



El sueño de *Philae*

Por Alberto Flandes

El 11 de noviembre de 2014 la atención de millones de personas se concentró en un objeto que se hallaba a 200 millones de kilómetros de la Tierra: el módulo *Philae*. Después de 20 años de preparación, 10 años de viaje a bordo de la nave *Rosetta*, dos años y medio en hibernación y más de 6000 millones de kilómetros recorridos, el *Philae* descendió en el cometa 67P/Churiúmov-Gerasimenko.

El Centro Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC por sus siglas en inglés), en Darmstadt, Alemania, y el Centro Aeroespacial Alemán (DLR, por sus siglas en alemán), en Colonia, estaban atestados. Muchos científicos e ingenieros, algunos de los cuales participaron en la misión desde el principio, se reunieron en estas dos bases de operaciones, desde donde se controlan la nave *Rosetta* y el módulo *Philae*. También se encontraban ahí Klim Ivanovich Churiúmov y Svetlana Ivanovna Gerasimenko, descubridores del cometa. En el centro de la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) en París había otros invitados especiales. Las reacciones de los científicos e ingenieros se podían seguir por Internet. Los propios especialistas del ESOC y el DLR narraban en tiempo real los pormenores

de la misión en sus portales de Internet y en Twitter. Las palabras “*Rosetta*” y “*Philae*” se convirtieron en *trending topic* mundial.

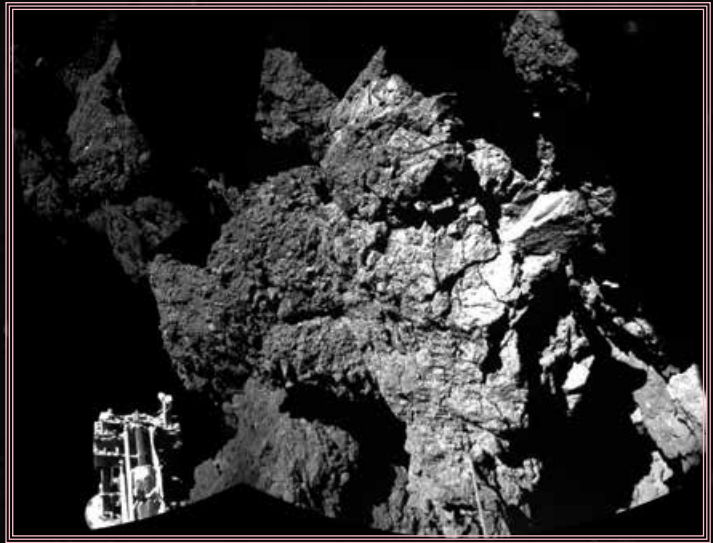
Ya en enero de 2014 la misión *Rosetta* había captado la atención mundial cuando la ESA lanzó la campaña *¡Despierta Rosetta!* en la que se pedía al público enviar *tweets* para sacar a la nave del largo sueño en el que se había sumergido para ahorrar combustible y en preparación para la etapa final de aproximación al cometa (véase *¿Cómo ves?*, No. 182). Algunos dirían que el *Philae* no era el primer objeto creado por el hombre en tocar la superficie de un cometa: en 2005 la misión *Deep Impact* lanzó un módulo para impactar el cometa 9P/Tempel a varios kilómetros por segundo y estudiar el material desalojado por el proyectil. Pero el *Philae* se posaría suavemente sobre la superficie del cometa 67P a una velocidad de un metro por segundo, la velocidad de una caminata tranquila, para luego explorar la superficie con sus cámaras e instrumentos científicos.

Los motivos de Rosetta

La misión nació a finales de los años 90 como proyecto conjunto entre Europa y Estados Unidos después de la exitosa misión *Giotto*, que fotografió el cometa



El cometa 67P visto desde el módulo *Philae*, a unos 16 km de distancia, el 7 de octubre de 2014 (Imagen: ESA/Rosetta/Philae/CIVA).



El módulo *Philae* se posa en el cometa 67P el 11 de noviembre de 2014 (Imagen: ESA/Rosetta/Philae/CIVA).

Halley desde una distancia de 600 kilómetros en 1986. Lo más práctico era escoger un cometa de periodo corto, y los cometas de la llamada familia de Júpiter eran ideales porque tardan alrededor de seis años en darle la vuelta al Sol, a diferencia del cometa Halley, que se acerca al Sol cada 76 años, o los cometas de la nube de Oort, que está en los límites del Sistema Solar y pueden tardar más de 200 años en darle la vuelta al Sol. El objetivo original era el tomar muestras de gas y polvo de las colas del cometa y del material de su superficie, y traerlas a la Tierra. El interés en los cometas radica en que conservan sus características originales desde el nacimiento del Sistema Solar y nos pueden dar información sobre los orígenes de éste y, posiblemente, ayudarnos a entender cómo llegó el agua a nuestro planeta.

La misión original constaba de un orbitador y dos módulos de aterrizaje que sólo tendrían una vida útil de algunos minutos después de posarse en la superficie del cometa. Pero era demasiado ambiciosa y fue necesario rediseñarla. En el nuevo plan se conservó sólo un módulo de aterrizaje, pero con una vida de varios meses. La misión no traería material a la Tierra, pero llevaría más instrumentos y sus objetivos serían más versátiles. La nave principal se llamó *Rosetta* y el módulo *Philae*, en honor a la estela de Rosetta y el obelisco de la isla griega de Philae, a partir de los cuales Jean François Champollion descifró los jeroglíficos egipcios en el siglo

XIX. Se esperaba que la misión *Rosetta*, como la estela y el obelisco, ayudara a descifrar algunas de las incógnitas que guardan los cometas.

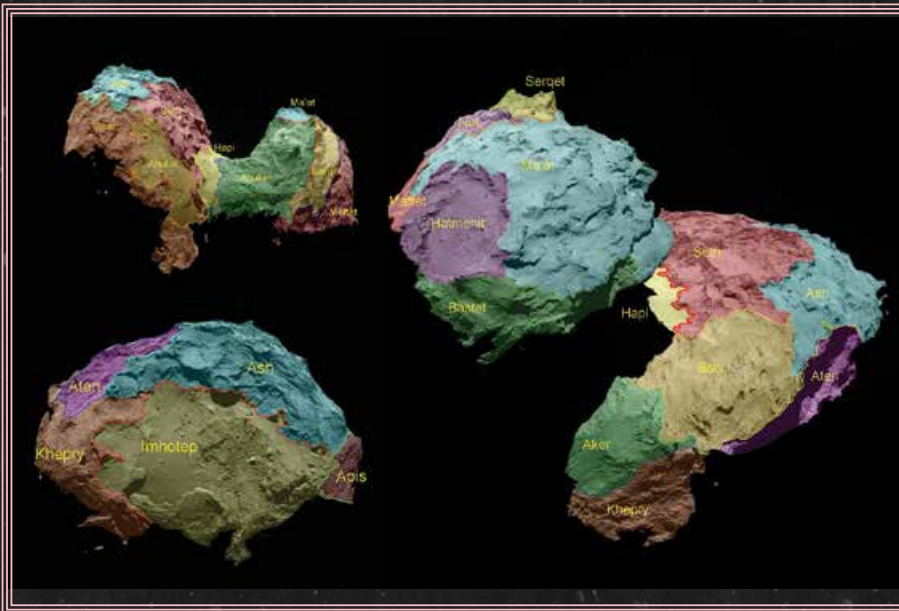
Debido a una falla la misión partió en 2004, un año después de lo planeado. Ya no podía alcanzar al cometa 46P/Wirtanen, así que se recalculó la trayectoria para llevarla al cometa 67P/Churiúmov-Gerasimenko. Para eso la nave tenía que ganar impulso pasando varias veces por la Tierra y Marte en cuatro órbitas alrededor del Sol. Con cada paso, los planetas le daban un tirón gravitacional extra y su velocidad aumentaba. En su viaje, el tándem *Rosetta/Philae* visitó dos asteroides: Steins en 2008 y Lutecia en 2010. En uno de sus pasos por la Tierra, unos astrónomos incautos confundieron las naves con un asteroide en trayectoria de colisión con nuestro planeta.

Desde el principio la ESA decidió no depender de la energía nuclear. La sonda *Rosetta* tiene dos paneles rectangulares de celdas solares que se extienden como alas de 30 metros y el cuerpo del *Philae* está forrado de paneles solares. La desventaja es que la energía se reduce con la distancia al Sol: cerca de la órbita de Júpiter la energía solar es sólo 4% de la que llega a la Tierra.

Una maniobra ridículamente complicada

Cuando una nave espacial visita un planeta, una luna, un asteroide o un cometa, puede hacer tres cosas que exigen maniobras difíciles. La menos complicada es el

llamado *flyby*, o paso cercano, en el que la nave se acerca a un cuerpo para estudiarlo y fotografiarlo —como la nave *Giotto* y el cometa Halley— o para ganar velocidad, como la nave *Rosetta* con Marte y la Tierra. En esta maniobra, la nave se aproxima al cuerpo hasta una distancia mínima y luego se aleja, escapando de la atracción gravitacional del cuerpo. La segunda maniobra es la entrada en órbita. En este caso, mientras la nave se acerca al cuerpo tiene que frenar adecuadamente para no chocar con él, pero sí quedar atrapada en una órbita estable. La maniobra más complicada es el aterrizaje. Algunos ingenieros de vuelo de la NASA la catalogan como “ridículamente complicada”. Los cuerpos con atmósferas densas como Venus, Titán (una luna de Saturno) y la Tierra son especialmente difíciles porque esta capa gaseosa ejerce una resistencia adicional y las naves tienen que descender con un ángulo preciso para no rebotar en la atmósfera y hacerse pedazos o ser calcinadas por la fricción, como sucedió con el transbordador espacial *Columbia* en 2003 o como sucede con las estrellas fugaces y los bólidos. Hasta antes de la misión *Rosetta* se habían logrado aterrizajes exitosos en la Luna, con las misiones *Apollo*, *Luna*, *Surveyor* y *Chang'e*; en Marte, con seis módulos estadounidenses y uno soviético; en Venus, con 10 sondas soviéticas *Venera*; en Titán en 2005, con la sonda europea *Huygens*, y en los asteroides Eros, en 2001, e Itokawa, en 2005, con la nave japonesa *Hayabusa*. A



Se han identificado 19 regiones en el cometa 67P, las cuales tienen nombres de deidades egipcias (Imágenes: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA/UPM/DASP/IDA).

PRIMEROS RESULTADOS DE ROSETTA

Las primeras observaciones del cometa 67P con el Telescopio Espacial Hubble sugerían que era de forma irregular, sin embargo cuando la nave *Rosetta* estuvo suficientemente cerca, los encargados de la misión se llevaron una sorpresa: el cometa tiene dos lóbulos unidos por un segmento estrecho. Algunos científicos piensan que en realidad se trata de dos cometas que chocaron y quedaron pegados en los fríos confines del Sistema Solar.

Desde que se puso en órbita, en agosto de 2014, los instrumentos de la nave *Rosetta* emprendieron intensos estudios del cometa. Fotografiaron todos los detalles posibles de su superficie con una resolución inusitada, estudiaron los gases, el polvo y la radiación que emitía y sondearon el campo magnético que crea a su alrededor. Los primeros resultados se publicaron en una serie de artículos en el número del 23 de enero de la revista *Science*.

Holger Sierks, del Instituto Max Planck para el estudio del Sistema Solar en Gotinga, Alemania, y sus colaboradores reportan que los radares y las cámaras de *Rosetta* han determinado que la densidad promedio del cometa es menos de la mitad de la densidad del agua (casi como una piedra pómez), lo que sugiere que está compuesto de material muy poroso cubierto por una costra relativamente dura y seca. Asimismo, Fabrizio Capaccioni, del Instituto de Astrofísica y Planetología de Roma, Italia, y sus colaboradores señalan

que, de acuerdo con los espectrómetros y las cámaras de *Rosetta*, en la superficie del cometa hay muy poca agua, pero gran cantidad de compuestos de carbono e hidrógeno, lo que explica lo oscuro de su superficie y su dureza.

Algunas ideas sobre el 67P y sobre los cometas en general han cambiado. Por ejemplo, se creía que este cometa pertenecía a la misma familia que el 46P, pero Capaccioni y sus colaboradores también sugieren que podría venir del Cinturón de Kuiper (región de objetos que circundan al Sol y más allá de la órbita de Neptuno). Por su parte, el grupo dirigido por Myrtha Haessig, de la Universidad de Berna, en Suiza, reporta que los analizadores de plasma y gases de *Rosetta* han observado que la coma ("cabellera" en griego) del cometa es más heterogénea de lo que se creía. Los resultados de este grupo se complementan con observaciones del monitor de polvo y del analizador de iones reportadas por Alessandra Rotundi, del Instituto Nacional de Astrofísica en Roma, Italia, y sus colaboradores; ellos afirman que, además del polvo fino (de tamaño microscópico) que está presente en la mayoría de los cometas, la coma del 67P está compuesta de una mayor cantidad de polvo tan grueso o más que los granos de arena. Incluso, de acuerdo con el grupo de Nicolas Thomas, también de la Universidad de Berna, existen algunas bolas de hielo o conglomerados de otros compuestos.

diferencia de las misiones *Apollo*, en las que los módulos eran autónomos y tripulados, los demás módulos de aterrizaje se diseñaron para descensos violentos amortiguados por paracaídas, bolsas de aire o cohetes.

El plan de *Philae*

Una de las prioridades de la misión *Rosetta* después de entrar en órbita era encontrar el lugar adecuado para el *acometizaje* del *Philae*. Había que evitar los sitios accidentados o activos (con géiseres de gas que emergen debido al calor del Sol cuando el cometa se va acercando). Además, el sitio de aterrizaje debía estar ubicado en una zona bien iluminada para que los paneles solares recibieran suficiente luz durante el mayor tiempo posible. El sitio elegido se ubica en la cabeza del cometa y fue bautizado con el nombre *Algikia* por un niño de 11 años que ganó un concurso.

La primera fase de la misión del *Philae* comprendía la separación, el descenso y el aterrizaje en el 67P. La segunda fase comprendía el reconocimiento y estudio de la zona de aterrizaje. En cuanto tocara la superficie del cometa, un par de cohetes en la parte superior del módulo lo empujarían hacia la superficie y un par de arpones en la parte inferior se dispararían para afianzarlo al terreno. La tarea inmediata posterior sería activar su sistema de cámaras para tomar una panorámica de 360 grados de la superficie y el lugar de aterrizaje. Luego, unos sensores medirían las propiedades mecánicas (por ejemplo, la dureza y la densidad) y eléctricas del terreno. Simultáneamente, los laboratorios de a bordo analizarían químicamente muestras del terreno y la atmósfera, mientras otro sensor mediría el campo magnético y el plasma (es decir, gases cargados eléctricamente) cerca de la superficie. Finalmente, otro instrumento estudiaría el terreno con ondas sonoras y un monitor situado en la parte superior mediría los flujos y propiedades del polvo que se mueve sobre la superficie.

Siete horas de terror

El 11 de noviembre de 2014 a las 10:03, hora central de Europa, el módulo *Philae* se separó de la nave *Rosetta*. Algunos llamaron a esta fase las siete horas de terror, por el tiempo que el módulo tardaría en alcanzar la superficie del cometa. Durante

MÁS INFORMACIÓN

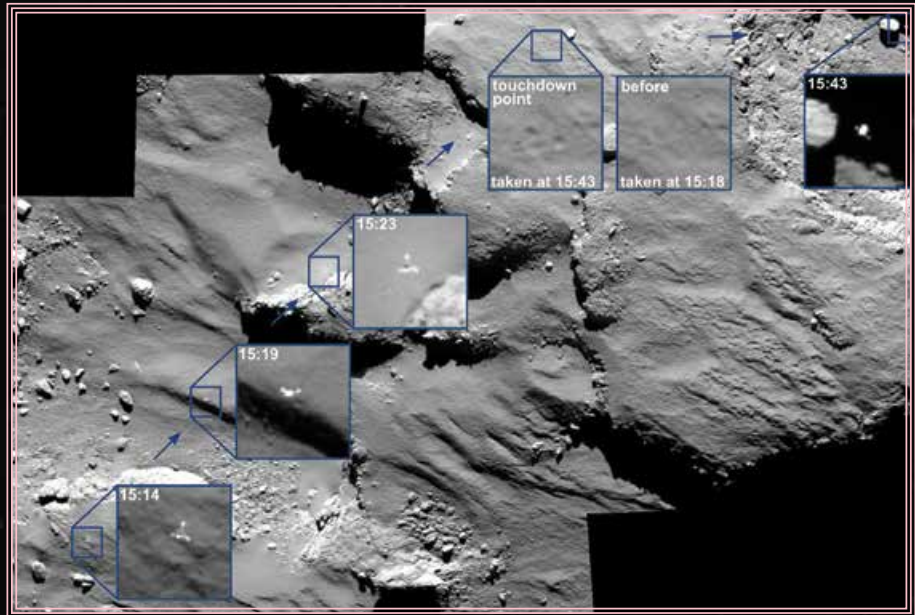
- “Nuevos datos sobre el cometa de Rosetta”, NASA en español: www.lanasa.net/news/esa/nuevos-datos-sobre-el-cometa-de-rose
- Estación Espacial Europea, “La sonda Philae de Rosetta aterriza en el cometa: www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/La_sonda_Philae_de_Rosetta_aterriza_en_el_cometa”

ese lapso no había forma de controlarlo ni de corregir su trayectoria. La sonda madre tomó fotografías del módulo mientras éste se alejaba. Al mismo tiempo, una cámara del *Philae* registró el acercamiento al cometa hasta unos 40 metros antes del aterrizaje. Uno de los instrumentos del tren de aterrizaje (CASSE) grabó el sonido que produjo el primer contacto del módulo con la superficie del cometa. El sonido fue breve. Un golpe seco de un par de segundos de algo pesado contra una superficie dura, tal vez más dura de lo que se esperaba. En los centros de control cundió el júbilo.

Las imágenes enviadas por las cámaras del *Philae* no dejaban duda de que se había hecho contacto con el sitio de aterrizaje con una precisión inesperada, sin embargo, el magnetómetro (o medidor de campo magnético a bordo) indicaba que el módulo no estaba en la superficie. Había rebotado. Las siete horas de terror se prolongaron porque el *Philae* tardó casi una hora en hacer contacto nuevamente con la superficie del cometa. La cosa no paró ahí: el aparato volvió a rebotar y siguió rebotando por la cabeza del cometa, alejándose del lugar designado, hasta detenerse en un lugar que aún no se ha identificado. La explicación vino después: los arpones fallaron y el módulo no se aferró a la superficie.

Cuando finalmente llegaron a la Tierra las imágenes del sitio de aterrizaje, los científicos se agolparon ante las pantallas y vieron perplejos que el *Philae* estaba rodeado por una pared de roca. Esta pared bloqueaba la luz del Sol. Los paneles solares del aparato recibían menos de dos horas de luz por cada rotación del cometa. Lo peor era que, según las imágenes, el *Philae* estaba casi recostado de lado.

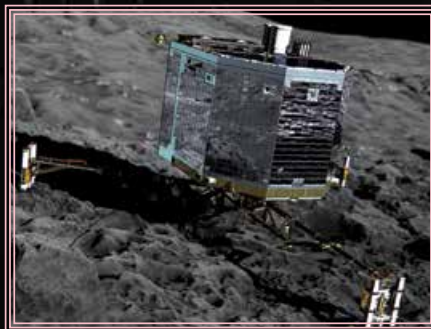
La situación era de desconcierto y frustración. Algunos daban por perdido al *Philae* porque quedaba poca energía en



Mosaico de la ruta tomada por el módulo *Philae* al acercarse, acometizar y rebotar en el cometa 67P el 11 de noviembre de 2014 (Imágenes: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA).

las baterías y no quedaba mucho tiempo para actuar. Había que decidir qué hacer con la poca energía restante. Las primeras opciones eran realizar una maniobra para liberar el módulo o bien simplemente seguir con las mediciones hasta donde fuera posible. Después de una intensa discusión, se decidió hacerlo girar para mejorar la iluminación de los paneles solares. Esta maniobra consumiría una fracción importante de la energía restante. Con la energía que quedara se decidió realizar algunas mediciones del terreno.

El aterrizaje del *Philae* fue más acrobático que elegante, pero el módulo alcanzó la superficie del cometa. Los instrumentos lograron hacer un rápido análisis del terreno y detectar directamente material orgánico en la superficie del cometa, entre otros datos que pudieron



El módulo *Philae* duerme en algún lugar sobre la superficie del cometa, esperando los rayos del Sol para despertar (Imagen: ESA/ATG medialab).

ser transmitidos a la Tierra. A pesar de las vicisitudes del *Philae* fue posible extraer información científica útil: por ejemplo, los rebotes del módulo podían usarse para caracterizar la superficie del cometa.

Después de las últimas mediciones, las baterías del módulo se fueron agotando. A media noche el *Philae* envió su última fotografía. Los científicos e ingenieros de la misión brindaron por el logro.

Bello durmiente

Muchos están convencidos que el *Philae* sigue vivo porque, aparentemente, al descargarse la batería sus sistemas entraron en estado de hibernación. Cuando se encuentre más cerca del Sol la iluminación cambiará y la batería podría recargarse. La sonda *Rosetta* no ha podido localizar el módulo. De hecho, ya dejó de buscarlo, esperando que éste reúna suficiente energía para ponerse en contacto con su compañera. Quizá ese primer mensaje le costará toda la energía acumulada hasta ese momento y habrá que esperar a que reúna más para comenzar a funcionar normalmente. Mientras tanto, el módulo *Philae* duerme en algún lugar sobre la superficie del cometa, esperando los rayos del Sol para despertar. 🙄

Alberto Flandes es investigador del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México y es parte del equipo a cargo del Monitor de impacto de polvo, DIM, del módulo *Philae*.