

Imagen capturada el 19 de octubre de 2014. Créditos: ESA/Rosetta/NAVCAM – CC BY-SA IGO 3.0.

Después del aterrizaje... regresamos

Laura Esquivel

Las vicisitudes de un viaje

Cuando los lanzaron al espacio en el 2004, la sonda Rosetta y su fiel pasajero *Philae* emprendieron la aventura de conocer nuevos secretos de nuestro Sistema Solar. El viaje ya tenía un destino definido, el cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko (a quien llamaremos 67P, figura 1). Para llegar ahí la *Rosetta* necesitaba mucha más energía de la que tenía, así que el 4 de marzo de 2005 realizó su primer sobrevuelo sobre la Tierra que le proporcionó el impulso gravitacional para volar sobre Marte el 25 de febrero de 2007, y finalmente el 13 de noviembre de 2007 pasar nuevamente a la Tierra y realizar un último sobrevuelo. Estos acercamientos planetarios sirvieron para que la Rosetta adquiriera el impulso orbital necesario para adentrarse en el cinturón de asteroides (figura 2).

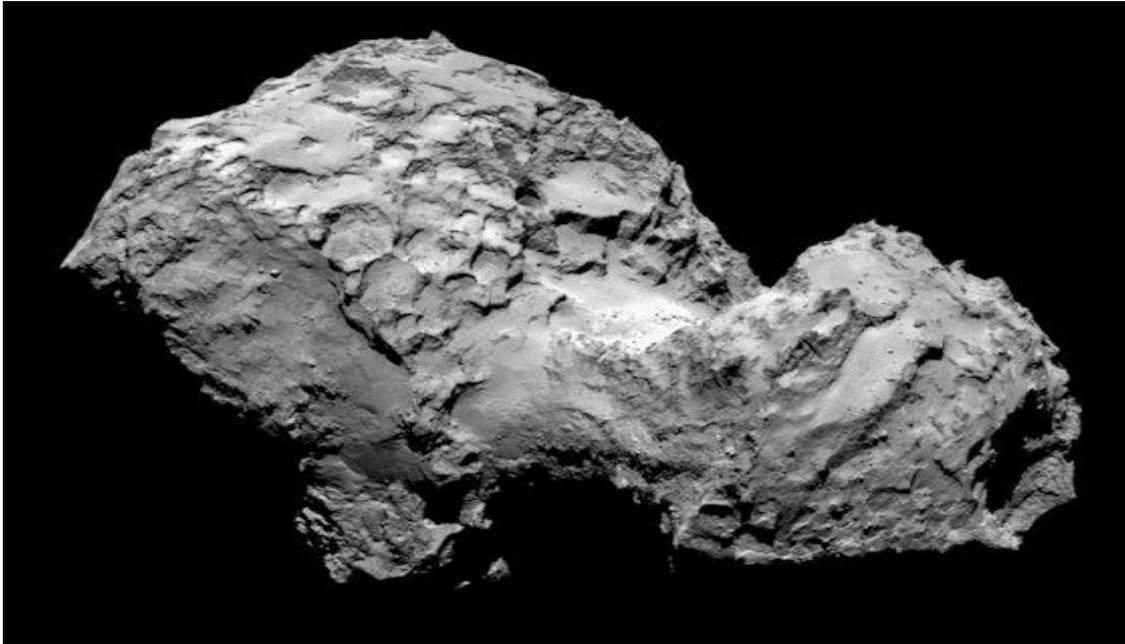


Imagen 1: Cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko captado por la cámara OSIRIS, la imagen fue tomada a una distancia de 285 kilómetros el 3 de agosto de 2014. Crédito: ESA/Rosetta/MPS para el equipo OSIRIS MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA.

Este largo viaje permitió observar a través de la *Rosetta* lugares nunca vistos o visitados por otras naves espaciales. En su camino se encontró con un objeto en forma de diamante, el asteroide Steins, que desapareció mientras seguía su trayectoria. Al alejarse del Sol la *Rosetta* entró en un estado de hibernación pues aún le faltaba mucho para llegar a su destino y tenía que ahorrar energía para cuando encontrara al fin al cometa 67P. Pasaron dos años con siete meses y 12 días, y la hora programada para despertar a la *Rosetta* de su largo sueño llegó. Los preparativos para que el *Philae* comenzara la gran aventura de conquistar un cometa dieron inicio y con ello se abrió una nueva puerta para las ciencias espaciales. Después de 10 años de haber abandonado la Tierra la *Rosetta* y el *Philae* llegaron al fin a su destino, era hora de conocer las entrañas del 67P.

La *Rosetta* seguiría al cometa mientras éste viajaba alrededor del Sol. Entre más cerca estaba del cometa se descubrían cráteres, acantilados y rocas en la superficie del 67P. Con la *Rosetta* se estudió por semanas la superficie del cometa y se analizó el polvo y el gas de su entorno. El cometizaje –así lo llamaremos, puesto que aún no existe la palabra para nombrar la llegada a un cometa– del *Philae* fue planeado con cuidado y detenimiento; no obstante, entre más se acercaba la *Rosetta* al cometa los científicos se

fueron percatando de que la llegada era mucho más compleja de lo que habían previsto. La maniobra no fue sencilla, tras desprenderse de la *Rosetta*, el pequeño *Philae* no pudo asirse, como estaba previsto, a la accidentada superficie del cometa. Esto produjo que varios de los sistemas de anclaje fallaran y el módulo, de aproximadamente cien kilogramos, rebotó varias veces hasta detenerse en un punto desconocido a al menos un kilómetro del lugar de aterrizaje. Aun así el *Philae* logró atornillar al suelo una de sus patas, pero quedó en una zona oscura, sin luz solar, lo cual implicaba la imposibilidad de recargar su batería y la posibilidad de entrar en hibernación. No obstante, con la energía que le restaba se inició la recolección de datos esperando que el movimiento del cometa le permitiera acceder a la luz solar para recargarse y continuar su cometido.

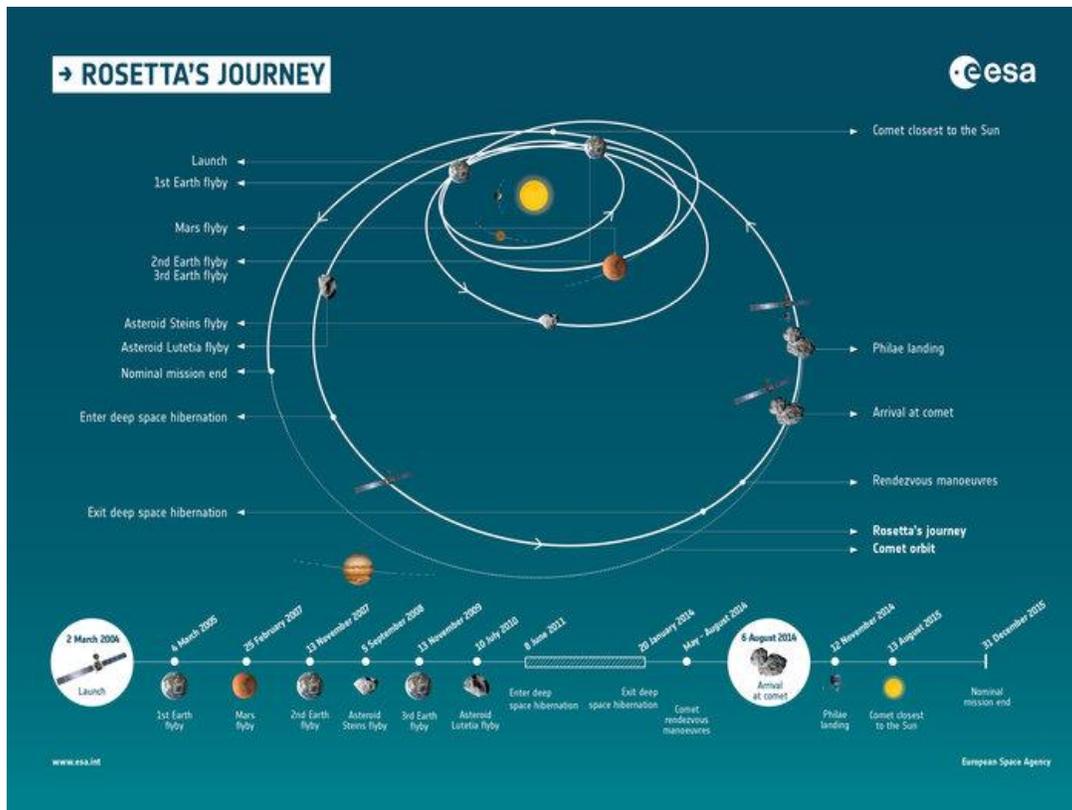


Imagen 2. Muestra la forma en la que Rosetta orbitó tanto la Tierra como Marte para adquirir la energía que le permitió propulsarse y comenzar el viaje que la llevaría a 67P.

Tomada de: ESA, Rosetta's journey and timeline. <http://goo.gl/bPWTuD>

Las revelaciones del *Philae*

Hasta antes de las revelaciones del *Philae* se consideraba a los cometas bolas de nieve sucia que viajan en órbitas entre un sitio conocido como la Nube de Oort, situado más allá de los confines del Sistema Solar, y el Sol. Incluso se pensaba que los cometas estaban compuestos en un 90% de agua congelada y de una gran variedad de compuestos en su mayoría orgánicos como monóxido y dióxido de carbono (CO y CO₂), amoníaco (NH₃) y metano (CH₄), además de algunas bases nitrogenadas, componentes básicos del ADN y el ARN.

La exploración espacial ha demostrado que el agua en el Sistema Solar es más abundante de lo que se pensaba, los elementos químicos que componen el agua (hidrógeno y oxígeno) son de los más abundantes en el universo.

Se piensa que existen muchos mundos que contienen agua líquida bajo su superficie y muchos otros que la tienen en forma de hielo o de vapor. El agua se encuentra en cuerpos primitivos como cometas y asteroides o en planetas enanos como Ceres. Se cree que en las atmósferas y en el interior de los cuatro planetas gigantes -- Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno-- hay una enorme cantidad de materia en estado líquido y que sus lunas y anillos contienen cantidades sustanciales de hielo de agua.

Un cometa de sorpresas

El 23 de enero de 2015 la revista *Science* publicó siete artículos sobre los resultados obtenidos por la *Rosetta* y el *Philae*, dejándonos claro que el 67P es todo menos un aburrido bulto de hielo en el espacio. El objeto de cuatro kilómetros de longitud y con forma de pato, mostró una sorprendente diversidad estructural. Por ahora los resultados nos indican que su interior se encuentra ¡80% vacío! Es muy parecido a una esponja y debido a su baja densidad podría flotar en el mar terrestre como un iceberg, pese a que se trata de un objeto que pesa cerca de 10 mil millones de toneladas. Algo interesante es que contiene una mayor cantidad de polvo que de hielo, contrario a lo que se pensaba.

El espectroscopio óptico e infrarrojo (OSIRIS, por sus siglas en inglés) es la cámara principal de la *Rosetta*, captó y catalogó las imágenes que describen gran parte de este cometa que tiene una edad nada despreciable de 4.5 millones de años. Entre los hallazgos están interesantes accidentes geográficos, por ejemplo, el Sol al calentar

distintas partes del cometa mientras lo orbita, provoca enormes chorros de gas y polvo que son atraídos de nuevo a la superficie.

Nicolas Thomas, investigador de OSIRIS, mencionó que era difícil creer que el 67P fuera homogéneo, pues su topografía, diversidad química y capas no podrían haber sido creadas sólo por alteraciones del Sol. Las regiones del cometa que se formaron en el Sistema Solar primitivo son más turbulentas y diversas químicamente hablando. Esta diversidad se puede observar a escalas tanto pequeñas como grandes, por esta razón se dividió el cometa en 19 regiones diferentes (figura 3). En una de ellas hay áreas de polvo, mientras que en otras regiones el terreno es quebradizo y parece ser rocoso. Un buen ejemplo es Atón (una de las regiones nombradas por los investigadores de 67P), que resultó ser de interés pues es un área libre de polvo. La variedad de las regiones se puede deber a los cambios bruscos de temperatura, ya que la superficie se pudo haber debilitado y provocar que el aumento de las presiones de gas en el subsuelo arrancara trozos del cometa o cambios aún más catastróficos.

Las entrañas del 67P

Entre las imágenes obtenidas por OSIRIS se encuentran algunas de las diferentes texturas y estructuras de 67P. Los datos reflejan la importancia del transporte de polvo en la superficie y la evolución de ésta debido a la pérdida de material. Las imágenes ayudan a validar los modelos de fluidificación del subsuelo y de la pérdida de masa por la expulsión de grandes tozos de material. Las observaciones de OSIRIS revelaron un núcleo irregular, y describen las diversas unidades de la heterogénea morfología del cometa. Los datos más precisos fueron recabados en septiembre de 2014, cuando el cometa se encontraba a 3.27 Unidades Astronómicas –distancia promedio entre el Sol y la Tierra– alejado del Sol.

Combinando los datos del orbitador *Rosetta* y las secuencias de imágenes de OSIRIS, se construyeron modelos de casi el 100% de la zona iluminada (aproximadamente 70% de la superficie) utilizando diferentes métodos y se pensó que el 30% restante de la superficie (región del polo sur no iluminado) debe recibir en el punto más cercano al Sol más energía solar. El cometa alcanzará el punto máximo de su órbita más próximo al Sol –perihelio– el próximo 13 de agosto.

Las regiones Ma'ay y Ash (zona azulada en la figura 3), parecen estar cubiertas de polvo, aunque su espesor es variable e incierto. Otras superficies aparecen lisas casi desprovistas de cráteres de impacto reconocibles.

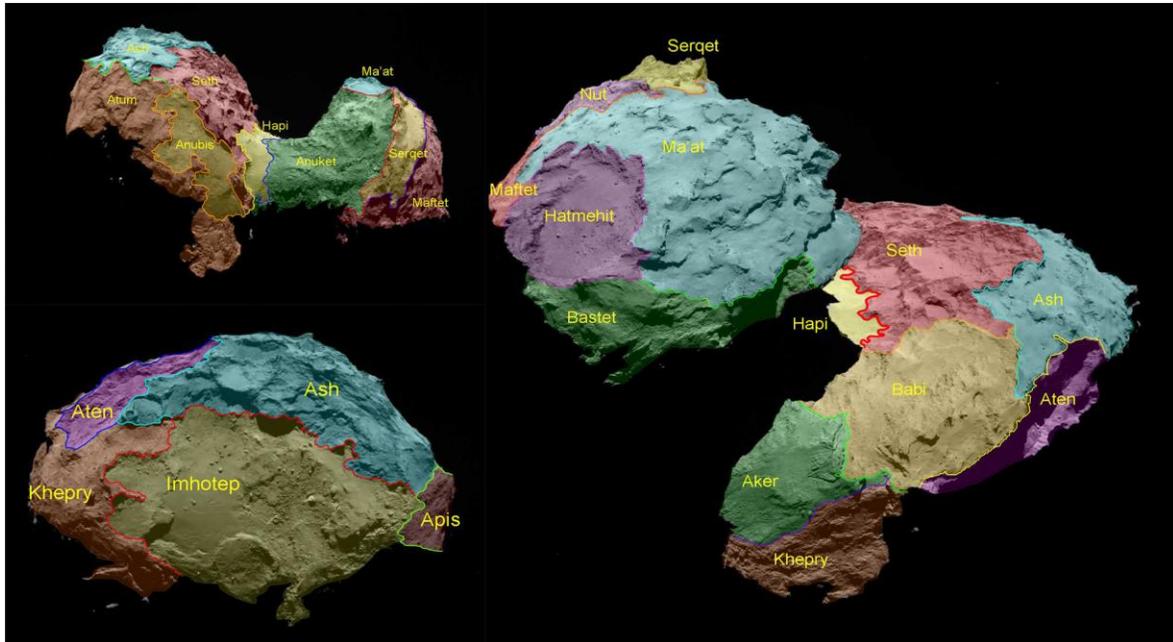


Figura 2. Muestra las regiones de 67P. Imagen de OSIRIS. En la figura 2 se muestra una imagen de las regiones o caras del 67P tomada por Osiris. Los científicos de la misión asignaron nombres antiguos a las diferentes regiones de las zonas de la superficie del cometa, considerando que tiene la forma de un pato. Atón y Anubis (que quiere decir alas de pato) son regiones lisas que contienen depresiones en las cuales se estima que el cometa derramó grandes trozos de material en el pasado geológico.

Al escanear la superficie con un espectrómetro se detectaron moléculas orgánicas complejas que podrían contener ácidos carboxílicos precursores de aminoácidos. Encontrar moléculas orgánicas en el 67P no fue una sorpresa, pues ya se habían visto en los halos de otros cometas. La misión Stardust de la NASA encontró aminoácidos reales en el polvo que se muestreó de este cometa en 2004. Pero al parecer las moléculas detectadas en el Rosetta son más complejas que las observadas en otros cometas.

La UNAM en el proyecto *Philae*

El Dr. Alberto Flandes del Instituto de Geofísica de la UNAM, participó con un proyecto en la misión *Rosetta* y en el análisis de datos del módulo *Philae*. Mientras realizaba la investigación para este artículo decidí visitarlo para que me contara su experiencia. Me

comentó que el orbitador y el aterrizador *Rosetta* fueron equipados con instrumentos científicos que sirvieron para analizar el cometa. Entre ellos estaba una perforadora para la toma de muestras internas y un espectrómetro que ayudó a estudiar la radiación química emitida por el cometa. Señaló también que entre los instrumentos había detectores que se encargaban de medir los gases y el polvo que emanan de la superficie del cometa. La participación del investigador estuvo enfocada en el monitor que analizaba el polvo de impacto, cuyo propósito era calcular el flujo de partículas que se lograban mover cerca de la superficie del planeta.

El Dr. Flandes explicó que los resultados obtenidos en las observaciones contribuyen a conocer más sobre el origen y evolución de nuestro Sistema Solar, además de determinar la función que tuvieron los cometas en el aprovisionamiento de agua e incluso del material precursor de la vida en el planeta Tierra.

El monitor de impacto Dust (DIM, por sus siglas en inglés) fue el instrumento que proporcionó los datos que actualmente analiza el Dr. Alberto Flandes. Se trata de un aparato que mide escasos siete centímetros por lado, su función es captar diferencias mínimas en la presión del aire a partir de placas que registran partículas milimétricas que chocan con él. Dicha información permite determinar la intensidad del choque y el tiempo de contacto, así como la estimación de las propiedades físicas de las partículas: tamaño, velocidad e incluso su dureza.

Al fin despertó

Era domingo 14 de junio en la madrugada cuando Stephan Ulamec recibió un mensaje de Cinzia Fantinati, gerente de operaciones del módulo de aterrizaje, que decía: “¡Hola! Nos dieron señal de *Philae*, llámame”. Esa era una gran noticia. Después de siete meses de hibernación el *Philae* había despertado, todo esto porque el módulo al acercarse al Sol permitió que sus paneles solares recibieran energía y se cargara su batería. Las condiciones de iluminación podrían mejorar en los próximos meses, pues para el 13 de agosto se tiene pensado que 67P se acerque al perihelio, el punto más cercano de su órbita alrededor del Sol.

A quienes seguimos el *Philae* por redes sociales, éste fue el mensaje que leímos, cuando salió de su letargo inicial: ¡Hola Tierra! ¿Puedes oírme? #DespiertaPhilae.

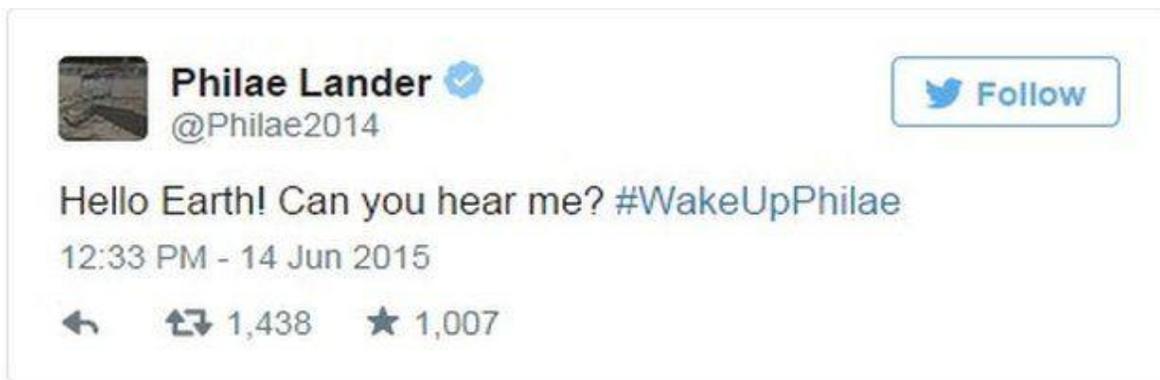


Imagen tomada del twitter de Phiale Lander

Los responsables de la misión pensaban que el *Philae* podría volver a cargar su batería cuando el cometa estuviera más cerca del Sol, y ahora, después de su saludo comprobaron que estaban en lo cierto. Ahora, conforme el 67P se aproxima al Sol muchas de las zonas en penumbra se han iluminado y una nueva lluvia de nuevos hallazgos caerá sobre la Tierra. La ESA (*Agencia Espacial Europea, por sus siglas en inglés*) ha informado que la misión *Rosetta* se ha prolongado hasta septiembre de 2016, anteriormente se tenía contemplado realizarla hasta diciembre de 2015.

“Comienza una nueva aventura”

Bibliografía

- Thomas, Nicolas, Holger Sierks, Cesare Barbieri, Philippe L. Lamy, Rafael Rodrigo, Hans Rickman, Detlef Koschny et al. "Themorphological diversity of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko", *Science* 347, no. 6220 (2015): aaa0440.
- Flandes, Alberto, Harald Krüger, Alexander Loose, Thomas Albin, and Walter Arnold. "DustImpact Monitor (DIM) on board Rosetta/Philae: Tests with ice particles as cometanalog materials", *Planetary and Space Science* 99 (2014): 128-135.
- Hand, Eric, "Comet close-up reveals a world of surprises", *Science* 347, no. 6220 (2015): 358-359.
- Philae comet lander wakes up, says European Space Agency <http://goo.gl/cASxmN>