

ARTÍCULO DE REFLEXIÓN/REFLECTION PAPER

HACIA UNA EPISTEMOLOGÍA EVOLUTIVA EXTENDIDA: LA RETROALIMENTACIÓN ENTRE VARIACIÓN Y SELECCIÓN

Toward an Extended Evolutionary Epistemology: Feedback Between Variation and Selection

David VELÁSQUEZ CARVAJAL¹; Jorge Antonio MEJÍA ESCOBAR¹.

¹ Grupo de investigación Conocimiento, Filosofía, Ciencia, Historia y Sociedad, Instituto de Filosofía, Universidad de Antioquia (UdeA). Calle 67 n°. 53-108, bl 12, of 408. Medellín, Colombia.

For correspondence. davidvelascma@gmail.com

Received: 6th February 2016, **Returned for revision:** 19th April 2016, **Accepted:** 23rd May 2016.

Associate Editor: Juan F. González.

Citation/Citar este artículo como. Velásquez Carvajal D, Mejía Escobar JA. Hacia una epistemología evolutiva extendida: la retroalimentación entre variación y selección. Acta biol. Colomb. 2016;21(3):473-480. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n3.55630>

Este artículo fue presentado por invitación de la Red Colombiana de Biología Evolutiva (COLEVOL) y la revista Acta Biológica Colombiana con el fin de incentivar la investigación en el área de biología evolutiva.

RESUMEN

Este artículo se sitúa en la perspectiva de la naturalización del conocimiento científico, toda vez que es un intento por caracterizar y describir la evolución del conocimiento a partir de nociones de la biología. El objetivo principal es responder si es posible sostener la analogía que propone la epistemología evolutiva (EE): que la evolución del conocimiento científico (ECC) es similar a la evolución orgánica (EO). La pregunta surge tras las críticas que han atacado el núcleo de la analogía. La respuesta es que la analogía sí se sostiene si se tienen en cuenta las relaciones de retroalimentación, y que es posible proponer a la luz de la síntesis extendida (SE), una teoría posterior que complementa la síntesis moderna (SM). Así, este trabajo comienza con una descripción del estado de la “epistemología evolutiva”, prosigue señalando por qué la síntesis moderna, que sirvió de base para su formulación, no es suficiente para fundamentar la epistemología evolutiva y finaliza proponiendo que es pertinente una modificación que puede describirse como “epistemología evolutiva extendida”.

Palabras clave: analogía, evolución, síntesis moderna, síntesis extendida.

ABSTRACT

This paper is situated from naturalized epistemology perspective. It is an attempt to describe the evolution of knowledge using the theoretical structure of the evolution of species. The main objective of this work is to address whether is it possible to maintain the analogy in evolutionary epistemology and which aspects of the evolution of knowledge are similar to organic evolution? This question arises after some critics against the nucleus of its formulation. The analysis presented in this work suggests that the evolution of the knowledge can be understand through an framework analogous to that of the theory of organic evolution. For this, is necessary to take into account novel feedbacks relations between variation and selection, which are part of the Extended Synthesis theory. In such way, this paper begins with an introduction to evolutionary epistemology. After that, it shows why modern synthesis theory is not enough to maintain this kind of epistemology. It ended with the idea of an extended evolutionary epistemology.

Keywords: analogy, evolution, modern synthesis, extended synthesis.



INTRODUCCIÓN

La epistemología evolutiva (EE) fue concebida por Karl Popper (1967) al tratar de explicar cómo evoluciona el conocimiento científico a través de la selección de la teoría que resista más intentos de refutación frente a una serie de variaciones (Popper, 1967; Macía, 2006). Así, Popper desarrolló una propuesta sobre la evolución de las teorías del conocimiento (Popper, 1995) similar a la explicación de cómo evolucionan las especies según la teoría neodarwinista de la selección natural (Huxley, 1963). En un texto que clarifica su propuesta, Popper argumenta que:

“La teoría de la selección natural neo-darwinista es una teoría de mutaciones, de mutaciones que son producidas ciega pero activamente por el organismo mismo; y de eliminación del error, producida parcialmente por choque interno y parcialmente por choque externo. Una mutación nueva y ciega es eliminada, ante todo si no se adapta al organismo [...] El estado existente de adaptación del organismo representa su estado existente de conocimiento sobre el mundo, de modo que la evolución de su ADN es la evolución del conocimiento del organismo”. (Popper, 1985, p. 30).

Popper resalta así el papel de las mutaciones y el azar (ceguera en las mutaciones) que impone la selección natural, de tal manera que podemos identificar especies que al ser seleccionadas heredan en su material genético una información importante y, a través de ella una manera de relacionarse con el mundo, un “conocimiento” (Wuketits, 1989; Mejía, 1989).

Según la analogía en EE, los mecanismos evolutivos de las especies y del conocimiento científico serían similares: la *variación* de los organismos es similar a la de las teorías; una vez que se producen variaciones, el ambiente *selecciona* la que concede ventajas y ésta se *hereda*. De acuerdo con esto, los científicos generan *ciegamente* teorías, hipótesis y conceptos¹, de manera similar a como varía el material genético (Campbell, 1997); solo algunas de esas variaciones se consideran avances respecto a las ideas ya existentes, de manera similar a como algunas variaciones de los genotipos repercuten de manera importante sobre el fenotipo, e influyen sobre su adecuación biológica. Tanto las teorías como los cambios fenotípicos son el resultado de una selección. Las teorías y los conceptos seleccionados se *transmiten* a otros

1 La variación ciega en las teorías es un punto controversial. Para puntualizar, Campbell (1997) hace referencia a la imprevisibilidad en las variaciones de las teorías, toda vez que si se expande el conocimiento más allá de lo que se conoce, no se tiene más elección que explorar sin el beneficio de la sabiduría previa. Aunque no es el objetivo de este texto entrar en detalle, es de señalar que para Campbell las ideas se producen con un sustrato que es el conocimiento acumulado y heredado, pero una nueva hipótesis, una nueva idea, es una variación no predeterminada, tal como una variación en el material genético, razón por la que el término ciego hace referencia a una variación injustificada.

científicos por medio de revistas especializadas, libros de texto y otros recursos pedagógicos; los fenotipos lo hacen mediante el material genético, de manera más precisa, a través del ADN (Ibídem).

Así, el poder argumentativo de la analogía en EE se sostiene por su relación con una serie de explicaciones lineales de la EO, que a su vez están basadas en la SM. Sin embargo, la analogía entre la EO y la ECC ha recibido críticas que debilitan su fuerza explicativa y, por ende, su posible papel heurístico como herramienta de desarrollo del medio intelectual en la ECC (Skagestad, 1978; Thagard, 1982).

Críticas

Para algunos autores (Simon, 1969; Skagestad, 1978; Thagard, 1982), la analogía propuesta por la EE entre la evolución del conocimiento y la EO es ciertamente sorprendente, pero solo en un nivel superficial, pues la variación y la selección de las teorías científicas difiere significativamente de sus contrapartidas en la evolución de las especies (cf. Thagard, 1982). La razón de su afirmación, se centra en la diferencia de los puntos cruciales en la teoría de la EO, diferencias que tienen que ver con la ceguera, la dirección o progreso (Callebaut y Pinxten, 1987), y el acoplamiento de la variación y la selección. Dado el objetivo de este escrito, se presenta a continuación lo relacionado con la pareja de elementos variación-selección. El progreso y el azar serán el núcleo de otra publicación que se halla en preparación.

Ceguera, variación y selección

De acuerdo a Thagard (1982), en referencia a la SM, las unidades de variación en las especies son los genes, y la variación se produce por *errores* en el proceso mediante el cual se replican. Puesto que los cambios en los genes generalmente son independientes de las presiones ambientales que sufre el individuo, suele decirse que la variación genética es fortuita, ciega. Por su parte, para Thagard (1982) es obvio que el desarrollo de nuevas teorías, hipótesis y conceptos en la ciencia no es ciego en ninguno de sus aspectos, pues no hay que suponer alguna lógica algorítmica del descubrimiento para entender que cuando los científicos formulan ideas novedosas, usualmente lo logran como resultado de un interés en problemas específicos.

Las diferencias aparentes entre la selección epistemológica y la biológica surgen, pues, de que la selección de teorías es llevada a cabo por agentes inteligentes que trabajan de común acuerdo y emplean un conjunto de criterios de validez, mientras que la selección natural es el resultado de tasas diferenciales de sobrevivencia de organismos que transmiten mecánicamente genes adaptativos. La diferencia entre las variaciones inteligentes y las ciegas está atravesada por la influencia del medio ambiente. En palabras de

Thagard, “a diferencia de la variación biológica, la variación conceptual depende de las condiciones ambientales” (1982, p. 286). Si bien la variación genética en los organismos no es inducida por las condiciones ambientales en las que el individuo lucha para sobrevivir, las innovaciones científicas son diseñadas por sus creadores para resolver problemas ya reconocidos por una comunidad científica. Por lo tanto, las innovaciones están correlacionadas con la solución de un problema de manera premeditada, de manera contraria a como Campbell dice que las variaciones ciegas no lo están. En la historia de la ciencia, la variación y la selección están “acopladas” en el sentido en que los factores responsables de la selección están relacionados con los que son responsables de la generación original de las variantes. En contraste, la variación y la selección de especies están desacopladas, pues de acuerdo a la SM, la variación es interna al material genético y la selección se da posteriormente por el ambiente (que no es material genético), es decir, el elemento que genera variación es diferente al que genera selección. Así, el eje de la SM: variación, selección y retención en la biología parecen distar de variación, selección y retención en las teorías científicas.

La EE, tal como es planteada por Popper y por Campbell, está basada en los principios de la SM. Desde el momento de esa formulación se han añadido a la teoría de la EO nuevos análisis que incluyen el reconocimiento de relaciones de retroalimentación entre el ambiente y el material heredable (Vollmer, 1987), y se ha aceptado que variación y selección tienen vínculos mutuos (materia de este texto), y que la variación en EO no es totalmente ciega ni azarosa porque se desarrolla gradualmente.

La SM no es suficiente

La SM es una ciencia de índole newtoniana (Callebaut y Pinxten, 1987) puesto que en mecánica clásica se sostiene que si los comportamientos de los elementos de un sistema difieren, alguna fuerza debe estar actuando sobre los elementos (Andrade, 2003; Rose, 2007). Una fuerza se reconoce por la manera como cambia el comportamiento. La innovación de Mendel fue considerar los fenotipos como comportamientos generados por fuerzas, y los “factores hereditarios” como los que ejercen fuerza sobre los fenotipos. El concepto original de “factor hereditario”, que da lugar al concepto de gen, está asociado a su acción sobre el fenotipo (e.g. Andrade, 2003). Desde entonces en biología los genotipos corresponden a una combinación ecléctica de causas eficientes y formales que dirigen los estados y comportamientos que presentan los organismos (fenotipos), esto es lo que denominamos —de acuerdo con Andrade (2003)— explicación mecanicista: se define la fuerza por el comportamiento observado y se explica el comportamiento por la fuerza (Andrade, 2006).

Las explicaciones causales y lineales en biología fueron inspiradas por la física clásica, donde el mecanicismo

produjo una manera propia de explicar los fenómenos (Ayala y Dobzhansky, 1983). Según Francisco Ayala (1983), uno de los logros importantes de Darwin es que nos permitió entender la historia de la vida de forma causal, y las explicaciones históricas como explicaciones causales. Sin embargo, algunos biólogos como Waddington (1941), Bertalanffy (1968), Piaget (1969), Eldredge y Gould (1972), Wagner (1989), Maturana (1992), Kauffman (2002), Hall (2002), Fox-Keller (2003), Eldredge y Gould (2003), entre otros, no se incorporaron a la explicación propia del mecanicismo clásico de la SM que reduce las variaciones a causas únicas como el cambio de una molécula (ADN), con lo que se explicaría la diversificación en el árbol de la vida. Con tal reducción se pierden propiedades como la emergencia de los seres vivos (Egidi, 1993), pues sus explicaciones son secuencias causales pero concebidas de forma independiente y con eventual interferencia entre unas y otras, interferencia que es producto del azar (Andrade, 2003). Por esto, el tipo de explicación mecanicista en biología atribuyó todo al azar: variaciones, mutaciones, selecciones, encuentros aleatorios entre el organismo y el medio (Piaget, 1969). Así, el neodarwinismo, que fue base de la EE, en el punto cumbre de la investigación fundada en los modelos mecánicos y físicos sobre la biología, proscribió todo finalismo externo (teleología) y lo reemplazó con una respuesta en términos de variaciones fortuitas sobre el genotipo y selección *a posteriori* sobre el fenotipo negando la influencia del medio ambiente en la variación (Monod, 1981).

El producto de diferentes investigaciones, cuyos resultados se esperaba que estuvieran determinados por la expresión genética, mostró que gran cantidad de rasgos fenotípicos no son explicables como variantes genéticas (en Darchin *et al.*, 2011). A pesar de que la teoría de la selección natural fue concebida en ausencia de un conocimiento empírico sobre la herencia (Darwin, 2001), la herencia es un concepto central en las teorías actuales sobre evolución. Con el desarrollo de la SM la herencia comenzó a ser equivalente a la transmisión de material genético de padres a descendientes (Mayr, 1982; Sarkar, 2006), constituyéndose en un mecanismo único de evolución a pesar de que la teoría de la selección natural hubiese sido concebida sin saber de la existencia de los genes. Al aceptar el ADN como la única forma de transmitir información a los descendientes, se desconoce una explicación completa en las formas de transmisión de la información, y se reduce la explicación de los mecanismos de variación a la ocurrencia de mutaciones genéticas y recombinaciones (Stotz, 2014). Aunque tal mecanismo de herencia sea preponderante en numerosas ocasiones, no es el único (Gontier *et al.*, 2006).

Existen diversos puntos que muestran evidencia experimental usada en la SE para argumentar que hay fallas en la SM (Gontier *et al.*, 2006; Folguera y Marcos, 2013; Velásquez y Mejía, 2016). Entre los más relevantes mencionamos cuatro: 1) *la endosimbiosis como mecanismo clave*

en la evolución de las primeras formas de vida, y 2) el equilibrio puntuado, son argumentos no gradualistas sobre la selección natural que chocan con el paradigma neodarwiniano que niega toda herencia de caracteres adquiridos y se basa en procesos graduales, mientras que los procesos endosimbióticos son bruscos, no graduales (Eldredge y Gould, 1972; Margulis 2003); 3) la herencia de modificaciones epigenéticas que muestra que la variación fenotípica no se da solo por variación en los genes sino también en su mecanismo de expresión. Hay evidencias que muestran que las modificaciones epigenéticas son inducidas muchas veces por el medio ambiente y que además pueden ser heredadas y afectar el desarrollo de la progenie (Cubas, 1999; Hall, 2003; Champagne y Meaney, 2006; Champagne y Meaney, 2007; Galloway y Etersson, 2007; Berger *et al.*, 2009; Bonduriansky, 2009; Curley, 2009); y 4) La importancia de la relación ontogenia-filogenia en el proceso evolutivo.

El campo de Evo-Devo ha sido el principal contribuyente a esta nueva forma de pensamiento sobre la unión entre los genes y las formas, con el aporte de que el desarrollo y la diversificación requieren interacciones espacio-temporales en la expresión de algunos genes, en vez de la mutación ciega en genes estructurales (Carroll, 2008; Gould, 2010; Étienne, 2011). Pero el retorno de la ontogenia al centro de la agenda evolucionista no podía dejar de ser problemático: además del cuestionamiento de la centralidad de la teoría de la selección natural en el edificio de la biología, y además de afirmar que la ontogenia no es un producto más de la filogenia, Evo-Devo añade una reformulación de la EO toda vez que reconoce a la ontogenia como fuente de variación preponderante y no como caso aislado (Mikhailov, 2005; Caponi, 2012), veamos.

El marco teórico de la SM reposa en una población de genes centrales y describe cómo la relación entre herencia, variación y reproducción afecta las dinámicas de la población. En contraste, Evo-Devo establece cómo las relaciones entre genes, células e interacciones durante el desarrollo afectan los fenotipos en evolución. Así, Evo-Devo no invalida el campo de la SM, pero le añade un nivel de explicación. Con esta nueva ola de pensamientos, se ha propuesto en la SE una redefinición de la evolución:

The process by which the frequencies of variants in a population change over time, where the word 'variants' replaces the word 'genes' in order to include any inherit information, be it genetic or non-genetic and with continuous or discontinuous effects. Obviously, this term encompasses genes, but also all the other inheritance (Darchin, 2011, p. 483).

Evo-Devo reconoce que es en la ontogenia donde ocurren los cambios más relevantes para la filogenia (Carroll, 2008), y que los organismos vivientes no evolucionan para encajar en ambientes pre-existentes, sino que co-construyen y co-evolucionan con sus ambientes, cambiando en el proceso la

estructura del ecosistema que los moldea (Hall, 2003). Esto quiere decir que el ambiente no es indiferente a la acción del organismo individual. Este último tiene un efecto sobre él y lo modifica, por supuesto sin intencionalidad, pero lo modifica (lo retroalimenta). El ambiente no es el mismo con y sin el organismo (Wuketits, 1989).

Algunas de las conclusiones más interesantes de los estudios muestran entonces que la variación en EO no es del todo aleatoria (Gould, 2003), que no solo hay herencia debido a los genes (Hall, 2003), y que existen múltiples rutas de relación entre los organismos y el ambiente (Darchin, 2011).

Los ambientes, particularmente el ambiente en el cual se da el desarrollo, no solo seleccionan entre las variaciones, sino que también crean nuevas variaciones al influenciar el desarrollo a través de la transmisión confiable de información no genética pero heredable (Sterleny, 2010). De esta manera, los fenotipos están abiertos tanto a la influencia del genotipo como a la influencia del medio ambiente, y cualquier rasgo fenotípico es resultado de la interacción entre factores genéticos y factores ambientales (Andrade, 2006).

La explicación causal basada en el mecanicismo es entonces insuficiente e insatisfactoria como respuesta al cómo evolucionan las especies, esencialmente porque el reduccionismo pone el énfasis en las variaciones sobre el único material que reconoce como heredable y pierde de foco las propiedades emergentes (Egidi, 1993). Resulta necesaria ahora la inclusión de explicaciones causales basadas en bucles de retroalimentación (Vollmer, 1987). El cambio de una explicación lineal y unidireccional hacia otra basada en la retroalimentación se da tras la reinterpretación actual de la relación ambiente-genoma-fenotipo (Andrade, 2003). Tal cambio ha sido propuesto también para la EE (Vollmer, 1993).

Para redondear, el bucle de retroalimentación (autorreferente) que se genera en la relación ambiente-organismo, introduce un tipo de "explicación circular" en los mecanismos evolutivos. Desde esta perspectiva, la analogía en EE es sostenible si se tiene en cuenta la explicación de circularidades, necesaria para dar cuenta de la evolución en los sistemas vivos y en el conocimiento científico. Donde Thagard ve una relación lineal desacoplada entre variación y selección en la EO, acá se interpreta, a la luz de la SE, que se trata de elementos acoplados y ello permite reafirmar una analogía basada en circuitos para la EE.

Retroalimentación en el conocimiento científico

A continuación se presenta una breve explicación sobre cómo evoluciona la epistemología² desde la perspectiva de la analogía en EE con una SE.

2 El uso del término *epistemología* indica que se va a hablar específicamente sobre el conocimiento científico.

Así como en la EO, de acuerdo a la SE, las variantes en los organismos pueden ser generadas por el ambiente, y a su vez el ambiente puede tener cambios generados por los organismos, como en la simbiosis (Margulis, 2003; Gontier, 2006), es posible que haya cambios semejantes en la ECC. En la EO, las variantes son cambios derivados de lo que ya existía, es decir, generalmente no son creaciones completamente novedosas. La ECC no es explicada solamente por la SM. Es necesaria una aproximación no adaptacionista (Gontier, 2006). En tal aproximación, la evolución no escapa a los mecanismos de retroalimentación (Vollmer, 1993). Las teorías científicas, a medida que se desarrollan, vuelven sobre viejas ideas, hipótesis y experimentos que utilizan explicaciones que fueron usadas en teorías anteriores para originar o modificar las actuales. Asimismo, los científicos que comienzan a hacer parte de una comunidad particular, están influenciados por los estilos (Kusch, 2000) y los intereses de tal comunidad (Shapin, 1980; Barnes, 1981), pero a su vez pueden generar cambios sobre la comunidad, sea como producto de hallazgos científicos o de nuevos intereses que emerjan. Es posible afirmar, entonces, que el conocimiento actual es producto de redes de interacción entre disciplinas, teorías y comunidades, que permiten el regreso y las interrelaciones entre otras teorías y comunidades para que en un momento, dependiendo de sus circunstancias, explique algún tipo de fenómeno natural.

Al decir que las teorías científicas son contingentes para su época, se afirma que el conocimiento científico no se establece *exclusivamente* por refutaciones experimentales puras, ni de acuerdo solamente a un “método científico”, sino que involucra factores sociológicos (ambientales) tales como la infradeterminación, los intereses sociales (Duhem, 1965; Bloor 1996), los estilos científicos (Kusch, 2000) y las interpretaciones (Shapin y Schaffer, 1985).

Los factores sociológicos recién mencionados deben ser tenidos en cuenta a la hora de explicar cómo evoluciona el conocimiento científico. La hipótesis de infradeterminación (Bloor, 1996) afirma que dada una teoría científica sobre un hecho particular, existe(n) otra(s) teoría(s) que puede explicar el mismo hecho, por lo que se sustenta que la experiencia *per se* es insuficiente para encontrar la solución al problema que intenta resolver cada teoría. Un ejemplo concreto y aplicable de ello, es justamente el de la evolución de la vida: hay quienes están en pro de una evolución mediada por el ambiente y quienes afirman que la herencia sólo está determinada por el material genético. Aunque hay otras teorías, es poco probable que un solo experimento pueda reesultar crucial para solucionar tal disputa.

Los estilos científicos, los intereses, las interpretaciones y la clasificación han sido ampliamente discutidos por autores de la sociología del conocimiento científico (Knorr, Krohn, and Whitley, 1980; Barnes, 1981; Bloor, 1996; Kusch, 2000; Abraham, 2008). Si la cognición científica o los procesos

de conocimiento estuvieran determinados únicamente por la experiencia o por la razón, entonces la imagen de núcleo (lo cognitivo o las teorías, es decir, *lo interno*³) y corteza (lo social, lo ambiental o *lo externo*) proporcionaría la descripción apropiada del modo en que la ciencia y la sociedad se constituyen y se relacionan. Sin embargo, la práctica científica y sus productos teóricos están igualmente conformados y determinados por elementos sociales. El conocimiento científico presupone, en primer lugar, procesos de aprendizaje por ostensión y generalización, por medio de los cuales el científico adquiere y aprende a usar el conocimiento teórico que es patrimonio de su comunidad. En segundo lugar, las clasificaciones que el científico individual hace son evaluadas a partir de patrones de interacción social y, en tal sentido, su incorporación a una práctica depende de acuerdos colectivos (que no son arbitrarios) de la comunidad (cf. Barnes, 1981). Y en tercer lugar, la naturaleza convencional de la clasificación hace del conocimiento científico una institución social, esto es, el resultado de una práctica cognitiva con patrones y modos de coordinación que la hacen rutinaria, social y estable, tales como la autoridad y los intereses (cf. Barnes, 1981, p. 324-325).

El aspecto que tiene que ver con *los intereses y estilos* es de particular importancia, pues son un componente de la actividad científica que orienta y determina los actos mismos de clasificación. Para la sociología del conocimiento, la creación de teorías científicas, los trabajos experimentales, las formas de distribución y control del conocimiento, etc., están siempre guiados o conducidos por propósitos, estilos e intereses de quienes practican la ciencia (Barnes, 1981; Bloor, 1996). Además, los científicos son miembros no solo de un grupo que hace una práctica cognitiva específica sino de la sociedad amplia a la que pertenecen, y por eso están *interesados* tanto en los objetivos de su disciplina como en los fines y usos que la sociedad atribuye a su práctica específica.

Según se ha señalado, el ambiente desempeña un papel determinante en la evolución de las especies (Vollmer, 1987; Gontier, 2006; Richards, 2006; Pigliucci, 2010), tal como la sociedad lo hace en la ECC. De acuerdo a esto, los factores sociales guardan una analogía con los factores ambientales de la EO. Esta tesis no pretende propiamente buscar isomorfismos en la concepción del ambiente para el organismo y para la sociedad sino más bien señalar que así como las variables ambientales intervienen en los cambios biológicos, las variables sociológicas (infradeterminación, intereses, clasificación y estilos científicos) intervienen en los cambios de las teorías científicas (Duhem, 1964; Bloor, 1996; Kusch, 2000). Así como el modelo propuesto por Hodkin y Huxley (Hodkin, 2002), que se basa en la analogía entre las neuronas y los sistemas eléctricos, reconoce diferencias que

3 De manera análoga se relaciona lo interno con los procesos cognitivos para la ECC y el ADN es lo interno para la EO.

saltan a la vista (una neurona no es un cable eléctrico), la EE presenta diferencias con la EO que deben ser clarificadas, pero la analogía no pierde por ello su valor.

CONCLUSIONES

Con lo que se ha expuesto en este trabajo, se ha tratado de justificar que, como la elección de conjeturas científicas es dependiente de un contexto social y por ende de la época de su formulación y aceptación, la evolución del conocimiento es contingente en función de tal contexto. Como la evolución es afectada por las circunstancias, la contingencia hace impredecible puntualmente la dirección que tomarán las teorías, es decir, imposibilita predecir su evolución. Es posible afirmar también, como consecuencia de la indeterminación predictiva, que el azar, en cuanto característica de las construcciones teóricas que guarda en potencia alternativas emergentes (y por tanto impredecibles), debe ser tenido en cuenta como factor presente en la evolución del conocimiento científico. “El azar es creativo” (Mandelbrot, 1996).

Para terminar, surge, entonces la pregunta ¿Por qué es importante afirmar que hay analogía entre la EO y la ECC?.

El principal valor para sostenerla está en la posibilidad de: 1) generar preguntas similares en sistemas similares; 2) pensar que habrá respuestas similares a problemas similares; 3) utilizar conceptos y mecanismos explicativos basados en un razonamiento por extrapolación (aunque deben ser revisados con sumo cuidado). En este caso, las preguntas generales sobre cómo evolucionan las especies y cómo evoluciona el conocimiento científico, muestran características similares. Para la filosofía de la ciencia son útiles las explicaciones de algunas teorías científicas, particularmente la teoría de la SE a partir de la que se generan conceptos que pueden ser utilizados para responder de una manera más ajustada cómo evoluciona el conocimiento científico. Esto, es tarea de una epistemología evolutiva que tenga en cuenta los argumentos de la SE.

REFERENCIAS

- Andrade LE. Los demonios de Darwin. Semiótica y termodinámica de la evolución biológica. 2a Ed. Bogotá: Unibiblos; 2003. 110 p.
- Andrade LE. Más allá de la dualidad “genotipo-fenotipo”. Complejidad y autorreferencia. *Ludus vitalis*. 2006;14(25):3-23.
- Ayala FJ, Dobzhansky T. Variación injustificada y retención selectiva en los descubrimientos científicos. *Estudios sobre la filosofía de la biología*. Barcelona: Ariel; 1983. p. 188-217.
- Barnes B. On the Conventional Character of Knowledge and Cognition. *Phil Soc Sci*. 1981;11:303-333. Doi:10.1177/004839318101100303
- Bertalanffy LV. *General System theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller; 1968. 160 p.
- Berger SL, Kouzarides T, Shiekhattar R, Shilatifard A. An operational definition of epigenetics. *Genes Dev*. 2009;23(7):781-783. Doi:10.1101/gad.1787609
- Bloor D, Barnes B, Henry J. *Scientific knowledge: a sociological analysis*. Chicago: University of Chicago; 1996. p. 234 -245.
- Bonduriansky R, Day T. Nongenetic Inheritance and Its Evolutionary Implications. *Annu Rev Ecol Evol Syst*. 2009;40:103-125. Doi:10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173441
- Campbell D. Variación injustificada y retención selectiva en los descubrimientos científicos. In: Ayala F, Dobzhansky T, editors. *Estudios sobre la filosofía de la biología*. Barcelona: Ed. Ariel; 1983. 15 p.
- Campbell D. *Epistemología evolucionista*. Compilación de Sergio Martínez F, León O. México: Ed. Paidós; 1997. p. 43-100.
- Caponi G. Aproximación epistemológica a la biología del desarrollo. México: Centro de estudios filosóficos, políticos y sociales Vicente Lombardo Tadeo Lozano; 2012. p. 15-123.
- Champagne FA, Meaney MJ. Stress during gestation alters postpartum maternal care and the development of the offspring in a rodent model. *Biol Psychiatry*. 2006;59(12):1227-1235. Doi:10.1016/j.biopsych.2005.10.016
- Carroll SB. Evo-devo and an expanding evolutionary synthesis: A genetic theory of morphological evolution. *Cell*. 2008;134(1):25-36. Doi:10.1016/j.cell.2008.06.030
- Callebaut W, Pinxten R. *Evolutionary epistemology: A multiparadigm program*. Netherlands: Reidel Publishing company; 1987. Vol 190. p. 11, 44, 330.
- Champagne FA, Meaney MJ. Transgenerational effects of social environment on variations in maternal care and behavioural response to novelty. *Behav Neurosci*. 2007;121:1353-1363. Doi:10.1037/0735-7044.121.6.1253
- Cubas, P, Vincent C, Coen E. An epigenetic mutation responsible for natural variation in floral symmetry. *Nature*. 1999;401:157-161. Doi:10.1038/43657
- Curley J, Davidson S, Bateson P, Champagne F. Social enrichment during postnatal development induces transgenerational effects on emotional and reproductive behavior in mice. *Front Behav Neurosci*. 2009;3:1-14. Doi:10.3389/neuro.08.025.2009
- Darchin E, Charmantier A, Champagne F, Mesoudi A, Blanchet S. Beyond DNA: integrating inclusive inheritance into an extended theory of evolution. *Nat Rev Gen*. 2011;12(7):475-86. Doi: 10.1038/nrg3028
- Darwin C. *El origen de las especies*. Barcelona: Edicomunicación; 2001. 61 p.

- Duhem P. In: Shapere D. *Physical theory, mathematics and experiment: Philosophical problems of Natural Sciences*. London: MacMillan; 1965. p. 91-101.
- Egidi R. In: Radnitzky G, Bartley W. *Emergence, reduction, and evolutionary epistemology: a commentary: evolutionary epistemology, rationality, and the sociology of knowledge*. Illions: Chicago and Lasalle; 1993. p. 157-163.
- Eldredge N, Gould SJ. In: Schopf Th JM., editor. *Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism: Models in paleobiology*. San Francisco: Freeman Cooper and Co; 1972. p. 82-115.
- Folguera G, Marcos A. El concepto de especie y los cambios teóricos en biología. *Ludus Vitalis*. 2013;XXI(39):1-25.
- Fox-Keller E. *Making sense of life. Explaining biological development with models, metaphors, and machines*. Mass: Harvard Un. Press; 2003. 210 p.
- Galloway FL, Etersson JR. Transgenerational plasticity is adaptive in the wild. *Science*. 2007;318:1134-1136. Doi:10.1126/science.1148766
- Gould SJ. *Gould esencial. Recopilación de ensayos*. Barcelona: Editorial Crítica; 2003. p. 81-90.
- Gould SJ. *Dientes de gallina y dedos de caballo*. Barcelona: Darakontos bolsillo; 2008. p. 181-193.
- Gontier N, Van Bendegem J, Aerts D. *Evolutionary epistemology, language and culture. A non-adaptationist, Systems Theoretical Approach*. Netherlands: Springer; 2006. p.195, 200.
- Hall B. *Evo-Devo: evolutionary developmental mechanisms*. *Int J Dev Biol*. 2003;47:491-495. Doi:10.1387/ijdb.140332m
- Hocking W. *Analogy and scientific method in philosophy*. *Journal of Philosophy*. 1910;7(6):161.
- Huxley J. *Evolution: the modern synthesis*. London: Allen y Unwin. 1963. 140 p.
- Kauffman S. *Investigations*. Oxford: Oxford Univ Press; 2002. 80 p.
- Knorr K, Krohn R, Whitley R. The social process of scientific investigation. *Sociology of the Science*. 1980;IV:3-23.
- Macía R. La selección racional del conocimiento. *El Darwinismo Epistemológico de Karl Popper*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas; 2006:12-45.
- Kusch M. *The sociology of philosophical knowledge*. Cambridge: Springer; 2000. p. 15-61.
- Mandelbrot B. *Del azar benigno al azar salvaje. Investigación y ciencia*. 1996;243:14-20.
- Margulis L. *Una revolución en la evolución*. Valencia: Universidad de Valencia; 2003. 11 p.
- Maturana H, Mpdozis MJ. *Origen de las especies por medio de la deriva natural o la diversificación de los linajes a través de la conservación y cambio de los fenotipos ontogénicos*. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Santiago: Universidad de Chile; 1992. 70 p.
- Mayr E. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. Mass: Harvard University Press. 1982. 992 p.
- Mejía JA. *De la ameba a Einstein: Un estudio sobre Karl Popper*. Medellín: Universidad de Antioquia; 1989; 2, 24 p.
- Mikhailov A T. Putting evo-devo into focus. An interview with Scott F. Gilbert. *Int J Dev Biol*. 2005;48:9-16. Doi:10.1387/ijdb.041972am
- Monod J. *El azar y la necesidad*. Séptima ed. 2007. Barcelona: Ed. Tusquets; 1981. p. 80-98.
- Piaget J. *Biología y conocimiento*. Barcelona: Siglo veintiuno editores; 1969. p. 120-140.
- Pigliucci M, Müller G. *Evolution, the extended synthesis*. Mass: MIT press; 2010.
- Popper K. *Conjeturas y refutaciones*. Cuarta edición. Barcelona: Paidós; 1967. 110 p.
- Popper K. *Pensamiento y experiencia, y epistemología evolucionista; o ¿cómo consiguieron los lince su visión aguda?*. Traducción Jorge Antonio Mejía. Medellín: Revista Universidad de Antioquia, 1985;208:27-31.
- Popper K. *Hacia una teoría evolutiva del conocimiento*. In: *Escritos selectos*. México: Fondo de cultura económica; 1995. 95 p.
- Richards E. J. *Inherited epigenetic variation—revisiting soft inheritance*. *Nature Rev Genet*. 2006;7:395-401. Doi:10.1038/nrg1834
- Rose M, Oakley T. *The new biology: beyond the modern synthesis*. *Biology direct*. 2007;2(30):1-17. Doi:10.1186/1745-6150-2-30
- Sarkar S. *From genes as determinants to DNA as resource: historical notes on development and DNA*. In: *Genes in Development: Rereading the Molecular Paradigm*. Neumann-Held EM, Rehmann-Sutter C, editors. Carolina del Norte: Duke University Press; 2006. 20 p.
- Skagestad P. *Taking evolution seriously: Critical comments on D.T. Campbell's Evolutionary Epistemology*. Oxford: The Monist; 1978. p. 611-21.
- Shapin S. *Social Uses of Science*. In: *Rousseau GS, Porter R, editors. The Ferment of Knowledge*. Cambridge: CUP; 1980:140-230.
- Shapin S, Schaffer S. *Leviathan and the air-pump. Hobbes, Boyle and the experimental life*. Princeton: Princeton University Press; 1985.
- Sterelny K. *Minds: extended or scaffolded? Phenomenol Cogn Sci*. 2010;9:465-481. Doi:10.1007/s11097-010-9174-y
- Stotz K. *Extended evolutionary psychology: the importance of transgenerational developmental plasticity*. *Frontiers Psychol*. 2014;5:908. Doi:10.3389/fpsyg.2014.00908
- Thagard P. In: *Epistemología evolucionista*. Martínez SF, León Olivé, editors. *Contra la epistemología evolucionista*. Ciudad de México: Ed. Paidós; 1982. p. 285-290.

- Velásquez D, Mejía JA. Hacia una epistemología evolutiva (tesis de maestría). Medellín: Instituto de Filosofía, Universidad de Antioquia. 2016; 134 p.
- Vollmer G. In: Callebaut W, Pinxten R, editors. What evolutionary epistemology is not: Evolutionary epistemology: A multiparadigm program. Netherlands: Reidel Publishing company; 1987. p. 222.
- Vollmer G. In: Radnitzky G, Bartley WW III, editors. On supposed circularities in an empirically oriented epistemology: evolutionary epistemology, rationality, and the sociology of knowledge. Illinois: Chicago and LaSalle; 1993. p. 163-200.
- Waddington C. Evolution of developmental systems. *Nature*. 1941;147:108-110. Doi:10.1038/147108a0
- Wagner G. Origin of Morphological Characters and the Biological Basis of Homology. *Evolution*. 1989;43(6):1157-1171. Doi:10.2307/2409354
- Wuketits F. La evolución como proceso cognoscitivo: hacia una epistemología evolucionista. Viena: Univ. de Viena, Taula; 1989. p. 191-206.