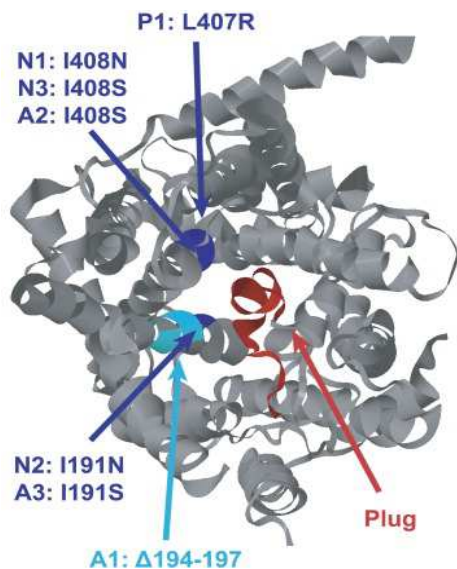


## DIVULGACIÓN EVOLUCIONISTA



\*Imagen tomada de Michener *et al.* 2014b

## Adaptación a la presencia de genes exógenos

Un comentario a dos trabajos recientes de Michener *et al.* 2014a,b

Comentado por Luis Boto

Dept. Biodiversidad y Biología Evolutiva,  
Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC  
E-mail: mcnb119@mncn.csic.es

La transferencia de material genético entre organismos ha sido conocida y explotada desde los primeros días de la Biología Molecular (Arber 2014) contribuyendo ampliamente al desarrollo de esta disciplina así como a la implementación de la Biotecnología. Sin embargo, inicialmente fue considerada como una mera curiosidad desde el punto de vista evolutivo hasta que Syvanen (1985) sugirió su posible papel como mecanismo de adquisición de nuevos rasgos y su posible introducción en el pensamiento evolutivo.

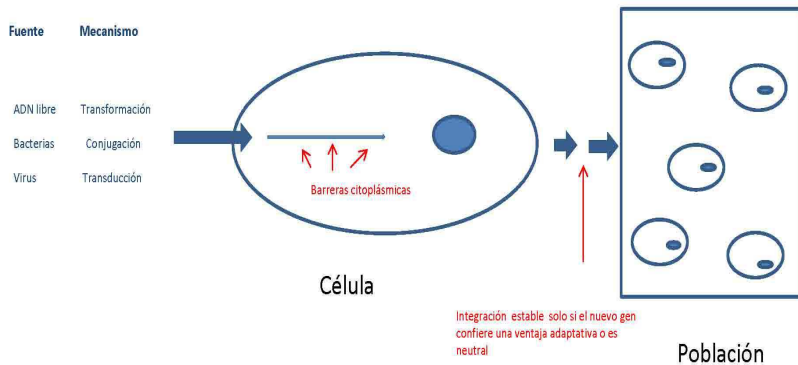
Desde entonces, numerosos estudios han contribuido a situar la transferencia génica horizontal (o lateral), o transferencia de material genético entre diferentes organismos y su exitosa incorporación estable al acervo genético de los receptores, entre las herramientas con las que trabaja la evolución.

Hoy parece claro que la transferencia génica horizontal, ha contribuido ampliamente a la modulación de los genomas procarióticos y por tanto a la evolución de bacterias y arqueas (Boto 2010, Syvanen 2012) y cada vez aparecen más evidencias de su papel en la adquisición de nuevos rasgos por parte de los eucariotas, principalmente en eucariotas unicelulares (Andersson 2009), pero también en plantas, hongos o metazoos (Boto 2014, Gao *et al.* 2014, Gladieux *et al.* 2014, Schoenknecht *et al.* 2014).

Del mismo modo, un ingente número de trabajos tratan de desentrañar los mecanismos que llevan a un material genético extraño a incorporarse exitosamente en nuevos entornos genómicos.

Hoy se conoce que la transferencia e incorporación estable de material genético a nuevos huéspedes es un largo proceso (Thomas y Nielsen 2005, Baltrus 2013) que requiere la movilización del ADN del donador, bien por liberación al medio extracelular bien por su integración en vectores como plásmidos, virus o bacteriófagos, su penetración en la célula receptora, la superación de barreras citoplásmicas como las que suponen los mecanismos de restricción/modificación bacterianos entre otros, la incorporación al genoma receptor a través de mecanismos de recombinación homóloga o heteróloga, la correcta expresión de los genes incorporados (en el caso de secuencias codificantes) en un entorno hostil desde el punto de vista de la transcripción, traducción y estabilidad de los productos génicos, y finalmente, su preservación a través de diferentes generaciones solo en el caso de que el material adquirido suponga una ventaja evolutiva o cuanto menos sea neutral para el receptor (ver Fig. 1). En el caso de los eucariotas con reproducción sexual, la separación de una línea germinal de la línea somática constituye una barrera adicional a la transmisión intergeneracional del posible material adquirido.

La mayoría de estudios que han conducido a establecer este escenario, que ayuda a entender como la transferencia génica horizontal actúa, han tenido en cuenta simplemente como el material transferido es capaz de remontar una serie de barreras hasta incorporarse establemente en el receptor.



**Fig. 1.** Representación esquemática del viaje de una pieza de ADN hasta su incorporación exitosa en una población receptora en procarionotes. En eucariotas, la presencia de una membrana nuclear y de una línea germinal en algunos metazoos suponen barreras adicionales a la incorporación e integración de ADN exógeno (adaptado de Boto 2015).

Sin embargo, dos interesantes y elegantes trabajos (Michener *et al.* 2014a, b) han incidido recientemente en las modificaciones del receptor tras la adquisición de material genético exógeno que contribuyen a refinar su genoma antes de explotar con éxito las posibles ventajas derivadas de la adquisición de un nuevo gen.

Utilizando una aproximación de evolución *in vitro* Michener y colaboradores han conseguido identificar mutaciones en el genoma de diferentes especies y cepas de *Methylobacterium* asociadas a un aumento de fitness en presencia de Diclorometano tras la introducción de un gen *dcmA*, codificante para una dehalogenasa que facilita el catabolismo de este compuesto, que parece adquirirse por transferencia horizontal en algunas cepas naturales de *M. extorquens*.

Aunque la introducción del gen se traduce inicialmente en un menor crecimiento de los transconjugantes, tras 150 generaciones de evolución *in vitro* en presencia de diclorometano aparecen cepas con un mayor fitness que las cepas originales. La secuenciación de los genomas de éstas cepas de mayor fitness permite identificar mutaciones en cuatro genes, alguno de los cuales está asociado con el flujo de cloro al medio extracelular, lo que sugiere que este refinamiento del genoma del receptor contribuye a la explotación de las ventajas que supone la adquisición de un gen que permite la degradación del diclorometano presente en el medio.

Adicionalmente, estos estudios encuentran que en cepas naturales de *M. extorquens* que han adquirido el gen *dcmA* existen mutaciones en el promotor de uno de los genes identificados (diferentes a las encontradas tras la evolución *in vitro*) que hace que

se exprese mejor que el correspondiente de cepas sin el *dcmA*, lo que apoya la posible implicación de estos genes mutados en la adaptación del receptor a la presencia de genes exógenos.

Lo que estos estudios ponen de relieve es que no solo el material genético adquirido por transferencia horizontal debe superar múltiples barreras antes de incorporarse a un nuevo entorno genético, sino que el entorno genético del receptor es capaz de evolucionar para adaptarse a la presencia de nuevo material genético.

## REFERENCIAS

- Andersson, J.O. 2009. Gene transfer and diversification of microbial eukaryotes. *Annu. Rev. Microbiol.* 63: 177-193.
- Arber, W. 2014. Horizontal gene transfer among bacteria and its role in biological evolution. *Life* 4: 217-224.
- Baltrus, D.A. 2013. Exploring the costs of horizontal gene transfer. *Trends Ecol. Evol.* 28: 489-495.
- Boto, L. 2010. Horizontal gene transfer in evolution: facts and challenges. *Proc. R. Soc. B* 277: 819-827.
- Boto, L. 2014. Horizontal gene transfer in the acquisition of novel traits by metazoans. *Proc. R. Soc. B* 281: 20132450.
- Boto, L. 2015. Evolutionary change and phylogenetic relationships in light of horizontal gene transfer. *J. Biosci.* 40: 465-472.
- Gao, C., Ren, X., Mason, A.S., Liu, H., Xiao, M., Li, J. y Fu, D. 2014. Horizontal gene transfer in plants. *Funct. Integr. Genomics* 14: 23-29.
- Gladieux, P., Ropars, J., Badouin, H., Branca, A., Aguilera, G., De Vienne, D.M., Rodriguez de la Vega, R.C., Branco, S. *et al.* 2014. Fungal evolutionary genomics provides insight into the mechanisms of adaptive divergence in eukaryotes. *Mol. Ecol.* 23: 753-773.
- Michener, J.K., Vuilleumier, S., Bringel, F. y Marx, C. J. 2014a. Phylogeny poorly predicts the utility of a challenging horizontally transferred gene in *Methylobacterium* strains. *J. Bacteriol.* 196: 2101-2107.
- Michener, J.K., Camargo Neves, A. A., Vuilleumier, S., Bringel, F. y Marx, C. J. 2014b. Effective use of a horizontally-transferred pathway for Dichloromethane catabolism requires post-transfer refinement. *eLife* 3: e04279.
- Schoenknecht, G., Weber, A.P.M. y Lercher, M.J. 2014. Horizontal gene acquisitions by eukaryotes as drivers of adaptive evolution. *Bioessays* 36: 9-20.
- Syvanen, M. 1985. Cross-species gene-transfer. Implications for a new theory of evolution. *J. Theor. Biol.* 112: 333-343.
- Syvanen, M. 2012. Evolutionary implications of horizontal gene transfer. *Annu. Rev. Genet.* 46: 341-358.
- Thomas, C.M. y Nielsen, K.M. 2005. Mechanisms of, and barriers to, horizontal gene transfer between bacteria. *Nat. Rev. Microbiol.* 3: 711-721.