

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS V JORNADAS

1995

Alberto Moreno

Editor



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



DESPLAZAMIENTO DE PROBLEMAS EN PROTOBIOLOGIA*

I. La presente contribución, que debe ser incluida dentro del amplio campo de la Historia de la Ciencia y, dentro de éste, en el ámbito de la Protobiología -disciplina cuyo objeto es el estudio del origen de la vida-, intenta llamar la atención sobre algunos desplazamientos relativamente recientes en el tratamiento de los problemas. Más precisamente, nuestra contribución pretende puntualizar la significación de la obra de Manfred Eigen y Peter Schuster (1) respecto de tales desplazamientos.

Si asimilamos las teorías sobre el origen de vida a *programas de investigación científica* en el estricto sentido que a esta expresión dio Lakatos (2,3), podemos decir que tales programas fueron -al menos hasta bien entrados los '70- programas de investigación referidos fundamentalmente a la *naturaleza material* (química) de la entidad que fue capaz de comenzar la evolución biológica. En otras palabras, los programas sobre el origen de la vida se ocupaban por aquellos años casi exclusivamente de determinar qué clase de biomolécula había engendrado la evolución. Naturalmente, si atendemos a la química de la vida, sólo había dos candidatos: los poliaminoácidos y los polinucleótidos

II. Se puede denominar *programa fenotipo* al conjunto de investigaciones y subteorías cuyo núcleo central estaba constituido por la tesis de que un poliaminoácido había sido la tan buscada proto-entidad "viviente".

Naturalmente, dentro de este programa, el cual asignaba prioridad a los poliaminácidos y proteínas por sobre los ácidos nucleicos en el orden temporal de la formación de macromoléculas biológicas, han tenido lugar diferentes especificaciones del núcleo central. Históricamente, puede señalarse a Alexander Oparin (4) como su iniciador. Oparin afirmó que las primeras células habían evolucionado a partir de entidades proteicas, con lo cual aportó al mismo tiempo la idea general de que el fenómeno de la vida no era el producto de alguna sustancia especial o cualidad metafísica, sino el resultado de una peculiar organización química y, en especial, de la química del carbono. Esta noción fundamental era, por tanto, válida para cualquier programa de investigación en torno al origen de vida.

Otro gran contribuidor al programa que sostenía la prioridad de los poliaminoácidos por sobre los polinucleótidos ha sido Sidney Fox (5), cuyos éxitos experimentales en la síntesis prebiótica y espontánea de poliaminoácidos, que él denominó "proteinoideos", le hicieron acreedor de un inmenso prestigio dentro de la comunidad científica por los años '50 y '60.

El otro programa de investigación sobre el origen de vida y que en contraposición al primero puede ser denominado *programa genotipo*, es el que tenía por axioma principal la preeminencia de los polinucleótidos por sobre los poliaminoácidos. Dicho en otros términos, el núcleo fuerte o *hard core* de esta serie de estudios postulaba la siguiente tesis: la entidad

que precedió y engendró a la moderna unidad viviente -entendida ésta última como una entidad donde cooperan ácidos nucleicos y proteínas-, los primeros cumpliendo roles informacionales y los segundos funcionales- era de naturaleza genética, esto es, químicamente estaba formada por ácidos nucleicos. Históricamente, este *programa genotipo* debe su origen al gran genetista J.B.S.Haldane (6) y, posteriormente, fue desarrollado por científicos de la talla de L.Orgel (7), F.Crick (8), H.J.Muller (9), y S.Spiegelman (10).

Como es bien conocido existen, en relación a la estructura química, dos tipos de ácidos nucleicos, DNA y RNA. De aquí que algunos científicos enrolados dentro de este segundo programa de investigación sobre el origen de la vida, hayan afirmado que la tan buscada proto-entidad era una DNA-entidad, como C.Sagan (11), y otros, como L.Orgel y S. Spiegelman, una RNA-entidad.

Un punto fundamental de esta contribución sobre la Historia de la Protobiología, es señalar que -a pesar de que ambos programas son claramente opuestos en sus tesis centrales-coinciden en un punto fundamental. Es clave para nuestros propósitos enfatizar que esta arista que los dos programas tenían en común consistía precisamente en una omisión y no en una tesis. Tal omisión es el tratamiento de la crucial cuestión sobre cómo fue posible que una secuencia de cierta complejidad pudiera erigirse. En otras palabras, el problema del origen de la complejidad (información) había sido eclipsado en ambos programas por el problema -más experimental- de la naturaleza química de las entidades a partir de las cuales se generó la moderna célula.

III. Para tener una noción de la complejidad que exhiben determinadas secuencias informacionales que se encuentran en el mundo natural, mencionemos (sólo a modo de ejemplo) que los genomas de los virus más simples (los virus, a su vez, son considerados las entidades biológicas más simples) presentan una secuencia ordenada de aproximadamente cuatro mil nucleótidos (recordemos que hay 4 clases de nucleótidos). En tanto que una proteína bacteriana o, aún viral, presenta cadenas ordenadas de cientos de aminoácidos (recordemos que los aminoácidos que hay en la naturaleza son 20).

Históricamente, los partidarios de ambos programas aceptaron como válido -no sin cierta ingenuidad- el supuesto de que esas secuencias en extremo complejas debieron haberse ensamblado por *puro azar*. La probabilidad matemática, sin embargo, excluye inmediatamente un tipo de respuesta semejante.

Paradigma de este recurrente modo de pensar el origen de la vida, atendiendo sólo a las cuestiones materiales y descuidando la del origen de la información biológica -la cual es relegada a un improbable ensamble azaroso-, es el célebre Jacques Monod (12).

Justamente uno de los inmensos méritos de la obra de Eigen Schuster consistió en haber reparado en el hecho primario y general de que si no se postula un proceso que dé razón de la formación de una secuencia ordenada relativamente compleja -trescientos nucleótidos, que es el número en la entidad-genoma de las cuasi especies más pequeñas del sistema Q β -, las investigaciones referidas a establecer el origen proteico o nucleico de la proto-entidad resultan vanas (resulta casi innecesario explicar por qué es improbable la posibilidad de un ensamble feliz por azar de una secuencia ordenada de 300 letras contando con un alfabeto de 4

letras. Expresado de modo más general, la significación de la *Teoría del Hiper ciclo* de Eigen y Schuster consiste en haber desplazado la atención de los investigadores de las bases materiales de la vida hacia el origen de la información biológica, o sea, de lo material a lo formal.

Pero el aporte de Eigen y Schuster no reside únicamente en haber llamado la atención sobre la importancia del tema de la formación de información biológica, sino también en haber ofrecido una hipótesis de cómo pudo erigirse y acrecentado la complejidad sin apelar al azar ni a la teleología, por científica que ésta quiera aparecer, como hicieron M.Polanyi y W.Elsasser) (13).

No es objeto de la presente contribución detallar ese mecanismo, por lo cual -y debido a la brevedad que se impone- brindaremos sólo algunas características:

a) El proceso descrito en la hipótesis de Eigen-Schuster para dar cuenta de la creación de la información biológica, es de carácter darwiniano y funciona a nivel molecular.

b) Su carácter darwiniano implica que la formación de las macromoléculas primordiales se ha debido a un proceso selectivo por ensayo y error. En relación a la cuestión de si la materia puede "aprender", se ha de remarcar que todo proceso de aprendizaje supone, entre las condiciones necesarias, la siguiente: una memoria destinada a almacenar la información adquirida durante el proceso (En realidad, sólo los ácidos nucleicos, en virtud de su estructura química, podrían satisfacer esta función. Pero este no es el punto que interesa en la teoría del Hiper ciclo).

c) Con el objeto de mostrar cómo un proceso material de aprendizaje por ensayo y error puede -en principio- solucionar el problema del origen de información biológica, se toma una secuencia que posea, por ejemplo, la extensión de un genoma bacteriano y se calcula el número de mutaciones simples o puntuales (cambio de un nucleótido por otros de los tres restantes) que conduce a la secuencia pre-definida (en este caso, del genoma bacteriano escogido). El procedimiento por ensayo y error selectivo, esto es, la "fijación" de todas las posiciones de la secuencia-test que concuerdan con las posiciones correspondientes a la secuencia pre-definida, permite que las posiciones fijadas queden excluidas de cualquier otra mutación, en tanto que las restantes posiciones continúan variando libremente. Bernd-Olaf Küppers es quien mejor a puntualizado y explicado el aporte de Eigen (14).

d) En promedio, con cuatro clases de monómeros, un cuarto de las posiciones en la secuencia-test resultaría "correcta", de modo que aún una secuencia de la complejidad de un genoma bacteriano (aproximadamente cuatro millones de símbolos genéticos) puede ser obtenida con dieciséis millones de mutaciones -una cifra disponible a escala terrestre.

f) El método selectivo, por el cual una secuencia definida es seleccionada a partir de un juego de $10^{2.4}$ millón de alternativas combinatoriamente posibles, es comparativamente superior al método de puro azar.

g) La única concesión que debe hacerse a un método selectivo de ésta clase es presuponer un nivel de valor según el cual el resultado de un ensayo (es decir, una mutación) es rechazado como "erróneo" o fijado como "correcto".

h) Basado en la hipótesis de Eigen, un proceso correspondiente al origen de información biológica es simulado en una computadora. En él las variaciones hereditarias

determinadas al azar son simuladas por la variación estadística de una secuencia de símbolos dada. La evaluación selectiva de las mutaciones ocurre (como en la evolución biológica) por una ventaja en la velocidad de reproducción con respecto a la restante distribución de mutaciones.

i) A los efectos de satisfacer el principio de optimización darwiniano, se provee a la secuencia al azar inicial de la instrucción de reproducirse a sí misma repetidamente y retener las copias, reproduciendo también éstas. Así se incorpora a este programa evolutivo el fenómeno biológico de auto-reproducción.

El experimento de simulación demuestra que información significativa puede surgir a partir de una secuencia inicial carente de significado, como resultado de variación por *azar* y *selección*. Acorde con la interpretación darwinístico-molecular del origen de la información, bajo determinadas precondiciones físicas, un nivel de valor puede emerger espontáneamente en la forma de un proceso de auto-organización material y de allí en adelante erigirse en un nivel incrementadamente alto.

Todo lo anterior permite ver claramente que, tanto el planteo de Eigen y Schuster, como la hipótesis por ellos avanzada de un proceso darwiniano de azar y selección (o, si se prefiere, ensayo y error) a nivel molecular, es prescindente de la cuestión sobre cuál fue la substancia primigenia de la vida. Es en tal sentido que la obra del gran premio Nobel de Göttingen ha desviado la atención de los científicos que trabajaban en el campo de la protobiología hacia la cuestión del origen de la complejidad y sus probabilidades y marcado un punto de inflexión en la evolución de esta joven disciplina.

REFERENCIAS

- (1) Eigen, M., Schuster, P.: "The Hypercycle. A Principle of Natural Self-Organization" (*Naturwissenschaften* 64: 541-565, 1977).
- (2) Lakatos, I.: *Philosophical Papers*, Vol. I: "The Methodology of scientific Research Programmes" (Cambridge University Press)
- (3) Torres, J. M.: "Competing Research Programmes on the Origin of Life" (*Journal for General Philosophy of Science/Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaft Theorie*, 1995)
- (4) Oparin, A.: "The Origin of Life" (versión inglesa del original ruso de 1924 en *The Origin of Life* por J. D. Bernal; Weidenfel & Nicolson, London, 1967).
- (5) Fox, S.: "Molecular Selection and Natural Selection" (*The Quaterley Review of Biology* 61: 375-386, 1986).
- (6) Haldane, J.: "The Origin of Life" (en libro citado en (4)).
- (7) Orgel, L.: "Evolution of Genetic Apparatus" (*Journal of Molecular Biology*, 38: 381-393, 1968).
- (8) Crick, F.: "The Origin of Genetic Code" (*Journal of Molecular Biology*, 38: 367-379, 1968)
- (9) Muller, H.J.: "The Gene Material as the Initiator and The Organizing Basis of Life" (*The American Naturalist*, Vol. 160, N° 915, 1966).
- (10) Spiegelman, S.: "An Approach to the Experimental Analysis of Precellular Evolution" (*Quaterly Review of Biophysics*, 4: 213-254, 1971).

- (11) Sagan, S: "Radiation and the Origin of the Gene" (*Evolution*, 11: 40-55, 1956).
- (12) Monod J., *Le Hasard et la Nécessité* (Seuil, Paris, 1970).
- (13) Elssaser, W.M.: "Principles of a New Biological Theory: A Summary" (*Journal of theoretical Biology*, 89: 131, 1981)
- (14) *Information and the Origin of Life* (The MIT Press, Cambridge -Mass.-1989). "Towards an Experimental Analysis of Molecular Self-Organization and Precellular Darwinian Evolution" (*Naturwissenschaften* 66: 228-243, 1979).