



# nature

International weekly journal of science

Gentileza de Tomas Gondesen

## BACTERIAS QUE COMEN ARSENICO PUEDEN DEFINIR LA QUIMICA DE LA VIDA

Posted: 02 Dec 2010 10:19 AM PST



Una extraña bacteria puede sobrevivir sin uno de los bloques básicos fundamentales de la biología.

Una bacteria encontrada en las aguas repletas de arsénico de un lago californiano, se espera que dé un vuelco a la comprensión científica de la bioquímica de los organismos vivos. Los microbios parecen ser capaces de reemplazar el

fósforo por el arsénico en algunos de sus procesos celulares básicos — lo que sugiere la posibilidad de una bioquímica muy diferente a la que conocemos, la cual podría ser usada por organismos en pasados y presentes entornos extremos de la Tierra, o incluso de otros planetas.

Los científicos han pensado desde hace mucho, que todos los seres vivos necesitaban del fósforo para funcionar, junto con otros elementos tales como hidrógeno, oxígeno, carbono, nitrógeno y azufre. El ion fosfato,  $\text{PO}_4^{3-}$ , desempeña varios papeles esenciales en las células: mantiene la estructura del ADN y el ARN, se combina con lípidos para crear las membranas celulares y transporta energía dentro de la célula a través de la molécula adenosín-trifosfato (ATP).

Pero Felisa Wolfe-Simon, geomicrobióloga y Becaria de Investigación de Astrobiología de la NASA, con sede en el US Geological Survey en Menlo Park, California, y sus colegas, informan on-line hoy en la revista *Science*<sup>1</sup> de que un miembro de la familia *Halomonadaceae* de proteobacterias puede usar el arsénico en lugar del fósforo. El hallazgo implica que “potencialmente puedes tachar el fósforo de la lista de elementos requeridos para la vida”, dice David Valentine, geomicrobiólogo de la Universidad de California en Santa Barbara.

Muchos escritores de ciencia-ficción han propuesto formas de vida que usan bloques básicos alternativos, a menudo el silicio en lugar del carbono, pero éste es el primer caso de un organismo real. El arsénico se coloca justo debajo del

fósforo en la tabla periódica, y los dos elementos pueden desempeñar un papel similar en las reacciones químicas. Por ejemplo, el ión arsenato,  $\text{AsO}_4^{3-}$ , tiene la misma estructura tetraédrica y lugares de enlace que el fosfato. Es tan similar que puede entrar en las células suplantando el mecanismo de transporte del fosfato, contribuyendo a la alta toxicidad del arsénico en la mayor parte de los organismos.

### Elemento sorprendente

Wolfe-Simon pensó que los paralelismos entre los dos elementos podrían indicar que, a pesar de su toxicidad, el arsénico era capaz de realizar el trabajo del fósforo en la célula. Su investigación para un organismo que no tolerase el arsénico pero que hiciese un uso biológico del mismo la llevó al Lago Mono, en el este de California. El lago, de 180 kilómetros cuadrados, tiene una concentración de arsénico extremadamente alta, debido a los minerales de dicho elemento que caen desde las montañas cercanas.

Wolfe-Simon y sus colegas recopilaron barro del lago y añadieron las muestras a un medio de sal artificial que carecía de fóstato pero que tenía una elevada tasa de arsenato. Realizaron entonces una serie de disoluciones que pretendían eliminar cualquier resto de fosfato que pudiese haber en la disolución y lo reemplazaron con arsenato. Encontraron que un tipo de microbio en dicha mezcla parecía crecer a un ritmo mayor que el resto.

Los investigadores aislaron el organismo y encontraron que cuando se cultivaban en una disolución de arsenato, crecían un 60% más rápido que en una solución de fosfato — no igual de bien, pero aún robustamente. El cultivo no creció en absoluto cuando se le privó tanto de arsenato como de fosfato.

Cuando los investigadores añadieron arsenato radio-marcado a la disolución para rastrear su distribución, encontraron que había arsénico presente en las proteínas de la bacteria, lípidos y metabolitos tales como ATP, glucosa, así como en los ácidos nucleicos que forman su ADN y ARN. La cantidad de arsenato detectado era similar a la que se esperaría en una célula normal para el fosfato, lo que sugiere que el compuesto estaba siendo usado de la misma forma por la célula.

El equipo usó dos técnicas distintas de espectrometría de masas para confirmar que el ADN de las bacterias contenían arsénico, lo que implica — aunque no demuestra directamente — que el elemento había asumido el papel del fosfato en mantener unida la columna vertebral del ADN. Un análisis con láseres similares a los rayos-X procedentes de un acelerador de partículas sincrotrón, indicaron que este arsénico toma la forma de arsenato, y crea enlaces con el carbono y el oxígeno de forma muy similar al fosfato.

“Nuestros datos sugieren sólidamente que el arsénico reemplaza al fósforo”, dice Wolfe-Simon, añadiendo que si los microbios, relativamente comunes, *Halomonadaceae* pueden hacerlo, otros probablemente puede hacerlo también. “Puede ser una indicación de otro mundo completamente nuevo que nadie ha visto”, señala.

## **Un mundo de posibilidades**

Mary Voytek, que dirige el programa de astrobiología de la NASA en Washington DC, está de acuerdo en que los resultados son convincentes. “Creo que, aisladamente, ninguna de sus medidas puede demostrar” que el arsenato está haciendo lo que habitualmente hace el fosfato, comenta, pero tomadas en conjunto, “diría, conservadoramente, que es muy difícil llegar a una explicación alternativa”.

Para ser realmente convincentes, no obstante, los investigadores deben demostrar la presencia de arsénico no sólo en las células microbianas, sino en las biomoléculas específicas dentro de ellas, comenta Barry Rosen, bioquímico de la Universidad Internacional de Florida en Miami. “Sería bueno que pudiesen demostrar que el arsénico del ADN está realmente en la columna vertebral”, comenta.

También señala que, la descripción aún carece de una comprensión sobre qué significa exactamente para la célula este cambio de arsénico-fósforo, comenta Rosen. “Lo que realmente necesitamos saber es qué moléculas de la célula tienen arsénico dentro de ellas, y dónde están activas y funcionales”, apunta.

Por ejemplo, si el fosfato del ATP se cambia por arsenato, ¿la reacción de transferencia de energía que alimenta a la célula sería igual de eficiente? En los procesos metabólicos en los que el arsenato se uniría a la glucosa, ¿los enlaces que forma – más débiles que los del fosfato – serían igual de efectivos? Y los grupos de fosfato se unen a las proteínas para modificar su funcionalidad, pero ¿funcionaría igual con el arsenato?

“Como químico, estoy obsesionado con los detalles”, dice Rosen. “Creo que estudios futuros tendrán que especificar realmente cómo hacen esto dichos organismos”.

Otros mantienen reservas aún más profundas. “Queda por establecer que esta bacteria use el arsenato como reemplazo para el fosfato en su ADN o en alguna otra biomolécula encontrada en la biología ‘estándar’ terrestre”, dice Steven Benner, quien estudia la química de los orígenes de la vida en la Fundación para la Evolución Molecular Aplicada en Gainesville, Florida.

El arsenato forma enlaces mucho más débiles en el agua que el fosfato, que se rompen en cuestión de minutos, comenta, y aunque podría haber otras moléculas que estabilicen esos enlaces, los investigadores tendrían que explicar esta discrepancia para que se mantenga la hipótesis. Aún así, el descubrimiento es “simplemente fenomenal” de mantenerse tras más análisis químicos, añade Benner. “Esto significa que hay muchísimas cosas mal en términos de cómo vemos las moléculas en el sistema biológico”.

Además de cuestionar la vieja suposición de que el fosfato es absolutamente requerido por la vida, la existencia de la bacteria “proporcionar una oportunidad para realmente analizar la función del fósforo en distintos sistemas biológicos”, comenta Valentine. Incluso puede haber una forma de usar estos microbios amantes del arsénico para combatir la contaminación por arsénico en el medio ambiente, añade.

Mientras tanto, Wolfe-Simon y sus colegas están de acuerdo en que hay mucho más por hacer. El primer paso es ver si estas bacterias u otras reemplazan el fosfato con arsénico de forma natural, sin que se vean forzadas a hacerlo en condiciones de laboratorio, dice. El grupo también tiene planes para secuenciar el genoma del microbio.

**“Tenemos 30 años de trabajo por delante para descubrir qué está pasando”, dice Wolfe-Simon.**

---

**Referencias:**

1. Wolfe-Simon, F. et al. *Science* doi:10.1126/science.1197258 (2010).

**Autor:** Alla Katsnelson

**Fecha Original:** 2 de diciembre de 2010

