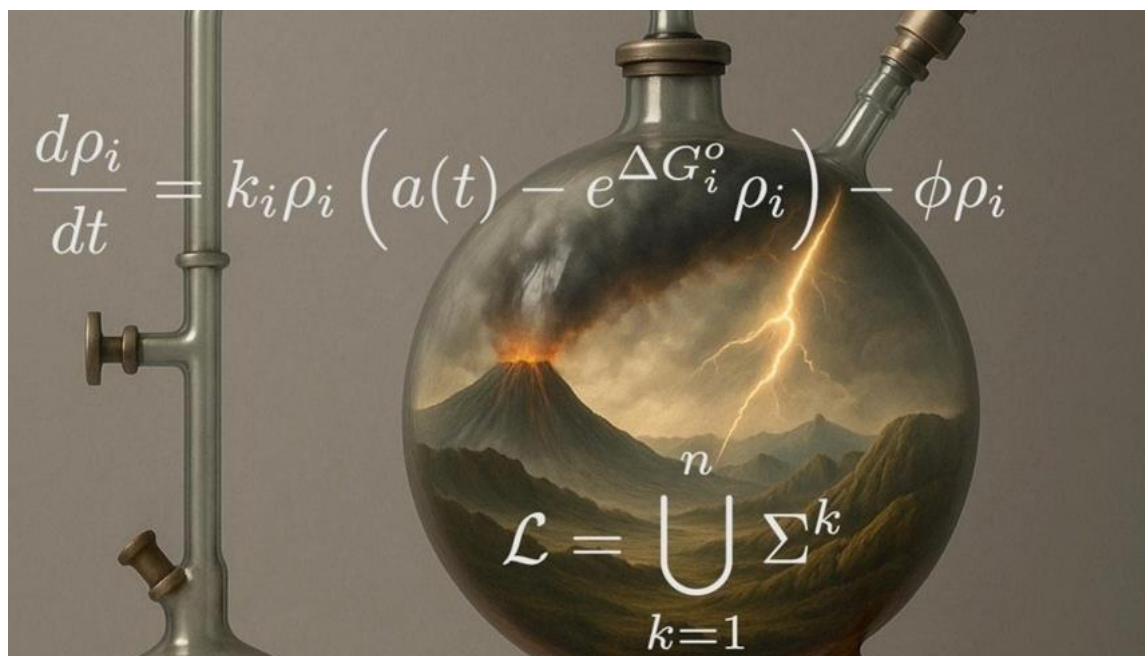


Valencia, jueves 2 de octubre de 2025

Un método basado en inteligencia artificial busca llenar el vacío entre el origen de la vida y el ancestro común universal

- Investigadores del I2SysBio (CSIC-UV) proponen aplicar técnicas metabólicas para rastrear la vida en la Tierra, desde su aparición hasta LUCA, el antepasado común de todos los seres vivos
- El trabajo plantea que el metabolismo generativo, que analiza las reacciones metabólicas que forman moléculas complejas en un organismo, se puede rebobinar hasta las reacciones que ocurrieron en la Tierra primitiva



LUCA, el antepasado común universal, apareció hace unos 4.200 millones de años. / iStock

Juli Peretó y **Pablo Carbonell**, investigadores del Instituto de Biología Integrativa de Sistemas (I2SysBio), centro mixto de la Universitat de València (UV) y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), aportan una estrategia para retroceder desde el último ancestro común universal (LUCA) hasta el origen de la vida. La investigación, publicada hoy en la revista *Philosophical Transactions*, de la Royal Society británica, emplea la estrategia del metabolismo generativo, una metodología de la biología

sintética que utiliza algoritmos de inteligencia artificial para extrapolar las capacidades metabólicas de LUCA hacia el pasado.

La genética tiene la capacidad de viajar en el tiempo a través del estudio y comparación de los genomas. Cuando más parecidos sean los genomas de dos especies, más reciente será su último ancestro común (LAC); y cuanto más diferente sean, más antiguo será su LAC. Con el paso de los años, cada vez existen más genomas secuenciados, lo que permitió configurar hace décadas el concepto de LUCA (*Last Universal Common Ancestor*), organismo que representa el antepasado de todos los seres vivos, desde las bacterias más pequeñas hasta los grandes mamíferos. Según las últimas investigaciones, LUCA apareció hace unos 4.200 millones de años, y dado que la Tierra se formó hace 4.600 millones de años aproximadamente, supone que el origen de la vida tuvo lugar en los 400 millones de años que se desarrollaron entre ambas fechas.

De hecho, uno de los problemas clásicos en el estudio de la evolución primitiva de la vida es determinar cómo se dio la transición de la química prebiótica (antes de la aparición de la vida), en un planeta muy diferente al actual, hacia los metabolismos más primitivos que llegaron a hacer posible la evolución de los primeros microorganismos. Hasta ahora, la combinación de los enfoques ascendentes (de la química hacia la biología) y descendentes (desde la diversidad metabólica actual hasta LUCA) no han podido salvar la brecha entre el mundo prebiótico y LUCA.

Sin embargo, los autores del estudio Pablo Carbonell, investigador científico del CSIC, y Juli Peretó, catedrático de Bioquímica y Biología Molecular de la UV, destacan que “se puede rastrear la evolución de las enzimas a través del árbol de la vida hacia LUCA y mapear los genes ancestrales que posiblemente tenía LUCA y sus correspondientes grupos de reacciones codificadas”.

Para recorrer el tiempo transcurrido entre el origen de la vida y LUCA, el estudio recurre al metabolismo generativo, un proceso que consiste en crear las estructuras complejas de un organismo a partir de moléculas precursoras más simples. En el caso de los organismos del pasado, en los que no contamos con fósiles para su estudio, este método actúa como un *detective molecular* que permite rastrear las formas de vida primitivas. “El metabolismo generativo cuenta con un éxito contrastado, patente en el ámbito de la biología sintética y la ingeniería metabólica”, remarca Carbonell. Por otro lado, “la novedad es que estas técnicas puedan ser aplicadas a uno de los grandes problemas pendientes de la evolución primitiva de la vida: cómo emergió el metabolismo complejo de LUCA”, añade Peretó.

Para ello, el nuevo trabajo argumenta que los modelos de metabolismo generativo, basados en un conjunto de reglas de reacción, abren una vía prometedora para explorar la evolución de las enzimas (proteínas que catalizan reacciones biológicas) dentro de un espacio metabólico extendido. Este entorno, en el que tienen lugar las reacciones metabólicas de un organismo, es decir, los procesos químicos que ocurren dentro de las células para mantener la vida, incluyen tanto las reacciones metabólicas que conocemos en la actualidad como las reacciones hipotéticas en unas condiciones ambientales determinadas. “Al comprender esta gama completa de reacciones posibles, podemos hacer hipótesis más detalladas sobre los orígenes de la vida”, destacan los investigadores.

Según los autores, las metodologías derivadas del metabolismo generativo permiten proponer que los grupos de las reacciones metabólicas que conocemos en la actualidad se pueden rebobinar hasta el conjunto de reacciones prebióticas que ocurrieron en la Tierra primitiva, asociadas a los inicios de la evolución biológica.

Carbonell P., Peretó J. **Before LUCA: unearthing the chemical roots of metabolism.** *Philosophical Transactions*. DOI 10.1098/rstb.2024.0292

CSIC Comunicación – Comunidad Valenciana

comunicacion@csic.es