



ENCÉLADO

CRONOLOGÍA DE UN DESCUBRIMIENTO

SATURNO

- Saturno fue identificado por algunas culturas antiguas. Por ejemplo, fueron los romanos quienes lo nombraron *Saturno* y lo consideraban el dios de las cosechas.
- Galileo Galilei (1610) fue el primero en observar a Saturno con su telescopio y le fue difícil entender la forma y el movimiento del planeta. Galileo no pudo descubrir que la aparente forma irregular de Saturno se debía a que tenía anillos. Fue Christian Huygens (1655) quien dedujo que el planeta estaba rodeado por un enorme anillo.
- Saturno es el segundo planeta más grande del sistema solar. Se cree que se formó hace más de 4,500 millones de años, a partir de la misma nube de gas y polvo que giraba alrededor del Sol y que también formó parte la Tierra y los otros planetas de nuestro Sistema Solar. La masa de Saturno es 95.18 veces la masa de la Tierra.

- Orbitando alrededor de Saturno existen un sin número de cuerpos, los más grandes son las lunas; son numerosas y diversas en cuanto a sus características, su tamaño varía desde pequeñas lunetas de menos de 1 km hasta Titán, que es más grande que Mercurio. Saturno tiene 53 lunas con órbitas confirmadas y 29 en espera de confirmación. 7 de las lunas son suficientemente grandes para tener forma cuasi-esférica, y sólo 2 de éstas están en equilibrio hidrostático.
- Las lunas de Saturno tienen nombres mitológicos griegos de los titanes, titánides y gigantes: las hermanas y hermanos de Crono. Todas las lunas en órbitas irregulares, salvo Febe, tienen nombres de dioses Inuit, dioses Gálicos y gigantes nórdicos.
- De forma general, podemos dividir a las lunas de Saturno en tres grupos de acuerdo a la fracción de masa con respecto a la masa total que orbita Saturno. Titán, por ejemplo, equivale al 96 % de toda la masa que orbita Saturno y un grupo de seis lunas mayores tienen una masa que equivale a cerca de 4 % restante. La masa restante la conforman el resto de lunas pequeñas y la masa de los anillos.

- Las lunas de Saturno se pueden clasificar en 10 grupos de acuerdo con sus características orbitales. En orden de menor a mayor del semieje mayor se clasifican en:
 - **Lunetas entre los anillos:** Las lunetas son pequeños satélites que habitan entre los anillos.
 - **Pastoras de los anillos:** Las lunas pastoras son lunas de mayor tamaño que las lunetas, habitan en los bordes de los anillos.
 - **Coorbitales:** Jano y Epimeteo son satélites con una característica orbital única en el Sistema Solar, tienen órbitas que difieren por sólo unos kilómetros en su semieje mayor y cada 4 años, cuando están más próximas intercambian su órbita.
 - **Mayores lunas interiores:** Las lunas más grandes de Saturno que orbitan entre el anillo E y la superficie del planeta.
 - **Alquiñides:** Se les agrupa con este nombre debido a que las tres lunas que forman el grupo, Metone, Anthe y Palene, tienen el nombre de las hijas del gigante Alquíoneo.
 - **Grandes lunas exteriores:** Son lunas grandes que orbitan más allá del anillo E. Rea, Titán, Hiperión, Japeto.
 - **Lunas irregulares:** Son las lunas que se desplazan en órbitas altamente elípticas, frecuentemente en dirección retrógrada. Se cree que fueron capturadas. Se clasifican en tres grupos o familias colisionales que comparten características orbitales y de albedo. A su vez posee tres clasificaciones: Grupo Inuit, Grupo Gálico y Grupo Nórdico.

EXPLORACIÓN A SATURNO

- La exploración directa del planeta Saturno comenzó con la sonda Pioneer 11 (también llamado Pioneer-Saturn), que alcanzó la órbita de Saturno en 1979 después de recorrer cerca de tres millones de kilómetros a través del medio interplanetario. Entre 1980 y 1981, las naves espaciales Voyager 1 y 2, también pasaron cerca de Saturno y revelaron rasgos hasta entonces desconocidos de su atmósfera y sus lunas. Ya entonces se había pensado en una misión exclusiva para Saturno. Esta idea se convertiría en la misión internacional *Cassini-Huygens*, un proyecto conjunto de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos de América (*NASA*), la Agencia Espacial Europea (*ESA*) y, más tarde también, la Agencia Espacial Italiana (*ASI*).

- Antes de Cassini solo teníamos breves vislumbres de los descubrimientos que nos esperaban en Saturno. Pioneer 11 y Voyagers 1 y 2 realizaron sobrevuelos décadas antes, tomando fotografías, medidas y observaciones a medida que pasaban. Estas misiones arrojaron nueva luz sobre el complicado sistema de anillos de Saturno, descubrieron nuevas lunas y realizaron las primeras mediciones de la magnetosfera de Saturno. Pero estos encuentros rápidos no dieron tiempo para una investigación científica más extensa.
- Cassini cambió todo eso. Comenzó el primer estudio en profundidad y de cerca de Saturno, su sistema de anillos y lunas en 2004. Se convirtió en la primera nave espacial en orbitar Saturno, comenzando una misión que arrojó tesoros de nuevos conocimientos durante más de una década. El sistema de Saturno demostró ser un terreno fértil para la exploración y los descubrimientos, y los descubrimientos científicos de Cassini cambiaron el curso de la futura exploración planetaria.



- Durante más de una década, la nave espacial Cassini de la NASA compartió las maravillas de Saturno y su familia de lunas heladas, llevándonos a mundos asombrosos donde los ríos de metano desembocan en un mar de metano y donde chorros de hielo y gas lanzan material al espacio desde agua líquida. Océano que podría albergar los ingredientes para la vida.
- Cassini reveló con gran detalle las verdaderas maravillas de Saturno, un mundo gigante gobernado por tormentas furiosas y delicadas armonías de gravedad.
- Cassini llevó a un pasajero al sistema de Saturno, la sonda europea Huygens, el primer objeto hecho por el hombre que aterrizó en un mundo en el lejano sistema solar exterior.
- Después de 20 años en el espacio, 13 de esos años explorando Saturno, Cassini agotó su suministro de combustible. Y así, para proteger las lunas de Saturno que podrían tener condiciones adecuadas para la vida, Cassini fue enviada a una atrevida misión final que sellaría su destino. Después de una serie de casi dos docenas de inmersiones emocionantes entre el planeta y sus anillos helados, Cassini se sumergió en la atmósfera de Saturno el 15 de septiembre de 2017 y devolvió los datos científicos hasta el final.

10 ASPECTOS IMPORTANTES DE CASSINI

1. Cassini-Huygens fue una misión de primicias. Primero en orbitar Saturno. Primer aterrizaje en el sistema solar exterior. Primero en tomar muestras de un océano extraterrestre.
2. Cassini amplió nuestra comprensión de los tipos de mundos donde podría existir la vida.
3. Cassini-Huygens reveló que Titán es uno de los mundos más parecidos a la Tierra que hemos encontrado y arroja luz sobre la historia de nuestro planeta natal.
4. Cassini era, en cierto sentido, una máquina del tiempo. Reveló los procesos que probablemente dieron forma al desarrollo de nuestro sistema solar.
5. La larga misión de Cassini nos permitió observar el clima y los cambios estacionales en otro planeta.
6. Cassini reveló que las lunas de Saturno son mundos únicos con sus propias historias que contar.
7. Cassini nos mostró la complejidad de los anillos de Saturno y los dramáticos procesos que operan dentro de ellos.
8. Lo que Cassini encontró en Saturno llevó a los científicos a repensar su comprensión del sistema solar.
9. Cassini representó un logro asombroso de complejidad humana y técnica, encontrando formas innovadoras de usar la nave espacial.
10. Cassini reveló la belleza de Saturno, sus anillos y lunas, inspirando nuestro sentido de asombro.

- La nave espacial se lanzó con dos elementos: el orbitador Cassini y la sonda Huygens. Cassini-Huygens llegó a Saturno y sus lunas en julio de 2004 y envió a casa datos valiosos que transformaron nuestra comprensión del sistema de Saturno. Huygens entró en la turbia atmósfera de Titán, la luna más grande de Saturno, y descendió en paracaídas sobre su superficie: el aterrizaje de una nave espacial más distante hasta la fecha.
- Cassini-Huygens era una nave espacial estabilizada de tres ejes equipada para 27 investigaciones científicas diversas. El orbitador Cassini tenía 12 instrumentos y la sonda Huygens tenía seis. Equipado para investigar a fondo todos los elementos importantes que el sistema de Saturno puede descubrir, muchos de los instrumentos tenían múltiples funciones. La nave espacial se comunicó a través de una antena de alta ganancia y dos de baja ganancia. Sin embargo, solo en el caso de un corte de energía u otra situación de emergencia similar, la nave espacial se comunicaba a través de una de sus antenas de baja ganancia.
- Tres generadores termoeléctricos de radioisótopos, comúnmente conocidos como RTG, proporcionaron energía para la nave espacial, incluidos los instrumentos, las computadoras y los transmisores de radio a bordo, los propulsores de actitud y las ruedas de reacción.

INSTRUMENTOS DE CASSINI

Teledetección óptica

Montados en la tarima de sensores remotos, estos instrumentos estudiaron Saturno y sus anillos y lunas en el espectro electromagnético.

1. Espectrómetro infrarrojo compuesto (CIRS)
2. Subsistema de ciencia de imágenes (ISS)
3. Espectrógrafo de imágenes ultravioleta (UVIS)
4. Espectrómetro de mapeo visible e infrarrojo (VIMS)

INSTRUMENTOS DE CASSINI

Campos, Partículas y Ondas

Estos instrumentos estudiaron el polvo, el plasma y los campos magnéticos alrededor de Saturno. Si bien la mayoría no produjo "imágenes" reales, la información que recopilaron es fundamental para que los científicos comprendan este rico entorno.

5. Espectrómetro de plasma Cassini (CAPS)
6. Analizador de polvo cósmico (CDA)
7. Espectrómetro de iones y masas neutras (INMS)
8. Magnetómetro (MAG)
9. Instrumento de imágenes magnetosféricas (MIMI)
10. Ciencia de Ondas de Radio y Plasma (RPWS)

INSTRUMENTOS DE CASSINI

Detección remota de microondas

Usando ondas de radio, estos instrumentos mapearon atmósferas, determinaron la masa de las lunas, recopilaron datos sobre el tamaño de las partículas de los anillos y revelaron la superficie de Titán.

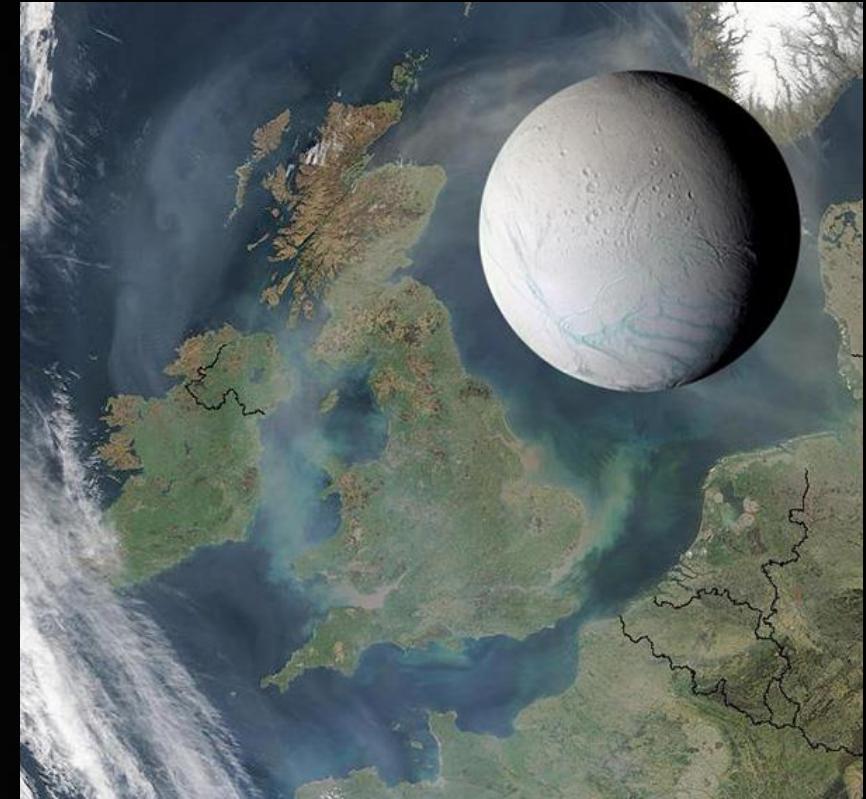
11.Radar

12.Subsistema de ciencia de radio (RSS)



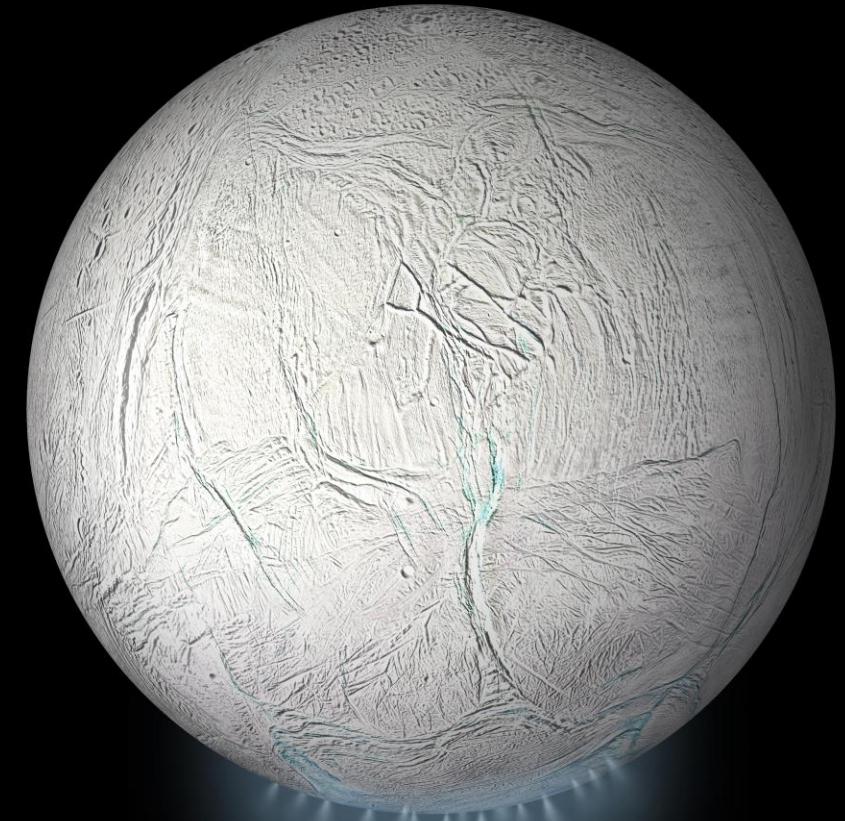
ENCÉLADO EN EL SISTEMA SATURNIANO

- Encelado fue descubierto en 1,789 por William Herschel. Es probablemente el satélite más brillante de todo el sistema solar, ya que refleja casi el 100 % de la luz solar que incide sobre su superficie. Es la sexta luna más grande de Saturno, tiene una masa de aproximadamente de $1.08 \times 10^{20} \text{ kg}$, mide 504 km, de diámetro y orbita a 238, 000 km con respecto al centro de Saturno. Este pequeño satélite tiene una densidad promedio de 1.61 g/cm^3 , con un periodo orbital de 1.37 días, una excentricidad de 0.0047 y una inclinación al ecuador de Saturno de 0.0083°

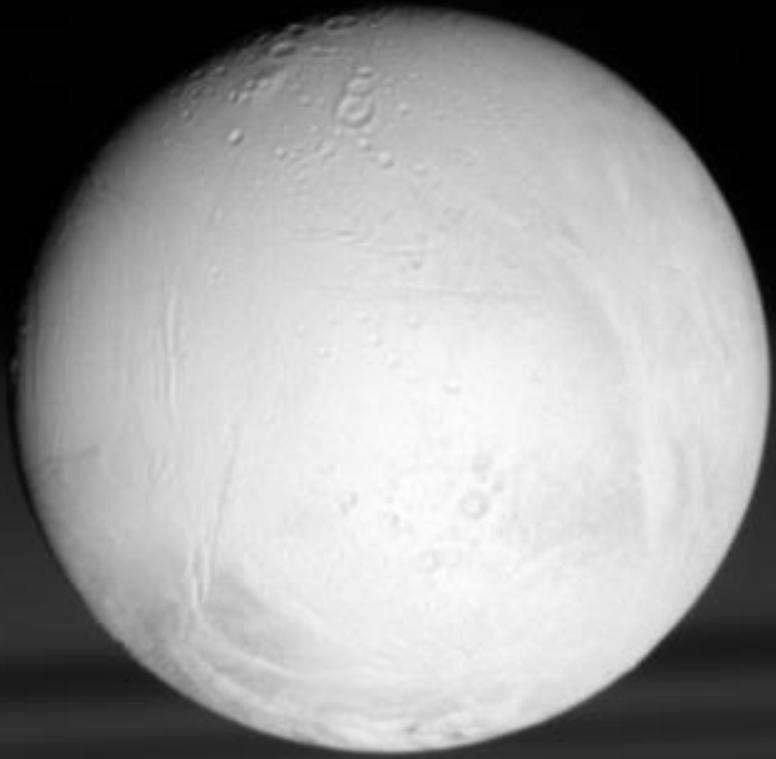


Encelado tiene solo 314 millas (505 km) de ancho, lo suficientemente pequeño como para caber dentro de la longitud del Reino Unido.

- La luna Encelado tiene una gran diversidad geológica; desde terrenos abruptos y craterizados hasta superficies casi lisas. Se ha detectado una tenue atmósfera transitoria producto de las eyeciones crio-volcánicas. Encelado se encuentra en una resonancia orbital de 2:1 con Dione (significa que por cada dos órbitas de Encelado, Dione completa solo una exactamente), lo cual pudiera proporcionar la energía necesaria para calentar levemente a este satélite, aunque la causa (o causas) del calentamiento de Encelado es actualmente un tema de investigación. De hecho, la producción de calor que se manifiesta en el polo sur de esta luna es mucho mayor de lo que se preveía.



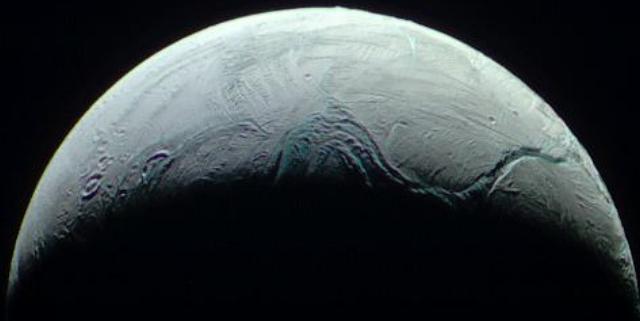
- El 17 de febrero de 2005, la nave espacial Cassini de la NASA estaba haciendo el primer paso cercano sobre la luna Encelado de Saturno mientras trabajaba en su estudio detallado de los satélites helados del planeta. Emocionante, sin duda, solo por la emoción de la exploración. Pero entonces el instrumento magnetómetro de Cassini notó algo extraño.
- Dado que las dos naves espaciales Voyager de la NASA hicieron sus sobrevuelos distantes de Encelado unos 20 años antes, los científicos habían anticipado que la pequeña luna sería un lugar interesante para visitar con Cassini. Encelado es de color blanco brillante, de hecho, el objeto más reflectante del sistema solar, y orbita en medio de un tenue anillo de partículas de hielo del tamaño de polvo conocido como el anillo E de Saturno. Los científicos especularon que el polvo de hielo estaba siendo expulsado de su superficie de alguna manera. Pero supusieron que sería, esencialmente, una bola de hielo muerta y sin aire.

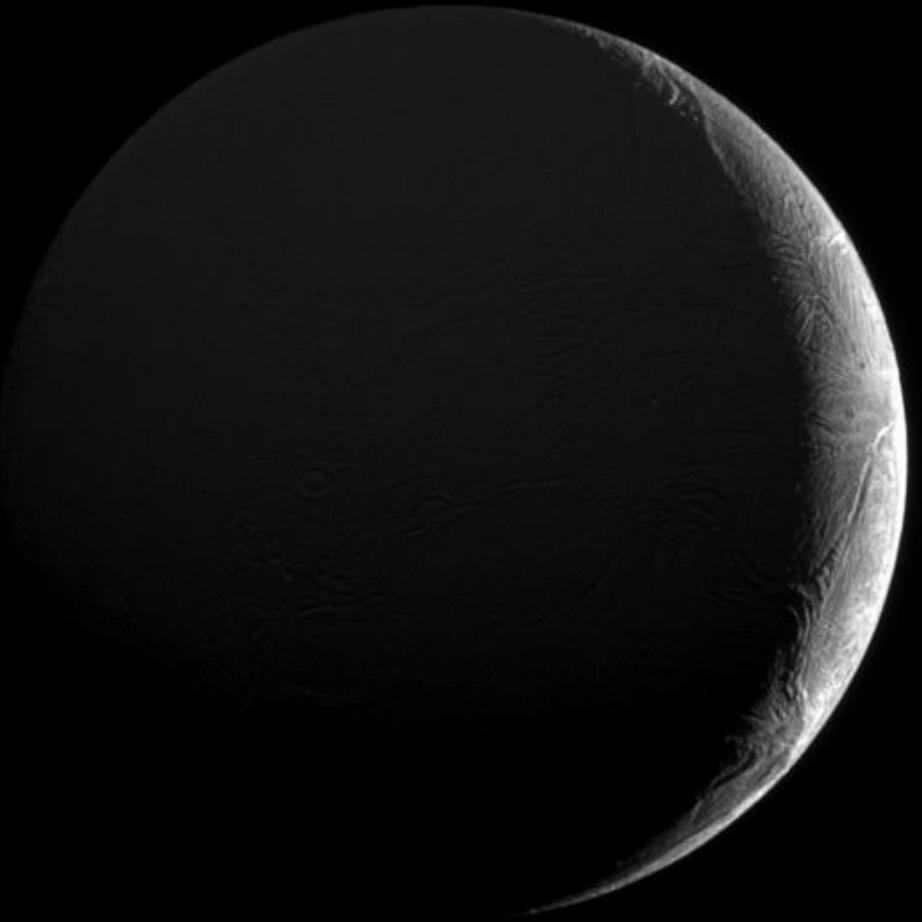


- Los anillos de Saturno proyectan sombras sobre la parte superior de las nubes del planeta, proporcionando un telón de fondo perfecto para la esfera brillante de la luna Encelado de Saturno. La superficie blanca y brillante del diminuto mundo resulta en parte de una nieve de material que se origina en la imponente columna de partículas heladas en el polo sur de Encelado.

- Lo que Cassini vio no parecía un cuerpo congelado y sin aire. En cambio, se parecía a un cometa que emitía gas activamente. El magnetómetro detectó que el campo magnético de Saturno, que envuelve a Encelado, estaba perturbado sobre el polo sur de la luna de una manera que no tenía sentido para un mundo inactivo. ¿Podría ser que la luna estuviera reponiendo activamente los gases que respiraba en el espacio?
- Así comenzó una búsqueda de pistas que ha resultado ser la historia de detectives más fascinante de Cassini. “Encelado fue tan emocionante que, en lugar de solo tres sobrevuelos cercanos planeados para nuestra misión principal de cuatro años, agregamos 20 más, incluidos siete que atravesaron los géiseres en el polo sur”, dijo Linda Spilker, científica del proyecto Cassini en la NASA. Laboratorio de Propulsión a Chorro, Pasadena, California.
- Siguiendo el rastro de las migas de pan científicas, Cassini finalmente descubrió que Encelado alberga un océano global de agua salada debajo de su corteza helada, posiblemente con fumarolas hidrotermales en su lecho marino. El rastro de pistas que comenzó con una lectura desconcertante del magnetómetro llevó a comprender que la luna, y quizás muchas lunas pequeñas y heladas como esta en todo el cosmos, podrían tener los ingredientes necesarios para la vida.

- Al observar la Tierra pueden verse una gran variedad de rasgos superficiales, por ejemplo, planicies, cráteres y extensas cadenas montañosas y volcanes. Algunos de estos rasgos revelan que existe una actividad sísmica y una actividad volcánica debidas a la tectónica de las placas que producen cambio continuos en la superficie. Procesos similares ocurren en Encelado y sus distintas regiones reflejan el pasado y el presente de esta luna.
- Las primeras imágenes enviadas por la nave Cassini mostraron que la superficie de Encelado se renueva continuamente y que es uno de los cuerpos geológicamente más dinámicos del Sistema solar,
- El hemisferio norte de Encelado es una zona de pocos cambios llena de cráteres que son más escasos en las regiones cercanas al Polo Sur (designaremos a esta zona *SPT* o *South Polar Terrain*). El hemisferio sur, y en particular su zona polar, es una región *joven* de grandes fracturas y actualmente activa. Es ahí donde se observan los geiseres de gas y polvo, y es, por supuesto, la región más interesante e intrigante del satélite.





- El ángulo bajo de la luz solar a lo largo de la delgada media luna de la luna Encelado de Saturno (313 millas o 504 kilómetros de diámetro) resalta las muchas fracturas y surcos en su superficie helada.
- Esta vista mira hacia el hemisferio de Encelado orientado hacia Saturno, que está débilmente iluminado por la luz solar reflejada por Saturno. El norte de Encelado está arriba y girado 14 grados a la izquierda. La imagen fue tomada en luz visible con la cámara de ángulo estrecho de la nave espacial Cassini el 26 de diciembre de 2016.
- La vista se obtuvo a una distancia de aproximadamente 104,000 millas (168,000 kilómetros) de Encelado. La escala de la imagen es de 3303 pies (1 kilómetro) por píxel.

ENCELADUS

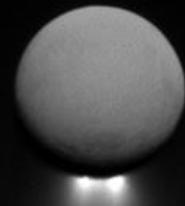
The Mystery of the Icy Moon



Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

CRONOLOGÍA DE HALLAZGOS DE CASSINI EN ENCELADO

- El equipo de Cassini ha estado explorando Encelado durante más de una década, descubriendo un secreto a la vez, hasta llegar a la sorprendente conclusión de que la pequeña luna esconde un océano global de agua líquida con fumarolas hidrotermales.
- En febrero del 2005 el magnetómetro abordo de la nave espacial robótica Cassini de la NASA descubre que algo, tal vez una atmósfera, está empujando contra el campo magnético de Saturno alrededor de Encelado. Hay evidencia de que los gases pueden originarse en la superficie o el interior de la luna. El analizador de polvo cósmico de Cassini registra miles de impactos de diminutas partículas de polvo o hielo, posiblemente provenientes de una nube alrededor de la luna o del anillo E adyacente, un amplio anillo de partículas de hielo del tamaño de polvo en el que orbita Encelado.



- Durante sus primeros años, después de llegar a Saturno en 2004, Cassini descubrió que Encelado arroja continuamente una amplia columna de gas y granos de hielo del tamaño de polvo de la región alrededor de su polo sur. Este penacho se extiende cientos de millas en el espacio y tiene varias veces el ancho de la pequeña luna. Decenas de chorros estrechos brotan de la superficie a lo largo de grandes fracturas conocidas como "rayas de tigre" y contribuyen a la columna. Se entiende que la actividad se origina en el océano subterráneo de agua salada de la luna, que se está ventilando en el espacio.
- Cassini ha demostrado que más del 90 por ciento del material de la columna es vapor de agua. Este gas lanza granos de polvo al espacio donde ellos dispersan la luz del sol, haciéndose visibles para las cámaras de la nave espacial. Cassini incluso recolectó algunas de las partículas que despegaron de Encélado y analizó su composición.
- La vista fue adquirida a una distancia de aproximadamente 808,000 kilómetros (502,000 millas) de Encelado y en un ángulo de fase, o sol-Encelado-nave espacial, de 176 grados. La escala de la imagen es de 3 millas (5 kilómetros) por píxel.

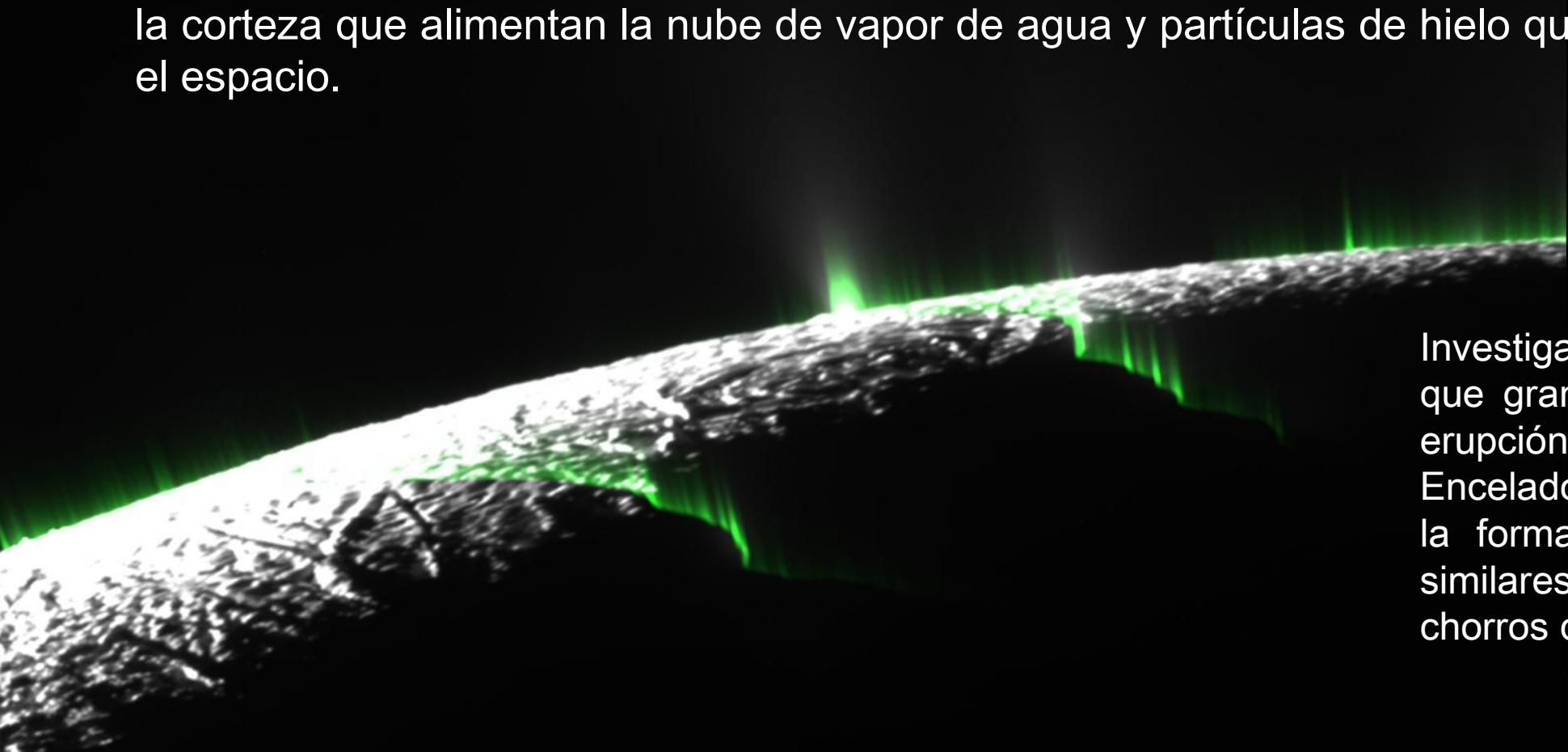
- **Marzo de 2006: Agua líquida bajo la superficie**

Los científicos de Cassini anuncian que han encontrado evidencia de depósitos de agua líquida que alimentan la columna de Encelado, posiblemente en forma de géiseres. Después de examinar imágenes de Cassini de alta resolución y otros datos que muestran chorros de hielo que expulsan grandes cantidades de partículas a alta velocidad, los científicos descartan la idea de que las partículas son producidas por la superficie de la luna o expulsadas por el vapor creado cuando el hielo de agua caliente se convierte en gas. En cambio, encuentran evidencia de que los chorros podrían estar brotando de bolsas de agua líquida cerca de la superficie.

- **Octubre de 2007: géiseres y "rayas de tigre"**

El análisis de las imágenes de Cassini proporciona evidencia concluyente de que los chorros se originan cerca de los puntos más calientes en las fracturas de la "raya de tigre" de la luna, que se extienden a ambos lados de la región polar sur de Encelado. Los miembros del equipo de imágenes de Cassini utilizan imágenes de dos años de la luna geológicamente activa para localizar las fuentes de los chorros más prominentes que brotan de la superficie de la luna. Los investigadores encuentran que todos los chorros parecen provenir de las cuatro fracturas de rayas de tigre prominentes y, en casi todos los casos, en las áreas más calientes detectadas por el espectrómetro infrarrojo compuesto de Cassini (CIRS).

- Durante este sobrevuelo fundamental, las cámaras de Cassini obtienen imágenes nuevas y detalladas de la región polar sur de Encelado. Las imágenes revelan un terreno sorprendentemente joven y complejo, casi completamente libre de cráteres de impacto. El área está llena de rocas de hielo del tamaño de una casa talladas por patrones tectónicos únicos que solo se encuentran en esta región de la luna. Para su sorpresa, los científicos de Cassini detectan una enorme nube de vapor de agua sobre el área y fracturas relativamente cálidas en la corteza que alimentan la nube de vapor de agua y partículas de hielo que se extienden hacia el espacio.



Investigaciones recientes sugieren que gran parte de la actividad de erupción en la superficie de la luna Encelado de Saturno podría tener la forma de erupciones amplias, similares a cortinas, en lugar de chorros discretos

- **Marzo 2008: Una cerveza orgánica**

Durante un sobrevuelo cercano, los instrumentos de Cassini toman muestras de la columna directamente y detectan una sorprendente mezcla de gases volátiles, vapor de agua, dióxido de carbono y monóxido de carbono, así como materiales orgánicos, unas 20 veces más densos de lo esperado. El brebaje se describe como "agua carbonatada con una esencia de gas natural". Los nuevos mapas de calor de la superficie muestran temperaturas más altas que las conocidas previamente en la región del polo sur, con temperaturas más altas de lo esperado a lo largo de las fisuras gigantes cerca del polo sur.

- **Agosto de 2008: Localización del origen**

En una proeza de puntería interplanetaria, Cassini identifica con precisión dónde brotan los chorros de hielo de la superficie de Encelado. Imágenes cuidadosamente enfocadas revelan detalles exquisitos en las prominentes fracturas de la raya de tigre del polo sur de donde emanan los chorros. Las imágenes muestran que las fracturas tienen unos 300 metros (980 pies) de profundidad, con paredes internas en forma de V. Los flancos exteriores de algunas de las fracturas muestran extensos depósitos de material fino. Terreno finamente fracturado lleno de bloques de hielo de decenas de metros de tamaño y más grandes que rodean las fracturas.



En esta imagen capturada por la nave espacial Cassini de la NASA en 2007, las columnas de Encelado son claramente visibles. La luna está casi frente al Sol desde el punto de vista de Cassini.

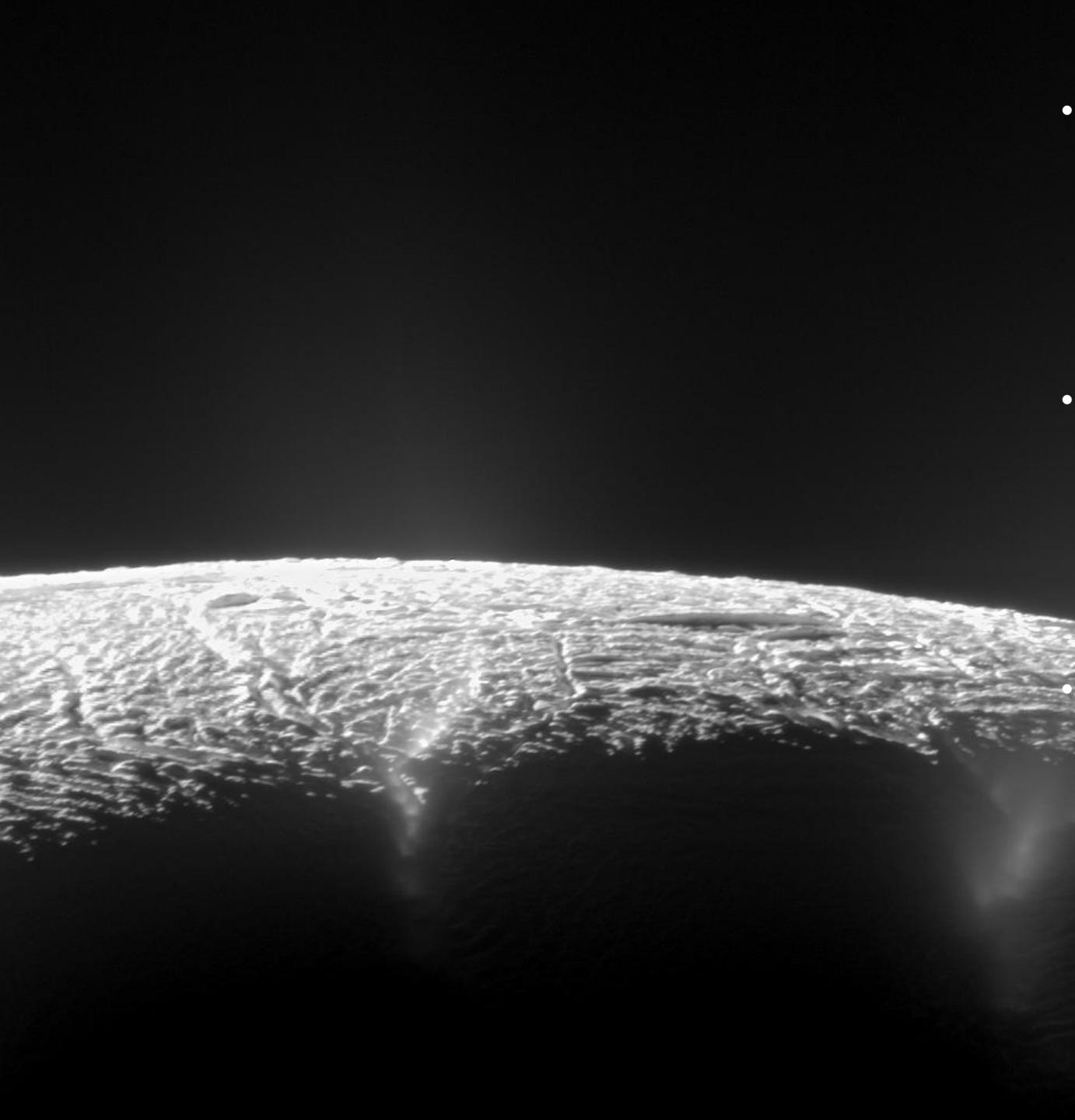
Créditos: NASA/JPL-Caltech

- **Diciembre 2008: Un Mundo Activo**

Cuento más de cerca miran los científicos a Encelado, más evidencia de actividad geológica. Nuevas imágenes de alta resolución muestran signos de que la superficie del polo sur cambia con el tiempo, incluida evidencia sorprendente de tectónica similar a la de la Tierra, como la expansión de la corteza helada, pero con una diferencia exótica: la expansión es casi toda en una dirección, como una cinta transportadora. Los nuevos datos sobre la pluma muestran que varía con el tiempo y tiene un efecto de gran alcance en la magnetosfera de Saturno.

- **Junio de 2009: Evidencia salada de agua oculta**

Los científicos que trabajan en la misión Cassini detectan sales de sodio en los granos de hielo del anillo más externo de Saturno. El hielo salado indica que Enceladus, que es la fuente principal que repone el anillo con el material de sus chorros, podría albergar una gran reserva de agua líquida, quizás un océano, debajo de su superficie. Los científicos del equipo del Analizador de polvo cósmico (CDA) de Cassini concluyen que el agua líquida debe estar presente porque es la única forma de disolver las cantidades significativas de minerales que explicarían los niveles de sal detectados.



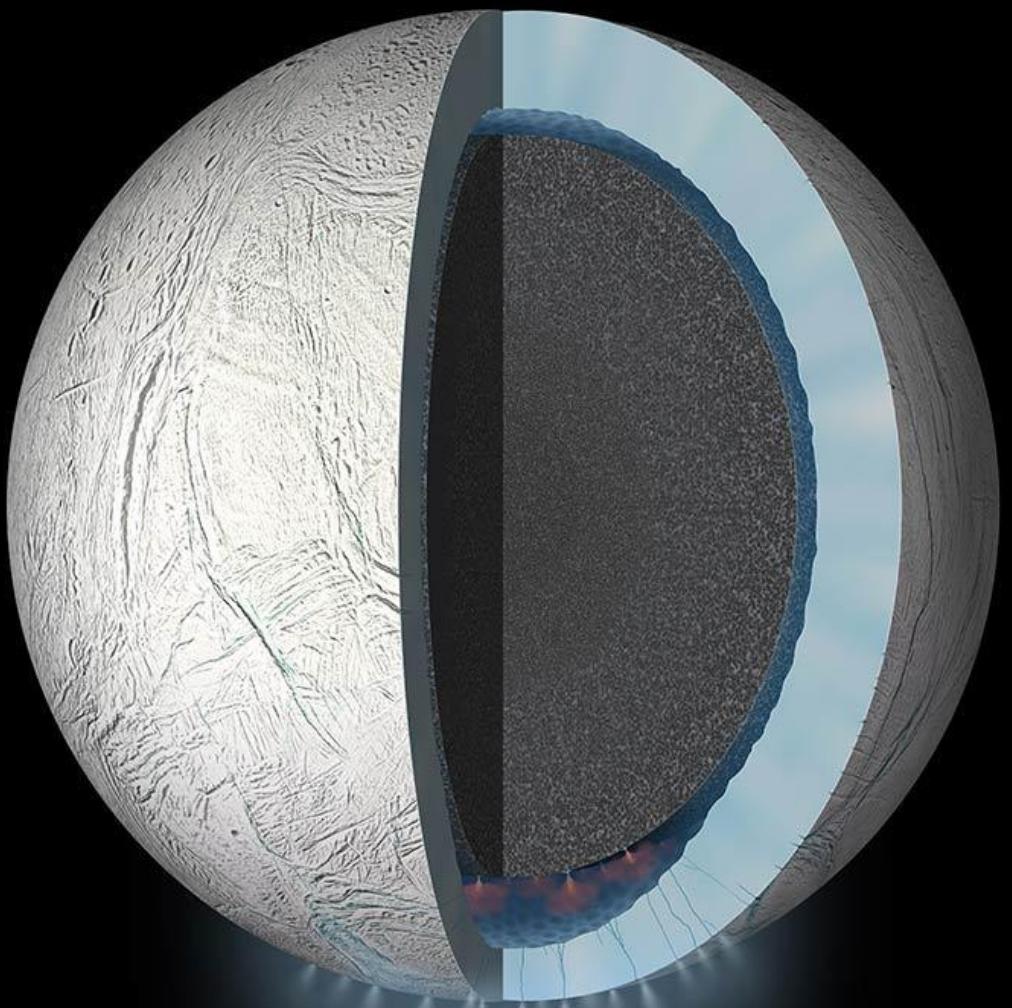
- Los segmentos de géiseres de las fracturas que se ven aquí se encuentran entre los más activos y cálidos de toda la región. Como se ve desde la nave espacial desde un ángulo de elevación de 25 grados sur, los chorros se proyectan contra la superficie brillante en lugar del cielo negro.
- La imagen fue tomada con la cámara de ángulo estrecho de Cassini a través del filtro transparente el 13 de agosto de 2010, con una escala de imagen de unos 70 metros (230 pies) por píxel y un ángulo entre el sol, Encelado y la nave espacial, o fase, de unos 151 grados..
- Esta imagen fue una de las utilizadas para confirmar las fuentes de los géiseres de Encelado, tal como se describe en un artículo de Porco, DiNino y Nimmo, y publicado en la versión en línea de Astronomical Journal *en julio de 2014.*

- **Julio de 2009: el amoníaco se suma a la evidencia**

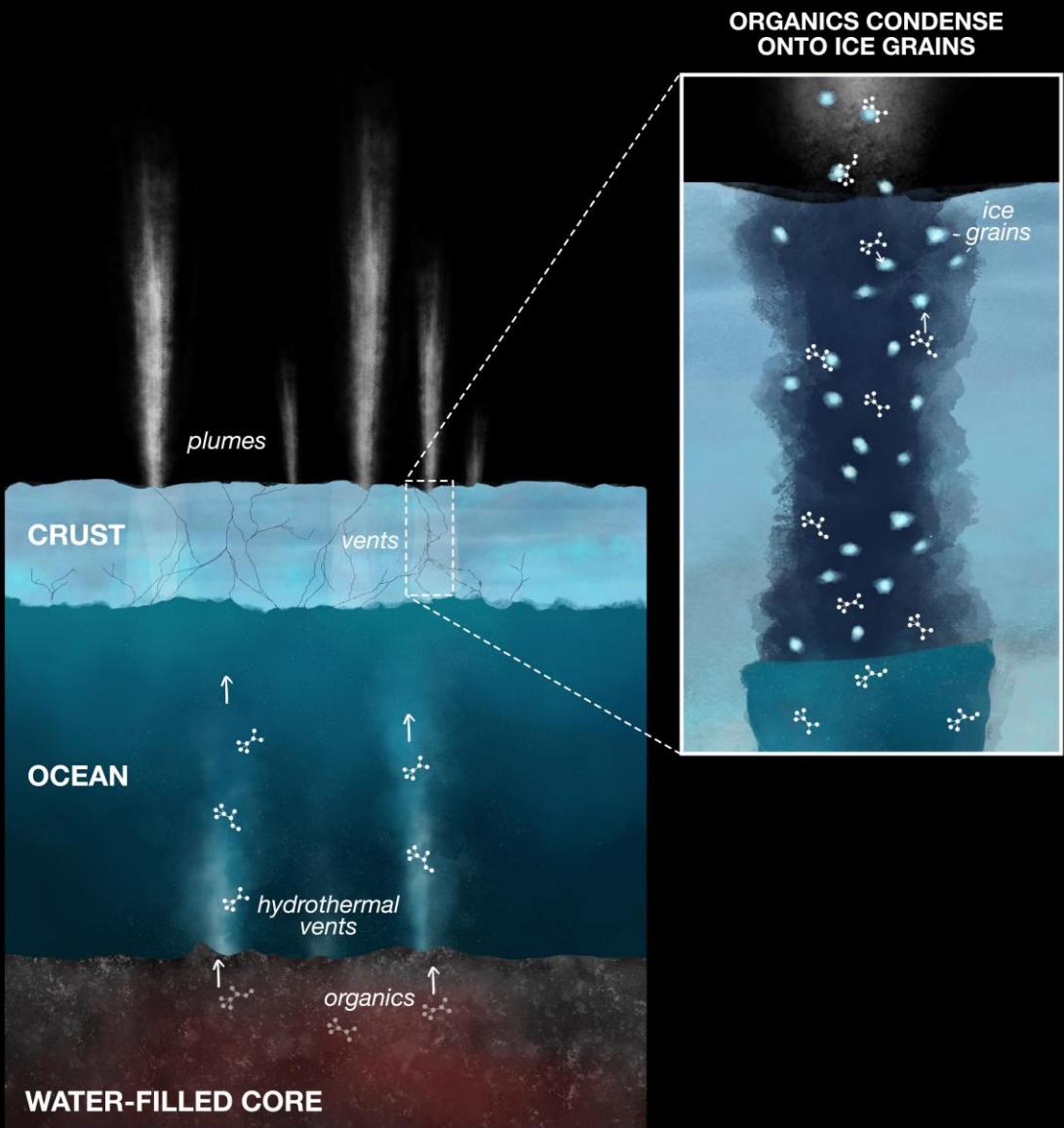
Los investigadores anuncian que los datos recopilados durante los sobrevuelos cercanos de Encelado identifican definitivamente el amoníaco en la columna. En el espacio, la presencia de amoníaco proporciona una fuerte evidencia de la existencia de al menos algo de agua líquida.

- **Febrero de 2010: Nuevos Jets**

Las imágenes de picado (swoop) de noviembre de 2009 sobre Encelado revelan un bosque de nuevos chorros rociando desde la región del polo sur que no se había visto antes, junto con cambios en la actividad entre algunos chorros observados previamente. Las imágenes y los datos del espectrómetro infrarrojo compuesto también producen la mejor imagen tridimensional jamás obtenida de una raya de tigre, así como vistas de regiones que no estaban bien cartografiadas previamente en Encelado, incluida una zona sur con patrones tectónicos toscamente circulares.



- Representación artística que muestra una vista en corte del interior de la luna Encelado de Saturno. La nave espacial Cassini de la NASA descubrió que la luna tiene un océano global y probablemente actividad hidrotermal. Una columna de partículas de hielo, vapor de agua y moléculas orgánicas brota de las fracturas en la región del polo sur de la luna.



ENCELADUS

- Se han detectado nuevos tipos de compuestos orgánicos, los ingredientes de los aminoácidos, en las columnas que brotan de la luna Encelado de Saturno. Los hallazgos son el resultado de la inmersión profunda en los datos de la misión Cassini de la NASA.

Los potentes respiraderos hidrotermales expulsan material del núcleo de Encelado, que se mezcla con el agua del enorme océano subterráneo de la luna antes de ser liberado al espacio en forma de vapor de agua y granos de hielo. Se determinó que las moléculas recién descubiertas, condensadas en los granos de hielo, eran compuestos portadores de nitrógeno y oxígeno.

Los científicos creen que los respiraderos hidrotermales de Encelado pueden funcionar de la misma manera, suministrando energía que conduce a la producción de aminoácidos

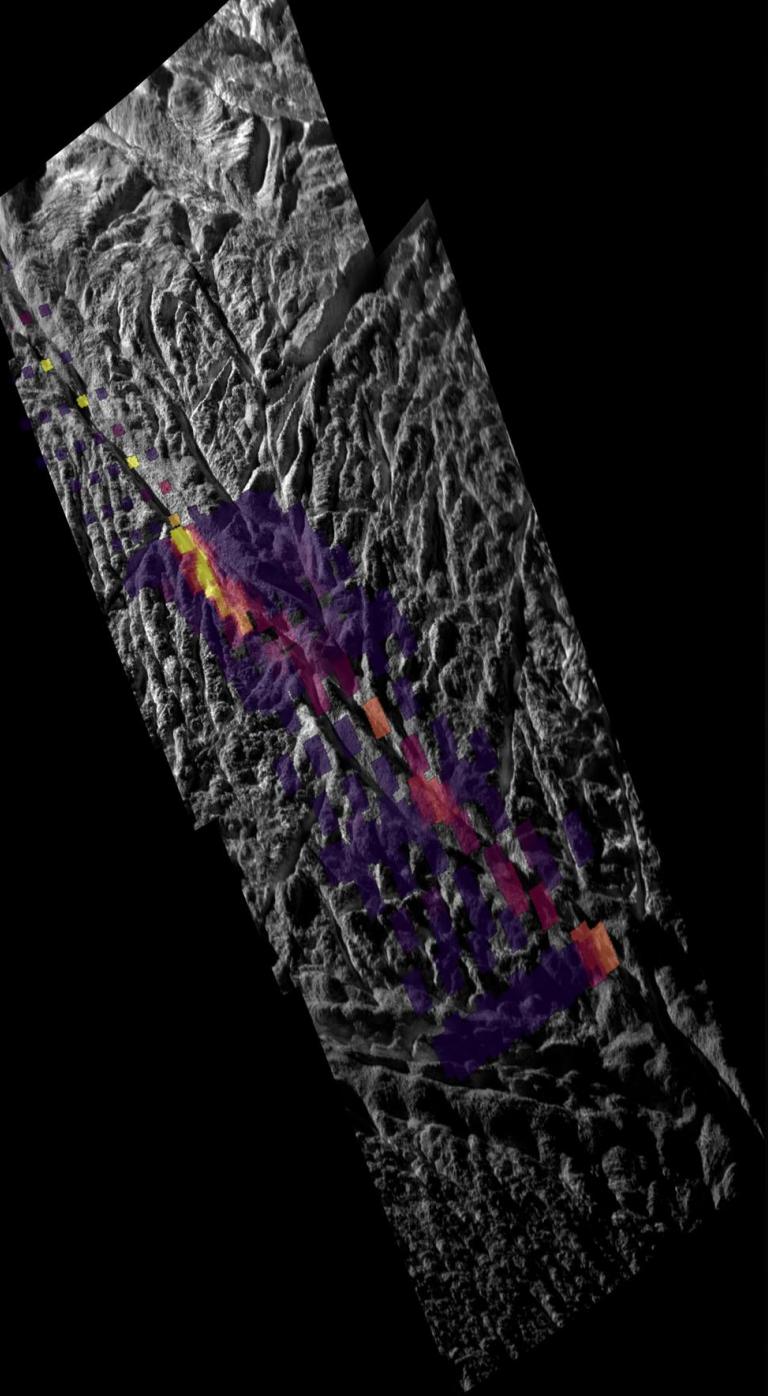
Los compuestos orgánicos identificados primero se disolvieron en el océano de Encelado, luego se evaporaron de la superficie del agua antes de condensarse y congelarse en granos de hielo dentro de las fracturas en la corteza lunar, encontraron los científicos. Soplados al espacio con el penacho ascendente emitido a través de esas fracturas, los granos de hielo fueron luego analizados por el CDA de Cassini

- **Octubre de 2010: una pista tambaleante**

Los científicos del equipo de Cassini comparan un mapa de la tensión de las mareas gravitatorias en la corteza helada de Encelado con un mapa de las zonas cálidas creadas con el instrumento espectrómetro infrarrojo compuesto de Cassini. Las áreas con mayor estrés deberían superponerse a las zonas más cálidas en el mapa de infrarrojos, pero no coinciden exactamente. Los investigadores creen que la discrepancia se puede resolver si Encelado se tambalea ligeramente mientras gira.

- **Marzo de 2011: Demasiado caliente para manejar**

Se encuentra que la producción de calor de la región del polo sur es mucho mayor de lo que se creía posible, según el análisis de los datos recopilados por Cassini CIRS. La potencia interna generada por el calor es de unos 15.8 gigavatios, aproximadamente 2.6 veces la potencia de salida de todas las fuentes termales de la región de Yellowstone, o comparable a 20 centrales eléctricas alimentadas con carbón. El mecanismo capaz de producir tanta energía interna observada sigue siendo un misterio y desafía los modelos propuestos de producción de calor a largo plazo dentro de la luna helada.



- En esta imagen de mosaico única que combina datos de alta resolución del subsistema de ciencia de imágenes y el espectrómetro infrarrojo compuesto a bordo de la nave espacial Cassini de la NASA, aparecen focos de calor a lo largo de una de las misteriosas fracturas en la región polar sur de la luna Encelado de Saturno. La fractura, llamada Baghdad Sulcus, es una de las llamadas "rayas de tigre" que brotan con chorros de vapor de agua y partículas de hielo. En diagonal a través de la imagen.

- **Septiembre 2011: Compartiendo el Agua**

Encelado se convierte en la única luna en nuestro sistema solar conocida por influir sustancialmente en la composición química de su planeta padre. Usando datos del Observatorio Espacial Herschel de la Agencia Espacial Europea, los científicos encuentran una enorme nube de vapor de agua en forma de rosquilla creada por Encelado que rodea a Saturno, que parece ser la fuente de agua en la atmósfera superior de Saturno.

- **Marzo 2012: Estresado**

Las imágenes de Cassini permiten a los científicos correlacionar cómo los chorros de vapor de agua brotan de las fisuras de Encelado con la forma en que la gravedad de Saturno estira las fisuras. Este trabajo les da a los científicos una idea de la mecánica de los chorros pintorescos y muestra que Saturno ejerce fuertes tensiones sobre Encelado.

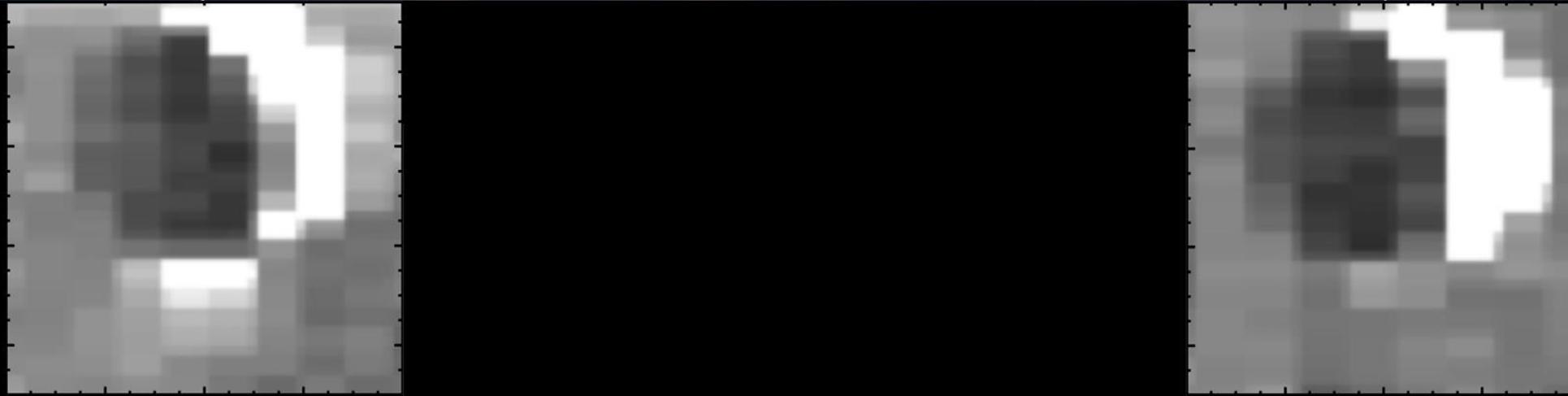
- Esta vista sin procesar de la luna Encelado de Saturno fue adquirida por la nave espacial Cassini de la NASA durante un sobrevuelo cercano de la luna helada el 28 de octubre de 2015.

- **Julio de 2013: como una boquilla ajustable**

Los exploradores de Encelado encuentran que la intensidad de los chorros de hielo de agua y partículas orgánicas que salen disparados de Encelado depende de la proximidad de la luna a Saturno en el curso de su órbita no del todo circular. Las "boquillas" de los géiseres están casi cerradas cuando Encelado está más cerca de Saturno y están más abiertas cuando la luna está más lejos. Los científicos creen que esto tiene que ver con la forma en que la gravedad de Saturno aprieta y libera la luna. El hallazgo se suma a la evidencia de que un depósito de agua líquida u océano se esconde debajo de la superficie.

- **Abril de 2014: un indicio de algo más grande**

Las mediciones de gravedad basadas en el efecto Doppler proporcionan las primeras medidas geofísicas de la estructura interna de Encelado, y resultan ser consistentes con la existencia de un océano oculto dentro de la luna. Las mediciones sugieren un gran mar (probablemente regional) de unas 6 millas (10 kilómetros) de profundidad debajo de la región polar sur, bajo una capa de hielo de unas 19 a 25 millas (30 a 40 kilómetros) de espesor.



- La atracción gravitatoria de Saturno cambia la cantidad de partículas que se rocían desde el polo sur de la luna activa de Saturno, Encelado, en diferentes puntos de su órbita. Más partículas hacen que la pluma parezca mucho más brillante en la imagen infrarroja de la izquierda.

- **Julio de 2014: 101 emanaciones**

Los científicos identifican 101 géiseres distintos en erupción en Encelado. Su análisis sugiere que es posible que el agua líquida llegue hasta su superficie desde el mar subterráneo de la luna. Se encuentra que los géiseres individuales coinciden con pequeños puntos calientes, y estas relaciones señalan el camino hacia el origen de los géiseres en un océano debajo.

- **Marzo 2015: Confirmación de una hipótesis hidrotermal**

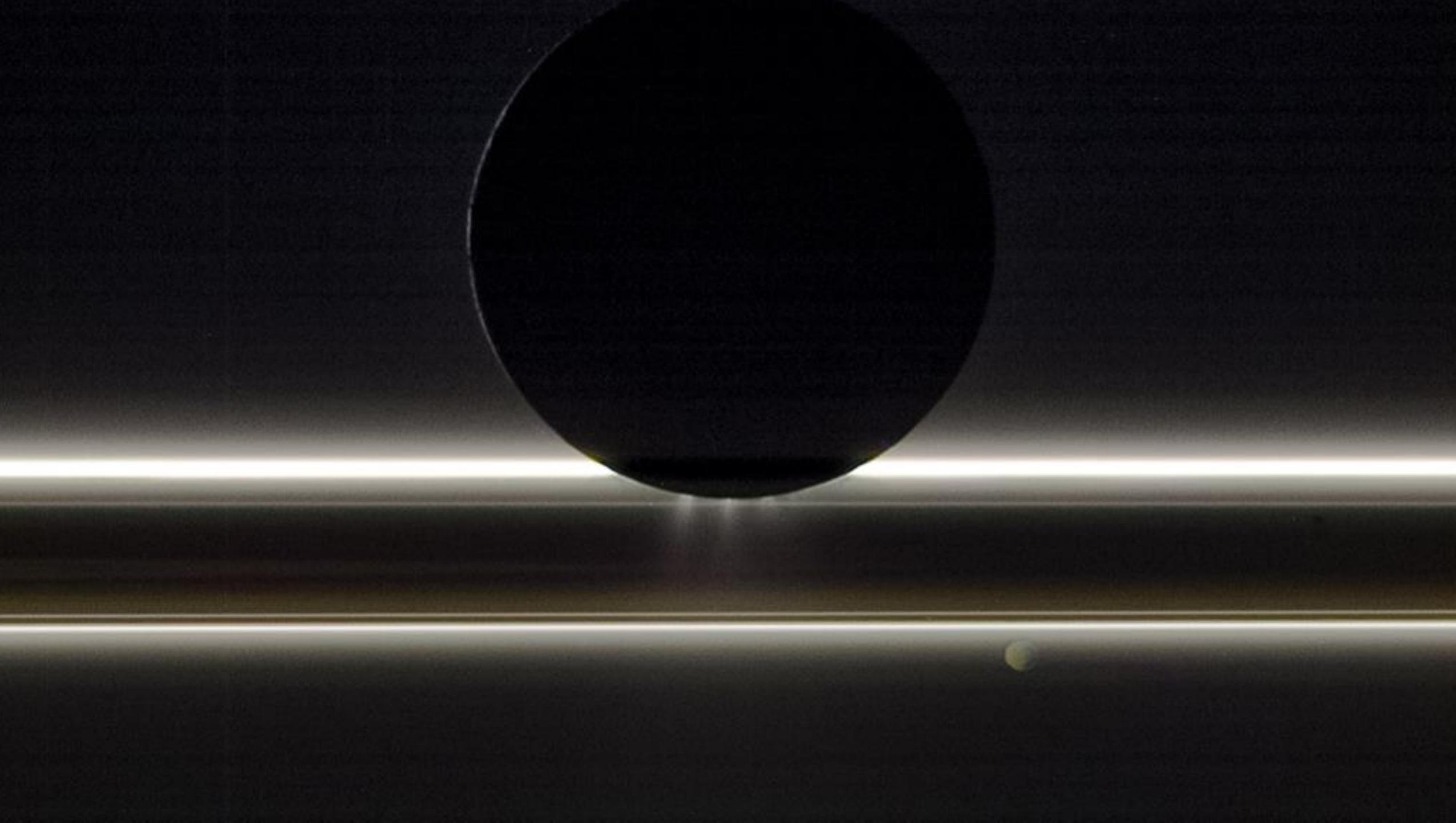
Cassini proporciona a los científicos la primera evidencia clara de que Encelado exhibe signos de actividad hidrotermal actual que se asemeja a la que ocurre en los océanos profundos de la Tierra. El instrumento analizador de polvo cósmico (CDA) de Cassini detectó repetidamente minúsculas partículas de roca ricas en silicio. Un extenso análisis de los datos de la nave espacial y los experimentos de laboratorio lleva a los investigadores a la conclusión de que los pequeños granos probablemente se forman cuando el agua caliente que contiene minerales disueltos del interior rocoso de la luna viaja hacia arriba y entra en contacto con agua más fría.

- **Abril de 2015: Zarcillos al espacio**

Las estructuras largas, sinuosas y parecidas a zarcillos que se ven en las cercanías de Encelado se originan directamente de los géiseres que brotan de su superficie. Los científicos muestran que cada estructura de zarcillo única es producida por conjuntos particulares de géiseres en la superficie de la luna.

- **Mayo de 2015: cortinas de hielo**

Un estudio sugiere que la mayoría de las erupciones podrían ser cortinas difusas en lugar de chorros discretos. Algunas características que parecen ser chorros individuales de material en erupción a lo largo de fracturas prominentes en la región del polo sur de la luna podrían ser fantasmas creados por una ilusión óptica.

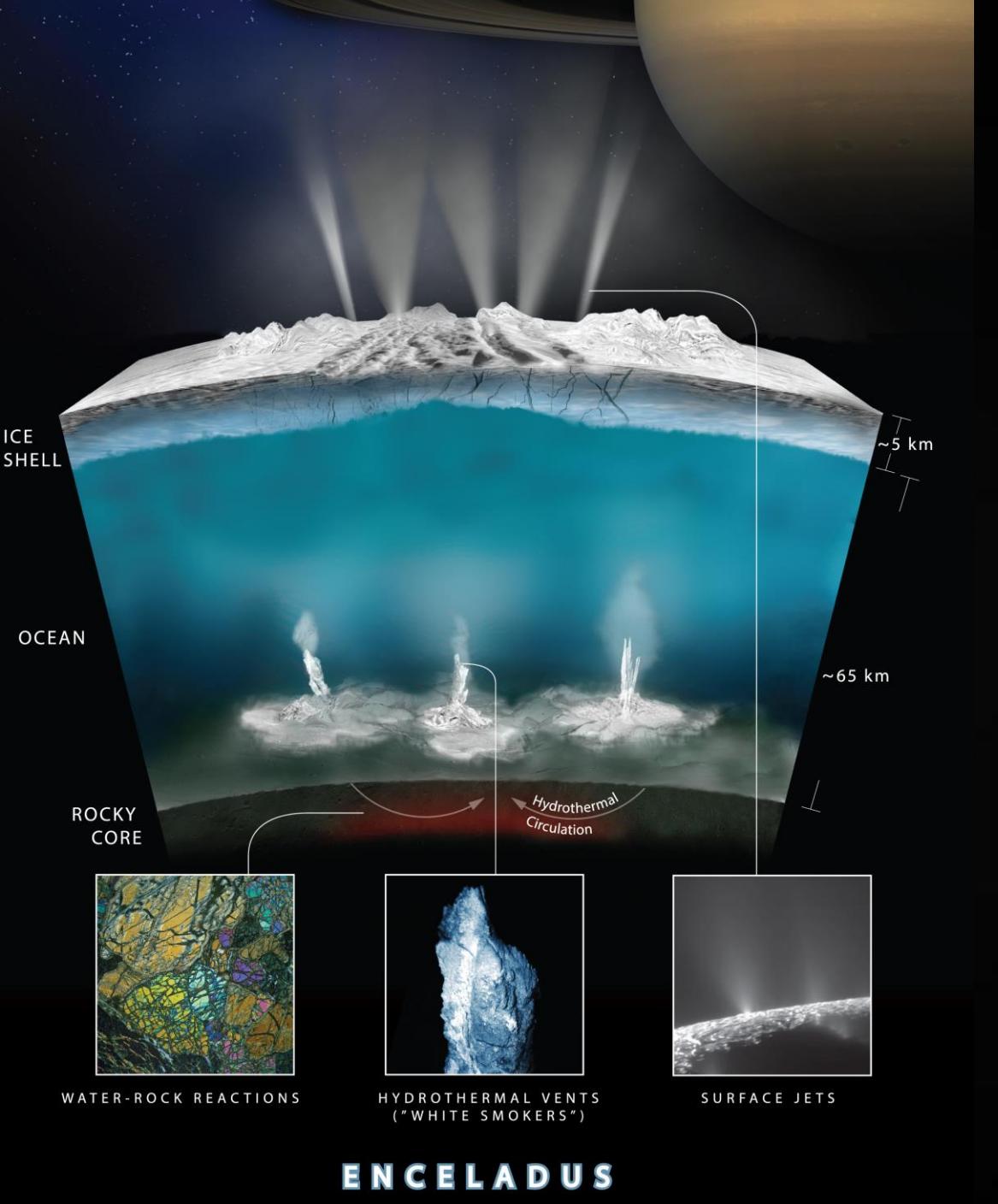


- **Septiembre 2015: Un océano global**

Los investigadores encuentran que la magnitud del leve bamboleo de la luna mientras orbita Saturno solo puede explicarse si su capa de hielo exterior no está congelada en su interior, lo que significa que debe haber un océano global presente. El hallazgo implica que la fina pulverización de vapor de agua, partículas heladas y moléculas orgánicas simples que Cassini ha observado que provienen de fracturas cerca del polo sur de la luna está siendo alimentada por este vasto océano de agua líquida.

- **Abril 2017: Hidrógeno hidrotermal y habitabilidad potencial**

Los científicos anuncian que el espectrómetro de masa neutra e iones de Cassini detectó cantidades significativas de hidrógeno en la columna de Encélado. A partir de sobrevuelos anteriores, Cassini determinó que casi el 98 por ciento del gas en la columna es agua, y el resto es una mezcla de otras moléculas, como dióxido de carbono, metano y amoníaco. La detección de una gran cantidad de hidrógeno sugiere fuertemente un proceso hidrotermal continuo, en el que las aguas subterráneas de Encélado interactúan con rocas y compuestos orgánicos. La química detectada por Cassini es notablemente similar a la creada por los respiraderos hidrotermales en los océanos de la Tierra, en particular los de baja temperatura llamados "fumadores blancos". Este tipo de química podría ser utilizada como fuente de energía por la vida, si existiera en el océano de Encélado.



ENCELADUS

- La nave espacial Cassini detectó hidrógeno en la columna de gas y material helado que salía de Encelado durante su última y más profunda inmersión a través de la columna el 28 de octubre de 2015. Este gráfico ilustra una teoría sobre cómo el agua interactúa con la roca en el fondo del océano lunar, produciendo hidrógeno gaseoso. Un equipo de Goddard quiere desarrollar un instrumento que revele aún más detalles sobre los respiraderos hidrotermales y quizás ayude a responder si existe vida en este mundo oceánico



- Encelado, la luna activa de Saturno que alberga océanos, se hunde detrás del planeta gigante en un retrato de despedida de la nave espacial Cassini de la NASA.
- Esta vista de Encelado fue tomada por la nave espacial Cassini de la NASA el 13 de septiembre de 2017. Es una de las últimas imágenes enviadas por Cassini.
- La vista es parte de una secuencia de película de imágenes tomadas durante un período de 40 minutos cuando la luna helada pasó detrás de Saturno desde el punto de vista de la nave espacial.

- GONZÁLEZ TRILLO, RODOLFO A. (2017), Formación de minilunetas en el anillo F de Saturno; Tesis para título de Físico; Universidad Nacional Autónoma de México; Cd México, México.
- RAMÍREZ CABANAS, ALMA K. (2014), Impacto de Encelado en el Ambiente que rodea Saturno; Tesis para título de Ingeniero Geofísico; Instituto Politécnico Nacional; Cd México, México.
- https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/whycassini/index.html
- <https://www.nasa.gov/subject/3159/enceladus/>
- <https://solarsystem.nasa.gov/news/12916/cassini-at-enceladus-a-decade-plus-of-discovery/>
- <https://solarsystem.nasa.gov/missions/cassini/science/enceladus/>