

## Los seres vivos y la transferencia de genes

Comité de Biotecnología de la Academia Mexicana de Ciencias  
Francisco G. Bolívar Zapata (Coordinador)  
Instituto de Biotecnología, UNAM  
Campus Morelos  
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C.

La teoría de la evolución de Charles Darwin señala que todos los seres vivos provenimos de un mismo precursor común (ver figura 1). Esta propuesta ha sido fortalecida y consolidada con muchas evidencias científicas a lo largo de los años, entre ellas la que aporta el haber podido leer el conjunto de genes (genoma) nos define a los humanos así como el que define a una gran diversidad de organismos, incluidos virus, bacterias, hongos, plantas y animales. Entre muchas conclusiones, ha quedado claro que todos los seres vivos compartimos material genético, incluidos muchos genes, tantos ahora podemos afirmar que el genoma de la raza humana es similar en 98 % al del chimpancé, 90 % al del ratón, 40 % al de la mosca, 30 % al de algunas plantas y 20 % al de la levadura. También ha quedado claro que dentro de nuestro genoma se encuentran genes de origen bacteriano, y que incluso algunos de los organelos que funcionan dentro de nuestras células, como las mitocondrias, parecen haber sido alguna vez microorganismos de vida independiente.

Son ya tantas y tan contundentes las evidencias que sustentan la teoría de la evolución de las especies que para muchos investigadores que se dedican a la divulgación de la ciencia, entre ellos Richard Dawkins (autor del famoso libro "el gen egoísta"), ya no debería de hablarse de la "teoría de la evolución", pues se trata de un hecho ampliamente demostrado, tanto como el que la Tierra es redonda y gira alrededor del Sol, o que las plantas fijan la energía de los rayos del Sol y llevan a cabo la fotosíntesis. Además, conforme a la teoría de la selección natural y a otras evidencias de asociación entre organismos (como la endosimbiosis), hoy podemos entender la evolución como un proceso de evolución adaptativa, que tiene como resultado generar organismos mejor capacitados para sobrevivir en su medio ambiente. Desde el punto de vista químico, con excepción de algunos virus cuyo material genético está constituido de ácido ribonucleico o ARN, el material genético de los seres vivos está constituido por ácido deoxirribonucleico o ADN (ver figura 2), que como hemos señalado tiene la misma estruc-



**Figura 1. Evolución de las especies. La evidencia señala que todos los seres vivos derivan de un precursor biológico común.**

tura general en todos los seres vivos, sean éstos tan simples como una bacteria (organismos procariones que no tienen núcleo) o tan complejos como las plantas, los animales o los humanos (organismos eucariotes), que tienen un núcleo en sus células donde reside el ADN agrupado en estructuras que conocemos como cromosomas.

La estructura universal del ADN hace posible que bajo ciertas circunstancias se transfieran genes de manera natural de un organismo a otro, y que estos genes se establezcan y se incorporen al material genético que lo recibe, a través de un proceso conocido como transferencia horizontal. Otra forma en que esta transferencia se lleva a cabo, es por ejemplo cuando una célula microbiana, vegetal, humana o animal, es infectada por un virus. Así, mediante transferencia horizontal o infección viral, existe material genético de

una especie que es incorporado, y utilizado como propio por otra especie. Esto de hecho es un fenómeno que ocurre diariamente en la naturaleza en todas las especies de los seres vivos, siendo los virus los principales responsables de este fenómeno.

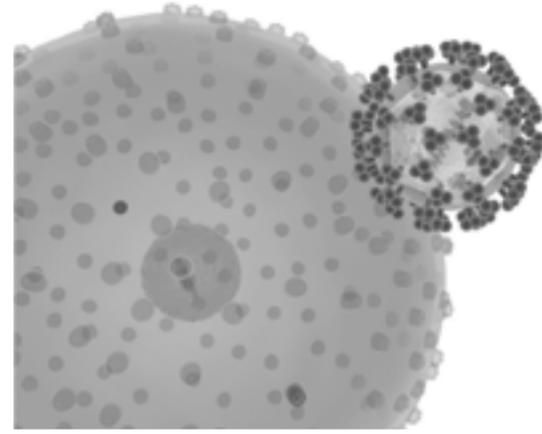
Cuando un virus infecta a una célula, el material genético que contiene se incorpora al interior de la célula que infecta mediante transferencia horizontal del ADN viral a la célula infectada. Una vez inyectado este material genético viral, ajeno a la célula infectada (figura 3), pueden ocurrir diversos eventos dependiendo del tipo de virus del que se trate. La más común es que el material genético viral se apodere de la maquinaria de la célula infectada (su genoma) y le transferirá información que conviene al virus para reproducirse innumerables veces dentro de ella, es decir, copiando su genoma y armando nuevas estructuras o partículas virales, es decir nuevos virus. Posteriormente, la célula es destruida para permitir la expulsión de múltiples copias del virus recién formadas, todo bajo control del genoma viral. Las partículas liberadas se dirigirán a infectar nuevas células dentro del organismo infectado o fuera de él. Un ejemplo de esta estrategia de "invasión genómica" la tenemos en el virus de la influenza (ver figura 4), que tiene ARN como material genético, y que se ha demostrado que es capaz de infectar al menos a tres huéspedes: a los humanos (como el ya conocido A H1N1), a los porcinos y a las aves (gripe aviaria).

Recordemos las medidas de seguridad que básicamente pretendían evitar que los virus reproducidos en las células de los infectados, pasaran a otra persona mediante el saludo de mano, un beso o un estornudo.

Este fenómeno de zoonosis (enfermedades que ocurren en diferentes animales) pareciera ocurrir mucho más frecuentemente de lo que imaginamos y podemos detectar, dada la infinidad de virus existentes y su capacidad para infectar diferentes organismos, de hecho, la única forma en la que pueden replicarse. Además, un



**Figura 2. Estructura bidimensional de la doble hélice del ADN. El material genético tiene la misma estructura general en todos los seres vivos y también en los virus.**



**Figura 3. Esquema de un retrovirus infectando a una célula.**

animal puede ser infectado simultáneamente por diversos virus de varios orígenes. Este tipo de fenómeno incrementa la frecuencia de nuevos arreglos y recombinaciones del organismo infectado con el material genético de los virus, como ocurre con el virus de la influenza.

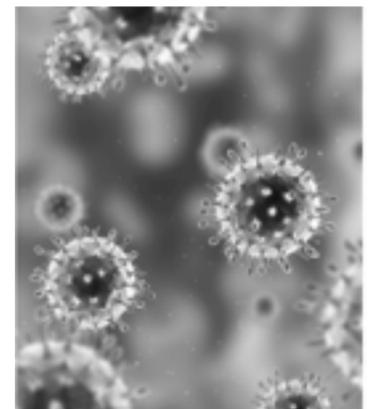
Otro tipo de virus, en este caso con capacidad de infectar a las bacterias, son los llamados transductantes. Se trata de virus con capacidad de generar al mismo tiempo, nuevos virus y partículas llamadas "pseudovirales", que incluyen ADN de la bacteria infectada, en vez de material genético del propio virus. Así, mediante estas partículas que son funcionales ya que pueden infectar a otras bacterias, se transfiere horizontalmente material genético bacteriano transferido por las pseudopartículas virales de una bacteria a otra.

Existen también virus, tanto en las bacterias como en células de animales y plantas, que son capaces de integrar su genoma como parte del material genético de la célula infectada. En el caso de las bacterias, a este tipo de virus se les conoce como *lisogénicos* y pueden incorporar su ADN en diferentes sitios (o locus) del cromosoma bacteriano. En el caso de los organismos *eucariotes* como plantas y animales, existen virus llamados retrovirus, como el del VIH, causante del SIDA, cuyo genoma está constituido por ARN y que es capaz, después de infectar a la célula receptora, de copiar (transcribir) su genoma primeramente de ARN a ADN —mediante un proceso conocido como de "transcripción reversa"— y posteriormente de integrar una copia de su genoma de ADN en diferentes sitios de los cromosomas de las células *eucariotes* infectadas, mediante un proceso de "recombinación genética". En conclusión, se trata de dos ejemplos, tanto en bacterias (*procariones*) como en células de animales y plantas (*eucariotes*) de virus (*lisogénicos* y *retrovirales*), que tienen la capacidad de reorganizar y modificar el genoma de las células infectadas. Finalmente, existen evidencias recientes que indican que hay otro tipo de virus, tales como los bornavirus y los ebolavirus, que pudieran estar

también capacitados para modificar el genoma de las células de los animales a los que infectan.

De esta forma, en la naturaleza los seres vivos ven modificado y reorganizado su genoma cuando sus células son infectadas por virus. Cada día se acumula más evidencia que indica que este fenómeno de transferencia horizontal por infección viral ha jugado un papel importante —conjuntamente con otros mecanismos como describiremos en artículos posteriores— en la evolución de las especies y en la estructuración y reorganización de los genomas. Esto deriva del hecho de que el ADN, tanto el que llega a la célula por la infección viral, como el de la célula infectada, tienen la misma estructura química. Por ello, las células pueden recombinar y reorganizar su propio ADN con el genoma de origen viral y con el de cualquier otro origen, via partículas virales.

**RECONOCIMIENTO:** Este artículo forma parte de una serie que está basada en el libro "Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados (2011)", elaborado por el Comité de Biotecnología de la AMC, integrado por: F. Bolívar (coordinador), C. Arias, E. Arriaga, H. Barrera, M. de la Torre, J. Espinosa, E. Galindo, A. Gálvez, A. Gracia, L. Herrera-Estrella, A. Larqué, A. López-Munguía, A. Noyola, O. Paredes, T. Ramírez, S. Revah, J. Soberón, X. Soberón, I. Torres, J. Uribe y G. Viniestra. Las instituciones a las que pertenecen y el texto completo pueden consultarse en: [www.amc.mx](http://www.amc.mx). El lector interesado puede consultar los artículos previos de esta serie en: [www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)



**Figura 4. Virus de la influenza.**