

VIDA, IDENTIDAD E INFORMACIÓN

Life, Identity & Information

Romeu Cardoso Guimarães
(UFMG, Brasil)

Resumen

La sustitución experimental de genomas significa la creación de especies nuevas o la reprogramación genética de seres vivos, pero no la creación de vida. El proceso de integración del nuevo genoma al sistema metabólico receptor implica la sustitución gradual de las macromoléculas y no implica la existencia de la entidad especial llamada de información con respecto a la organización sistémica. El cambio de identidad genética de los organismos puede ser integral y completo.

Palabras clave: adaptación, autoconstrucción, disipación, identidad, información, metabolismo, sumidero, vida.

Abstract

Experimental substitution of genomes means the creation of new species or genetic reprogramming of organisms but not the creation of life. The process of integration of a new genome into a host metabolic system involves gradual substitution of macromolecules and does not imply the existence of a special entity called information about the systemic organization. The change of the genetic identity of organisms may be integral and complete.

Keywords: Adaptation, Self-Construction, Dissipation, Identity, Information, Metabolism, Drain, Life.

Introducción

Los avances en la ciencia biológica molecular han dado recientemente pasos agigantados, transformando reflexiones conceptuales profundizadas, cada vez más urgentes, que podrán ayudar al esclarecimiento de la propia condición humana. La sociedad y sus diversos grupos constituyentes deben ser bien informados por los científicos sobre el significado cognitivo preciso de sus resultados, pudiendo así decidir mejor sobre los aspectos éticos, incluyendo la legislación general y la financiación de los proyectos de los científicos.

Un evento considerado instigador, y por ello desencadenador de muchos debates, fue la publicación (Gibson *et al.*, 2010) de los resultados del grupo de J. C. Venter, de la empresa Celera (EE. UU.), sobre la creación de una unión (que puede ser considerada una especie sintética) de bacterias del grupo micoplasma (las células conocidas más pequeñas) a partir del citoplasma de una especie (proveniente de las células de las cuales el genoma fue sustituido por otro) en el cual se inoculó un genoma sintetizado en laboratorio. El genoma inoculado es una copia del de otra especie de micoplasma. La célula de una especie aceptó el nuevo genoma que sustituía al antiguo; después, el citoplasma antiguo también fue, a lo largo de las generaciones, sustituido, pasando a contener únicamente las proteínas derivadas del nuevo genoma. Al final, se obtuvo una célula donde todos los componentes derivan del genoma sintético.

Se abren de par en par las puertas para la ingeniería genética altamente sofisticada. Los aspectos éticos más importantes son los mismos de cualesquiera modificaciones genéticas que la humanidad viene practicando. Existen riesgos que pueden ser imprevisibles derivados, por ejemplo, de la pérdida de control sobre los organismos o los genes nuevos, que pueden escapar al ambiente o diseminarse, con eventuales consecuencias perjudiciales. Uno de los propósitos explícitos más recientes es la obtención de energía a partir de celulosa, lo que exigiría organismos capaces de degradarla con eficiencia y a bajo coste. Si tales organismos o genes se diseminasen, ¿cuánta destrucción de plantas podría tener lugar?

A partir de esos experimentos se pueden plantear varias cuestiones conceptuales, pero quiero dedicarme únicamente a tres, referentes a: el concepto de vida, el de identidad de los organismos y el de información. El primero deriva de muchas de las discusiones sobre el tema que han enfocado la posibilidad de que el experimento significara creación de vida, de lo cual discrepo. El segundo remite a la perplejidad generada por el desafío a la concepción de que los genomas son componentes intocables porque definen la identidad de los organismos. Esa concepción ya viene siendo abalada por los experimentos anteriores de ingeniería genética, con cambios o añadidos de algunos genes, pero sufre ahora desafío extremo, al demostrarse que la totalidad de un genoma puede ser cambiada. La tercera reflexión ahonda sobre la posibilidad de la existencia de información como categoría objetiva.

Vida

La discusión sobre el concepto de vida es larga y las dificultades son tan profundas que muchos abandonaron el problema incluso diciendo que se escapa del ámbito científico, perteneciendo a la metafísica, o que no sería tema importante para la práctica de los biólogos. Pienso que incluso sin ser alcanzable una conceptualización plenamente satisfactoria, es necesario abrir el camino. Indico que vida es una abstracción referente a la dinámica presentada por los seres vivos. Desde las raíces aristotélicas, se habla de *alma*, algo que residiría en el interior de los organismos y que les animaría, proporcionándoles las actividades características. Esa dinámica configura un proceso, que puede referirse al individuo – el proceso de desarrollo, o a las poblaciones e linajes – el proceso evolutivo biológico. Existe una vertiente de filósofos dedicados al estudio de procesos – procesismo, pero parece no alcanzar una amplia difusión. Me parece – como biólogo solamente interesado en la filosofía – que el estudio de los procesos sería realmente un problema metafísico, del mismo orden que los intentos por conceptualizar, por ejemplo, tiempo y espacio.

Abordar el problema por otro lado puede ser más productivo. Se empieza caracterizando los seres vivos, que son objetos concretos, y entonces se deduce el proceso – vida – desempeñado por ellos. Así, el proceso es resultante y no preexistente; los seres vivos son constructores del proceso y no instancias materiales y locales derivadas del proceso. No hay vida fuera de los seres vivos, difusa en el universo. El proceso es una abstracción relativa a la dinámica, luego, no es una entidad que podría residir en alguna de las partes ni en el conjunto de todas las partes, es una propiedad o un comportamiento que emana de la totalidad fenotípica.

Seres vivos

¿Cómo caracterizar los seres vivos? El problema también es grande, porque son sistemas complejos, en el sentido de aceleradamente cambiantes, con permanencia e identidad inestables, sensibles a influencias contextuales, etc. Se dice que los sistemas complejos son de descripción siempre incompleta; pueden

ser abordados de muchas maneras y ni el conjunto de todos los abordajes agota la descripción. Así, los conceptos se concentran en los atributos de necesidad y no pretenden abarcar suficiencia plena, solamente adecuación práctica; son utilizados como instrumentos discursivos para ayudar en el entendimiento de la naturaleza y se concentran en los atributos clave de sus objetos. Otro problema es la falta de correlatos que podrían suscitar comparaciones – los seres vivos conocidos son un linaje único. Eso hace difícil el intento de elaborar un concepto general, necesariamente con contenido hipotético, que sería aplicable a la búsqueda de seres vivos desconocidos, extraterrenales, etc., que podrían ser diferentes de los conocidos pero deberían compartir con ellos algunas características interesantes. Anoto tres aspectos (ver *Figura*): disipación, autoconstrucción y adaptación. El primero y el último incorporan aspectos de relación con el ambiente y, el segundo, enfoca la semiautonomía. Los tres son interdependientes, formando un conjunto con mutualidad coherente.

Disipación

Los seres vivos son descritos como transformadores y modificadores del ambiente, a través de su propio metabolismo, realizado por sus componentes específicos, principalmente las proteínas. Éstas forman la mayor parte de su masa y su síntesis adquiere la función de sumidero de energía y materia provenientes del ambiente, del cual dependen esencialmente – luego, no pueden ser plenamente autónomos. El flujo metabólico y los comportamientos desarrollados con la función de garantizarlo sin obstáculos constituyen una esencia: buscar insumos y no dejar que productos potencialmente bloqueadores del flujo se acumulen. Los seres vivos son descritos como sistemas metabólicos y sus estructuras se configuran en los sentidos con, por y para el flujo. El metabolismo es el carácter más fuertemente dinámico del conjunto, la animación se muestra en él con mayor intensidad. El aspecto sorbedor evolucionó hasta el punto de ser capaz de, en algunos organismos – llamados autotróficos, depender solamente de materia inorgánica muy simple, como agua, gases y minerales.

Autoconstrucción

Los sistemas vivos sintetizan sus propios componentes, obtenidos por transformación de los insumos provenientes del ambiente. El aspecto «auto», mientras tanto, distingue lo vivo de aquellos sistemas que son dirigidos solamente por las disponibilidades externas. Para ser auto, está implicada la identidad interna y, necesariamente, algún tipo de memoria. Las redes o telas de transformaciones metabólicas producen un tipo de memoria – llamada del sistema, del conjunto entero – basada en las configuraciones circulares propias de las redes, con cierto grado de autoestimulación, autoregulación, etc., pero tales variaciones no fueron suficientes para garantizar la estabilidad y la identidad prolongadas, que caracterizan los organismos conocidos. Eso se obtuvo con la formación del llamado subsistema genético dentro del sistema metabólico – memoria en hilos. El subsistema genético se basa en la constitución de hilos poliméricos, algunos de los cuales – los ácidos nucleicos, genes – tienen la posibilidad replicativa, o sea, de formación de memoria para la producción de copias de sí mismos, lo que garantiza la estabilidad de la identidad a través de las copias. Otra parte del subsistema de hilos es de las proteínas, que derivan de los genes a través de la traducción: en vez de que los polímeros de ácidos nucleicos produzcan copias que son también ácidos nucleicos – polímeros de nucleótidos, las copias pasan a ser polímeros de aminoácidos – las proteínas. Las actividades de las proteínas establecen otras configuraciones circulares en las redes, desde que participan de los procesos de replicación de sus memorias y de traducción renovada y continuada de las mismas proteínas. Así, el sistema se vuelve autoconstructor y autoestimulante. Puede decirse que todos los demás componentes del sistema están basados en la función fundamental de mantener y suplir el subsistema genético, pero sin olvidar que éste está subordinado a la función de mantener el flujo metabólico.

La idea del origen de la vida como la de un sistema (proto)metabólico que se volvió (bio)metabólico cuando fue capaz de desarrollar las memorias en hilos (genéticos), obteniendo así permanencia y continuidad, no debe olvidarse, especialmente en los tiempos actuales de excesos genecéntricos y de los «genes egoístas». La identidad genética, en vez de original, fue una adquisición del sistema, y evolucionó ampliando sus restricciones a los cambios, comenzando con pocas. La propuesta de continuidad evolutiva del no-biótico al biótico exige

la precedencia de un sistema productor de monómeros sobre la producción de los polímeros.

Adaptación

Este aspecto no parece ser esencia necesaria para caracterizar al ser vivo, pero dejarlo de lado haría perder la belleza y la riqueza de la evolutividad rápida y eficiente del proceso vital conocido, y de la biodiversidad. Los hilos constitutivos de la materia biológica noble son altamente sensibles a los ambientes y responden a los efectores con plasticidad admirable. Están inmersos en agua, cuya actividad sobre ellas media la mayoría de las conformaciones tridimensionales, de las cuales resultan sus funciones especiales. Algunas de las funciones importantes pueden no depender de la presencia momentánea e inmediata del agua, por ejemplo, en las interacciones hidrofóbicas, en las partes disecadas y en algunos contextos de las funciones visuales o auditivas, pero éstas son contingencias específicas o altamente derivadas. Un modo interesante de visualizar la célula sería como una esponja hecha de hilos y embebida en líquido acuoso, adquiriendo la consistencia de gel. Los hilos replicados obtienen variaciones mutacionales a su síntesis, sea en las memorias de ADN, en los ARN que se dirigen a la traducción y a su regulación, o en las proteínas que se obtienen. Y las funciones de éstas son también muy plásticas e interactivas. Los productos finales del sistema, los fenotipos diversos (que pueden incluso obtenerse de los mismos genomas) son redes complejas, que pueden cambiar de estados en intensidades y cualidades variadas. Los mismos genomas pueden producir neuronas o los macrófagos ameboides, y los gemelos monocigóticos que nunca tienen fenotipos idénticos.

La desconsideración del carácter definidor Adaptación abriría puertas para la inclusión de posibles seres vivos basados en otros tipos de hilos, no nucleoproteicos, o en otros tipos de componentes nobles, incluso los independientes del agua, etc., o incluso no adaptativos. Sin embargo, serán pobres. No parece ser posible desconsiderar uno de los otros dos caracteres. Sistemas metabólicos sin memorias robustas serían fugaces, sin condiciones de sustentación auxiliada para sus propias actividades. En los sistemas conocidos,

los preceptos de la autopoiesis casi son alcanzados: construyen sus propias estructuras, pero permanecen dependientes de disipación de insumos externos.

Compartimentación

El aspecto de individualización, de delimitar el sistema del ambiente, es reconocidamente importante en los seres vivos. Sin embargo, nuestra caracterización no cita específicamente a la muy valorizada propiedad de compartimentación del sistema frente al ambiente por barreras de constitución especial. Nos parece adecuado hablar únicamente de un sistema metabólico cuya contención deriva de su propia constitución estructural. En el caso celular, se indica que las fronteras sean básicamente proteicas y que las proteínas solas pueden asumir el papel de contención, similar al de las membranas lipoproteicas. Los lípidos son posteriores – no originales o iniciales; son productos metabólicos de enzimas y se ordenan alrededor y al lado de las proteínas de membrana, contribuyendo como aumentos, para incrementar la hidrofobicidad de las superficies de intercambio con el exterior.

Cuestión de vida

¿Qué trajo de novedoso el experimento de Gibson *et al.* (2010), respecto al concepto de vida y al entusiasmo propagado sobre «la creación de vida en el laboratorio»? (Pivetta; Zatz; Meidanis; Buckeridge; 2010) Fue importante el avance tecnológico de conseguir sintetizar en laboratorio el genoma completo de una célula y conseguir que éste subsistiese al genoma original de otra célula. Sin embargo, se utilizó el sistema metabólico integral de la célula que hospedó el nuevo genoma, sin ninguna ruptura en la continuidad del proceso vital. Tuvo lugar un cambio integral del proceso autoconstructivo, realizado por la red metabólica, pero sobre nuevas memorias en hilos. No hubo creación de vida.

Se llevó al extremo la capacidad plástica del sistema metabólico. En la naturaleza, es común en todos los procesos sexuales la plasticidad del óvulo (conteniendo un genoma materno) al recibir un genoma paterno y, eventualmente, aceptarlo para constituir un huevo diploide. Las estimaciones obtenidas en mamíferos, con toda la protección uterino-placentaria, indican

pérdidas espontáneas de aproximadamente el 60% de los huevos, resultantes de varios factores, incluyendo los problemas de compatibilidad entre los genomas y su regulación (ver Guimarães, 2008). Esto es solamente un ejemplo de entre varios, implicando fusiones genómicas, hibridaciones, etc., que pueden ser acompañadas de pérdidas o eliminaciones de partes de los genomas. El hecho experimental reciente es importante principalmente por implicar un «genoma de tubos de ensayo», aunque copiado de otro natural, y la substitución completa del genoma original de la célula huésped. Las uniones implicadas eran muy simples y estrechamente parecidas, pero eso no reduce el alcance y significado del resultado; al contrario, apunta a posibilidades de amplio alcance, ya sean tecnológicas o cognitivas.

Cuestión de identidad

El aspecto cuestionador que considero más importante en la contribución del experimento de Gibson et al. (2010) hace referencia a la identidad de los organismos. Los componentes nobles – los polímeros informativos o genéticos – de un sistema metabólico molecular vivo podrían ser completamente sustituidos. La naturaleza íntima del proceso no se cambió – todo siguió nucleoproteico, como antes – pero una parte importante de su identidad sí lo hizo. En analogía con el cuerpo animal, donde una porción más fuerte de identidad se encuentra en el cerebro, podría decirse que éste se habría cambiado, trasplantado de otro animal. El evento producido en los micoplasmas es, sin embargo, más profundo, porque todo el cuerpo de las células fue, aunque poco a poco, a lo largo de las generaciones, sustituido; el trasplante cerebral no puede obtener transformaciones de tal magnitud.

Cuestión ontológica

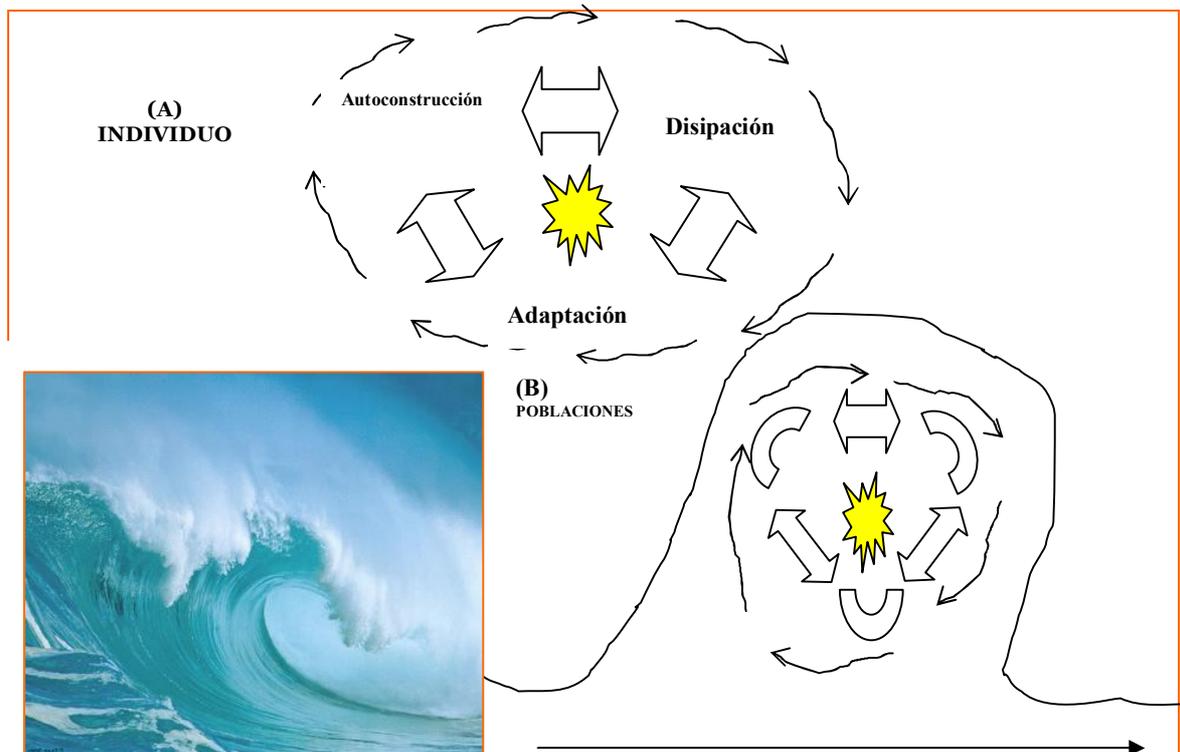
Lo que se mantuvo, después del intercambio de genomas, fue solamente la organización del sistema metabólico, su capacidad de funcionamiento integrado. ¿Cuál sería el estatuto ontológico de esta entidad abstracta – *organización* de un conjunto de socios en la construcción de un sistema? Sería como si existiese, con pleno derecho y de hecho, alguna entidad llamada

«información» al respecto de la organización del sistema (Guimarães, en prensa). Se vuelve a la forma aristotélica, a la causa formal, a aquello que informa y que da forma a las cosas, ¿al *alma*?

Imagínese un grupo de individuos reunidos en una organización de manera que el grupo realice actividades, pero que puede tener sus individuos componentes todos sustituidos y, aun así, continuar y permanecer plenamente funcional, capaz de realizar las mismas actividades del grupo original. Entiendo que el problema puede resolverse por lo menos de dos maneras. La primera se referiría bien al caso de grupos humanos o de sistemas que serían capaces de producir recetas informativas sobre cómo debe funcionar el grupo. En esos casos, podría haber hasta un intercambio súbito y total de los componentes, desde que permanezca la receta y las reglas puedan ser seguidas por los nuevos componentes, éstos capaces de leer y entender las prescripciones, y de obedecerlas. La segunda podría ser aplicada al caso de los micoplasmas y no podría ser instalada abruptamente. Los nuevos polímeros genéticos – ARN y proteínas – serían producidos poco a poco y sus interacciones instalándose progresivamente; la organización sería construida bajo las nuevas bases materiales, utilizando la plasticidad preexistente en las moléculas antiguas y nuevas. Así, la organización puede ser mantenida sin la necesidad de proponer la existencia de una información al respecto de la organización global; son necesarias solamente las informaciones particulares a cada interacción molecular, que derivan de sus estructuras y capacidades interactivas plásticas. La información sigue siendo propiedad de las interacciones moleculares y no una entidad supra o extramolecular.

Parece razonable solucionar el problema de identidad, del mismo modo como el de la existencia de una entidad informacional autónoma, suponiendo la graduación en la construcción. La identidad y la organización son procesos que se realizan y se construyen gradualmente. El intercambio de genomas parece ser un evento brusco y abrupto, pero en realidad, su expresión en el nuevo contexto metabólico se realiza leve y suavemente, siendo únicamente aparente el salto. La construcción de identidad biológica fuerte (aunque no absoluta) fue un evento evolutivo tardío, con la multicelularidad animal, especialmente en los vertebrados, a partir de la complejidad neural e inmune, y en los mamíferos, con la ampliación de muchos mecanismos de regulación génica, por ejemplo, las

marcaciones génicas hereditarias. En bacterias, evidencias de mecanismos de preservación de la identidad genómica son, verbigracia, los sistemas de marcación de sus genes (químicamente semejantes a los citados arriba) y de restricción por enzimas que degradan los ADN exógenos (no marcados o marcados de modo diferente). 



Vida es concepto abstracto, referente al **proceso** desempeñado por el sistema dinámico entero que es el organismo o el ser vivo. El organismo es un objeto concreto (A), representado como una partícula rodante cuyo «centro virtual» (amarillo) indica el concepto de vida. En el ámbito de la dinámica de las poblaciones y uniones, el proceso se representa como una onda (B) formada por un conjunto de partículas que ruedan coherentemente a lo largo del recorrido espacio-temporal. Las concavidades, en las partes anterior y posterior de la onda, indican los comportamientos disipativos (respectivamente, succión y secreción, después de la metabolización) y las modificaciones ambientales consecuentes. La partícula rodante es análoga de las mándalas y su conjunto coherente es análogo de la dualidad onda-partícula de la física cuántica.

Agradecimientos

Agradezco las indicaciones de Charbel Niño El-Hani en su contribución a este texto, y su prestigiosa revisión crítica. Agradezco la cooperación continua de los colegas del Grupo de Autorganización, Centro de Lógica y Epistemología de la UNICAMP.

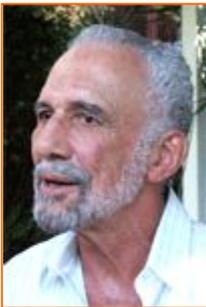
Bibliografía

GIBSON D.G. et al. (2010) Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. *Science* on line 20 maio

GUIMARÃES R. C. (2008) Restrição e desrestrição na evolução multicelular: polimorfismos protéicos em redes metabólicas. . In: Auto-organização – estudos interdisciplinares IV. Org. E. Bresciani Filho, I.M.L. D’Ottaviano, M.E.Q. Gonzalez, G.M. Souza. Centro de Lógica e Epistemologia (Coleção CLE no. 52), UNICAMP, Campinas SP p. 253-330

GUIMARÃES, R. C. (*en prensa*) Wiring the information paths in biology: dynamic networks, encoded polymers and intercellular circuitry. In: Reflections on the Concept of Information, Org. M.E.Q. Gonzalez, Ed. Idea UK, Springer NL

PIVETTA M. A síntese da criação p. 44-6; ZATZ M. O impacto da transformação de uma vida em outra p. 47-8; MEIDANIS J. Craig Venter, um bem necessário p. 48-9; BUCKERIDGE M. A biologia sintética e a bioenergia p. 50-1. 2010 *Pesquisa FAPESP*, 172.



Romeu Cardoso Guimarães es graduado en Medicina, doctor en Patología, titular en Genética. Trabajó en la Fac. de Medicina UFMG, Inst. Biociencias UNESP Botucatu e Inst. Ciencias Biológicas UFMG. Realizó estadias en los EE UU, Inglaterra, Alemania e Israel. Colabora en el Grupo de Autoorganización, Centro de Lógica y Epistemología UNICAMP, y en el Grupo de Investigación CNPq 'Lab. Biodiversidad y Evolución Molecular' UFMG. Desarrolló el Concepto Sistémico de Gen - 1992, estudió las Restricciones en la Diversidad en los Multicelulares - 2008, y desarrolló el Modelo Autoreferente para la Formación del Código Genético - 2008.

El texto fue traducido del portugués al castellano por Juan Carlos Postigo Ríos (UMA, España).