

Las sondas espaciales revelan el núcleo cometario

Gracias al florecimiento de la “exploración espacial”, el auge de las nuevas técnicas y tecnologías durante las décadas del 70 y 80 permitieron concretaron con gran éxito la llegada a la mayoría de los planetas y lunas por medio de una importante cantidad de sondas automáticas. Felizmente se ampliaron los objetivos en todas las agencias espaciales y con la expectativa creada por el “retorno” de un gran cometa, como es el 1P/Halley, abrieron las puertas a la exploración de los cometas. Era de imperiosa necesidad conocer desde su cercanía como era un núcleo cometario: medirlo y estudiarlo en detalle.

Estas fueron las primeras misiones robóticas a los cometas y siguen otras “nuevas” con planes mucho más ambiciosos de descenso y demás operaciones sobre un núcleo cometario:

- 1978: International Sun-Earth Explorer 3. Misión al cometa Giacobini-Zinner (Estados Unidos) que fue lanzada el 12/8/1978 y renombrada como ICE (International Cometary Explorer) y que atravesó la cola del cometa Giacobini-Zinner el 11/9/1985.
- 1984: Vega 1. Misión Venus-Halley (Unión Soviética). Fue lanzada el 15/12/1984 y sobrevoló el núcleo del cometa Halley el 6/3/1986.
- 1984: Vega 2. Misión Venus-Halley (Unión Soviética). Lanzada el 21/12/1984 y que sobrevoló el núcleo del cometa Halley el 9/3/1986.
- 1985: Sakigake (Pionero). Misión al cometa Halley (Japón). Lanzada el 7/1/1985, sobrevoló el 1/3/1986.
- 1985: Giotto. Misión a los cometas Halley y Grigg-Skjellerup (Europa). Lanzada el 2/7/1985, sobrevoló el núcleo del cometa Halley el 14/3/1986. Se acercó a 600 kilómetros del núcleo y fue la sonda que obtuvo las mejores imágenes del núcleo del cometa Halley. Puesta en hibernación hasta 1990, fue reactivada y se acercó al cometa Grigg-Skjellerup el 10/7/1992.
- 1985: Suisei (Cometa). Misión al cometa Halley (Japón). Lanzada el 18/8/1985 y sobrevoló el cometa Halley el 8/3/1986.

1P / HALLEY: 1986 - Primera visión de un núcleo cometario.

En 1986 la sonda Giotto de la ESA sobrevoló el cometa 1P/Halley, y fue ésta la primera imagen tomada del núcleo “in situ” de un cometa.



El núcleo del legendario Halley es de aspecto negro como el carbón y en esta imagen mostraba dos grandes regiones activas.

Vemos escapar de su superficie, en forma de “jet o de chorro”, el material volátil, que luego dará la forma final a estos cuerpos.

La Misión Giotto proporcionó a los astrónomos la primera visión de la estructura y superficie del cometa Halley. La “coma” del mismo se extiende a través de millones de kilómetros en el espacio, aunque su núcleo es relativamente muy pequeño, de unos 15 kilómetros de largo por 8 km de ancho y 8 km de alto; con forma alargada y de una apariencia similar a un cacahuete o maní. La masa estimada del cometa es bastante baja: de $2,2 \times 10^{14}$ kilogramos. Su albedo es de aproximadamente un 4 por ciento, lo que indica que sólo un 4% de la luz recibida es reflejada por su superficie, aproximándose mucho al comportamiento que tiene el carbón de piedra. Aunque resulte muy brillante y blanco al ser observado desde Tierra, el Cometa Halley es, sin embargo, un “cuerpo negro”.

Al entrar en el interior del Sistema Solar, y aproximarse al perihelio, el Sol calienta su superficie, causando la sublimación de sus materiales gaseosos, y pasando directamente del estado sólido al gaseoso, emitiendo una gran cantidad de gas volátil desde su oscura superficie y arrastrando consigo muchos silicatos. El núcleo realiza una rotación cada 52 horas, y en las cercanías de los bordes de su cara diurna es donde domina la actividad. El gas emitido está compuesto de un 80% de vapor de agua, 17% de monóxido de carbono, 3-4% de dióxido de carbono, y el resto son trazas de hidrocarburos.

El núcleo está recubierto de una capa de polvo que retiene el calor. Dentro de esta capa de polvo, existen huecos, algunos con hielo, y otros vacíos, existiendo también varios cráteres, algunos de 1 Km de diámetro. Al acercarse al Sol, las temperaturas pueden acercarse a los 77 °C, y entonces, se emiten toneladas de gas por segundo.



De la sonda Giotto de la ESA. Relato publicado en la ESA.

La aventura comenzó con la sonda Giotto de la Agencia Espacial Europea a casi 150 millones de Km de la Tierra. A las 21:00 hs de Tiempo Universal del 12 de marzo de 1986, la nave espacial detectó por primera vez iones de hidrógeno a una distancia 7,8 millones de Km del Halley.

22 horas más tarde, la Giotto cruzó el arco o borde de la “onda de choque” creada por la fuerte presión del viento solar sobre la coma externa del cometa y así entró en la polvorienta coma.

En este punto, la cámara se cambió a modo de seguimiento para enfocarse en el objeto más brillante de su campo de visión -el núcleo verdadero- y comenzó a enviar las primeras imágenes “algo borrosas” de regreso a la Tierra.

Aumentó la emoción en Centro Europeo de Operaciones Espaciales en Darmstadt, Alemania, cuando el flujo de imágenes y los datos fueron llegando. Cada uno de los diez equipos de especialistas analizó la información más reciente y luchando para llegar a un análisis preliminar.

Los primeros 12.000 impactos de polvo cometario se registraron a 122 minutos antes de su máxima aproximación. La transmisión de las imágenes continuaron en su paso a unos 1.372 Km cuando la tasa de impactos de polvo aumentó bruscamente, fue cuando la nave pasa a través de un chorro de material que fluía intenso desde el núcleo.

A sólo 7,6 segundos antes de la máxima aproximación, la nave espacial registró un impacto “grande” de conglomerados de partículas de 1 gramo. Las pantallas de los monitores se pusieron en blanco cuando el contacto con Tierra fue perdido temporalmente. La audiencia televisiva y los miembros del equipo Giotto temieron lo peor, pero para asombro de todos, ocasionales ráfagas de información comenzaron a llegar. Giotto seguía viva. Durante los próximos 32 minutos, los propulsores de la nave espacial fueron estabilizando el movimiento y el contacto se restableció completamente. Para entonces Giotto ya había pasado a 596 Km del núcleo y se dirigía de nuevo hacia las profundidades del espacio interplanetario.

La última detección de impactos de polvo fue a los 49 minutos posteriores al máxima acercamiento. El histórico encuentro de la Giotto con Halley terminó a las 02:00 hs. de T.U. del 15 de marzo, cuando los experimentos a bordo de Giotto se apagaron para una próxima misión.

Resultados:

“Hemos descubierto que este cometa no es realmente una “bola de nieve sucia”, ya que el polvo es dominante, no el hielo”, dijo Horst Uwe Keller, del Instituto Max Planck de Alemania.

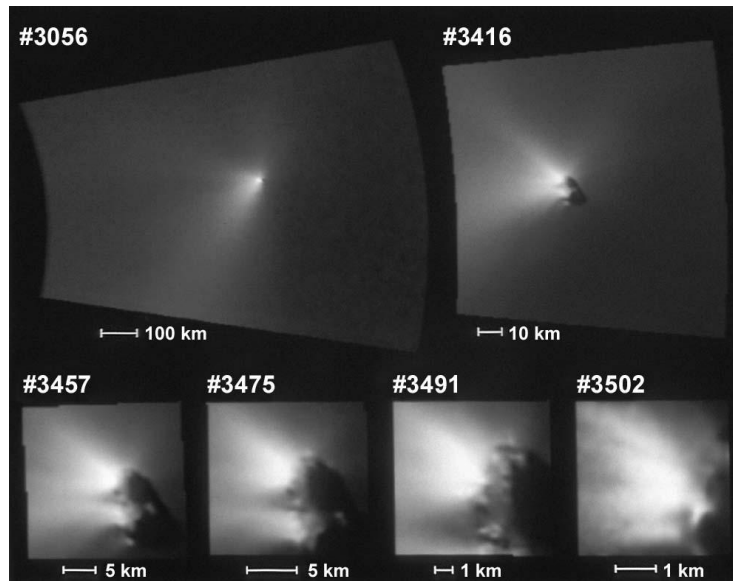
“En lugar de ser esférico, como una bola de nieve, el núcleo del cometa es alargado. La estructura física del interior de un cometa se define por su contenido en polvo en lugar de su contenido de hielo”.

Un total de 2.112 imágenes fueron recibidas antes que las comunicaciones se interrumpieron.

Un serie de imágenes enviadas por la nave espacial reveló al núcleo del Halley como un lugar oscuro, con forma de un maní, de unos 15 Km de largo y de 7 a 10 Km de ancho.

Por lo menos vimos tres brillantes chorros arrojar el material nuclear desde el lado iluminado más caliente por el Sol, pero sólo alrededor del 10% de la superficie es activa.

Un análisis detallado de los datos confirmó que el cometa se había formado hace 4,5 mil millones de años por la condensación de los granos de polvo interestelar. Desde entonces, ha permanecido casi inalterado en el frío de las regiones exteriores del Sistema Solar.



Los principales resultados de la Giotto fueron:

El agua representa aproximadamente el 80% en volumen de todos los materiales expulsados por el cometa. También hay cantidades importantes de monóxido de carbono (10%), dióxido de carbono (2,5%), metano y amoníaco. Trazas de otros hidrocarburos, hierro y sodio

También se encontraron:

La superficie del núcleo es muy oscura - tan negro como el carbón - lo que sugiere una gruesa cubierta de polvo. Su superficie es muy irregular, con colinas y depresiones.

El núcleo tiene un textura “porosa o esponjosa”, con una densidad tan baja como 0,3 gr./cm³ (un tercio de la densidad del agua)

Se identificaron siete puntos de eyección de material que arrojaron tres toneladas por segundo.

Estos chorros dan al cometa un extraño movimiento de rotación, la que parece ser estable a lo largo de siglos o de incluso milenios

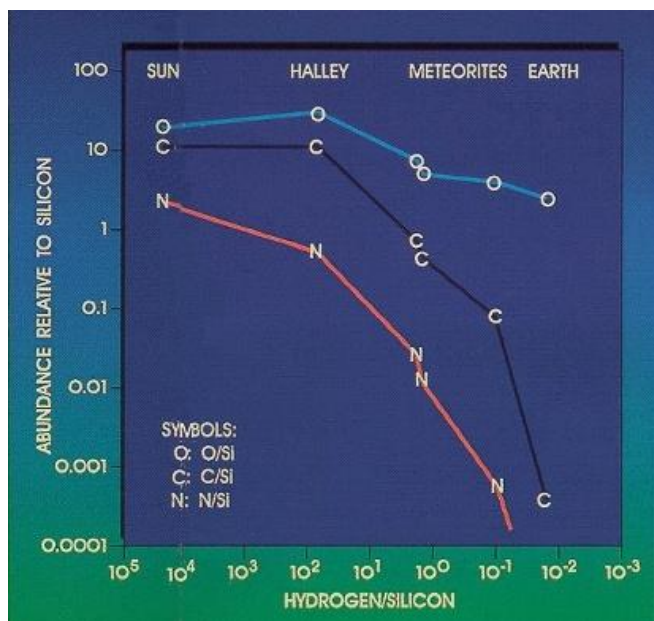
La mayoría del polvo no es más grande que el humo del cigarrillo. El grano de polvo más grande detectado fue de 40 Mg y las grandes partículas que golpearon y desalinearon su trayectoria espacial se las calcula de 0,1 a 1 Gramos.

Análisis de las partículas de polvo del Halley.

Se ha encontrado dos clases principales de partículas de polvo. Uno de ellos fue dominado por la luz "CHON" de los elementos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Y otra rica en minerales: sodio, magnesio, silicio, hierro y calcio.

Todos los elementos de la luz analizada del cometa (excepto nitrógeno) se los encontraron en la misma abundancia relativa como en el Sol. Esto significa que el cometa Halley está compuesto de los materiales más primitivos conocidos en el Sistema Solar (materia original, sin procesar).

Los datos del plasma y de iones obtenidos por el “Espectrómetro de Masas” señalaron que la superficie del cometa Halley está cubierta de una capa de materia orgánica, rica en carbono.



19P / BORRELLY: Un cometa negro como el carbón.

En un arriesgado acercamiento, la sonda experimental Deep Space 1 (Espacio Profundo) de la NASA, navegó exitosamente cerca del corazón del cometa Borrelly el sábado 22 de septiembre de 2001. La sonda pasó raudamente a unos 59.000 km/hora y a tan sólo 2.200 kilómetros del núcleo del Borrelly y captó las mejores fotografías tomadas hasta esa fecha de un núcleo cometario. Los instrumentos a bordo midieron además, la composición de los gases que se movían alrededor del núcleo, otorgándonos nueva información sobre como estos gases interactúan con el viento solar. En las imágenes de mayor resolución del núcleo enviada por la DS1 cada “píxel” abarca unos 45x45 metros de la superficie cometaria. Se pueden observar una sorprendente variedad de terrenos y superficies diversas.



Las imágenes mostraban que su núcleo era algo similar a la del Halley pero más pequeño, de unos 8 km de largo por 3,5 km de ancho. Se detectó una fuerte emisión de polvo cerca de uno de los polos del cometa. Una de las medidas esperadas era la de su temperatura y el análisis espectral de su superficie. Las medidas de temperaturas indicaban que su superficie estaba caliente, con valores entre los 25°C y 75°C y no se detectó la presencia de hielo de agua en su superficie. Esto parece indicar que el hielo de agua se encuentra debajo de un manto de polvo oscuro, de modo que, el hielo contenido en su interior sublimaría y el gas liberado pasaría a través de poros y canales abiertos en su superficie.

Antes del encuentro, los planificadores de la misión no estaban seguros si la DS1 sobreviviría su encuentro con el Borrelly. Después de todo, la nave solo había sido diseñada para una misión de ensayo de las nuevas tecnologías -motor iónico y otras- y no para acercarse a un cometa.

Atravesó la brumosa nube de gas y polvo que rodea el núcleo, sin protección contra los chorros de gas o de los trozos del polvo cometario que podrían dañarla. A pesar de todo, el acercamiento fue un gran triunfo.

Los científicos expresaron entonces: “Los núcleos de cometa son mucho más complejos que lo que habíamos imaginado. Tienen terrenos escarpados, planicies suaves, fracturas profundas y mucho, mucho material oscuro.” También observaron que el Borrelly era distinto a lo que esperaban, a medida que Deep Space 1 volaba a través del coma de gas y polvo, suponían que el viento solar (una corriente de partículas atómicas cargadas que fluyen desde el Sol) pasaría en forma simétrica alrededor de la coma y conteniendo al núcleo en el centro de ésta.

En vez de ello, comprobaron que el viento solar sí pasaba simétricamente alrededor de la nube, pero el núcleo estaba desplazado hacia un lado, expulsando un gran chorro del material que forma esa nube o envoltura difusa y brillante que hace al cometa visible desde la Tierra. “La formación de la coma no es el proceso simple que alguna vez pensamos que era” dijo el Dr. David Young de la Universidad de Michigan, líder del equipo que realizó las mediciones. “La mayor parte de las partículas cargadas se forman sobre un lado, esto no era lo que habíamos esperado.”

Este cometa está lejos de ser un mundo de hielo. La superficie es oscura y negra como el carbón; y cubierta de marcas jaspeadas. Las regiones activas que emiten chorros de gas y polvo cubren apenas el 10% de la superficie; el resto parece estar durmiente. Las temperaturas en la superficie del cometa variaban entre 27 y 72 grados centígrados. En ese calor, el hielo expuesto se vaporizaría rápidamente. La mayor parte del agua de la superficie parece estar agotada, dejando atrás una corteza de oscura materia orgánica.

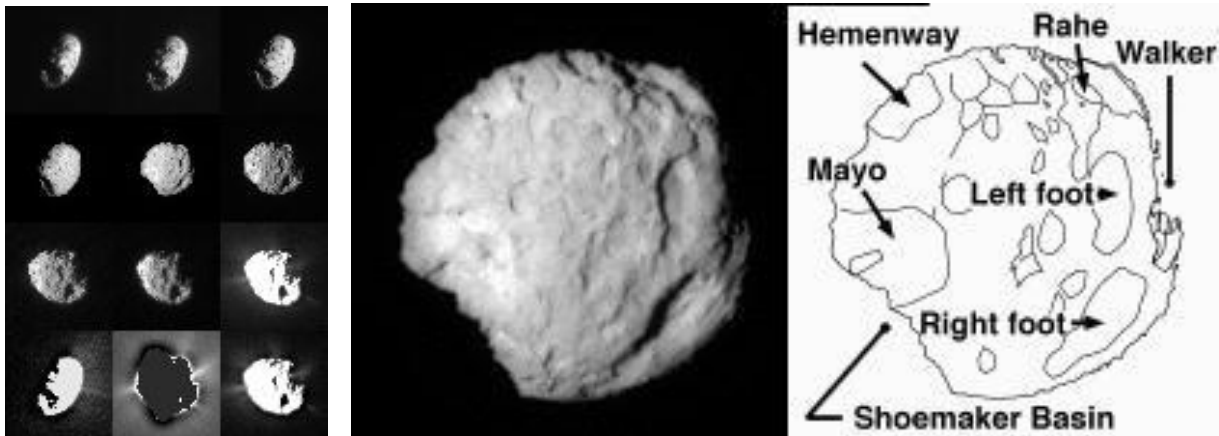


81P / WILD 2: Un cometa de núcleo blanco. 2/1/2004.

81P/Wild-2 es un recién llegado al sistema solar interior. Fue empujado por Júpiter en 1974 a una órbita mucho más interior que la original, por lo que es un cometa nuevo o algo más intacto, que no ha sido desgastado por un paso continuo por las cercanías del Sol.

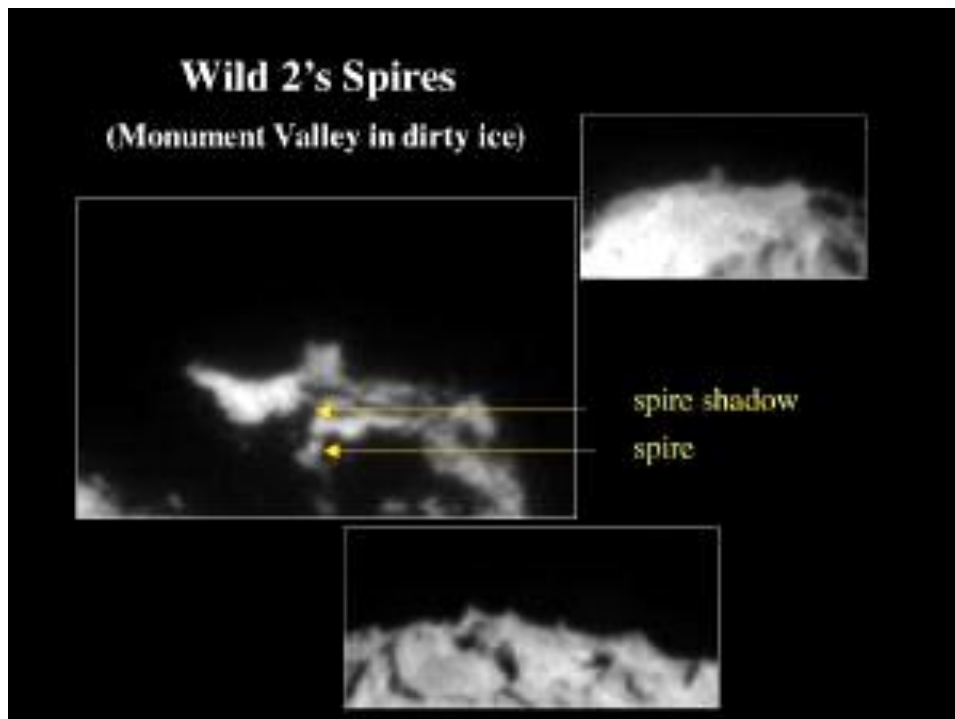
El encuentro que tuvo lugar el día 2 de enero de 2004 entre la sonda espacial Stardust y el cometa Wild 2 ha servido para revelar que este cuerpo es mucho más extraño de lo que se consideraba inicialmente. La superficie de este cometa -presenta cráteres, acantilados, pináculos elevados y docenas de jets en erupción- ha sorprendido enormemente a los científicos. Los resultados de las investigaciones se muestran en el número del 18 de junio de 2004 de la revista Science.

Vemos un núcleo totalmente diferente. Este es de color blanco, casi con aspecto de asteroide y presenta cráteres de impacto de variados tamaños sobre su superficie.



El equipo de investigadores de la NASA utilizaron estos nombres –adjuntos a la foto- para referirse a los diversos accidentes geográficos observados.

La palabra “basin o cuenca” no se refiere necesariamente a una cuenca de impacto.



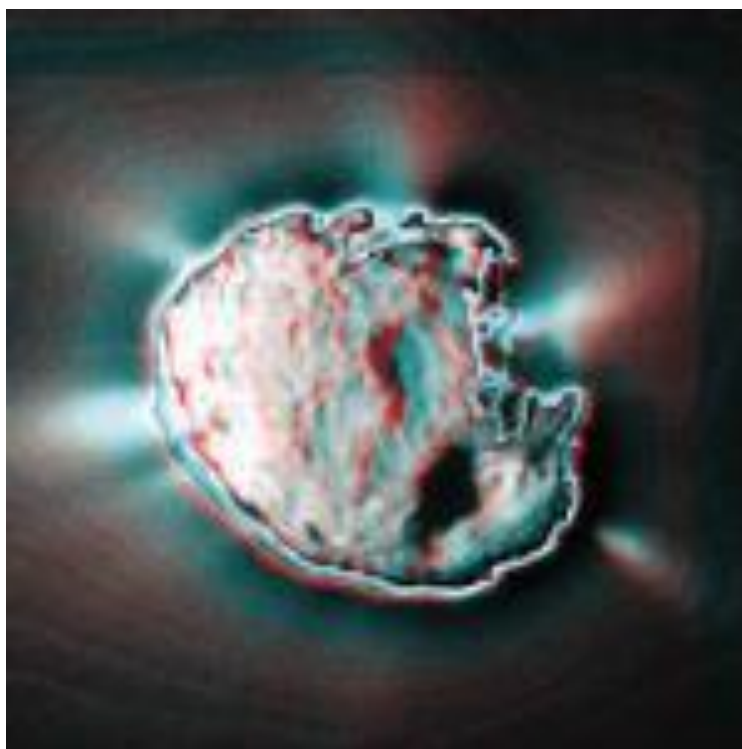
“Pensábamos que el cometa Wild 2 sería una bola de nieve sucia, negra y mullida,” –explicó entonces el Dr. Donald Brownlee, investigador principal de la misión Stardust- “En vez de ello, fue sorprendente observar las diferentes panorámicas en las primeras imágenes de Stardust, en las cuales se veían agujas, hoyos y cráteres, los cuales seguramente se mantienen gracias a la existencia de una superficie cohesiva.”

El día 2 de enero de 2004, cuando se aproximó a sólo 236 Km de su accidentada superficie. El sobrevuelo sirvió para obtener las imágenes de alta resolución más detalladas de un cometa jamás antes vistas.

En las fotografías tomadas por la cámara de la sonda Stardust se observan los diferentes rasgos existentes en la superficie de Wild 2, se aprecia la variedad de pequeños pináculos y mesas visibles en el limbo del cometa. Muestran la localización de una serie de escarpes o acantilados de unos 2 Km de longitud. “Sabemos que Wild 2 presenta rasgos esculpidos a consecuencia de muchos procesos. Esto debe ser típico de otros cometas, pero es muy diferente de cualquier otro cuerpo del Sistema Solar. Somos afortunados, porque la naturaleza nos ha dado un objeto muy rico en detalles para estudiar.”

Se muestran pináculos de 100 metros de altura y cráteres de más de 150 metros de profundidad. Algunos de ellos presentan una depresión central rodeada de material eyectado, mientras que otros cuentan con una base plana y bordes elevados. El diámetro de una de estas estructuras de impacto, llamada “Left Foot”, es una quinta parte de la superficie del cometa. Left Foot tiene 1 kilómetro de diámetro, mientras que el del propio cometa sólo es de 5 Km.

“Otra gran sorpresa ha sido la abundancia y el comportamiento de los jets de partículas que eran expulsados desde la superficie de Wild 2. Los científicos esperaban hallar sólo un par de ellos, pero han llegado a observar más de dos docenas en el tiempo de su breve sobrevuelo” –explicaba el Dr. Benton Clark, científico principal de la división de exploración espacial de la empresa Lockheed Martin Space Systems-.



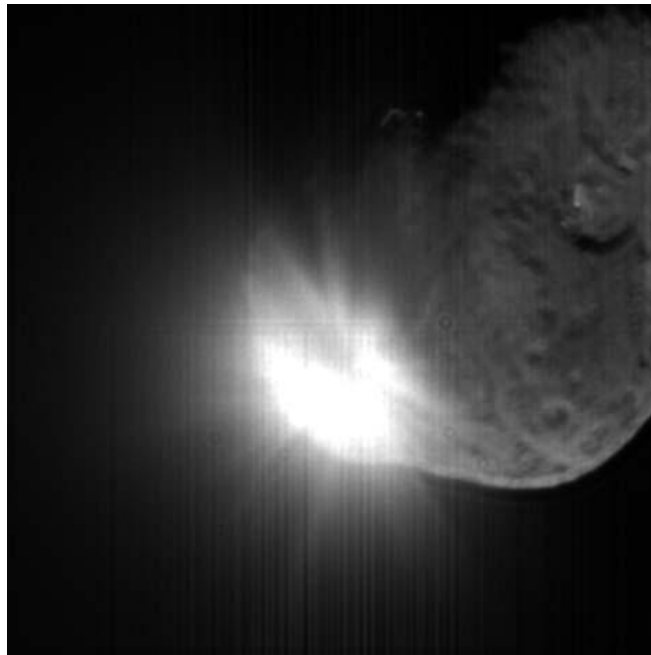
El equipo predijo que los jets sólo alcanzarían una corta distancia y que acabarían dispersándose en el halo en torno al Wild 2. Pero en vez de eso, los investigadores han visto que los jets permanecen intactos, como los sistemas de riego por aspersión que se emplean en los jardines. Este fenómeno contribuyó a que la sonda Stardust atravesase regiones muy activas, volando a través de tres enormes jets, los cuales bombardeaban la sonda con cerca de un millón de partículas por segundo. Doce de ellas, más grandes que una bala, llegaron a penetrar la capa superior del escudo protector del vehículo. Estos jets se forman cuando el Sol ilumina las zonas heladas del cometa cerca o justo por debajo de la superficie. El hielo, en estado sólido, se sublima, convirtiéndose en gas sin pasar por la fase líquida. Este gas escapa rápidamente hacia el vacío del espacio, formando jets que se desplazan a cientos de kilómetros por hora.

El equipo responsable de la sonda espacial Stardust cree que tanto los procesos de sublimación como los impactos que han tenido lugar en la superficie son los que han dado la forma al cometa Wild 2. Algunos de estos impactos pueden haber tenido lugar hace miles de millones de años, cuando la vida apenas se estaba formando sobre la Tierra.

9P / TEMPEL 1: Misión Deep Impact. Primer impacto sobre una superficie cometaria.

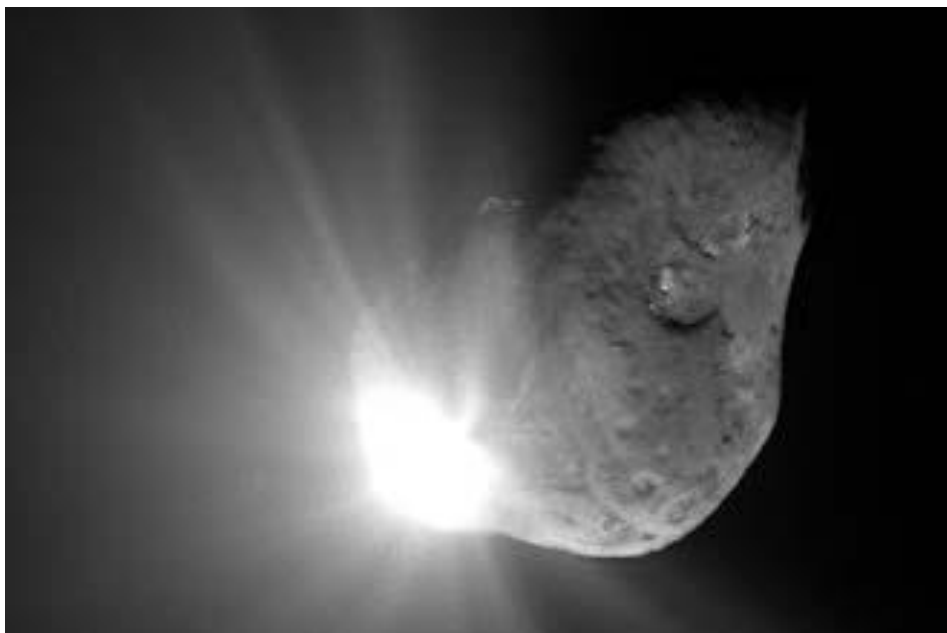
Este cometa ha resultado ser muy diferente a todos los cometas visitados anteriormente. El cociente de su longitud y anchura es mas pequeño que lo predicho por los datos de las observaciones hechas desde la Tierra, pero el diámetro medio es de unos 6 kilómetros.

La superficie del núcleo es muy negra y es comparable a la del carbón de leña y hasta incluso mas oscura. Se ha podido observar cráteres de impactos directos de otros cuerpos como meteoritos en su superficie. El eje de rotación del núcleo, sigue siendo algo incierto, pero parece señalar en la misma dirección que el eje de rotación de la Tierra.



Se han observado estallidos de brillo, algunos de los cuales han sido vistos desde la Tierra, y los espectros indicaban que la composición química era de oxidrilo OH, dióxido de carbono CO_2 , monóxido de carbono CO e hidrocarburos.

También se ha calculado que el “impactador” chocó con la superficie el núcleo del cometa 9P/Tempel 1 de 20° a 45° sobre la horizontal, expulsando partículas sólidas de tamaño microscópico, con lo que se deduce que la superficie del cometa esta formada por un polvo fino parecido al talco, el polvo expulsado era muy opaco, también se deduce que la densidad de este polvo es menor que por ejemplo la de la nieve.

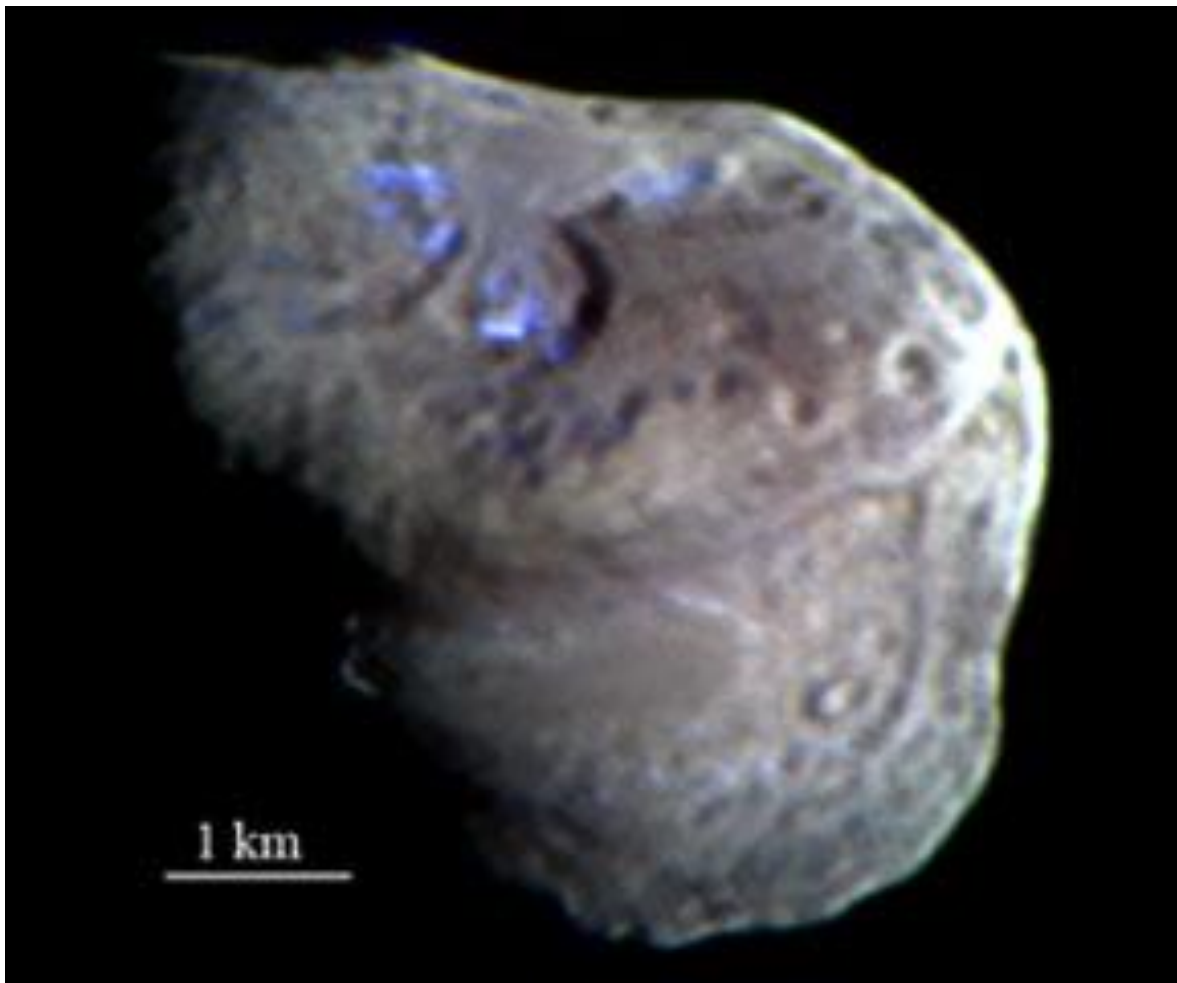


Los científicos de la misión calculan que el tamaño del cráter es mayor que 100 metros. El cráter fue mayor de lo esperado, y produjo una nube de vapor de agua y polvo muy caliente de oxidrilo OH y dióxido de carbono CO_2 de 1000°K a 2000°K , también la emisión de hidrocarburos fue alta, aun hay especies químicas no identificadas y por analizar.

Hay mucho más para ver y estudiar.

Lo que aún no hemos podido ver con la misión DEEP IMPACT son las imágenes del interior del cráter producido, para ver sus dimensiones y profundidad, esto sería importante porque habríamos visto por 1ª vez un poco del interior del núcleo de un cometa, el color, textura, composición química, etc.

Un cometa nuevo mostraría una superficie de núcleo bien distinta y mas pura para estudiar y analizar que los observados en las distintas misiones espaciales. Se cree que un futuro próximo se hará necesaria una clasificación de tipos de cometas, pero hasta el momento seguimos recibiendo sorpresas en este sentido, y las imágenes que nos muestran las naves espaciales de estos cuerpos, hacen cada vez más interesantes este estudio.



Algunas primeras impresiones de los distintos núcleos visitados.

Hasta el momento todas las imágenes recibidas por las sondas han mostrado superficies no muy similares.

- Todos formados principalmente por agua H_2O , polvo y otros compuestos volátiles,
- Esta claro que han sufrido procesos geo-cometarios bien distintos,
- Desde la famosa superficie negra formada por carbono del cometa 1P/Halley que nos visita cada 76 años, hasta la superficie totalmente craterizada y blanca del cometa 81P/Wild 2,
- No solo indicaría superficies de núcleo bien distintas, sino posiblemente un interior de núcleo bien distinto, lo cual indicaría un proceso de formación diferente.
- Posiblemente creados en regiones diferentes.

Un resultado de la sonda Stardust.

Entre las partículas traídas a la Tierra por la cápsula de retorno de muestras de la sonda Stardust hay una exótica mezcla de titanio, vanadio y nitrógeno, que sólo se forma a temperaturas superiores a los $1.100^{\circ}C$. Se trata de un descubrimiento que pone en jaque a las teorías establecidas sobre la formación de nuestro sistema solar, y lleva a los científicos a dos posibles conclusiones: o bien los minerales se formaron en una zona extremadamente caliente y lejana de la nebulosa que luego se convirtió en nuestro sistema solar, o bien provienen de otro sistema estelar.

“Si se formaron en nuestro sistema solar, esas partículas tuvieron que ser transportadas desde las regiones más calientes a las más frías”, expresó un especialista de la misión.

Se estima que las partículas tuvieron que formarse muy cerca del Sol, a una distancia, incluso menor a la de Mercurio, pero que luego tuvieron que desplazarse a unas 45 veces la distancia de la Tierra al Sol, para llegar hasta la región del cinturón de Kuiper donde se suponen que nacen muchos de los cometas.

Una nueva clase de cometas se descubrió

Tres nuevos cometas recién descubiertos, poseen órbitas similares a la de los asteroides, y al contrario de otros cometas, parecen haberse formado en el sistema solar interior, por dentro de la órbita de Júpiter, y no en el frío sistema solar exterior, más allá de la órbita de Neptuno.

La existencia de estos cometas que llamaremos “del cinturón principal” sugiere que los asteroides y cometas están mucho más relacionados entre sí de lo que indica su definición convencional, y además apoya la teoría de que los objetos helados del cinturón de asteroides podrían haber sido una de las principales fuentes del agua en la Tierra.

Según una teoría nuestro planeta no contenía agua cuando se formó, y la adquirió posteriormente a través del impacto de cometas en su superficie. Sin embargo, las observaciones recientes –lo recién visto– indicaron que los cometas no contendrían demasiado hielo de agua. Pero este nuevo descubrimiento, publicado en la edición de abril de 2006 de la revista Science, señala que a su vez los asteroides y cometas del cinturón principal contienen más hielo del que se pensaba, incluso en sus superficies.

Creando el Núcleo de un Cometa en casa.

Los cometas están compuestos por parte del material original con el que se formó el sistema solar. Este material primordial, que orbita muy lejos del Sol, ha sobrevivido en un estado inalterado durante miles de millones de años.

Cuando el núcleo de un cometa es atraído por la gravedad hacia el interior del sistema solar empieza a calentarse. Los materiales volátiles de los que está hecho empiezan a hervir para formar la cabeza y la(s) cola(s) que han maravillado, confundido y asustado a la gente a lo largo de la historia. Este espectáculo de luz se produce a partir de un pequeño núcleo sólido que mide apenas 15 o 20 kilómetros de longitud. ¿Podemos pensar en ello como si fuera un iceberg o témpano sucio! Esta idea se confirmó cuando las naves espaciales japonesas, soviéticas y europeas se acercaron al Cometa Halley en 1986.

Puedes hacer un modelo bastante preciso del núcleo de un cometa de una forma fácil y barata.

Desafortunadamente es difícil hacerlo de forma limpia.

Esto es lo que se necesita:

- Hielo Seco (5 lbs/2.5 kg) disponible en cualquier empresa que fabrique hielo o en heladerías;
- PRECAUCIÓN: El hielo seco está a -79°C (-110°F). Cualquier contacto que no sea muy breve puede provocar “quemaduras”. Tener muchísimo cuidado cuando es manipulado.
- Agua (aproximadamente 2,5 litros o 1/2 galón) en una jarra;
- Amoníaco (puede ser unas pocas gotas de un limpia vidrios);
- Suciedad (un puñado de polvillo en grano fino);
- Maicena o Salsa Worcester (pizcas o un par de gotas);
- Bolsas de Basura o residuos (dos);
- Cuenco o Bol grande (puede ser también una olla);
- Guantes Impermeables (Cuanto más aisladas sean, más calientes se tendrán las manos);
- Toalla de Tela;
- Toallas de Papel;
- Martillo;
- Cuchara o Palo para Revolver.

Estos ingredientes no son obligatorios, valen cualesquiera otros análogos a ellos. El hielo seco es dióxido de carbono congelado. El agua, amoníaco, moléculas orgánicas (basadas en el carbono) y silicatos están todos presentes en los núcleos de los cometas

Aquí está la receta:

Cubra el recipiente con una bolsa de basura. Coloca la otra bolsa de basura en el suelo. Vierte aproximadamente un medio litro de agua en la olla. Añade la maicena o la salsa Worcester, el amoníaco y algo de polvillo; mezclando un poco. Ponerse los guantes. Tomar el hielo seco con la toalla de tela y colócalo sobre la bolsa de basura en el suelo. Utilizar el martillo para moler el hielo seco y convertirlo en polvo. Vierta gradualmente el polvo de hielo seco en el agua, removiendo mientras se lo va echando. Se formará mucho vapor. El hielo seco, el

agua y los otros ingredientes deberían formar una especie de fango cada vez más espeso. Se continúa removiendo la mezcla mientras se va espesando.

Ahora, usando la bolsa de basura para separar la mezcla de las paredes del cuenco, utiliza tus manos enguantadas para formar una bola con ella. Se continúa dándole forma y presionando hasta que la bola se convierta en un duro terrón.

Quitarle la bolsa, como si fuera una piel. Esparcir algo de suciedad o polvillo sobre el terrón. Vertiendo algo del agua que ha sobrado sobre esto, dándole vueltas mientras se lo está haciendo, de tal manera que se forme una película de agua helada sobre toda la superficie de la bola.

Observamos ahora el comportamiento de nuestro núcleo de cometa en miniatura. Puede manipularse sin los guantes si la cubierta de agua helada está intacta. Si alguna zona parece pegajosa, se debe verter algo más de agua sobre ella. Siseará y estallará a medida que el dióxido de carbono se sublima (pasa del estado sólido a gas directamente) y fuerza su paso a través de las zonas más débiles de la corteza de agua helada. En los núcleos reales esto se traduce en pequeñas fuerzas impulsoras que pueden causar que el núcleo gire y altere ligeramente su órbita o se rompa en pedazos.

Nota: Conseguir de 1,5 a 2 Kg (de 3 a 4 libras) de hielo seco para cada núcleo que se desee construir. Puede comprarse la tarde anterior a la demostración y guardarlo en un freezer, congelador o hielera. Colocar una buena cantidad de papel de periódico (unos 2 cm.) debajo del hielo seco para evitar que se rompa la superficie sobre la que es colocada. Hacer una prueba primero para hacerse una idea de la cantidad de agua que se va a necesitar.

Bibliografía:

Giotto ESA: Science & Technology – Science Programme European Space Agency - <http://sci.esa.int/>
Deep Space 1 JPL / NASA - <http://nmp.jpl.nasa.gov/ds1/>
Stardust JPL / NASA - <http://stardust.jpl.nasa.gov/home/index.html>
Deep Impact NASA – Solar System Exploration - http://deepimpact.umd.edu/flash/di_science.html
Cómo construir Cometas en la Cocina JPL - <http://www.solarviews.com/span/edu/comets.htm>