

SEBBM DIVULGACIÓN

ACÉRCATE A NUESTROS CIENTÍFICOS



Simbiogénesis y bricolaje metabólico

Juli Peretó

Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universidad de Valencia

Biografía

Juli Peretó se doctoró en Química por la Universitat de València y realizó estudios postdoctorales en la Universidad de Pennsylvania. Profesor Titular de Bioquímica y Biología Molecular, investigó en bioquímica vegetal y, tras un paréntesis dedicado a la gestión universitaria, desplegó todo su interés sobre la evolución metabólica en el Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva al que se incorporó en 2003. Actualmente trata de enseñar metabolismo a futuros biotecnólogos y cree que un día tendremos una explicación más que razonable de cómo la geoquímica dio paso a la bioquímica en la Tierra primitiva. De siempre ha pensado que la divulgación de la ciencia le ayuda a saldar su deuda con la sociedad: ha organizado más de 60 ciclos de debates y conferencias e impartido más de 150 charlas de temática científica para el público general, profesorado o estudiantes desde educación primaria hasta la universidad.

Resumen

Las asociaciones simbióticas entre microorganismos originaron los primeros eucariotas pero luego, durante su evolución, ha habido muchas más fusiones de ramas del árbol de la vida. Así, las bacterias endosimbiontes y las microbiotas intestinales modelan el metabolismo de los insectos. Todos los eucariotas son verdaderos mosaicos metabólicos.

Summary

Symbiotic associations between microorganisms originated the first eukaryotes but then, during its evolution, there have been many mergers of branches of the tree of life. For instance, bacterial endosymbionts and intestinal microbiota sculpt insect metabolism. All eukaryotes are true metabolic mosaics.

<http://www.sebbm.es/>

HEMEROTECA: http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos_10/acercate-a-nuestros-cientificos_107

Las simbiosis ancestrales originaron nuevos estilos de vida después de la fusión de redes metabólicas de organismos de vida libre. Mitocondrias y cloroplastos comparten ancestros directos con las bacterias y el nucleocitoplasma eucariótico probablemente deriva de una arquea. Pero, además, en el transcurso de la evolución eucariótica ocurrieron muchas más simbiosis. Uno de los casos mejor estudiados son las asociaciones mutualistas entre insectos y bacterias endosimbiontes instaladas dentro de células especializadas. El hecho de que estas bacterias no sean cultivables limita mucho su estudio, pero gracias a las técnicas “ómicas” y la modelización metabólica nos podemos acercar a sus funciones [1].

¿Qué es una cucaracha? Comprender la fisiología de un animal como la cucaracha requiere tener en cuenta que el individuo es el resultado de la interacción de la expresión de sus genomas nuclear y mitocondrial, más la expresión del genoma de una población de bacterias endosimbiontes ubicadas en su cuerpo graso, más las actividades de una rica y diversa microbiota intestinal. La secuenciación de diversos genomas de la bacteria simbionte intracelular *Blattabacterium cuenoti*, ha permitido entender mejor el metabolismo del nitrógeno de las cucarachas [2]. A diferencia de la mayoría de los insectos, las cucarachas no excretan el exceso de nitrógeno en forma de ácido úrico. Más bien lo depositan en células especializadas de su cuerpo graso (uricocitos), adyacentes a las células de reserva de lípidos y glucógeno (trofocitos) y a las que contienen las bacterias endosimbiontes (bacteriocitos). Estudios clásicos de fisiología mostraron que las cucarachas movilizan el ácido úrico durante los periodos de escasez de proteína mientras que reponen los depósitos de nitrógeno cuando ingieren suficiente proteína, excretando el nitrógeno sobrante en forma de amoníaco (sic). Esto supone una notable excepción a las reglas que hace ochenta años estableció Joseph Needham en sus estudios de bioquímica comparada y que aprendemos en los manuales: nadie esperaría que un insecto fuese amoniotético en lugar de uricotético [3].

¿Cómo convertir un producto de desecho como el ácido úrico en una reserva metabólicamente útil? La respuesta está en la simbiosis. El genoma del animal es insuficiente para instruir una ruta metabólica completa desde el ácido úrico hasta la glutamina, puerta de entrada del nitrógeno en el metabolismo. Sin embargo, con la ayuda de una ureasa del endosimbionte bacteriano la transformación es posible [4]. En periodos de ayuno proteico, el insecto

activa en los uricocitos una ruta uricolítica que transforma ácido úrico en urea. La urea es hidrolizada a amoníaco y CO₂ por la ureasa de *Blattabacterium*. Pero el endosimbionte no puede sintetizar glutamina por lo que el amoníaco debe ser sustrato de la glutamina sintasa del insecto. Este mosaico metabólico entre insecto y bacteria obra el prodigio metabólico. Y el amoníaco que rebosa del sistema es el que observaron los fisiólogos [5].

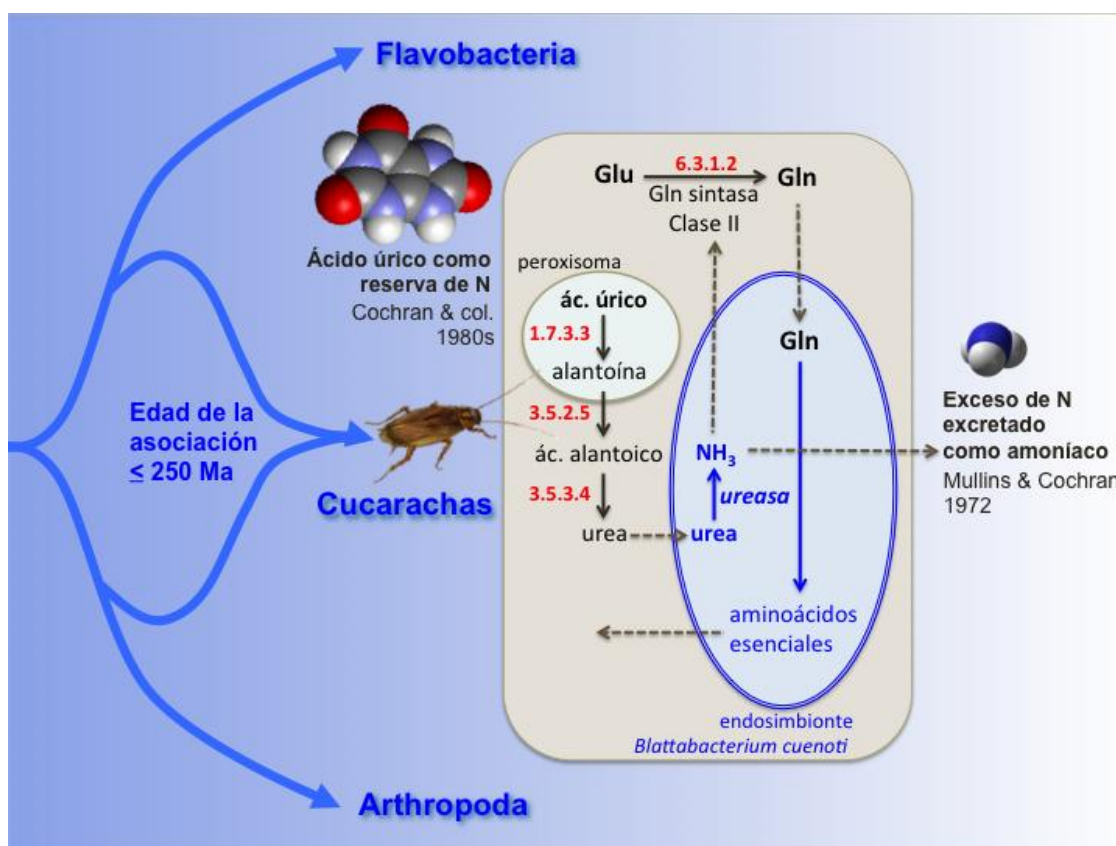
¿Es ésta la única solución que ha encontrado la evolución para dotar a un insecto de un depósito de nitrógeno asequible? Las termitas son un grupo derivado de las cucarachas pero todas, excepto *Mastothermes darwiniensis*, perdieron las poblaciones intracelulares de *Blattabacterium*. En este caso se sabe que el metabolismo del ácido úrico se delegó en la microbiota intestinal que además contiene las herramientas enzimáticas para hacer posible el estilo de vida xilófago característico de estos insectos [2]. La simbiosis fue, otra vez, fuente de innovación metabólica en animales.

La aparición de insectos con metabolismos peculiares como resultado de la asociación con bacterias ilustra principios evolutivos básicos. En primer lugar, la evolución por simbiosis no encaja en el esquema sugerido por Charles Darwin de un árbol de la vida en el que los linajes emergen por divergencia. Sin embargo, hoy tenemos muchos ejemplos de evolución por fusión de ramas evolutivas, algo que sin duda hubiese fascinado al mismo Darwin. No solo sabemos que la simbiosis fue el mecanismo básico del origen de la complejidad eucariótica sino que hemos de reconocer su fuerza innovadora durante la diversificación de los eucariotas. Por otro lado, en su monografía sobre las orquídeas, inspirado por la maravillosa coevolución de flores e insectos polinizadores, el naturalista inglés propuso que la evolución opera muchas veces construyendo mecanismos nuevos con

artilugios viejos. A escala molecular, François Jacob evocó el bricolaje como una metáfora del proceder de la evolución: reciclar estructuras moleculares previas para ejecutar funciones nuevas [6]. La capacidad de las cucarachas de guardar nitrógeno en forma de ácido úrico para cuando éste escasea solo se puede comprender a la luz de la evolución por simbiosis y de la emergencia de chapuzas metabólicas útiles y asombrosas. Teniendo en cuenta que en nuestro intestino hay del orden de 150 veces más genes bacterianos que los que contiene un genoma humano [7], ¿cuántas sorpresas aguardan tras el estudio bioquímico de la microbiota intestinal y la complementación con las capacidades metabólicas codificadas por nuestro genoma?

Referencias

[1] Moya A, Peretó J (2011) *Simbiosis: seres que evolucionan juntos*. Madrid: Ed. Síntesis.
 [2] Patiño-Navarrete R, Moya A, Latorre A, Peretó J (2013) Comparative genomics of *Blattabacterium cuenoti*: the frozen legacy of an ancient endosymbiont genome. *Genome Biol. Evol.* **5**, 351-361.
 [3] Cochran D (1985) Nitrogen excretion in cockroaches. *Annu. Rev. Entomol.* **30**, 29-49.
 [4] López-Sánchez M, Neef A, Peretó J, Patiño-Navarrete R, Pignatelli M, Latorre A, Moya A (2009) Evolutionary convergence and nitrogen metabolism in *Blattabacterium* strain Bge, primary endosymbiont of the cockroach *Blattella germanica*. *PLoS Genet.* **5**, e1000721.
 [5] González-Domenech CM, Belda E, Patiño-Navarrete R, Peretó J, Moya A, Latorre A (2012) Metabolic stasis in an ancient symbiosis: genome-scale metabolic networks from two *Blattabacterium cuenoti* strains, primary endosymbionts of cockroaches. *BMC Microbiol.* **12**, S5.
 [6] Peretó J (2011) Origin and evolution of metabolisms. En: *Origins and evolution of life. An astrobiological perspective*. Gargaud M, López-García P, Martin H, eds. Cambridge: Cambridge University Press, cap. 18, p. 270-288.
 [7] Quin J *et al.* (2010) A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing. *Nature* **464**, 59-65.



Pie de figura. Mosaico metabólico entre el insecto y su endosimbionte.