

Sección: Cápsulas del tiempo

Del elefante a la bacteria del ácido butírico, todo es lo mismo

From the elephant to the butyric acid bacterium, it is all the same

Norma A. Valdez-Cruz
Mauricio A. Trujillo-Roldán*

Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Baja California, México.

**Autor para la correspondencia: maurotru@ens.cnyn.unam.mx*

RESUMEN

En 1926, los microbiólogos neerlandeses Albert Jan Kluyver y Cornelis Bernardus van Niel propusieron que todos los seres vivos comparten los mismos principios bioquímicos fundamentales. En un contexto en el que aún predominaba una visión jerárquica de la naturaleza, que colocaba a los animales “superiores” por encima de los microorganismos, su afirmación representó una ruptura conceptual profunda y mostró que el metabolismo, la energía y la biosíntesis siguen reglas universales. Un siglo después, esta unidad bioquímica sustenta la biología moderna y la biotecnología.

Palabras clave: Unidad bioquímica, metabolismo, biología molecular.

SUMMARY

In 1926, the Dutch microbiologists Albert Jan Kluyver and Cornelis Bernardus van Niel proposed that all living organisms share the same fundamental biochemical principles. At a time when a hierarchical view of nature still prevailed, one that placed “higher” animals above microorganisms, their statement represented a profound conceptual breakthrough, showing that metabolism, energy, and biosynthesis follow universal rules. A century later, this biochemical unity underpins modern biology and biotechnology.

Keywords: Biochemical unity, metabolism, molecular biology.

Hace cien años, en 1926, dos microbiólogos europeos escribieron una frase que, leída hoy, resulta sorprendentemente moderna:

“Del elefante a la bacteria del ácido butírico, todo es lo mismo.”

La frase apareció en un trabajo científico de Albert Jan Kluyver y Cornelis Bernardus van Niel y, aunque puede sonar exagerada o incluso provocadora, no pretendía escandalizar [1]. El objetivo de estos dos científicos era proponer que todos los seres vivos, sin importar su tamaño o complejidad, comparten los mismos fundamentos bioquímicos. Una frase tan famosa que fue reinventada en 1954 por el premio Nobel de Química Jacques Monod, quien, en una conferencia, señaló que “lo que es cierto para *Escherichia coli* es cierto también para el elefante” [2]. Con esta afirmación, Monod profundizaba en la idea de unidad molecular, sugiriendo que los mecanismos descubiertos en los microorganismos no son excepciones, sino manifestaciones universales de la química de la vida.

Para comprender lo importante que es ese comentario, conviene recordar cómo se concebía la biología a inicios del siglo XX. Las disciplinas científicas estaban claramente separadas; se creía que los animales y las plantas eran organismos complejos y superiores, y se estudiaban como tales, mientras que las bacterias eran vistas como formas de vida simples, casi primitivas, útiles para la industria de producción de ácidos orgánicos como el ácido acético, para productos alimenticios fermentados o para el estudio de enfermedades. Pensar que una bacteria pudiera enseñar algo relevante sobre una jirafa, una orca o un elefante parecía, en el mejor de los casos, una exageración académica.

Kluyver y van Niel propusieron una mirada distinta. En lugar de centrarse en cómo se veían los organismos (su morfología), pusieron la atención en lo que ocurría en sus células. Allí, aseguraron con total certeza que la vida si-

gue leyes universales. La obtención de energía, la transformación de los nutrientes para crecer y la síntesis de biomoléculas que mantienen la vida misma obedecían a las mismas leyes bioquímicas, ya se tratara de un mamífero de varias toneladas, una hormiga o una bacteria microscópica.

La referencia a la bacteria productora de ácido butírico no era casual. Estos microorganismos realizan fermentaciones que, aunque sencillas en apariencia, implican una compleja red de reacciones bioquímicas. Lo esencial es que esas reacciones están gobernadas por los mismos principios termodinámicos y bioquímicos que rigen la respiración celular en animales. Cambian los caminos, cambian los productos finales, pero no las reglas del juego. Lo que cambiaba no era el fundamento, sino la escala y el contexto.

En el corazón de esa universalidad se encuentra el metabolismo, ese conjunto de reacciones que canalizan el flujo de materia y energía. La oxidación de compuestos orgánicos, por ejemplo, no es un privilegio de los animales: las bacterias también extraen electrones de sus nutrientes y los transfieren a aceptores finales, lo que termina en ATP (adenosin trifosfato), una molécula que funciona como la “moneda energética” de la célula: al romper uno de sus enlaces fosfato libera energía utilizable para impulsar procesos como la síntesis de proteínas, el movimiento celular o el transporte de sustancias a través de membranas. Sin ATP, las células no podrían realizar trabajo biológico.

Las rutas centrales del metabolismo se comparten entre bacterias y animales superiores, desde una jirafa o un elefante hasta los seres humanos. Un ejemplo claro es la glucólisis, una secuencia de reacciones mediante la cual una molécula de azúcar, como la glucosa, se transforma en compuestos más simples, liberando energía. Este proceso ocurre tanto en bacterias como en células humanas, lo

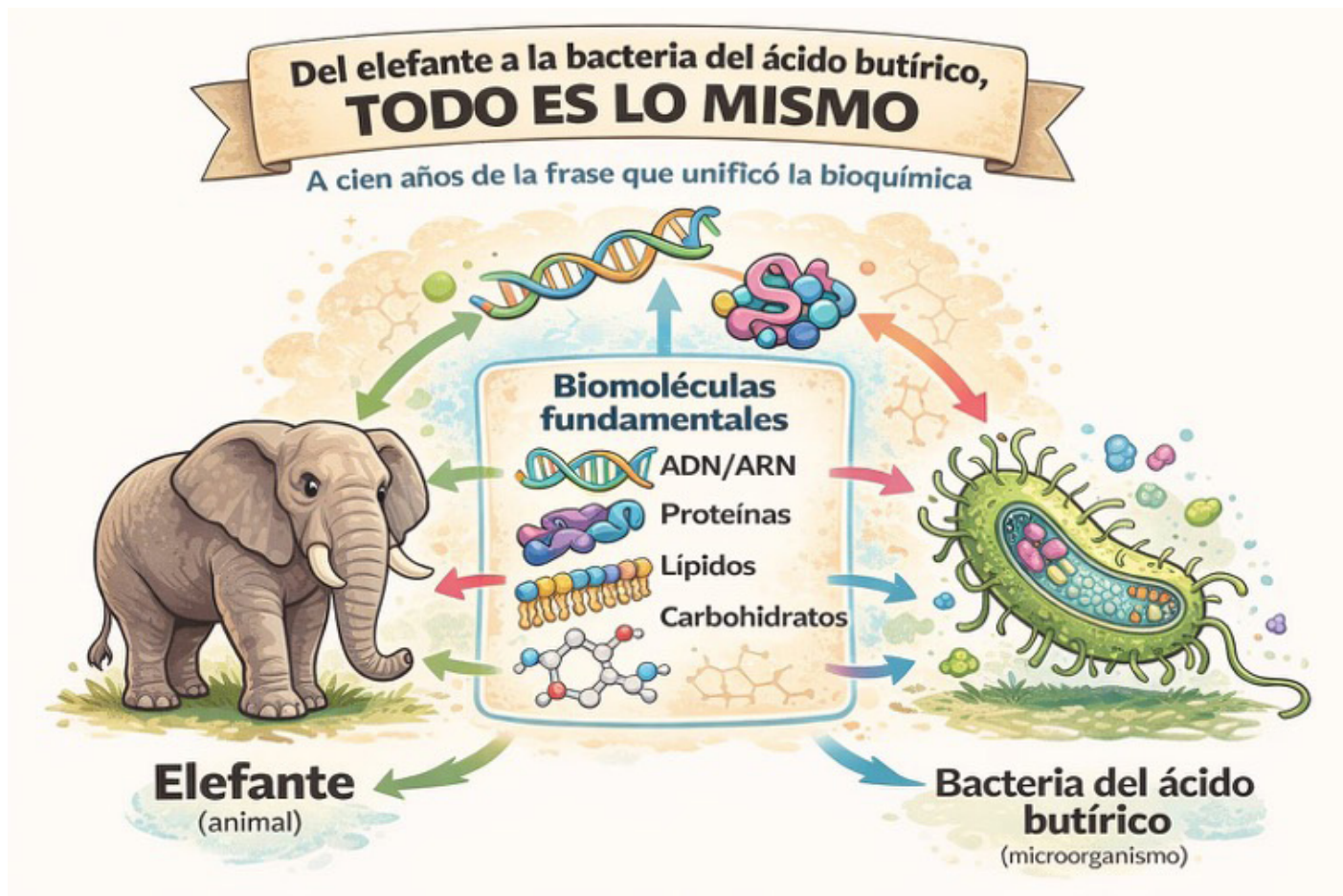


Figura 1. Ilustración original generada mediante inteligencia artificial con fines de divulgación científica.

que ilustra cómo una misma lógica química se mantiene a lo largo de la evolución.

Incluso la diversidad metabólica microbiana, que parece ser una objeción a la regla, como la capacidad de utilizar sulfuro, amonio, hierro o compuestos de un solo carbono como fuentes de energía, no contradice esa unidad: la amplía. Cambia únicamente los donadores y aceptores de electrones, varían algunas cosas, pero el marco termodinámico es el mismo.

Si se cambia la forma de ver, lo que hicieron estos dos investigadores por primera vez fue pensar fuera de la caja; pasaron de ver la forma hacia la bioquímica. Bajo la piel, la quitina o la pared celular, se observa la misma lógica molecular. Del elefante a la bacteria del ácido butírico, todo es, en esencia, lo mismo: son variaciones sobre el mismo repertorio químico

que la evolución ha venido afinando desde hace milenios.

Un siglo después, esta visión sigue siendo central en la enseñanza de la biología, la bioquímica y la ingeniería bioquímica. La biotecnología moderna se apoya directamente en esa idea: una célula microbiana puede producir proteínas humanas, metabolizar compuestos complejos o imitar funciones celulares de organismos muy distintos. Cada vez que una bacteria expresa un gen humano y sintetiza una proteína funcional, se confirma experimentalmente la unidad bioquímica propuesta en 1926. No somos tan diferentes como a veces imaginamos. Durante gran parte del siglo XX, la insulina utilizada para tratar la diabetes mellitus en humanos no se producía en laboratorios mediante ingeniería genética en bacterias

o levaduras, sino que se extraía directamente del páncreas de animales como el cerdo.

Para el estudiante de licenciatura, el mensaje es tan claro como poderoso. Comprender una bacteria no es un ejercicio menor ni una etapa previa “antes de lo importante”. Es, en muchos casos, la forma más directa de comprender lo que sostiene toda la vida, pues las mismas reacciones fundamentales que mantienen viva a una bacteria también operan en un elefante.

Agradecimientos

Los autores agradecen al comité editorial de la revista iBIO por la lectura, revisión y acompañamiento editorial del presente manuscrito.

Referencias

[1] Kluver, A. J., & Donker, H. J. L. (1926). *Die Einheit in der Biochemie. Chemie der Zelle und Gewebe*, 13, 134–190.

[2] Friedmann, H. C. (2004). From “*butyribacterium*” to “*E. coli*”: an essay on unity in biochemistry. *Perspectives in Biology and Medicine*, 47(1):47-66. <https://doi.org/10.1353/pbm.2004.0007>

[3] Schada von Borzyskowski, L., Bernhardsgrütter, I., & Erb, T. J. (2020). Biochemical unity revisited: Microbial central carbon metabolism holds new discoveries, multi-tasking pathways, and redundancies with a reason. *Biological Chemistry*, 401(12), 1429–1441. <https://doi.org/10.1515/hsz-2020-0214>

[4] Jüttner, M., & Ferreira-Cerca, S. (2022). A comparative perspective on ribosome biogenesis: Unity and diversity across the tree of life. *Methods in Molecular Biology*, 2533, 3–22. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2501-9_1