
LA VIGENCIA DEL DARWINISMO.
HACIA UNA
INTEGRACIÓN BIOSEMIÓTICA

EUGENIO ANDRADE

ABSTRACT. The prescription “natural selection of random variations”, has been challenged by Developmental Systems Theory (DST), announcing the formulation of an expanded evolutionary theory that would surpass Neo-Darwinism. Notwithstanding, Darwinism maintains its validity since its theoretical body based on three principles, Variation (V), Heredity (H) and Natural Selection (S), is susceptible to ever wider and deeper interpretations. DST provides a foundation for a semiotic interpretation that shows how the three irreducible connected terms V, H and S are specific realizations of the three universal categories (*Firstness, Secondness and Thirdness*) formulated by C. S. Peirce. Evolution by “natural abduction” or “individual choice structurally determined and executed with insufficient information”, is a consequence of the irreducibility of this triadic relation.

KEYWORDS. Natural selection, variation, heredity, Developmental Systems Theory, biosemiotic, Peirce, natural abduction.

1. UN MARCO SEMIÓTICO PARA EL EVOLUCIONISMO

La búsqueda de una teoría unificada (TU) de la evolución ha enfrentado dos obstáculos: 1) la individualidad, exclusividad y singularidad de los seres vivos, y 2) la autorreferencia, el cambio permanente y la autopoiesis, como propiedades invariantes de la vida. El darwinismo ha jugado el papel de una TU, pero considerando que la ley de selección natural se debe a una analogía con un proceso de selección consciente dirigida artificialmente y con la supervivencia de los más aptos en la lucha por los recursos escasos, no puede equipararse a una ley determinista, sino a un principio explicativo más general carente de poder predictivo. La selección natural requiere de la preexistencia de variantes a nivel de la población, y de un mecanismo de herencia. Los tres principios: variación, herencia y selección, dan fundamento al darwinismo, a pesar de los diferentes modos de percibir las causas de la variación, los mecanismos de herencia y el papel de la selección natural.

Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. / leandradel@unal.edu.co

1.1. LA DISTINCIÓN INTERNO-EXTERNO Y EL TIEMPO INDIVIDUAL

La distinción lamarckiana entre lo "interno" y lo "externo" fue una condición necesaria para la legitimación del discurso biológico, al confinar lo viviente a un dominio interno diferenciado del mundo externo inorgánico. La organización interna manifestada en *sentimientos e impulsos* capacitaba a los organismos para reaccionar a las influencias del medio externo (Lamarck 1803). En consecuencia, las transformaciones de las formas de vida se asimilaban a procesos embriológicos tendentes a mayores grados de diferenciación y complejidad influidos por factores internos y externos. Este planteamiento dio fundamento a la interpretación neolamarckiana del darwinismo que gira entorno a la recapitulación, según la cual, la ontogenia recapitula de modo breve y comprimido la filogenia (Haeckel 1879). El hecho de que las formas de vida extinguidas se asemejen a los embriones de las formas actuales obedece a una ley, y por tanto debería existir un ancestro común, cuya estructura arcaica podría identificarse a través de la embriología (Darwin 1859).

En consecuencia, la variación evolutiva ocurre como respuesta de los organismos a un estímulo ambiental, de tal manera que las variaciones ocurren bajo los efectos de las condiciones de vida sobre los *hábitos* de los organismos, quienes mediante el uso y desuso producen modificaciones morfológicas. Estos cambios ocurren en adultos jóvenes y tienden a aparecer en la descendencia en etapas anteriores, permitiendo la acumulación de variaciones con el paso del tiempo. Así, la evolución de las especies es análoga al desarrollo embrionario donde se van adicionando etapas, como respuestas dirigidas al medio ambiente (Richards 1992). La herencia es consecuencia de una tendencia a fijar estas modificaciones en la ontogenia como etapa adicional. La selección natural premia a los organismos que respondieron adecuadamente a las exigencias del medio y como resultado la evolución conduce hacia incrementos de organización y complejidad.

1.2. LA DISTINCIÓN INDIVIDUAL POBLACIONAL Y EL TIEMPO GLOBAL

Darwin, además, introdujo la distinción entre lo individual y lo poblacional, cuya formalización requirió de la adopción de los métodos de la mecánica estadística. Desde entonces, la selección natural se convirtió en la causa principal de la transformación. La teoría evolutiva por selección natural reconstruye un escenario pasado e infiere unas ventajas adaptativas para los caracteres seleccionados, postulando una serie de etapas en las que se presentaban diferentes opciones y sólo una fue favorecida.

La idea del gen como entidad fundamental, discreta y cerrada a influencias externas, orientó el estudio de la evolución hacia la investigación de los cambios en la composición genética de las poblaciones. Esta aproximación condujo a un formalismo matemático, pero, por otro lado, indujo a que los organismos se concibieran como seres no autónomos, determina-

dos por dos causas opuestas, el genoma (G) y el medio ambiente (E) (Andrade 2003). Mientras los organismos no sean concebidos como agentes procesadores y usuarios de información, los factores “aleatorios” y “deterministas” se confinan a propiedades exclusivas de G o E sin precisar las contribuciones específicas de cada uno. Además, al eliminar las causas finales se arrasó de paso con el comportamiento autónomo e intencional de los organismos.

Others have objected that the term selection implies conscious choice in the animals which become modified; and it has even been urged that as plants have no volition, natural selection is not applicable to them. In the literal sense of the word, no doubt, natural selection is a false term... Everyone knows what is meant and implied by such metaphorical expressions; and they are almost necessary for brevity. So again it is difficult to avoid personifying the word Nature (Darwin 1859: 91-92).

... the term selection is unfortunate because it suggests that there is some agent in nature who deliberately selects (Mayr 1997).

Si la selección natural es una metáfora, la evolución de las especies debería acomodarse a una interpretación newtoniana del darwinismo, donde la selección natural se equipara a una fuerza externa a los organismos que contrarresta las tendencias ciegas o inerciales a variar y a reproducirse más allá de los recursos, restableciendo el equilibrio entre la variación que es dispersiva y la selección que restringe, y entre los organismos y los recursos del nicho ecológico.

En el caso contrario, no debemos temer el recurso a principios explicativos con connotaciones cognitivas. No es suficiente con que la diversidad de variantes azarosas en la población haga que la selección natural incremente la frecuencia de las acertadas, *como si* los organismos hubieran resuelto los problemas planteados por las condiciones de vida, sino que es importante reconocer que varían, también, de acuerdo a las condiciones del medio.

La distinción individual-local/poblacional-global permite ver la evolución como un proceso análogo a un sistema intencional, en el cual la población jugaría el papel de un sujeto no localizable y, por tanto, requiere de una teoría de la intencionalidad que sólo la semiótica puede ofrecer. Sin embargo, el neodarwinismo ignoró el ámbito de lo interno, restringiéndose al dominio de lo externo poblacional (los cuadrantes B y D de la figura 1 de la página siguiente), a pesar de que Darwin se acercó al internalismo cuando intentó dar una explicación embriológica de la variación evolutiva, estuvo de acuerdo con la recapitulación y discutió la posibilidad de las variaciones dirigidas por medio del uso y desuso. Además, indagó sobre la adquisición de hábitos y el origen de los instintos y lanzó conjeturas

sobre la influencia de la acción de los organismos en respuesta a las condiciones de vida, en la formación del material hereditario o las gémulas reproductivas (Depew y Weber 1995; Richards 1992).

Peirce vio en el darwinismo el esbozo de un sistema general de pensamiento y por eso quiso aplicarlo a dos campos aparentemente disímiles: la cosmología y la evolución de las ideas (CP 6.15). Podríamos decir que Darwin anticipó la ontología de Peirce, basada en tres categorías universales. La *Primeridad*, que abarca la aleatoriedad, la potencialidad, la posibilidad de evolucionar, los impulsos internos, la variación. La *Segundidad* cobija al determinismo, la estructura discreta realizada, la actualidad manifestada como estabilidad y herencia. La *Terceridad*, que corresponde a la agencia activa de la naturaleza, el hábito, la regularidad, la costumbre, la interpretación, la continuidad, la selección natural. El *Tercero* media entre el *Primero* y el *Segundo*, a la vez que reaviva la potencialidad dentro de un esquema lógico circular. Esta categoría introduce una intencionalidad en los procesos naturales responsable de una evolución abierta e impredecible que nada tiene que ver con el determinismo de la teleología tradicional. A partir de las tres categorías, resultan seis relaciones que tomadas en conjuntos funcionales de a tres dan lugar a los signos o realidades morfológicas (Taborsky 2002, 2004; Andrade 2007).

- A) Azar: energía disponible, información posible, indeterminación, espontaneidad, potencialidad referidas a un momento presente en un espacio interno-local (cuadrante A).
- B) Determinación: objetos discretos (átomo, gen, célula, organismo, etc.) referido a un tiempo pasado en un espacio externo-local (cuadrante B).
- C) Códigos de información: procesos de recolección de información y su codificación digital ¹en redes compartidas por la población a distintos niveles, los cuales determinan las propensiones futuras y las innovaciones. Corresponde a un tiempo presente continuo en un espacio interno-global (cuadrante C).
- D) Selección natural: *fitness* o regularidades estadísticas referidas a un tiempo presente continuo en un espacio externo-global (cuadrante D).
- E) Elección individual: interfase dinámica representada por la intersección en el cruce de los ejes X-Y. Posibilita el establecimiento de una red de conexiones y traducción entre códigos.
- F) Formación de hábitos: principio de continuidad y regularidad no delimitable ni espacial, ni temporalmente.

El darwinismo enfrenta dificultades porque se ha querido interpretar bajo el trasfondo una filosofía mecánica, dualista, donde la materia y la mente se ven como sustancias distintas que operan de modo sincronizado por una armonía prestablecida. A pesar de todo, el darwinismo avanza por saltos que se presentan cuando surgen nuevas fuentes de observación y/o

nuevas maneras de interpretar los resultados experimentales, pero para profundizar en este programa científico es necesario proponer una lógica evolutiva que favorezca una integración, más que la formulación de una TU.

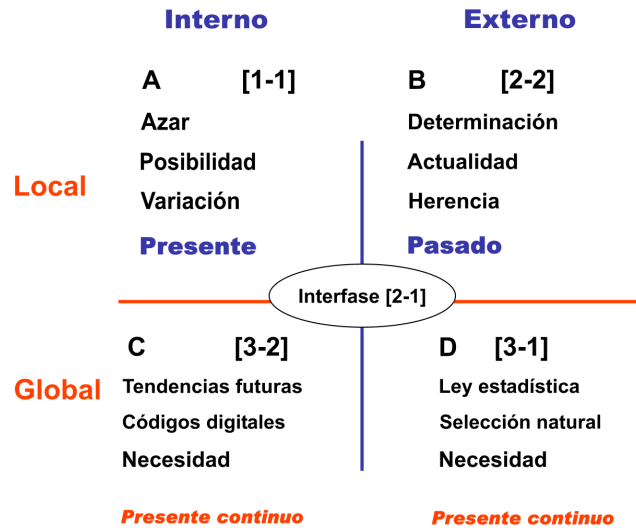


FIGURA 1. Cuadrante lamarckiano/neodarwiniano (modificado a partir de Taborsky 2004 en Andrade 2007). El eje Y se refiere al corte lamarckiano y el X al neodarwiniano. Este esquema muestra al darwinismo como un caso específico de la ontología de Peirce basada en tres categorías universales (*Primeridad*, *Segundidad* y *Terceridad*) y las seis relaciones derivadas A, B, C, D, E (interfase); F (cubre todo el espectro).

2. LA TEORÍA DE SISTEMAS EN DESARROLLO

La ontogenia es anterior a la filogenia (Whyte 1965). El neodarwinismo asume que las variaciones individuales son azarosas, desconociendo la influencia del desarrollo en su aparición, a la vez que afirma que los embriones se desarrollan de acuerdo con un programa genético (genes Hox), descontando la existencia de otros factores del desarrollo.

El "paisaje epigenético" ilustra el desarrollo como un proceso orientado hacia mínimos locales de energía, representado por un movimiento descendente a través de un gradiente de potencial, cuya topografía no está prefijada por las condiciones iniciales, sino que se va reconfigurando a lo largo de la epigénesis por efecto de las interacciones entre los genes y entre el organismo en desarrollo y el ambiente (ver figura 2) (Waddington 1957, 1961). Los genes participan en la regulación del desarrollo, a la vez que son

regulados por factores del medio con los cuales establece interacciones no lineales. Como resultado, se obtiene una pluralidad de estados estables ubicados en vías de desarrollo canalizadas. No obstante, como respuesta a las influencias del medio, el sistema en desarrollo puede abandonar su trayectoria, optando por otra que insinúa una innovación o bifurcación evolutiva susceptible de estabilización por selección natural (Waddington 1976).

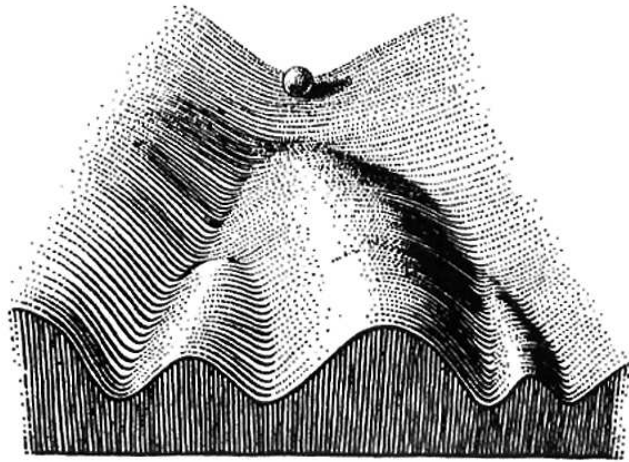


FIGURA 2.
El paisaje epigenético de Waddington (1957, 1961) o interfase dinámica entre los genes y el medio ambiente.

Las configuraciones genéticas que refuerzan los efectos inducidos por estímulos externos se fijan por "asimilación genética" (Waddington 1957). En los estadios tempranos de la evolución del desarrollo, los factores morfológicos determinantes correspondían a fuerzas externas ejercidas sobre agregados celulares primitivos (Ho & Saunders 1979; Goodwin 1994; Jablonka & Lamb 1995; Jablonka & Lamb 1998; Newman & Muller 2000). Los factores externos causales del desarrollo pueden ser reforzados por genes que suministran proteínas reguladoras, pero que no ejercen una influencia directa sobre la arquitectura resultante. Más aún, los genes ingresaron tardíamente a consolidar los procesos epigenéticos durante la evolución (Newman & Muller 2000; Salazar-La Ciudad et al, 2003).

La estabilidad del fenotipo adaptado enmascara la acumulación de variación genética en las poblaciones. Los cambios se manifestarían en condiciones de estrés ambiental que harían que el proceso explorara otra trayectoria ontogenética. La estabilidad está representada por los valles profundos y la flexibilidad por los pandos. La interacción de los organis-

mos con factores del medio ambiente reduce los umbrales de estabilidad, abriendo nuevas vías en los puntos de bifurcación y reduce los rangos de variación y de plasticidad estructural en los valles profundos.

Para el neodarwinismo, el desarrollo ontogenético es un proceso independiente de las condiciones externas (cerramiento) determinado genéticamente, mientras que para la teoría de sistemas en desarrollo (TSD) la ontogenia es un proceso abierto, altamente canalizado por la acción de los genes, pero susceptible de modificaciones. La evolución no depende de mutaciones aleatorias, sino de la capacidad de los organismos para responder coordinadamente a las exigencias del medio ambiente. No es necesario que por azar surjan mutaciones adaptativas, puesto que la selección natural actúa sobre procesos epigenéticos que requieren de la interacción con el ambiente para producir los fenotipos. Desde esta perspectiva, las modificaciones en la ontogenia son la base de las modificaciones evolutivas (Jablonka y Lamb, 2002).

La TSD contextualiza la actividad de los genes y reconoce la importancia de la herencia epigenética, puesto que los organismos transmiten a su descendencia no solamente genes sino numerosos factores que contribuyen a la reconstrucción del organismo (Jablonka y Lamb 2004). Las zonas internas y externas están conectadas por los sistemas de herencia epigenética (SHE) (Smith & Szathmary 2001; Jablonka & Lamb 1995, 1998), ya que los acoplos a factores externos requieren de un reacomodo de los componentes internos. Por otra parte, la selección natural actualiza permanentemente el registro genético (digital) compartido por la población. Los sobrevivientes llevan una representación fiel (aunque desactualizada) de su medio ambiente.

La capacidad de evolucionar radica en la eficacia de los procesos epigenéticos, asociada a la plasticidad morfogenética primitiva. La asimilación genética y la fijación de nuevos genes en la población amortiguan y estabilizan los procesos de desarrollo, haciendo perder la plasticidad evolutiva. Además, la configuración genética de cada especie es un producto evolutivo que se alcanzó por medio de la cooptación de genes preexistentes para el cumplimiento de nuevas funciones.

La lógica del reduccionismo genético se ha invertido, porque los genes no confieren la forma, sino que explican la pérdida de la plasticidad de la forma. La noción de programas genéticos estáticos que prefijan la forma es más afín al preformismo que al evolucionismo. Los contenidos genéticos no deben verse como un programa definido y fijo, sino como una fuente de información que en conjunción con otros factores define las tendencias posibles que la evolución pueda presentar en el futuro.

Cada factor, cuyo estado afecta el desarrollo, es una fuente informativa que requiere interpretación. La evolución es construcción permanente; no preexiste ningún tipo de representación o instrucción que confiera la forma

desde adentro, y tampoco existen condiciones ambientales o nichos ecológicos que la impriman desde afuera. La forma resulta de un proceso interpretativo agenciado por el organismo en desarrollo. El desarrollo del comportamiento animal es una extensión del embriológico, puesto que ambos obedecen a una interacción continua entre el organismo y el entorno. No hay distinción fundamental entre el comportamiento aprendido y el innato (Riedl 1983).

La selección natural no sólo favorece a los organismos que responden a las exigencias externas del medio, sino a los que satisfacen, a la vez, las exigencias internas de coherencia funcional (Whyte 1965). Cada factor que contribuye al desarrollo se considera como una fuente informativa, de ahí la dificultad de formalizar esta teoría que hace recaer la definición del proceso evolutivo sobre la capacidad de los organismos para percibir y crear una imagen del mundo circundante que les posibilite no solamente responder al medio, sino utilizarlo en su beneficio.

La reconstrucción de los puentes entre la ontogenia y la filogenia amplía la síntesis evolutiva, explicando la evolución divergente en términos del desarrollo y aprendizaje, sin desconocer la influencia de los genes y el rol de la selección natural. La ortogenia requiere de la autopoiesis para el mantenimiento de una organización interna por medio del reconocimiento de motivos estructurales internos y externos. Estos reconocimientos análogos (Hoffmeyer and Emmeche 1991; Hoffmeyer 1996) por complementariedad estructural o similitud son no aleatorios y reversibles (Root-Bernstein and Dillon 1997).

La relación entre los dualismos lamarckiano (interno/externo) y neodarwiniano (individual/poblacional) han sido fuente de debates interminables. La aproximación semiótica, fundamentada en la existencia de una interpretación real de todos los recursos informativos por parte del organismo, favorece una integración congruente con los desarrollos de la TSD (Oyama 2001; Griffiths and Gray 1994). Los organismos son agentes o sujetos interpretantes que participan en la formación de sus propias adaptaciones, seleccionándose a sí mismos, puesto que deben asegurar sus adaptaciones para no ser eliminado por selección natural (Baldwin 1896).

Los cuadrantes A y B de la figura 1 corresponden a relaciones asimétricas, mientras que los inferiores C y D (*Terceridad*) son la fuente de simetrías y regularidades. Si tenemos en cuenta el potencial asociado a la información digital (C), se puede hablar de la ontogenia como de la transformación de genotipo a fenotipo a escala individual, o sea de [A] a [B]. El ADN representa la potencialidad, las múltiples posibilidades y, por tanto, corresponde a la *Primeridad*, las vías de desarrollo aparecen como lo determinado, o sea la *Segundidad*. El *tercero* es el huevo fertilizado que actúa como intérprete de su propia información genética y del medio (Hoffmeyer 1996). Interpreta-

ciones diferentes abren nuevas rutas ontogenéticas, dando lugar a las innovaciones evolutivas.

En la evolución, la población o el linaje actúa como agente interpretante (*Terceridad*). El nicho ecológico da las posibilidades (*Primeridad*), algunas de las cuales se seleccionan dando lugar a una composición genética definida (*Segundidad*). En ambos casos, desarrollo y evolución, la *Terceridad* confiere la regularidad generada por una trayectoria embriológica estable susceptible de modificación, y una codificación genética estable propia de un linaje susceptible de mutación.

Para entender la interdependencia entre estos dos procesos hay que especificar lo que ocurre en la interfase [intersección, fig.1] correspondiente al Agente en Evolución y Desarrollo (AED) que actúa inicialmente como un explorador aleatorio de las posibilidades del medio por medio de la medición, y a medida que extrae información, ejecuta mediciones cada vez más orientadas. El agente promueve acoplamientos a los factores del medio, generando así un registro o ajuste estructural interno. Sin embargo, nunca habrá suficiente información como para dar una respuesta completamente dirigida y, por tanto, a los AED no les queda más opción que hacer elecciones, tratando de acertar pero arriesgando su supervivencia. Los AED captan selectivamente información de E para mantener la adaptabilidad y capacidad evolutiva, por medio de la generación de una diversidad de individuos que abren las posibilidades evolutivas hacia el futuro (Andrade 2003).

La idea del ser vivo como agente interpretante pone de relieve las características comunes a la ontogenia y filogenia, tales como: 1. Autorreferencia. 2. Aumento de información. 3. Apertura. 4. Ausencia de programa previo. 5. Irreversibilidad. En un universo generado por agentes, el azar ontológico (independiente del observador externo) es la incertidumbre epistémica (dependiente del observador interno) del mismo agente. El azar (*Primeridad*) realimenta el potencial evolutivo, pero su renovación permanente es manifestación de una dinámica continua que tiene lugar en todo momento y lugar (*Terceridad*) (Peirce C.P. 6.204-205).

Los agentes son seres que conocen (pertenecen a los dominios ónticos y epistémicos simultáneamente), son estructuras materiales organizadas que deben su existencia a operaciones mentales² y que a su vez son instrumento de operaciones mentales subsiguientes. La semiótica muestra la inseparabilidad entre las realidades subjetiva y objetiva, puesto que los agentes (sujetos) coevolucionan permanentemente con su E (realidad objetiva), moldean y dan forma a su E en la medida en que simultáneamente son moldeados por ellos.

El procesamiento de información digital [C, fig. 1] posibilita la realización de opciones por parte del agente, entendido como sujeto de relaciones que colapsan como organización material tendente a la individualización.

La interfase [intersección, fig. 1] en cuanto se cierra y localiza da lugar a entidades definidas [B, fig. 1], y en cuanto hace parte de la población manifiesta su nexa con las relaciones [D, fig. 1] y [C, fig. 1] que posibilitan las elecciones individuales. La captura de energía libre conecta de nuevo con la relación de azar [A, fig. 1].

Un AED debe ser estudiado simultáneamente en dos escalas de tiempo (ontogenética y evolutiva). En ambas, el registro refleja su conocimiento sobre el estado del sistema. El registro ontogenético (análogo) está dado por el fenotipo (F) y tiene dos parámetros mesurables que definen su exclusividad o singularidad: (1) Especificidad (qué tan específica es su relación con respecto a ciertos factores de E), (2) Estabilidad (qué tan restringido es el espectro de conformaciones posibles) (Balbín and Andrade 2004).

Las tendencias evolutivas globales son el resultado de procesos locales que tienen lugar a nivel individual en la ontogenia. De acuerdo con la recapitulación, las formas ancestrales de vida en sus etapas juveniles establecieron tendencias de cambio evolutivo por medio de cambios de hábito y comportamiento ante las exigencias del medio, y a medida que algunas de estas modificaciones fueron apareciendo en estadios de desarrollo más tempranos, se integraron al plan corporal (*Bauplan*) de las especies descendientes.

3. LAS MEDICIONES PERMITEN MANEJAR LA INCERTIDUMBRE DEL MEDIO AMBIENTE

A continuación justificaré las siguientes proposiciones:

1. La ontogenia y la evolución son aspectos de una misma Tendencia General a la Modificación (TGM) impulsada por las interacciones del agente con factores del entorno.
2. Esta TGM da lugar a un compromiso entre: (a) Aumentos de exclusividad fenotípica (estabilidad y especificidad), y (b) Anticipación de cambios medio ambientales.
3. La minimización de redundancia y del incremento de pasos al desarrollo debe seleccionarse positivamente.

La TGM se describe como un vector orientado hacia el incremento de los contenidos de información mutua entre Fenotipo/Entorno que se descompone en dos, el eje X que representa la evolución del desarrollo (contenido de información mutua entre Genotipo/Fenotipo), y el Y que representa la evolución filogenética (contenido de información mutua Genotipo/Entorno) (Figura 3).

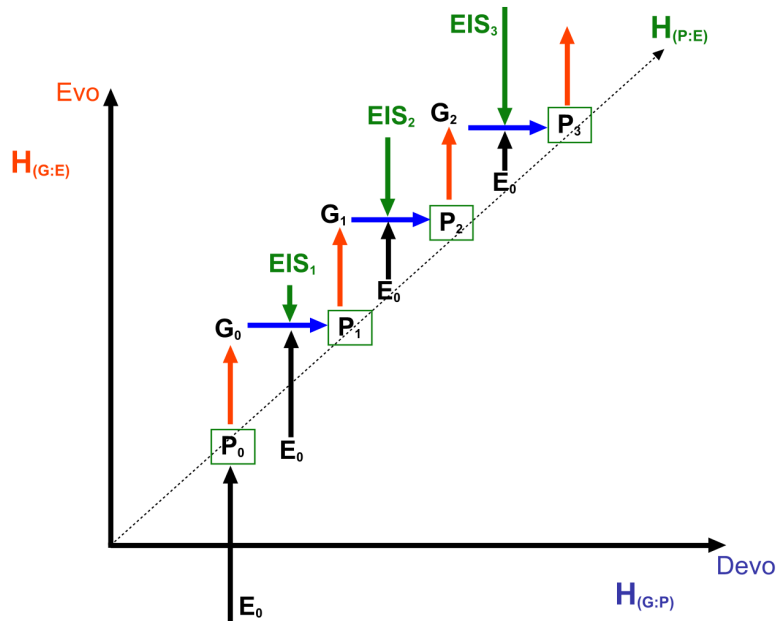


FIGURA 3.

La línea diagonal muestra una tendencia ideal hacia incrementos en el contenido de información mutua entre fenotipo (P) y el medio ambiente (E), en caso de que E sea estable. Los fenotipos P_i varían de estados de baja a alta exclusividad. Este vector puede descomponerse en dos: el eje vertical muestra los incrementos en el contenido de información mutua entre genotipo (G) y (E) a lo largo de la evolución, y el eje horizontal registra los contenidos de información mutua entre (G) y (P) en la evolución del desarrollo. E_i representa la influencia de las fuerzas físicas (Thompson, 1942) que moldean las formas, las cuales decrecen con el tiempo: $E_0 > E_1 > E_2 > E_3$. EIS_i representa los sistemas de herencia epigenética que muestra una tendencia creciente: $EIS_0 < EIS_1 < EIS_2 < EIS_3$. Las flechas horizontales de (G) a (P) representan el desarrollo individual, mientras que las verticales de (P) a (G) representan la evolución a nivel poblacional.

La medición es cualquier clase de interacción entre un sistema observador y uno observado que genera una descripción simplificada y funcional del segundo (E) por el primero (AED) (Pattee 1995). Por medio de la medición los AED seleccionan o filtran de E la información que les interesa. Una medición requiere:

- (1) Reconocimiento por complementariedad estructural (mediado por un motivo utilizado como estándar de clasificación y comparación de una diversidad de factores externos).

- (2) Ajustes estructurales que reducen el conjunto de conformaciones accesibles (el número de conformaciones individuales para el estado no acoplado es mayor que para los acoplados).

Las interacciones reducen la plasticidad fenotípica dando lugar a estados más exclusivos o individualizados. Los ajustes de F registran una descripción funcional de E, describible como la distribución de configuraciones en el estado acoplado. Por tanto, el AED "decide" en función de los resultados de las mediciones. La eficiencia en la codificación es una función de la habilidad del AED para "modelar" el entorno en términos de regularidades que permitan abreviar el registro. Los F carecen de memoria evolutiva puesto que son inestables y sensibles a influencias de E, y para su estabilización requieren de G. Los AED forcejean permanentemente para dar cuenta de E por medio de ajustes recíprocos y, así, van creando la red de interacciones en la que el contenido de información mutua entre F y E tiende a incrementarse en ambientes estables (ideales) y tiende a un valor constante en ambientes cambiantes (reales).

Los procesos de desarrollo están sometidos a dos tendencias opuestas:

- (1) La tendencia compresora, que opera por condensación (la tendencia de los caracteres a aparecer en estados más tempranos al que aparecieron por primera vez), eliminación de etapas tardías y supresión de redundancias (*Terceridad*).
- (2) La tendencia expansiva a adicionar nuevos pasos al final del desarrollo, a mezclarlos aleatoriamente, y generar redundancias (*Primeridad*). Cuando la adición de nuevas etapas ocurre sobre procesos que han perdido etapas tardías estamos ante una evolución por neotenia.

La acción conjunta de estas dos fuerzas mediadas por el AED se manifiesta en la tendencia a minimizar los incrementos de información. Fenómenos como la neotenia (pérdida de etapas terminales) explican por qué la recapitulación no se puede interpretar de un modo rígido como si cada paso de la filogenia debiera verse reflejado en la ortogenia en el mismo orden dentro de la sucesión lineal. No obstante, a grandes rasgos, la recapitulación sí se cumple y se observa en el establecimiento de los patrones de organización de complejidad creciente (Arthur 1997, 2002; Ekstig 1994).

La actividad del AED se puede rastrear en la interfase, dado que F es el registro ontogenético del individuo, y la población se estudia mediante la distribución de probabilidad de los F accesibles para cada individuo en un medio ambiente local. La interfase se cruza en ambas direcciones, la incertidumbre: (1) se reduce por medio de la medición, y (2) se incrementa con los borrados de información y/o el cambio ambiental. Los organismos son agentes en cuanto regulan y amortiguan las influencias genéticas y medio ambientales, y su autonomía depende de cómo interpretan las

fuentes de información; interpretaciones, impredecibles para un observador externo. Las interacciones individuales (mediciones) modifican el paisaje epigenético individual y definen los nuevos estados disponibles para la población (el paisaje adaptativo). De esta manera, el paisaje epigenético abre nuevas vías epigenéticas y filogenéticas.

De acuerdo con Von Baer, el desarrollo y en consecuencia, la evolución, son procesos de modificación, que van desde lo más general a lo específico, y que tienden a optimizar la producción de los F individuales. La reducción en las irregularidades del paisaje epigenético acelera la ontogenia, facilitando el acortamiento de las vías de desarrollo a causa de la presencia de factores morfogenéticos del entorno. La internalización de estos factores en la forma de una representación simbólica estabiliza un estado de singularidad estructural. La reducción de redundancia se produce adjudicándole nuevas funciones a estructuras repetidas, de esta manera el agente accede a nuevas tareas sin prolongar la ontogenia excesivamente.

A medida que el organismo se construye en su recorrido por el paisaje epigenético, F se restringe, se canaliza y aparecen nuevas rutas que permiten acceder a las variaciones intraespecíficas e individuales. El paisaje epigenético se moldea a medida que algunos F se retienen por su funcionalidad, labrando valles profundos, haciendo que sea cada vez más difícil acortar la ontogenia. Los valles profundos corresponden a las descripciones más cortas (alta exclusividad estructural y desarrollo rápido), mientras que los pandos corresponden a descripciones redundantes e inestables (baja exclusividad estructural o fenotipos plásticos que aceptan cambios ontogenéticos). Los AED operan por medio de la identificación de regularidades ambientales que dan lugar a codificaciones condensadas en dos modos: (1) Análogo o reducción de estados intermediarios para obtener F. (2) Digital o descripción genética con redundancia funcional, por ejemplo, la evolución de los genes Hox, desde la dispersión al agrupamiento con incremento en número, donde la colinearidad tiende a la optimización de la codificación.

Las representaciones de los seres vivos como Sistemas Usuarios y Colectores de Información son congruentes con la TSD cuando se piensa que ante un entorno cambiante e impredecible en cierto grado, la vida tiende a reducir dicha incertidumbre por medio de la medición y el registro (Andrade, 2003). Esto lo hace, amoldando su estructura a las condiciones reinantes, o bien sea regresando a la vía de desarrollo por la que venía (neotenia), o bien abriendo una nueva.

Para concluir, la TSD no propina un golpe decisivo al darwinismo sino que aporta elementos para una interpretación de la triada variación, herencia y selección. Creer que se está deconstruyendo el darwinismo es ignorar que la obra de Darwin no esquivó ni la filosofía natural (la embriología de Von Baer y el estructuralismo de Goethe), ni a Lamarck, y además

desconoce que Darwin postuló la existencia de factores embrionarios o gémulas para explicar la reproducción y la transmisión generacional de modificaciones adquiridas mediante el uso y el desuso.

4. LA INTERPRETACIÓN BIOSEMIÓTICA DA LUGAR A UNA TEORÍA EVOLUTIVA AMPLIADA Y DE MAYOR PROFUNDIDAD

Peirce identificó la polaridad entre el darwinismo o teoría gradualista por azar y selección natural, y el lamarckismo o teoría de la herencia de caracteres adquiridos como consecuencia del esfuerzo de los individuos asociada a una direccionalidad impuesta por una necesidad mecánica. Para integrar estas dos visiones se declaró partidario de la teoría de la evolución como consecuencia de cataclismos, según la cual, los cambios drásticos en el medio ambiente provocan modificaciones morfológicas rápidas en las especies "plásticas" (Dott 2004). Los tiempos geológicos eran insuficientes para explicar la evolución por acumulación gradual de variaciones cuyo origen no sería ni azaroso ni determinista, sino dado por la tendencia de los organismos a adaptarse a su entorno por efectos de un cambio en el ambiente.

La selección natural está supeditada a la existencia de un mecanismo interno de elección, asociado a la actividad de los organismos que responden a las presiones impuestas por el medio ambiente. De acuerdo con esta interpretación, la evolución equivale a un proceso de diferenciación o desarrollo orientado hacia la consecución de una meta específica identificable con una mayor diversificación. La evolución dirigida hacia metas específicas integra el azar y la necesidad a un nivel superior, por ejemplo, al proponer que la nutrición implica un principio de elección no azarosa, ni predeterminado, sino mediado por el reconocimiento específico de los materiales adecuados. Una respuesta inteligente da lugar a las elecciones correctas que permiten ir fijando los hábitos que contribuyen a perpetuar el proceso vital mismo. Este proceso, tendente a desarrollar hábitos, se constituye en un principio universal aplicable al universo en su conjunto.

Los procesos tienen una direccionalidad análoga al principio de recapitulación biológica y, en este sentido, las categorías siguen una sucesión temporal dada por la flecha del tiempo. La *Primeridad* estaría asociada a un factor entrópico y la *Terceridad* a uno antientrópico similar a un demonio de Maxwell³ (Esposito 1980, p. 169), siendo ambos imprescindibles para entender la naturaleza. En este sentido, los organismos poseen, como principio ordenador antientrópico, la tendencia a adoptar hábitos, y como entrópico, la tendencia a destruir hábitos. La tendencia antientrópica no se encuentra en una armonía preestablecida, sino en el principio de continuidad o de formación gradual de hábitos (CP 6.132; Esposito, p. 131). Una perspectiva monista que supere la dualidad mente-materia es necesaria

para entender la evolución. La acción de la mente es doble, interviene en el paso del caos al orden percibiendo regularidades y desarrollando hábitos, pero también actúa abandonando y destruyendo hábitos, impidiendo que todo colapse en un orden que inmovilice y agote la evolución.

5. ABDUCCIÓN NATURAL, EL PUENTE ENTRE LA ELECCIÓN INTERNA Y LA VARIACIÓN EVOLUTIVA

Existen varias maneras de concebir la variación: 1. La variación es dirigida en respuesta a una condición impuesta por el medio ambiente. 2. La variación es independiente de las necesidades del organismo en un medio ambiente determinado. 3. La variación es aleatoria. 4. Las variaciones no son ni aleatorias, ni dirigidas, sino que dependen de los grados de "apertura" o de "cerramiento" estructural. Existen rangos de variación de acuerdo con los umbrales de estabilidad que la canalización permite.

La diversidad de las formas de vida no es el resultado del azar, pero tampoco de un diseño inteligente. El azar no explica ni requiere explicación a menos que se le considere como consecuencia de una hipótesis más general, mientras que las leyes de la naturaleza sí explican y requieren explicación.

Peirce caracterizó la *Terceridad* como la continuidad de la acción permanente que se cumple en el caso de la selección natural. Existen dos tipos de selección: externalista e internalista. La externalista es la selección natural en cuanto fuerza de la escasez de recursos y tiene el carácter de ley responsable de los incrementos de *fitness*, aunque Wrigth (1931) y Kauffman (1993) demostraron que su poder está limitado por la conectividad génica que impide el mejoramiento independiente de los genes. No hay, ni puede haber, adaptaciones perfectas.

Por el contrario, la selección internalista, aunque está determinada estructuralmente, es un principio análogo a la "elección con información incompleta" y, por tanto, no puede ser determinista. Los organismos se arriesgan, eligen, modifican, transforman y construyen su medio ambiente generando las condiciones de su propia selección natural. No son el objeto de la selección natural, sino los sujetos de una relación cognitiva (sujeto-objeto). La selección internalista se refiere al proceso individual, pero al considerar la población, tenemos que los individuos que sobrevivieron fueron justamente los que manifestaron unas estrategias adecuadas para dar cuenta de las posibilidades de su medio ambiente. La selección natural no es sino el resultado estadístico poblacional de una serie de estados y modificaciones que se generaron en individuos que actuaron como sujetos o agentes.

Ambos fenómenos, evolución y desarrollo, están íntimamente encadenados a la acción del AED. La acción del medio ambiente es doble porque

actúa como factor informativo en el desarrollo y como filtro en la evolución, pero en ambos casos es fruto de la acción constructiva de los organismos. En el primer caso, recordemos que para Thompson (1942) la forma biológica es plástica y está sometida a la acción de fuerzas mecánicas que se ejercen dependiendo de los comportamientos y hábitos de los organismos.

La variación fenotípica está contextualizada por el medio y restringida estructuralmente, surge como elecciones fundadas en información insuficiente y por tanto con algún grado de incertidumbre por parte de los agentes que tratan de minimizar el riesgo. De modo similar, la abducción se basa en sospechas que, aunque bien fundadas, conducen a arriesgar una alternativa a elegir, que puede ser correcta o falsa; en el primer caso hay supervivencia, en el segundo muerte. El énfasis en la abducción, en la evolución del conocimiento, equivale en biología al énfasis que está por hacerse en el estudio del origen de la variación evolutiva.

Para Waddington, los procesos están encauzados por vías regulares y definidas, donde la innovación equivale a tomar una opción por una vía que no está demarcada. El proceso de evaluaciones con información insuficiente induce a que el agente se decida por una innovación, abriendo una vía susceptible de irse profundizando; igualmente, la abducción apunta a la instancia generativa de hipótesis que deben ser sometidas al proceso de validación y contrastación. La abducción permite entender el azar como la información incompleta que la entidad en cuestión tiene de su entorno, información que nunca es suficiente para garantizar una certeza absoluta. Por tanto, evolucionar es escoger, arriesgar inteligentemente tratando de minimizar el peligro.

La existencia de una tendencia a "acertar" a nivel individual se manifiesta en una población como una distribución simétrica de las variantes alrededor de valores promedios, antes de someterse al filtro de la selección natural. Es como lanzar la conjetura popperiana antes de entrar en el contexto de validación, a riesgo de ser rechazada. Es como la variación neutra que ocurre en condiciones de relajamiento de la selección natural, introduciendo un nuevo comportamiento, con el riesgo de ser eliminada una vez se instaure la competencia, pero de tener éxito se puede constituir en el origen de un nuevo linaje. Como la selección orgánica de Baldwin, las elecciones que tienen mayor posibilidad de permanecer son las que favorecen ajustes ontogénicos. La evolución por abducción es lo que he denominado como "elección semiótica", o la manera como el AED establece interacciones de un modo pragmático. Con esta interpretación se libera radicalmente la teoría evolutiva del direccionalismo impuesto por la filosofía natural alemana y el lamarckismo, haciéndola congruente con el darwinismo, ya que la innovación es una inferencia natural por abducción que abre un ramillete de alternativas que deben ser expuestas al *test* de la selección natural.

La cognición siempre está mediada por signos que deben ser interpretados. En consecuencia, el conjunto de datos que sirve como punto de partida de una inferencia abductiva nunca se da “en estado puro”, sino que está determinado por los sistemas de interpretación (modos de percepción, las teorías previas, etc.). Igualmente, la evolución tiene lugar dentro de contextos, o relaciones de mutua dependencia entre los hábitos de entidades diversas (Bateson 1972, pag. 155). Los contextos pertenecen a lo general, del mismo modo en que los hábitos confieren regularidades a las formas de actuar y percibir. La articulación concreta de los diversos contextos determina el campo de las hipótesis posibles, por tanto, la abducción obedece a una “lógica contextualizada” (Santaella 1998). Los hechos aislados, las relaciones de dependencia mutua y el orden específico en que se presentan son el resultado de una serie de inferencias abductivas, que están determinadas en sí mismas por una jerarquía de contextos *ad infinitum*.

En conclusión, reafirmo que una teoría evolutiva expandida basada en la TSD es darwiniana en el sentido semiótico, más no en el sentido de la genética de poblaciones y el neodarwinismo. No solamente es darwiniana sino que le hace mayor justicia a Darwin que las otras perspectivas, porque coloca el estudio de la formación de la estructura a lo largo de la embriogénesis como el eje fundamental. En este sentido, el darwinismo sigue vigente, ahora más que nunca.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Yamel López Forero por la lectura del texto y pro las invaluables sugerencias y recomendaciones.

Una versión de este trabajo fue presentada en el seminario "Darwin *in memoriam*. Las teorías de la evolución hoy", celebrado del 14 al 18 de junio de 2008 en la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo en Valencia España. El seminario fue organizado por el Museo Valenciano de Historia Natural y contó como directores a José Sanmartín, de la Universidad de Valencia y director del Centro Reina Sofía de España; a Raúl Gutiérrez Lombardo, del Centro de Estudios Filosóficos Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano de México; a Jorge Martínez Contreras, de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa de México, y a José Luis Vera, del Instituto Nacional de Antropología e Historia, de México. Participaron destacados académicos, como Francisco José Ayala, José Adolfo de Azcárraga Feliu, Camilo J. Cela Conde, Carlos Castrodeza, Antonio Diéguez y Andrés Moya.

NOTAS

- 1 La información digital se refiere a la codificada en forma de un texto compuesto de símbolos (ADN) que puede modificarse por transiciones discontinuas (mutación y recombinación). Aparece cuando unas estructuras se convierten en símbolos permutables que originan significados o contenidos funcionales diferentes. La información digital está codificada en el dominio interno-global, tiempo continuo, y está asociada con la definición de las tendencias futuras. Los genes actúan en red bajo el control del sistema epigenético que interactúa con el medio y como fuente de información pertenecen a la relación representada en el cuadrante C de la figura 1.
- 2 Utilizo el término "mente" en el sentido de Peirce, es decir como la tendencia de la naturaleza a formar hábitos, en este caso referida únicamente a los efectos combinados de la selección natural y de los códigos informacionales, que se manifiestan en la capacidad que poseen los organismos de "elegir u optar", es decir de ajustar sus procesos internos, de una forma u otra, de acuerdo a ciertas interacciones con el ambiente para utilizarlo en su beneficio.
- 3 Los "demonios de Maxwell" generan orden local a partir de configuraciones moleculares en movimiento aleatorio, mediante la utilización de la información necesaria para aislar las partículas individuales, de acuerdo con ciertas propiedades (Andrade 2003).

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, E. (2003), *Los demonios de Darwin. Semiótica y termodinámica de la evolución biológica*. Bogotá, Colombia: UNIBIBLOS
- Andrade, L.E., (2004), "On Maxwell's demons and the origin of evolutionary variations: an internalist perspective," *Acta Biotheoretica* 52: 17-40.
- Andrade, E. (2007), "A semiotic framework for evolutionary and developmental biology," *BioSystems* 90: 389-404.
- Arthur, W. (1997), *Animal Body Plans, A Study in Evolutionary Developmental Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Arthur, W. (2002), "The emerging conceptual framework of evolutionary developmental biology," *Nature* 415: 757-764.
- Balbin, A., Andrade, E. (2004), "Protein folding and evolution are driven by the Maxwell demon activity of proteins," *Acta Biotheoretica* 52: 173-200.
- Baldwin, J.M. (1896), "A new factor in evolution," *American Naturalist* 30: 441-451, 536-553.
- Bateson, G. (1972), *Steps to an Ecology of Mind*. New York: Ballantine.
- Darwin, C. (1838), *Notebook E*, MS pp 83-84, In: P. Barret, P. Gautrey, S. Herbert, D. Kohn and S. Smith (Eds.) (1987) *Charles Darwin Notebooks, 1836-1844: Geology, Transmutation of Species, Metaphysical Enquiries*. Ithaca: Cornell University Press. pp. 418.
- Darwin, C. (1836-1844), *Red Notebook*, MS pp. 127-130 and *Notebook B*, MS pp. 163, In: P. Barret, P. Gautrey, S. Herbert, D. Kohn and S. Smith (Eds.) (1987) *Charles Darwin Notebooks, 1836-1844: Geology, Transmutation of Species, Metaphysical Enquiries*. Ithaca: Cornell University Press. pp. 61-62, 211.
- Darwin, C. (1959), *The Origin of Species*, First edition. London: John Murray.
- Depew, D.J. & B.H. Weber. (1996), *Darwinism Evolving. Systems Dynamics and the Genealogy of Natural Selection*. Cambridge, Massachusetts: A Bradford Book, The MIT Press.
- Dott, R. (2004), "Rock Stars. Clarence King 1842-1901. Pioneering Geologist of the West". *GSA TODAY*. February 2004. pp. 18-19. GSA History of Geology Division.
- Ekstig, B. (1994), "Condensation of developmental stages in evolution," *BioScience* 44: 158- 164.
- Esposito, J. L.. (1980), *Evolutionary Metaphysics. The Development of Peirce's Theory of Categories*. Athens: Ohio University Press.
- Goodwin, B. (1994), *How the Leopard Changed its Spots*. London: Weindelfeld and Nicolson.
- Griffiths, P.E., Gray, R.D. (1994), "Developmental systems and evolutionary explanation," *Journal of Philosophy* 277-304.
- Haeckel, E. (1879), *Evolution of Man*. Quoted by R.A. Raff , T.C. Kaufman (1983), *Embryos, Genes, and Evolution. The Developmental-Genetic Basis of Evolutionary Change*. Bloomington: Indiana University Press.
- Ho M. W.; Saunders, P. (1979), "Beyond Neo-darwinism. An epigenetic approach to evolution," *Journal Theoretical Biology* 78: 573-591.
- Hoffmeyer, J.; C. Emmeche (1991), "Code-duality and the semiotics of nature," in Anderson, M., Merrell, F. (eds.), *On semiotics of Modeling*. New York: Mouton de Gruyter. pp 117-166.
- Hoffmeyer, J. (1996), *Signs of Meaning in the Universe*. Bloomington: Indiana University Press.

- Jablonka, E.; M. J. Lamb (1995), *Epigenetic Inheritance and Evolution. The Lamarckian Dimension*. Oxford: Oxford University Press.
- Jablonka, E., M. J. Lamb (1998), "Epigenetic inheritance in evolution," *Journal of Evolutionary Biology* 11: 159-183.
- Jablonka, E. and M.J. Lamb. (2002), "The changing concept of epigenetics," *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 981: 82-96.
- Jablonka, E. & M.J. Lamb. (2004), *Evolution in Four Dimensions. Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life*. Cambridge, Massachusetts: A Bradford Book, The MIT Press..
- Kauffman, S. (1993), *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Lamarck, J.B. (1803), *Zoological Philosophy*, translated by H. Elliot and reprinted in 1963, New York: Hafner.
- Mayr, E. (1997), *This is Biology. The Science of the Living World*. Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University.
- Newman, S. A., Müller, G. B. (2000), "Epigenetic mechanisms of character origination," *Journal of Experimental Zoology* 288: 304-317.
- Oyama, S. (2001), *The Ontogeny of Information*. 2nd revised edition. Durham: Duke University Press.
- Pattee, H.H. (1995), "Evolving self-reference: matter, symbols, and semantic closure," in Luis Rocha (ed.), *Communication and Cognition - Artificial Intelligence* (Special issue: Self-reference in biological and cognitive systems) 12 (1-2): 9-27.
- Peirce, C.S. (1877), "The fixation of belief", *Popular Science Monthly* 12, November 1877, pp. 1-15.
- Peirce, C.S. (1965), *Collected Papers*. Cambridge MA: Belknap Press. In *Obra lógico semiótica*. Tr. and ed. Armando Sercovich, Madrid: Taurus Ediciones, 1987.
- Peirce, C. S. (1931-1958), *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. Vols.1-8. C. Hartshorne, P. Weiss, and A. W. Burks (eds.). Cambridge, MA: Harvard University Press. CP 1.409. 1.415. 1.416.
- Richards, R.J. (1992), *The Meaning of Evolution. The Morphological Construction and Ideological Reconstruction of Darwin's Theory*, Chicago: University of Chicago.
- Riedl, R. (1993) *Biología del conocimiento. Los fundamentos filogenéticos de la razón*. Madrid: Labor Universitaria. Monografías.
- Root-Bernstein, R.S., Dillon, P.F. (1997), "Molecular complementarity I: the complementarity theory of the origin and evolution of life", *Journal of Theoretical Biology* 188: 447-479.
- Salazar-La Ciudad, I., Jernvall, J., Newman, S. (2003), "Mechanisms of pattern formation in development and evolution," *Development* 130: 2027-2037.
- Santaella, L. (1998), "La evolución de los tres tipos de argumento: Abducción, Inducción y Deducción", *Analogía Filosófica* 12/1.
- Smith, J.M., Szathmary, E. (2001), *The Major Transitions in Evolution*. New York: Oxford University Press.
- Swenson, Rod (1999), "Epistemic ordering and development of space-time: Intentionality as a universal entailment," *Semiotica* 127 (Special issue on biosemiotics)(1/4): 567-598.
- Taborsky, E. (2002), "The six semiotic predicates," *SEED Journal* (Semiosis, Evolution, Energy, Development) 3(2): 5-23.
- Taborsky, E. (2004), "The nature of the sign as a WFF – A Well-Formed Formula," *SEED Journal* (Semiosis, Evolution, Energy, Development) 4(4): 5-14.

- Thompson D'Arcy (1942), *On Growth and Form*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Waddington, C.H. (1957), *The Strategy of the Genes*. London: Geo Allen & Unwin.
- Waddington, C.H. (1961), "Genetic assimilation," *Advanced Genetics* 10: 257-293.
- Waddington, C.H. (1976), "Las ideas básicas de la biología", en *Hacia una biología teórica*. Versión española de Mariano Franco Rivas. Madrid: Alianza Editorial.
- Whyte, L.L. (1965), *Internal Factors in Evolution*. New York: George Braziller.
- Wright, S., ([1931] 1986), "Evolution in Mendelian populations". *Genetics* 16: 97-159, Reimpreso en Sewall Wright, *Evolution: Selected Papers*. William B. Provine, (ed.), Chicago: University of Chicago Press, pp. 98-160.