

Código abierto y bacterias

Lluís Guiu

Deberíamos dejar de pensar en las bacterias únicamente como organismos patógenos causantes de enfermedad. Os invitamos a observarlas desde un nuevo punto de vista, a saber, minúsculas nanomáquinas poderosamente adaptadas para formar redes de proceso masivamente paralelo (*realmente masivo*) y descentralizado. Entidades de red móviles, de código genético reducido, especializadas pero al mismo tiempo adaptables a cambios imprevistos, autoreproducibles a una velocidad frenética¹ y tolerantes a fallos.

Lynn Margulis y otros² nos hablan de las comunidades bacterianas como una red global de intercambio genético a escala planetaria que ha persistido durante miles de millones de años. Si traducimos las teorías de Margulis a términos informáticos, podemos caracterizar las comunidades bacterianas como redes de código abierto en clave genética,³ más allá de la pura analogía. De manera muy sintética, nos basamos en las siguientes premisas básicas:

1. El intercambio genético es absolutamente descentralizado y horizontal.
2. La información genética pasa de una bacteria a otra con absoluta promiscuidad y a una velocidad de transferencia inaudita si la comparamos con organismos más complejos. Las bacterias están continuamente liberando, compartiendo su código genético.
3. Estas nanomáquinas son capaces de hacer algo realmente sorprendente: se reprograman, se recompilan a sí mismas en base a los genes recibidos. No necesitan esperar a la siguiente generación para expresar sus genes. Ellas inventaron la ingeniería genética.
4. Hay, al igual que en la programación de GNU/Linux, “cooperación sin mando”.⁴ Esta red de nanomáquinas tiene una profunda tolerancia a fallos y la fuerza de una amplísima base de proceso distribuido y paralelo, sin controles de mando centralizados.
5. Las bacterias se intercambian información bajo algo casi tan bueno como una licencia GPL. Según L. 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”.⁵

Si aceptamos estas características primordiales de las redes bacterianas como propiedades suficientemente definitorias de una red de código abierto, estaríamos ante la primera red de código abierto de nuestro planeta.

¹La replicación bacteriana es exponencial, siguiendo la fórmula 2^N elevado a N, donde N=número de generaciones. Considerando que una nueva generación puede nacer cada veinte minutos, en pocas horas tenemos millones de bacterias.

²Margulis, L. y D. Sagan. *Microcosmos*, Allen & Unwin, Londres, 1987.

³Margulis, L. y D. Sagan. *Microcosmos*, Allen & Unwin, Londres, 1987. Margulis, L. y D. Sagan. *What is Sex?*, Simon & Schuster, N.Y., 1987 Margulis et al. *Effects of the Origin and Evolution of Life on Planet Earth*, MIT Press, 1992.

⁴Raymond E., “The Cathedral and the Bazaar”, Revisión 1.39, 1998. <http://www.tuxedo.org/~esr/writings/cathedral-bazaar> Vidal, M., “Cooperación sin mando: una introducción al software libre”, 2000. <http://www.sindominio.net/biblioweb/telematica/softlibre>

⁵Margulis, L. y D. Sagan. *Microcosmos*, Allen & Unwin, Londres, 1987.

En cuanto a los desarrollos destacables que han realizado estas redes bajo open-source, están las células de nuestro cuerpo, que tienen su origen en las bacterias.⁶

1. Bacterias y Vida Artificial

Aún estamos lejos de poder modelar informáticamente las redes bacterianas en toda su complejidad, pero las últimas aproximaciones en programación evolutiva.⁷ y autómatas celulares nos abren las puertas a crear modelos informáticos que permitan esta transferencia de tecnología del mundo micro de las bacterias al mundo macro. A nivel de GA(algoritmos genéticos), diversos operadores genéticos se han inspirado en los mecanismos de transferencia de información genética de las bacterias, por ejemplo en la conjugación o la transposición.⁸ Los GA en paralelo han implementado el proceso real distribuido y en paralelo a nivel de GA,⁹ así como el viaje de información entre distintas poblaciones de “organismos”.¹⁰

Los CA (autómatas celulares), cada vez más observados como máquinas virtuales de proceso masivamente paralelo, descentralizado y discreto, capaces de computación universal,¹¹ representan una vía interesante de comprensión del mundo celular y bacteriano. En primer lugar, tenemos la argumentación intensiva y extensiva de los CA como máquinas que computan, en la polémica enciclopedia de autómatas *A new kind of science* de Stephen Wolfram. A nivel general, es interesante la aproximación y popularización que realiza Wolfram del llamado Principio de Equivalencia Computacional y “la naturaleza que computa”, donde todo sería computación en la naturaleza. Aunque cabe decir que el abordaje concreto que realiza Wolfram de la aplicación de los CA al campo de la biología, es aparentemente “naïf” en ciertos aspectos.¹²

En segundo lugar, tenemos la reciente aproximación a los CA como paradigmas del mundo celular por parte de S.Capcarrere(11).¹³ S.Capcarrere se pregunta como modelar el mundo celular, como conseguir autoreproducción no trivial a la que ya se refirió John Von Neumann. La respuesta podría estar en CA no uniformes, redundantes y de proceso asíncrono, teniendo en cuenta que los CA clásicos se basan en la idea de que todas las células de la rejilla se actualizan al mismo tiempo y siguiendo la misma regla, es decir son de proceso síncrono.

Finalmente, la simbiosis entre estos dos paradigmas, los autómatas celulares por un lado y la programación evolutiva por otro, ofrecen inmejorables perspectivas de modelación del mundo bacteriano, porque un paradigma tiene lo que quizás le falta al otro. Un ejemplo conocido y sencillo es la utilización de algoritmos genéticos para la búsqueda de reglas de CA de clasificación de densidad. Es decir una regla, entre el espacio de reglas posibles, que permita de la manera más óptima posible

⁶Margulis, L. y D. Sagan. *Microcosmos*, Allen & Unwin, Londres, 1987. Margulis, L. y D. Sagan. *What is Sex?*, Simon & Schuster, N.Y., 1987 Margulis et al. *Effects of the Origin and Evolution of Life on Planet Earth*, MIT Press, 1992.

⁷Entendiendo por “programación evolutiva”, algoritmos genéticos, programación genética e híbridos como GEP (Genetic Expression Programming).

⁸Borges A. y E. Costa, “Enhancing Transposition Performance”, 1999. http://eden.dei.uc.pt/~ernesto/EvoCo/papers/papers/1999/cec99_1.pdf

⁹Evonet, “Models for the Parallelization of Genetic Algorithms” http://evonet.dcs.napier.ac.uk/evoweb/resources/flying_circus/tutorials/online_tutorial/04/index.html

¹⁰Nos referimos a “organismos” entendidos en el contexto de algoritmos genéticos.

¹¹Aclaración de términos: “Computación universal”: Equivalentes a una máquina de Turing universal. “Discreto”: Los CA constan de unidades de espacio y tiempo definidas, discretas.

¹²De todas las revisiones realizadas sobre ANKOS (“A New Kind Of Science”), una de las críticas más interesantes al respecto es la de Ray Kurweil. <http://www.kurweilai.net/articles/art0464.html?printable=1> En la siguiente url hay disponible una completa colección de reviews sobre ANKOS: http://www.math.usf.edu/~eclark/ANKOS_reviews.html Y en esta otra un interesante dossier sobre la obra, con un marcado acento pro-Wolfram, donde poder acceder a un resumen de algunos capítulos y artículos diversos(en francés): <http://www.automatesintelligents.com/labo/2002/juin/doswolfram.html>

¹³Capcarrere, S., *Cellular Automata and Other Cellular systems: Design & Evolution*, 2002. <http://lslwww.epfl.ch/~msc/THESIS/thesis.html>

saber si hay más células blancas o negras en la configuración inicial de un CA. Para una búsqueda en un espacio tan grande(p.ej. 2 elevado a la 128 reglas posibles) que mejor que la programación evolutiva. En este sentido nos gustaría resaltar el trabajo actual de Candida Ferreira. Según Ferreira ha obtenido mejores resultados en esta tarea de clasificación que usando GP(Programación Genética), con recursos computacionales cuatro veces inferiores a GP. La clave está en su GEP(Genetic Expression Programming) que es un híbrido entre algoritmos genéticos y programación genética.¹⁴ GEP destaca especialmente por su modelación de los conceptos genotipo/fenotipo en clave de programación evolutiva, quizás un detalle también importante en cuanto al tema que nos ocupa. De otra parte, S.Capcarrere le presta una atención notable a esta simbiosis(11).

2. Civilización bacteriana

Nuestro interés en las redes bacterianas está ahora mismo en su aplicación al desarrollo de tejido activista en la red, y a un nivel más general, contribuir a la creación de un “pensamiento bacteriano”, iniciado a nuestro entender por Lynn Margulis.¹⁵ Las redes bacterianas son para nosotros una fuente de inspiración de pensamiento activista y nos gustaría en las siguientes líneas imaginarnos como podemos describir a estas comunidades de microorganismos y su evolución a lo largo de la historia de la vida en nuestro planeta, en términos de una civilización, la civilización bacteriana. Siendo cautelosos, debemos entender el siguiente análisis como una abstracción idealizada del mundo bacteriano, intentando colocar nuestro punto de observación en el punto de vista de las bacterias y no de los humanos. A manera de ejercicio de deconstrucción de nuestra visión clásica de las bacterias y en la línea conceptual iniciada en “Resistencia al sistema: pensando como un virus”.¹⁶

- Trabajo en equipo, operan en redes de acción radicalmente descentralizadas y de proceso masivamente en paralelo. Se contraponen al espíritu individualista de los virus.
- Inteligencia colectiva. La inteligencia de las bacterias emerge de esta interacción y comunicación de proceso masivamente paralelo y distribuido, bajo unas reglas muy especiales.¹⁷
- Profunda promiscuidad en el intercambio de información, es una cultura abierta donde las innovaciones fluyen rápidamente.

¹⁴Ferreira, C. “Gene Expression Programming: a New Adaptive Algorithm for Solving Problems”. Complex Systems, Vol. 13, issue 2: 87-129. <http://www.gene-expression-programming.com/webpapers/GEP.pdf>
Ferreira, C., “Discovery of the Boolean Functions to the Best Density-Classification Rules Using Gene Expression Programming”, EuroGP 2002, Berlin, Germany, 2002. <http://www.gene-expression-programming.com/webpapers/ferreira-EuroGP02.pdf>

¹⁵Buena parte de las obras de L. Margulis (ver nota 3) tienen un carácter marcadamente divulgativo, y van más allá del campo de la microbiología, para hundir sus raíces en el terreno del pensamiento, perfilando toda una visión del mundo a través de la óptica de las bacterias.

¹⁶ Utilización del pensamiento vírico en clave activista: Blisset, L., “Resistencia al Sistema: pensando como un virus”, 2000. http://www.astramat.com/alife/virus1_cas.rtf

¹⁷El concepto *inteligencia colectiva* aquí utilizado tiene un parentesco con el concepto más específico de “fenómeno emergente” y propio de la terminología a-life, aunque cabe decir que la “emergencia” y los “fenómenos emergentes” son un misterio por definición –buscamos que emerja algo que no está programado–. Al mismo tiempo, sabemos que existen ejemplos de fenómenos emergentes muy claros y que nos servirán para ilustrar a que nos referimos exactamente. Sin duda una de los más paradigmáticos dentro de la a-life es el vuelo coordinado de los avoideos de Craig Reynolds, que ha inspirado decenas de implementaciones: <http://www.red3d.com/cwr/boids> Otro ejemplo de fenómeno emergente son los atascos de tráfico, que ilustran de una manera muy clara a nuestro entender, como pueden existir comportamientos diferentes entre el nivel grupal –el atasco de tráfico– y el nivel individual, cada uno de los agentes que forman ese grupo –los vehículos–. Si uno observa este peculiar automata celular on-line que simula el tráfico de vehículos: <http://rcswww.urz.tu-dresden.de/helbing/RoadApplet> podrá percibirse de que mientras los vehículos se mueven hacia delante, los atascos de tráfico que se producen, esos mismos vehículos observados grupalmente como un bloque, como un fenómeno emergente, ¡se mueven hacia atrás!

- Tejido de red altamente resistente y estable. Las bacterias forman redes altamente resistentes a perturbaciones externas. Un ejemplo curioso son los biofilms.¹⁸
- Cultura basada en la cooperación, en la simbiosis. No es tan proclive a entrar en la dinámica “destroyer” más propia de los virus.
- Basada en los principios de simbiosis y especialización, que como defiende Lynn Margulis, plantean un nuevo punto de vista de la evolución, más allá del principio clásico del darwinismo de la competencia y la supervivencia del más apto.¹⁹
- Cultura constructiva, transformadora, fuertemente basada en el reciclaje. Si hay un verbo que caracteriza la acción bacteriana, este es “fermentar”.
- Evoluciona fuertemente a través de la creatividad en el campo de las nanotecnologías, de la innovación que fluye rápidamente a través de su red de redes y se hace extensiva a un gran número de nodos.
- Busca el automantenimiento, la *autopoiesis*, que se traduce en la búsqueda de las condiciones óptimas para el equilibrio interno. Es una civilización que no va tanto en “contra de” sino que se toma a si misma como referencia para la evolución.

Una vía interesante de investigación es sin duda los paralelismos entre esta civilización bacteriana de código abierto y las comunidades de código abierto informáticas, nuestro open-source.

©Copyright 2002 Lluís Guu

Se otorga permiso para copiar, distribuir este documento bajo los términos de la Licencia de Documentación libre GNU, versión 1.1. o posterior publicada por la Free Software Foundation. Se puede consultar una copia de la licencia en <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>.

¹⁸Los biofilms –“biopelículas”– representan un tipo de red bacteriana alternativo, a fin de no recurrir siempre al ejemplo típico de la red de redes bacteriana de alcance planetario, de la que se explica como los genes de resistencia a un antibiótico saltan de una cepa a otra, etc... Los biofilms son redes bacterianas muy resistentes que se forman por ejemplo en las cubiertas de los barcos o en las tuberías, a partir de una señal de comunicación llamado “el sentir del quorum”. <http://www.erc.montana.edu/Res-Lib99-SW/default.htm>

¹⁹La idea de “virus” es a nuestro entender, una de las bases del pensamiento neodarwinista de Richard Dawkins, que tanta influencia intelectual ha ejercido en el mundo científico y informático desde la publicación de *El gen egoísta*. El pensamiento “virus” se ha utilizado para justificar las tesis de la “supervivencia del más apto” y el egoísmo como motor de la evolución biológica. De la misma forma, el estudio de las bacterias muestra con especial claridad la teoría de Margulis de la simbiosis (S.E.T.), la cooperación, la especialización, como motores de la evolución. Consideramos que el pensamiento bacteriano no invalida la otra cara de la moneda, esto es, el pensamiento vírico (ver nota 14) sino que podemos contemplar a estos dos pensamientos aparentemente excluyentes, como dos mundologías, dos realidades virtuales a las cuales podemos acceder para obtener una visión diferente del mundo. O quizás mejor, no son mundologías. Si nuestro cerebro es una red creadora de mundo en tiempo real, podemos ver a estas realidades virtuales como software mental modificador/amplificador de nuestra recreación continua del mundo, tu mundo/mi mundo/nuestro mundo. Y por supuesto, nuestra realidad virtual preferida puede ser la bacteriana y esta premisa no nos impedirá en ciertos aspectos concretos contraponer pensamiento bacteriano a pensamiento vírico. Lo importante es reconocer la no exclusión mutua entre estos dos pensamientos.