

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS VI JORNADAS  
(1996)

Marisa Velasco  
Aarón Saal  
Editores



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



## ANTECEDENTES HISTORICOS Y CONCEPTUALES DE UNA TESIS CENTRAL DE THE SELFISH GENE

### I. INTRODUCCION

Comenzamos citando una tesis que ganó gran aceptación en la comunidad científica y filosófica en los últimos años: "It is now evident that man was invented to provide DNA with the opportunity to explore extraterrestrial possibilities for replication". En realidad, esta tesis - que es casi innecesario decir que está formulada ex professo de modo antropomorfo y finalístico - es una consecuencia lógica de otra más general que afirma que los genes son lo que es seleccionado - la unidad de selección - en el proceso evolutivo, mientras que los organismos son aquello de lo que se valen para subsistir, multiplicarse y progresar. Como es conocido, esta última es la tesis más conspicua de uno de los fundadores de la sociobiología. Nos referimos a R. Dawkins (1976, 1987).

La tesis de Dawkins, en realidad una hipótesis, y sus bases experimentales son hoy cosas muy familiares para los estudiosos de las ciencias de la vida y, en especial, para aquellos comprometidos con el estudio de la conducta social de los vivientes (Etología). Sin embargo, es probable que muy pocos de ellos conozcan que la mencionada tesis fue explícitamente avanzada por Sol Spiegelman como culminación de un riguroso trabajo de investigación en el campo de la biología molecular, que llevó a cabo en las universidades de Columbia (NY) e Illinois durante los años 60. Por tanto, no puede sorprender que la cita inicial haya sido extraída de uno de los propios trabajos de Spiegelman (1971). La presente contribución, que se refiere a la reciente historia de la ciencia, mas específicamente de la biología, justamente pretende mostrar que la paternidad de esta tesis de *The Selfish Gene*, que hace de las unidades de información biológica o genes la unidad de selección de la evolución biológica, le pertenece a Spiegelman, a despecho de que él nunca incursionara por la etología o por la biología de organismos con conducta social.

### II. ENTIDADES AUTOREPLICATIVAS.

La expresión "entidad auto-replicativa" (self replicating entity) tiene dos sentidos muy diferentes. En un primer sentido, puede denotar a las entidades que hacen copias de sí mismas y que para esa operación no necesitan de la ayuda de otra entidad, ya que poseen la maquinaria necesaria para la duplicación. Un buen ejemplo es la célula. En un

segundo sentido, la expresión puede denotar a las entidades que son capaces de instruir su propia síntesis a otra entidad, o maquinaria sintetizante, que tiene un rol pasivo al respecto, ya que recibe de la primera una instrucción. En otras palabras, en este caso una entidad auto-replicativa es la que puede presentarse ante un determinado mecanismo y darle (por hablar así) la siguiente orden : ¡Haz una copia de mí! Los genes pueden funcionar de esta manera y, por ende, constituyen un ejemplo de este segundo sentido de "entidad auto-replicativa".

Dos consideraciones: (1) En cualquiera de los dos sentidos que tomemos la expresión, los denotata - por ejemplo, células o genes - se podrían extender mas allá de una generación ya que, como en ambos casos contienen - de una manera u otra - la orden de autocopiado, sus duplicados también contendrán dicha instrucción para otro duplicado y, así, sucesivamente. Dicho de otra manera: toda entidad auto-replicativa da lugar, en principio, a otra entidad auto-replicativa. (2) Es posible que una copia sea deficientemente copiada, ya por deficiencias en el acto de copiado, ya por deficiencias en la copia misma. Si esto ocurre, entonces las copias que se hagan a partir de ella van a diferir de las anteriores. Naturalmente, si se copiara defectuosamente aquello que tiene que ver con la orden o señal para el autocopiado, de modo que la copia no pudiera trasmitirla correctamente, la serie encontraría un final abrupto.

No es difícil deducir, a partir de la consideración 1), que toda entidad autoreplicativa es origen de una serie y, a partir de la 2), que la serie puede ir presentando variantes sucesivas debidas a copias diferentes, las cuales también dan origen a copias diferentes de sus ancestros. Justamente un proceso evolutivo puede ser definido por 1) y 2). Comúnmente, se lo resume en esta frase: "serie de descendientes con eventuales modificaciones que pasarán a otros descendientes". Notemos además, que si las ocasionales diferencias que se dan en las copias sirvieran para optimizar la multiplicación de éstas, por ejemplo, aumentando el ritmo de copiado, estaríamos entonces frente a un proceso evolutivo por selección. Finalmente, si tales diferencias, que eventualmente podrían optimizar el futuro de determinadas copias, no son intencionalmente producidas para ello, estaríamos frente a un proceso evolutivo por selección natural

### III. AGENTES AUTO-INSTRUCTIVOS Y EVOLUCION BIOLÓGICA.

Spiegelman (1971) puntualiza adecuadamente la diferencia entre las dos clases de entidades auto-replicativas a la que nos referimos anteriormente, esto es, según incluyan o no la maquinaria replicadora. Como biólogo, Spiegelman estaba interesado en determinar las condiciones para un proceso evolutivo biológico, mas específicamente, el que condujo de las primeras entidades auto-replicantes a la moderna célula y que es llamado "período de evolución precelular" (Spiegelman 1967).

Hemos dado como ejemplos de entidades auto-replicativas la célula y los genes, pero notemos que no necesariamente las ilustraciones deben provenir del mundo viviente. Spiegelman (1971) nos brinda otras de diferente procedencia. Tomemos el caso de las

copias Xerox en un universo de máquinas Xerox, allí uno necesita una copia para obtener otra y, si esta última sufre modificaciones (por las razones que fueren) y se vuelve a su vez a fotocopiar, la modificación pasará a las futuras copias. He aquí un sistema con algún potencial evolutivo, aunque muy limitado. Pero el sistema se vuelve más interesante, si el material que se fotocopia contiene información y, en particular, si tal información consiste en instrucciones para fabricar máquinas Xerox. En este caso, el resultado del proceso evolutivo puede ser muy especial: si se producen réplicas que varían del original y son utilizadas para construir máquinas Xerox, entonces podría tener lugar una evolución de las máquinas Xerox.

El último ejemplo empleado por Spiegelman está inspirado en los "self-duplicating automata", clase de mecanismos concebidos por von Neumann (1966) y que precisamente le sirve para acercarse desde un nivel cuasiformal a la naturaleza del proceso evolutivo biológico. Esto es así porque a Spiegelman le interesaba caracterizar la evolución de una determinada clase de entidad auto-replicativa: las entidades auto-replicantes instructivas. Estas son aquellas que son capaces de instruir sobre su propia síntesis y otras actividades a una maquinaria sintetizante. Debe ser claro que no toda entidad auto-replicativa es instructiva. Una célula puede dar origen a otra por medio de una simple división en la cual no sólo el material genético se duplica, sino también todos los organelas del citoplasma. Otro ejemplo de una auto-replicación no instructiva (puede pensarse en el mundo de los cristales o en el de las arcillas), sería cuando a partir de una entidad  $x$ , que actúa como plantilla, obtenemos otra entidad con una estructura similar a la primera.

Las máquinas Xerox, porque son capaces de replicar información (que - en nuestra hipótesis - se usará para hacer más máquinas Xerox, que a su vez fotocopiarán las instrucciones para que se hagan más máquinas Xerox, etc) y porque admitimos de antemano que pueden cometer errores en la transmisión de información (fotocopiado), proveen un ejemplo de un sistema evolutivo donde la transmisión de información juega el rol clave. Este es el modelo que le interesa a Spiegelman, pues él trabajaba con unidades auto-replicativas informacionales biológicas, id est, genes

#### IV. EL SISTEMA Q $\beta$ -REPLICASA Y SU IMPORTANCIA.

A mediados de los 60s, Spiegelman reportaba el aislamiento de una enzima del virus Q $\beta$ , que aparentemente era capaz de replicar 'in vitro' los genes del virus. Esto, que puede sonar a algo técnico o de detalle, revestía una gran importancia para la ciencia natural por razones fácilmente comprensibles. Pues, si efectivamente la enzima podría replicar el genoma viral, entonces se tendría por primera vez a la mano en un tubo de ensayo, un sistema auto-replicativo que, dado los escasos componentes, sería de gran simplicidad. Un sistema donde el acto reproductivo podría ser estudiado en detalle y, lo que es más importante, que podría ser sometido a diversas presiones selectivas en orden a estudiar su capacidad adaptativa e identificar los factores decisivos del proceso (Torres, 1995)

Príense, para entender mejor la cuestión, en la división de una célula. En esta división, los factores intervinientes son tan numerosos y de tan diferente naturaleza cada uno de ellos, que es prácticamente imposible manejar a voluntad dicho acto de duplicación en orden a averiguar la incidencia de cambios inducidos. En otras palabras, un sistema de replicación celular es demasiado complejo para un análisis con el propósito de investigar factores evolutivos en operación.

Pero ¿era el material genético del virus una entidad auto-replicante instructiva? Dicho de otro modo, ¿era él quien instruía a la enzima para que hiciera copias de él? ¿Cómo saberlo? La solución que dio Spiegelman al problema fue relativamente simple. En primer lugar, dio una definición operacional de entidad auto-replicativa instructiva y, en segundo, observó si el material genético del virus la satisfacía. Si tenemos en cuenta lo ya expuesto, no es difícil comprender que la definición operacional consiste en observar que, hace la máquina sintetizante cuando es provista con dos distinguibles variantes de una misma entidad. Si la copia es siempre la misma, eso es señal de que la máquina está diseñada para hacer copias sólo de un determinado tipo. En tal caso, la entidad que está siendo copiada, es sólo un estímulo para la actividad de la máquina. En cambio, si las copias generadas corresponden a la variante que inicia la copia, entonces el objeto es capaz de una 'self-instructive replication'. Como ya fue dicho, este tipo de objeto es 'conditio sine qua non' de un sistema evolutivo, ya que los "errores" serán transmitidos. En el caso de que la máquina haga sólo una determinada clase de copias no habrá posibilidades evolutivas.

Luego de arduos trabajos de laboratorio, el grupo de Spiegelman pudo probar más allá de toda duda que el RNA genómico del Q $\beta$  era quien ordenaba su propia síntesis a la enzima, esto es, era una entidad auto-replicativa instructiva.

## V. LA UNIDAD DE SELECCION DE LA EVOLUCION BIOLOGICA.

El hallazgo de Spiegelman permitió, por primera vez, tener un modelo natural para el estudio experimental de los comienzos de la evolución biológica que permitiera contestar a esta pregunta: "What evolutionary potentials are possessed by replicating nucleic acids molecules before their sequences code for information translatable into proteins?" Notemos que el objeto de investigación, su naturaleza y potencialidades, son para Spiegelman las entidades instructivas auto-replicantes. Ellas constituyen por lo tanto el sujeto del proceso selectivo y no las máquinas pasivas (en sentido informacional) a las que instruyen. Para Spiegelman, el proceso de evolución biológica forma un continuo en lo que hace a quienes instruyen la síntesis y a quienes llevan a cabo esa instrucción. Por tanto, son los genes los que se habren paso en la evolución o fracasan en ella. Todo radica en su habilidad para instruir su síntesis y construir las maquinarias adecuadas que sean eficaces para tal propósito. En resumen, es claro que, si se parte de un análisis como el que hizo Spiegelman, los genes resultarán la unidad o sujeto del proceso evolutivo. Creo que estas palabras de Spiegelman son demasiado claras para necesitar de explicaciones.

"Cells, as we know them, can be looked upon as inventions of nucleic acids to provide themselves with local environment optimally suited to provide the materials and conditions required for nucleic acid replication. Similarly, the evolution to the multicellular animal and plants can be interpreted as devices evolved to permit DNA to exploit all terrestrial space, including the land, seas, and the air. Until the last few years, one might well have wondered why DNN invented man. It is now evident that man was invented to provide DNA with the opportunity to explore extra-terrestrial possibilities for replication" (1971)

Similarmente, nos dice Dawkins. " genes work for their own benefit, using individual bodies as their agents" (1978), en una frase que resume su bien conocida tesis del gen o "replicator" como unidad de selección, la cual se oponía a los tradicionales criterios que daban a los organismos o fenotipos esa categoría (Hull, 1980). ¿Conoció Dawkins que ya su tesis había sido avanzada por Spiegelman? Dawkins (1988, p. 131/2) cita a Spiegelman, pero curiosamente refiere al artículo de 1967, en el cual se habla de las características del sistema Qa, pero no de sus implicancias teóricas, las que desembocan en la afirmación del gen como unidad selectiva. ¿Casualidad o causalidad? Sean cuales fueran las razones de la omisión, no creo que después de lo expuesto, puedan quedar dudas de la paternidad de la famosa tesis de 'The Selfish Gene'. Esa paternidad le pertenece a Sol Spiegelman, a despecho de los aportes de Dawkins y otros en el campo de la etología para corroborarla. Debe ser claro que el egoísmo en el comportamiento de los animales es la 'ratio cognoscendi' y no la 'ratio essendi' del gen como unidad de selección. Tal comportamiento se basa en la naturaleza autoreplicante e instructiva de este último.

## REFERENCIAS:

- DAWKINS, R. (1976) 'The Selfish Gene' (Oxford University Press, Oxford).
- DAWKINS, R.: (1978) "Replicator Selection and the Extended Phenotype", 'Zeitschrift der Tierpsychologie', 47: 61-76
- DAWKINS, R.: (1987) 'The Blind Watchmaker' (W-W Norton & Company, London/New York)
- HULL, D.: (1980) "Individuality and Selection" Annals Review of Ecology and Systematic, 11: 311-332
- SPIEGELMAN, S. (1971) "An Approach to the Experimental Analysis of Precellular Evolution", Quarter Review of Biophysics, 4: 213-254
- SPIEGELMAN, S. (1967) "An In Vitro Analysis of a Replicating Molecule", American Scientist, 55: 221-264.
- TORRES, J.M. (1995) "Competing Research Programmes on the Origin of Life", Journal for General Philosophy of Science, 26. 1-22
- VON NEUMANN, J.: (1966) Theory of Self-Reproducing Automata (University of Illinois Press, Urbana, Ill.)