

Polvo cósmico



La fuente principal del polvo cósmico seguramente proviene de la desintegración de cometas. Son partículas con tamaños que van desde fracciones de micrómetros hasta piedras pequeñas visibles o micrometeoritos.

Alberto Flandes

¿QUÉ ES EL POLVO CÓSMICO?

El espacio entre los planetas y entre las estrellas está lleno de polvo: granos de materia que se mueven en torno a los planetas o a las estrellas, concentrados en nubes, anillos o cinturones. Polvo interestelar e interplanetario al que llamamos genéricamente *polvo cósmico*.

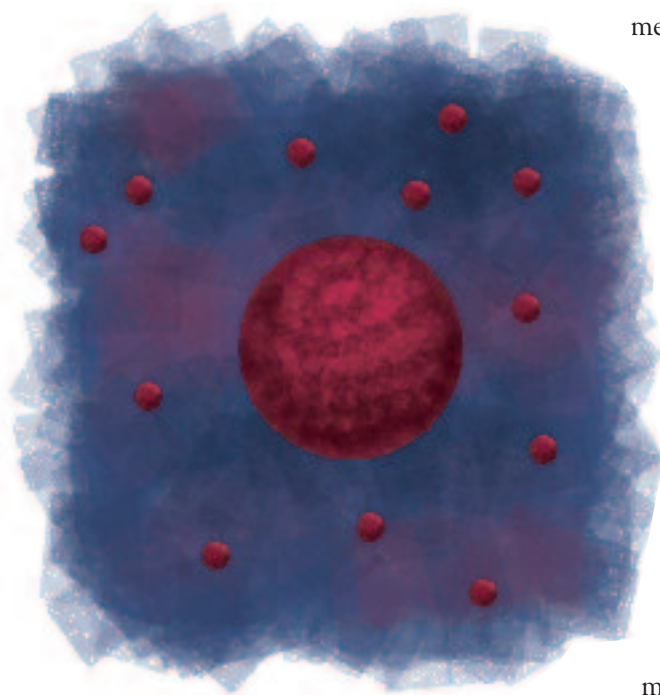
Se sabe ahora que todo, las estrellas, los planetas y demás cuerpos que observamos en el Universo, nacieron del polvo. Polvo tan fino como las partículas contenidas en el humo producido por un cigarro, que se condensó y con el tiempo se aglutinó en conglomerados más y más grandes cada vez. Esto, entre otras razones que analizaremos, ha hecho que su estudio haya ganado poco a poco gran importancia en la astronomía y la física espacial.

Las primeras evidencias que llevaron al descubrimiento del polvo interplanetario fueron las débiles luminiscencias observables simultáneamente en el horizonte poco antes de la salida y poco después de la puesta del Sol, conocidas como *luz zodia-*

cal y *Gegenschein*. A finales del siglo XVII, el astrónomo italiano Domenico Cassini propuso que ambos fenómenos se deben a la dispersión de la luz solar por parte de las partículas de polvo que forman una nube en los alrededores del Sol: la nube zodiacal.

El polvo interplanetario e interestelar es materia sólida: partículas con tamaños que van desde las fracciones de micrómetro (milésimas de milímetro), hasta unos cuantos centímetros. Las más pequeñas son unos cientos de veces menores que las partículas del polvo que estamos acostumbrados a ver depositado en una superficie sin sacudir, o las que vemos a contraluz moviéndose caóticamente en un rayo de sol. Las partículas de polvo mayores, denominadas inicialmente “micrometeoritos”, son como los granos gruesos de arena o como las piedras más pequeñas que encontramos en un jardín.

Muy probablemente la fuente principal de polvo cósmico sean los cometas. Cuando un cometa se acerca al Sol, parte de él se desintegra debido a que la radiación solar aumenta su temperatura favoreciendo la expulsión de gases hacia el exterior



¿DE DÓNDE VIENE EL POLVO?

En la Tierra el polvo se produce de diversas formas. Sus fuentes van desde la erosión ocasionada por la acción del viento y el agua sobre las rocas de la superficie terrestre, en los suelos o las montañas, hasta la condensación y cristalización de gases y magmas en las erupciones volcánicas, o aun de los gases y vapores de nuestra atmósfera. De la misma forma, las emisiones contaminantes arrojadas por industrias y motores, así como los combustibles usados para propulsar cohetes y aviones, favorecen la formación del polvo. Estos mecanismos producen, en la mayoría de los casos, granos de algunos micrómetros de diámetro.

Fuera de la Tierra, el polvo cósmico, interestelar o interplanetario, se forma como producto de la condensación en las atmósferas de las estrellas o los cometas, o a partir también de la erosión o fragmentación de algunos cuerpos menores como asteroides y cometas.

Muy probablemente la fuente principal de polvo cósmico sean los cometas. Cuando un cometa se acerca al Sol, parte de él se desintegra debido a que la radiación solar aumenta su temperatura favoreciendo la expulsión de gases hacia el exterior. Se forma así una envoltura gaseosa a modo de atmósfera, donde se genera el polvo por condensación. Cuando el cometa se acerca más al Sol, el gas y el polvo se separan por efecto de la radiación, formando una cola recta de gas y una cola curva de polvo.

Se calcula que los cometas típicos tienen un diámetro promedio de unos 10 kilómetros y que emiten hasta una tonelada de polvo por segundo, del cual, al menos 30 por ciento es materia orgánica. Sus alargadas órbitas elípticas, o aun parabólicas, podrían permitir que parte importante de este polvo escape hacia el medio interestelar diseminando muy eficientemente su masa por el Universo al incursionar por las cercanías de las estrellas.

Si los cometas se forman en las fronteras más lejanas del Sistema Solar y están hechos de la materia original y poco alterada de la que surgieron el Sol, los planetas y los demás componentes de nuestro Sistema Solar, el polvo cometario es entonces materia primitiva, que nos daría información muy valiosa sobre nuestro propio origen.

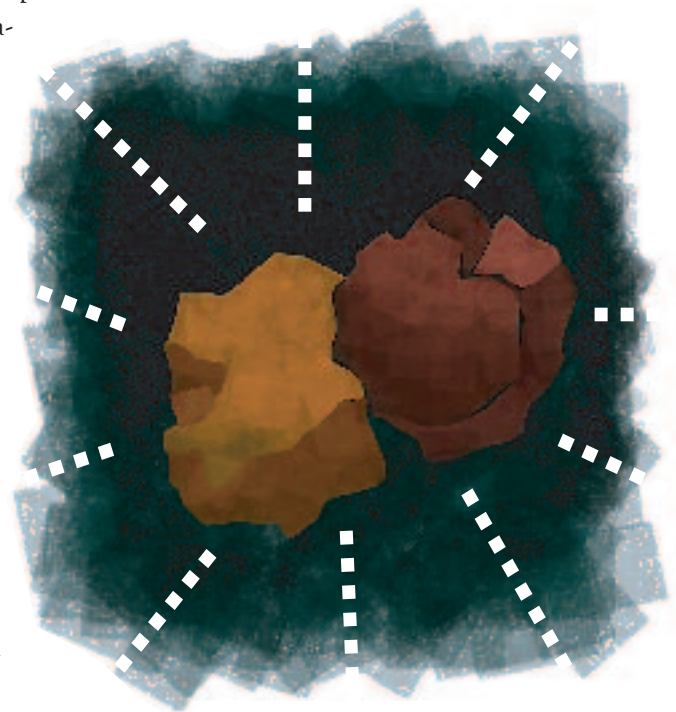
Fuera de los cometas, las demás fuentes de polvo cósmico se consideran secundarias, pero no menos importantes. En general hablamos de dos fuentes secundarias: una planetaria, donde se incluyen planetas y lunas indistintamente, y otra asteroidal.

Los asteroides, aunque muy apartados entre sí, pueden chocar ocasionalmente y fragmentarse, generando grandes cantidades de polvo. Dependiendo del impacto, las partículas producidas pueden abandonar sus órbitas estables y viajar a otras regiones del Sistema Solar como meteoritos o micrometeoritos. Estos meteoritos de origen asteroidal, junto con el polvo de origen cometario y demás meteoritos mayores, chocan con cierta frecuencia con las superficies de las lunas a grandes velocidades, como balas interplanetarias que terminan por pulverizar sus superficies. En muchas lunas, como la nuestra, se observa que la superficie está cubierta por capas de polvo. Si la luna es pequeña, su fuerza de gravedad es también pequeña, y el polvo producido en estos impactos se dispersa ampliamente y puede ser proyectado fuera de la luna. Este escape en la mayoría de los casos es relativo, pues el polvo queda orbitando la luna y formando una nube o halo tenue. Se han observado este tipo de nubes en los satélites jovianos Ganímedes y Calixto, pero también envolviendo al pequeño Plutón y a su luna Caronte.

Cuando el polvo dispersado en los impactos de meteoritos logra escapar de las lunas, se esparce a lo largo de la órbita de la luna formando anillos. Los anillos de polvo de Júpiter, descubiertos por las sondas *Viajero* en 1979, se han formado a través del tiempo con el polvo dispersado en los impactos de meteoritos en las superficies de sus cuatro pequeñas lunas interiores –Metis, Adrastea, Amaltea y Tebe–, de apenas unas cuantas decenas de kilómetros de radio. Aunque no tan espectaculares como los atípicos anillos de Saturno, formados por enormes rocas, los anillos jovianos se componen básicamente de partículas micrométricas de polvo que conforman tres estructuras principales que se extienden desde los 1.3 hasta los 3 radios jovianos (un radio joviano es de aproximadamente 71 mil 492 kilómetros), con una densidad promedio de mil a diez mil partículas de polvo por metro cúbico.

Urano y Neptuno también tienen anillos de polvo, y se sospecha que Marte podría tener también un par de anillos muy tenues alimentados por los impactos en sus dos lunas, Fobos y Deimos. De hecho, el propio Sol posee un anillo muy tenue de polvo en el interior de la órbita de Mercurio, formado por partículas que en su viaje por el Sistema Solar interior han sido frenadas por la radiación solar, reduciendo el radio de sus órbitas hasta quedar confinadas temporalmente en esa región, en espera de ser vaporizadas cuando su distancia al Sol se reduzca lo suficiente.

Al ver tanta abundancia de anillos de polvo en nuestro Sistema Solar, uno se pregunta por qué la Tierra no posee un anillo de polvo, o por qué nuestra luna no está, al menos, envuelta por una nube de polvo como Calixto y Ganímedes, que son tres veces más grandes que ella. El hecho es que, aunque es obvio que la Luna y la Tierra están expuestas a los impactos de meteoritos y micrometeoritos, como lo prueban los innumerables cráteres lunares, la abundancia de meteoritos en esta región no se compara con la que existe en la órbita de Júpiter. Además, por su tamaño la Tierra no acelera a los meteoritos con suficiente velocidad como para que en el impacto con la superficie de la Luna se genere polvo con suficiente energía que venza la gravedad lunar, como lo hace Júpiter. Pero de intensificarse el tráfico espacial entre la Tierra y la Luna, los terrícolas del futuro podrían observar un anillo de polvo en torno a la Tierra formado por las partículas condensadas de los gases de los combustibles de cohetes.



LA DINÁMICA DEL POLVO

Una cantidad considerable del polvo que puebla los alrededores de Júpiter, más allá de los anillos jovianos, es producto de las espectaculares erupciones de los volcanes de Io, una de sus lunas. La actividad volcánica de Io es mucho más energética que la que se lleva a cabo en la Tierra. Esta intensidad y la débil gravedad de Io –similar a la de nuestra luna– produce nubes gigantes de hasta 460 kilómetros de altura que bañan la superficie de Io con gruesas capas de azufre y dióxido de azufre, pero que también permiten que parte de este material eyectado por los volcanes, inicialmente moléculas y polvo, escape de esta luna. Las moléculas son dissociadas por la radiación, pero el polvo man-

tiene su identidad e interesantemente es expulsado por el campo magnético de Júpiter hacia el medio interplanetario y posiblemente hacia el medio interestelar, a una velocidad que puede superar los 200 kilómetros por segundo. En promedio, varias decenas de kilos de polvo escapan de Júpiter cada segundo. Este fenómeno, descubierto apenas en 1995 cuando la sonda *Ulyses* se aproximó a Júpiter, nos da una idea de lo complejo del movimiento de estas partículas a través del espacio.

El escape de polvo de los alrededores de Júpiter se facilita por el hecho de que los granos de polvo se electrifican fácilmente, capturando los electrones e iones libres que se mueven por el espacio, o dejando escapar algunos de sus propios electrones excitados por la radiación solar o por la colisión con otras partículas. Esta carga eléctrica, en combinación con el pequeño tamaño de los granos, hace que su movimiento pueda ser afectado por los campos electromagnéticos. El Sol y seis de los planetas del Sistema Solar, entre ellos la Tierra, poseen campos magnéticos, pero el de Júpiter es tan intenso que domina en una región que supera el tamaño del Sol. Este campo magnético que rota junto con el planeta induce un campo eléctrico que atrae los granos de polvo negativos y repele a los positivos. Se sabe que este efecto se presenta también al menos en el Sol y en Saturno.

En la gran escala de los sistemas planetarios y estelares, las fuerzas que rigen los movimientos de estos planetas y estrellas son esencialmente gravitacionales, debido a sus grandes masas. Pero para los cuerpos con dimensiones inferiores a los milímetros, como el polvo, la fuerza gravitacional se convierte en sólo una interacción más, y otras fuerzas como las debidas a los campos magnéticos y eléctricos de los planetas y del Sol, o las fuerzas eléctricas de los propios granos de polvo, así como las fuerzas debidas a la propia radiación solar, adquieren relevancia. Entender la dinámica de los granos de polvo puede volverse una tarea complicada, pues deben entenderse las fuerzas involucradas y la relevancia de cada una.

¿DE QUÉ ESTÁ HECHO EL POLVO CÓSMICO?

La composición del polvo depende estrechamente de la fuente que le dio origen; de ahí la importancia de su estudio. El polvo de estrellas, por ejemplo, está compuesto de materiales refractarios como el grafito y el silicio, que se cristalizan en las atmósferas estelares a pesar de las temperaturas de varios miles de grados. El polvo de los aste-



roides tiene aparentemente una composición de hierro-níquel. El polvo cometario se compone de hielos, esencialmente de agua y de compuestos orgánicos simples como el metano, amoníaco y monóxido y dióxido de carbono. En general se calcula que casi un 60 por ciento del polvo del Sistema Solar está compuesto por material conocido como *condrítico*, a base de carbón y compuestos ligeros del grupo llamado "CHON" (carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno). Un 30 por ciento son granos compuestos de hierro-azufre-níquel, y el 10 por ciento restante son partículas compuestas de silicatos máficos, es decir, olivinos y piroxenos, que son compuestos de magnesio y hierro con una base de silicio y oxígeno. Las partículas menos abundantes del medio interplanetario son los granos interestelares, que se componen de silicatos, hielo de agua y probablemente grafito e impurezas. Posiblemente estos granos sumen menos de 100 partículas por cada kilómetro cúbico. No sorprende descubrir que, así como los planetas, el polvo que se mueve en el interior del Sistema Solar se compone de materiales más pesados, mientras que en el exterior la composición es más ligera y a base de hielos.

EPÍLOGO

La importancia del polvo cósmico se refleja en el creciente interés por incluir detectores de polvo en las diferentes misiones espaciales. Misiones como las sondas solares *Helios 1 y 2* y *Ulyses*, el orbitador joviano *Galileo* que terminó su vida en 2003 en las entrañas de Júpiter y el muy reciente orbitador de Saturno *Cassini-Huygens*, han sido fundamentales en el monitoreo y estudio del polvo interplanetario, gracias a que fueron provistas con detectores de polvo con los que pueden inferirse sus propiedades fundamentales como masa, velocidad y tamaño. Con los mismos detectores se deduce el origen de los granos de polvo a partir de sus trayectorias, que se infieren con base en el análisis del ángulo de impacto en el detector.

El siguiente paso en el estudio del polvo cósmico es la recolección de muestras directamente de la fuente, para su estudio a través de analizadores a bordo de las sondas que nos revelen su composición química a detalle, o incluso el envío de sondas que logren traer estas muestras a la Tierra. La sonda *Stardust*, lanzada por la NASA en febrero de 1999, logró recientemente volar a través de la nube de polvo que rodea el núcleo del cometa Wild-2 y colectó muestras de material cometario que se espera regrese a la Tierra en una cápsula que aterrizará en el desierto estadounidense de Utah. La Agencia Espacial Europea lanzó en 2004 la misión *Roseta*, que se dirige al encuentro del

cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko en el año 2014. Al igual que la antigua piedra egipcia Roseta, con la que se logró develar los secretos de los jeroglíficos, se espera que la sonda *Roseta* ayude a descifrar los misterios del polvo cósmico, si logra establecer con éxito una órbita permanente en torno a este cometa.

Alberto Flandes estudió física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se doctoró en física espacial en el posgrado en Ciencias de la Tierra de la misma universidad. Ha hecho estancias de investigación en los Institutos Max Planck de Heidelberg y Lindau, Alemania. Es autor de media docena de trabajos publicados en revistas internacionales. Su especialidad es el modelado de la dinámica del polvo interplanetario.
xytrahx@yahoo.com.mx