

Autonomia Situada
(independent research center)

<http://sindominio.net/autonomiasituada>

El microcosmos inventó el código abierto

Lluís Guiu



Documento con licencia Creative Commons

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/deed.ca>

01

Introducción

1. Introducción

Este artículo trata sobre redes de intercambio de información entre organismos vivos, desde una perspectiva evolutiva. Nuestra atención no se dirigirá a los humanos u otros mamíferos, sino que abordaremos un singular viaje al microcosmos, buceando en el mundo de lo infinitamente pequeño. En esta travesía descubriremos como el compartir información libremente permitió a los primeros seres vivos una creatividad genética gracias a la cual quizás nosotros hoy estamos aquí. Pero antes deberíamos preguntarnos aunque sea brevemente que entendemos por “compartir información”. Cuando comparto música a través de una red peer to peer y alguien la escucha, estoy compartiendo información. Cuando disemino este texto y alguien lo lee, también. No obstante, hay un sentido más primigenio del término “información”, y es el de información genética(2), los genes. Cuando un organismo vivo hace una copia de sí mismo, la nueva copia trae consigo unas instrucciones que le ayudarán a crecer y tomar su propia identidad. Como sabemos, los genes son esas instrucciones. Si nos adentramos en como los organismos vivos han intercambiado genes, podemos explorar los orígenes del “compartir información” a través de una perspectiva muy diferente a la que acostumbramos.

Me imagino que mientras lees este texto estás respirando oxígeno. A no ser, claro, que quisieras acometer un nada recomendable record guinnes de lectura rápida aguantando sin respirar, a ver cuantas páginas consigues leer con la boca cerrada y los dedos tapando la nariz. Necesitamos respirar. Pero ello no sería posible si hace miles de millones de años, las bacterias no hubiesen inventando esa nanotecnología denominada respiración del oxígeno.

Es difícil para mucha gente pensar en las bacterias en términos positivos. Gracias a biólogos como Lynn Margulis, ahora sabemos que las bacterias esconden muchas sorpresas(1). Las bacterias en su evolución desarrollaron una diversidad de tecnologías a escala microscópica que han resultado piedras angulares de todos los organismos vivos. Las bacterias inventaron entre otras, la fotosíntesis, la ingeniería genética, la fijación del nitrógeno, la primera forma de hacer luz -bioluminiscencia- y la primera red de comunicaciones a escala planetaria. Nuestras células proceden de la simbiosis de bacterias.

(1) Margulis, L. y D. Sagan. *Microcosmos*, Allen & Unwin, Londres, 1987. Margulis et al. *Effects of the Origin and Evolution of Life on Planet Earth*, MIT Press , 1992.

(2) Barandiaran X. y Guiu Ll., *Metabolismo, comunicación y evolución en redes bacterianas y tecnológicas*. v.0.5, <http://www.sindominio.net/~xabier/textos/autobact/autobact.pdf>

Características como redes genéticas open-source

Para mí uno de los descubrimientos más insólitos es saber que los humanos no somos los creadores de la primera internet del mundo. Margulis y otros autores(2) nos hablan de las comunidades bacterianas como una red de intercambio genético a escala planetaria que ha persistido durante miles de millones de años. Las bacterias crearon la primera red de comunicación que interconectó la biota entera, una red que ha persistido hasta nuestros días. Ingentes flujos de información genética circulan a lo largo y ancho de este ciberespacio microcósmico, donde las bacterias intercambian genes con el mismo frenesí con que nosotros compartimos música por internet. No se trata de una simple analogía con nuestras redes informáticas, estamos hablando de redes de comunicaciones reales que permiten que un nuevo gen que confiere una ventaja evolutiva a una bacteria, puede ser transmitido a otras que están en las antípodas del planeta. Veamos de que formas las bacterias comparten su información genética, como son los protocolos de comunicaciones de sus redes:

- Conjugación

La conjugación bacteriana es el proceso de transferencia de información genética desde una bacteria donadora a otra receptora, promovido por determinados tipos de plásmidos. En este proceso, se crea una especie de especie de tubo que conecta a las dos bacterias, a través del cual la donante transfiere una copia de su ADN, sustituyendo parte del ADN de la receptora.

- Transducción

En este caso la transmisión de código genético de una bacteria a otra, se produce de forma indirecta a través de un intermediario, usualmente virus bacteriófagos que inyectan código genético en las bacterias receptoras. El ADN vírico se integra en el ADN bacteriano, y se expresará dependiendo de la naturaleza del virus. De alguna forma las bacterias consiguen convertir al enemigo más temible, los virus, en agentes útiles de transporte de sus redes.

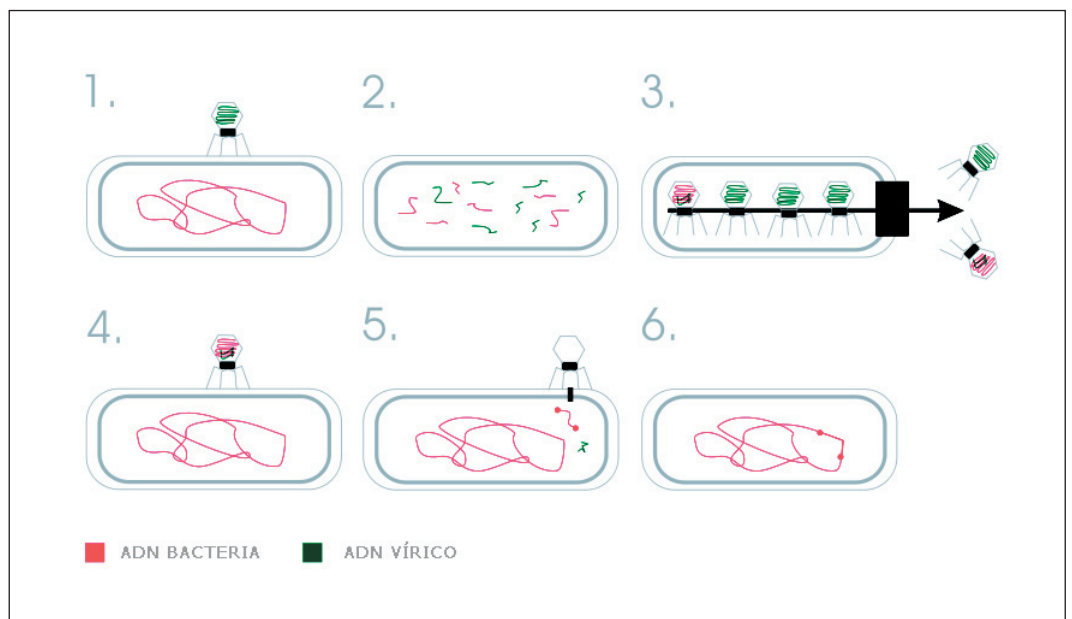
- Transformación

El ADN de una bacteria muerta no se pierde, sino que puede ser recuperado. En la transformación, el ADN que ha sido liberado en el entorno por bacterias muertas, es captado e integrado en el ADN de una bacteria receptora.

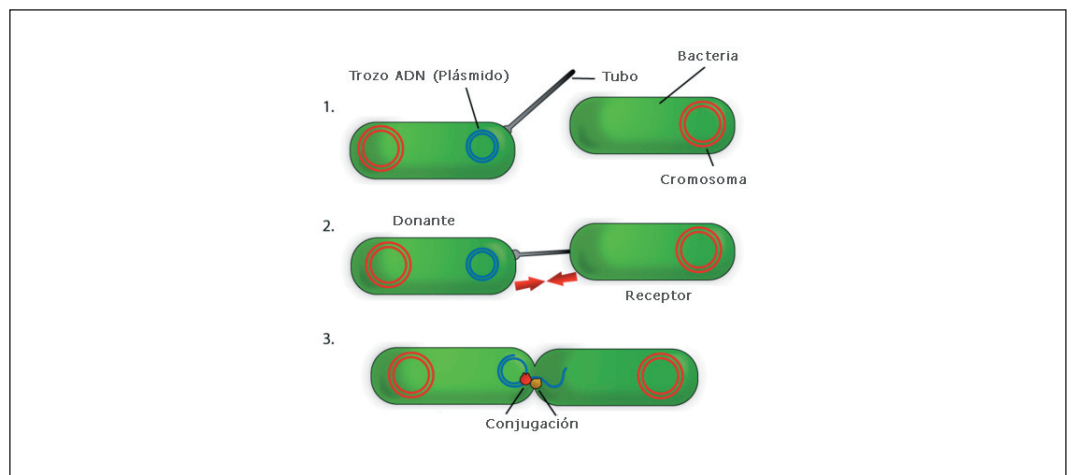
(2) Margulis, L. y D. Sagan. "Microcosmos", Allen & Unwin, Londres, 1987. Sonea S, Panisset M.. A New Bacteriology, 1983.

Características con a redes genéticas open-source

TRANSDUCCIÓN

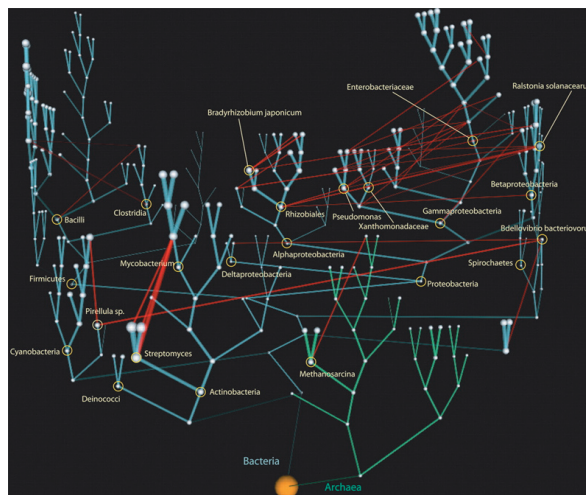


CONJUGACIÓN



Características como redes genéticas open-source

Si observamos como en las comunidades de bacterias se transmite y desarrolla código genético, y establecemos comparaciones en la manera como en las comunidades de software libre se transmite y desarrolla código fuente, una nueva visión emerge: las redes bacterianas son redes de desarrollo genético de código abierto. Las bacterias inventaron el open-source.



INTERNET GENÉTICA

Comparando 184 microorganismos diferentes, los investigadores del European Bioinformatics Institute han delineado un mapa de los intercambios horizontales de información genética que se han producido a escala global en las bacterias. El objetivo es reconstruir la Internet genética del microcosmos, sus propiedades como red.

Fijémonos en que el intercambio genético no es vertical de padres a hijos, sino que es una transmisión horizontal de bacteria a bacteria, donde las bacterias pueden utilizar el ADN inmediatamente después de recibirlo, sin esperar a tener descendencia. Disponen de la autonomía para reprogramarse a sí mismas gracias al hecho de recibir el código fuente genético y *recompilarse* (ver nota final) -expresar los genes- en base al nuevo código recibido, de la misma forma que en el software libre se basa en la libertad de poder acceder y modificar el código fuente. Esta capacidad de reprogramación y recompilación convierte al microcosmos en una realidad paralela radicalmente diferente a como los humanos transmiten y expresan el código genético de su cuerpo. Es como si en una fiesta, en una súbita transferencia del gen que regula el color de los ojos, pasases a tener el color de los ojos de quienes te saludan. Una planta, transmitiéndote parte de su dotación genética, te convertiría en fotosintético y te podrías alimentar de la luz del sol. Una bacteria luminiscente de las que viven dentro de los calamares, al ingerirla, te hiciera brillar con luz fría en la oscuridad. Como si una de esas bacterias magnetotáticas que bucean hacia las profundidades del sur, te pudiese enseñar a fabricar un imán dentro de tu cuerpo y vagar por el mundo buscando el sur.

Características como redes genéticas open-source

Estos protocolos de comunicaciones conllevan que el intercambio se produce de forma descentralizada, potencialmente cada bacteria puede compartir y recibir código genético. En este sentido, existe una cierta analogía con las redes peer-to-peer informáticas, especialmente en el caso de la conjugación, donde el intercambio es claramente de uno(o diversos) individuos a individuo, de *igual a igual*.

Los genes pasan de una bacteria a otra con promiscuidad(4) y a una velocidad de transferencia inaudita si la comparamos con organismos más complejos. Estan continuamente liberando, compartiendo su código genético. Como dice el padre del sistema operativo libre gnu/Linux, Linus Tolwards, *libera tu código pronto y a menudo*(3). La forma más visible de este proceso es la resistencia a antibióticos. Los antibióticos que son como tóxicos para las bacterias, ante semejante desafío medioambiental generan genes de resistencia que comparten inmediatamente a través de sus redes. Como la transmisión de estos genes se extiende cada vez más lejos, se crean cepas muy resistentes a prácticamente cualquier antibiótico. Un ejemplo, el gen que dirige la síntesis de una enzima que digiere la penicilina probablemente se originó en las bacterias del suelo. Por medio de intercambio de virus bacteriofagos llegó, finalmente, hasta los estafilococos de nuestros hospitales, muchos de los cuales son extremadamente resistentes a la penicilina(2).

Se podría decir que las bacterias se intercambian información bajo algo casi tan bueno como una licencia GPL, la licencia legal que garantiza que el código fuente de un software pueda ser compartido y modificado en un futuro. Según Margulis, "todas las cepas bacterianas puede compartir sus genes, podríamos decir, en el más estricto sentido, que en el mundo bacteriano no se dan las especies verdaderas. Cualquier bacteria es un organismo, una entidad capaz de llevar la ingeniería genética a escala global o planetaria". Las implicaciones de que no existan barreras en el intercambio de código genético son tales que Carl Woese, que ha investigado profusamente la evolución genética de las bacterias, ha calificado el mundo bacteriano de "pre-darwiniano"(4). Por mundo darwiniano entendemos competencia entre especies que no comparten su código. El concepto de especie lo podemos definir como individuos que usualmente solo cruzan su material genético entre ellos, aislados del cruce reproductivo con otros individuos. Forman el equivalente a intranets de código cerrado en clave genética, restringiendo el acceso. En cambio aquí hablamos de un mundo de cooperación donde el compartir genes conecta profundamente a todas las redes, de forma que el concepto de especie queda disuelto ya que no existen tales intranets.

(3) Raymond E., "The Cathedral and the Bazaar", Revisión 1.39, 1998.

<http://www.tuxedo.org/~esr/writings/cathedral-bazaar>

(4) Woese, Carl, 2002, On the evolution of cells.

Características como redes genéticas open-source

Nota sobre el uso del término *Compilación*

Compilación es el proceso por el cual se traduce el código fuente realizado por un programador a un lenguaje más cercano al ordenador, usualmente a código máquina. El código máquina es casi ilegible para el programador -a no ser que sea realmente bueno o disfrute trabajando con este código más abtruso-, y en contrapartida es el único que puede ser ejecutado directamente por el ordenador. Luego de pasar por algún proceso más, finalmente se obtiene el archivo ejecutable que pueden ejecutar los usuarios del programa. En analogía, el ADN es el código fuente que es traducido a esas estructuras tridimensionales denominadas proteínas, los bioladrillos de los que se constituyen los organismos vivos. A la compilación se le llama en biología “expresión de los genes”, siempre que tengamos en cuenta el termino compilación en un sentido mucho más amplio y que se trata de una metáfora, puesto que la célula no realiza solo un proceso de traducción automática sino que hay un proceso de interpretación -semántico-. En cuanto al término de recompilar y su relación con el sistema operativo GNU/Linux, como el usuario dispone del código fuente de cada uno de los programas que integran el propio sistema, dispone de la libertad de modificar el código de un programa y volverlo a compilar.

Licencia copyleft de libre distribución

Copyright © 2006 Lluís Guiu.

Se permite la copia, distribución, uso y puesta a disposición de la obra, siempre y cuando se reconozca la autoría y no se use la obra con fines comerciales —a no ser que se obtenga permiso expreso de los autores.

Los autores permiten distribuir obras derivadas de esta sólo si mantienen la misma licencia. Esta nota no es la licencia completa de la obra sino una traducción de la nota orientativa de la licencia original completa que puede encontrarse en:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/1.0/legalcode>

Créditos de las imágenes

.- Imagen *Conjugación* página 5. <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:BacterConjugation.png>

.- Imagen *Transducción* página 5. http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Transduction_%28genetics%29.svg

.- Imagen página 6. <http://www.genome.org/cgi/content/abstract/15/7/954>