

Pilares e incertidumbres

La larga lista de enigmas cometarios

Toda la belleza que despliega un cometa la produce un núcleo del que no se conoce ni la masa ni la densidad (además de otras, y numerosas, incógnitas).

Luisa M. LARA (IAA-CSIC)

PILARES

La historia de la astronomía cometaria puede dividirse naturalmente en cinco grandes períodos, con cada transición marcada por un nuevo e importante acontecimiento. Antes de 1600, los cometas eran generalmente vistos como presagios celestiales, o como fenómenos meteorológicos en la atmósfera terrestre. Luego siguieron dos siglos en los que básicamente se efectuaron mediciones de su posición en el cielo provocados por el impresionante descubrimiento de la ley universal de la gravitación; así se predijo el retorno del cometa 1P/Halley y el descubrimiento de movimientos no gravitacionales del 2P/Encke. La era de la física cometaria comenzó con el paso del 1P/Halley en 1835, cuando las estructuras más brillantes visibles en la coma se describieron en detalle por primera vez. El año 1950 marcó el nacimiento de la imagen moderna de los cometas como un conjunto de objetos del Sistema Solar compuestos por hielo primordial y polvo, orbitando alrededor del Sol con períodos largos, y cuya apariencia está modelada por la interacción del núcleo con la radiación y el viento solar. Finalmente, las misiones espaciales al cometa 21P/Giacobini-Zinner en 1985, al 1P/Halley en 1986, al 9P/Tempel 1 en 2005 y al 103P/Hartley 2 en 2010 proporcionaron mediciones in situ y las primeras imágenes de un núcleo cometario. Gracias a estas misiones, a campañas observacionales desde tierra y a modelos numéricos muy sofisticados para explicar las medidas, hoy se sabe que los cometas son pequeños cuerpos sólidos de superficie irregular y estructura porosa constituidos principalmente por hielo de agua, monóxido de carbono (y otros hielos en proporciones mucho menores), y granos de polvo conteniendo silicatos y olivinos, entre otros. Se confirma que el núcleo, a medida que se acerca al Sol, sublima los hielos, lo que arrastra los granos de polvo y da la apariencia que ha embelesado a la Humanidad durante siglos.



INCERTIDUMBRES

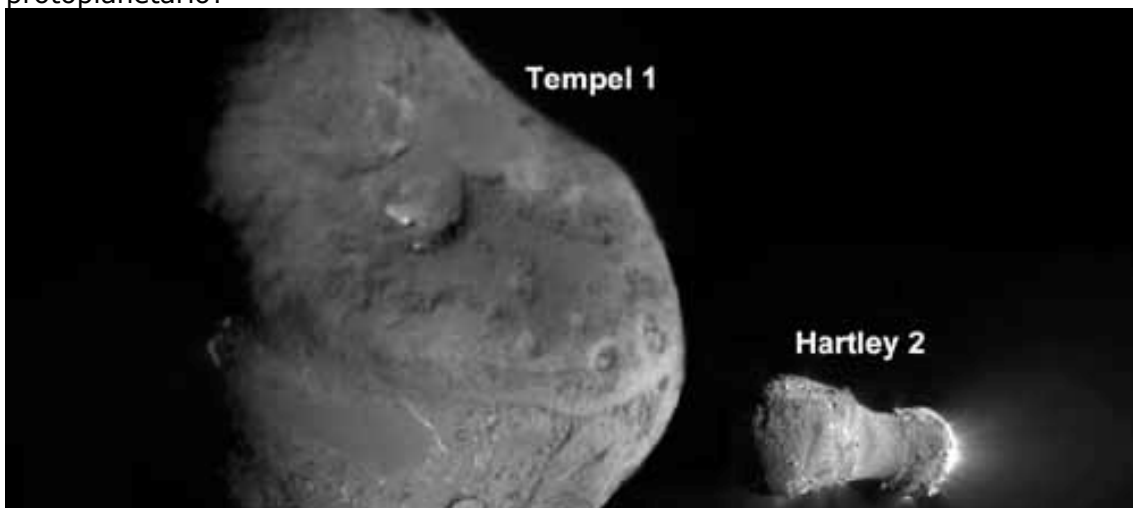
Toda la belleza que despliega un cometa la produce un núcleo del que no se conoce ni la masa ni la densidad, aunque los datos apuntan a que se aproxima a unos 0,5 gramos por centímetro cúbico. Para determinar la densidad han de medirse la masa

y el volumen, y tampoco ninguna de esas dos magnitudes se conocen para un cometa, y menos para la población de cometas del Sistema Solar. No disponemos de una distribución de tamaños y, por tanto, muchas preguntas sobre la formación y evolución de estos cuerpos quedan sin respuesta al desconocerse la estructura interna.

Respecto a la composición, se han detectado más de ochenta especies en la coma del cometa, pero se desconoce hasta qué punto esa variedad gaseosa refleja la variedad composicional del núcleo. Además, todas esas especies -excepto el azufre (S₂)- también existen en el medio interestelar, pero no a la inversa, y también las abundancias relativas son diferentes. Si los cometas son un "fiel reflejo" de la nube de gas y polvo que dio lugar al Sistema Solar, ¿era esta diferente a otras nubes de gas y polvo que existen en el universo? Los espectrómetros de masas a bordo de misiones a cometas han dado casi un continuo de valores de unidad de masa atómica, algunos de ellos muy elevados, pero no se ha podido aislar en especies individuales: la única conclusión reside en que la complejidad de compuestos (gas y sólidos) es tremenda.

Existen todavía líneas espectrales resultantes de observaciones de la coma que no están identificadas. ¿Qué molécula las produce? ¿qué mecanismo las causa? Pero aún en aquellos casos en que identificamos la molécula y el mecanismo, el panorama se complica porque las abundancias de estas tal y como se miden en la coma cambian con la distancia heliocéntrica por lo que resulta muy muy complicado extrapolar ese conocimiento al núcleo cometario que alberga los hielos que subliman. Y, por si fuera poco, tampoco se sabe cómo los diferentes pasos por el perihelio (punto más cercano al Sol en la órbita del cometa) afectan a la evolución de los hielos en la superficie y subsuperficie del núcleo.

Pero ¡¡no todo es gas!! También hay material sólido (granos de polvo) cuya composición se conoce a grandes rasgos: olivino cristalino, olivino rico en magnesio, olivino amorfo y piroxenos. No podemos explicar la diferencia, entre un cometa y otro, en la presencia de olivino cristalino versus el amorfo: ¿qué causa esa variación de cometa a cometa? ¿cuántos de esos granos son del medio interestelar y qué condiciones existían cuando condensaron en el disco protoplanetario?



Y si ahora pasamos a escalas mayores, aunque se conoce bastante bien la evolución orbital de los cometas, no se sabe por ejemplo por qué, a igualdad de tamaño, los asteroides rotan más despacio que los núcleos cometarios. La explicación podría hallarse en el efecto de torque que la sublimación de hielos produce en el momento angular del núcleo cometario. Siguiendo con la evolución orbital, aunque se puede vislumbrar que los cometas de corto período terminarán

por agotar su reserva de hielo y dejar de ser activos, los cometas dinámicamente nuevos (recién llegados de la nube de Oort) pueden romperse por explosiones de actividad, como un “desperezamiento” fatal, más que por su cercanía al Sol (como los sungrazers, que son “la crónica de una muerte anunciada” porque su órbita los aboca a sumergirse en el fiero Sol). Cuando se presencia este tipo de rupturas de núcleos cometarios, surge una pregunta natural: ¿cómo de cohesionados están los materiales en ese núcleo de densidad 0,5 gramos por centímetro cúbico ciertamente poroso? ¿cuál es el grado de porosidad? ¿cuál es la conductividad térmica que permite o impide el calentamiento de la superficie y subsuperficie, que al final puede o no determinar la actividad o un final fatídico como la fragmentación? Ha habido varias fragmentaciones de cometas observadas “en tiempo real”, como la del cometa D/Shoemaker-Levy 9, que se desintegró por efecto de las fuerzas de marea de Júpiter, pero no se sabe qué le ocurrió a C/1996 B2 Hyakutake o C/1999 S4 LINEAR o C/1996 Q1 Tabur. Y, para terminar, porque hay que terminar este artículo, no se sabe si el agua de los océanos de la Tierra la trajeron los cometas o los asteroides, y recordemos al lector el papel crucial que el agua líquida juega en el origen de la vida en este “pequeño punto azul pálido” (como dijo Carl Sagan) del universo.

Luisa M. LARA (IAA-CSIC)

Este artículo aparece en el número 42, febrero 2014, de la revista *Información y Actualidad Astronómica*, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA_CSIC)