

# Grupo Universitario de Astronomía



## Las lunas de Júpiter

**Daniel Camarero Muñoz**  
Grupo Universitario de Astronomía

Si las Voyager nos enviaron descubrimientos impactantes, en 1979, como el vulcanismo de Io, las pocas observaciones que realizó la sonda Galileo al sistema de Júpiter, aunque afectadas por anomalías de la misión y reducidas respecto a las expectativas iniciales, fueron suficientes para advertir que las lunas heladas esconden el mayor interés de la exploración del sistema solar: agua bajo una superficie helada; éste es el caso de Europa que ha pasado a ser considerado objetivo de alto interés.

---

### Introducción

Júpiter es uno de los planetas del Sistema Solar con más historia. Ya era conocido por los griegos, quienes le dieron la categoría de Dios. Sin embargo, no se le puede atribuir un descubridor, ya que éste

puede ser observado a simple vista en determinados momentos del año.

Para descubrir la primera de sus lunas tuvimos que esperar hasta el año 1610. Fue Galileo quien dirigiendo su rudimentario telescopio hacia Júpiter, pudo ver que le acompañaban 3 cuerpos. Días

---

*Revista de Ciencias*, 2, 35-40, junio 2013  
ISSN: 2255-5943

después con su empeño, descubrió uno más, no podían ser estrellas, pues había observado que orbitaban alrededor del planeta, por lo que les otorgó la categoría de satélites, los primeros que orbitaban un cuerpo diferente a la Tierra o al Sol.

A partir de finales del siglo XIX, un gran número de estas lunas han sido descubiertas.

Las naves "Voyager" también colaboraron en el estudio del sistema de Júpiter. En 1996 se puso en marcha el proyecto "Galileo", dedicado a profundizar el estudio de los satélites de ese sistema. Las observaciones realizadas hasta la fecha por el proyecto Galileo, han permitido que hasta el año 2011 se puedan contabilizar un total de 67 satélites, número que, desde entonces, sigue aumentando.



En la imagen, dos telescopios de Galileo conservados (Museo de Historia de la Ciencia de Florencia)

## Observar los satélites de Júpiter

Las cuatro lunas más grandes fueron descubiertas por Galileo, que según el orden de su distancia a Júpiter son: Ío, Europa, Ganímedes y Calisto; de ahí el nombre de galileanas.

A pesar de lo que mucha gente cree, bastan unos simples prismáticos para seguir el movimiento, durante unas horas, de las cuatro principales lunas. Además, muchas revistas de astronomía publican cada mes la posición de dichos satélites, por lo que sin ayuda de telescopio, con los prismáticos podemos identificarlos perfectamente. Tanto es así que en el siglo XVII Ole Romer utilizó los desfases de tiempo en sus ocultaciones sobre Júpiter para medir

la velocidad de la luz con gran precisión para la época.

Su tamaño oscila entre 0,9 y 1,5 veces el de nuestra Luna. Cada una tiene una personalidad distinta y todas giran alrededor de Júpiter en órbitas casi circulares y en un plano cercano al nivel del ecuador del planeta. En todo caso, una larga lista de satélites están siendo descubiertos; sólo a modo de indicación, y por orden de proximidad al planeta, los satélites más cercanos son los siguientes:

Nombre	Fecha	Diámetro (km)	Masa (kg)	Radio orbital (km)
Metis	1979	43	$1,2 \times 10^{17}$	128.000
Adrastea	1979	26×20×16	$7,5 \times 10^{15}$	129.000
Amaltea	1892	262×146×134	$2,1 \times 10^{18}$	181.400
Tebe	1979	110×90	$1,5 \times 10^{18}$	221.900
Ío	1610	3643	$8,9 \times 10^{22}$	421.800
Europa	1610	3122	$4,8 \times 10^{22}$	671.100
Ganímedes	1610	5262	$1,5 \times 10^{23}$	1.070.400
Calisto	1610	4821	$1,1 \times 10^{23}$	1.882.700
Temisto	2000	8	$6,9 \times 10^{14}$	7.284.000
Leda	1974	20	$1,1 \times 10^{16}$	11.165.000

## Las lunas galileanas

### Ío

Tiene 3.643 km de diámetro y órbita a 421.800 km de Júpiter en poco más de un día y medio, su órbita se ve afectada por el campo magnético de éste y por la proximidad de Europa y Ganímedes. Posee una fina atmósfera compuesta por dióxido de azufre.

Es rocoso, con la mayor actividad volcánica de todo el Sistema Solar, muy probablemente provocada por la atracción de Júpiter, Europa y Ganímedes, que hacen que se contraiga y se dilate, sometiendo a su corteza a continuos abombamientos. Como resultado de ello, tiene más de 400 volcanes que crecen y decrecen con la actividad del mismo. Es capaz de expulsar al espacio magma a una altura de 350 km y nubes de azufre que pueden alcanzar los 500 km de altura.

Estudios en el infrarrojo, desde la Tierra, muestran que algunas regiones del satélite cubiertas por flujos de lava, alcanzan temperaturas de hasta 2.000 K (aunque las temperaturas medias registradas son mucho más frías, cercanas a los 130 K).

Cuando la sonda Voyager 1 envió las primeras imágenes cercanas de Ío en 1979, los científicos esperaban encontrar gran cantidad de cráteres cuya densidad proporcionara datos sobre la edad del satélite; en contra de lo esperado, Ío no tiene prácticamente cráteres. Ello es debido a la actividad volcánica tan intensa que ha borrado por completo las señales de cráteres provocados por impactos en su superficie.

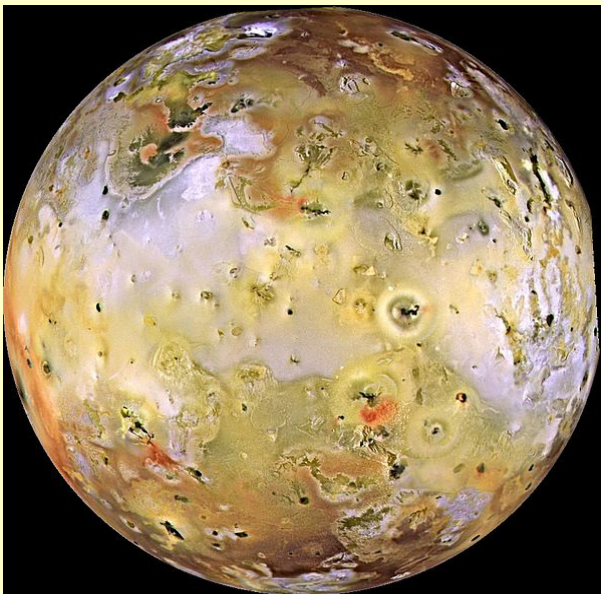


Imagen de Ío en su color verdadero, observada por la Sonda Galileo (NASA)

### **Europa**

Tiene 3.122 km de diámetro y completa su órbita en tres días y medio, a 671.100 km de Júpiter. Su brillante superficie es una lisa capa de hielo de unos 100 km de espesor (hielo en la corteza y en forma de océano líquido bajo el hielo). Fue la sonda Galileo la que puso en evidencia la existencia de un océano líquido debajo del hielo.

Está compuesta por rocas de silicio mezcladas con al menos un 5% de agua. Probablemente su núcleo sea metálico (hierro), y se han observado algunos accidentes geográficos de más de cien metros de altura, lo que indica que su superficie es joven y geológicamente activa. Asimismo el telescopio Hubble ha permitido detectar una fina atmósfera de oxígeno, de origen no biológico, probablemente debido al vapor de agua que se produce por la

interacción de la luz con su superficie y que, posteriormente, se divide en oxígeno e hidrógeno. El hidrógeno consigue escapar de la gravedad de Europa, pero no así el Oxígeno.

El mayor interés por Europa reside en la posibilidad de que puedan desarrollarse formas de vida acuática en las zonas más calientes de su océano, gracias al calor procedente del núcleo. Se trata de una situación también presente en nuestro planeta, en las profundidades de los océanos, cerca de las chimeneas volcánicas, como en el Lago Vostok, un lago subglacial en la Antártida.

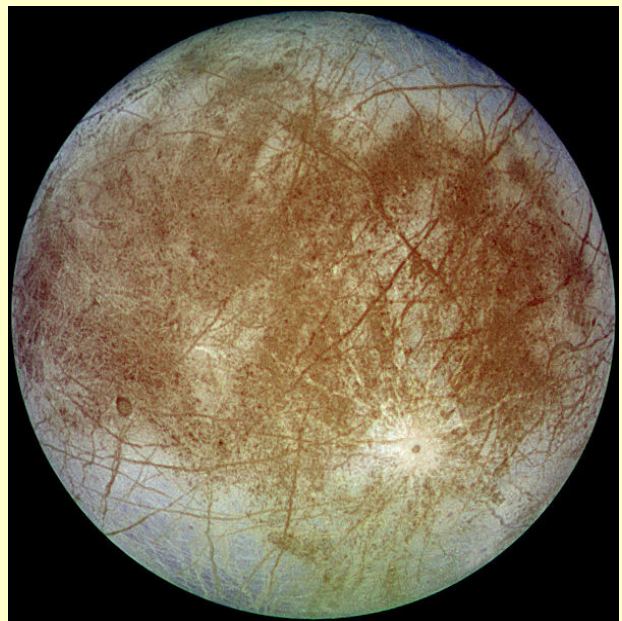


Imagen de Europa tomada el 7 de septiembre de 1996 por la nave espacial Galileo (NASA)

### **Ganímedes**

Tiene 5262 km de diámetro y completa su órbita a 1.070.400 km de Júpiter en unos siete días. Es el satélite más grande de Júpiter y del Sistema Solar, de hecho, es mayor que el planeta Mercurio. También tiene un campo magnético propio (del orden del 10% de fuerza comparado con el terrestre), por lo que se cree que su núcleo puede contener metales.

Es el más brillante de los satélites galileanos. Posee una superficie helada, llena de contrastes, cubierta por complejos sistemas de surcos, que indican un pasado con varias fases de actividad en su corteza. Algunos de los más grandes cráteres de impacto de su superficie son palimpsestos, formados por el lento flujo del hielo, (como en un glaciar).

Uno de sus rasgos más importantes es una llanura oscura llamada "Galileo regio", así como una serie de cráteres concéntricos remanentes de un cráter de

impacto antiguo. La sonda Galileo descubrió que Ganímedes tiene su propia magnetosfera, lo que obligó a los científicos a revisar las ideas sobre su estructura, que creía en un núcleo rocoso rodeado de agua con una capa de hielo, mientras que ahora se piensa en un núcleo formado por hierro fundido rodeado de un manto rocoso cubierto por hielo.

El Telescopio Espacial Hubble ha encontrado evidencias de oxígeno en una tenue atmósfera en Ganímedes, muy similar a lo encontrado en Europa.



Ganímedes (Foto: NOAA)

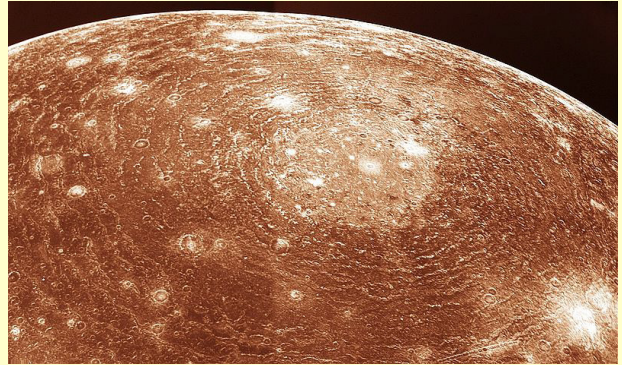
### **Calisto**

Tiene 4821 km de diámetro y completa su órbita a 1.882.700 km de Júpiter en unos diecisiete días. Es el satélite más externo de los cuatro galileanos.

Está compuesto, aproximadamente, por un 60% por rocas y hielo, y un 40% por hielo y agua. Posee una superficie helada cubierta uniformemente con cráteres de impacto y pequeñas muestras de la actividad tectónica, igualmente observada en los demás satélites galileanos. Tiene diversas cuencas con varios anillos, siendo la más grande de ellas "Valhalla", de 4000 km de ancho, (la mayor del Sistema Solar).

Posee una atmósfera muy tenue, compuesta principalmente por dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  y probablemente oxígeno. Con una atmósfera tan escasa como esta, las moléculas se escaparían en sólo cuatro días, por eso, se supone tiene que haber algún fenómeno que reponga el  $\text{CO}_2$  que se pierde, hecho que aún no ha sido descubierto.

La sonda Galileo detectó variaciones del campo magnético alrededor del satélite (que no propio) que, según los científicos, pueden haber sido causadas por las corrientes eléctricas que circulaban por un hipotético océano salado debajo de su corteza helada.



Cráter de Valhalla en Calisto. (NASA)



El satélite Calisto, por la sonda Galileo (NASA)

### **Satélites interiores y exteriores**

Cabe destacar la existencia de un grupo de satélites interiores: Metis, Adrastea, Amaltea y Tebe, cuyas órbitas son menores que la de Ío. Debido a los constantes impactos de meteoritos que reciben, la gran cantidad de polvo que se desprende pasa a engrosar los anillos de Júpiter (porque Júpiter tiene anillos), lo que podría provocar que los más cercanos, Metis y Adrastea, pudieran llegar a formar una órbita en espiral.

Al pasar la órbita de Calisto encontraremos situaciones curiosas, como la de Leda, Himalia, Lisitea y Elara, que podrían ser fragmentos de un asteroide desintegrado. Tras ellos, existen satélites orbitando en sentido contrario al de los interiores, que podrían ser más bien asteroides atrapados.

### ¿Y ahora qué?

Tras las contribuciones aportadas por las misiones Pioneer 10 (Jupiter Flyby), Voyager y Galileo, se puede decir que disponemos de gran cantidad de información sobre los satélites de Júpiter y del propio planeta, pero todos los datos que se han recogido y las teorías elaboradas, por ejemplo, sobre la existencia de océanos bajo las cortezas de las grandes lunas, han de ser aún corroboradas.

Existe una misión en proceso, cuyo objetivo es el estudio de los mundos habitables alrededor de los gigantes gaseosos. Se trata de la misión JUICE (*Jupiter ICy moons Explorer*), y como no podía ser de otra manera, el objetivo es Júpiter y sus 4 principales lunas. El profesor Abel calle realizó una breve introducción sobre esta misión en el artículo "La exploración del Sistema Solar" del primer número de la Revista de Ciencias, por lo que vamos a adentrarnos más en este tema.

### La misión JUICE

Se trata de una misión de clase L (Large, de mayor tamaño) del programa *Comic Vision 2015-2025* de misiones espaciales de la ESA (Agencia Espacial Europea, <http://www.esa.int>). Aportará información específica de cada área que dieron a conocer las misiones anteriores. Servirá para aprobar o desechar las teorías sobre las que se ha venido hablando estos últimos años, ya que permitirá abordar los problemas con una capacidad muy superior a estas últimas.

Estructura y objetivos de la misión:

#### Temas de interés

- ¿Cuáles son las condiciones necesarias para la formación de planetas y la aparición de vida?
- ¿Cómo funciona el Sistema Solar?

#### Objetivos principales de la misión:

- Explorar la posible aparición de mundos habitables alrededor de los gigantes gaseosos.
- Estudiar el Sistema Joviano como modelo para los gigantes gaseosos (con gran detenimiento en las lunas galileanas).

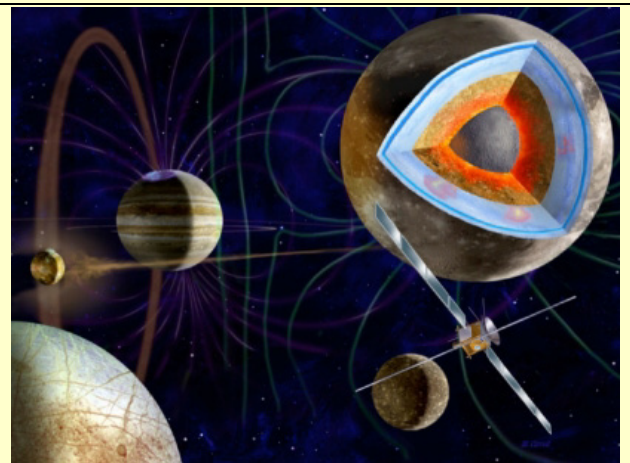
#### Objetivos científicos

- El entendimiento del Sistema Joviano: Tanto

el entendimiento como el conocimiento de su historia, pueden aportar un nuevo punto de vista respecto a cómo han evolucionado estos gigantes gaseosos y sus lunas.

- Los océanos internos: La caracterización de las condiciones que podrían haber llevado a la aparición de entornos habitables en las lunas heladas jovianas, con especial interés en Ganímedes, que presenta un "laboratorio natural" extenso y es la única luna con campo magnético propio.

El estudio de Ganímedes se centrará en la caracterización de las capas oceánicas y reservas de agua en la subsuperficie, la realización de mapas topográficos, geográficos y composicionales sobre la superficie, el estudio de la corteza helada, la caracterización de la distribución de masas interior y de su evolución, la investigación sobre su exosfera y el estudio del campo magnético propio y su interacción con el de Júpiter.



Interpretación artística de la interacción de los campos magnéticos de Júpiter y Ganímedes (ESA)

Respecto a Europa, el objetivo principal está en la búsqueda de la química esencial para la vida, las moléculas orgánicas y el entendimiento de la formación y características de la parte no helada de su corteza. Además, JUICE proporcionará las primeras fotografías de la cara oculta de Europa y la determinación del espesor mínimo de su corteza helada en las regiones más activas.

Júpiter como un modelo para gigantes gaseosos:

Se estudiará la atmósfera de Júpiter, estructura, dinámica y composición, así como la meteorología y química de las nubes de la termosfera. Se podrá calcular la evolución de los sistemas climáticos y mecanismos de transporte de energía, impulso y potencial de las diferentes capas. El estudio de la magnetosfera se afrontará con la investigación de las propiedades tridimensionales del disco magnético y en profundidad de la magnetosfera, ionosfera y

termosfera. Se estudiarán las auroras y emisiones de radio. JUICE también estudiará la interacción de las lunas con la magnetosfera, el acoplamiento gravitacional y la evolución de las mareas a largo plazo.

### Lanzador y maniobras orbitales

Será lanzada por el cohete Ariane 5 (cohete usado en las misiones de la ESA). Los principales impulsores de la aeronave están pensados para la gran distancia al Sol, para el aprovechamiento de la energía solar y la radiación de Júpiter. Los paneles solares están preparados para bajas intensidades y temperaturas en un ambiente dominado por electrones.

Las inserciones en las órbitas de Júpiter y Ganímedes y el gran número de maniobras de sobrevuelo (más de 25 asistencias y Flybys), requiere que la cantidad de combustible alcance unos 3000 kg.



Lanzador Ariane 5 (ESA)

### Instrumentación

La nave espacial tiene incorporados los instrumentos de teledetección geofísica más potentes jamás lanzados al Sistema Solar exterior: está equipada con diez instrumentos de última generación que le permitirán medir las propiedades

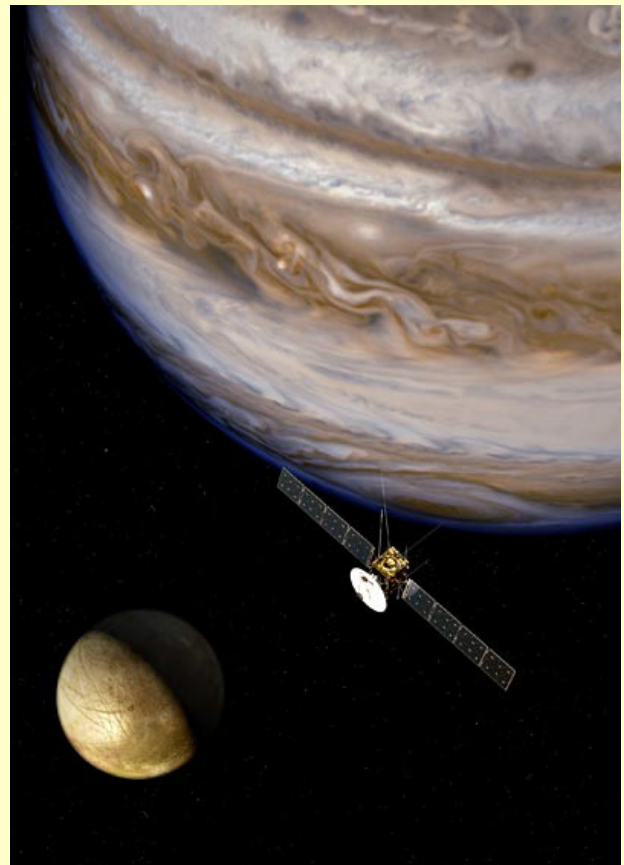
de la atmósfera de Júpiter, el campo magnético y el plasma del entorno, así como las propiedades de la corteza y el interior de las tres lunas heladas, Ganímedes, Europa y Calisto.

### Escenario y operaciones

La nave será lanzada en junio de 2022 por el cohete Ariane 5, que usará la asistencia gravitatoria de Venus y la Tierra para alcanzar el objetivo tras de 7,6 años de viaje. Después de la inserción en la órbita de Júpiter en enero de 2030, realizará un viaje por el Sistema Joviano centrándose preferentemente en las observaciones.

Durante este viaje, la gravedad de Calisto y Ganímedes asistirá a la nave, así como los dos Flybys que hay programados para Europa. Posteriormente, se empleará la asistencia de Calisto para alcanzar una inclinación de casi 30º y habilitar la observación de las regiones polares de Júpiter.

La misión culminará con su dedicación al estudio de Ganímedes durante 8 meses.



Representación artística de la misión Juice explorando el sistema joviano (Foto: ESA)