



ARTÍCULO DE OPINIÓN

BACTERIA DEL LAGO MONO PROPONE PARADIGMAS ADICIONALES A LA BIOLOGÍA MODERNA

Alvaro Mauricio Flórez. M.Sc. Ph.D. Director del Laboratorio de Biología Molecular y Biotecnología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Santander, UDES, Bucaramanga, Campus Universitario, Lagos del Cacique, Bloque Arahuaco 201, amflores@udes.edu.co

Jairo Quijano. Ph.D. Profesor Titular, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Calle 59A No. 63-20. Medellín, Colombia, Edificio 19A-208, jquijano@unal.edu.co.

Sergio Orduz. M.Sc. Ph.D. Profesor Asociado, Escuela de Biociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Calle 59A No. 63-20. Medellín, Colombia, Edificio 11-113-1, sorduzp@unal.edu.co

Los primeros fósiles bacterianos que datan de hace 3.000 millones de años aún mantienen una semejanza similar en su morfología y apariencia física con las cianobacterias existentes hoy día (McArthur 2006); no obstante, para la biología evolutiva esto no ocurre a nivel bioquímico pues la multiplicidad de vías y mecanismos en este campo explica la variedad genética y adaptativa de los microorganismos. Este es el caso de la capacidad de ciertas bacterias para metabolizar compuestos tóxicos, en donde la modificación y diversificación ha llevado a crear nuevas formas de vida, adaptando mecanismos de selección natural y con ello, mutaciones selectivas en su genoma. El intercambio génico como una manera que la información sea transmitida a toda su descendencia garantiza que se mantengan los patrones de selección propios del hábitat en donde se encuentran (McArthur 2006).

La vida que conocemos depende de 6 elementos mayores (C, H, N, O, S y P) y otros elementos que están presentes en menor proporción y que cumplen funciones celulares muy importantes como transporte de Oxígeno y cofactores de enzimas. No obstante, se sabe de varios casos en los que algunos de estos elementos menores son sustituidos por otros, incluyendo el Cu por el Fe para el transporte de oxígeno en moluscos y artrópodos.

Recientemente se ha reportado que una bacteria de la familia Halomonadacea denominada GFAJ-1, aislada del Lago Mono al oeste de California, es capaz de soportar pH alcalinos y condiciones hipersalinas, no solo tiene la capacidad de crecer en arsénico (Wolfe-Simon et al. 2011), tal como lo hacen otras bacterias que han elaborado procesos bioquímicos para metabolizar elementos tóxicos (Silver et al. 1989), sino que también ha evolucionado hasta desarrollar un sistema bioquímico funcional que le permite usar el arsénico en forma de arseniato (AsO_4^{3-}) y sustituir el fósforo (PO_4^{3-}), incorporando AsO_4^{3-} en el metabolismo de las biomoléculas relevantes para su sobrevivencia como lípidos, ADN y proteínas.

Con el descubrimiento de la bacteria GFAJ-1 se demuestra algo nunca antes descrito, en donde la evolución decide entre dos elementos químicamente semejantes, siendo la forma oxidada del arsénico (la forma tóxica para los seres vivos), utilizada selectivamente como un elemento análogo para reemplazar el fósforo en las biomoléculas. La bacteria GFAJ-1 cuando está en presencia de arsénico no solo metaboliza la forma oxidada sino que desarrolla la capaci-

dad de formar vacuolas ricas en poli-hidroxibutirato, su genoma tiene 23 veces menos fósforo e igualmente puede estar presente en metabolitos de pequeño peso molecular como NADH y ATP entre otros, y en una menor proporción en el ARN (Wolfe-Simon et al. 2011).

Con la información hasta hoy conocida se puede decir que el genoma de la bacteria GFAJ-1 puede además de estar conformado por enlaces polianiónicos arsenodiéster asemejando los enlaces fosfodiéster descritos por Waston y Crick (1953), ser funcional y estable. Las condiciones que convierten a esta bacteria en un organismo especial radican principalmente en su estabilidad bioquímica, la cual depende de una reducción de agua en su ambiente intracelular, disminuyendo la susceptibilidad a la hidrólisis, y con ello, aumentando la estabilidad de las biomoléculas (Fekry et al. 2011). Al ser el arsénico un elemento análogo al fósforo, pues está debajo de éste en la tabla periódica (grupo VA), tiene similar radio iónico, idéntica electronegatividad y su forma más común en sistemas biológicos es fosfato (PO_4^{3-}) y arseniato (AsO_4^{3-}), lo que hace a este último bastante tóxico, pues son indistinguibles en procesos metabólicos. No obstante lo anterior, existe una marcada diferencia en la reactividad de las moléculas cuando se incorpora el arseniato en lugar de fosfato. Las fuerzas de enlace P-O y As-O no son diferentes (143 y 115 Kcal/mol respectivamente), lo que confiere cierta inestabilidad termodinámica a los compuestos de AsO_4^{3-} , pero la poca reactividad de éstos probablemente se debe a la escasa afinidad de las fosfatasas en su sitio activo para los enlaces As-O. Esta bacteria ha evolucionado hasta tener un ambiente intracelular

en equilibrio en un potencial de óxido-reducción que no representa un serio problema para las funciones celulares (Fekry et al., 2011) y especialmente ha evolucionado hasta obtener condiciones propias del ambiente donde se desarrolla manteniendo la función vital del ADN. El descubrimiento de la bacteria GFAJ-1 abre una caja de pandora sobre la existencia de formas microbiana que han evolucionado desarrollando ambientes intracelulares impensables para la vida como la conocemos hoy, una constante que solo a la evolución le corresponde decidir y que para los científicos sigue siendo relativamente incierta. Ahora son más las preguntas que respuestas sobre ésta nueva forma de vida.

Bibliografía

Fekry M.I., Tipton P.A. y K.S. Gates. 2011. Kinetic consequences of replacing the internucleotide phosphorous atoms in DNA with arsenic. *ACS Chemical Biology*. 6: 127-130.

McArthur J.V. 2006. *Microbial Ecology, An evolutionary approach*, Academic Press, Elsevier, San Diego, USA. Pg 13-15.

Silver S., Nucifora G., Chu L. y T.K. Misra. 1989. Bacterial resistance ATPases: primary pumps for exporting cations and anions. *Trends in Biochemical Science*. 14: 76-80.

Watson J.D. y F.H.C. Crick. 1953. Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*. 171: 737-738.

Wolfe-Simon F., Switzer Blum J., Kulp T.R., Gordon G.W., Hoelt S.E., Pett-Ridge

J., Stolz J.F., Webb S.M., Weber P.K., Davies P.C.W., Anbar A.D. y R.S. Oremland. 2010. A bacterium that can grow by using arsenic instead of phosphorus. *Science Express*. Published online, 2 December 2010 [DOI:10.1126/science.1197258].

