

La importancia de los cometas

¿Cómo se formó el Sistema Solar? ¿Cuál es el origen del agua terrestre? ¿Y el de la vida en la Tierra?

Pedro J. Gutiérrez y Luisa M. Lara
IAA-CSIC

La comprensión de la formación de nuestro Sistema Solar se diluye en un marasmo de hipótesis para describir cómo se pudieron originar los planetas, sus satélites, los asteroides y cometas e incluso el propio Sol. Inestabilidades gravitacionales, turbulencias, fuerzas electromagnéticas, protosol, protoplanetas, planetesimales y explosiones de supernovas son algunos de los conceptos que se invocan para intentar describir cómo llegamos hasta nuestros días. Como decimos, todo son hipótesis, tentadoras, pero hipótesis.

A mediados de los años 50 del pasado siglo, Fred Whipple planteó una idea para describir la naturaleza de los cometas. Según su planteamiento, estos objetos eran esencialmente un cuerpo sólido, con un tamaño del orden de los kilómetros y estaban constituidos por una mezcla de hielos, principalmente de agua, y polvo. Esta hipótesis, que fue contrastada en 1986, cuando se obtuvieron las imágenes del núcleo del cometa Halley por la nave Giotto (ESA), ponía en valor estos objetos del Sistema Solar. Si tenían hielo, debían haber estado a temperaturas muy bajas, y si eran relativamente pequeños, no debían haber sufrido procesos geológicos importantes. Estas circunstancias definen a los cometas como los objetos menos evolucionados de nuestro entorno y, por tanto, su estudio nos podría proporcionar información sobre cómo se originó y formó nuestro Sistema Solar. Hoy sabemos que una parte de los cometas se debió formar en la región entre Júpiter y Saturno, de donde fueron dispersados a los confines del Sistema Solar, formando la conocida como nube de Oort. Esta nube es una envoltura esférica que rodea nuestro sistema planetario y en la que residen millones de cometas, esperando que alguna perturbación los envíe hacia la parte más interna. Otra parte de los cometas se formó en la región más allá de Neptuno, donde residen hasta que, de nuevo por alguna perturbación, cambian sus órbitas y se acercan al Sol. Tanto si proceden de la nube de Oort como de la región transneptuniana, los cometas han permanecido durante la mayor parte de sus vidas alejados de la principal fuente de energía de nuestro entorno. Ese hecho apoya la idea de que los cometas son los objetos menos evolucionados del Sistema Solar.



El cometa Hale Bopp. Fuente: Nicolás Biver.

Pero la importancia de los cometas puede ir más allá de la de ser portadores de información sobre el origen de nuestro Sistema Solar. Actualmente no disponemos de una explicación definitiva para la presencia de agua y vida en nuestro planeta. Es razonable pensar que, dada la cercanía de la Tierra al Sol y los intensos procesos que pudo sufrir durante su formación, el agua que hoy tenemos pueda proceder del exterior. ¿Fueron los cometas, cuyo principal elemento volátil es el hielo de agua, los que trajeron el agua a la Tierra? Una duda similar se plantea con el origen de la propia vida. Por un lado, se piensa que nuestra atmósfera primitiva estaba constituida principalmente por nitrógeno, agua y dióxido de carbono, compuestos a partir de los cuales es difícil que se formen moléculas orgánicas complejas. Por otro, sabemos que entre los constituyentes cometarios hay compuestos orgánicos complejos. Por ejemplo, se ha podido detectar la presencia de benceno, naftaleno o fenantreno y, recientemente, se ha podido encontrar el aminoácido glicina en las muestras de polvo cometario que trajo la nave Stardust (NASA) del entorno del cometa Wild 2. Estos compuestos hablan en favor de la hipótesis que planteó el español Juan Oró en los años sesenta del pasado siglo: es razonable pensar que las moléculas orgánicas, o las precursoras de la vida, fueron transportadas desde la parte más externa del Sistema Solar hasta la interna. Como vemos, los cometas pueden ayudarnos a responder a las tres preguntas que nos planteábamos al comienzo. De esas tres preguntas, quizás pronto podamos responder a la primera pero, antes, debemos saber cómo se formaron los cometas.

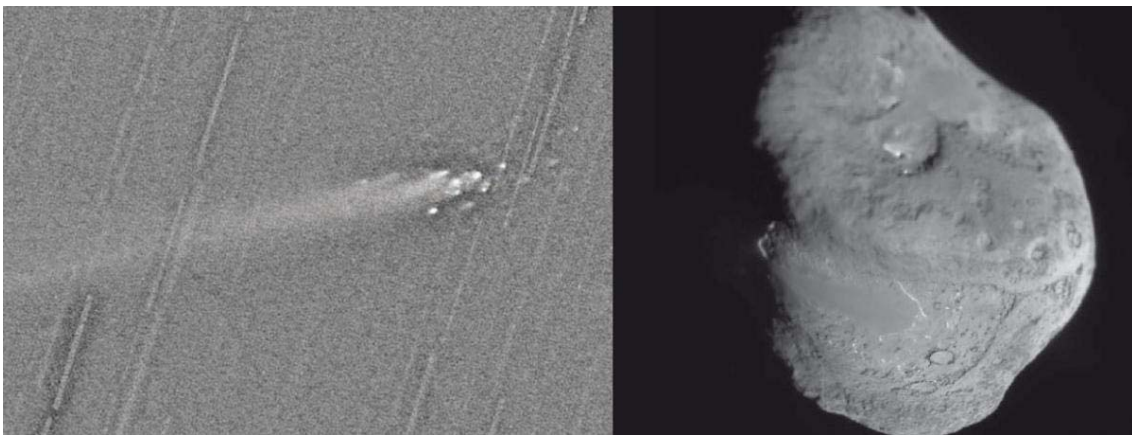
La formación cometaria

Hay tres aspectos de la naturaleza cometaria que debemos conocer para estar en disposición de construir un modelo para la formación de los cometas. Estos aspectos se pueden resumir en tres preguntas: ¿Cuál es la composición cometaria, incluyendo los constituyentes minoritarios? ¿Cómo se desarrolla la actividad? y ¿cuál es la estructura interna de los núcleos cometarios?

Actualmente sabemos que los cometas son un conglomerado de hielos (material que llamaremos volátil) y polvo (material que, genéricamente, llamaremos refractario). Con respecto a los hielos, el agua es el componente mayoritario seguido por el monóxido y el dióxido de carbono. Con respecto al material refractario, está constituido principalmente por silicatos y materiales orgánicos. Junto a estos constituyentes mayoritarios hay todo un enjambre de constituyentes minoritarios, como metanol, ácido fórmico o azufre, que son los auténticos trazadores de la historia química cometaria. Se sospecha que puede haber entre cien y doscientos de esos compuestos minoritarios y su importancia reside en el hecho de que nos pueden ofrecer una información muy valiosa sobre la formación cometaria. Un típico ejemplo lo constituye la molécula de azufre, compuesto muy volátil que se ha detectado solo en unos pocos cometas. Al ser tan volátil, la detección de azufre sugiere que los núcleos cometarios se han formado a temperaturas muy bajas, inferiores a los -200°C , y que, al menos partes de su interior, todavía permanecen a esas temperaturas. Este hecho se apoya también en la detección y análisis de otras moléculas minoritarias volátiles como el metano o el amoníaco. El principal problema que encontramos para confirmar esta idea es que, al tratarse de compuestos minoritarios, solo son detectables desde Tierra en cometas muy brillantes, como el Hale-Bopp, o si pasan relativamente cerca de nuestro planeta. Por ello, todavía son pocos los cometas que nos ofrecen esos indicios. Además, ocurre que si bien el material volátil cometario, a falta de más datos, parece sugerir una temperatura de formación muy baja, el análisis del material refractario sugiere lo contrario. Los silicatos encontrados en cometas son cristalinos, lo que requiere una temperatura de formación muy elevada. Estas ideas sugieren que el polvo cometario ha tenido cierto grado de procesamiento durante la formación del Sistema Solar mientras que, por el contrario, los hielos se han preservado. Todos estos indicios se basan, principalmente, en observaciones desde Tierra y, por tanto, de las comas y colas cometarias. ¿Cuál es la relación entre el

material que vemos en las colas y el presente en los núcleos cometarios? Para responder tenemos que visitar un núcleo y analizar in situ su material.

Mientras ese conglomerado de hielos y polvo permanece alejado del Sol se dice que el cometa está inactivo. La energía que le llega del Sol no es suficiente para provocar que los hielos sublimen. Sin embargo, cuando un cometa se acerca al Sol, los núcleos se calientan y se empieza a desarrollar la actividad: los hielos se transforman en gas y este arrastra consigo las partículas de polvo cometario. Se desarrollan entonces la coma, que envuelve al núcleo, y las espectaculares colas, formándose la imagen que todos tenemos de los cometas. Si estudiamos la evolución de la actividad cometaria encontramos un hecho sorprendente. La sublimación de componentes volátiles en cometas parece ocurrir de manera casi simultánea, cuando empieza a sublimar el agua. Este hecho es sorprendente porque sabemos que, por ejemplo, el monóxido de carbono es mucho más volátil que el agua. En el espacio, el primero debería sublimar cuando el núcleo alcanza una temperatura alrededor de los -200°C mientras que el agua lo hace, aproximadamente, cuando el núcleo se encuentra a unos -120°C . ¿Por qué ocurre esto? ¿Están los componentes más volátiles que el agua encerrados de alguna manera dentro de ella? En definitiva, ¿cómo se desarrolla la actividad? Para responder a esta pregunta necesitaríamos conocer, por ejemplo, cuál es la temperatura del núcleo cuando está activo. El problema con las observaciones desde tierra reside en que cuando el cometa empieza a desarrollar la actividad y podemos tener información de los compuestos que subliman, el núcleo deja de ser accesible al ocultarse tras la coma. Para conocer cómo se desarrolla la actividad sería necesario observar el núcleo mientras los hielos subliman. De nuevo, habría que ir allí.



Izquierda: fragmentación del núcleo del cometa C/1999 S4 (Linear)(ESO). Derecha: imagen del núcleo del cometa Tempel 1 fotografiado por la sonda Deep Impact (NASA)

Con respecto a su estructura, sabemos que deben ser frágiles, y se ha visto que un gran número de cometas sufren fracturas sin causa aparente. Una magnitud que es necesario conocer para dilucidar la estructura interna cometaria es la densidad. Actualmente solo disponemos de estimaciones indirectas de esta magnitud, que indican que la densidad de los núcleos cometarios debe ser inferior a la del hielo de agua. Al ser menor que la del hielo de agua (y por tanto menor que la del polvo), los cometas deben ser muy porosos. La cuestión a resolver es si los cometas son porosos a escala micrométrica o si, por el contrario, se trata de macroporosidad. El primer caso sugeriría un escenario de formación en el que granos helados de polvo colisionan a velocidades muy bajas, creciendo hasta formar un cuerpo del tamaño del núcleo cometario. Esta hipótesis de trabajo consideraría a los cometas como unos cuerpos muy longevos, de primera generación en la vida del Sistema Solar. El segundo caso, el de la macroporosidad, definiría a los núcleos como un aglomerado de trozos, con tamaños del orden de los cien metros o mayores, que dejarían grandes vacíos en su interior. Esta estructura sugeriría que los cometas se han formado por reacumulación de trozos de cuerpos helados padre que se

fracturaron tras colisionar. En este escenario, los cometas pertenecerían a una segunda generación de cuerpos en la evolución del Sistema Solar. Desgraciadamente, no es posible obtener desde la Tierra una estimación directa de la densidad de los núcleos cometarios o estudiar su estructura interna. Una vez más, teníamos que ir allí.

La misión Rosetta

Dada la importancia de las preguntas que los cometas pueden ayudar a responder, estos cuerpos han sido, en las últimas décadas, objetivo preferente de la exploración con misiones espaciales. Como hemos sugerido, desde el punto de vista científico, esas misiones espaciales se justifican, esencialmente, con dos objetivos. Por un lado, la calidad de los datos tomados in situ nos permite contrastar hipótesis y verificar modelos con los que interpretar los datos que se toman desde Tierra. Por otro, las misiones nos permiten acceder a información que no podríamos obtener de otro modo.

Hasta la fecha son nueve las naves espaciales que han sido construidas para explorar cometas (ICE (NASA/ESRO), Giotto (ESA), Vega 1 (URSS), Vega 2 (URSS), Suikéi (Japón), Sakigake (Japón), Deep Space 1 (NASA), Stardust (NASA) y Deep Impact (NASA), sin contar con la fallida Contour (NASA), y seis los cometas estudiados (Giacobini-Zinner, Halley, Borrelly, Wild 2, Tempel 1 y Hartley 2). Es mucha la información que hemos obtenido de estas misiones, desde la confirmación de la naturaleza cometaria hasta mapas de temperatura de la superficie. Sin embargo, las preguntas que antes nos planteábamos -¿cuál es la relación entre la composición del núcleo y la presente en las comas y colas? ¿cómo se desarrolla la actividad cometaria? ¿cómo es la estructura cometaria?- son cuestiones que las pasadas misiones espaciales no podían responder. Todas estaban pensadas para realizar un sobrevuelo, más o menos cercano, del núcleo cometario. Dicho de otro modo, estaban diseñadas para proporcionarnos una instantánea del fenómeno cometario. Para responder a esas preguntas necesitábamos una misión diferente: esa es la misión Rosetta.



Misión Rosetta (ESA).

En la década de los ochenta del siglo pasado, la Agencia Espacial Americana (NASA) y la Europea (ESA) desarrollaron conjuntamente dos proyectos para la exploración cometaria. Por una parte, el instituto de investigación tecnológica y científica Jet Propulsion Laboratory había planeado una misión cuyo objetivo científico consistía en tener un encuentro con un asteroide, y una "cita" con un cometa y volar con él,

es decir, convertirse en su satélite, durante casi tres años a medida que el núcleo cometario se acercara al Sol, se hiciera activo, se alejara de él y dejara de ser activo. Esta misión se llamaba CRAF, Comet Rendezvous and Asteroid Fly-by. Por otra parte, la ESA desarrolló un concepto de misión más atrevido, que buscaba traer a la Tierra material cometario para analizarlo en los laboratorios terrestres, a la que llamó Comet Nucleus Sample Return (CNSR). Ambas misiones se habrían lanzado conjuntamente a bordo del Mariner Mark II para minimizar costes. Desafortunadamente, en 1992 NASA canceló la misión CRAF cuando la estimación de coste final sobrepasaba el presupuesto que el congreso de los Estados Unidos había reservado para la exploración espacial, manteniéndose solo la misión Cassini/Huygens (NASA-ESA), cuyo desarrollo iba paralelo a CRAF.

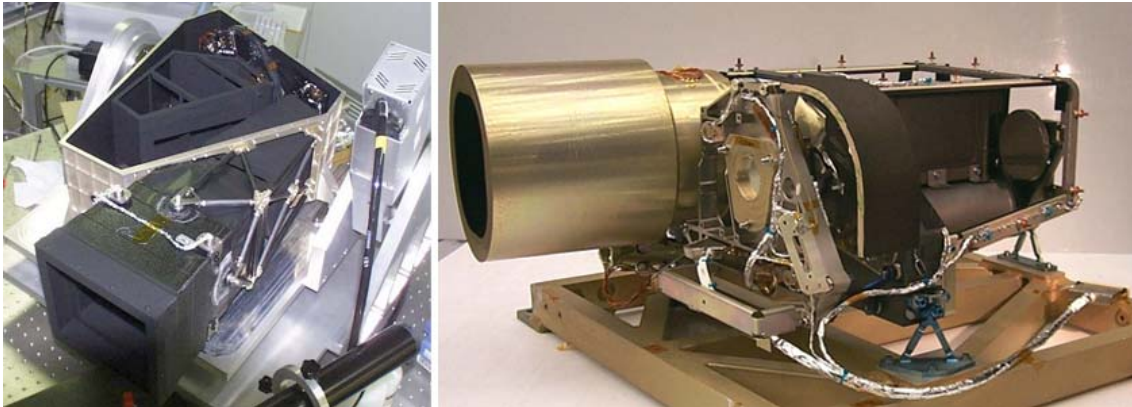
A pesar del varapalo que esto significó para la ciencia cometaria, no se abandonó la idea de explorar de cerca un cometa durante las fases de mayor interés científico y de mayor dificultad tecnológica. De esta forma, en noviembre del 1993 la ESA optó por desarrollar una misión similar a CRAF, eso sí, sin traer material cometario a la Tierra, pero aterrizando en el núcleo y analizando su material allí. La misión fue bautizada con el nombre de Rosetta, en espera de que, al igual que la piedra Rosetta (descubierta en 1799) permitió descifrar la escritura jeroglífica del antiguo Egipto, esta misión nos permita resolver muchas de las incógnitas aún existentes sobre el origen, formación y evolución del Sistema Solar.

Durante once años, los que transcurrieron desde la aprobación de la misión Rosetta en 1993 hasta su lanzamiento en el 2004, instituciones científicas y técnicas, universidades y empresas aunaron sus esfuerzos en diseñar, verificar y construir todos los instrumentos que permitirán estudiar el núcleo y la coma de un cometa con un nivel de detalle sin precedentes en la historia de la exploración espacial. La misión Rosetta consta de un módulo orbitador de 2.8 x 2.1 x 2.0 metros y tres mil kilogramos de peso total que aloja once instrumentos científicos y un experimento que hace uso de la antena de transmisión de datos del orbital a tierra. La carga útil (o de pago) suma solo ciento sesenta y cinco kilos. Además, Rosetta lleva un módulo de aterrizaje, Philae, de cien kilos en un volumen de un metro cúbico aproximadamente, que a su vez tiene nueve instrumentos especialmente diseñados para caracterizar la superficie e interior del núcleo cometario, así como para estudiar los procesos físicoquímicos que ocurren en los primeros metros de la atmósfera cometaria.

Cuatro de los once instrumentos a bordo del módulo orbitador observarán el núcleo cometario y las comas de gas y polvo en longitudes de onda que comprenden desde el ultravioleta hasta las microondas pasando por el infrarrojo y el visible. Cada intervalo espectral proporciona información sobre diferentes características físicoquímicas del cometa como un todo. Por ejemplo, los datos en el ultravioleta del instrumento ALICE permitirán conocer las tasas de producción de gases como agua, monóxido de carbono y dióxido de carbono, además de proporcionar información sobre la composición de la superficie del núcleo. La visión en el infrarrojo de VIRTIS permitirá conocer, por ejemplo, la temperatura superficial del núcleo, de crucial importancia para determinar cómo se desarrolla la actividad. A longitudes de onda entre 0.5 y 1.6 mm, el instrumento MIRO permitirá conocer la abundancia isotópica de determinados compuestos, lo que indica en qué condiciones se formó el núcleo cometario y podrá medir la temperatura de la superficie y subsuperficie.

La cámara OSIRIS, el "ojo científico" de la nave Rosetta, obtendrá imágenes del núcleo y las comas (gas y polvo) cometarias en luz visible, ultravioleta e infrarrojo cercano. OSIRIS es resultado de un importante esfuerzo de cinco países europeos: Francia, Italia, Alemania, Suecia y España. OSIRIS consta de dos cámaras, una llamada NAC (Narrow Angle Camera) con un campo de visión de 2 x 2 grados (aproximadamente), lo que en el argot fotográfico se puede considerar como un supermacro (el núcleo se podrá ver con una resolución espacial del orden del centímetro por píxel a una distancia de un kilómetro entre Rosetta y el núcleo cometario); y otra llamada WAC (Wide Angle Camera) con un campo de visión unas

cinco veces superior al de NAC (y por tanto menor resolución espacial), que podemos asemejar a un gran angular. Ambas cámaras están dotadas de filtros para estudiar el cometa en su totalidad, pero se puede considerar que NAC está más orientada a escudriñar el núcleo cometario y la evolución del mismo a medida que el cometa desarrolla su actividad, mientras que WAC se focaliza más en estudiar la componente gaseosa (CN, C3, C2, NH2, NH, OI,) de la coma cometaria que resulta de la fotodisociación y de los procesos químicos de moléculas producidas originalmente desde la superficie o subsuperficie del núcleo cometario.



Las dos cámaras del instrumento OSIRIS.

El Instituto de Astrofísica de Andalucía ha sido responsable del diseño y fabricación de la tarjeta que controla los mecanismos de OSIRIS, es decir, de las ruedas de filtros y de las tapas frontales de los "objetivos" de las cámaras NAC y WAC. Otra institución española, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), se responsabilizó del diseño y fabricación de las ruedas de filtros tanto de NAC como de WAC, y de la fuente de alimentación de OSIRIS, mientras que el Instituto de Microgravedad Ignacio da Riva (IDR) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) realizó el estudio térmico de OSIRIS.

La distribución en número, masa, momento y velocidad de las partículas de polvo en la coma y cola cometaria la determinará otro instrumento con contribución española: GIADA. En este caso, el IAA ha diseñado y desarrollado toda la electrónica principal del instrumento así como el software de control del mismo. Este instrumento tiene un funcionamiento muy complejo a la vez que ingenioso e innovador ya que intervienen unas cortinas de luz láser y un conjunto de microbalanzas para determinar las características del polvo cometario anteriormente mencionadas. Para completar el estudio del polvo cometario, el instrumento MIDAS aportará datos para conocer el tamaño, volumen y forma de los granos de polvo, mientras que COSIMA analizará la composición orgánica o inorgánica de los mismos.

Los tres instrumentos restantes a bordo del orbital -CONSERT, ROSINA y RPC- aportarán información sobre el interior del núcleo, la composición de la atmósfera (i.e., la coma de gas) e ionosfera cometaria y sobre la interacción del viento solar con el cometa (tanto de la superficie como de las comas de gas y polvo y de la cola).

Para medir la masa y el campo gravitatorio del núcleo cometario (y por lo tanto para extraer información sobre su estructura interna) se hace uso de la propia antena de transmisión de datos de Rosetta. La frecuencia a la cual transmiten esos datos se ve modificada (efecto doppler) por la presencia de cierta masa (la del núcleo cometario) que genera un campo gravitatorio. El movimiento de la nave Rosetta que causa ese efecto doppler es la respuesta a las variaciones en la distribución de masa del núcleo cometario. Este tipo de experimento produce los mejores resultados cuando el cambio de velocidad de Rosetta ocurre en la línea que uniría la estación de seguimiento en tierra con la nave espacial, y por lo tanto

permite medir el efecto doppler de la señal inducido por el campo gravitatorio del cometa.

Primer aterrizaje sobre un cometa

El módulo de aterrizaje Philae y los instrumentos que porta son el resultado de un consorcio europeo (Austria, Finlandia, Francia, Hungría, Irlanda, Italia y el Reino Unido) liderado por la Agencia Espacial Alemana (DLR). El módulo se encuentra ubicado en un lateral del módulo orbitador. En la fecha predefinida (actualmente el 12 de noviembre del 2014), cuando la nave Rosetta se encuentre a una distancia aproximada de la superficie del núcleo de entre doce y veintidós kilómetros, Philae se liberará mediante un sistema de husillo a una velocidad de 0.5 metros por segundo con respecto al orbitador. En caso de emergencia, también lleva un muelle precargado para la eyección del módulo de aterrizaje. La dirección de la liberación juega también un papel importante y será en contra de la dirección de movimiento de Rosetta. En la planificación actual de todas las maniobras de navegación, y según el conocimiento del núcleo del cometa y del lugar elegido para el aterrizaje, Philae puede tardar de cuatro a siete horas en llegar a la superficie del cometa. La velocidad de la toma de contacto será de aproximadamente un metro por segundo y la dirección debe ser perpendicular a la superficie local. El módulo de aterrizaje tiene un tren de aterrizaje al que se une lo que se conoce como burbuja. Esta última es esencialmente un motor eléctrico que se utiliza como un generador de energía. En la toma de contacto del módulo con la superficie del núcleo, la burbuja accionará el motor o generador; este transformará la energía de movimiento en energía eléctrica, que se liberará y se transformará en calor. Además, poco después de la toma de contacto, dos arpones saldrán despedidos para anclar el módulo de aterrizaje al suelo (la profundidad máxima del anclaje es de tres metros). Por otra parte, las patas de Philae tienen unos tornillos que, en el momento de tocar la superficie, comenzarán a enroscarse a la misma. En este proceso de "amarre" al núcleo cometario, un propulsor en el panel superior del módulo de aterrizaje se disparará durante unos segundos al tocar la superficie cometaria para empujar el módulo de aterrizaje contra el suelo y facilitar toda la maniobra. La masa de la sonda de alrededor de cien kilos se traduce en un peso efectivo del módulo de aterrizaje en la superficie del cometa de tan solo unos pocos gramos en la Tierra. Estos anclajes de arpón y tornillo son también necesarios durante las actividades de perforación de la superficie que harán los instrumentos alojados en el módulo de aterrizaje. Philae se liberará en un momento de baja actividad del núcleo cometario pero, a medida que este se acerque al Sol, la sublimación de gases y la producción de polvo determinarán la vida efectiva del módulo de aterrizaje.



Concepción artística del módulo Philae (ESA)

Conversaciones con diferentes investigadores principales de los instrumentos de Philae indican que, en condiciones óptimas, pero reales, la supervivencia puede ser de hasta cuatro meses. Sin embargo, las actividades propias de los instrumentos junto con el acercamiento al Sol pueden elevar la temperatura hasta unos valores

en los que la electrónica deja de funcionar. Esta "muerte por abrasamiento" puede ocurrir aproximadamente cuando el cometa, con Philae sobre él, se halle a unos trescientos millones de kilómetros del Sol (dos Unidades Astronómicas -UA-).

Rosetta se lanzó al espacio el 2 de marzo del 2004 a bordo del cohete Ariane 5 G+ y ha viajado a más de ochocientos ochenta millones de kilómetros, para lo que hizo uso de tres asistencias gravitatorias por la Tierra y una por Marte, ha sobrevolado dos asteroides (Steins y Lutecia) y obtenido resultados científicos sobre los mismos, y ha pasado treinta y un meses en hibernación en el espacio a distancias superiores a la órbita de Júpiter. El día 20 de enero 2014, desde ESOC se lanzó a Rosetta la orden de despertar de su largo letargo, lo que ocurrió con éxito pero no sin momentos de nervios y preocupación, y para finales de marzo del 2014 ya se había comprobado que todos los instrumentos a bordo del orbital y del módulo de aterrizaje estaban en perfectas condiciones. El mensaje no podía ser más alentador: Rosetta estaba lista para comenzar sus operaciones científicas hasta, como mínimo, diciembre 2015.

La planificación científico técnica de la misión -desde el inicio del desarrollo de los instrumentos hasta el momento final en que el centro de operaciones de la ESA (ESOC) "abandone a su suerte" a la nave Rosetta- ha descansado en el conocimiento de los cometas adquirido mediante observaciones desde tierra y con telescopios espaciales como el Hubble. El lanzamiento de Rosetta estaba originalmente previsto para enero del 2003 a bordo del cohete Ariane 5 ECA (Evolution Cryotechnique type A). En aquella planificación, el objetivo de la misión era el cometa 46P/Wirtanen, con el que se encontraría en 2011. Múltiples campañas de observación desde tierra y desde el espacio habían permitido obtener un conocimiento relevante del mismo. Sin embargo, en diciembre de 2002 la configuración ECA del cohete Ariane 5 falló, y la ESA y Arianespace tomaron conjuntamente la decisión de no lanzar la misión Rosetta en enero 2003, ventana de lanzamiento que hubiera permitido a la nave Rosetta encontrarse con 46P en el 2011. Esto, escrito en frases coloquiales, significó tener "una misión compuesta y sin novio"; es decir, la nave y los instrumentos estaban listos para ir al espacio interplanetario en busca de un cometa, pero no había cometa candidato.

De entre los cometas con órbitas conocidas y con observaciones en varios pasos por el Sistema Solar interior, los científicos cometarios, junto con los ingenieros de navegación de ESOC, determinaron que el cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko cumplía todas las características y que permitiría a la misión Rosetta alcanzar el mismo éxito que si hubiese sido lanzada en el 2003 hacia el cometa 46P. Con la única salvedad de que la nave tardaría diez años en encontrarse con el núcleo del 67P en lugar de los ocho años que hubiera tardado en citarse con 46P.

Los datos disponibles hasta la primavera de este año indicaban que el cometa 67P giraba en torno a sí mismo con un período de rotación de 12.46 horas y que presentaba una forma parecida a un balón de rugby de aproximadamente cinco por tres kilómetros (ver sección siguiente). El análisis de estructuras en su coma de polvo parecía indicar la existencia de zonas activas en el ecuador y a -45 y +60 grados de latitud. El 30 abril 2014, OSIRIS adquirió imágenes del cometa 67P cuando estaba aproximadamente a cuatro UA del Sol y detectó una coma de polvo de unos mil trescientos kilómetros envolviendo al núcleo. Análisis de datos previos y posteriores a esa fecha nos permiten concluir que 67P ha sufrido un estallido repentino de actividad, algo habitual y observado en muchos cometas pero que no se había detectado en las múltiples campañas de observación a las que este cometa ha sido sometido desde su elección como objetivo de la misión Rosetta. Esto nos indica que no existe mejor método científico que observar lo que ocurre a nuestro alrededor, y ahora, sin lugar a dudas, "estamos en el lugar adecuado en el momento adecuado" para conocer más sobre el origen, formación y evolución del Sistema Solar como un todo, y sobre aspectos cruciales en el planeta que habitamos.

Coinvestigadores españoles en Rosetta son: en el IAA-CSIC Pedro J. Gutiérrez,

Luisa M. Lara, José Juan López-Moreno, Fernando Moreno, Julio Rodríguez; en el Centro de Astrobiología (CSIC-INTA) Rafael Rodrigo; en el INTA Maria Dolores Sabau; y en el IDR de la UPM Ángel Sanz.

Pedro J. GUTIERREZ y Luisa M. LARA (IAA-CSIC)

**Este artículo aparece en el número 44, octubre 2014,
de la revista *Información y Actualidad Astronómica*,
del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)**

[*Artículo publicado originalmente en la revista Astronomía*]