

S

tardust

HISTORIA EN POLVO

Antígona Segura Peralta

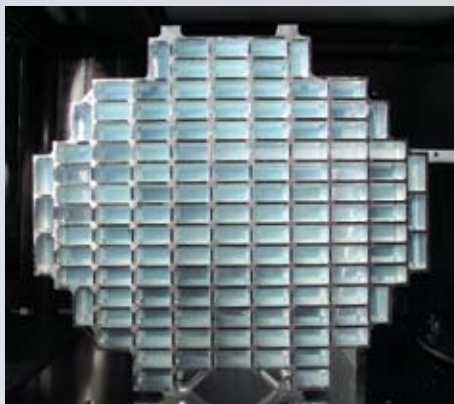
Frágiles como un copo de nieve, pequeñas como una bacteria y seis veces más rápidas que una bala, así son las partículas que guardan el secreto de los inicios y evolución del Sistema Solar. Se trata de las partículas de polvo de cometa, y el reto de la misión *Stardust* fue atraparlos y traerlos intactos a la Tierra.

EL 7 DE FEBRERO de 1999 salió al espacio la sonda *Stardust* (“Polvo de estrellas”) con la misión de seguir al cometa *Wild 2*, atrapar partículas de su cola y traerlas a la Tierra. La nave debía además recolectar polvo interestelar, o para decirlo de otro modo, polvo de estrellas. *Stardust* cumplió: el 15 de enero de 2006 la sonda liberó una cápsula que descendió en el desierto de Utah con su valiosa carga. Los científicos esperaban impacientes. Unos días después confirmaron que el polvo de cometa estaba intacto. Ya en el laboratorio, los científicos analizaron las muestras para desentrañar la historia del Sistema Solar. Lo que hallaron los tomó por sorpresa.

Polvo somos

El polvo es molesto: provoca alergias y no se ve nada bien en ningún lado. Pero el polvo que está en el espacio es otra cosa. Por un lado está el polvo interestelar, que se acumula alrededor de las estrellas viejas y que está hecho de los elementos que se forman en el interior de esas estrellas. El polvo interestelar se va condensando en granos cada vez más grandes, hechos de silicatos (compuestos del silicio) o carbono. El mayor tamaño que alcanzan estos granos de polvo es de unas cuantas decenas de micra (una micra es igual a una millonésima de metro); es decir, el tamaño de una bacteria. Las observaciones de polvo interestelar indican que está cubierto de hielos y que los centros de los granos contienen hidrocarburos y carbono en forma de diamante o grafito (el mismo material del que están hechas las puntas de los lápices). Este polvo se concentra en nubes enormes, denominadas *nubes moleculares*, las cuales se dividen en grumos gigantescos. En esos grumos se forman estrellas y planetas. Así fue como se originaron el Sol y el resto de los cuerpos del Sistema Solar. A la larga, parte de este material acabó en los seres vivos de la Tierra. Esas partículas de polvo interestelar de las que provenimos siguen rondando el Sol, y recientemente se descubrió un flujo de polvo que proviene de la dirección donde está la constelación de Sagitario.

El polvo interplanetario pasa por muchas etapas desde que se forma hasta que se incorpora a las nubes moleculares: se destruye y vuelve a formarse, recibe radiación que altera su composición química, choca con otras partículas de polvo... pero nunca habíamos tenido polvo interestelar en un laboratorio para poder estudiarlo. Lo que sabemos de él proviene de obser-



Rejilla de recolección.



El 15 de enero del 2006 cayó una cápsula en el desierto de Utah. Traía polvo de cometa.

vaciones astronómicas y simulaciones en laboratorios.

Los cometas son los miembros más antiguos del Sistema Solar. Tienen formas irregulares y están compuestos de materiales congelados y granos de polvo. La mayoría reside en una zona esférica, llamada *nube de Oort*, que envuelve al Sistema Solar. Los demás pueblan la región llamada *cinturón de Kuiper*, que comienza cerca de la órbita de Neptuno y se extiende mucho más allá de Plutón.

A diferencia de las órbitas de los planetas, que son casi circulares, las órbitas de los cometas alrededor del Sol son muy ovaladas. Cuando éstos se encuentran lejos del Sol, no son más que cúmulos de hielo y polvo rodeados de una nube de material difuso del propio cometa, llamada *coma* (que quiere decir cabellera). A medida que se acercan al Sol, los hielos del cometa se evaporan y se extienden en una larga cola. Este gas arrastra consigo partículas de polvo. Aunque varias sondas han estudiado cometas y los astrónomos los observan constantemente desde la Tierra, estos cuerpos aún guardan muchos misterios. Por ejemplo, no sabemos qué proporción de ellos permanece intacta como reliquia de la formación del Sistema Solar ni cuáles incorporaron material procesado en el disco del que nacieron los planetas.

Humo para atrapar polvo

La primera nave que se acercó a un cometa la enviaron los rusos en 1984; desde

entonces, tanto la NASA como la ESA (Agencia Espacial Europea) han enviado varias sondas a estudiar distintos cometas (véase recuadro). Mandar una sonda más no representaba un gran problema, pero atrapar partículas de la estela de polvo del cometa sí era un reto. ¿Cómo atrapar algo tan frágil como un copo de nieve, pero que viaja más rápido que una bala? La respuesta estaba en un material inventado en 1930, que los ingenieros apodaron humo azul sólido. Se llama *aerogel* y está compuesto por 99.8% de aire. El resto es bióxido de silicio y es el material menos denso que conocemos. Lo sorprendente de este material es que a pesar de su ligereza, puede resistir 4000 veces su propio peso y permanecer sólido a altas temperaturas. También resulta excelente para atrapar balas al vuelo.

El siguiente paso fue hallar la mejor configuración para atrapar polvo de cometa sin contaminarlo y traerlo a la Tierra. El dispositivo de aerogel debía, además, recolectar polvo interestelar durante su viaje hacia el cometa *Wild 2*. La solución fue una rejilla con celdas de aerogel montada en un brazo que le permitiría recolectar partículas en dos ángulos distintos, de manera que pudiera distinguirse entre el polvo de cometa y el polvo interestelar. Después de coleccionar polvo, el brazo se replegaba y la rejilla quedaba cubierta por una especie de valva de almeja que se cerraba para proteger la carga durante el viaje a la Tierra. La cápsula para el aerogel fue equipada con instrumentos de navegación y un paracaídas

Misiones que han estudiado cometas (en orden alfabético)

Misión	País o agencia	Fecha de lanzamiento	Fecha del encuentro	Cometa explorado	Características
<i>Deep Impact</i> (Impacto Profundo)	Estados Unidos	12/01/2005	4/07/2005	Tempel 1	Una sección de la nave chocó intencionalmente con Tempel 1 mientras que otra parte tomó datos del cometa.
<i>Deep Space 1</i> (Espacio Profundo 1)	Estados Unidos	15/10/1998	09/2001	Borrelly	Imágenes y estudio del cometa Borrelly.
<i>Galileo</i>	Estados Unidos	18/10/1989	09/1994	Shoemaker-Levy 9	Misión para estudiar Júpiter y sus satélites. Observó el choque del Shoemaker-Levy 9 con Júpiter.
<i>Giotto</i>	Agencia Espacial Europea	2/07/1985	13/03/1986 10/07/1992	Halley (1986) Grigg-Skjellerup (1992)	Fue la primera nave en tomar fotos de cerca de un cometa y la primera en estudiar dos cometas.
<i>ISEE-3/ICE</i>	Estados Unidos	12/08/1978	11/09/1985 28/03/1986	Giacobini-Zinner (1985) Halley (1986)	Se encontró con Giacobini-Zinner e hizo observaciones remotas del Halley.
<i>Rosetta</i>	Agencia Espacial Europea	26/02/2004	11/2014	Churyumov-Gerasimenko	Será la primera misión que ponga instrumentos en la superficie de un cometa.
<i>Sakigake</i>	Japón	7/01/1985	11/03/1986	Halley	Primera sonda japonesa en estudiar un cuerpo del Sistema Solar.
<i>Suisei (cometa)</i>	Japón	18/08/1985	8/03/1986	Halley	Similar a <i>Sakigake</i> .
<i>Ulyses</i>	Estados Unidos	6/10/1990	Desde 1994	Borrelly, D'Arrest, Encke, Mueller, Pons-Winnecke, Temple 2, Tuttle, Hale-Bopp, entre otros	Misión dedicada al estudio del campo magnético solar. Su órbita llega hasta Júpiter para luego acercarse al Sol a 1.4 UA* en un periodo de 6 años. Además estudia los cometas que se encuentra a su paso.
<i>Vega 1</i>	Unión Soviética	15/12/1984	4/03/1986	Halley	La primera nave en acercarse al Halley. También visitó Venus.
<i>Vega 2</i>	Unión Soviética	21/12/1984	9/03/1986	Halley	Complementaria a Vega 1.

* UA: Unidad astronómica. Es la distancia media entre la Tierra y el Sol: 150 millones de kilómetros.

para que descendiera de manera segura en la superficie terrestre.

Stardust: más que un plumero volador

La misión *Stardust* es la primera sonda automática que nos trae una muestra de material espacial a la Tierra. Ya antes los astronautas habían traído rocas de la Luna, pero una nave no tripulada nunca había logrado esta hazaña. Y éste no es el único



Wild 2 fotografiado por *Stardust*.

encanto de *Stardust*. La cámara de la nave fue diseñada para capturar imágenes del núcleo del cometa, incluyendo las zonas de donde provenía el polvo recolectado. Las imágenes permitieron determinar el tamaño del núcleo, su forma y el brillo producido por la luz del Sol que refleja. Si bien otras naves han fotografiado cometas, ninguna lo ha hecho con la nitidez de la cámara del *Stardust*.

Volar entre partículas de polvo tiene sus peligros, pues en ocasiones se desprenden del cometa trozos más grandes que pueden poner en peligro la sonda. Para evitarlo se instaló un monitor de flujo de polvo que detecta partículas de diferentes tamaños; además de proteger la nave, el monitor les dio a los científicos la distribución de tamaños del polvo en la cola del cometa. El tercer instrumento fue el analizador de polvo cometario e interestelar, que recogió partículas al vuelo y las analizó para determinar su composición.

El plan de vuelo de *Stardust* es otro de sus logros. Su trayectoria fue planeada cuidadosamente para que se acercara al co-

meta a la menor velocidad posible. De esta manera las fotos serían mucho más nítidas y la recolección de muestras más segura tanto para la nave como para el delicado polvo de cometa.

Wild 2, uno de tantos

El cometa *Wild 2* no es muy diferente de otros, pero tiene lo suyo. Originario del cinturón de Kuiper, su órbita fue alterada por Neptuno y Júpiter, lo que lo hizo emigrar a la región interna del Sistema Solar. Ésta es una de las dos características que hacen interesante a este cometa. Debido a que su órbita fue perturbada recientemente, el *Wild 2* ha pasado sólo cinco veces cerca del Sol. El famoso cometa Halley, en cambio, se ha sometido al menos unas 100 veces al horno solar. Cada vez que un cometa pasa cerca del Sol pierde parte de su material y se modifica su composición química. Lo que los científicos necesitaban era un cometa lo más prístino posible. El *Wild 2* cumplía esta condición. El segundo aspecto interesante de este cometa es que estaba en el momento y lugar adecuados.

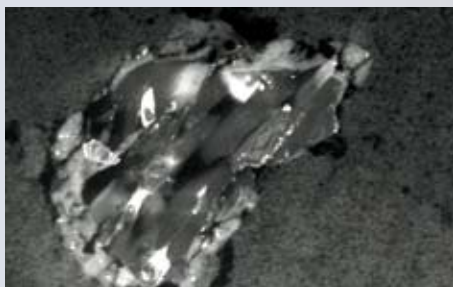
La historia como nos la cuentan

Todo comenzó hace 5 000 millones de años. Una densa nube de polvo y gas, desechos de estrellas muertas, empezó a contraerse. En su núcleo nació una estrella. Alrededor de aquel embrión se formó un disco del que surgieron los planetas. En las zonas externas del disco, lejos de la estrella, el material de la nube primigenia se conservó en objetos congelados. Cuatro mil quinientos millones de años después, la estrella fue denominada “Sol”, el tercer planeta “Tierra” y los cuerpos congelados “cometas”.

Esto es, en pocas palabras, lo que los científicos consideramos la historia de nuestro Sistema Solar y específicamente el origen de los cometas. Por supuesto, hay muchos detalles que no conocemos; por ejemplo, los mecanismos precisos de la formación de planetas siguen en debate, en especial para los planetas gigantes. Los científicos esperan responder algunas de las preguntas sobre los inicios del Sistema Solar a partir de los cometas porque se piensa que éstos se mantuvieron lejos del Sol y no fueron afectados por los procesos que dieron origen a los planetas. Así, los sólidos del polvo cometario deberían parecerse a los del polvo interestelar, pues los primeros provendrían de los segundos, o al menos eso pensaba la mayoría de los expertos. Pero nada como una observación para echar por tierra una buena hipótesis.

La historia como nunca la imaginamos

Apenas abrieron la cápsula protectora, los científicos supieron que había algo raro. El aerogel llevaba las huellas del impacto de las partículas de polvo de cometa. Algunas podían verse a simple vista y al final de la trayectoria de impacto se veía claramente una partícula mucho mayor a las que esperaban los científicos. El polvo interestelar está formado por granos muy pequeños. Si



Mineral de silicio en forma cristalina.

el polvo de cometa era similar, entonces sus partículas debían ser pequeñas también. Sin embargo, ante sus ojos estaba la evidencia de que las cosas no eran así. Ahí empezaron las sorpresas.

Un equipo de unos 150 científicos de diversas instituciones y países se dispusieron a analizar las muestras para determinar sus propiedades.

El material orgánico, específicamente las moléculas llamadas *hidrocarburos policíclicos aromáticos* (PAH, por sus siglas en inglés), contenían oxígeno y nitrógeno, lo nunca visto en moléculas de este tipo provenientes del espacio. Los PAH son moléculas de carbono e hidrógeno en forma de anillo y se sabe que existen en el polvo interestelar y en los cometas, pero esta variedad rica en oxígeno y nitrógeno era nueva.

Las partículas de polvo del *Wild 2* resultaron ser un conglomerado de minerales comunes en los planetas, pero no en el polvo interestelar. Dicho de otra forma, el polvo cometario está hecho de rocas del Sistema Solar. Esto no resultó muy sorprendente para los expertos; lo verdaderamente inesperado fue que hubiera cristales que sólo se forman a temperaturas de más de 1 300 °C junto con minerales que se forman a 240 °C *bajo cero*. Esto indica que este cometa es una mezcla de materiales provenientes de diversas regiones del Sistema Solar en sus primeras etapas. Hoy creemos que los materiales rocosos de los cometas se formaron muy cerca del Sol y luego fueron transportados a una órbita más allá de Neptuno, donde acumularon sus característicos hielos. Esta idea ya había sido propuesta desde 1996, pero no había ninguna observación que la respaldara... hasta hoy.

Una de las partículas recolectadas por el *Stardust* resultó tan interesante que recibió un nombre propio: Inti, el dios inca del Sol. Inti es un conjunto de fragmentos de roca que está relacionado con unos componentes raros de los meteoritos, llamados *inclusiones de calcio ricas en aluminio* (CAI, por sus siglas en inglés). El proceso de formación de las CAI requiere muy altas temperaturas, típicas de zonas muy cercanas



Partículas de cometa en el aerogel.

al Sol. Las CAI son los minerales más antiguos del Sistema Solar. Además, Inti está formado por pequeñas inclusiones de lo que probablemente fueron los primeros sólidos que se condensaron en nuestro sistema planetario. Las inclusiones están hechas de titanio y vanadio combinados con nitrógeno y aglomeraciones minúsculas de platino, osmio, rutenio, tungsteno y molibdeno. En el Sistema Solar primitivo éstos eran los únicos compuestos que no se volatilizaban y podían sobrevivir como sólidos.

La historia del mañana

El polvo del cometa *Wild 2* es sólo una parte de la historia; el polvo interestelar recogido por *Stardust* aún no ha sido analizado. Los interesados pueden escribirle al Dr. Michael Zolensky, del Centro Espacial Johnson de la NASA, encargado de repartir las muestras de polvo interestelar. Pueden participar científicos de cualquier lugar del mundo, siempre y cuando cuenten con los instrumentos necesarios para analizar las valiosas muestras.

Y mientras los expertos descubren las historias del mañana, la nave que recolectó por primera vez una muestra de un objeto del Sistema Solar y la trajo a la Tierra sigue en el espacio con un nuevo nombre: *Stardust-NEXT*. Esta nueva misión se encontrará con el cometa *Tempel 1* el 14 de febrero de 2011 para obtener imágenes de su coma y su núcleo y, por supuesto, aprender más del polvo que somos. 👁

Antígona Segura Peralta es investigadora en el Instituto de Ciencias Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su investigación principal se enfoca en la detección de vida en planetas alrededor de otras estrellas. Página web: athena.nucleares.unam.mx/~antigona