

¿Tienen sexo las bacterias? Y si es así ¿de qué se trata?

Beatriz S. Méndez

Departamento de Química Biológica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. IQUIBICEN. CONICET. Buenos Aires. Argentina

bea@qb.fcen.uba.ar

Las bacterias se reproducen por división binaria, por la cual una célula llamada parental replica su genoma y se divide en dos células hijas que poseen la misma dotación genética que la célula original.

Sin embargo, en 1953 dos publicaciones en el Journal of General Microbiology [1,2] marcaron un hito en los estudios genéticos. Por primera vez se mencionó al sexo en referencia a bacterias. En dichos trabajos se demostraba la existencia de un factor responsable de la fertilidad cuya transmisión requería contacto celular. Los artículos provenían de laboratorios interesados en promover, por su simplicidad y velocidad de crecimiento, el uso de microorganismos como herramientas muy útiles en investigaciones genéticas, dado lo cual se debía demostrar que tenían todos los atributos requeridos para ello, entre ellos el sexo. Fue así que *Escherichia coli*, especie en la cual se hacían los experimentos, devino el organismo modelo para una gran variedad de investigaciones.

Básicamente el fenómeno descrito es el que llamamos conjugación, mediante el cual una célula dadora transmite su DNA a una célula receptora en la cual se produce una recombinación que dará lugar a la progenie recombinante resultado de la selección adecuada. La información para la transferencia está codificada en unidades de replicación independientes llamadas plásmidos. Existen otros mecanismos de transferencia de material genético en bacterias como la transducción mediada por bacteriófagos y la transformación, en la cual la célula receptora incorpora DNA desnudo, que culminan asimismo con la recombinación del material entrante con el cromosoma de la célula receptora

Estos movimientos de DNA entre células ¿pueden ser llamados sexo? ¿O son un sustituto de sexo en procariontas?

Algunas resistencias aparecieron temprano. Cavalli-Sforza da cuenta de ello en un artículo aparecido en Genetics [3] en el que señala que en una ocasión tuvo que hacer una demostración “*in vivo*” de los experimentos de conjugación bacteriana. Asimismo el lenguaje que se usaba en un principio como células hembras y células macho fue reemplazado luego, como se dijo

anteriormente, por células dadoras y receptoras, dado que el limitado bagaje bioquímico bacteriano no justificaba nombres tan ampulosos. Críticas enjundiosas fueron más allá de la prolijidad en la nomenclatura y en los experimentos. Por ejemplo, que las bacterias no se dividen en hembras y machos con los respectivos órganos adecuados, que tampoco se produce una fusión celular como la que se da entre espermatozoides y óvulos y además, en algunos casos, ni siquiera se requiere contacto celular y en otros el contacto es forzado por condiciones externas.

En especial algunas de las críticas están referidas a los mecanismos de transferencia de DNA desnudo. Por ejemplo la transformación requiere que las células que lo reciben estén en estado de competencia, el cual se caracteriza por alteraciones en la membrana generalmente en respuesta a condiciones de hambre, falta de hidratos de carbono o de nucleótidos, o de otro tipo de estrés. Surge entonces que la incorporación de DNA por las bacterias competentes tiene como fin proveerse de nutrientes más que de mejorar el *fitness* de la especie mediante la actividad sexual [4]. Sin embargo es muy probable que DNA total o parcialmente homólogo se encuentre también en el nicho ecológico donde están presentes las bacterias competentes y que la recombinación dé origen a alelos benéficos.

En la transducción los bacteriófagos introducen su propio DNA en la bacteria y en algunos casos lo integran al cromosoma bacteriano. Durante los procesos de multiplicación dentro de la célula pueden llevar parte del genoma de su hospedadora y transmitirlo a otra bacteria que infecten. Esta promiscuidad ha sido puesta de manifiesto a medida que se hacía pública la secuencia de numerosos genomas bacterianos. En ellos se pueden detectar profagos (fagos integrados en el cromosoma), fragmentos de genomas de fagos, y DNA de otras bacterias que habían sido transferidos mediante transducción, entre ellos genes de patogenicidad.

Una vez explicado todo esto, queda claro que en bacterias el sexo es la herencia de DNA de cualquier fuente excluyendo la cepa parental o progenitora [5]

El DNA que ingresa en una célula bacteriana por cualquiera de los métodos descritos puede ser homólogo al de la receptora, y entonces tendrá lugar una combinación entre alelos. Asimismo, las bacterias pueden incorporar mediante transferencia lateral DNA de cualquier origen, que se integrará a su genoma mediante mecanismos de recombinación homóloga o específica de sitio. Algunas secuencias integradas reciben el nombre de islas genómicas y son segmentos discretos que se supone que tienen o tuvieron capacidad de movilidad. Pueden llevar información para patogenicidad, resistencia a antibióticos, simbiosis, actividades metabólicas y hasta una combinación de todas estas funciones. Si se considera el caso de *E. coli*, primera especie en la que se demostró la presencia de factores sexuales y que es un comensal normal en intestinos de animales, incluido el nuestro, la adquisición de islas genómicas ha dado lugar a la aparición de cepas altamente patógenas causantes de mortalidad. El análisis de los genomas de dos de esas cepas y su

comparación con la cepa de referencia no patógena utilizada en investigación científica arrojó que si bien los genes esenciales heredados verticalmente por división son altamente homólogos, sólo conducen al 39,2% de proteínas compartidas por las tres cepas [6]. Es decir que de un tronco común se han derivado, por transferencia lateral, cepas que han preferido el laboratorio y otras que han florecido con cierta malignidad en el aparato urinario o el líquido cerebroespinal humanos.

Pero no todo nos perjudica. La transferencia lateral ha sido fundamental para la supervivencia bacteriana y la consecuente remediación en sitios contaminados con metales, elementos radioactivos o xenobióticos. Un ejemplo reciente lo provee la secuenciación del genoma de una bacteria antártica degradadora de petróleo perteneciente al género *Oleispira*. Su análisis permitió detectar eventos de transferencia lateral masivos. Entre ellos se identificaron osmoprotectores, sideróforos, caminos metabólicos para proveerse de nutrientes escasos y distintas proteínas de adaptación al frío [7]. Es evidente que la información obtenida facilitará los tratamientos de eliminación de derrames de petróleo en climas fríos. En este número de Química Viva se podrán apreciar varios trabajos sobre los problemas que acarrea la contaminación ambiental, de la forma de remediarla y de las nuevas estrategias que esta era postgenómica nos ofrece para enfrentar un problema creciente a nivel mundial.

En conclusión, aparte de las consideraciones sobre la actitud que tienen las bacterias en cuanto al sexo, es evidente que su estrategia de tomar cualquier material genético que eventualmente se pueda conservar las ha provisto de ventajas adaptativas y de la posibilidad de colonizar diversos nichos y, como siempre, ya que viven con nosotros, de hacernos conocer sus logros.

Referencias

1. **Cavalli LL, Lederberg J, Lederberg EM** (1953) An infective factor controlling sex compatibility in *Bacterium coli* *Journal of General Microbiology* 8: 89-108
2. **Hayes, W** (1953) Observations on a transmissible agent determining sexual differentiation in *Bacterium coli* *Journal of General Microbiology* 8: 72-88
3. **Cavalli-Sforza LL** (1992) Forty years ago in genetics: the unorthodox mating behavior of bacteria *Genetics* 132: 635-637
4. **Chang Mell J, Redfield RJ** (2014) Natural competence and the evolution of DNA uptake specificity *Journal of Bacteriology* 196: 1471-1483
5. **Ochman H** (2012) Sexual difficulties in *Microbes and Evolution. The world that Darwin never saw*. Edited by R. Kolter and S. Maloy. ASM Press, Washington DC. doi: 10.1128/97815558470.ch22
6. **Welch RA et al** (2002) Extensive mosaic structure revealed by the complete genome sequence of the uropathogenic *Escherichia coli* *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 17020-17024

7. **Kube M et al** (2013) Genome sequence and functional genomic analysis of the oil degrading bacterium *Oleispira Antarctica* *Nature Communications* 4: 2156

La autora es directora de Química Viva, profesora consulta e investigadora de CONICET



ISSN 1666-7948

www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Revista **QuímicaViva**

Número 1, año 14, Abril 2015

quimicaviva@qb.fcen.uba.ar