



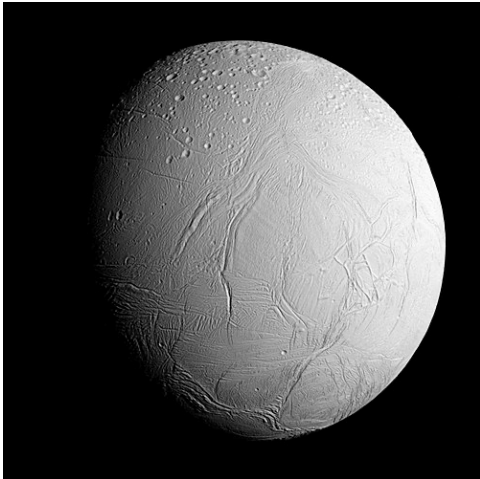
# Encélado (satélite)

**Encélado** es el sexto satélite más grande de Saturno con algo más de 500 km de diámetro,<sup>8</sup> aproximadamente la décima parte del de Titán, el mayor satélite saturniano. Está cubierto por una capa de hielo que refleja casi toda la luz solar que incide sobre él, por lo que la temperatura superficial es muy baja: −198 °C a mediodía. A pesar de su pequeño tamaño, tiene una amplia variedad de rasgos superficiales que van desde regiones antiguas salpicadas de cráteres a terrenos jóvenes y deformados tectónicamente que se formaron hace apenas cien millones de años.

Fue descubierto el 28 de agosto de 1789 por William Herschel, pero se sabía muy poco de él hasta que las sondas Voyager pasaron muy cerca a principios de la década de 1980.<sup>9</sup> En 2005, la sonda Cassini comenzó una serie de sobrevuelos que revelaron mayores detalles. En concreto, descubrió penachos ricos en agua en el polo sur.<sup>10</sup> Los criovolcanes cercanos al polo sur expulsaban al espacio, en forma de géiseres, chorros de vapor de agua, otras sustancias volátiles y material sólido que incluía cristales de cloruro sódico y partículas de hielo, con tasas de expulsión de hasta doscientos toneladas por segundo.<sup>11</sup> Se han identificado más de cien géiseres.<sup>12</sup> Parte del vapor de agua cae de nuevo en forma de nieve; el resto escapa y suministra la mayor parte del material que constituye el anillo E.<sup>13</sup> Según científicos de la NASA, la composición de los penachos es similar a la de los cometas.<sup>14</sup> En 2014, la NASA informó que había encontrado pruebas de la presencia de un gran océano subsuperficial de agua en el polo sur de unos diez kilómetros de espesor.<sup>15</sup>

Se encuentra en resonancia orbital 2:1 con Dione, situación similar al caso de Io y Europa, lo cual pudiera proveer la energía necesaria para calentar levemente este satélite, aunque la causa (o causas) del calentamiento de Encélado es un tema de investigación; de hecho, la producción de calor en el polo sur de este satélite es de casi dieciséis megavatios, diez veces más de lo que se pensaba, y cuyo origen es desconocido por ahora.<sup>16</sup>

## Encélado



Mosaico de veintiuna imágenes del polo sur de Encélado tomadas por la sonda Cassini el 14 de julio de 2005. Se ven terrenos craterizados arriba a la derecha y abajo las llamadas rayas de tigre donde se originan los géiseres. Encélado es uno de los objetos más activos del sistema solar.

### Descubrimiento

<b>Descubridor</b>	<u>William Herschel</u>
<b>Fecha</b>	28 de agosto de 1789
<b>Designaciones</b>	Saturno II
<b>Categoría</b>	<u>satélite natural de Saturno</u>
<b>Orbita a</b>	<u>Saturno</u>
<b>Magnitud aparente</b>	11,7 <sup>1</sup>

### Elementos orbitales

<b>Inclinación</b>	0,019° (al ecuador de Saturno)
<b>Semieje mayor</b>	237 948 km
<b>Excentricidad</b>	0,0045 <sup>2</sup>

### Elementos orbitales derivados

<b>Período orbital sideral</b>	32 h 53 m
<b>Radio orbital medio</b>	238 000 km (centro de Saturno)
<b>Satélite de</b>	<u>Saturno</u>

### Características físicas

<b>Masa</b>	(1,08022±0,00101)×10 <sup>20</sup> kg <sup>3</sup>
-------------	--

Debajo de la superficie del satélite existe un océano global de agua líquida, como una capa entre el hielo de la superficie y el núcleo rocoso. Probablemente es calentado por muchas fuentes hidrotermales, lo que despierta gran interés al existir las condiciones necesarias para la vida.

En abril de 2017 la NASA notificó que en la superficie del satélite existen géiseres y fumarolas que expulsan vapor de agua desde su océano. Según los científicos este vapor expulsaría elementos químicos entre los que se encuentra el hidrógeno, lo que haría factible la posibilidad de vida microbiana.<sup>17 18</sup>

## Historia



William Herschel, descubridor de Encélado. Retrato de Lemuel Francis Abbott.

### Descubrimiento y denominación

Encélado fue descubierto por William Herschel el 28 de agosto de 1789 con su nuevo telescopio de 1,2 m, entonces el mayor del mundo.<sup>19 20 21 22</sup> El satélite recibe su nombre por el gigante Encélado de la mitología griega.<sup>19</sup> El nombre fue propuesto por John Herschel en su publicación de 1847 de los resultados de sus observaciones astronómicas en el cabo de Buena Esperanza.<sup>23</sup> También se le denomina Saturno II.<sup>19</sup>

	(1,8×10 <sup>−5</sup> masas de la tierra)
<b>Dimensiones</b>	513,2×502,8×496,6 km <sup>4</sup>
<b>Densidad</b>	1,609±0,005 g/cm <sup>3</sup> <sup>4</sup>
<b>Radio</b>	252,1 kilómetros
<b>Diámetro</b>	504,2±0,4 km <sup>4</sup> (0,0395 radio de la tierra)
<b>Gravedad</b>	0,114 m/s <sup>2</sup> (0,0113 g)
<b>Velocidad de escape</b>	0,239 km/s (860,4 km/h)
<b>Periodo de rotación</b>	síncrono con su órbita
<b>Inclinación axial</b>	0,0°
<b>Albedo</b>	1,375±0,008 (geométrico) or 0.99 (Bond) <sup>5</sup>
<b>Características atmosféricas</b>	
<b>Presión</b>	variabilidad espacial significativa
<b>Temperatura</b>	promedio de 75 K min. 32,9 K max. 145 K <sup>6</sup>
<b>Composición</b>	91 % vapor de <u>agua</u> 4 % <u>nitrógeno</u> 3,2 % <u>dióxido de carbono</u> 1,7 % <u>metano</u> <sup>7</sup>

## Observación

Su débil magnitud aparente (11,7) y su proximidad al mucho más brillante Saturno y a sus anillos dificultan la observación del satélite desde la Tierra con telescopios pequeños. Al igual que muchos satélites de Saturno descubiertos antes de la era espacial, Encélado se observó por primera vez durante un equinoccio de Saturno cuando la Tierra y los anillos saturnianos están en el mismo plano. En ese momento, la reducción del brillo de los anillos hace que los satélites sean más fáciles de observar.<sup>24</sup> Antes de las misiones de las sondas *Voyager* el conocimiento de Encélado había avanzado poco desde que Herschel lo descubriese. Solo se conocían con precisión sus características orbitales, mientras que su masa, albedo y densidad eran simples estimaciones.

## Órbita

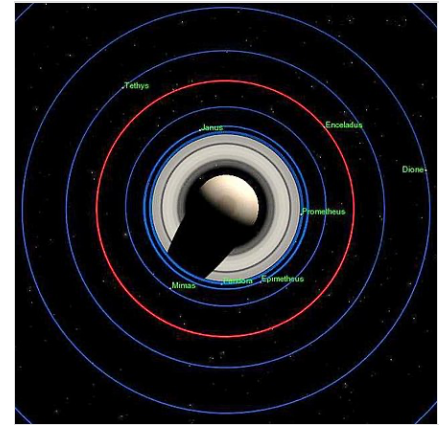
Encélado es uno de los principales satélites interiores de Saturno junto con Dione, Tetis y Mimas. Es el decimocuarto más alejado del planeta y orbita dentro de la parte más densa del anillo E, la parte más exterior de los anillos de Saturno.

Encélado orbita en torno a Saturno a una distancia de 238 000 km del centro del planeta y 180 000 km de la cima de sus nubes, entre las órbitas de Mimas y Tetis, y tarda 32,9 horas en completar la órbita (suficiente para que pueda ser observado en una única noche de observación). Encélado está en resonancia orbital 2:1 con Dione (satélite), completando dos órbitas con Saturno por cada una que completa Dione. Esta resonancia ayuda a mantener la excentricidad orbital de Encélado (0,0047) y proporciona una fuente de calor a la actividad geológica de Encélado.<sup>2</sup>

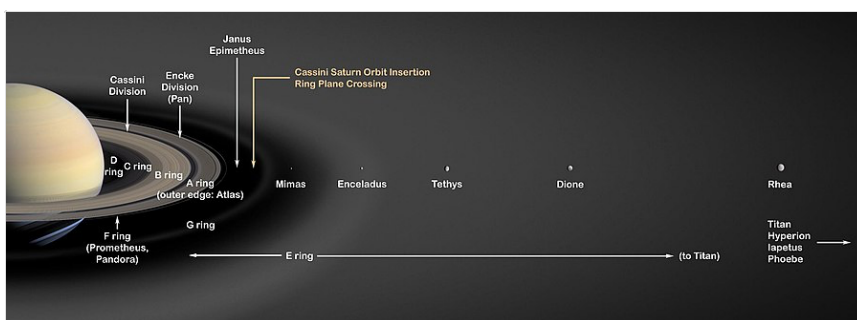
## Interacción con el anillo E

El anillo E de Saturno es el anillo más amplio y exterior de Saturno. Es un disco muy amplio y difuso compuesto por material microscópico de hielo o polvo. Empieza en la órbita de Mimas y acaba en algún lugar alrededor de la órbita de Rhea, aunque algunas observaciones sugieren que se extiende más allá de la órbita de Titán, con 1 000 000 km de ancho. Sin embargo, numerosos modelos matemáticos demuestran que tal anillo es inestable, con una longevidad de entre 10 000 y 1 000 000 de años. Por lo tanto, las partículas que lo componen tienen que reponerse constantemente. Encélado orbita dentro de este anillo, en la zona donde es más estrecho y denso. Varias teorías sospechan que Encélado es la principal fuente de partículas del anillo E. Esta hipótesis fue sustentada por el sobrevuelo de Cassini.

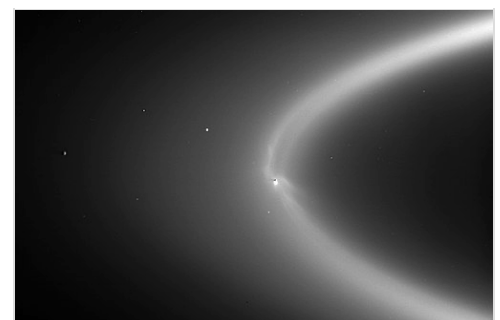
Hay dos mecanismos alimentando al anillo con partículas.<sup>25</sup> La primera fuente de partículas, y posiblemente la más importante, es una columna criovolcánica situada en la región polar sur de Encélado. Mientras que la mayoría de las partículas caen y vuelven a la superficie, algunas escapan de la gravedad de Encélado y entran en la órbita de Saturno, ya que la velocidad de escape es de sólo 866 km/h. La segunda fuente es el bombardeo de meteoritos de Encélado, que levanta partículas de polvo de la superficie. Este mecanismo no es único de Encélado sino que es válido para todas las lunas de Saturno que orbitan dentro del anillo E.



Vista de la órbita de Encélado (resaltada en rojo) desde el polo norte de Saturno.



Vista lateral de la órbita de Encélado, mostrándolo en relación con el anillo E de Saturno.



Encélado orbitando junto con el anillo E de Saturno.

## Características físicas

### Rotación

Al igual que ocurre con los satélites más grandes de Saturno, Encélado rota en sincronía con su periodo orbital, de modo que la misma cara del satélite apunta siempre hacia Saturno. A diferencia de la Luna, Encélado no parece librar sobre su eje de rotación (más de 1,5°). Sin embargo, los análisis de la forma de Encélado sugieren que en algún momento estuvo en una órbita forzada 1:4 de libración. Esta libración, como la resonancia con Dione, podría haber proporcionado a Encélado una fuente de calor adicional.

## Interior

Se sabe relativamente poco sobre el interior de Encélado. Sin embargo, se ha podido averiguar algo cuando la nave Cassini/Huygens lo sobrevoló. Según los efectos que la gravedad de Encélado ha tenido en la trayectoria de la nave *Cassini*, el grupo de navegación determinó que posee una masa de  $1,08 \times 10^{20}$  kg; combinando esta información con los datos sobre su tamaño se obtiene una densidad de 1,61 g/cm<sup>3</sup>, la cual es un poco más alta que la de los otros satélites medianos de Saturno.

Luego de un análisis exhaustivo de cientos de fotografías, el equipo científico de Cassini determinó con exactitud extrema los movimientos de rotación y libración del satélite. El movimiento de libración determinado (al ser alto) coincide con la existencia de un océano líquido global debajo de la superficie de hielo. Por tanto, se determinó que existe un núcleo rocoso, rodeado por un océano global, cubierto totalmente por una capa de hielo que es la superficie.<sup>26 27</sup>

Anteriormente —al analizar los chorros de hielo y polvo que emanaban del hemisferio sur— se pensaba que podría haber agua líquida en forma localizada en partes de ese hemisferio, calentadas por posibles fuentes hidrotermales. Sin embargo, los últimos descubrimientos señalan agua líquida en forma de océano global, lo que hace pensar en muchas fuentes hidrotermales a lo largo de la superficie rocosa, al fondo del océano, lo que a su vez despierta gran interés por la posible existencia de vida alimentada por dichas fuentes.<sup>26 27</sup>

## Superficie

En agosto de 1981, la nave *Voyager 2* pudo obtener imágenes con las cuales se podía estudiar la geología del satélite. La foto superior muestra la imagen de mejor resolución obtenida por la nave *Voyager 2*, donde se pueden apreciar diferentes tipos de superficies como regiones con cráteres y regiones lisas y jóvenes. Dado que existen pocos cráteres en las regiones lisas, se piensa que estas son más o menos jóvenes (menos de 100 millones de años). Esto sugiere que Encélado debe haber estado activo geológicamente muy recientemente, quizás con criovulcanismo u otro proceso que renueve su superficie. El hielo fresco que cubre la superficie hace que tenga el albedo más alto del sistema solar (0.99), lo que redundo en una baja temperatura promedio de −193 °C.

La craterización a través de impactos es un proceso común en el sistema solar y Encélado no es la excepción. Su superficie se halla cubierta de cráteres; sin embargo, la densidad de craterización no es uniforme. Algunas regiones prácticamente no poseen cráteres y otras se encuentran acribilladas. No obstante, la densidad de cráteres en las regiones más craterizadas es inferior a la de otros satélites helados del sistema saturniano, lo que revela la relativa juventud de su superficie. Observaciones recientes de la nave misión Cassini/Huygens han

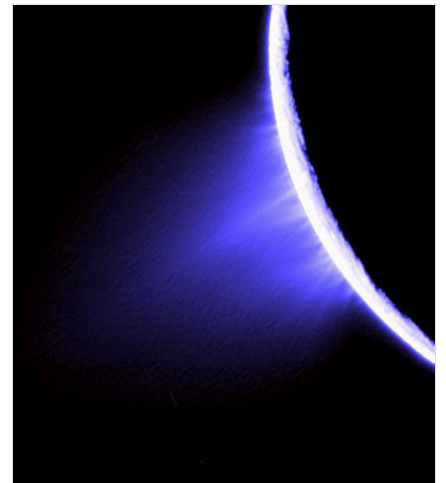


Imagen del hemisferio sur de Encélado enviada por la nave Cassini.



desvelado que los cráteres de Encélado en general son deformes, ya sea por procesos de *relajación viscosa* o a través de efectos tectónicos/fractura. *Dunyazad* en la figura 2c, es un ejemplo de un cráter en Encélado con piso levantado.

*Voyager 2* encontró varios tipos de fracturas tectónicas en Encélado, verbigracia valles lineales y cinturones de surcos curvilíneos, parecidos a los de Ganímedes. Resultados recientes de *Cassini* indican que el tectonismo es el proceso de deformación principal en Encélado. Uno de los tipos de características tectónicas más interesantes son las fracturas, las cuales pueden tener hasta doscientos kilómetros de largo y de cinco a diez kilómetros de ancho, con una profundidad de un kilómetro. La figura 2b muestra una fractura típica; otro ejemplo puede verse en la parte inferior de la figura 2c. Se piensa que estas fracturas son relativamente jóvenes.

Otro ejemplo de tectonismo en Encélado es la zona con surcos descubierta por *Voyager 2*. Estas zonas son similares, aunque más complejas, a las que se encuentran en Ganímedes.

Ejemplos de surcos lineales se pueden observar en las figuras 1 y 2d. Se han observado también crestas, aunque éstas no son tan extensas como las de Europa; se pueden ver varios ejemplos en la parte izquierda-inferior de la Figura 2b.

Las *llanuras planas* fueron descubiertas en imágenes de la nave *Voyager 2*. Estas generalmente tienen poco relieve y muy pocos cráteres, una indicación segura de *juventud*, quizás menos de unos pocos cientos de millones de años. Imágenes obtenidas por la sonda *Cassini* el 14 de julio de 2005 han revelado un nuevo tipo de llanura plana. Esta región rodea al polo sur de Encélado hasta la latitud 60.º sur y está cubierta de fracturas tectónicas y crestas. Esta región es muy joven, ya que no se ve cráter alguno. Inspecciones detenidas de imágenes de la sonda *Cassini* en esta región han revelado hielo azul y rocas del tamaño de casas, de entre 10-100 metros de diámetro.

Se ha confirmado que Encélado es la principal fuente de partículas para el tenue anillo E de Saturno. Los científicos estiman que micrometeoroides chocan con la superficie, expulsando partículas al espacio y formando una nube alrededor del satélite. Otras partículas con más energía escapan y orbitan Saturno, formando así el anillo E.

Instrumentos a bordo de *Cassini* han encontrado pruebas de actividad geológica en Encélado. Existen sobre el polo sur unos surcos denominados "rayas de tigre (*tiger stripes* en inglés), los cuales sirven de rejillas de ventilación, y de las cuales se puede observar el escape de vapor y partículas finas de hielo (ver la figura 4). La cristalización de estas partículas es un proceso que se puede usar como cronómetro: el hielo fresco es cristalino, y a través del tiempo este se convierte en hielo amorfo, un proceso que dura décadas. La conclusión es que las rayas de tigre tienen solo entre 10 y 1000 años de edad. Se ha detectado una atmósfera de vapor de agua que se concentra sobre la región del polo sur, un área con muy pocos cráteres. La composición de esta atmósfera concuerda con la emisión o evaporación de agua. Además, el instrumento *Composite InfraRed Spectrometer (CIRS)* descubrió en julio de 2005 que la región del polo sur es relativamente más tibia (15 grados por encima de la temperatura promedio) que el resto de Encélado. El hecho de que la región del polo sur de Encélado sea geológicamente activa es uno de los grandes descubrimientos de la nave *Cassini*.

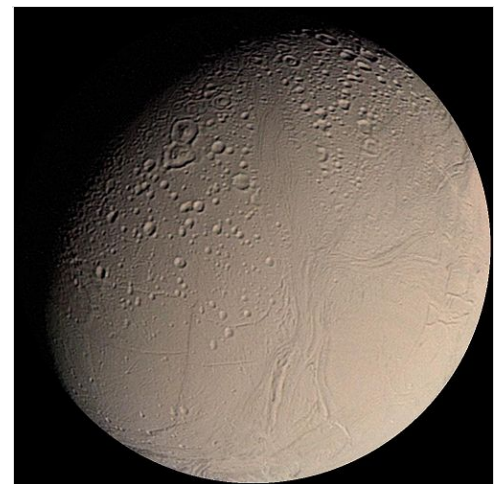


Figura 2: Cráteres de Encélado; imagen obtenida por *Voyager 2* (entre ellos destacan Ali Baba y Aladdin).

## Nuevos datos desde 2005

Tras los encuentros de las sondas Voyager a principios de los años 1980, los científicos planetarios postularon que esta luna podría estar geológicamente activa, dado su alto albedo (que indica una superficie relativamente joven) y su ubicación en el centro del anillo E. Basándose en estos datos se pensaba que Encélado podía ser la fuente del material para el anillo E, quizás a través de un mecanismo de escape de vapor de agua desde su interior.

En 2005 los datos obtenidos a través de varios de los instrumentos a bordo de la sonda Cassini han confirmado esta hipótesis. La sonda Cassini ha encontrado también posibles reservas de agua líquida a poca profundidad que erupcionan como géiseres en la superficie de Encélado. Este resultado, potencialmente muy importante, ha sido publicado en la revista *Science*, en marzo de 2006. Imágenes de Cassini de alta resolución muestran chorros helados y altas "plumas" eyectando grandes cantidades de partículas a alta velocidad desde las formaciones denominadas *Rayas de Tigre* (ver fig. 4), en el hemisferio sur de Encélado; típicamente, estas tienen 130 km de longitud, 2 km de ancho y 500 m de profundidad. Se han considerado varios modelos para explicar este proceso. Los datos y los modelos muestran que los *chorros* escapan de depósitos de agua líquida a poca profundidad de la superficie.

De hecho, la prueba a favor de la existencia de un océano subsuperficial de agua líquida entre 30 y 40 kilómetros bajo la superficie<sup>28</sup> es que esta luna es cada vez mayor, aunque una alternativa sugerida a tal océano pueden ser grandes cavernas de hielo llenas de agua. Modelos recientes muestran que su actividad geológica es incompatible con el hecho de que esté controlada únicamente por las fuerzas de marea y que está mejor explicada asumiendo la existencia de tal característica geológica, lo que convierte a esta pequeña luna en un objetivo ideal para la búsqueda de vida extraterrestre.<sup>29</sup>

Previamente se sabía que existía vulcanismo en tres lugares en el sistema solar: Io, la Tierra, Tritón y posiblemente Venus. Ahora debemos agregar Encélado, considerado ahora como uno de los lugares más interesantes del sistema solar por la presencia de agua líquida tan cerca de la superficie.

En mayo de 2006, Francis Nimmo y Robert Pappalardo (de la Universidad de California y del JPL en Pasadena, California, respectivamente) publicaron un estudio en la revista científica *Nature* donde proponen una explicación de por qué la actividad geológica se encuentra en el polo sur de Encélado. Según los autores de este trabajo, es posible que la región activa en el polo sur tuviese su origen en otra región del satélite natural. Dado que la parte activa contiene materiales más cálidos y de baja densidad que el resto de esta luna, la fuerza centrífuga impulsaría el material más denso hacia el ecuador y el más ligero hacia los polos, desplazando las bolsas de material ligero hacia las regiones polares.

Durante un sobrevuelo realizado por la sonda Cassini el 12 de marzo de 2008 se han descubierto, sorprendentemente, compuestos orgánicos en los chorros expulsados por las formaciones del polo S de Encélado. En sobrevuelos posteriores, acaecidos el 11 de agosto de 2008 y el 31 de octubre de ese año, Cassini ha tomado imágenes de muy alta resolución —de hasta un pixel por cada 7 metros de superficie— de las *Rayas de Tigre*, y se han podido localizar con exactitud los lugares de donde salen los géiseres.<sup>30</sup>

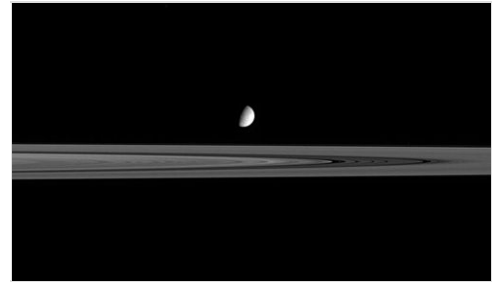


Figura 3: Encélado y los anillos de Saturno.

El escenario que emerge del análisis de los datos recogidos por la sonda Cassini es el de un mundo de cierta actividad geológica, sobre todo en su región sur, en la forma de una especie de (crio)tectónica de placas. Las "rayas de tigre" son lugares similares a las cordilleras existentes en el centro de los océanos terrestres, en las cuales el material que emerge del interior crea nueva corteza y, por otro lado, el material expulsado por los géiseres acaba por volver a caer y taponar sus fuentes, para luego volver a aparecer en otro lado.

Una investigación sugiere que la actividad geológica se produce de manera periódica, cuando hielo caliente procedente del interior de Encélado sube a la superficie, rompiendo la corteza. El satélite vive en la actualidad uno de esos episodios, lo que explica la juventud en términos geológicos de la región polar sur. Dichos períodos de actividad duran alrededor de 10 millones de años y se producen entre cada 100 millones y 2000 millones de años.<sup>31</sup>

Datos enviados por Cassini muestran la presencia de sodio en el anillo más exterior de Saturno, que ha sido interpretado como una nueva prueba de la presencia de un océano subterráneo (y de que tales chorros no son géiseres violentos, sino chorros contenidos de emisión continua), ya que ese elemento no puede haber procedido de una sublimación del hielo. Sin embargo, investigaciones realizadas desde tierra no han detectado tal elemento, por lo que su presencia es controvertida.<sup>32</sup>

Otro compuesto que ha sido detectado en tales chorros es amoníaco, lo que ha sido considerado una nueva prueba de la presencia de agua líquida bajo la corteza.<sup>33</sup>

En junio de 2023 un equipo internacional de investigadores encabezados por Frank Postberg de la Universidad Libre de Berlín informó en la revista Nature que, basándose en datos obtenidos por la sonda Cassini hasta el fin de su misión en 2017, se encontró presencia de fósforo en partículas de hielo expulsadas por los géiseres que emanan desde el océano subterráneo, en concentraciones que se estiman serían 100 veces más altas que en los océanos terrestres, elemento con el cual se reúnen todos los requisitos para que el satélite sea considerado como habitable.<sup>34</sup>

## Exploración espacial

---

Antes de la década de 1980, Encélado no se había visto nunca más que como un minúsculo punto blanco que estaba en órbita alrededor de Saturno. Los únicos datos conocidos eran las características de su órbita y un cálculo de su masa, su densidad y su albedo.

Las primeras imágenes de Encélado de la era espacial fueron obtenidas por las dos sondas Voyager. Voyager 1 pasó muy lejos, pero Voyager 2 pasó cerca y obtuvo imágenes de alta resolución en agosto de 1981, revelando la joven superficie de este satélite.

El estudio detenido comenzó con la llegada de la misión Cassini/Huygens el 30 de junio de 2004, cuando se puso en órbita alrededor de Saturno. Dados los resultados obtenidos por *Voyager 2* sobre esta enigmática luna, se considera un objetivo de alta prioridad para el estudio científico y se tienen planeados varios encuentros cercanos que están listados abajo:

En 2017 la NASA aseveró que en el océano líquido del interior se reúnen varios de los elementos necesarios para la formación de la vida e inclusive de la existencia de pequeños ecosistemas microbianos. Esto —según la NASA— convierte al satélite en uno de los candidatos más propicios de albergar vida fuera de la Tierra.<sup>35</sup>  
<sup>36</sup> <sup>37</sup>

## Véase también

- Satélites de Saturno
- Saturno (planeta)
- Voyager 1
- Voyager 2
- Cassini/Huygens

## Referencias

- Observatorio ARVAL (15 de abril de 2007). «Classic Satellites of the Solar System» (<https://www.webcitation.org/61Cvx6xRx?url=http://www.oarval.org/ClasSaten.htm>). *Observatorio ARVAL*. Archivado desde el original (<http://www.oarval.org/ClasSaten.htm>) el 25 de agosto de 2011. Consultado el 17 de diciembre de 2011.
- Porco, C. C.; Helfenstein, P.; Thomas, P. C.; Ingersoll, A. P.; Wisdom, J.; West, R.; Neukum, G.; Denk, T. *et al.* (10 de marzo de 2006). «Cassini Observes the Active South Pole of Enceladus». *Science* **311** (5766): pp. 1393-1401. Bibcode:2006Sci...311.1393P (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2006Sci...311.1393P>). PMID 16527964 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16527964>). doi:10.1126/science.1123013 (<https://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.1123013>).
- R. A., Jacobson; Antreasian, P. G.; Bordi, J. J.; Criddle, K. E.; Ionasescu, R.; Jones, J. B.; MacKenzie, R. A.; Meek, M. C. *et al.* (Diciembre de 2006). «The Gravity Field of the Saturnian System from Satellite Observations and Spacecraft Tracking Data» (<http://iopscience.iop.org/1538-3881/132/6/2520/fulltext>). *The Astronomical Journal* **132** (6): 2520-2526. Bibcode:2006AJ....132.2520J (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2006AJ....132.2520J>). doi:10.1086/508812 (<https://dx.doi.org/10.1086%2F508812>).
- Roatsch, T.; Jaumann, R.; Stephan, K.; Thomas, P. C. (2009). «Cartographic Mapping of the Icy Satellites Using ISS and VIMS Data» (<https://archive.org/details/saturnfromcassin0000unse>). *Saturn from Cassini-Huygens*. pp. 763 (<https://archive.org/details/saturnfromcassin0000unse/page/763>)-781. ISBN 978-1-4020-9216-9. doi:10.1007/978-1-4020-9217-6\_24 ([https://dx.doi.org/10.1007%2F978-1-4020-9217-6\\_24](https://dx.doi.org/10.1007%2F978-1-4020-9217-6_24)).
- Verbiscer, A.; French, R.; Showalter, M.; Helfenstein, P. (9 de febrero de 2007). «Enceladus: Cosmic Graffiti Artist Caught in the Act» (<http://www.sciencemag.org/content/315/5813/815.abstract>). *Science* **315** (5813): 815. PMID 17289992 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17289992>). doi:10.1126/science.1134681 (<https://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.1134681>). Consultado el 20 de diciembre de 2011.
- Spencer, J. R. *et al.* (2006). «Cassini Encounters Enceladus: Background and the Discovery of a South Polar Hot Spot». *Science* **311** (5766): 1401-5. Bibcode:2006Sci...311.1401S (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2006Sci...311.1401S>). PMID 16527965 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16527965>). doi:10.1126/science.1121661 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.1121661>).

Encuentros cercanos de Cassini con Encélado

Fecha	Distancia (km)
17 de febrero de 2005	1200
9 de marzo de 2005	500
29 de marzo de 2005	64 000
21 de mayo de 2005	93 000
14 de julio de 2005	175
8 de septiembre de 2006	40 000
9 de noviembre de 2006	94 000
28 de junio de 2007	90 000
30 de septiembre de 2007	88 000
12 de marzo de 2008	50
30 de junio de 2008	99 000
11 de agosto de 2008	55
9 de octubre de 2008	25
31 de octubre de 2008	200
2 de noviembre de 2009	100
21 de noviembre de 2009	1600
28 de abril de 2010	103
18 de mayo de 2010	438
13 de agosto de 2010	2554
30 de noviembre de 2010	51
31 de diciembre de 2010	51
1 de octubre de 2011	99
19 de octubre de 2011	1231
8 de noviembre de 2011	496
27 de marzo de 2012	74
28 de octubre de 2015	49



s://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.1121661).

7. Waite, J. H. *et al.* (2006). «Cassini Ion and Neutral Mass Spectrometer: Enceladus Plume Composition and Structure». *Science* **311** (5766): 1419-22. Bibcode:2006Sci...311.1419W (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2006Sci...311.1419W>). PMID 16527970 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16527970>). doi:10.1126/science.1121290 (<http://s://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.1121290>).
8. NASA. *Solar System Exploration. Enceladus* ([https://web.archive.org/web/20131016093801/http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Sat\\_Enceladus&Display=Facts](https://web.archive.org/web/20131016093801/http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Sat_Enceladus&Display=Facts)). solarsystem.nasa.gov.
9. Lovett, R. A. (2012). *Secret life of Saturn's moon: Enceladus* (<https://cosmosmagazine.com/space/secret-life-enceladus>) Archivado (<https://web.archive.org/web/20160529142614/http://cosmosmagazine.com/space/secret-life-enceladus>) el 29 de mayo de 2016 en *Wayback Machine*.. cosmosmagazine.com.
10. Chang, K. (2015). *Suddenly, It Seems, Water Is Everywhere in Solar System* (<http://www.nytimes.com/2015/03/13/science/space/suddenly-it-seems-water-is-everywhere-in-solar-system.html>). nytimes.com.
11. Spencer, J. R.; Nimmo, F. (2013). *Enceladus: An Active Ice World in the Saturn System*. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 41: pp. 693-717.
12. Dyches, P.; Brown, D.; Mullins, S. (2014). *Cassini Spacecraft Reveals 101 Geysers and More on Icy Saturn Moon* (<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2014-246>). jpl.nasa.gov.
13. JPL (2006). *Ghostly Fingers of Enceladus* (<https://saturn.jpl.nasa.gov/resources/3276/>). saturn.jpl.nasa.gov.
14. Battersby, S. (2008). *Saturn's moon Enceladus surprisingly comet-like* (<https://www.newscientist.com/article/dn13541-saturns-moon-enceladus-surprisingly-comet-like/>). newscientist.com.
15. <https://www.jpl.nasa.gov>. «NASA Space Assets Detect Ocean inside Saturn Moon» (<https://www.jpl.nasa.gov/news/nasa-space-assets-detect-ocean-inside-saturn-moon>). NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) (en inglés estadounidense). Consultado el 22 de junio de 2023.
16. «Cassini Finds Enceladus Is a Powerhouse» (<https://web.archive.org/web/20110311004837/http://saturn.jpl.nasa.gov/news/newsreleases/newsrelease20110307/>). Archivado desde el original (<http://saturn.jpl.nasa.gov/news/newsreleases/newsrelease20110307/>) el 11 de marzo de 2011. Consultado el 7 de marzo de 2011.
17. «La NASA informó que podría haber vida en una de las lunas de Saturno» (<https://web.archive.org/web/20180711202934/http://www.lanacion.com.ar/2010152-la-nasa-informo-que-podria-haber-vida-en-la-luna-de-saturno>). *www.lanacion.com.ar*. 13 de abril de 2017. Archivado desde el original (<https://www.lanacion.com.ar/2010152-la-nasa-informo-que-podria-haber-vida-en-la-luna-de-saturno>) el 11 de julio de 2018. Consultado el 21 de enero de 2019.
18. Domínguez, Nuño (13 de abril de 2017). «Una sonda de la NASA confirma que puede haber vida en Encélado» (<https://el>

- ...encomienda que puede haber vida en Encélado» ([http://elpais.com/elpais/2017/04/12/ciencia/1492018495\\_305528.html](http://elpais.com/elpais/2017/04/12/ciencia/1492018495_305528.html)). *El País*. ISSN 1134-6582 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1134-6582>). Consultado el 21 de enero de 2019.
19. UAI. *Planet and Satellite Names and Discoverers* (<https://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/Planets>). planetarynames.wr.usgs.gov.
  20. Herschel, W. (1790). *Account of the Discovery of a Sixth and Seventh Satellite of the Planet Saturn; With Remarks on the Construction of Its Ring, Its Atmosphere, Its Rotation on an Axis, and Its Spheroidal Figure*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London **80**: pp. 1-20.
  21. Herschel, W. (1795). *Description of a Forty-feet Reflecting Telescope*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London **85**: pp. 347-409.
  22. Frommert, H.; Kronberg, C. *Friedrich Wilhelm (William) Herschel (November 15, 1738 - August 25, 1822)* (<http://messier.seds.org/xtra/Bios/wherschel.html>). messier.seds.org.
  23. Lassell, W. (1848). *Satellites of Saturn*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **8** (3): pp. 42-43.
  24. Redd, N. T. (2013). *Enceladus: Saturn's Tiny, Shiny Moon* (<http://www.space.com/20543-enceladus-saturn-s-tiny-shiny-moon.html>). space.com.
  25. Spahn, F.; y otros (2006). «Cassini Dust Measurements at Enceladus and Implications for the Origin of the E Ring». *Science* **311** (5766): pp. 1416-1418. Bibcode:2006Sci...311.1416S (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2006Sci...311.1416S>). PMID 16527969 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16527969>). doi:10.1126/science.1121375 (<https://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.1121375>).
  26. «Confirman la existencia de un océano global en Encélado, luna de Saturno» (<http://noticiasdelaciencia.com/not/16074/confirman-la-existencia-de-un-oceano-global-en-encelado-luna-de-saturno/>). *Noticias de la Ciencia y la Tecnología*. 17 de septiembre de 2015.
  27. Daniel Marin (16 de septiembre de 2015). «Encélado tiene un océano global subterráneo» (<http://danielmarin.naukas.com/2015/09/16/encelado-tiene-un-oceano-global-subterraneo/>). Consultado el 18 de septiembre de 2015.
  28. «La sonda Cassini detecta un océano subterráneo en Encélado» (<http://www.agenciasinc.es/Noticias/La-sonda-Cassini-detecta-un-oceano-subterraneo-en-Encelado>). *Agencia Sinc*. 3 de abril de 2014. Consultado el 18 de septiembre de 2015.
  29. «Sondas Espaciales - Nuevos estudios apoyan la teoría de un Encélado con agua líquida en el interior» ([http://www.sondasespaciales.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=11349&Itemid=42](http://www.sondasespaciales.com/index.php?option=com_content&task=view&id=11349&Itemid=42)). Consultado el 2009.
  30. «Cassini Skeet Shoots Again» ([https://web.archive.org/web/20091010703515/http://ciclops.org/view\\_event/97/Cassini\\_Skeet\\_Shoots\\_Again](https://web.archive.org/web/20091010703515/http://ciclops.org/view_event/97/Cassini_Skeet_Shoots_Again)). Archivado desde el original ([http://ciclops.org/view\\_event/97/Cassini\\_Skeet\\_Shoots\\_Again](http://ciclops.org/view_event/97/Cassini_Skeet_Shoots_Again)) el 7 de enero de 2009. Consultado el 8 de noviembre de 2008.
  31. «As the Crust Turns: Cassini Data Show Enceladus in Motion» (<https://web.archive.org/web/20150909211103/http://saturn.inl>

- [nasa.gov/news/cassinifeatures/feature20100111/](http://nasa.gov/news/cassinifeatures/feature20100111/)). *Jet Propulsion Laboratory* (en inglés). 11 de enero de 2010. Archivado desde el original (<http://saturn.jpl.nasa.gov/news/cassinifeatures/feature20100111/>) el 9 de septiembre de 2015. Consultado el 18 de septiembre de 2015.
32. «Salt Finding From NASA's Cassini Hints at Ocean Within Saturn Moon» (<https://web.archive.org/web/20150912045511/http://saturn.jpl.nasa.gov/news/newsreleases/newsrelease20090624/>). *Jet Propulsion Laboratory*. 24 de junio de 2009. Archivado desde el original (<http://saturn.jpl.nasa.gov/news/newsreleases/newsrelease20090624/>) el 12 de septiembre de 2015. Consultado el 18 de septiembre de 2015.
  33. Encélado contiene amoníaco. ([http://www.sondasespaciales.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=11481&Itemid=42](http://www.sondasespaciales.com/index.php?option=com_content&task=view&id=11481&Itemid=42))
  34. «Detectan en Encélado fósforo, el ingrediente crítico para la vida que faltaba por encontrar en esta luna de Saturno» (<http://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2023/06/14/648865e8fc6c839d128b45a9.html>). *El Mundo*. Consultado el 15 de junio de 2016.
  35. «Saturno: Su pequeña luna Encélado, puede albergar vida según la NASA» (<https://www.lavanguardia.com/ciencia/20170413/421656931135/vida-extraterrestre-encelado-luna-saturno.html>). *La Vanguardia*. 14 de abril de 2017. Consultado el 21 de enero de 2019.
  36. De 2017, 13 De Abril. «La NASA anunció que podría haber vida en una de las lunas heladas de Saturno» (<https://www.infobae.com/america/mundo/2017/04/13/la-nasa-anuncio-que-podria-haber-vida-en-una-de-las-lunas-heladas-de-saturno/>). *Infobae*. Consultado el 21 de enero de 2019.
  37. Peter, Jonah S.; Nordheim, Tom A.; Hand, Kevin P. (14 de diciembre de 2023). «Detection of HCN and diverse redox chemistry in the plume of Enceladus» (<https://www.nature.com/articles/s41550-023-02160-0>). *Nature Astronomy* (en inglés): 1-10. ISSN 2397-3366 (<https://portal.issn.org/resource/issn/2397-3366>). doi:10.1038/s41550-023-02160-0 (<https://dx.doi.org/10.1038/s41550-023-02160-0>). Consultado el 28 de diciembre de 2023.

## Bibliografía



- Rothery, David A. (1999). *Satellites of the Outer Planets: Worlds in their own right*. Oxford University Press. ISBN 0-19-512555-X.
- Burns, J., and Shapely-Mathews, M., Eds. (1986). *Satellites*. University of Arizona Press. Ver capítulos 7. "Tectonics of Icy Satellites", S. Squyres and K. Croft.; 16. "Satellites of Saturn", D. Morrison.

## Bibliografía complementaria

- Porco, Carolyn, "Encélado", *Investigación y ciencia*, 390, marzo de 2009, págs. 14-23.

## Enlaces externos

---

-  [Wikimedia Commons](#) alberga una categoría multimedia sobre **Encélado**.
-  Artículos en [Wikinoticias](#): [La sonda Cassini pasará a 25 kilómetros de una de las lunas de Saturno](#).
- *Images show Enceladus is a "geologist's paradise"*, (<http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn7029>) Archivado (<https://web.archive.org/web/20060115204855/http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn7029>) el 15 de enero de 2006 en [Wayback Machine](#). *from New Scientist*.
- *The Planetary Society: Enceladus information*. (<https://web.archive.org/web/20040617110426/http://www.planetary.org/saturn/enceladus.html>)
- *The Planetary Society: special page collecting Enceladus flyby images, with descriptions and context mosaics*. ([https://web.archive.org/web/20050312215719/http://www.planetary.org/news/2005/cassini\\_enceladus\\_0311.html](https://web.archive.org/web/20050312215719/http://www.planetary.org/news/2005/cassini_enceladus_0311.html))
- *BBC article on atmosphere*. (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4357715.stm>)
- *Catalog of NASA images of Enceladus*. (<https://web.archive.org/web/20051215000158/http://photojournal.jpl.nasa.gov/target/Enceladus>)
- *Calvin Hamilton's Enceladus page*. (<http://www.solarviews.com/eng/enceladu.htm>)
- *CHARM:Cassini-Huygens Analysis and Results from the Mission page, contains presentations on recent Enceladus results*. (<https://web.archive.org/web/20060928230642/http://saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/products/product-presentations.cfm>)
- *Small Bodies Atlas: Enceladus. Phil Stooke's Atlas page for Enceladus containing a catalog of Voyager Enceladus images as well as maps based on Voyager Images*. (<https://web.archive.org/web/20060104122933/http://www.ssc.uwo.ca/geography/spacemap/enceladu.htm>)
- *Cassini Mission Enceladus Page. Contains catalog of released Cassini Images of Enceladus*. (<https://web.archive.org/web/20051202034229/http://saturn.jpl.nasa.gov/science/moons/moonDetails.cfm?pageID=5>)
- *Press Release on images from July 14, 2005 flyby*. (<http://ciclops.org/view.php?id=1268>)
- *Press Release: Cassini Finds an Active, Watery World at Saturn's Enceladus*. (<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.cfm?release=2005-124>) Archivado (<https://web.archive.org/web/20060103205738/http://www.jpl.nasa.gov/news/news.cfm?release=2005-124>) el 3 de enero de 2006 en [Wayback Machine](#).
- Foto en alta resolución. ([http://apod.nasa.gov/apod/image/0803/enceladus5\\_cassini\\_big.jpg](http://apod.nasa.gov/apod/image/0803/enceladus5_cassini_big.jpg))
- *Enceladus: Secrets of Saturn's Strangest Moon* (<http://www.sciam.com/article.cfm?id=enceladus-secrets>) (en inglés).

---

Obtenido de «[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Encélado\\_\(satélite\)&oldid=159979306](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Encélado_(satélite)&oldid=159979306)»