



Cometas, el crisol de la vida

Pablo M. Esanciano

Las ladrillos moleculares de la vida podrían haber surgido en el polvo que dió origen al Sistema Solar

El Universo está formado en su inmensa mayoría por sencillos átomos de Hidrógeno y Helio, pero la vida de nuestro planeta está estructurada en torno a moléculas complejas basadas en el carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre... ¿Cómo surgieron las piezas fundamentales de las que está hecha la materia biológica?. Los científicos están cada vez más convencidos de que -aunque la vida como fenómeno apareció seguramente en el medio acuoso de una Tierra enfriándose, hace 4.000-3.900 millones de años- las moléculas orgánicas complejas que forman los 'ladrillos' de las proteínas o los ácidos nucleicos son mucho más antiguas y se formaron en el polvo -intensamente bombardeado por radiación cósmica- de la nebulosa que dió lugar al Sistema Solar.

El hallazgo estos últimos años, por la misión de las sondas Rosetta y Philae de la Agencia Espacial Europea (ESA), de hasta 16 compuestos orgánicos complejos precursores de la vida en el cometa 67P/Churyu-

mov-Gerasimenko, refuerza esta teoría. De esta manera, se postula que, si bien los átomos pesados se forman en el interior de las estrellas gigantes como las supernovas, que al estallar forman enormes nebulosas de las que luego surgirán estrellas y sistemas solares de segunda generación, es en el polvo de estas nebulosas -generosamente atra-

Algunos ladrillos prebióticos son más antiguos que el Sol

vesado por rayos cósmicos y radiación de alta frecuencia del espacio, donde esos átomos se combinan para formar moléculas orgánicas simples y luego moléculas orgánicas más complejas. Cuando ese polvo cósmico se condensa para formar una nueva estrella, del disco circundante surgen cúmulos que formarán planetas. Pero una gran parte del polvo y el hielo sobrante, sobretodo de la parte exterior, for-

ma agregaciones mucho más pequeñas, una parte de las cuales orbitarán a la estrella en órbitas muy excéntricas: los cometas.

Ahora se sabe que, además de polvo y hielo, los cometas son ricos en sustancias orgánicas -tales como bases nucleicas nitrogenadas, aminoácidos, acetona, alcoholes, etc...- precursoras de las biomoléculas de

las que está hecha la vida. Durante la formación de nuestro planeta, La Tierra recibió durante miles de millones de años un intenso bombardeo de cometas y meteoritos ricos en hielo, que son la fuente del agua líquida que cubre tres cuartas partes de la superficie. Pero ahora se sospecha que también son la fuente de las moléculas orgánicas complejas, de las 'piezas' o 'ladrillos' que luego dieron lugar a la vida.

FOROS21 entrevista a Guillermo Muñoz Caro, investigador del Centro de Astrobiología, un centro mixto que depende del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).

La misión de la ESA de las sondas Rosetta y Philae han develado que en los cometas hay moléculas orgánicas esenciales para el origen de la vida. Las investigaciones han servido, por un lado, para saber más acerca del origen de los cometas, pero por otro lado refuerzan la teoría de que los 'ladrillos' básicos de la vida -los aminoácidos, los azúcares simples como la ribosa, las bases nitrogenadas, es decir, las moléculas orgánicas precursoras de proteínas, lípidos y ácidos nucleicos- se formaron en el polvo del disco protoplanetario del inicio del Sistema Solar, donde la radiación energiza los átomos para formar moléculas orgánicas simples y luego más complejas. ¿Quiere decir esto que los 'ladrillos' de la vida son tan viejos como el Sistema Solar, o incluso surgieron antes, en el polvo interestelar previo?

Algunas moléculas orgánicas podrían ser más antiguas que el propio sistema solar, porque se sintetizaron en la nebulosa en la que se formó el propio sistema solar, en esa nube interestelar primigenia. Cuando se empieza a condensar esa nube para formar un disco que va a dar lugar al Sol y a los planetas, ya existían algunas moléculas orgánicas complejas de interés prebiótico. Se sabe que ha habido una síntesis de esas moléculas anterior a la formación del sistema solar, pero luego también posterior al 'encendido' del Sol.

Esto se entiende bien estudiando los cometas. Cuando se forman los cometas ya existían algunos de esos 'ladrillos' básicos de la vida en el polvo y en el hielo del que proceden. Esto se sabe porque esas moléculas orgánicas se han encontrado en el núcleo del cometa, en sus capas más profundas,

las que comenzaron a ser el centro de agregación antes del comienzo del sistema solar. Los cometas se forman muy tempranamente, son de los cuerpos más primitivos que se conservan. Y otras de esas moléculas se formaron durante la formación del sistema solar y del propio cometa. Por tanto, tenemos moléculas orgánicas incorporadas al cometa del material preexistente -de la nebulosa que da origen al sistema solar-, y moléculas orgánicas que se incorporan después, del polvo del disco de acreción en torno al joven Sol, que sigue siendo bombardeado por la radiación del espacio y de la propia estrella.

¿Entonces los cometas -formados por la agregación de este polvo rico en materia orgánica- han seguido funcionando después como un crisol, como una gran probeta de moléculas orgánicas complejas?

Exactamente, eso es. Después de formarse, los cometas siguen evolucionando, y además de las moléculas incorporadas en su fase temprana, se le han ido incorporando otras moléculas orgánicas posteriormente procedentes de la nebulosa solar. Ahora tenemos una estrella y los planetas bien formados orbitando en torno a él, pero inicialmente había un Sol en

**Mensajeros del espacio:
Los cometas y
la misión Rosetta**

Dr. Guillermo Muñoz Caro
Centro de Astrobiología
CSIC-INTA

CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA
ASOCIADO AL NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE

CSIC **INTA**



formación y en torno a él un disco de acreción de gas y de polvo. Ese disco evolucionó, la gravedad hizo que el polvo se condensara, pegándose unas partículas con otras para formar planetas, pero también asteroides y cometas.

Ya se sabía que el agua de la Tierra viene fundamentalmente del bombardeo de cometas y meteoritos. ¿También los 'ladrillos' de la vida llegaron a la Tierra por el mediante este aporte?

Sí, esa es la idea. En el caso del agua -que aparentemente sería más fácil porque es una molécula más sencilla- resulta difícil decir que proporción del agua oceánica ha venido de fuera, bien sea de asteroides o bien de cometas, que son ricos en hielo. Ha habido una contribución importante, pero no podemos decir que porcentaje de agua ha venido del bombardeo de meteoritos y cuánta viene del propio material que se condensó para formar el planeta, agua que se quedó retenida en su interior y que luego se fue liberando. Ese porcentaje no lo podemos decir, pero es seguro que existió un aporte significativo de agua de fuera.

En cuanto a la materia orgánica, es aún más difícil saber cuánta ha sido la contribución de fuera, por el aporte de cometas y asteroides que se estrellaron contra la Tierra. Pero

La contribución orgánica de los cometas sigue ocurriendo

estamos seguros que la ha habido porque a día de hoy, ese aporte sigue existiendo. El ejemplo más claro son los meteoritos. Muchos de ellos son trozos de asteroide, pero hay expertos que afirman que algunos meteoritos podrían ser de origen cometario. Esos meteoritos siguen cayendo hoy a La Tierra, y un subgrupo de ellos, llamadas 'condritas carbonáceas' -ricas en carbono- contienen aminoácidos, azúcares y alguna base nucleica. En una proporción pequeña, en un 1% de su masa, pero ahí están esas moléculas precursoras de la vida. Sabemos que no son contaminación por el análisis isotópico que se les ha hecho a esos aminoácidos, se sabe que han venido del espacio.

En el pasado, en las primeras etapas de formación de la Tierra, esto pasó con muchísima más frecuencia que en el presente. Ahora los planetas siguen una órbita estable y han limpiado su órbita de asteroides, pero al principio de la formación del sistema solar y de los planetas, los cuerpos seguían trayectorias más caóticas. Al principio de la historia de la Tierra se produjo lo que se conoce como

'bombardeo masivo' de millones y millones de cometas y asteroides, que duró hasta hace 3.800 millones de años, fechas un poco más tarde de las que se calcula que pudo haber arrancado la vida (~4.000 m.a.). Esto tuvo que haber dado el aporte principal de moléculas orgánicas simples y complejas, precursoras de la vida, a nuestro planeta.

Para que la vida apareciera en La Tierra, seguramente primero tuvo que estar basada en el ARN -funcionando al mismo tiempo como material genético y como catalizador-, un ácido nucleico que se ha sugerido que podría haber estado protegido y asociado a vesículas membranosas de aminoácidos y otros péptidos cortos. ¿Es pensable que "la vida de ARN" pudiera haber empezado a desarrollarse de alguna manera en los cometas? ¿O para que este proceso se iniciara hace falta agua líquida, y por tanto tuvo necesariamente que empezar en la Tierra?

La mayoría de la gente piensa que el origen de la vida ocurrió ya en la Tierra. No tenemos ninguna evidencia científica de que en los

cometas haya, no digo ya ARN, sino tampoco moléculas tan sencillas como son los péptidos, pequeñas cadenas de aminoácidos. Hay moléculas orgánicas, pero mucho más sencillas: por ejemplo se ha observado Glicina, el aminoácido más simple, en el cometa Churyumov-Gerasimenko que ha estudiado Rosetta. O la misión Stardust de la NASA ha visto Glicina en otro cometa. Pero nada de moléculas más complejas, sería mucho especular que los procesos que dieron lugar al ARN o a la vida tuvieron lugar en un cometa.

Es mucho más razonable pensar, ya que las condiciones eran mucho más favorables, que esos procesos prebióticos ocurrieron en los océanos, en la Tierra. Como lo veo yo, sería más bien que el núcleo de un cometa -con una concentración alta de moléculas orgánicas- impacta contra el océano terrestre primitivo. Esas moléculas formaron una 'sopa' que puede reaccionar y dar lugar con el tiempo a moléculas más complejas. Esa sería una hipótesis de un escenario favorable para que se pudiera dar la química prebiótica.

Digamos que los cometas nos dieron los componentes moleculares y el agua, pero la vida comenzó en la Tierra...

Nadie lo sabe a ciencia cierta,

pero lo más probable es que fuera así. Lo que me has preguntado antes es la Teoría de la Panspermia, que postula que la vida ya formada vino de fuera de la Tierra. La mayoría de los científicos a día de hoy no creen en eso. Pero sí en la llamada "Panspermia molecular": la vida se formó en la Tierra, pero las moléculas precursoras, los 'ladrillos' prebióticos sí vinieron de fuera.

Es la "Panspermia molecular": los ladrillos de la vida vienen de fuera

Si las moléculas orgánicas prebióticas de los cometas surgieron en las nubes de polvo interestelar, y si jugaron como parece un importante papel en la aparición de la vida en la Tierra. ¿No podrían haber hecho lo mismo en muchos otros mundos de nuestra galaxia? ¿No eleva esto aún más la sospecha de que la vida debe ser un fenómeno abundante en el Cosmos?

Claro. Eso es lo que me parece a mí también, es evidente. Sabemos que hay cometas en la mayoría de los sistemas estelares. Se ha estudiado estrellas en formación en el vecindario solar y se ha visto que sus discos de acreción contienen cometas. Yo diría que el aporte de

moléculas orgánicas prebióticas de los cometas es bastante universal. Otro tema muy distinto es el debate acerca de la unicidad de la Tierra, si hay planetas parecidos al nuestro en otros sistemas solares. Hay científicos que creen que la Tierra es bastante única, y otros que sostienen lo contrario. Por el momento se deja como una pregunta abierta, porque es difícil encontrar exopla-

netas del tamaño terrestre.

Si me preguntas a título personal, yo creo que "debe estar pasando algo ahí fuera" aunque sólo sea por la probabilidad. Tenemos miles de millones de estrellas, muchas de las cuales se han demostrado que tienen planetas distribuidos a diferentes distancias, algunos rocosos y con condiciones para albergar vida. Y aunque no todas las estrellas tienen nubes de cometas, una fracción muy importante sabemos que sí porque se está observando. El caso más estudiado de cometas en otra estrella es el del sistema de Beta Pictoris (a 60 años luz), una estrella joven con un disco de acreción en el que se han observado evidencias de cometas.

