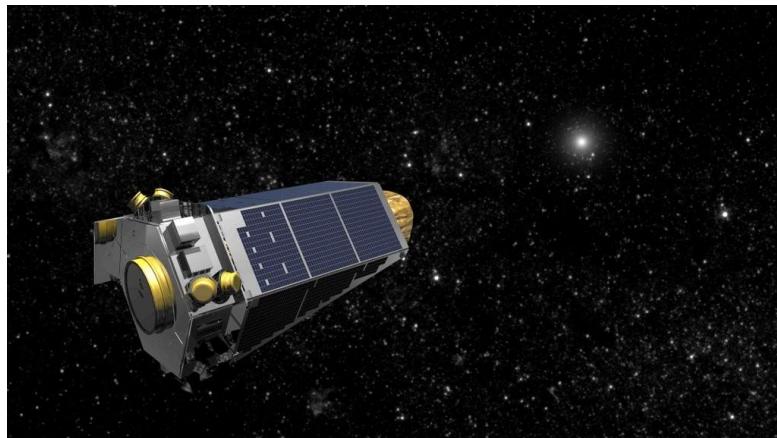


# Tema 2: El Sistema Solar

- El origen del Sistema Solar
- Formación y estructura del Sistema Solar
- Un viaje científico por el Sistema Solar
- Más allá del Sol: nuevos planetas
- La astrobiología: vida fuera de la Tierra

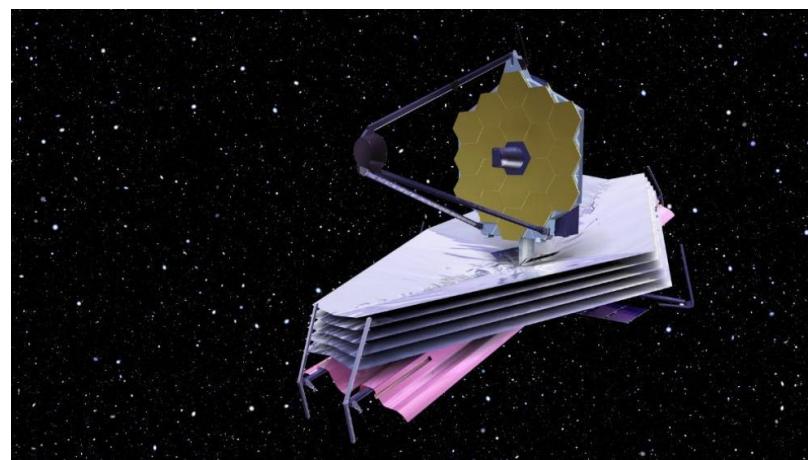


El telescopio espacial Kepler .



Telescopio espacial Hubble

Como los otros telescopios situados en el espacio, Kepler observa los astros con más claridad que si estuviera en la Tierra, pues no hay interferencias con la atmósfera terrestre. Su misión es buscar otros sistemas planetarios en nuestra galaxia. Para ello, observa los cambios de brillo que se producen en una estrella cuando un planeta pasa por delante de su disco.



Telescopio James Webb

## NOS HACEMOS PREGUNTAS

¿Cómo estudiamos el universo? El descubrimiento, a finales del siglo xx, de planetas en órbita de otras estrellas -los llamados exoplanetas-supuso una auténtica revolución científica. El número de cuerpos descubiertos en solo veinte años es ya de varios miles. Por extensión, se calcula que solo en nuestra galaxia habrá millones de planetas parecidos al nuestro. Las perspectivas de encontrar vida, incluso vida inteligente, fuera de la Tierra se han disparado. La búsqueda de vida

extraterrestre se ha convertido en una nueva rama científica: la astrobiología.

OPINA. ¿Te parece interesante que se hayan descubierto planetas fuera del Sistema Solar? ¿Por qué?

## O CLAVES PARA EMPEZAR

- ¿Qué características conoces del Sol?
- ¿Qué es un planeta y cuántos hay en el Sistema Solar?
- ¿Qué tipos de cuerpos forman el Sistema Solar?

# 1. El origen del Sistema Solar

Ha habido varias teorías para explicar el origen del Sol. Una de las últimas proponía que el Sol se había formado por el colapso de una pequeña nebulosa, como consecuencia de la explosión de una supernova cercana. Sin embargo, los últimos datos han llevado a desarrollar la teoría de que el Sol nació en un cúmulo estelar, es decir, en un enjambre formado por varios miles de estrellas.

Hace unos 4570 millones de años, algunas zonas de una gran nebulosa situada en un brazo de la Vía Láctea comenzaron a contraerse por efecto de la gravedad y a formar glóbulos densos.

En estas zonas, las partículas chocaban con más frecuencia, lo que elevó su temperatura. Cuando esta superó los diez millones de grados, comenzó la fusión nuclear y los glóbulos se convirtieron en estrellas.

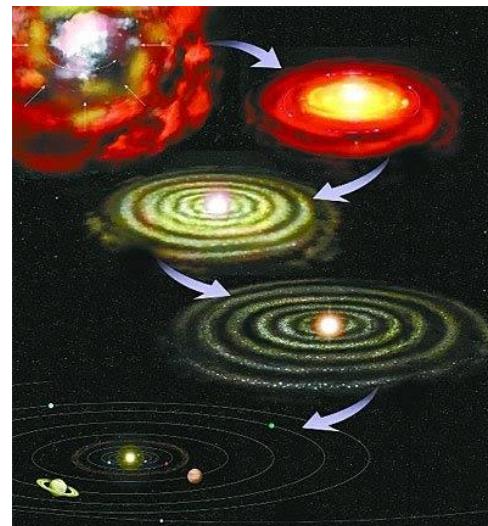
Pocos millones de años después, las estrellas gigantes habían consumido su hidrógeno y los demás elementos producidos en la nucleosíntesis. Entonces explotaron como supernovas e inundaron la nube de elementos pesados transportados por energéticas ondas de choque,

La desaparición de las estrellas más masivas debilita la gravedad del cúmulo estelar, que comenzó a dispersarse. El Sol y las otras estrellas del cúmulo se fueron separando poco a poco.

El cúmulo estelar se va dispersando a lo largo de la Vía Láctea. El sol quedó como una estrella solitaria en el brazo de Perseo de la galaxia.

Los glóbulos mayores se convirtieron en estrellas gigantes. Su radiación creó frentes de choque que ayudaron al colapso de los glóbulos menores: así nacieron miles de estrellas enanas o de tamaño mediano, como el Sol.

Este Sol recién nacido consistía en un disco de gas y polvo en cuyo centro, mucho más denso que el resto, se producía la fusión nuclear.



## Las pruebas de la teoría

Algunos granos obtenidos de cometas y meteoritos muy antiguos contienen materiales de composición muy diferente a la normal en el Sistema Solar. Se formaron en supernovas y se implantaron en cometas y asteroides. La concentración de esos materiales es demasiado alta para proceder de una sola supernova. Además, contienen elementos radiactivos que se debieron formar en supernovas muy cercanas; si no, se hubiesen descompuesto antes de llegar a su destino. Estas distancias son las típicas de los cúmulos estelares.

## 2. Formación y estructura del Sistema Solar

### La formación de los planetas

Al comienzo de su historia, el Sol era una estrella de mediano tamaño en el centro de un disco protoplanetario. Como todas las estrellas jóvenes, emitía un intenso viento estelar, un huracán de partículas y radiación que en pocos millones de años limpiaría su entorno de gases y, un poco más adelante, de polvo. Este es el tiempo de la formación de los planetas.

- El recién formado disco protoplanetario estaba más caliente en el centro porque allí había un mayor número de partículas y se producían más choques entre ellas y, por tanto, más calor. Los elementos más ligeros emigraron hacia la parte exterior, más fría, empujados por el intenso viento estelar del Sol joven.
- Comenzó un proceso caótico de choques entre millones de partículas que se unieron y formaron granos minerales - del orden de centímetros-, planetesimales – kilómetros y embriones planetarios cientos de kilómetros-. En la parte exterior, estos embriones atrajeron gases y se convirtieron en los planetas gigantes en menos de diez millones de años.
- Los choques de los últimos planetesimales con los planetas gigantes les hicieron perder a estos velocidad, por lo que Júpiter y Saturno se acercaron al sol. En su camino, desestabilizaron las órbitas de millones de cuerpos menores, algunos de los cuales cayeron sobre las planetas en el Gran Bombardeo Terminal, mientras que otros fueron expulsados a la periferia y formaron el cinturón de Kuiper y la nube de Oort.
- En las zonas internas del disco, que estaban limpias de gases por la acción del viento solar, se formaron planetas de roca y metal -entre ellos la Tierra- en unos treinta millones de años. Los violentos choques de los últimos planetesimales hicieron que se fundiera el exterior de los planetas, convirtiéndolos en océanos de magma de hasta mil kilómetros de profundidad.

### Planetas enanos y asteroides

Aparte del Sol, los cuerpos más prominentes del Sistema Solar son los ocho planetas. Sin embargo, hace poco tiempo eran nueve. ¿Qué ha ocurrido? En 2006, una reunión de astrónomos decidió que Plutón, hasta entonces el noveno planeta, no se debía considerar un auténtico planeta, sino un planeta enano. Para comprender a qué se debe este cambio, hay que entender de qué manera los astrónomos dan nombre a los objetos celestes. Hasta 1800, los únicos cuerpos del Sistema Solar que se conocían eran algunos planetas y sus satélites. En 1801 se descubrió un cuerpo mucho menor, al que se llamó Ceres. Puesto que orbitaba alrededor del Sol, también se consideró planeta. Pero en 1852 ya se habían descubierto otros catorce de estos cuerpos. Ante tal proliferación de planetas, se incluyó a estos cuerpos menores en una nueva categoría, la de asteroides, que comprendía todos los pequeños cuerpos que orbitaban entre Júpiter y Marte, en lo que ahora llamamos el cinturón de asteroides. Plutón, descubierto en 1930, fue considerado en ese momento el planeta más lejano del Sistema Solar. Pero a partir de 1990 comenzaron a descubrirse cuerpos parecidos que giraban en las mismas órbitas. Se concluyó que estos pobladores del cinturón de Kuiper debían de ser miles. Por eso, en 2006 se creó la categoría de planeta enano: un cuerpo esférico que comparte su órbita con otros (a diferencia de los planetas, que poseen órbitas exclusivas). Ceres, tras pasar de

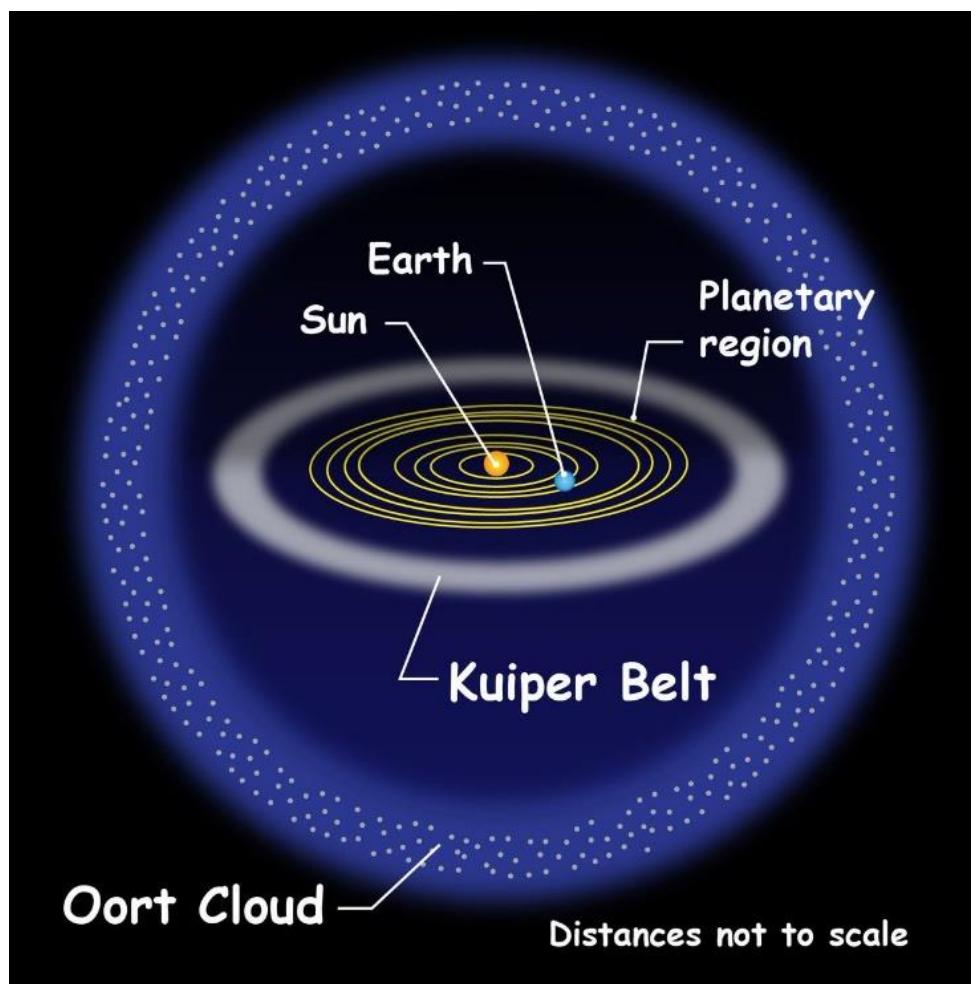
planeta a asteroide, pasó de asteroide a planeta enano.

### La nube de Oort: el gran depósito de cometas

En el cinturón de Kuiper hay numerosos cometas, pero la gran mayoría de estos están en la llamada nube de Oort. Tanto los planetas como los cuerpos del cinturón de asteroides y del cinturón de Kuiper se encuentran en el mismo plano, llamado de la **eclíptica**. En cambio, se supone que la nube de Oort tiene una forma aproximadamente esférica. Se ha deducido la existencia de esta nube porque muchos de los cometas que llegan al interior del Sistema Solar, sobre todo los que tardan mucho en volver, no tienen sus órbitas en la eclíptica, sino en planos muy distintos que, en conjunto, forman una esfera.

El origen de todos estos cuerpos queda explicado en nuestra teoría sobre el origen del Sistema Solar.

Los planetas no atraparon todos los billones de partículas que giraban en la nube protoplanetaria y que ahora residen en los cinturones de asteroides y de Kuiper y en la nube de Oort. El cinturón de asteroides ocupa el lugar de un planeta que no pudo formarse por culpa de Júpiter, que con su atracción impidió que se uniesen entre sí. Por su parte, la nube de Oort conserva la forma esférica que tenía el glóbulo primitivo antes de transformarse en un disco.



Representación esquemática de la nube de Oort y del cinturón de Kuiper.

### El período turbulento del Sistema Solar

La formación del Sistema Solar no acabó con la formación de los planetas y satélites. Cuando estos se formaron, aún estaban rodeados por un enjambre de planetesimales, a los que atraían y aceleraban. El **Gran Bombardeo Terminal**

fue una consecuencia de ello: cuerpos de hasta cientos de kilómetros fueron lanzados sobre los planetas recién formados, marcándolos con enormes cráteres de impacto.

Este bombardeo es la causa de la inclinación del eje de la Tierra, que da lugar a las estaciones.

### La formación de la Luna

Las misiones Apolo trajeron a la Tierra 382 kg de rocas lunares cuya composición no se parece a la de las rocas terrestres (este es un buen argumento contra los que piensan que el ser humano no llegó a la Luna). En ellas abundan los compuestos con alto punto de fusión (refractarios) y escasean los de bajo punto de fusión (volátiles). Por ejemplo:

Compuesto	Punto de fusión (°C)	Abundancia en la Tierra	Abundancia en la Luna
Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	2054	3,6%	6%
Oxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ )	800	0,34%	0,09%

Estas diferencias se interpretan como el resultado de un proceso de alta temperatura: el impacto de un pequeño planeta contra la Tierra.

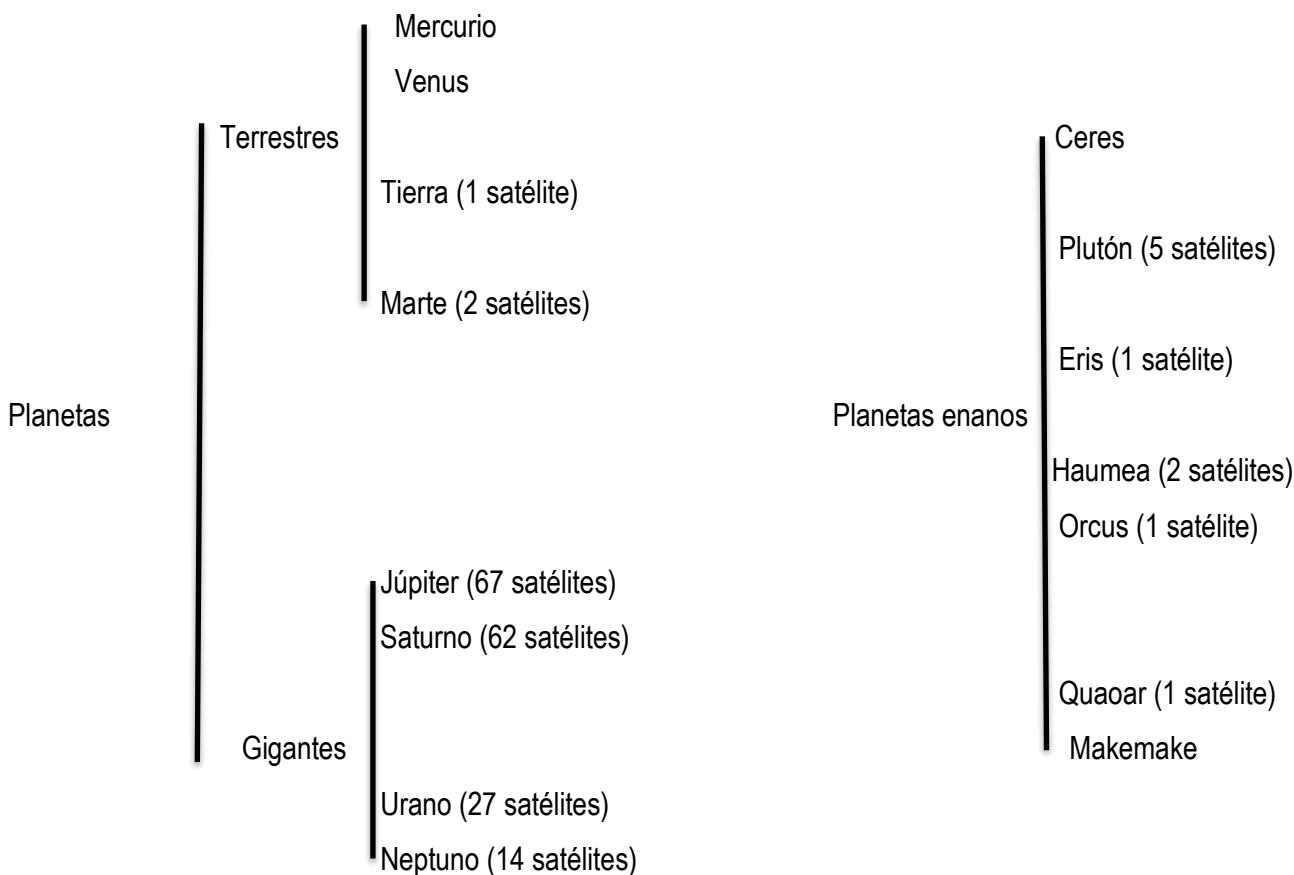
El impacto lanzó al espacio gran cantidad de residuos a alta temperatura (y, por ello, sin volátiles) que no escaparon de la gravedad terrestre, sino que formaron un anillo alrededor de la Tierra. Del material de este anillo se formó la Luna.

Recientemente, el hallazgo en la Luna de vidrios con cierta cantidad de agua, una sustancia volátil, ha hecho que esta teoría se discuta de nuevo. Aun así, por el momento sigue siendo la que más datos explica sobre el origen de nuestro satélite. No sabemos si seguirá siéndolo, pues la ciencia revisa continuamente todas sus ideas.

### Un inventario del Sistema Solar

- El Sistema Solar está formado por ocho planetas y más de 180 satélites, junto con los cuerpos del cinturón de asteroides, el cinturón de Kuiper y la nube de Oort.
- Nuestro sistema se divide en dos partes. La más próxima al Sol está poblada por cuatro planetas que se suelen llamar terrestres por estar compuestos por rocas y hierro, como la Tierra.
- En la parte lejana del Sistema Solar habitan los otros cuatro planetas, llamados gigantes por sus masas, entre 15 y 320 mayores que las de la Tierra. Estas grandes masas les han permitido retener a su alrededor anillos y un gran número de satélites.
- En el cinturón de Kuiper y la nube de Oort hay millones de cometas. Los anotados en el cuadro son los pocos que hasta ahora han entrado en el interior del Sistema Solar
- Los cometas procedentes del cinturón de Kuiper vuelven al Sol cada poco tiempo. Son los cometas de periodo corto.
- Los cometas de la nube de Oort tardan mucho tiempo en volver o salen del sistema y no vuelven nunca. Son de periodo largo.
- Los cuerpos pequeños son importantes: han producido enormes cráteres de impacto en los planetas y satélites, han podido transportar materia biológica entre los planetas y suponen una amenaza potencial para la humanidad si alguno se coloca en una trayectoria de impacto con la Tierra.
- El único cuerpo del Sistema Solar visitado por astronautas es la Luna. Sin embargo, han aterrizado sondas no tripuladas en Venus, Marte, Titán, los asteroides Eros e Itokawa y el cometa Churyumov-Gerasimenko. Otras sondas no han aterrizado en ningún cuerpo, pero se han aproximado a todos los planetas y a numerosos satélites, así como a Plutón y Caronte y a

numerosos asteroides y cometas. De todos ellos han enviado valiosos datos e imágenes



Asteroides 40000 catalogados

Cometas: -Del cinturón de Kuiper> 325 catalogados

-De la nube de Oort- 89 catalogados

### 3. Un viaje científico por el Sistema Solar

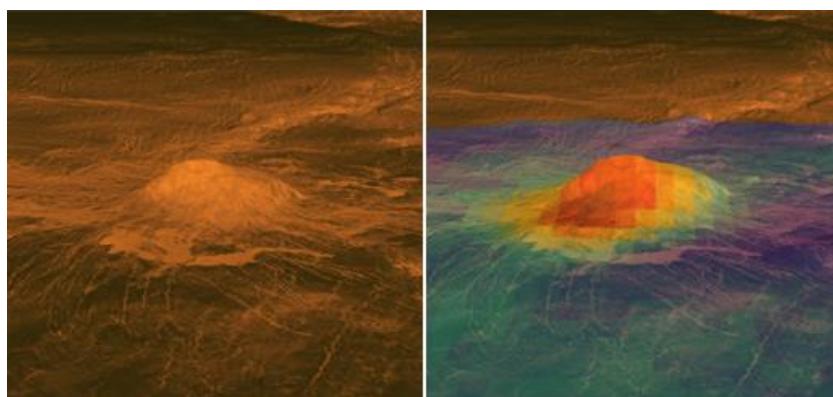
#### El Sistema Solar

<https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/our-solar-system/overview/>

#### Venus: bienvenidos al infierno

Con una temperatura superficial de 450 °C, una presión atmosférica equivalente a la de un fondo marino a 800 m de profundidad y nubes de ácido sulfúrico, no es un buen planeta adonde ir de vacaciones.

Sin embargo, pudo ser muy distinto en su juventud. Sus escasas moléculas de agua contienen mucho deuterio (hidrógeno pesado: en la Tierra se obtiene evaporando mucha agua). Este dato se puede interpretar como la prueba de un océano evaporado. Por otra parte, hace 500 millones de años casi todo el planeta se cubrió de lava.



**Idunn Mons, un volcán activo en Venus. A imagen en infrarrojos, que denotan la temper**

### INCÓGNITAS

- ¿Por qué Venus perdió su agua?
- ¿Cómo pudo Venus guardar tanta energía como para producir un nuevo océano de magma casi al final de su historia?

### La Luna: el museo de antigüedades

Las rocas lunares, muy antiguas, sirvieron de base para emitir hipótesis sobre el Sistema Solar inicial. Puesto que la Luna carece de atmósfera y de actividad geológica interna, no se han borrado las huellas de esa etapa: por ejemplo, los océanos de magma se descubrieron en la Luna.

La Luna es el cuerpo donde mejor ha quedado reflejado el **Gran Bombardeo Terminal**, el cual produjo los grandes cráteres circulares, que en la cara próxima fueron después llenados por lavas oscuras.

### INCÓGNITAS

- ¿Por qué casi todos los grandes asteroides cayeron en la cara visible de la Luna?



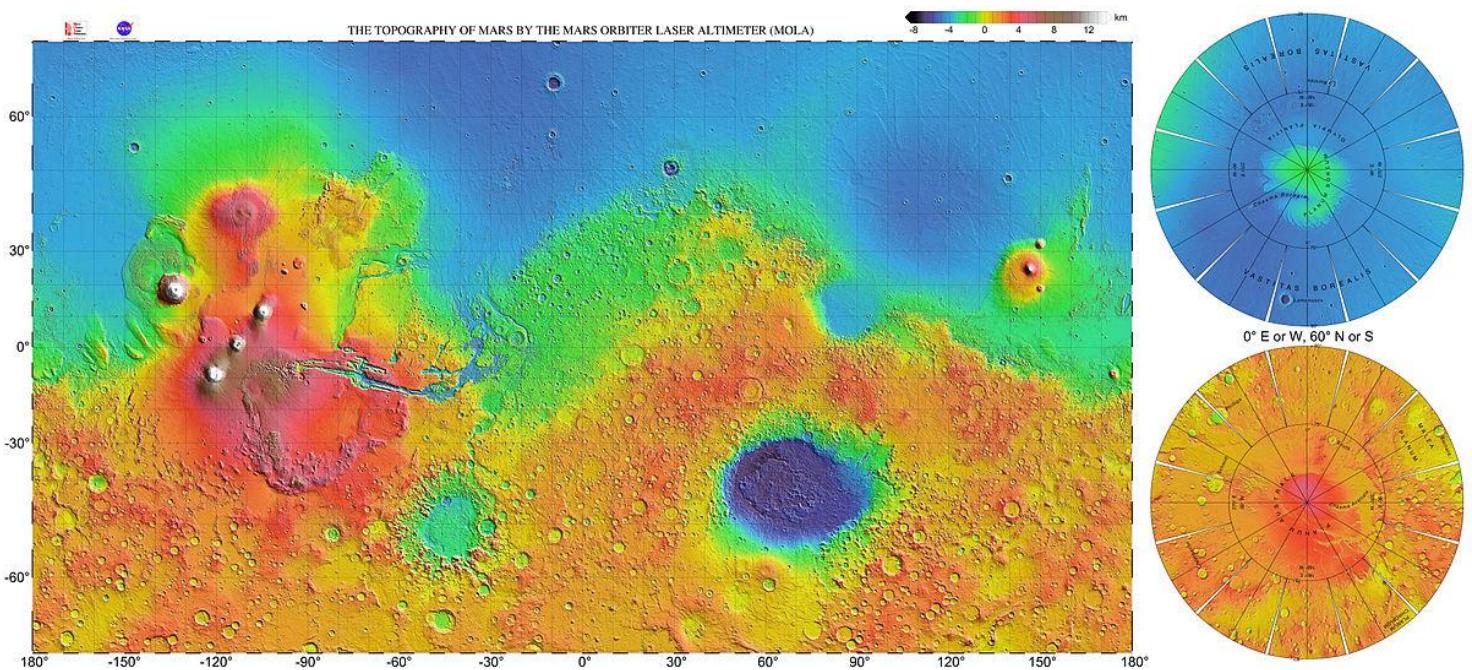
**Las dos caras de la Luna. Las zonas oscuras son enormes cráteres formados por impactos de asteroides.**

### Marte: la frontera

El planeta más explorado debe su fama a sus enormes cauces secos (algunos visibles desde la Tierra) y su posible océano perdido. Unos y otros son las huellas de un cambio climático global en un mundo que pudo albergar vida. Actualmente, como los terrestres, sus glaciares se están fundiendo. Además, posee los mayores volcanes del sistema Solar. Recientemente se han descubierto antiquísimas cadenas de montañas muy parecidas a las terrestres.

## INCÓGNITAS

- ¿Adónde fue a parar el agua de Marte?
- ¿Fue Marte, en su infancia, un gemelo de la Tierra?



La topografía de Marte. La zona superior de está 5 km más baja que el resto. ¿Albergó uno el hemisferio norte de Marte?

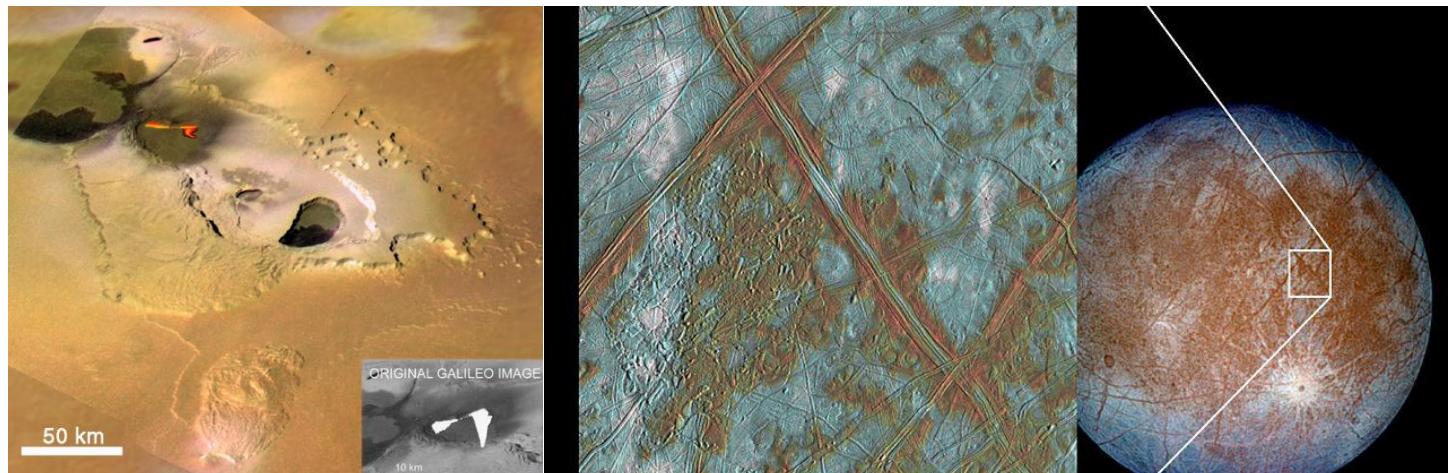
## El sistema de Júpiter

El planeta gigante es un laboratorio meteorológico: sus enormes óvalos son tormentas mayores que la Tierra.

En 2016 ya se habían descubierto 67 satélites. De ellos, Io y Europa son los más interesantes. Io es el único cuerpo del Sistema Solar sin un solo cráter de impacto, pues sus volcanes los cubren rápidamente de lava. Europa posee, bajo una corteza de hielo, un océano de agua salina de 100 km de profundidad.

## INCOGNITAS ¿?

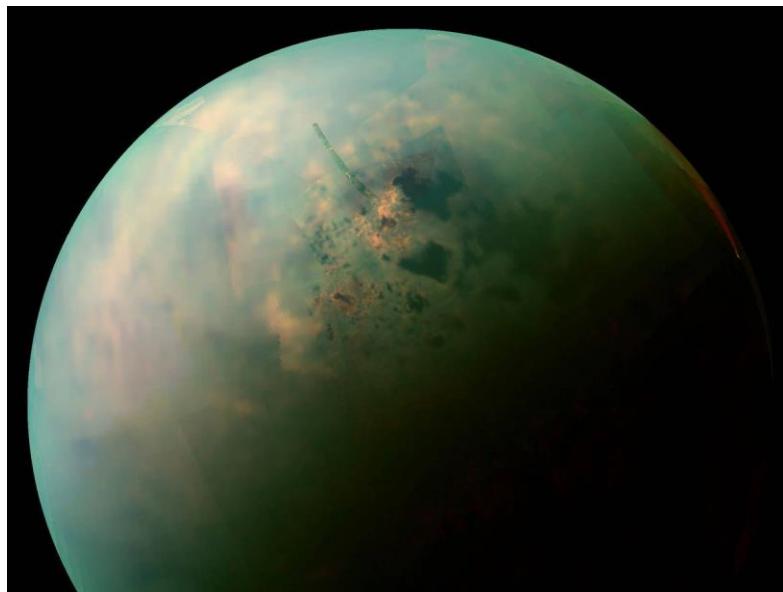
- ¿Podría albergar vida el mar oscuro que existe bajo la corteza de hielo de Europa?



Izquierda, Tvashtar Catena, un volcán en Io. Derecha, Conamara Chaos, en Europa.

La corteza de hielo se ha roto y el agua profunda ha tenido el hielo de rojo.

## Alrededor de Saturno: Titán

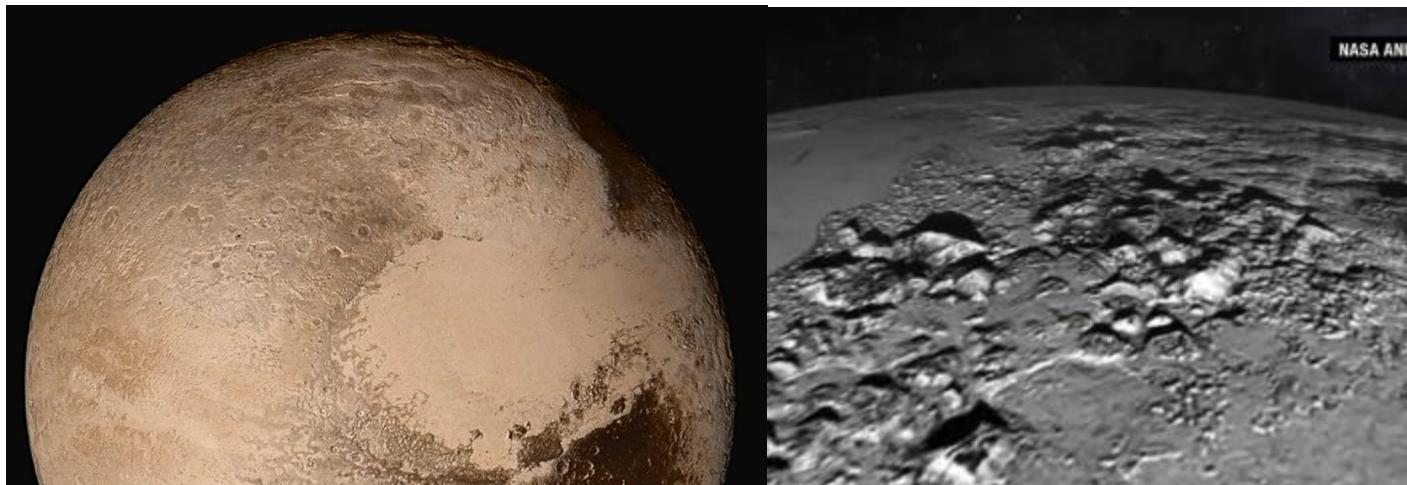


Es muy grande, mayor que Mercurio y el único satélite con atmósfera (de nitrógeno y metano), que es más densa que la terrestre. Esto significa vientos, tormentas, una hidrosfera (con lagos de metano y etano), un posible océano subterráneo, y volcanes que aportan el metano: un paraíso geológico... a 180 °C bajo cero.

### INCÓGNITAS ¿?

- ¿Hay en Titán un ciclo del metano» equivalente al «ciclo del agua» terrestre?

## Plutón: visita al planeta enano



En la fotografía se distingue una zona oscura, con cráteres, y otra clara, el «corazón, sin ellos. La ampliación muestra montañas de agua helada en el hemisferio sur. Su altura supera los 3000 m.

### INCÓGNITAS

- ¿Qué fuerzas han levantado las montañas de Plutón? ¿Y qué procesos han esculpido sus laderas?

## Cometas

Los 100 000 millones de escombros sobrantes de la formación de los planetas son sobre todo agua y compuestos sencillos de carbono. En ellos se buscan pruebas del origen del Sistema Solar y también de la vida.



Cometa 67P/ChuryumovGerasimenko.

## 4. Más allá del Sol: nuevos planetas

A mediados del siglo XX, los científicos pensaban que las condiciones de formación de los planetas eran muy especiales, por lo que estos cuerpos debían ser muy raros en el universo. Según estas ideas, el Sistema Solar sería un lugar único, una contradicción flagrante del Principio Cosmológico. Aquellos astrónomos estaban muy equivocados.

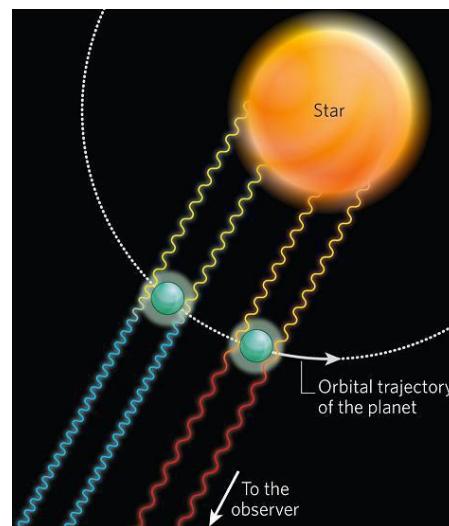
### Los exoplanetas. Primeros hallazgos

En 1995 un equipo de astrónomos suizos descubrió el primer planeta que gira en torno a otra estrella: orbitaba en torno a la estrella n° 51 de la constelación de Pegaso, por lo que lo llamaron 51 Peg-b.

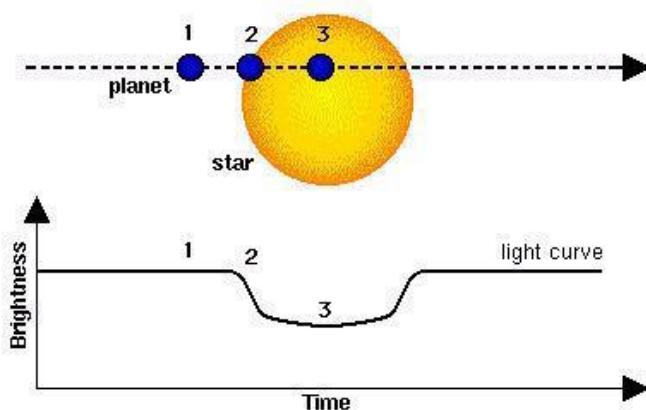
Fue el primer exoplaneta descubierto. En septiembre de 2015, el número de exoplanetas confirmados era de 1956, distribuidos en 1239 sistemas planetarios. A esta oleada de descubrimientos espectaculares contribuyó en gran medida el telescopio espacial Kepler, que descubrió cerca de 1700 exoplanetas.

Hasta el 2 de julio de 2020 se han descubierto 3092 sistemas planetarios que contienen un total de 4171 cuerpos planetarios, 671 de estos sistemas son múltiples y 155 de estos planetas están por encima de las 13  $M_J$  ( $1 M_J$  es la [masa de Júpiter](#)) Existen dos métodos que permiten detectar de modo indirecto si existen planetas orbitando alrededor de una estrella.

- El planeta ejerce una pequeña atracción gravitatoria sobre su estrella Esta describe, por tanto, una pequeña órbita o bamboleo.



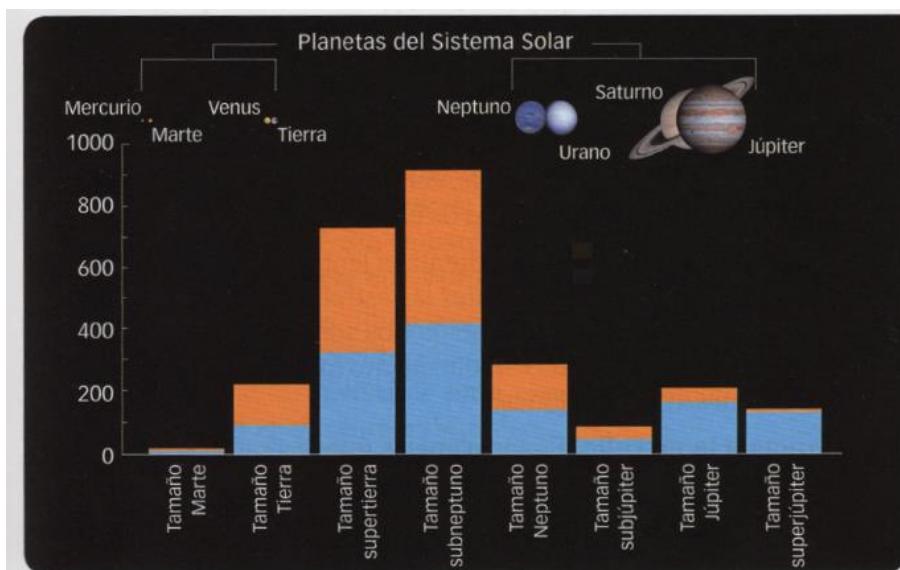
- El planeta ejerce una pequeña atracción gravitatoria sobre su estrella. Esta describe, por tanto, una pequeña órbita o bamboleo.



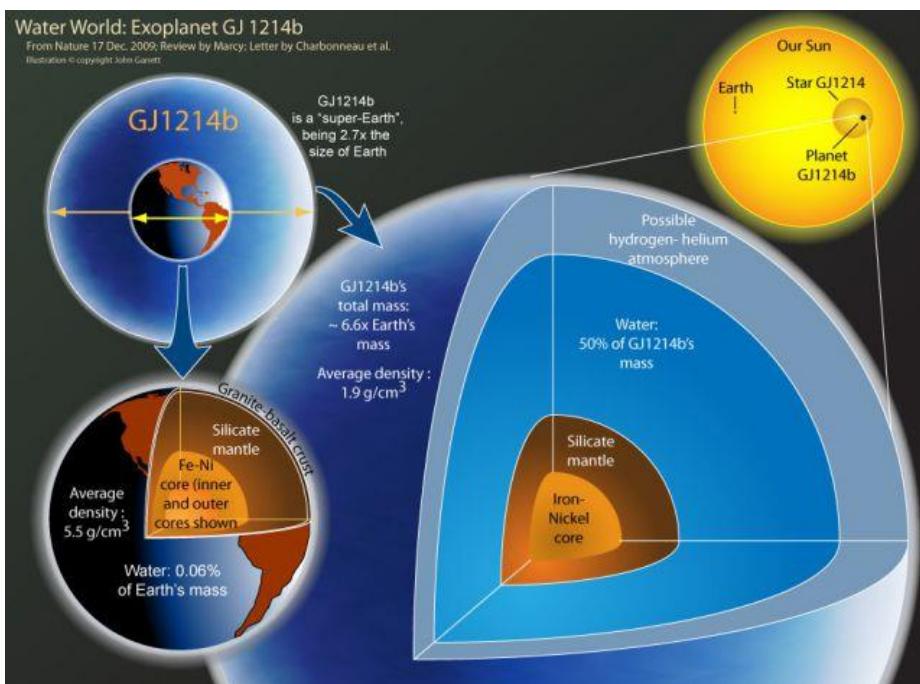
¿Se parecen estos otros sistemas planetarios a nuestro Sistema Solar? Los primeros datos parecían indicar lo contrario: la mayoría de los exoplanetas eran gigantes de gas (algunos, mucho mayores que Júpiter) y estaban situados junto a su estrella, con frecuencia más cerca de ella que Mercurio del Sol. Los científicos llegaron a la conclusión de que estos planetas habían migrado hacia sus estrellas después de formarse, como hicieron, en un trayecto menor, Júpiter y Saturno en el Sistema Solar joven.

### Los exoplanetas. Situación actual

A medida que han ido mejorando los instrumentos y las técnicas de observación, se han ido descubriendo planetas cada vez menores. Los que tienen una masa intermedia entre la Tierra y Urano se han llamado **Supertierras** y han despertado una gran curiosidad, dado que no hay ninguno parecido en nuestro sistema. Por último, también se han descubierto planetas de tamaño semejante al de la Tierra. Teniendo en cuenta que solo se ha explorado un pequeñísimo rincón de la galaxia, y aplicando el Principio Cosmológico, se ha estimado que en la Vía Láctea existirán tantos planetas como estrellas, o sea unos 100 000 millones, de los cuales unos 20 millones serían parecidos a la Tierra.



**Exoplanetas descubiertos hasta mayo de 2016.** En naranja se representan los 1284 planetas comunicados el 10 de mayo de 2016 por el equipo del Kepler y en azul, todos los descubiertos anteriormente. Planetas de tamaño Marte: 0,5 a 0,7 radios terrestres ( $R_{\oplus}$ ); tamaño Tierra: 0,7 a 1,2  $R_{\oplus}$ ; tamaño supertierra: 1,2 a 1,9  $R_{\oplus}$ ; tamaño subneptuno: 1,9 a 3,1  $R_{\oplus}$ ; tamaño Neptuno: 3,1 a 5,1  $R_{\oplus}$ ; tamaño subjúpiter: 5,1 a 8,3  $R_{\oplus}$ ; tamaño Júpiter: 8,3 a 13,7  $R_{\oplus}$ ; tamaño superjúpiter: 13,7 a 22  $R_{\oplus}$ .



GJ1214-b es la primera supertierra, descubierta en 2009. Con una masa 6,6 veces mayor que la terrestre, probablemente consta de un núcleo de hierro y roca envuelto por un profundo océano.

### ¿Planetas sin estrella? Los planetas libres

Aún queda otra sorpresa: en 2000, una investigadora española, M. Rosa Zapatero, descubrió numerosos planetas cerca de la nebulosa de Orión. Lo revolucionario es que estos planetas no giran alrededor de ninguna estrella, sino que flotan libremente. Por ello, se los llamó **planetas libres**.

Probablemente hayan despedidos de un sistema planetario por interacciones con otros. Abundan tanto que su número podría ser varias veces superior al de los planetas de los sistemas estelares. De ser así, el número de planetas en el universo sería mucho mayor que el de estrellas.

### 5. La astrobiología: vida fuera de la Tierra

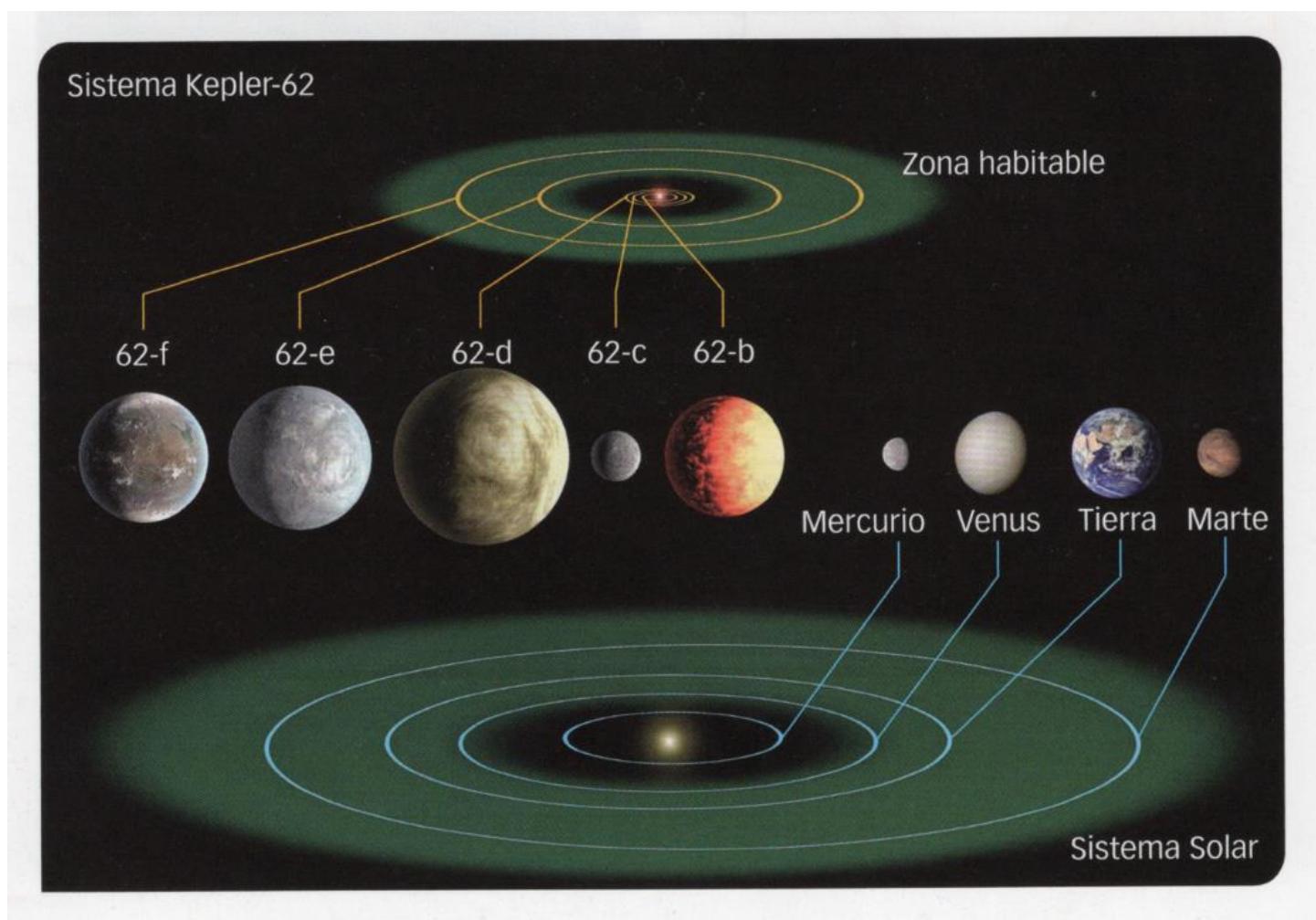
Puesto que la vida del tipo que conocemos solo se puede asentar en un planeta, la revolución de los exoplanetas ha estimulado la búsqueda de vida en el universo, dando lugar al nacimiento de una nueva rama de la ciencia, la astrobiología. El agua es imprescindible para la vida en la Tierra. Es probable que también sea necesaria para que exista vida en otros planetas.

#### Requisitos necesarios para la vida

¿Qué deberían buscar los astrobiólogos para hallar vida fuera de nuestro planeta? La NASA ha propuesto que la mejor pista es el agua líquida, un requisito imprescindible para nuestra biología. Además, los científicos han planteado los siguientes requisitos mínimos:

- **Situación en la galaxia.** Los planetas próximos al centro de una galaxia tendrán una vida complicada, cerca del agujero negro y con una gran densidad de estrellas, algunas de ellas inestables como Eta Carinae.
- **Tipo de estrella.** Teniendo en cuenta la lentitud de la evolución biológica en la Tierra, son interesantes las estrellas de evolución prolongada. Las preferidas de los astrobiólogos son las de tipo K, algo más frías que el Sol pero de vida estable mucho más larga, 25000 millones de años contra 10000 millones.
- **Distancia a la estrella.** En los planetas muy cercanos o muy lejanos a su estrella, la temperatura será demasiado alta o demasiado baja para que exista agua líquida. Así se define la zona de habitabilidad, que depende de la temperatura de la

estrella.



Dos sistemas planetarios comparados. Arriba, el que orbita en torno a la estrella Kepler 62; debajo, la parte interna del Sistema Solar. En verde, las zonas de habitabilidad. El planeta Kepler-62f es una supertierra que podría ser habitable.

- **Masa del planeta.** La vida necesita una atmósfera de densidad moderada como regulador térmico. Un planeta muy masivo atraerá muchos gases, que generarán una presión atmosférica aplastante; uno demasiado pequeño carecerá de atmósfera, como Mercurio, o tendrá una atmósfera demasiado tenue, como Marte.
- **Composición de la atmósfera.** Deberá ser lo bastante rica en gases de invernadero para calentar el planeta, pero no en exceso.

### Requisitos favorables para la vida

Los anteriores parecen los requisitos imprescindibles para que un planeta albergue vida. Además, algunos astrobiólogos proponen otros requisitos, aunque son discutibles y no claramente imprescindibles.

- **Presencia de planetas gigantes en el sistema.** Estos planetas podrían limpiar el sistema planetario de asteroides peligrosos. Sin embargo, Júpiter es el culpable de la existencia del cinturón de asteroides, el mayor depósito de proyectiles del planeta, así que este requisito parece un arma de dos filos.
- **Un núcleo metálico parcialmente fundido y en convección.** Estos son los requisitos para que el planeta tenga un campo magnético, que es una buena protección contra el viento estelar y los rayos cósmicos. Sin embargo, en la Tierra hay bacterias resistentes a la radiación, que podrían vivir sin campo magnético, por lo que este no parece un requisito indispensable.
- **Un satélite grande, como la Luna.** En teoría, la Luna impide que el eje de rotación cabecee (como el eje de una peonza),

algo que haría el clima muy inestable. Sin embargo, la biosfera terrestre ha sobrevivido a través de climas extremos provocados por distintas causas.

- **Tectónica de placas.** El movimiento de los continentes y cuencas oceánicas estimula la evolución al hacer cambiar los ambientes y el clima. Es un factor favorable para una biosfera compleja como la nuestra, pero no parece imprescindible.

### SABER MÁS

#### Buscando Tierra 2.0

Así se ha denominado al planeta gemelo de la Tierra que aún no se ha localizado pero que todos los astrobiólogos luchan por encontrar. ¿Existe realmente este planeta? Como se estima que en la galaxia debe de haber unos veinte millones de planetas semejantes a la Tierra, tendría que existir. ¿Podría ser Kepler-22b? Está en la zona habitable de su sistema, pero es demasiado grande... ¿Y Kepler 69c? Su estrella es de tipo Sol, pero por su

tamaño y órbita hay que temer que este planeta se parezca más a Venus. ¿Y Kepler-452b? Por temperatura y composición es casi perfecto, pero es ligeramente grande; y sabemos tan poco de las supertierras... Kepler 62f está en la zona habitable de una estrella más pequeña y fría que el Sol. ¿Recibirá energía suficiente? ¿Tal vez Kepler-186f? No, el tamaño y la distancia son perfectos, pero la estrella es muy poco luminosa.

Los astrobiólogos siguen buscando...

