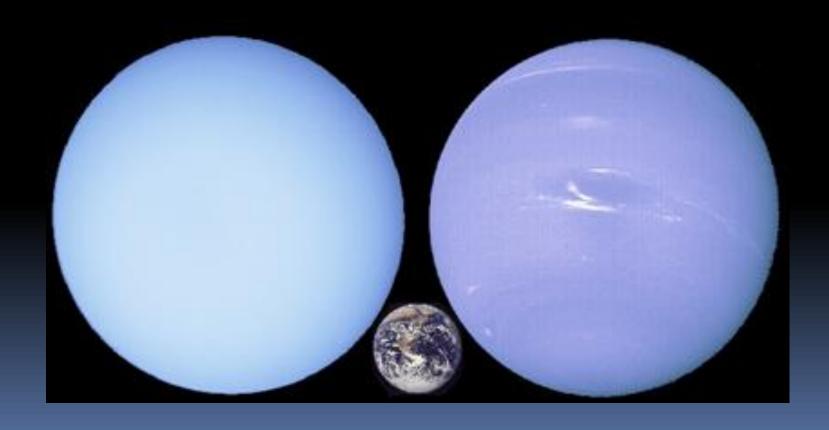
Hiperion

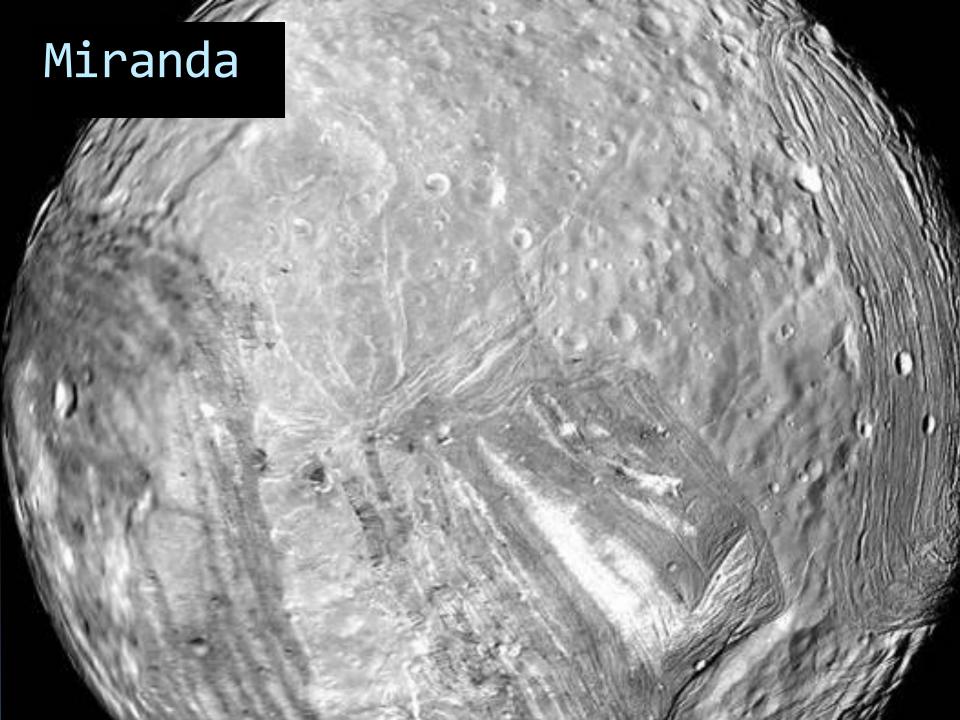
Alta porosidad



# Urano y Neptuno

CH4 + NH3 Temp: -220 C

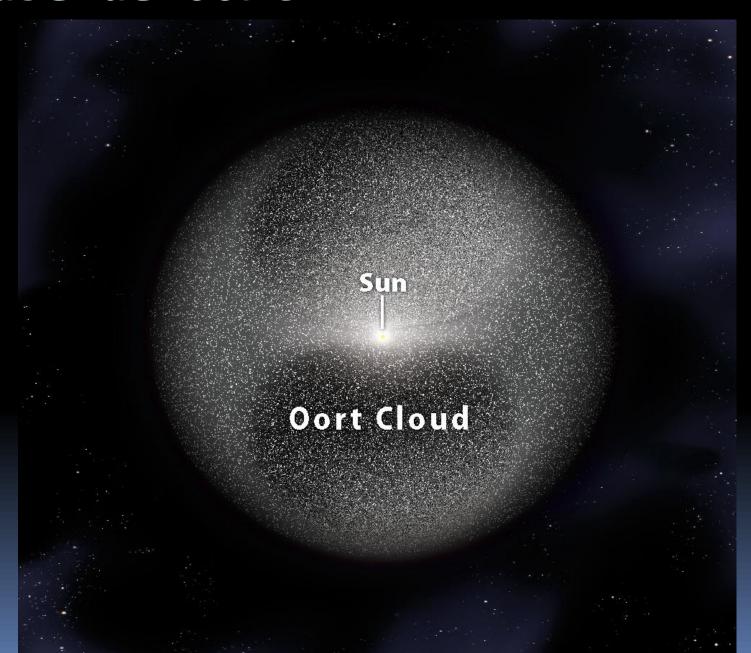




## Cinturón de Kuiper



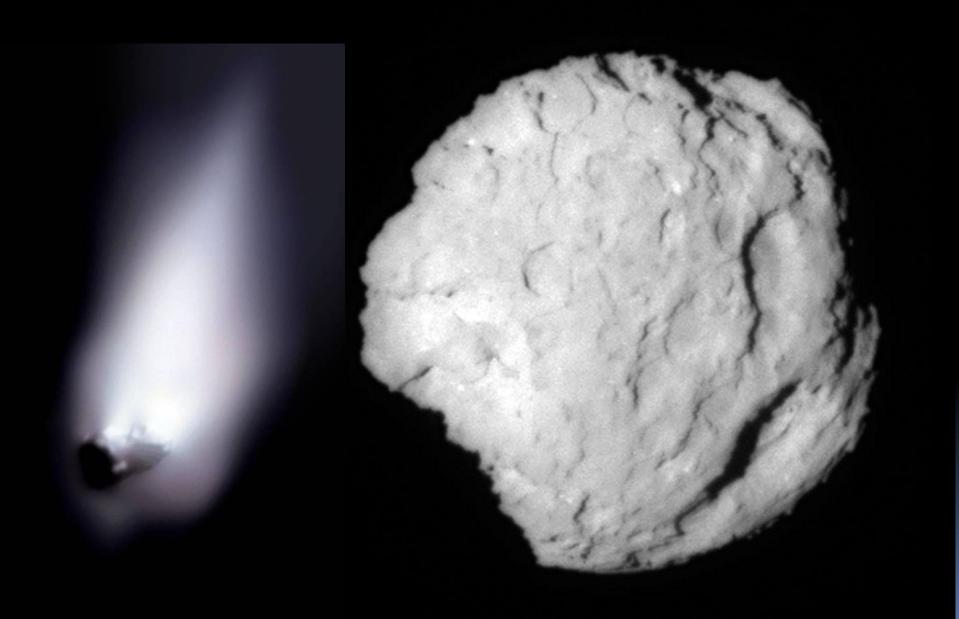
## Nube de Oort



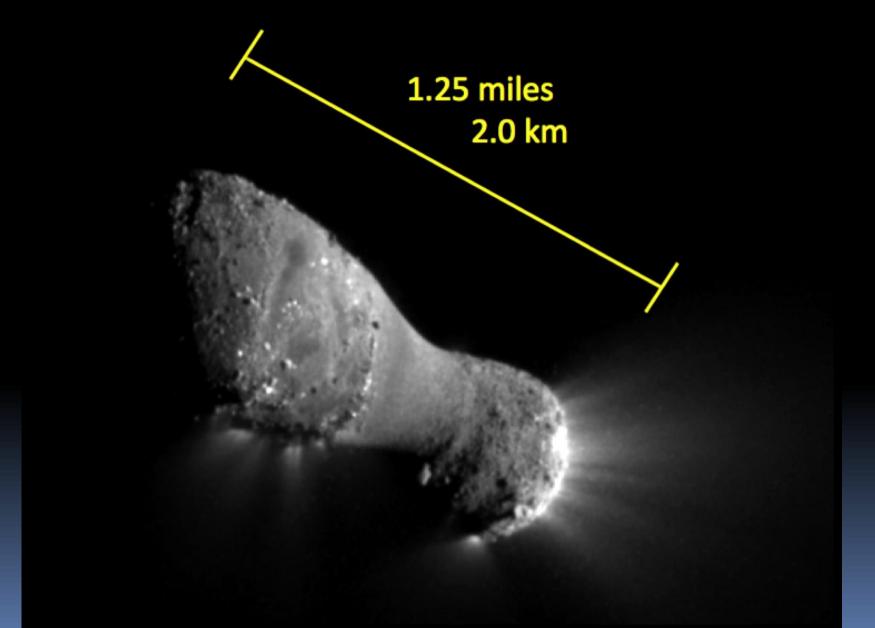
# Cometas



## Núcleo cometario

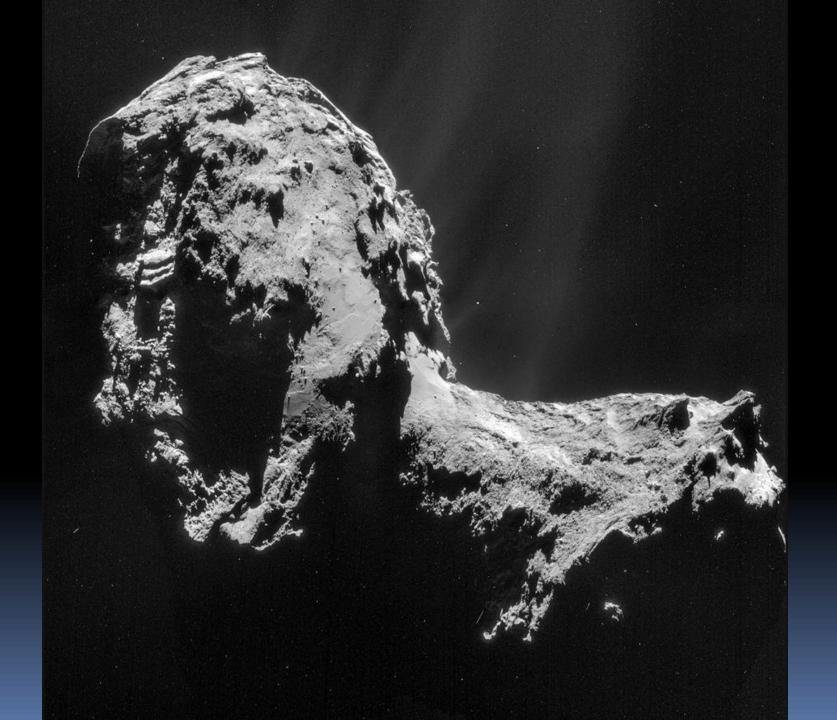


## Núcleo cometario

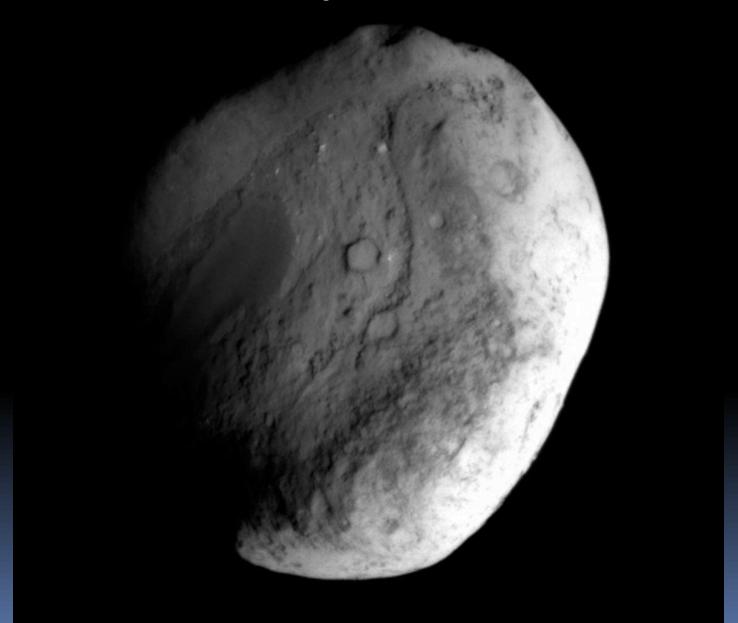


## Núcleo cometario





# Cometa Tempel 1



## Impacto

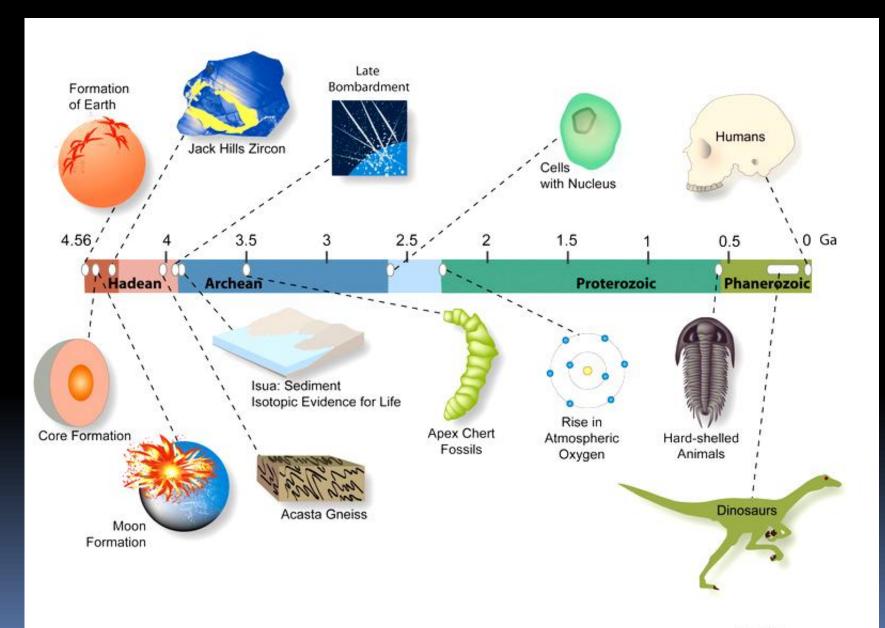
Ricos en "hielos"

-3.863 s

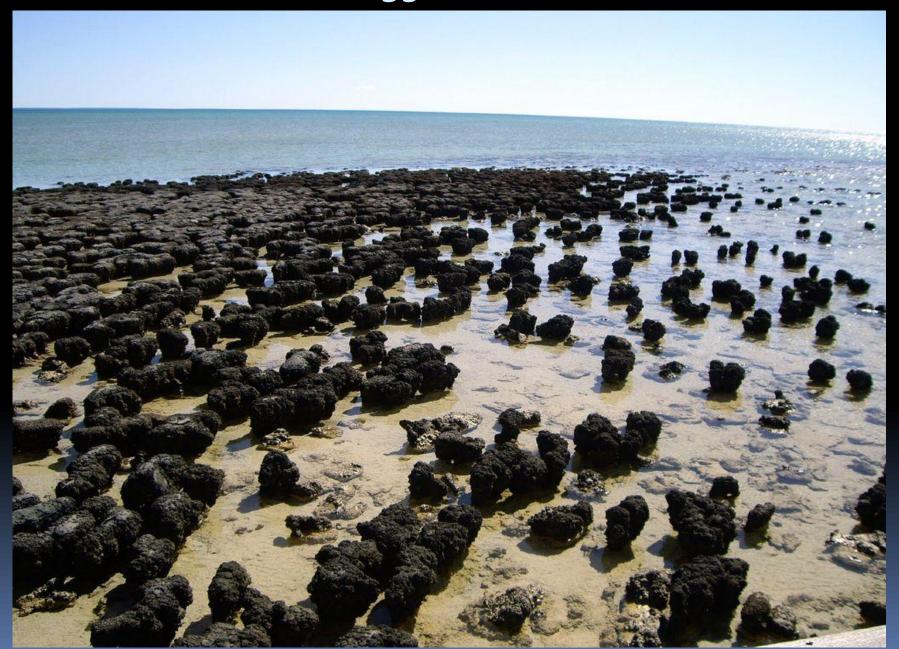
## Tierra Bola de Nieve



#### Evolución de la Tierra



#### ESTROMATOLITOS: 3500 millones de años



#### Evolución de la Vida

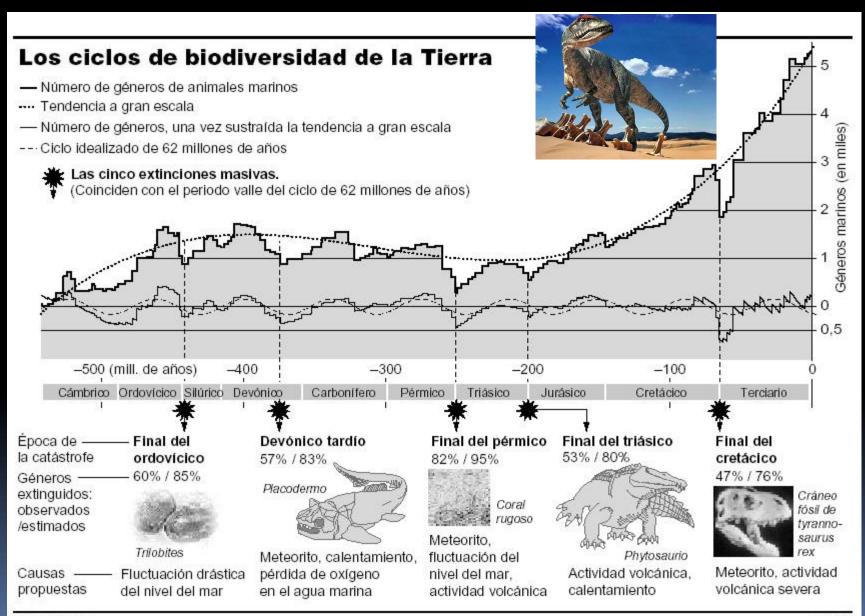
- Surgió "rápidamente"
- ¿Contribución de meteoritos?
- En los océanos (protección UV)
- Unicelulares: durante 2000 MA.
  Extraen CO<sub>2</sub> y liberan oxígeno

## OXIGENO: energía y protección UV

#### Evolución de la Vida

- Pluricelulares y mezcla de ADN: en los últimos 1200 MA
- Colonización de la superficie: hace 500 MA
- Animales que se alimentan de plantas
- Animales que se alimentan de animales
- Cerebro: coordinación de información

#### Extinciones masivas



Fuente: Nature.

#### Frecuencia de impactos actual

- Asteroide de 1km cada 1 millón de años
- Catástrofe regional
- "Invierno nuclear" durante algunos meses

#### La vida en el Universo

- La vida parece surgir rápidamente
- Pero evoluciona MUY lentamente al inicio
- Una civilización inteligente demora en surgir
- ¿cuántas deberían existir hoy en condiciones de comunicarse?

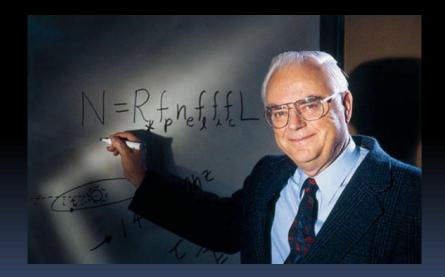
Ecuación de Drake

#### Ecuación de Drake

$$N = N_{planetas} \times f_{vida} \times f_{civilizacion} \times f_{ahora}$$

$$N = 10^{12} \times 0.1 \times 0.1 \times 100/10.000.000.000$$

N ~ 100 (???)

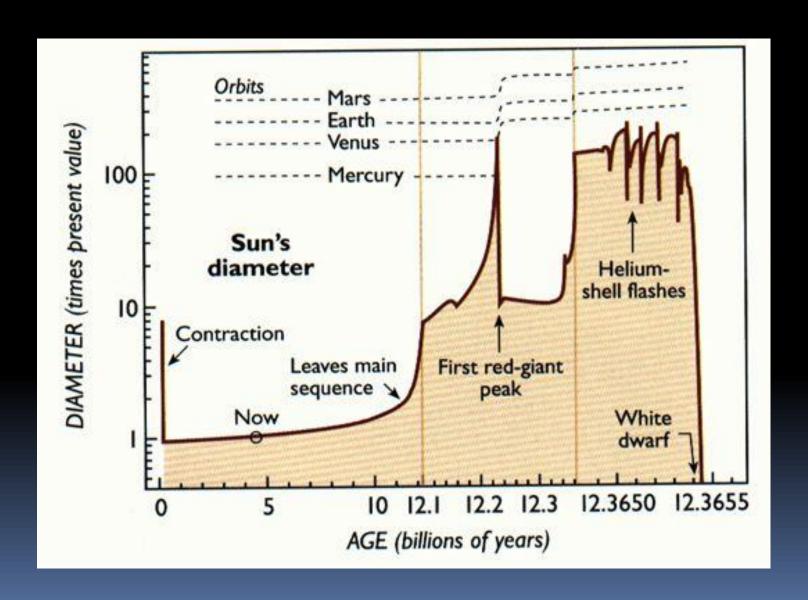


¿Por qué aún no las encontramos?

SETI: Search Extra-Terrestrial Intelligence



#### Futuro del Sol



#### Resumen



Complejidad creciente

# ¡Muchas Gracias!