

# Sistema Solar: los Planetas y sus Lunas

Ernesto Nicola

*Curso de Iniciación a la Astronomía 2022, 1er trimestre*

Palma de Mallorca, 2022-02-10



# Contenido de la charla

## 1 Características Generales del Sistema Solar

- Características
- Formación
- Estructuras Internas
- Atmósferas

## 2 Planetas Rocosos

- Mercurio
- Venus
- Tierra
- Marte

## 3 Planetas Gaseosos

- Júpiter
- Saturno

## 4 Planetas Helados

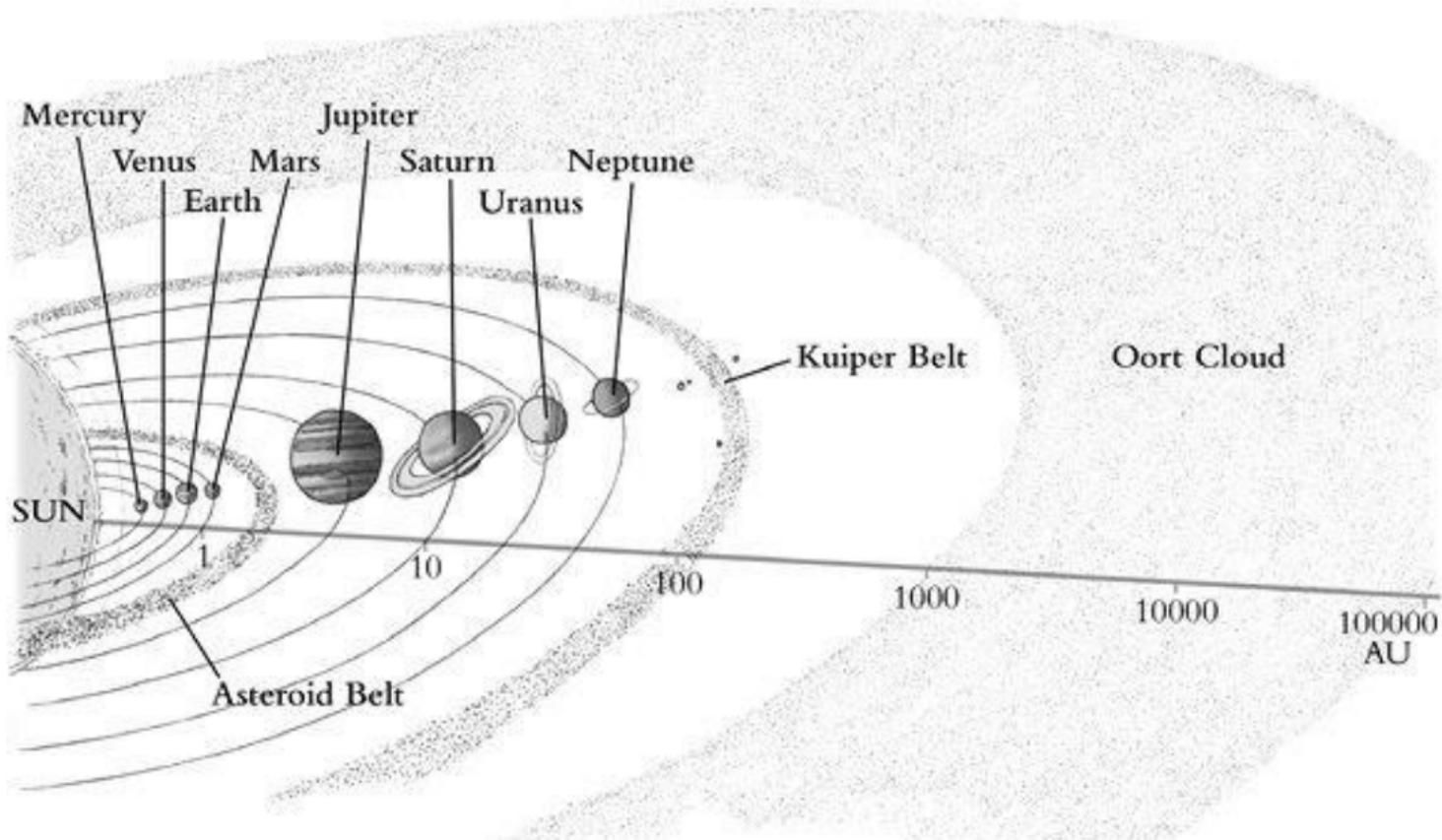
- Urano y Neptuno

# 1. Características Generales del Sistema Solar

# 1. Características Generales del Sistema Solar

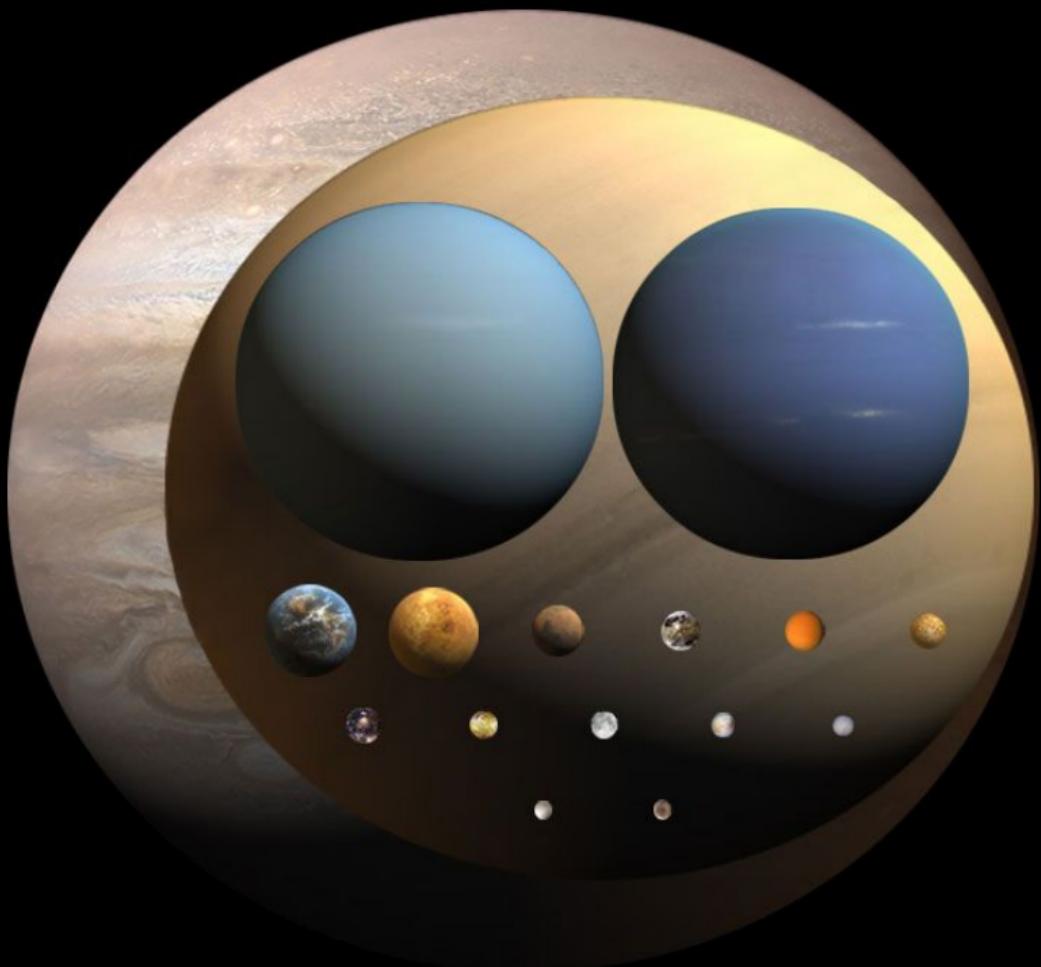
Características de los Planetas

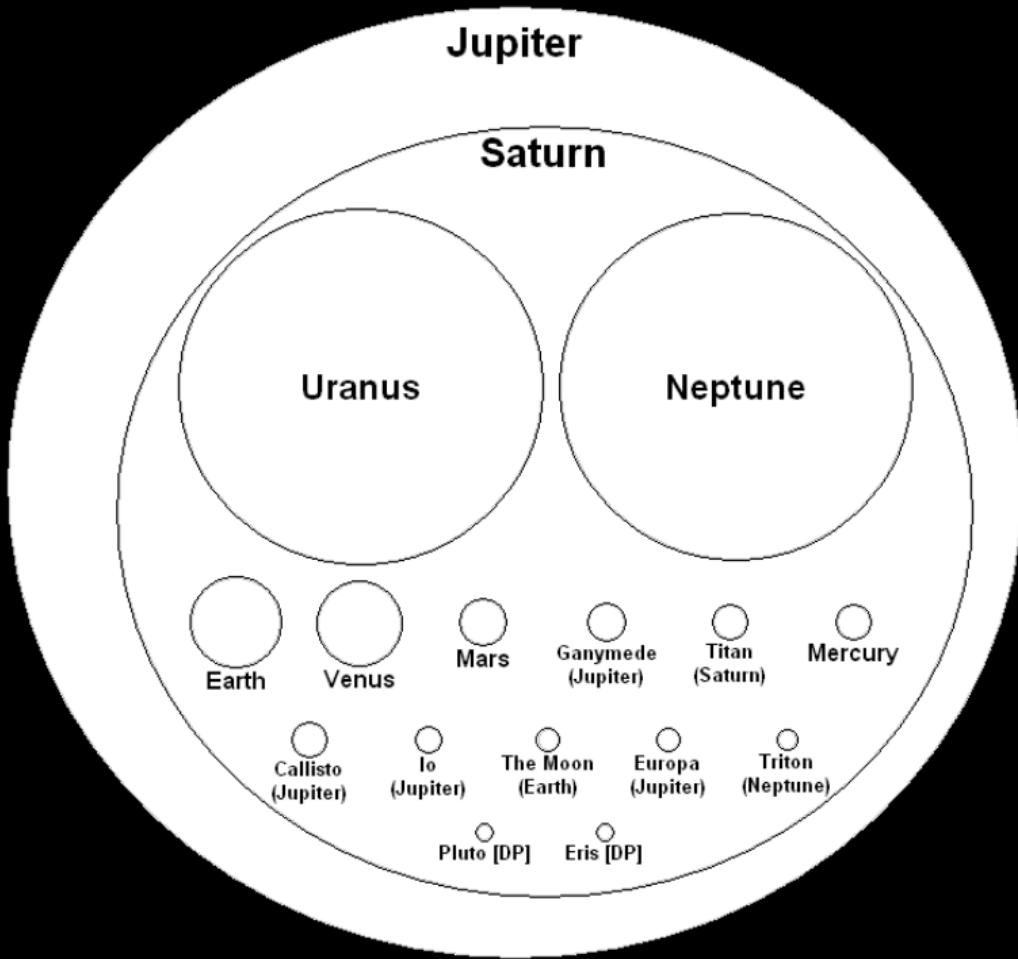
# Estructura general del Sistema Solar



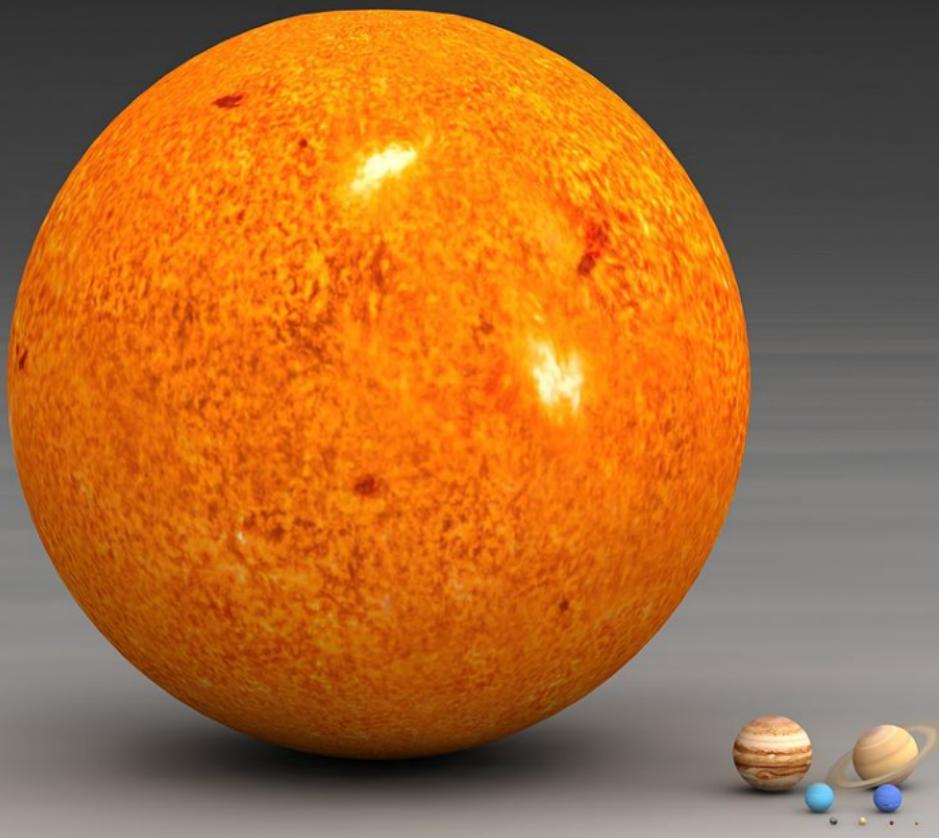
# Estructura general del Sistema Solar

- ① Una estrella en el centro: el **Sol**
- ② Varios **planetas** orbitando al Sol en el mismo plano
  - Planetas interiores: son rocosos y relativamente pequeños (Mercurio, Venus, Tierra y Marte)
  - Planetas exteriores: son gaseosos o helados y grandes (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno)
  - Muchos planetas poseen satélites naturales: lunas
- ③ Muchísimos **asteroides** que también orbitan al Sol
  - Están ubicados fundamentalmente el *Cinturón de asteroides*, entre los planetas interiores y los exteriores)
- ④ Una enorme cantidad de **cometas helados y otros objetos de composición similar**
  - Están fundamentalmente en el *Cinturón de Kuiper* y la *Nube de Oort*

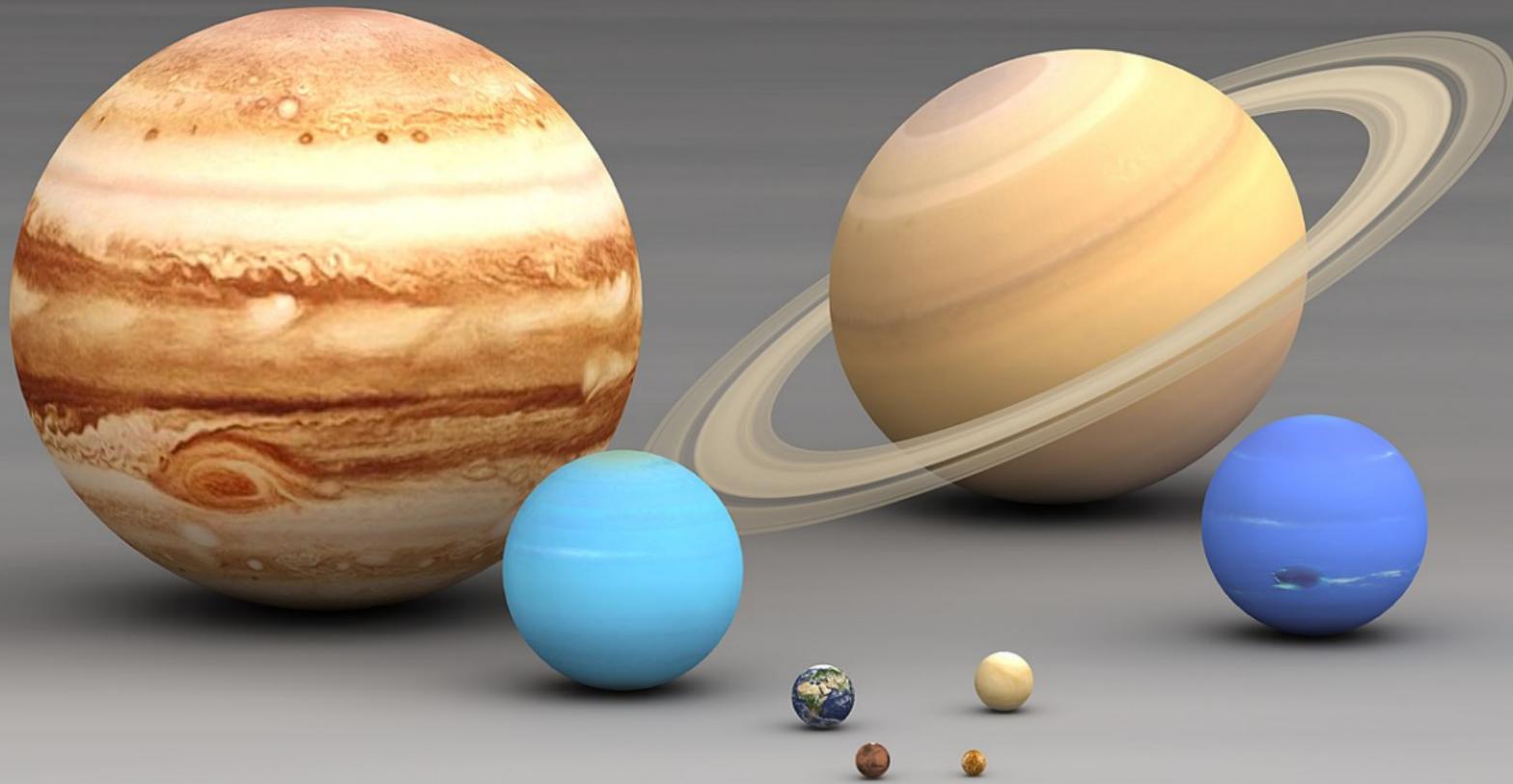




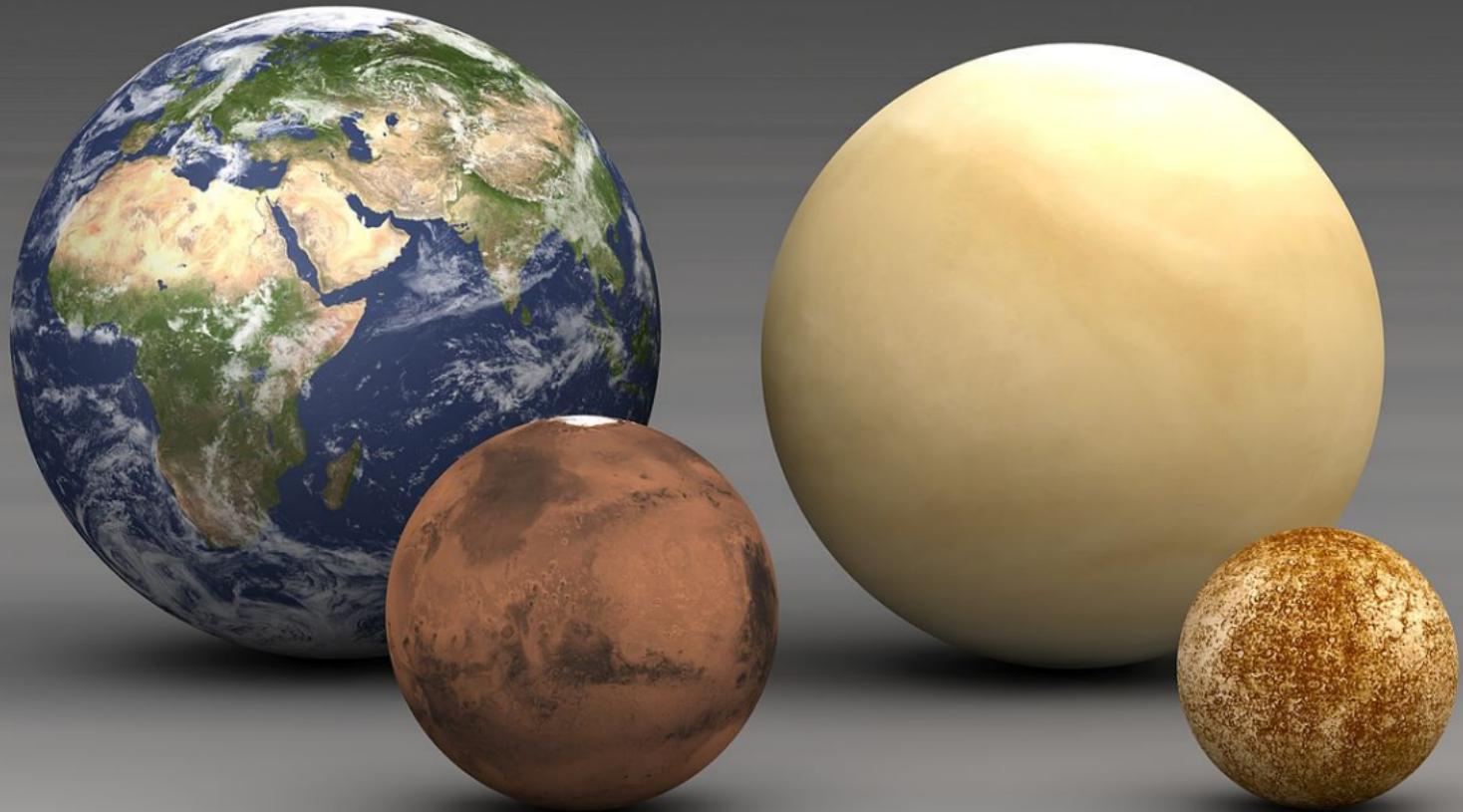
# El Sistema Solar a escala: el Sol y los Planetas



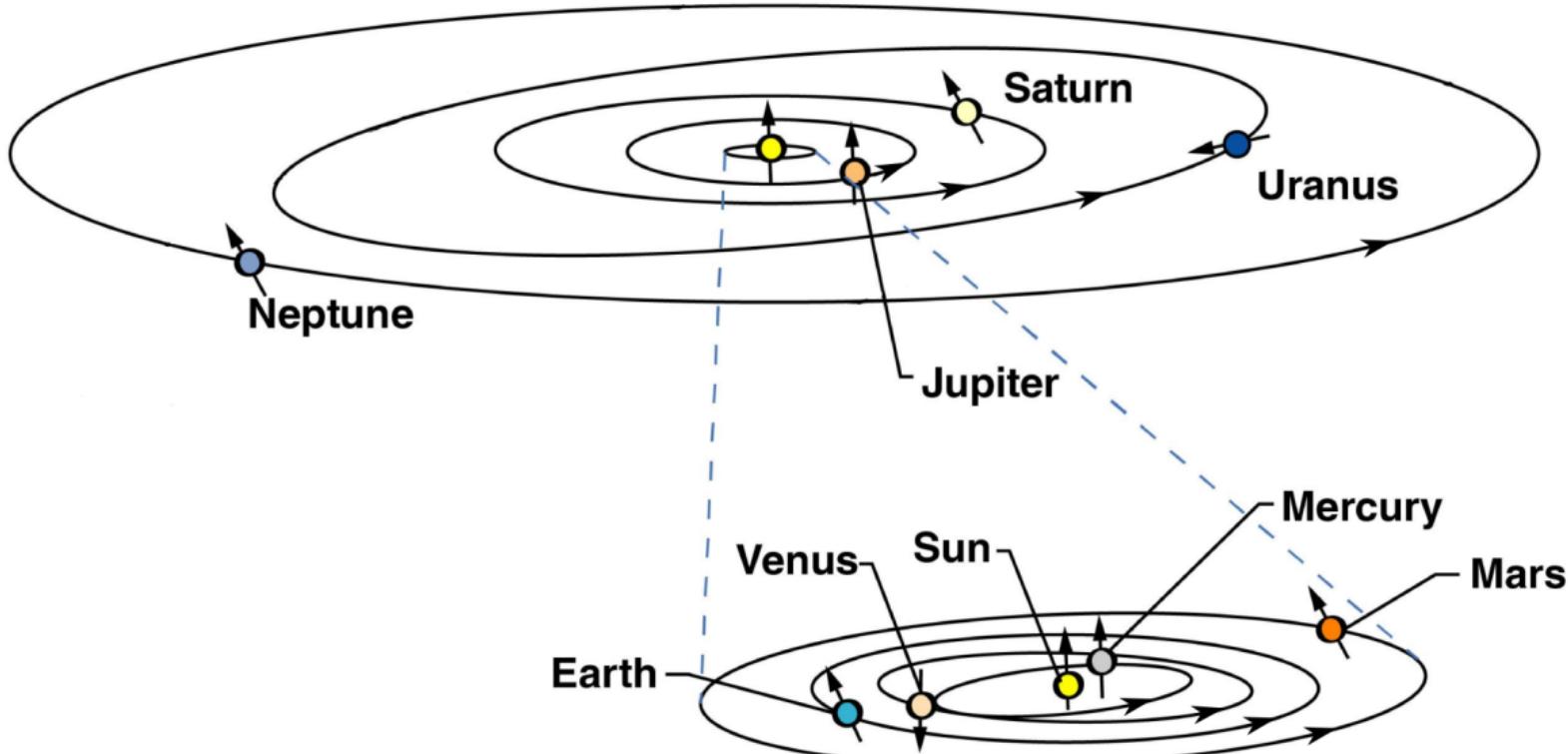
# El Sistema Solar a escala: los Planetas



# El Sistema Solar a escala: los Planetas Rocosos

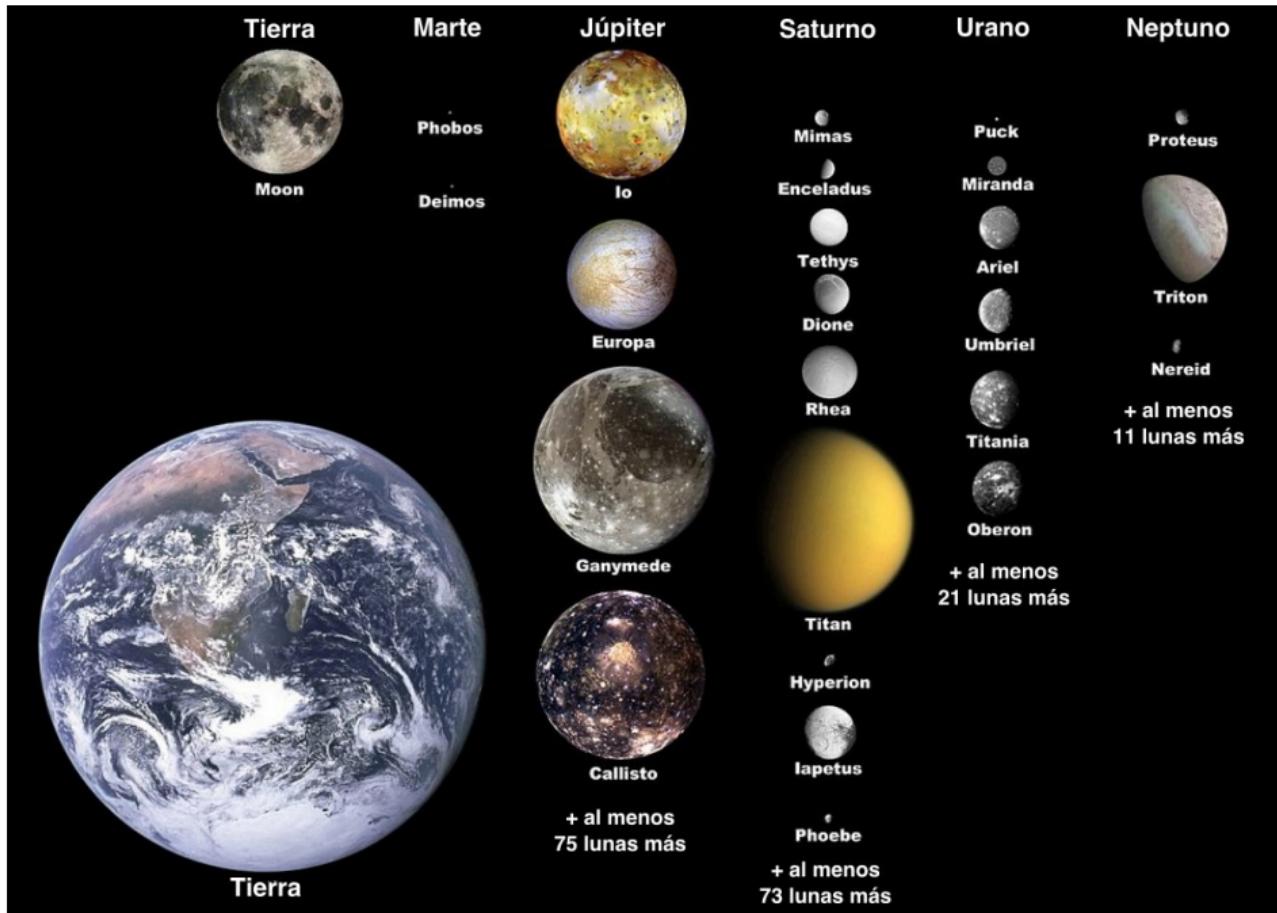


# Órbitas Planetarias



- Todos los planetas orbitan al Sol en el mismo plano y en la misma dirección: anti-horaria (llamado "movimiento prógrado")

# Los Planetas y sus Lunas

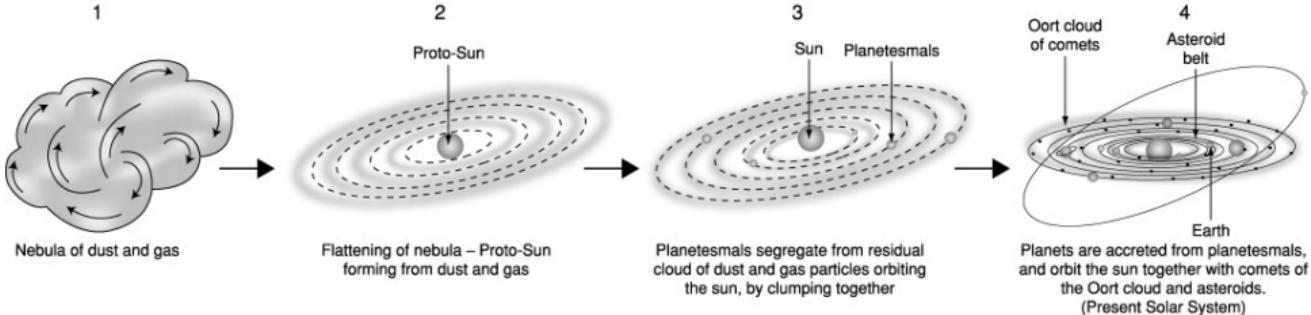


# 1. Características Generales del Sistema Solar

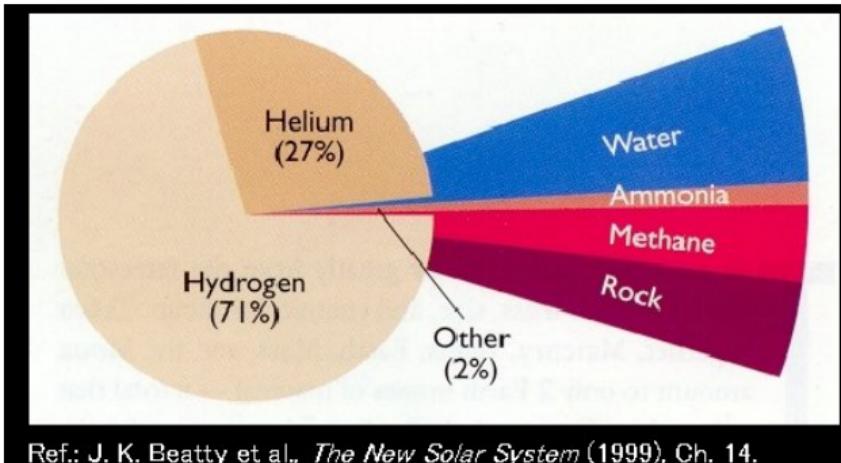
Formación de los Planetas

# Formación de los Planetas: Nebulosa Solar

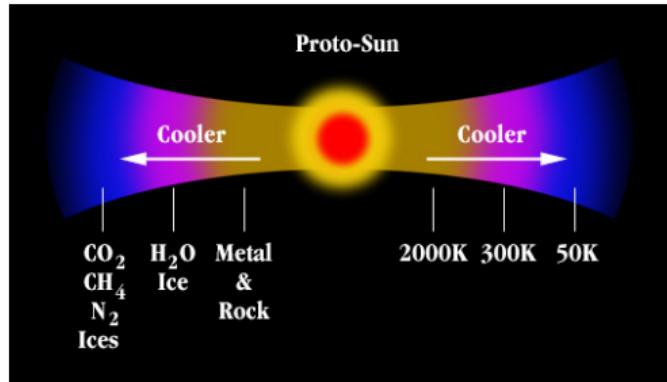
Nebulosa Solar → Disco Proto-Solar → Sistema Solar:



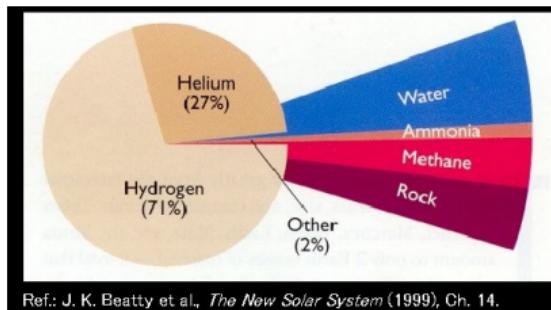
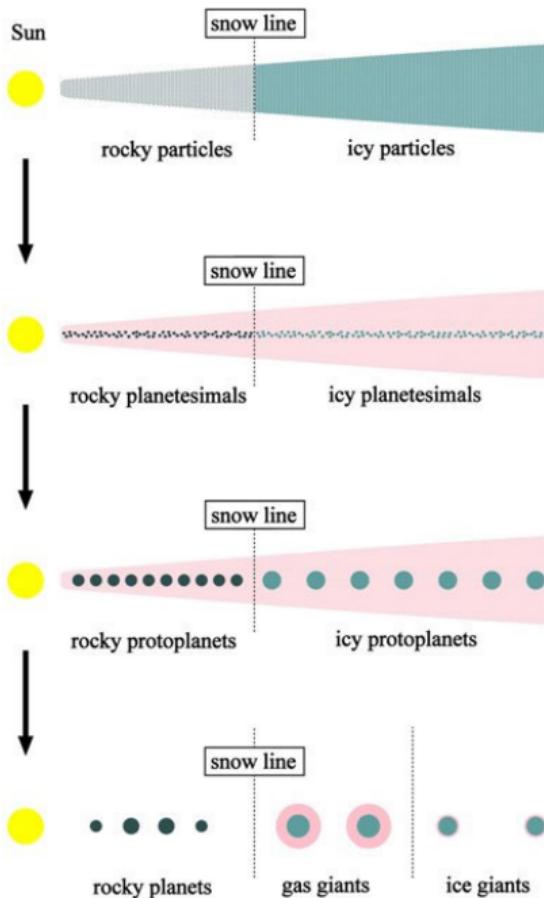
Composición de la Nebulosa Solar:



Disco Proto-solar:



# Formación de los Planetas: Características Planetarias



La formación planetaria depende de la distancia al Sol:

- Por dentro de la línea de hielo se forman planetas rocosos (compuestos predominantemente de silicatos y también de metales (Hierro y Níquel))
- Por fuera de la línea de hielo se forman planetas gaseosos. Típicamente contienen núcleos rocosos o metálicos. Estos planetas están formados mayormente de Hidrógeno y un poco de Helio.
- Objetos pequeños compuestos de hielos se formaron más allá de Neptuno pero muchos de ellos fueron desplazados al exterior del sistema solar (nube de Oort)

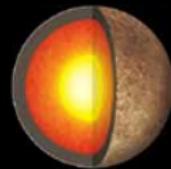
# 1. Características Generales del Sistema Solar

Estructura Interna de los Planetas

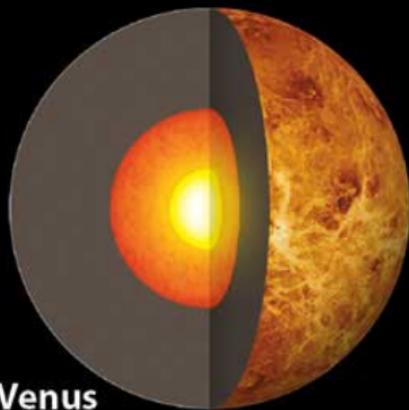
# Estructura Interna: Planetas Rocosos

## Inner planet interiors

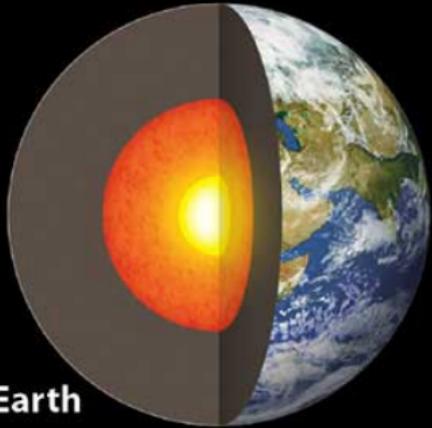
- Solid inner core
- Liquid outer core
- Mantle



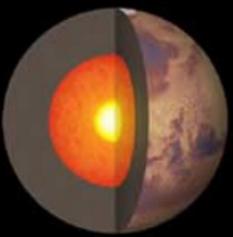
Mercury



Venus



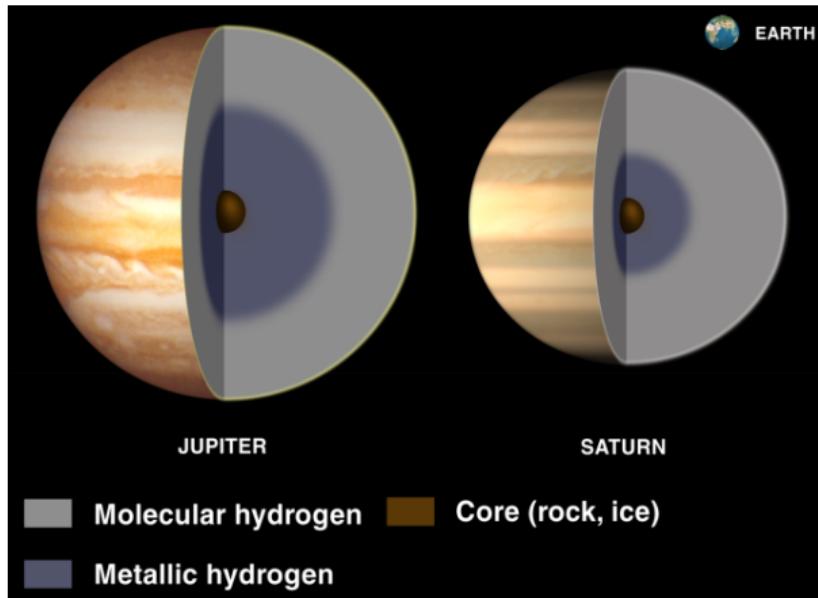
Earth



Mars

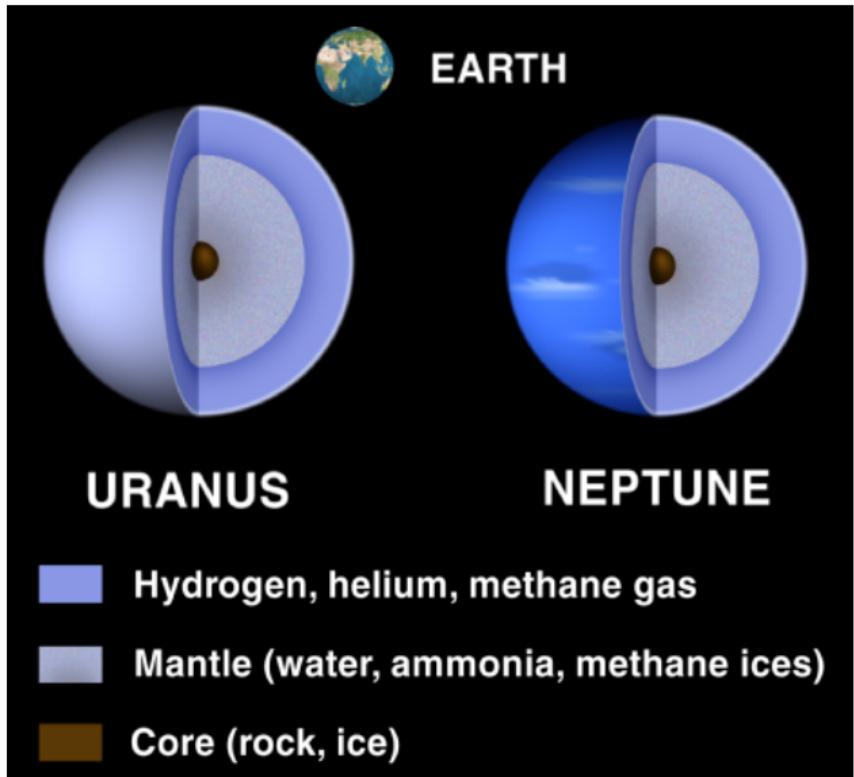
- Todos planetas rocosos tienen en su interior un núcleo metálico cubierto por una capa de rocas (compuesto mayormente de silicatos; forman el manto y la corteza)

# Estructura interna: Planetas Gaseosos (Júpiter y Saturno)



- Los planetas gaseosos también poseen un núcleo metálico/rocoso en su interior.
- Las "atmósferas" de Júpiter y Saturno tienen una composición similar
  - El principal elemento que las compone es el Hidrógeno, seguido del Helio.
  - La capa más externa está compuesta de Hidrógeno y Helio en **estado gaseoso**
  - En la capa más interna las presiones son tan altas que el Hidrógeno no solo se transforma en líquido/sólido sino que además sus electrones se separan del núcleo conformando **Hidrógeno metálico**.

# Estructura interna: Planetas Helados (Urano y Neptuno)

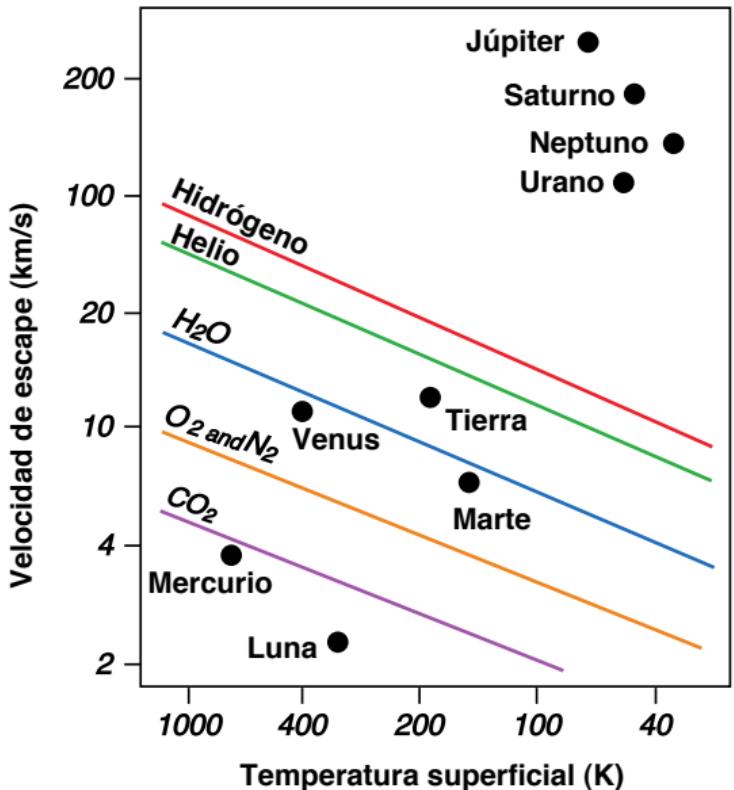


- Los planetas helados también poseen un núcleo metálico/rocoso en su interior.
- Los principales elementos que componen los planetas helados son (en términos de masa): Metano y Agua (más Amoníaco, Hidrógeno y Helio)
  - Atmósfera: La capa más externa de los planetas helados es gaseosa y está compuesta de Hidrógeno, seguido del Helio y Metano
  - Manto: La capa más interna está compuesta por hielos de Metano, Amoníaco y Agua.

# 1. Características Generales del Sistema Solar

Atmósferas de los Planetas

# Las Atmósferas de los Planetas



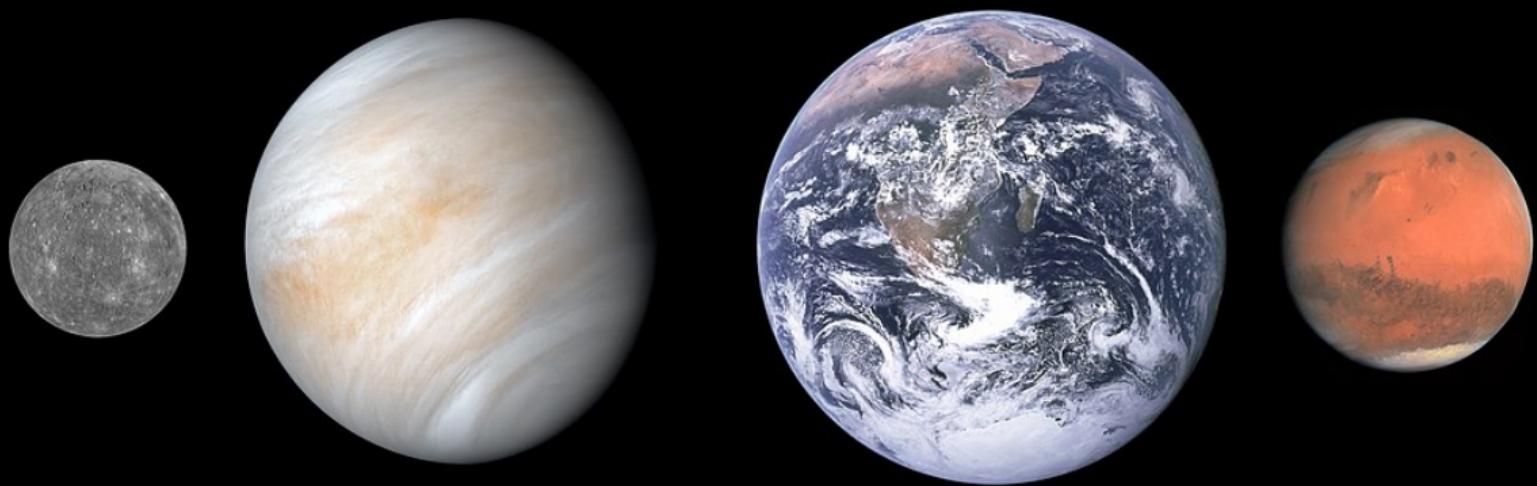
Si un planeta está por debajo de la línea de escape, entonces ese elemento escapará de la atmósfera

Planet	Surface Pressure (earth = 1)
Mercury	$10^{-15}$
Venus	100
Earth	1.0
Mars	0.01
Moon	$10^{-15}$

- **Todos los planetas tienen algún tipo de atmósfera.** En algunos casos (en Mercurio y la Luna) es muy tenue y en otros (en los planetas gigantes) es enorme
- Las atmósferas de los planetas gaseosos están compuestas mayormente de Hidrógeno y en menor medida de Helio (el primer y segundo elemento más abundante en el Universo)

## 2. Planetas Rocosos

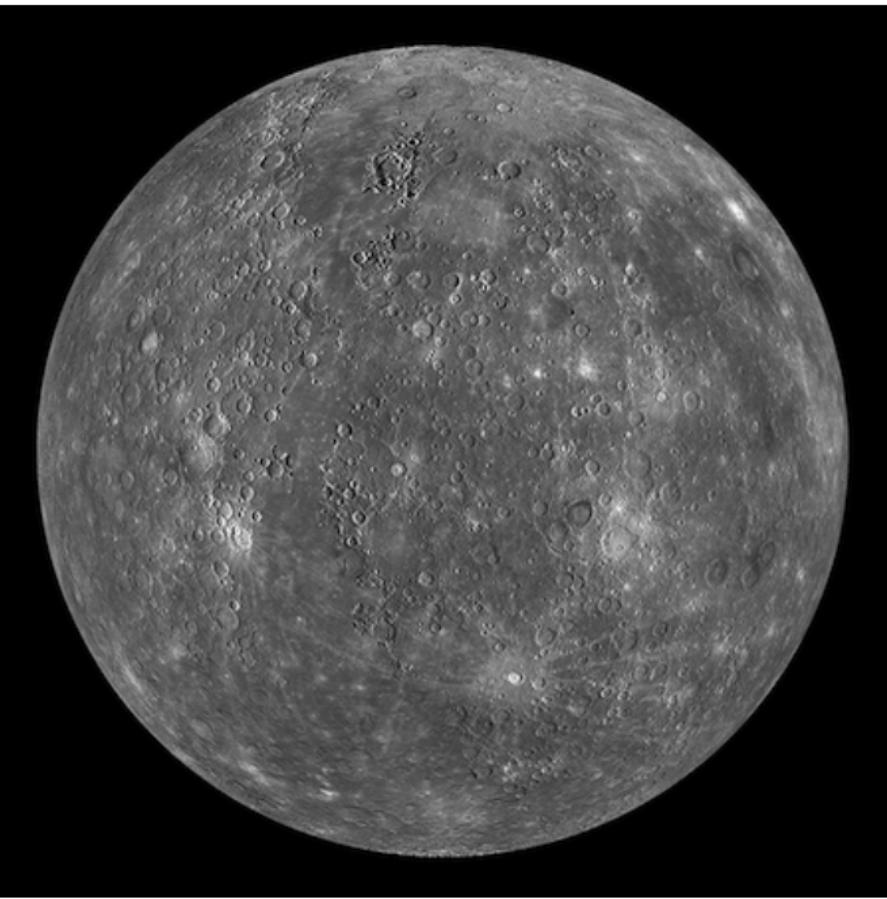
# Los Planetas Rocosos



## 2. Planetas Rocosos

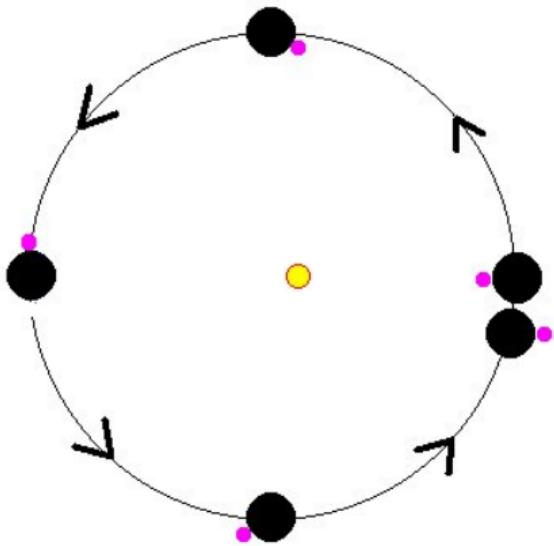
Mercurio

## Mercurio: Aspecto general



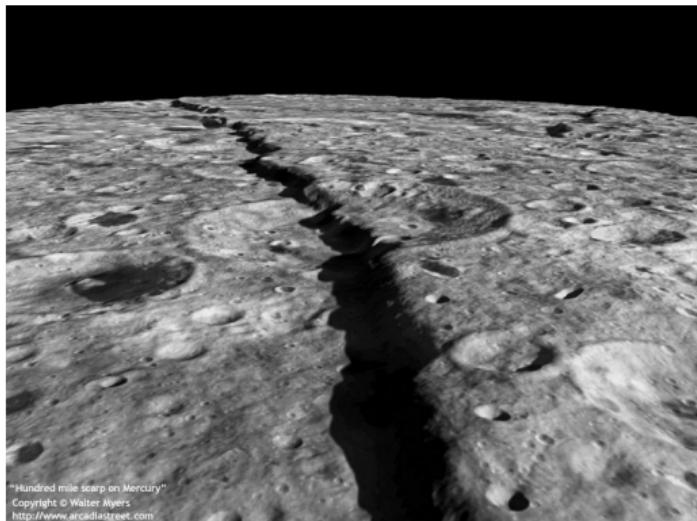
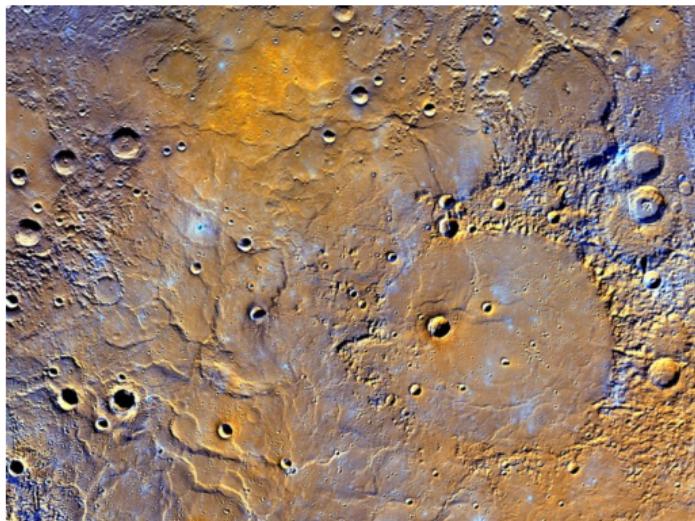
- Planeta más cercano al Sol
- Tiene un diámetro 2,6 veces menor que el de la Tierra
- Tiene una atmósfera extremadamente tenue (es más bien una "exosfera" que una atmósfera)
  - $10^{-15}$  menor que la de la Tierra
- Tiene grandes variaciones de temperatura (entre 430°C y -180°C)
- Planeta rocoso muy denso (contiene un núcleo metálico muy grande en comparación con su tamaño total)
- La superficie Mercurio tiene un aspecto muy similar a la Luna

# Mercurio: Órbita y Rotación



- Tiene una órbita más elíptica que las del resto de los planetas
- Períodos de Rotación y Revolución acoplados en un ratio 2:3
  - i.e. por cada 2 revoluciones de Mercurio alrededor del Sol, rota 3 veces sobre su eje).
  - Período orbital: 3 meses terrestres (= "año" en mercurio)
  - "Día" en Mercurio: 6 meses (una "noche" dura en mercurio 3 meses) terrestres

# La superficie de Mercurio

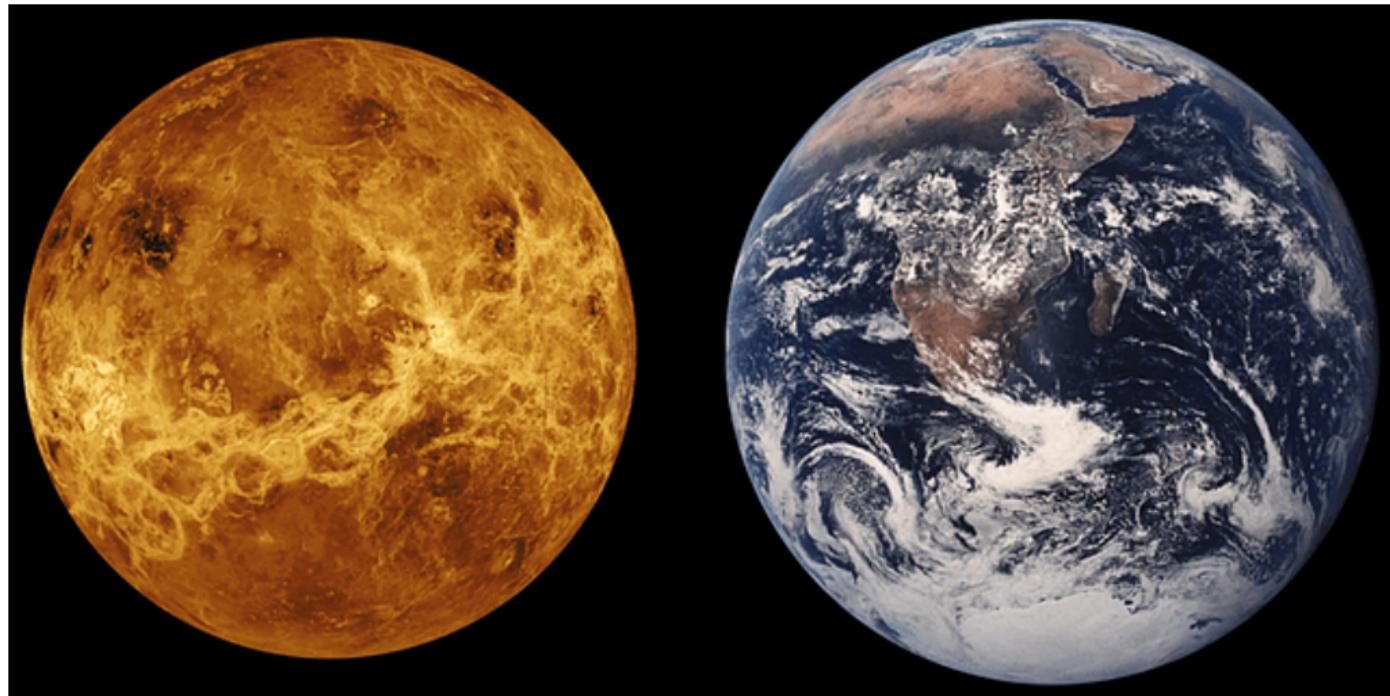


- Está cubierto de cráteres de impacto (que ocurrieron poco después de la formación del sistema solar)
- Hay grandes planicies que sugieren extensas inundaciones de lava en el pasado
- Tiene numerosas líneas escarpadas, llamadas escarpes, que se extienden varios miles de kilómetros a lo largo del planeta (probablemente se formaron al enfriarse y contraerse la corteza).
- Algunos cráteres cerca de las zonas polares contienen hielo de agua

## 2. Planetas Rocosos

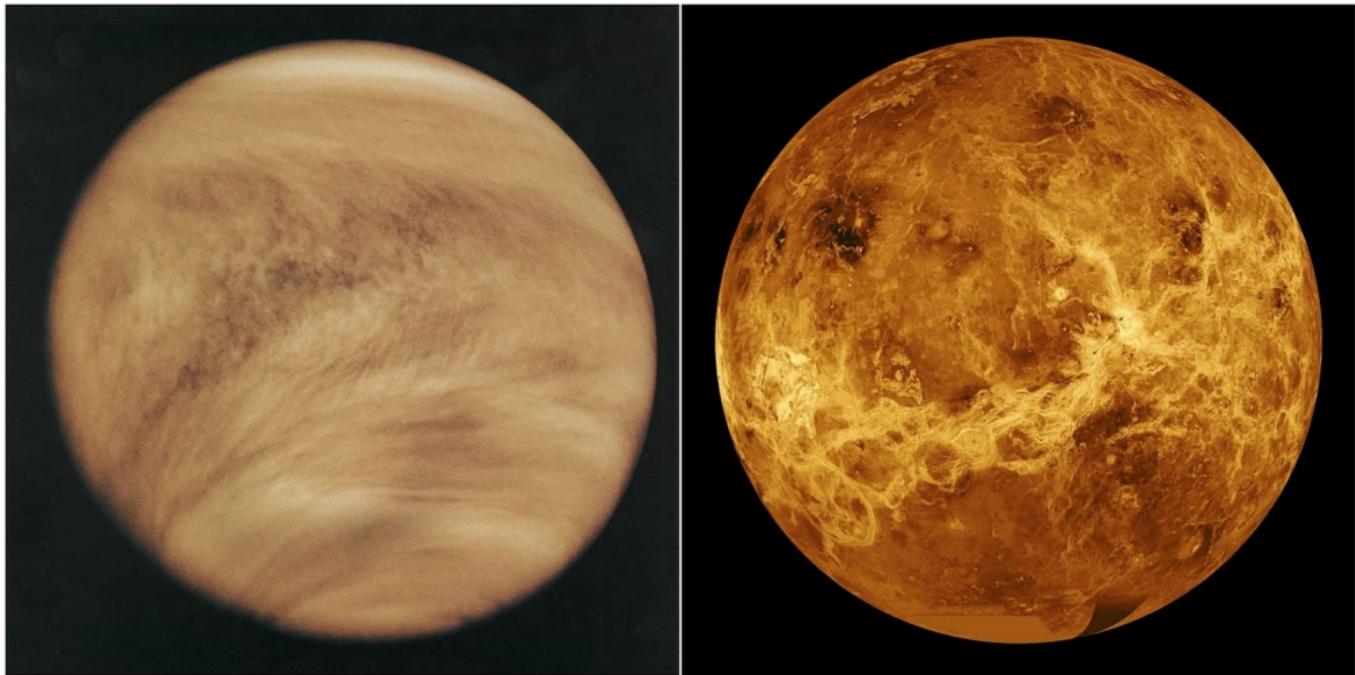
Venus

## CTamaño de Venus



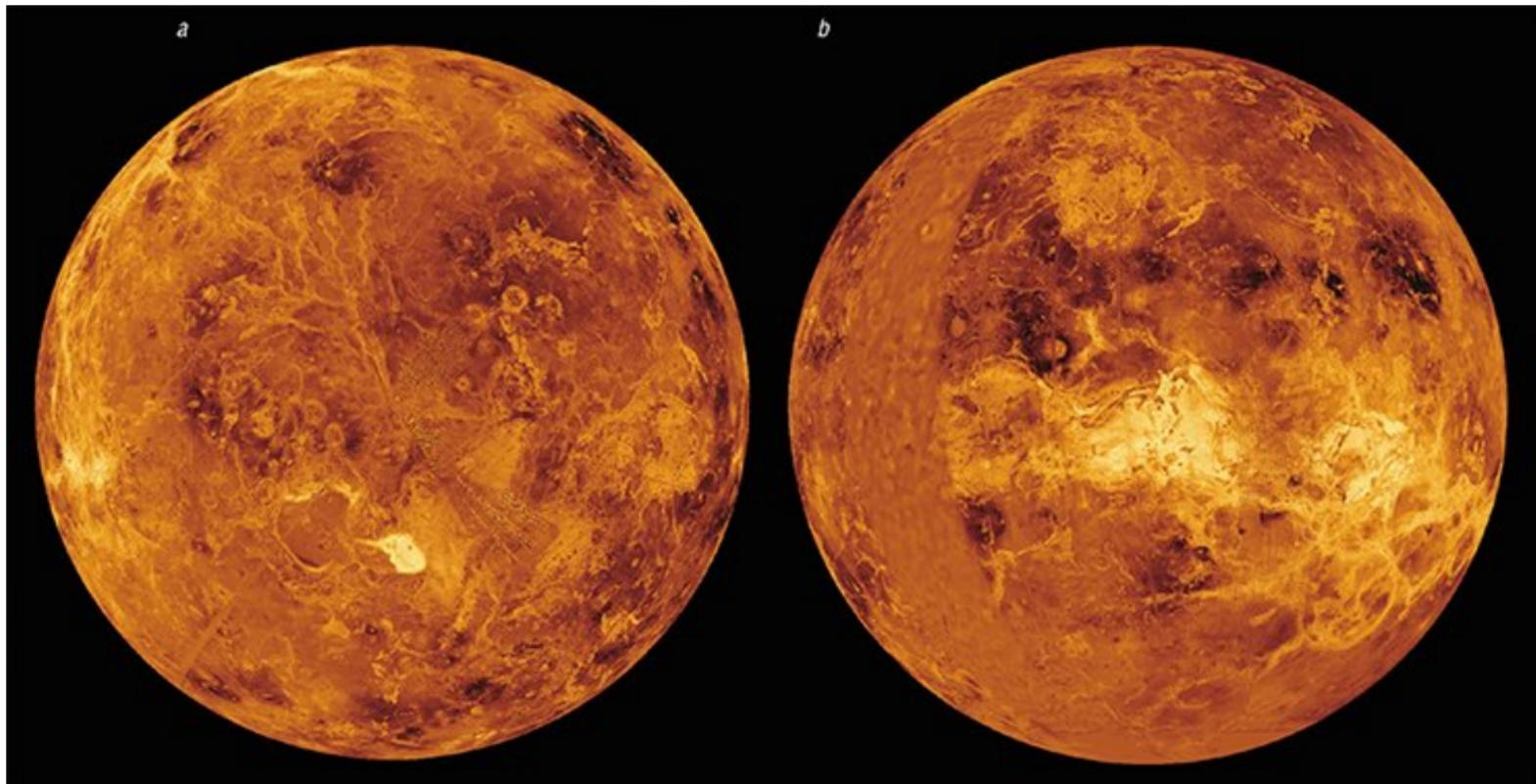
- Venus tiene aproximadamente el mismo tamaño que la Tierra (su diámetro es el 95% del de la Tierra)
- Venus es el planeta mas caliente del sistema solar debido a su gran efecto invernadero (la temperatura en su superficie puede superar los 400 °C)

# Venus y su atmósfera



- Venus tiene una atmósfera muy densa
  - Compuesta de dióxido de carbono con nubes de ácido sulfúrico
  - La presión atmosférica en su superficie es 100 veces mayor que la de la Tierra
- La atmósfera de Venus nos imposibilita ver su superficie, pero con ondas de radio y microondas se la puede estudiar

## La superficie de Venus

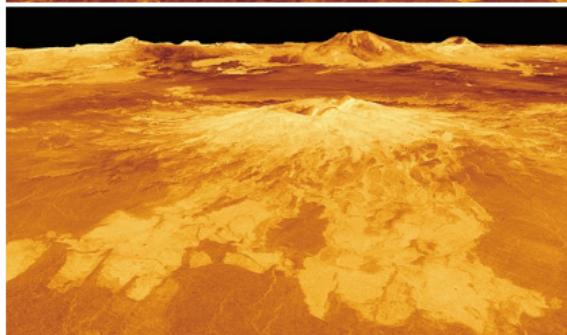
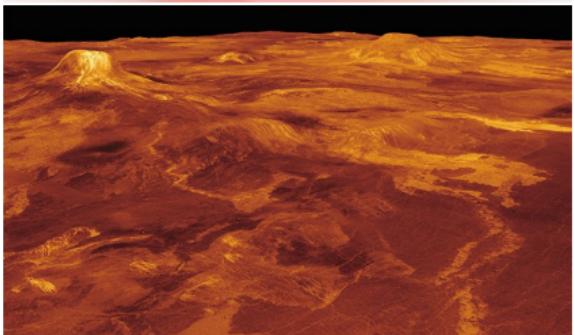
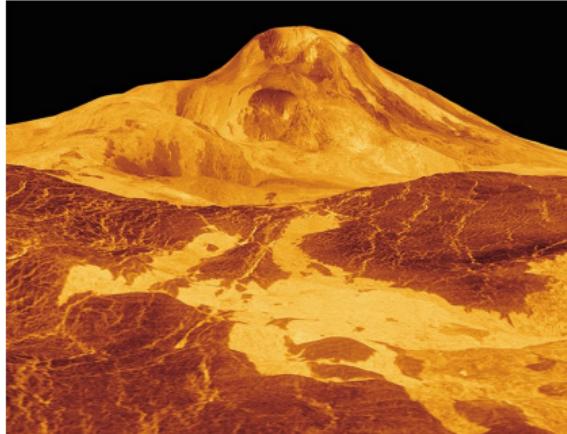


- Posee una superficie rocosa con montañas, valles y planicies con centenares de volcanes.

# El interior y la superficie de Venus

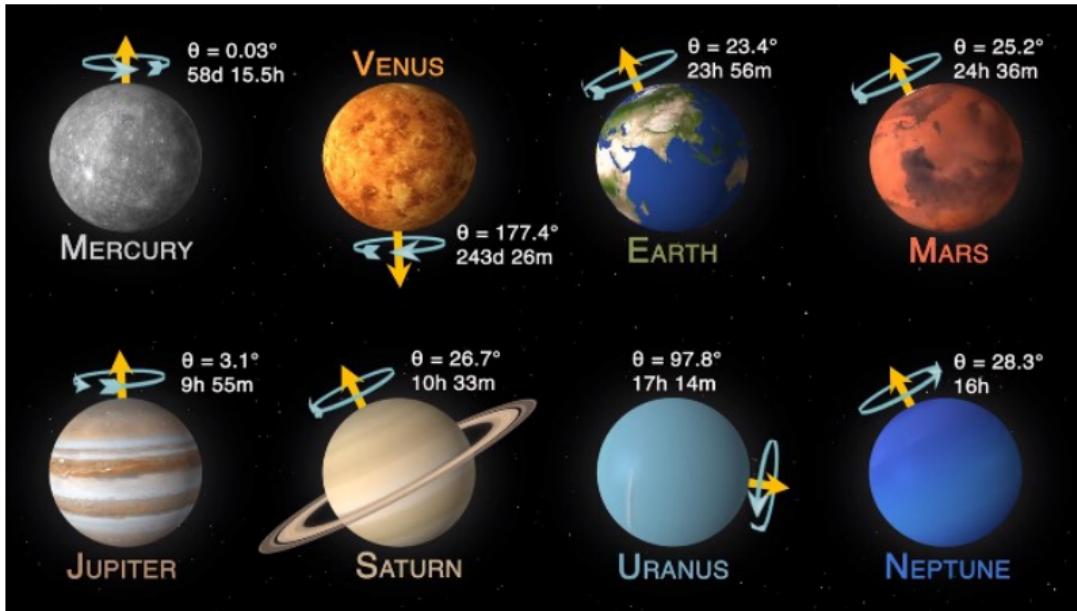


Volcán extinto Maat Mons de 8.000 m:



- Venus ha tenido una actividad volcánica enorme en el pasado y puede que todavía esté activa.

# Venus y su rotación



- Venus rota sobre su eje en dirección contraria al resto de los planetas (tiene movimiento "retrógrado").
- Probablemente un choque de Venus con otro cuerpo desvió su eje de rotación de la orientación típica del resto de los planetas (movimiento "prógrado").
- Venus rota muy lentamente; un día en venus tarda 100 días terrestres
- El período de revolución de Venus alrededor del sol es de unos 225 días terrestres.

## 2. Planetas Rocosos

Tierra

# La Tierra y su Luna



# La Tierra y su Luna



- La Luna es relativamente grande comparada con la Tierra (es solo 3,6 veces más pequeña).
  - Esto se debe a que se formó a partir de una colisión entre la proto-Tierra y otro planeta relativamente grande (Theia).
  - Del impacto nacieron la Luna y la actual Tierra, y por ello comparten muchas propiedades físicas.
- La Luna está totalmente cubierta por cráteres de impacto y por grandes planicies basálticas llamadas "maria".
- La Luna posee una atmósfera extremadamente tenue
  - $10^{-15}$  menor que la de la Tierra
- Se ha comprobado la existencia de agua en la Luna

## 2. Planetas Rocosos

Marte

# Marte



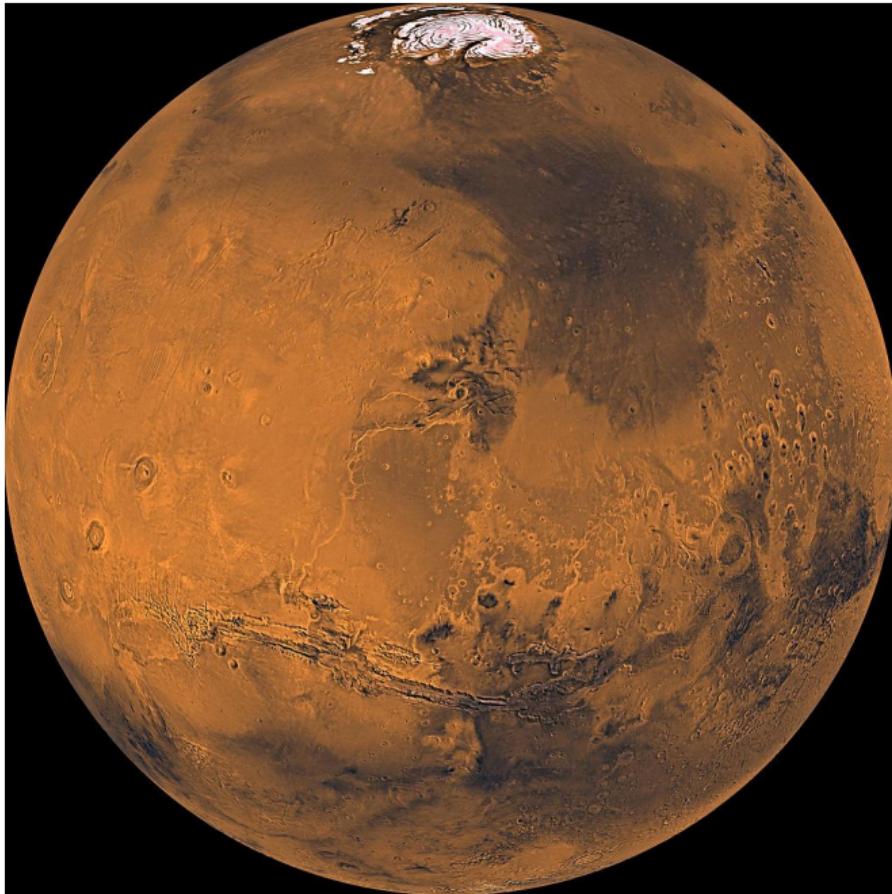
- Marte tiene casi la mitad del tamaño de la Tierra (su diámetro es 1,9 veces menor)
- Es un planeta frío, con temperaturas medias de -63 °C
- Actualmente solo tiene una tenue atmósfera
  - La presión atmosférica en su superficie es 100 veces menor que la de la Tierra (0,01 atm)
  - La atmósfera fue muy relevante en el pasado (pero la perdió debido a la extinción de su campo magnético)

# La superficie de Marte



- Su superficie está oxidada y llena de polvo

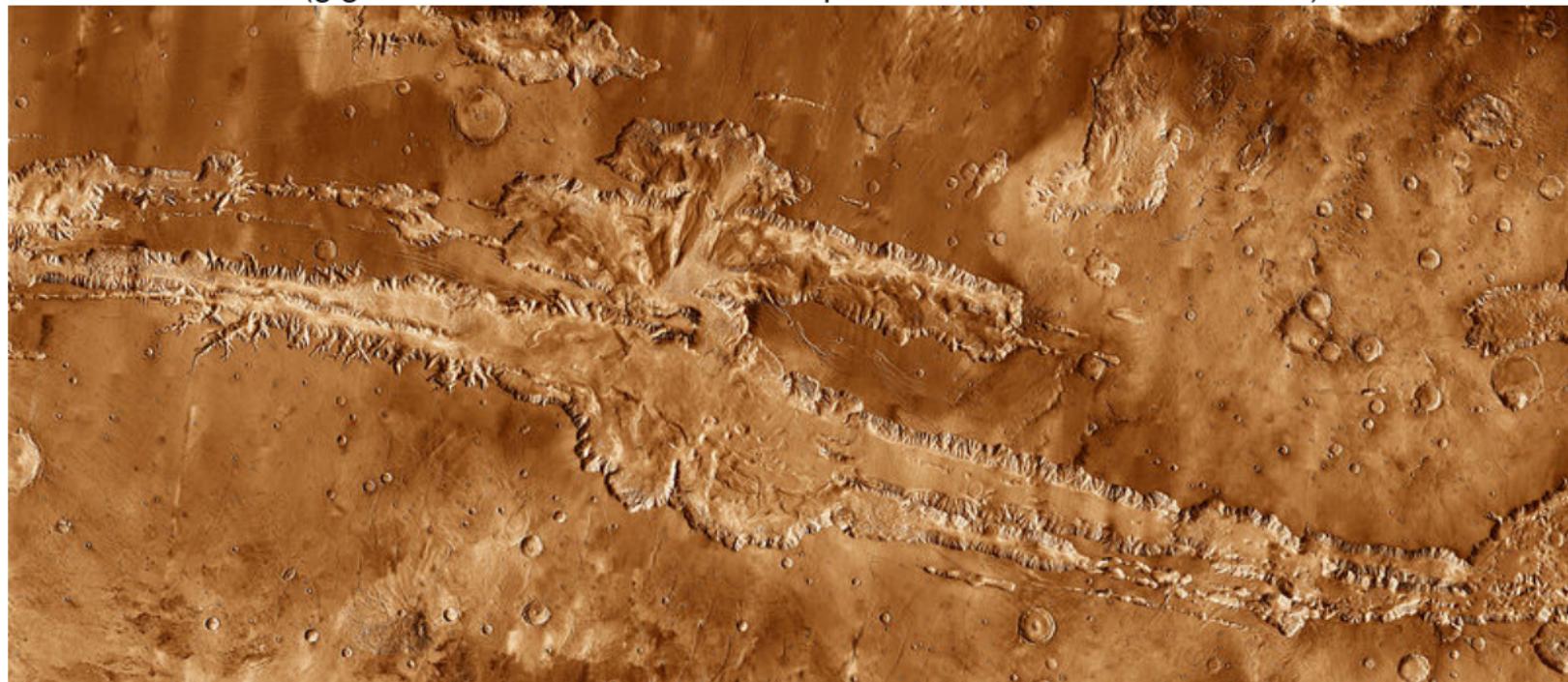
# Agua en Marte



- Marte tiene casquetes de hielo de agua en los polos
- Actualmente Marte no posee agua líquida en su superficie.
- En el pasado Marte fue más caliente y poseyó una atmósfera gruesa y grandes cantidades de agua líquida

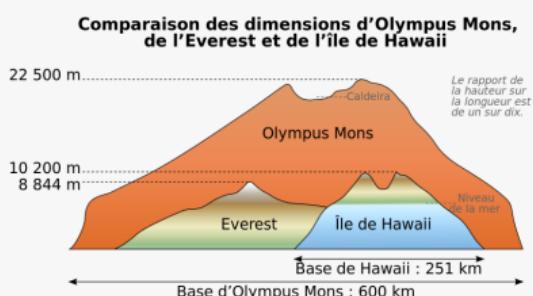
# Orografía de Marte: Valles gigantes

Valles Marineris (gigantesco sistema de cañones que recorre el ecuador de Marte):

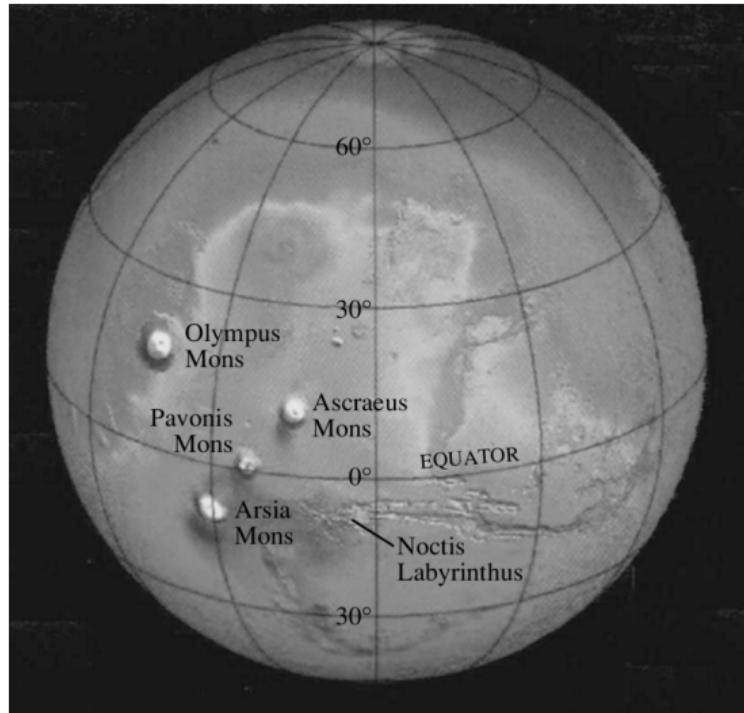


- Valles gigantes

# Orografía de Marte: Volcanes Extintos



Volcán Olympus Mons (mayor montaña y volcán conocido del sistema solar)



Tharsis Montes

# Lunas de Marte

Phobos

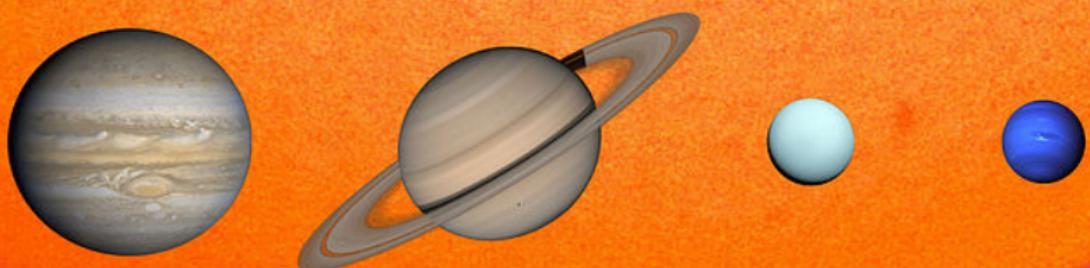


Deimos



- Marte posee dos pequeñas e irregulares lunas: Phobos ( $\sim 22\text{km}$ ) y Deimos ( $\sim 12\text{km}$ )
- Son probablemente dos asteroides capturados gravitatoriamente por Marte

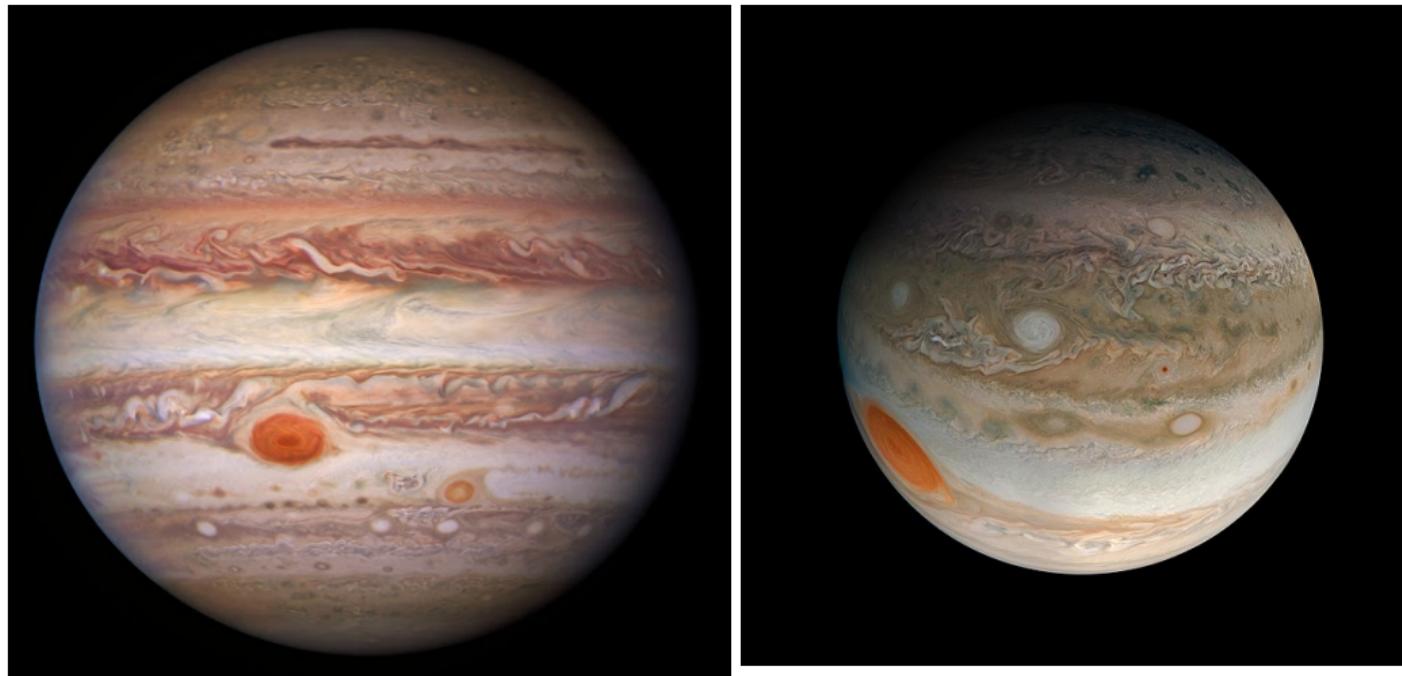
### 3. Planetas Gaseosos



### 3. Planetas Gaseosos

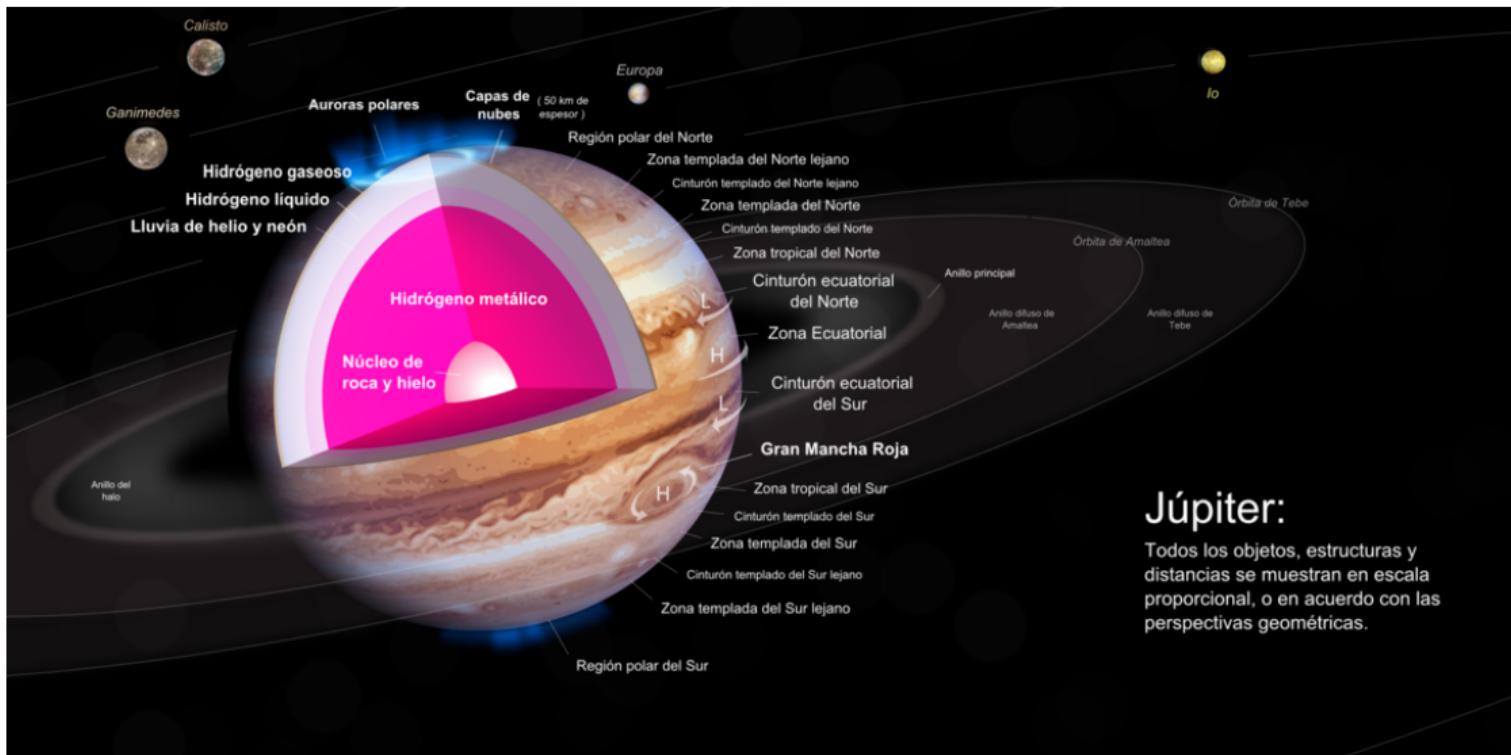
Júpiter

# Júpiter y su Atmósfera



- Júpiter es el planeta más grande del sistema solar (tiene 11 veces el diámetro de la Tierra): es un gigante gaseoso
- Tiene una atmósfera muy gruesa y muy dinámica
  - Posee bandas (oscuras) y zonas (claras)
  - Posee un huracán persistente (al menos desde hace 350 años): la Gran Mancha Roja

# El interior de Júpiter

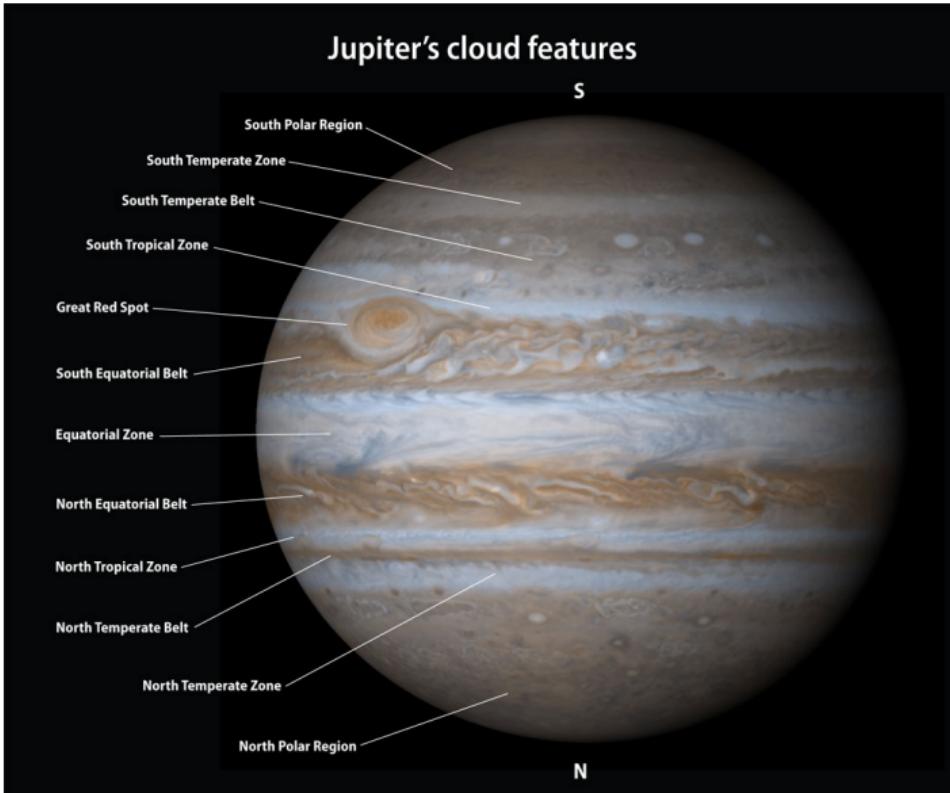


## Júpiter:

Todos los objetos, estructuras y distancias se muestran en escala proporcional, o en acuerdo con las perspectivas geométricas.

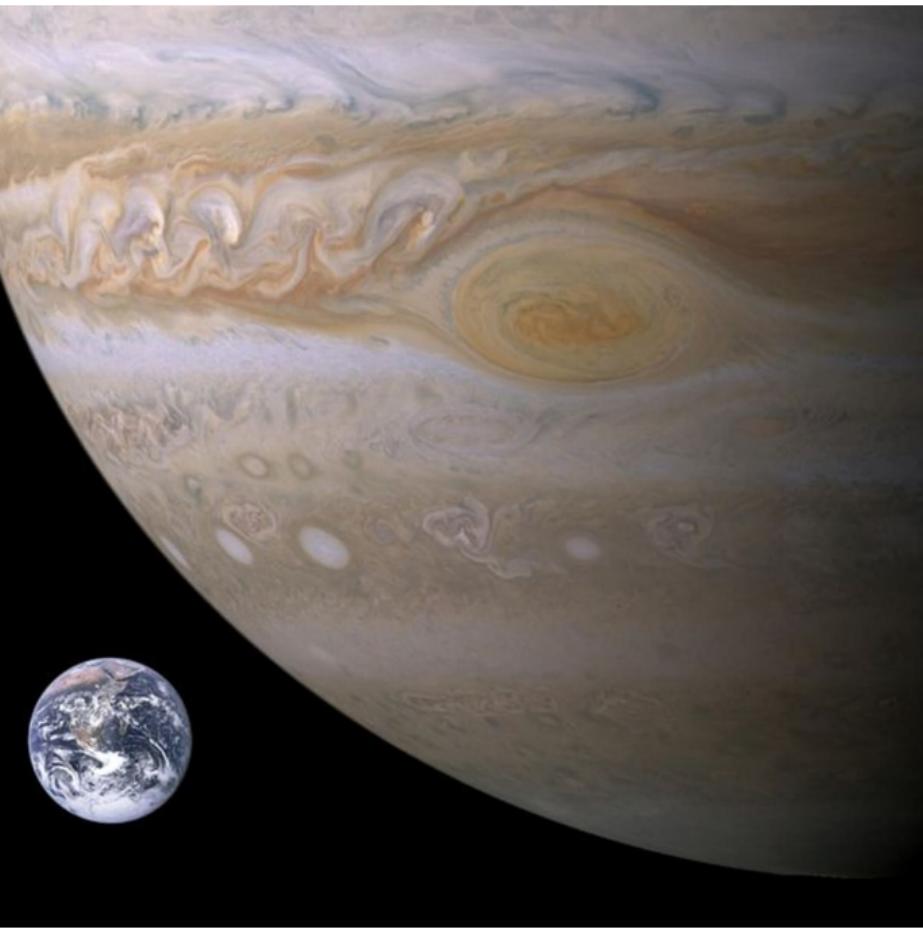
- Está todavía caliente debido a su formación
- Su interior está hecho mayormente de Hidrógeno metálico
- Es el planeta que rota a más velocidad del sistema solar

# La atmósfera de Júpiter: Bandas y Zonas y Tormentas



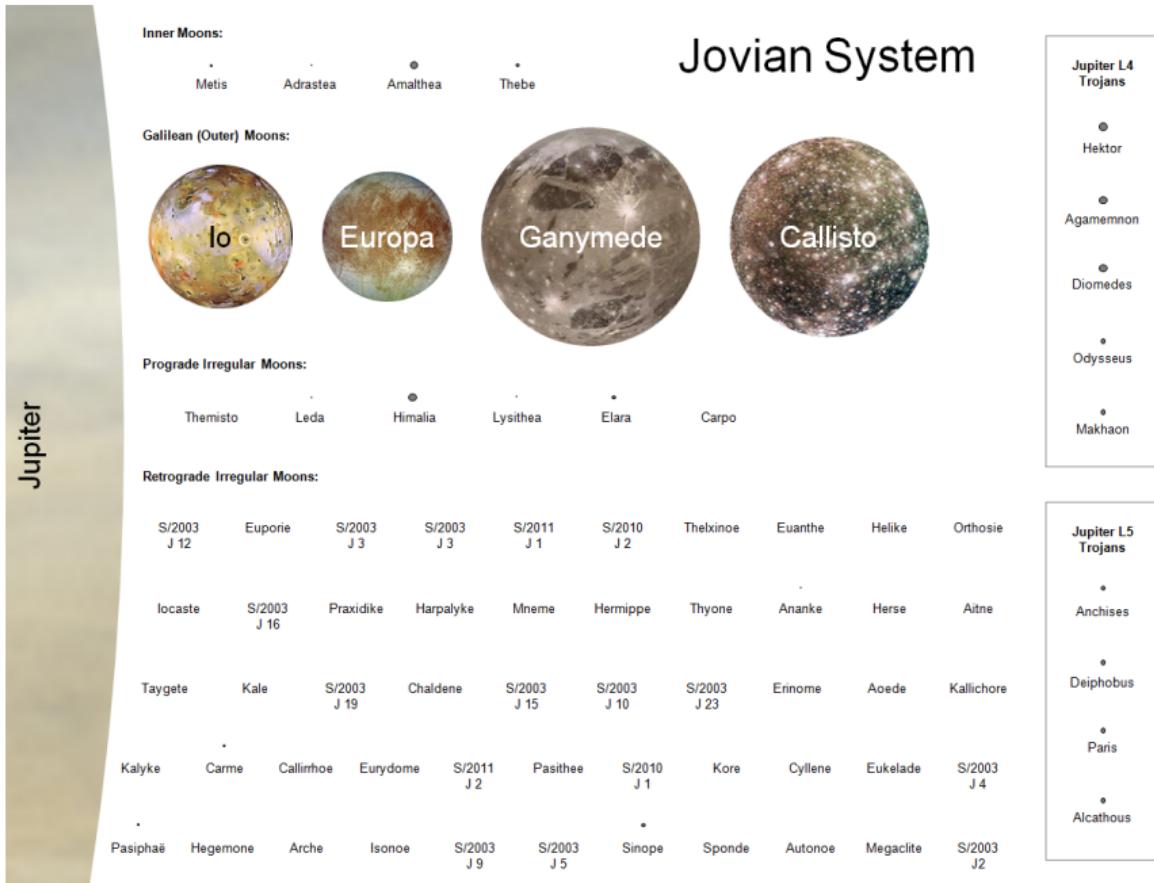
- Bandas (color oscuro) y zonas (color claro),
- Vórtices (ciclones y anticiclones), tormentas y relámpagos

# La atmósfera de Júpiter: la Gran Mancha Roja



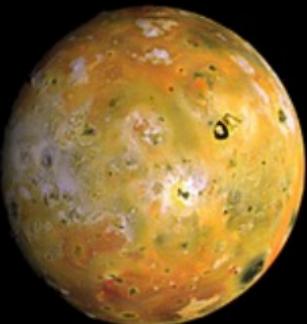
# Lunas de Júpiter

Jupiter tiene 79 lunas (4 de ellas son muy grandes)

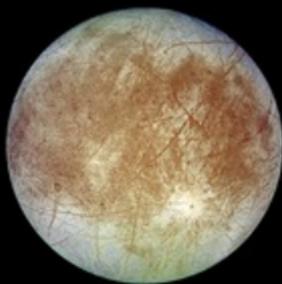


# Las Lunas galileanas de Júpiter

Io



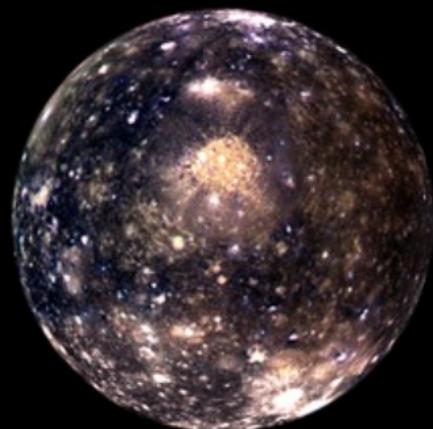
Europa



Ganímedes



Callisto



Callisto

Ganymede

Io

Europa

Europa

Thebe

Amalthea

Main Ring

Adrastea

Melusina

# Las Lunas galileanas de Júpiter

Io



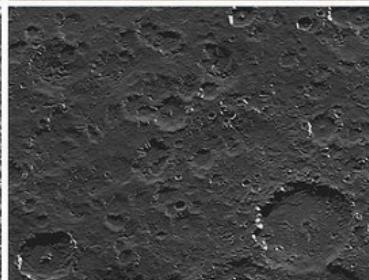
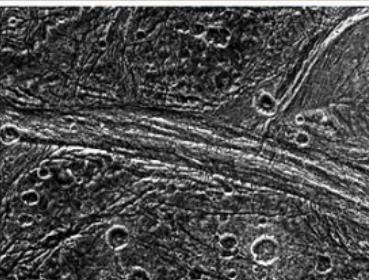
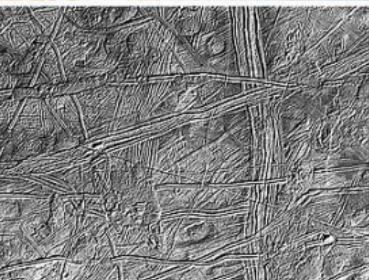
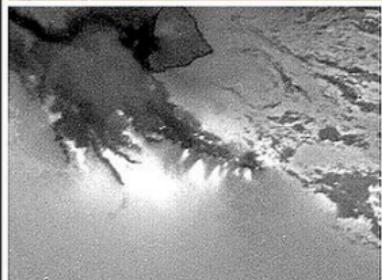
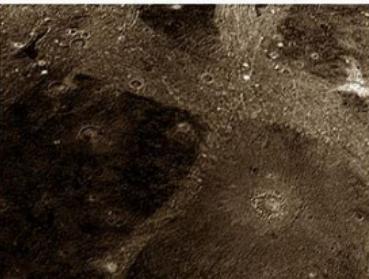
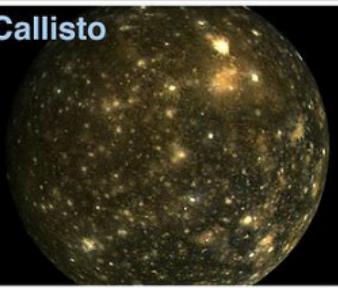
Europa



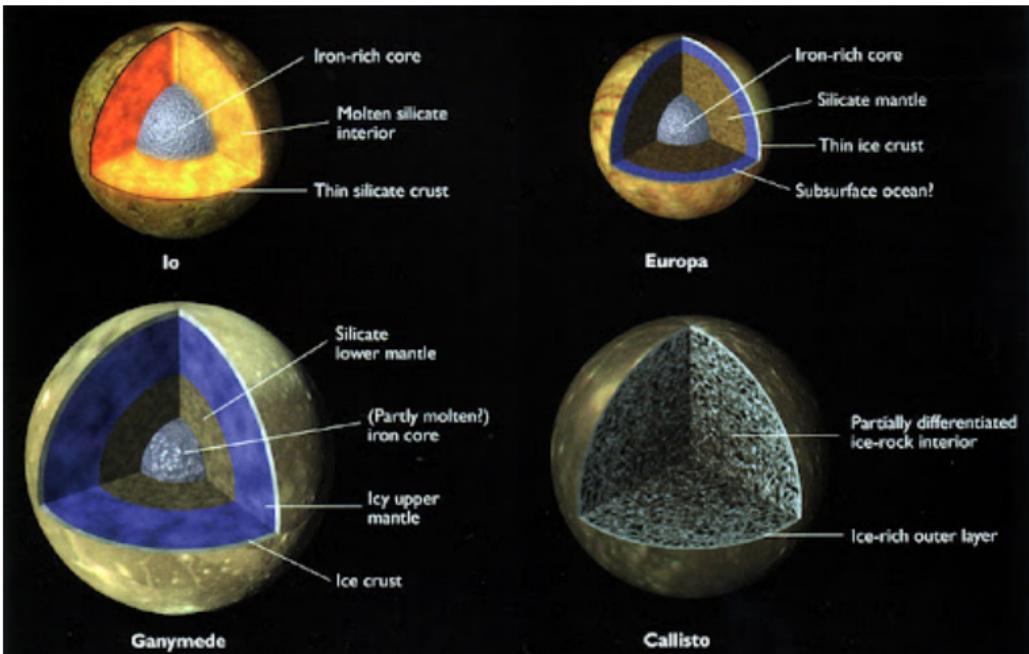
Ganymede



Callisto



# El interior de las Lunas galileanas de Júpiter

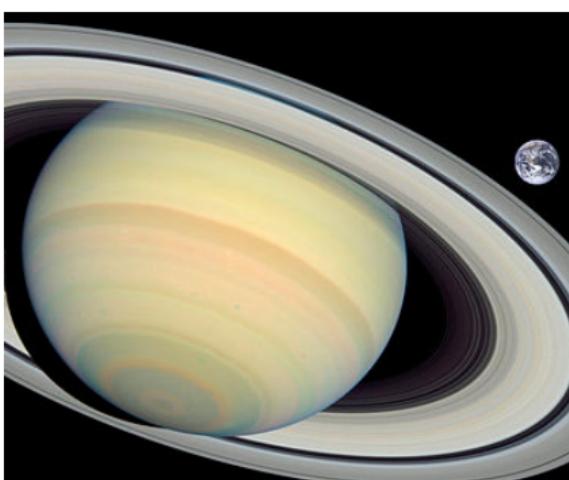
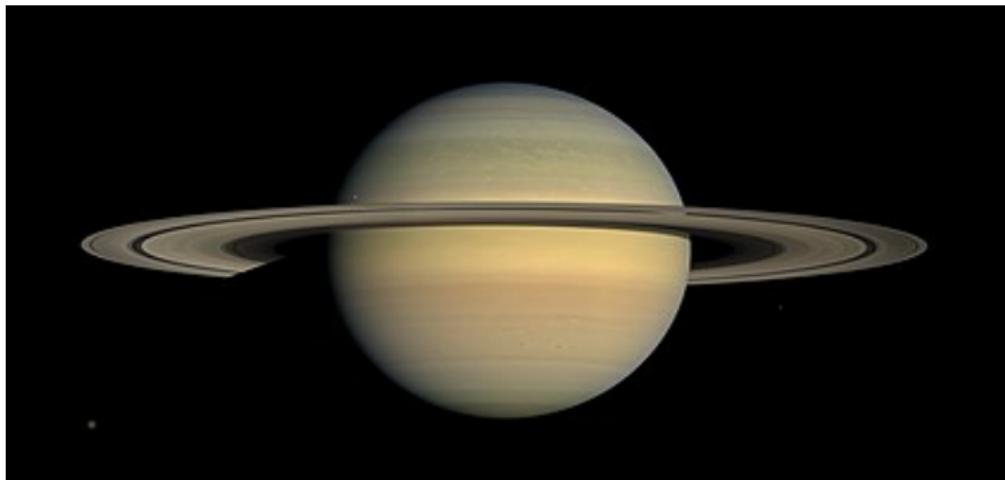


- 1 Ganimedes es la mayor luna; puede tener un núcleo metálico
- 2 Io tiene una intensa actividad volcánica (geológicamente es parecida a los planetas rocosos)
- 3 Europa tiene un océano de agua bajo su superficie helada
- 4 Io, Europa y Ganimedes interaccionan gravitacionalmente calentando sus interiores

### 3. Planetas Gaseosos

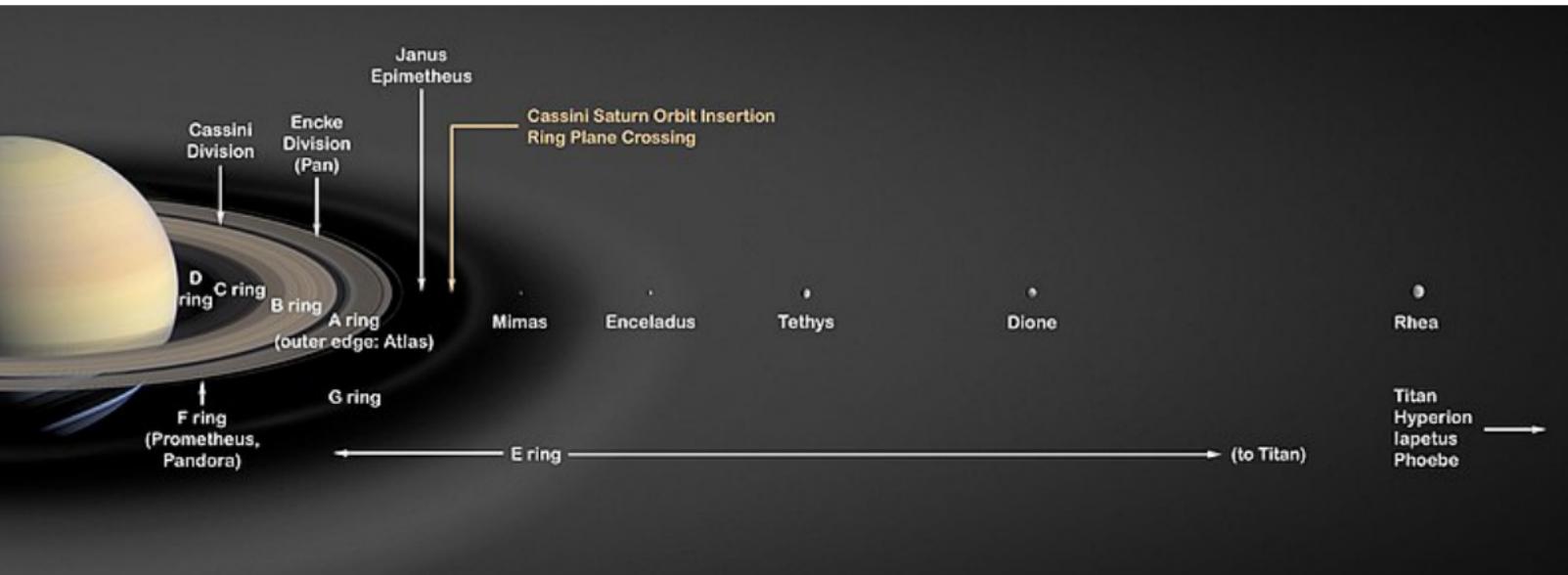
Saturno

# Saturno su Atmósfera y sus Anillos



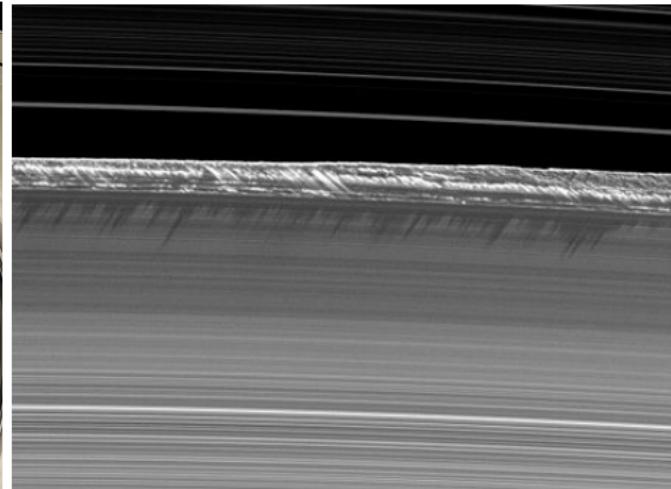
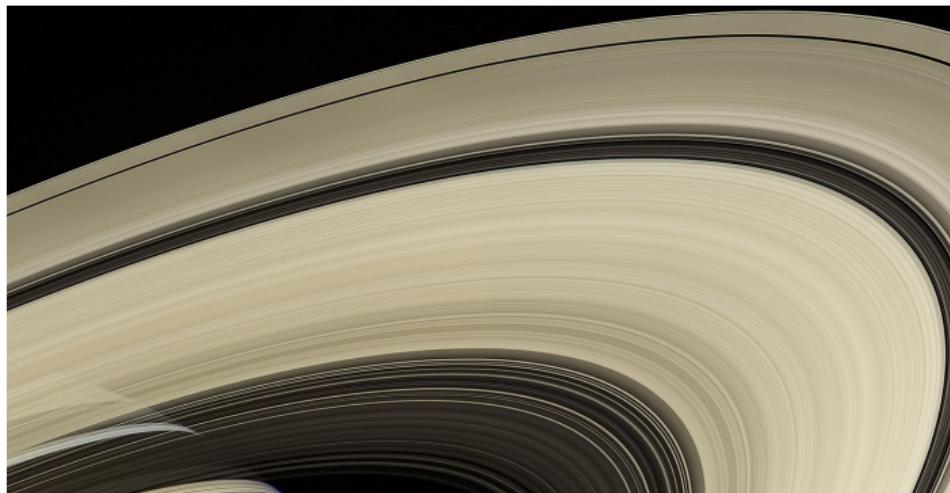
- Saturno es un gigante gaseoso (tiene 9 veces el diámetro de la Tierra)
- Saturno tiene una atmósfera muy parecida a la de Júpiter, con zonas y bandas; pero en general con menos formaciones visibles
- Tiene un conjunto de **anillos** formados por partículas de hielo
  - Algunas lunas generan separaciones entre los anillos, la separación más grande se llama la **división de Cassini**
  - El diámetro de los anillos es de 250.000km (2/3 de la distancia Tierra-Luna)
  - Los anillos son muy finos: en promedio tienen 10 metros de espesor!

# Los anillos de Saturno



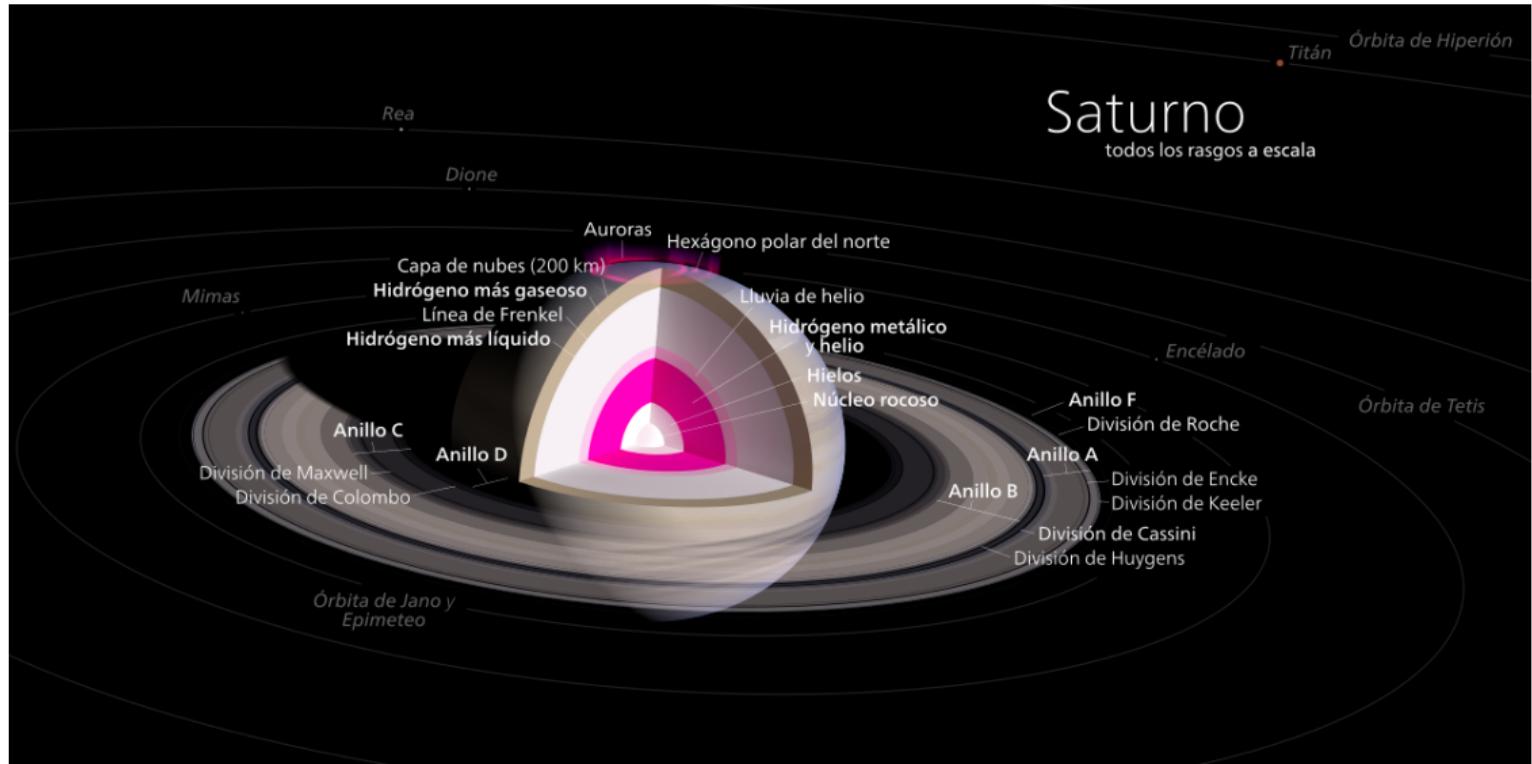
- Los anillos de Saturno son un sistema de 10 anillos que lo rodean
- Es un disco de materia delgado y plano, separado del planeta sobre su Ecuador
- Divisiones: regiones relativamente transparentes, aunque no vacías del todo.
- Los anillos se pueden haber originado al desintegrarse una antigua luna de Saturno hecha de hielo.

# Los anillos de Saturno



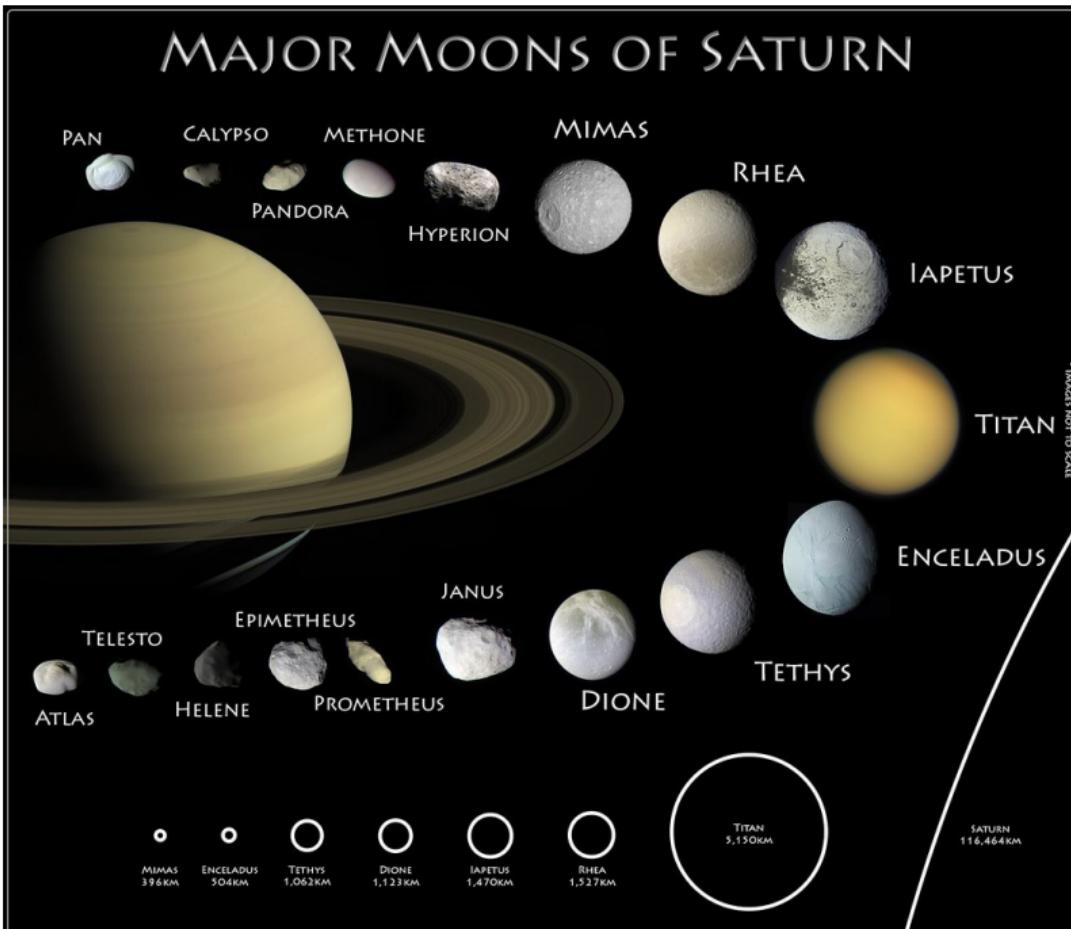
- Cada anillo mayor está compuesto de muchos mini-anillos
- Los anillos están formados de partículas de hielo (con tamaños entre pocos centímetros a pocos metros)
- Los anillos son muy finos: en promedio tienen solo 10 metros de espesor!
- Los anillos no son viejos, están siendo renovados continuamente: las partículas son eyectadas o introducidas por iteraciones de marea y colisiones

# El interior de Saturno

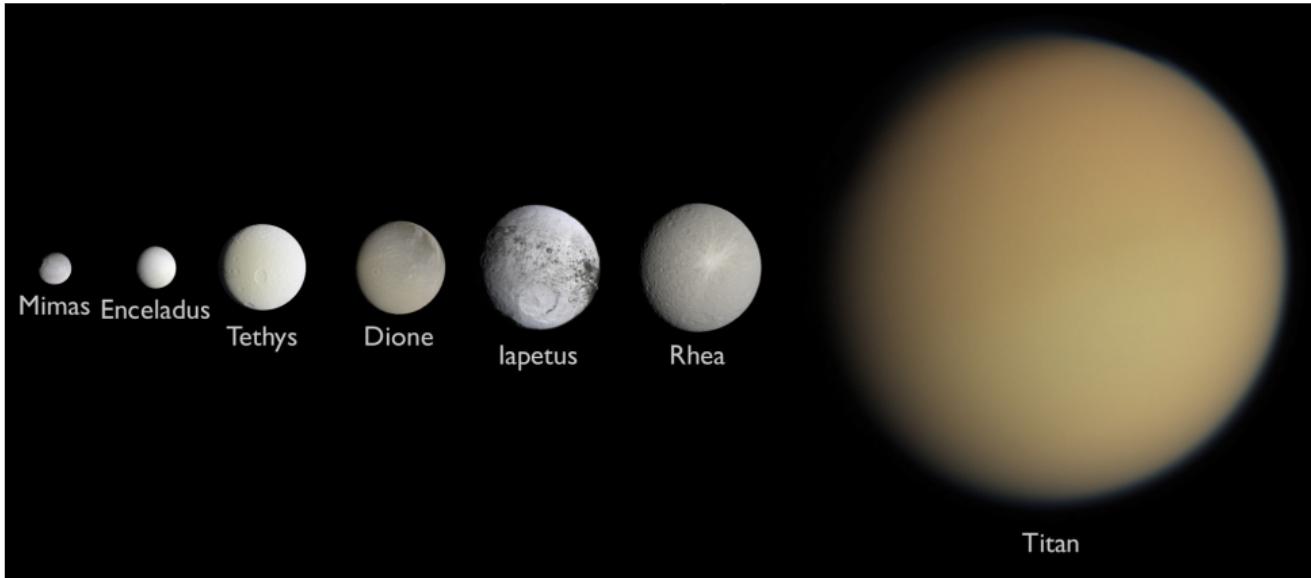


- Su interior está hecho mayormente de Hidrógeno metálico
- En el centro posee un núcleo rocoso

# Las Lunas de Saturno: posee 82 lunas



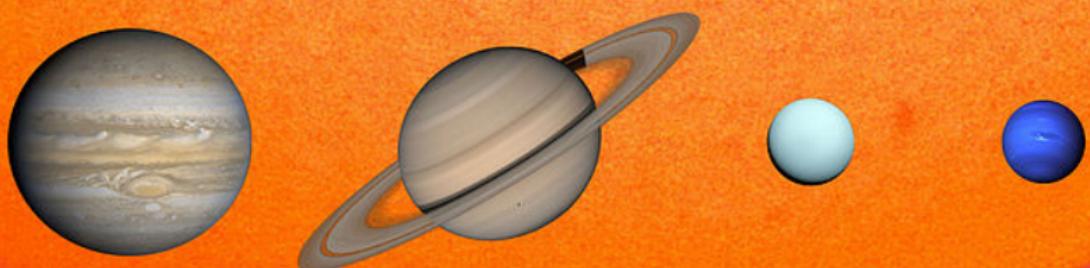
# Las Lunas de Saturno: Titán y Encelado



Saturno posee 82 lunas

- Titán, la luna más grande, es mayor que Mercurio y tiene una densa atmósfera y lagos de metano
- Encelado posee un océano bajo su superficie (análogo a lo que ocurre con Europa, la luna de Júpiter). En la superficie hay erupciones de agua en forma de geysers.
- Encelado y/o Titán podrían albergar algún tipo de vida

## 4. Planetas Helados

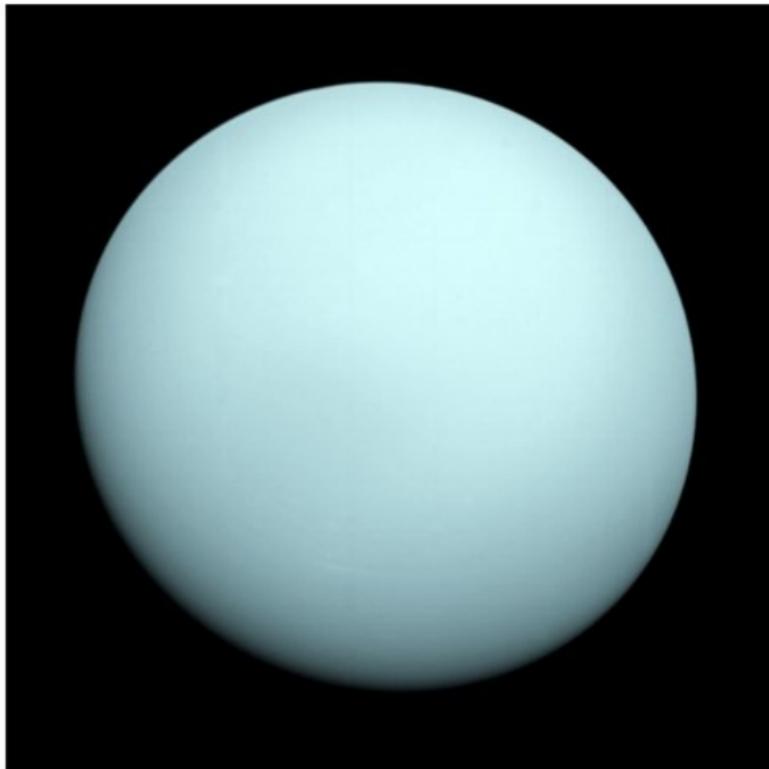


## 4. Planetas Helados

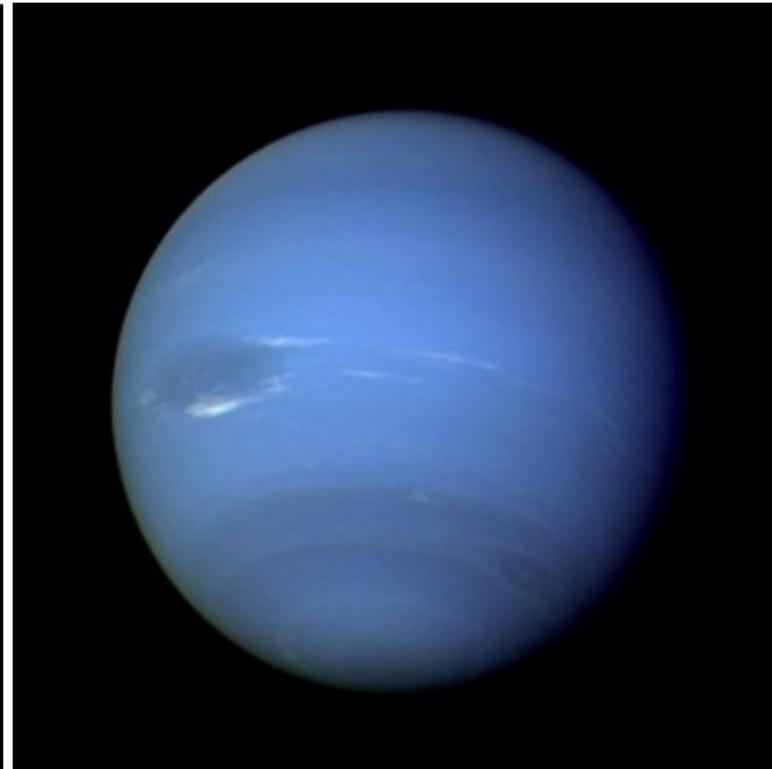
Urano y Neptuno

## Urano y Neptuno: Tamaño y Composición

Urano

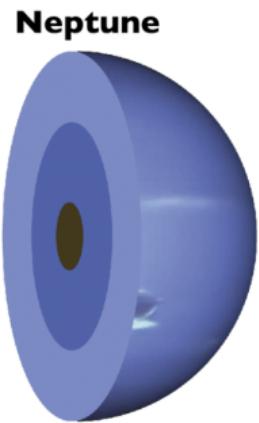
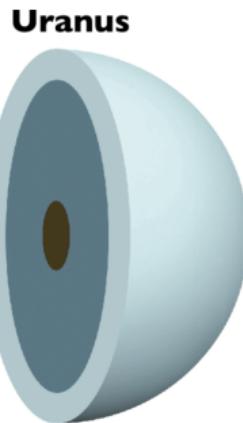
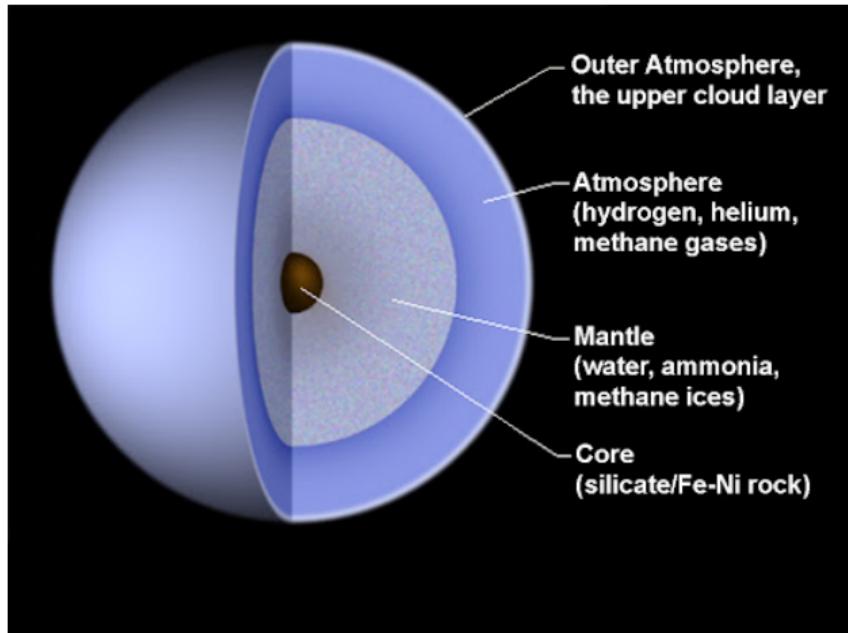


Neptuno



- Gigantes helados (Urano y Neptuno son casi 4 veces más grande que la Tierra)

# El interior de Urano y Neptuno



U	N
Gaseous envelope (H <sub>2</sub> , He, ices)	
Icy shell (Ices, rocks?, H-He?)	
Core (rocks, ices?)	

Urano y Neptuno están compuesto de:

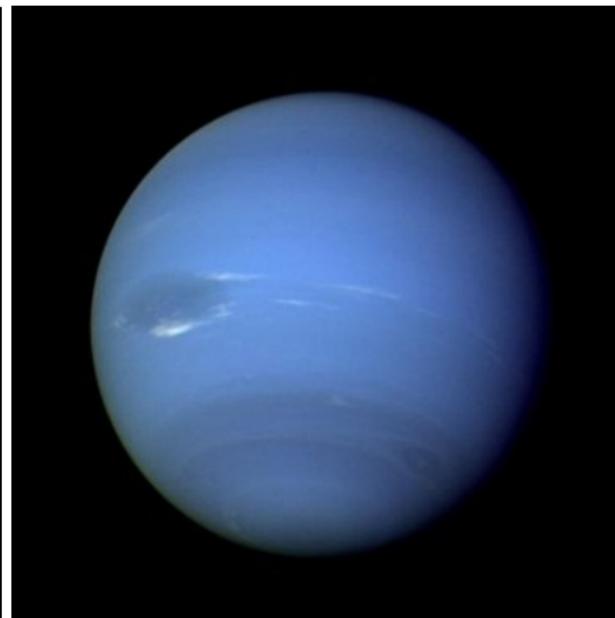
- Un **núcleo** pequeño y rocoso
- Un **manto** grueso compuesto de hielos de metano, agua, y amoníaco
- Una **atmósfera** exterior compuesta de gases de Hidrógeno, Helio y Metano

## Urano y Neptuno: Atmósferas

Urano

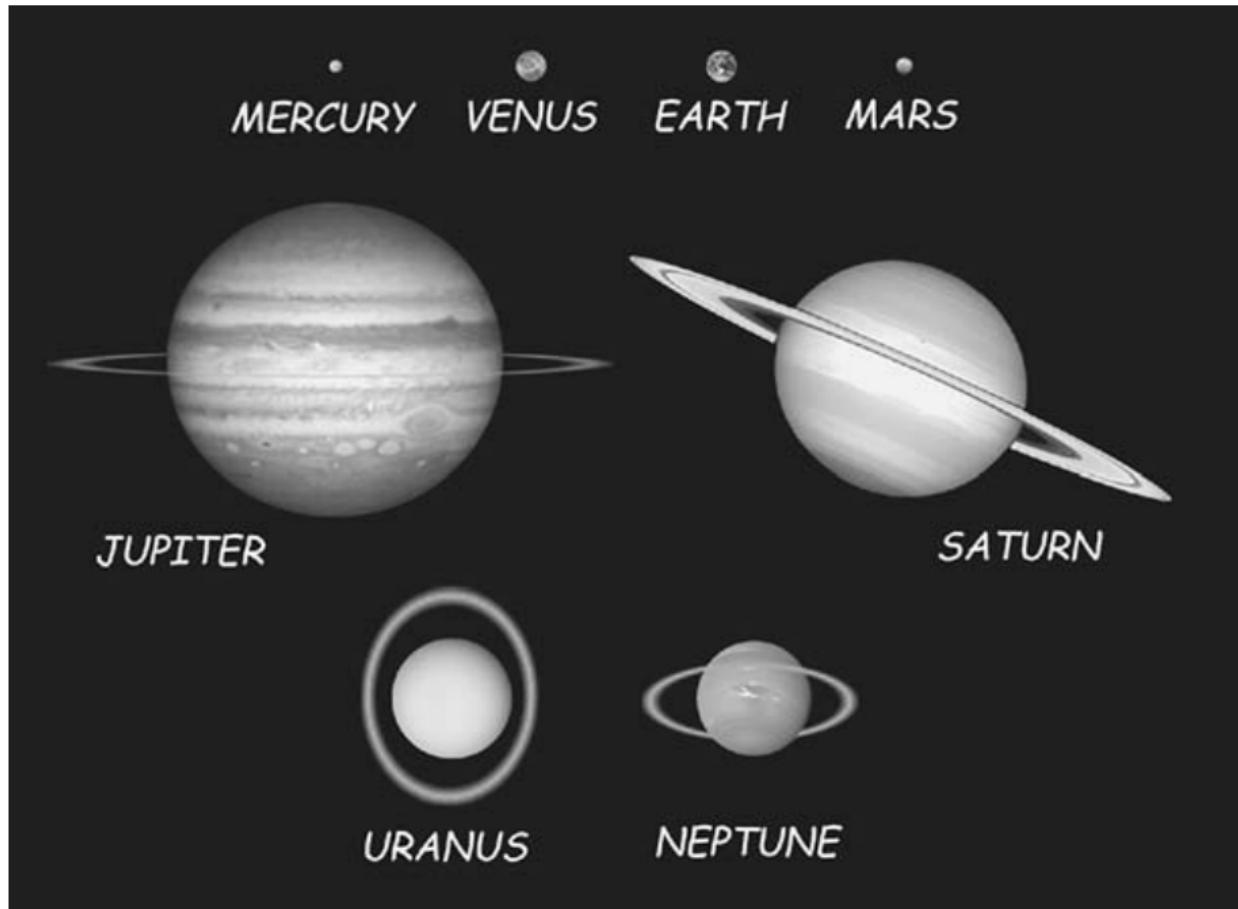


Neptuno

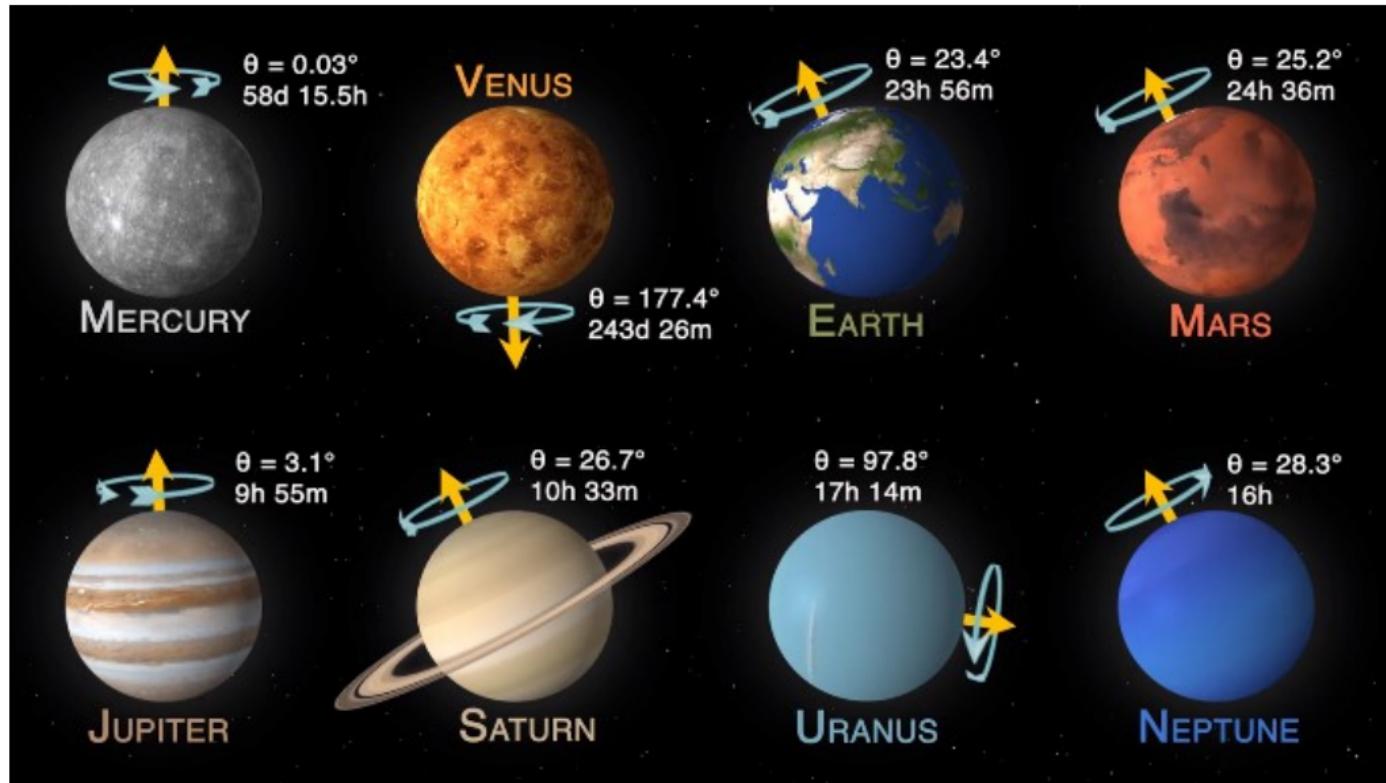


- Sus atmósferas son de color verde azulado
  - Urano típicamente no posee estructuras visibles en su superficie
  - Neptuno tiene una meteorología muy activa: tiene nubes y tormentas con vientos extremadamente fuertes
- Urano y Neptuno tienen anillos y muchas lunas

## Urano y Neptuno: Anillos



# Rotación de Urano y Neptuno



- El eje de rotación de Urano es casi paralelo al plano de la eclíptica.

# Las lunas de Urano y Neptuno

Urano

Puck



Miranda



Ariel



Umbriel



Titania



Oberon

+ al menos  
21 lunas más

Neptuno

Proteus



Triton

Nereid

+ al menos  
11 lunas más

- Urano y Neptuno tienen anillos y muchas lunas
- Urano tiene 27 lunas y Neptuno 14



- Tritón, la luna más grande de Neptuno, es probablemente un objeto transneptuniano capturado y posee una geología activa.

# Resumen de la Charla

# Estructura general del Sistema Solar

- ① Una estrella en el centro: el **Sol**
- ② Varios **planetas** orbitando al Sol en el mismo plano
  - Planetas interiores: son rocosos y relativamente pequeños (Mercurio, Venus, Tierra y Marte)
  - Planetas exteriores: son gaseosos o helados y grandes (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno)
  - Muchos planetas poseen satélites naturales: lunas
- ③ Muchísimos **asteroides** que también orbitan al Sol
  - Están ubicados fundamentalmente el *Cinturón de asteroides*, entre los planetas interiores y los exteriores)
- ④ Una enorme cantidad de **cometas helados y otros objetos de composición similar**
  - Están fundamentalmente en el *Cinturón de Kuiper* y la *Nube de Oort*)

# Estructura general del Sistema Solar

