

Madrid, miércoles 16 de abril de 2025

El reciclaje de fósforo marino, clave en la oxigenación de la Tierra hace 3.000 millones de años

- Un estudio internacional liderado por el CSIC desvela cómo se formaron los primeros oasis de oxígeno, esenciales para que el planeta se convirtiera en habitable
- El hallazgo puede cambiar la forma y los lugares en que se buscan señales de vida en otros planetas



Reconstrucción creada con IA generativa de un oasis de oxígeno arcaico./ CAB.

Los primeros oasis de oxígeno de la Tierra se formaron gracias al reciclado intensivo de fósforo marino hace casi 3.000 millones de años. Es lo que revela un estudio internacional liderado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), organismo adscrito al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. El trabajo, publicado en *Nature Geoscience*, reescribe la comprensión que se tenía de la Tierra primitiva y de la evolución de la vida. Los resultados también abren la puerta a cambiar la forma de buscar señales de vida en otros planetas.

Aunque la comunidad científica ya sabía de la existencia de estos oasis de oxígeno marino, que se formaron cientos de millones de años antes de que se oxigenase la atmósfera del planeta, la investigación liderada por la científica del CSIC en el Centro de Astrobiología (CAB-CSIC-INTA) **Fuencisla Cañadas** demuestra qué fue lo que permitió su formación. “Lo emocionante es que hemos identificado las condiciones geoquímicas que hicieron posibles estos entornos tempranos”, señala la investigadora “Marie Skłodowska-Curie” del CAB. “El reciclaje de fósforo fue el catalizador que permitió a la vida alterar significativamente su entorno”, añade.

El descubrimiento tiene también importantes implicaciones para la astrobiología. “Si pueden formarse zonas localizadas ricas en oxígeno en entornos globalmente anóxicos, es posible que debamos replantear cómo y dónde buscamos señales de vida en otros planetas”, explica Cañadas. “Este estudio sugiere que las biofirmas-pruebas pasadas o presentes de vida- pueden ser sutiles, localizadas y transitorias y deberíamos diseñar nuestras estrategias de exploración teniendo esto en cuenta.

Un testigo de 3.000 millones de años

El equipo internacional de investigación, con la participación de investigadores de España, Francia, Canadá y el Reino Unido, analizó un testigo de perforación de 2.930 millones de años procedente del área de Red Lake, en Ontario (Canadá). Este testigo proviene de la plataforma marina carbonatada más antigua conocida en la Tierra. Los sedimentos, depositados en un entorno marino abierto, conservan valiosas firmas geoquímicas del Eón Arcaico, una época en la que los océanos eran en gran medida anóxicos (sin oxígeno) y ferruginosos (ricos en hierro).

Los sedimentos también conservan estromatolitos: estructuras laminadas similares a rocas, formadas por microorganismos primitivos, principalmente cianobacterias, que atrapaban y consolidaban sedimentos con el tiempo. Estas estructuras representan algunas de las evidencias más antiguas de vida en nuestro planeta.

Utilizando técnicas avanzadas el equipo reconstruyó las condiciones de oxidación y la dinámica de nutrientes de este antiguo sistema marino. Sus resultados muestran que el fósforo, un nutriente generalmente escaso en los océanos primitivos, fue reciclado de forma intermitente desde los sedimentos hacia la columna de agua durante períodos de enriquecimiento en hierro y sulfuros.

Estos pulsos de nutrientes aportaron fósforo biodisponible, el combustible esencial para las primeras cianobacterias capaces de realizar fotosíntesis oxigénica. El consecuente aumento en el enterramiento de carbono orgánico contribuyó a acumulaciones temporales de oxígeno en aguas superficiales poco profundas, dando lugar a estos oasis.

Efímeros, pero cruciales

Aunque el oxígeno producido en estos oasis arcaicos no se acumuló en la atmósfera, el estudio ofrece una visión crucial de cómo la Tierra primitiva pasó lentamente de ser un planeta anóxico a uno capaz de sostener vida compleja. “Estos oasis representan una fase de transición fundamental”, expone Cañadas. “Fueron pequeños y efímeros, pero

desempeñaron un papel esencial en la configuración de los sistemas biogeoquímicos de la Tierra antes de la gran oxidación de la atmósfera, que ocurrió casi 500 millones de años después”, añade.

Esta investigación constituye la primera reconstrucción geoquímica detallada del reciclaje de nutrientes en uno de los oasis de oxígeno más antiguos conocidos, y destaca el poder de combinar sedimentología, biogeoquímica y modelización redox para resolver cuestiones fundamentales sobre los primeros entornos de la Tierra. “Hemos abierto una nueva ventana al océano arcaico”, destaca la investigadora. “Aún queda mucho por descubrir, pero este es un paso importante hacia la comprensión de cómo la vida temprana moldeó y fue moldeada por su entorno”, concluye.



Esta investigación ha sido financiada por las siguientes ayudas: Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA), contrato H2020-MSCA-IF-EF-ST/101022397; L'Agence Nationale de la Recherche (ANR), contrato ANR-21-CE49-0007-01; European Research Council Consolidator contrato nº 818602; Natural Science and Engineering Research Council of Canada Discovery Grant.

Cañadas, Fuencisla, et al. **Archean oxygen oases driven by pulses of enhanced phosphorus recycling in the ocean**. *Nature Geoscience*, 2025. DOI: [10.1038/s41561-025-01678-4](https://doi.org/10.1038/s41561-025-01678-4)

CSIC Comunicación

comunicacion@csic.es