

El final de una gran dinastía: la nave **CASSINI**

Por Alberto Flandes

Después de 13 años y 2200 millones de kilómetros recorridos en 243 órbitas alrededor de Saturno, el 15 de septiembre de 2017 la nave *Cassini* ingresará en la atmósfera del planeta a decenas de miles de kilómetros por hora y se desintegrará.

Ilustración: NASA/JPL-Caltech

La nave **Cassini** es la última de una generación que debutó con las misiones *Pioneer* y *Voyager* en los años 70, y siguió con la sonda *Galileo*, en los 90. No habrá otra igual por lo menos en varias décadas.

Las *Pioneer 10* y *11* son naves gemelas lanzadas en 1972 y 1973. Las *Voyager 1* y *2*, también gemelas, se lanzaron en 1977. Tenían como objetivo explorar el Sistema Solar exterior más allá de la órbita de Marte y el cinturón de asteroides, y alcanzar el medio interestelar. Su objetivo secundario era llevar un mensaje de paz y hacerle saber a alguna civilización extraterrestre, en caso de encontrarla, cómo somos y dónde estamos. Los *Voyager* siguen en contacto con la NASA.

La misión *Galileo* partió con destino a Júpiter en 1989 y orbitó ese planeta durante casi ocho años antes de hundirse en su atmósfera en 2003. La misión *Cassini* salió de la Tierra el 15 de octubre de 1997 y la nave se puso en órbita alrededor de Saturno el 1 de julio de 2004.

Ecos de la carrera espacial

El *Pioneer 10* fue la primera nave que atravesó el cinturón de asteroides y la primera en visitar Júpiter y enviar imágenes cercanas de ese planeta y sus lunas Europa y Ganimedes. El *Pioneer 11* fue la primera nave en acercarse a Saturno. Descubrió dos nuevas lunas (Epimeteo y Jano) inmersas en el anillo F y fotografió los anillos y algunas otras lunas.

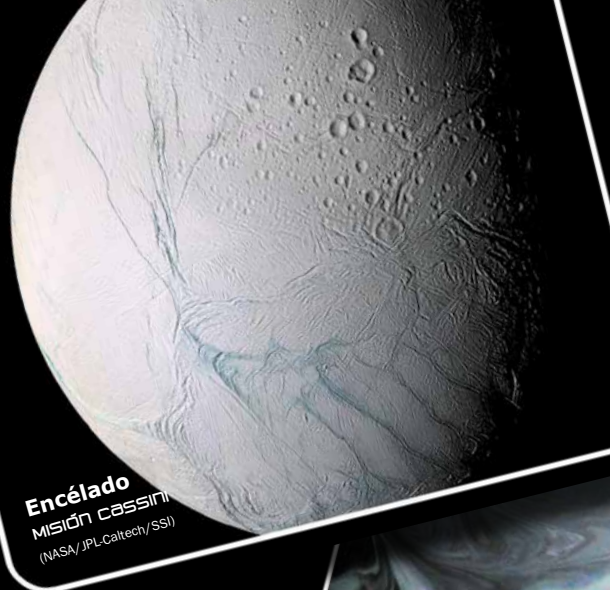
La experiencia de las naves *Pioneer* sirvió para definir las trayectorias de las naves *Voyager 1* y *2*, que pasaron por Saturno en 1980 y 1981, ya fuera para confirmar o profundizar en los hallazgos de sus antecesoras. Por ejemplo, con el descubrimiento de la densa atmósfera

de Titán, la luna gigante de Saturno, la trayectoria del *Voyager 2* se modificó para hacer un acercamiento a esta luna y estudiarla con algo más de detalle.

Tanto las naves *Voyager* como las *Pioneer*, y la misma *Cassini*, estaban obligadas a pasar también por Júpiter porque, aparte del interés en estudiar este planeta gigante, su atracción gravitacional las ayudaría a ganar velocidad para escapar de la atracción del Sol y así poder abandonar el Sistema Solar o llegar a Saturno en el caso de *Cassini*. Para alcanzar Júpiter también era necesario impulsar gravitacionalmente las naves y para ello se usó la gravedad de la propia Tierra y la de los planetas vecinos. Este tipo de maniobras de asistencia gravitacional ahorran grandes cantidades de combustible, pero pueden extender el tiempo de viaje. A la nave *Cassini* esta serie de maniobras le llevó cuatro años y un recorrido de varios miles de millones de kilómetros.

Se calcula que tanto las *Voyager* como las *Pioneer* ya abandonaron el Sistema Solar. La nave *Voyager 1* está a 121 unidades astronómicas (UA) del Sol (o 121 veces la distancia entre el Sol y la Tierra). Es ahora el objeto construido por el ser humano que más lejos ha llegado y también el más veloz, pues se aleja del Sol a una increíble velocidad de casi 63 000 km/h. La *Voyager 2* está a 112 UA. Para la posición de las *Pioneer 10* y *11* sólo podemos hacer cálculos aproximados porque perdimos contacto con ellas en 2003 y 1995, respectivamente.

Todas estas misiones fueron ecos de la carrera espacial de los años 50 y 60. Se concibieron con propósitos muy ambiciosos y altos presupuestos.



Encélado
MISIÓN CASSINI
(NASA/JPL-Caltech/SSI)



Nubes en Saturno
MISIÓN CASSINI
(NASA/JPL-Caltech/SSI/ Kevin M. Gill)

Cada nueva misión era más grande y tenía más capacidades e instrumentos. Otra cosa que todas tenían en común era que parte de su energía provenía de generadores term nucleares.

Las nuevas misiones son más modestas y pequeñas; y en la mayoría se opta por tecnologías como la energía solar para su operación básica, así como nuevas formas de propulsión.

Los éxitos de Cassini

Quizá el primer éxito de la misión fue superar los desacuerdos políticos que implicaba una colaboración entre la agencia estadounidense NASA y la Agencia Espacial Europea, ESA. Esta última construyó y operó la sonda secundaria *Huygens* que viajó al sistema de Saturno adosada a la nave principal. La segunda batalla que libró la misión fue contra los grupos ambientalistas que se oponían a su lanzamiento por llevar material nuclear como combustible, especialmente después de la trágica explosión y muerte de los siete tripulantes del transbordador espacial *Challenger* en 1986. Finalmente pudo demostrarse que el riesgo de que la nave explotara en el lanzamiento y contaminara la Tierra con material radiactivo era muy bajo.

Detrás de la misión *Cassini* hay miles de personas, entre ellas científicos e ingenieros de 27 naciones distintas. La nave principal y la sonda *Huygens*, que descendió



Los colores de Saturno
MISIÓN CASSINI
(NASA/JPL-Caltech/SSI/Cornell)



Los anillos de Saturno
MISIÓN CASSINI
(NASA/JPL/U Colorado)

EL GRAN FINAL DE CASSINI

Velocidad máxima de
123 608 kph

(con respecto a Saturno)

Pasará por un
"hueco" de
2400 km de ancho

5 pasos
por la atmósfera alta
de Saturno

1 inmersión final
en Saturno el 15
de septiembre de 2017

22 órbitas
en total

A **1 628 km**
de las nubes de Saturno

4 pasos
por el anillo interno
de Saturno

1 minuto entre la
entrada a la atmósfera y
la pérdida de contacto

Ilustración: NASA/JPL-Caltech

en Titán en 2005, enviaron casi 400 000 imágenes de Saturno, de sus lunas y de sus anillos como parte de casi un billón de bytes de información. En la larga lista de descubrimientos de la misión se encuentran 10 nuevas lunas y varios nuevos anillos (véase *¿Cómo ves?*, Nos. 95 y 158). Estos descubrimientos han revolucionado nuestro entendimiento del planeta Saturno, de sus complejos anillos, de su increíble conjunto de lunas y de su dinámico ambiente magnético. Sorprendentemente, también nos enseñan cómo y dónde podríamos encontrar evidencias de vida en el Sistema Solar y más allá.

Océano interior

Entre los descubrimientos más notables de la misión *Cassini* están los géiseres o chorros de vapor y polvo de hielo de agua que salen a través de grietas en el polo sur de Encélado (véase *¿Cómo ves?*, No. 191). Encélado es una pequeña luna de 252 km de radio. Los géiseres son un ejemplo de vulcanismo frío, o criovulcanismo, que revelan que en su interior hay un océano de agua líquida y salada de varias decenas de kilómetros de profundidad. Como otras lunas de Saturno, Encélado está cubierta por una gruesa capa de hielo de agua, pero la parte profunda

de la capa está fundida. La razón es que las fuerzas de atracción gravitacional de Saturno y sus lunas vecinas deforman continuamente a Encélado. Este continuo estira y afloja calienta el núcleo de la luna y el calor que genera funde el hielo circundante. La interacción del agua con el material rocoso del núcleo ha disuelto gran cantidad de sales y otros compuestos que han enriquecido el océano. Algunos creen que el fondo del océano de Encélado podría compararse con las ventilas hidrotermales de los lechos oceánicos terrestres, donde a pesar de la falta de luz solar pueden sobrevivir y prosperar organismos como los llamados gusanos tubulares tomando parte de su energía del calor de las ventilas. Algunas otras lunas de hielo de Saturno que se hallan en condiciones similares a Encélado hacen pensar que ésta no es la única luna que alberga un océano de agua líquida en su interior.

Titán, el gigante

Poco después de que la nave principal se pusiera en órbita alrededor de Saturno en 2004, la pequeña sonda europea *Huygens*, que viajaba adosada a *Cassini*, se desprendió, penetró en la atmósfera de Titán y se posó en su superficie. Titán tiene el triple de volumen de nuestra Luna, está compuesto de roca y hielo de agua y tiene una atmósfera de nitrógeno con una gran cantidad de compuestos orgánicos y es dos veces más densa que la de la Tierra. La pareja *Cassini-Huygens* descubrió una geografía compleja bajo la gruesa capa de nubes de Titán, con montañas de hielo, criovolcanes y canales, y lagos de compuestos de carbono y oxígeno como el metano

EL PODER FEMENINO DE CASSINI

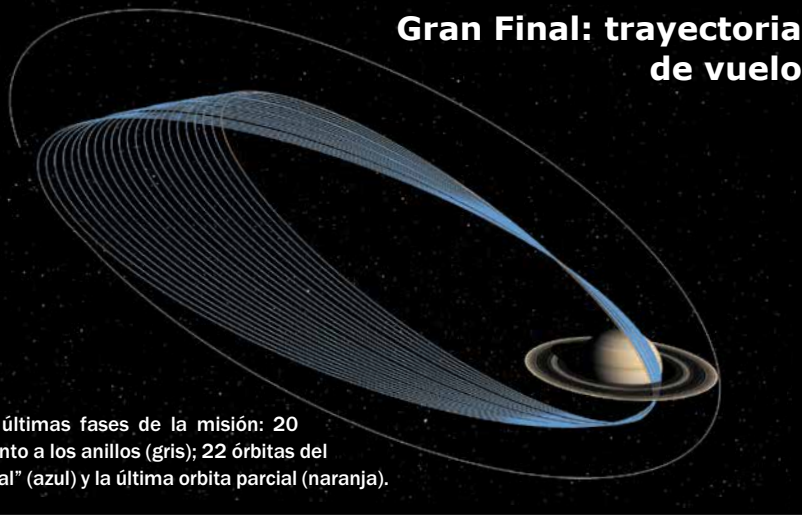
La misión *Cassini* se distingue de otras por el número de mujeres que ocupan puestos importantes: Julie Webster es la líder del equipo que se encarga de la nave, Katherine Weld está a cargo del enlace con la sonda, Nora Alonge es la ingeniera de sistemas científicos y Linda Spilker es la cabeza científica de la misión, o científica principal del proyecto.

Linda Spilker trabaja en el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL, por sus siglas en inglés), donde se diseñó y construyó la nave *Cassini* y en el que se lleva a cabo gran parte de la planeación y diseño de observaciones y de órbitas de la nave, así como parte del análisis de los datos. Su tarea principal en el equipo de *Cassini* es optimizar el desempeño científico de la misión de acuerdo con la planeación y el presupuesto.

Spilker llegó al JPL en 1977 tras graduarse como física en la Universidad Estatal de California. A Spilker se le dio a escoger en qué misión trabajar. Al saber que la misión *Voyager* iría a Júpiter y Saturno, no pudo resistirse, pues su pasión eran los anillos de Saturno. Cuando la misión *Cassini* estaba aún en etapa de planeación, en 1990, Spilker fue invitada a formar parte del equipo como co-investigadora de uno de los instrumentos de la nave (el CIRS). Ese mismo año, la NASA le otorgó la Medalla al Servicio Excepcional por su trabajo y su liderazgo durante el encuentro con el planeta Neptuno de la nave *Voyager 1*. Desde 2010 Linda es científica principal de la misión *Cassini* y desde 2014 participa activamente en la planeación de una próxima misión que estará dedicada a la búsqueda de vida en Encélado.

Titán
Misión Cassini
(NASA/JPL/UA Arizona/UA Idaho)





Para las últimas fases de la misión: 20 órbitas junto a los anillos (gris); 22 órbitas del "Gran Final" (azul) y la última órbita parcial (naranja).

Gran Final: trayectoria de vuelo

MÁS INFORMACIÓN



- De Lara, Estela, *La sonda Cassini visita Saturno*, Observatorio Astronómico Nacional, UNAM: www.astrosen.unam.mx/divulgacion/articulos/Cassini_visita_Saturno.pdf
- Agencia Espacial Europea, *Cuenta atrás para el gran final de Cassini*: www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/
- Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA), *Misión Cassini*: www.lanasa.net/news/sondas

(véase *¿Cómo ves?*, No. 76). Los astrobiólogos más optimistas proponen que en Titán podrían existir organismos que llaman metanógenos, es decir, que en vez de agua, dependerían del metano para vivir.

Anillos de polvo, anillos de roca

El sistema de anillos de Saturno es el más complejo y diverso del Sistema Solar (Júpiter, Urano y Neptuno también tienen anillos). Los anillos más cercanos a Saturno y más visibles son los llamados anillos principales. Los exteriores son anillos de polvo (o difusos). Con los datos de la nave *Cassini* se identificaron nuevos anillos de polvo y nuevas fronteras para los anillos. En particular, con el espectrómetro ultravioleta (UVIS, por sus siglas en inglés) se logró distinguir la estructura de los anillos principales con una resolución de cerca de 100 m. Esto es un logro notable, porque si bien los anillos principales se ven como un disco

continuo, en realidad son una colección de rocas individuales de entre uno y 10 metros. Durante la misión, la nave se ha mantenido a una distancia de más de medio millón de kilómetros de los anillos para protegerla de posibles colisiones, lo cual ha impedido distinguir rocas individuales.

El detector de polvo de *Cassini* (CDA, por sus siglas en inglés) caracterizó los diferentes tipos de partículas de uno de los anillos de polvo más extendidos, el anillo E, que en parte se abastece de polvo proveniente de los géiseres de Encélado. El CDA identificó polvo de hielo de agua pura, partículas de sal, partículas de sílice y combinaciones de estas tres.

El espectrómetro infrarrojo (CIRS, por sus siglas en inglés) reconstruyó las variaciones estacionales de temperatura de los anillos principales, con las cuales también pudimos saber más de su estructura, dinámica y composición. La dinámica y la estructura determinan cuánta energía llega a los anillos (por ejemplo, energía solar) y la composición de las rocas de los anillos determina cómo se absorbe y se emite esa energía.

El Gran Final

Desde abril la nave acometió la etapa final de su misión: 22 últimas órbitas entre el planeta y los anillos, una región vedada hasta ahora por el alto riesgo de colisión y daño para la nave. Cada órbita es más cerrada que la anterior y

sumergirá lentamente a la nave en la envoltura gaseosa de Saturno. En la última órbita, cuando esté totalmente inmersa en la atmósfera, se espera que la nave *Cassini* siga enviando datos si se logra mantener su antena dirigida a la Tierra, hasta que las altas presiones y temperaturas la desintegren. De estos datos se espera obtener mapas del campo gravitacional y del campo magnético de Saturno, información sobre su estructura interna y su velocidad de rotación, detalles sobre la composición de la atmósfera e imágenes cercanas de los anillos y las nubes del planeta.

Aparte de poder estudiar Saturno y su atmósfera tan de cerca, se decidió este final para la misión porque, en primer lugar, la nave se estaba quedando sin el combustible líquido que se requiere para estabilizarla y maniobrarla, y en segundo lugar para evitar que chocara con alguna de las lunas de hielo, en especial con las que tienen océanos de agua líquida y ambientes favorables para la vida que podrían contaminarse con la batería termonuclear de la nave.

En sus últimos momentos, la nave *Cassini* será como un bólido que arde y se evapora para integrarse para siempre con el planeta que exploró durante 13 años. ☾

Alberto Flandes es investigador del Instituto de Geofísica de la UNAM y forma parte del equipo de estudio de anillos del espectrómetro CIRS de la misión Cassini.

