

COMENTARIO

Sobre el neodarwinismo y el determinismo estructural en Chile: un comentario al libro "Teoría moderna de la evolución"

On neodarwinism and structural determinism in Chile:
a comment on the book "Modern theory of evolution"

PATRICIO A. CAMUS

Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas,
P. Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile
E-mail: epcamus@genes.bio.puc.cl

RESUMEN

Este artículo es un comentario del libro "Teoría moderna de la evolución. Con un análisis del determinismo estructural de H. Maturana", publicado recientemente en Chile por Manríquez & Rothhammer (1997). Estos autores plantean que, debido al gran desarrollo crítico en el ámbito evolutivo en las últimas décadas, la teoría sintética de la evolución ha alcanzado un grado de madurez suficiente para considerarla como una teoría distinta. Manríquez & Rothhammer proponen llamarla "teoría moderna de la evolución" (TME), y para enfatizar este punto, contrastan algunas ideas actuales con proposiciones alternativas desarrolladas en Chile por H. Maturana y colaboradores (referidas como determinismo estructural; DE), cuya validez se analiza en función de la así llamada TME. En este trabajo discuto: (a) la posibilidad de reconocer a la TME como una teoría moderna, proponiendo que es más apropiado conservar la distinción entre neodarwinismo y otros enfoques alternativos; (b) la factibilidad de analizar la coherencia del DE en función de su congruencia con la TME, proponiendo que son teorías inconmensurables y que un criterio de consenso no es apropiado para decidir la validez de una teoría; y (c) la inconveniencia de que una teoría considerada heterodoxa (e.g., DE) por la ciencia normal sea rechazada y calificada como incoherente porque no es reducible a los términos de un paradigma dominante.

Palabras clave: teoría evolutiva, deriva natural, estructuralismo, neodarwinismo, reducción.

ABSTRACT

This article is a commentary of the book "Modern theory of evolution. With an analysis of the structural determinism of H. Maturana", recently published in Chile by Manríquez & Rothhammer (1997). These authors state that, due to the critical development of the evolutionary field in the last decades, the synthetic theory of evolution has reached a maturity enough to be considered as a different theory. Manríquez & Rothhammer propose to call this "modern theory of evolution" (MTE), emphasizing this point by contrasting some current ideas with a alternative proposal developed in Chile by H. Maturana and co-workers (referred to as structural determinism; SD), whose validity is analyzed in regard to the so-called MTE. In this paper I discuss: (a) the possibility of recognizing the MTE as the modern theory, suggesting that it is more appropriate to maintain the present distinction between neodarwinism and alternative approaches; (b) the feasibility to analyze the coherence of the SD in terms of its congruence with the TE, proposing that they represent incommensurable theories and that a consensus criterion is not adequate for deciding the validity of a given theory; and (c) the inconvenience that a heterodox theory (e.g., SD), as considered by normal science, is rejected and qualified as incoherent because it is not reducible to the terms of a dominant paradigm.

Key words: evolutionary theory, natural drift, structuralism, neodarwinism, reduction.

INTRODUCCION

Dada la relevancia y la complejidad de los hechos de la evolución, no sorprende que desde antes de Darwin hasta hoy haya habi-

do polémicas sobre la interpretación de distintos fenómenos. Estos debates, no obstante, han contribuido a delimitar el ámbito general de las teorías y a precisar su alcance respecto a fenómenos particulares, pero

no han logrado establecer un puente entre las conceptualizaciones más divergentes sobre la evolución. En 1944 J. Huxley proclamó con comprensible entusiasmo la emergencia de la "síntesis moderna", y desde entonces, a la vez que ésta se consolidaba en el pensamiento neodarwinista actual, las divergencias con otras corrientes de pensamiento han ido aumentando. Pero las distintas interpretaciones de la evolución no se elaboran en un mismo plano, ni alrededor de una sola línea de pensamiento, y no son aditivas, por lo cual es poco factible que ocurra una nueva "síntesis".

El objetivo de este artículo es comentar sobre algunas percepciones actuales de la teoría evolutiva en función de planteamientos formulados recientemente por G. Manríquez y F. Rothhammer (1997), vertidos en un libro titulado "Teoría moderna de la evolución. Con un análisis del determinismo estructural de H. Maturana". Manríquez & Rothhammer plantean que actualmente es posible reconocer un cuerpo teórico claramente distinguible de la teoría sintética original, que constituiría una versión revisada y madura a un nivel tal que requiere ser considerada de manera distinta, y a la cual ellos proponen llamar "teoría moderna de la evolución". Para enfatizar este punto, los autores contrastan algunas ideas actuales con proposiciones alternativas desarrolladas en nuestro país por H. Maturana y colaboradores (referidas como determinismo estructural), cuya validez se analiza a la luz de la teoría moderna de la evolución. Sin embargo, el ámbito de interpretación del neodarwinismo es distinto al del determinismo estructural, y no es claro cómo los enunciados de uno puedan ser contrastados dentro del ámbito del otro.

En lo que sigue se comentan las distintas secciones del libro de Manríquez & Rothhammer, principalmente respecto a si existe o no una teoría evolutiva moderna, y a la forma en que se analiza la validez del determinismo estructural (o de cualquier teoría alternativa) que, en mi opinión, refleja más el proceder característico de un paradigma evolutivo dominante que un contraste real entre dos teorías. La argumentación expuesta aquí está centrada en los conceptos y en el análisis de Manríquez & Rothhammer, por

lo que no requiere un conocimiento detallado del determinismo estructural. Por otra parte, aunque este comentario no está dirigido a defender la teoría evolutiva de H. Maturana, sí intenta mostrar la inconveniencia de que una teoría considerada heterodoxa por la ciencia tradicional sea invalidada o rechazada como espuria sólo porque no es reducible a su dominio conceptual, y a la vez delimitar comparativamente algunos aspectos del estructuralismo biológico, la alternativa fundamental al neodarwinismo.

La evolución en Chile

El libro de Manríquez & Rothhammer tiene varios méritos. Primero, y algo que no es habitual en la ciencia chilena, expone en forma explícita dos visiones evolutivas contrastantes, y además una de ellas generada por científicos nacionales. Segundo, la Introducción del libro es particularmente atractiva, ya que informa de la "llegada" a Chile (ya en 1866) y el posterior "arraigo" de las ideas de Darwin en el ámbito universitario, y además sobre la oposición por parte de la Iglesia Católica y diversos autores creacionistas a la implantación de estas ideas en la enseñanza escolar. Esta sección del libro resalta que el debate creación versus evolución prácticamente no existió entre los académicos nacionales, quienes introdujeron formalmente y con éxito las ideas evolutivas en la docencia y extensión universitarias en las primeras décadas de este siglo. Este último punto también es muy sugerente sobre la rápida aceptación de las ideas darwinianas por los naturalistas chilenos, sin que se produjeran contrastes con ideas no darwinianas o sobre aspectos conflictivos de la teoría sintética. Más allá de la oposición de las corrientes religiosas, en Chile aparentemente no hubo debate sobre el darwinismo o sus derivaciones, mientras que en otros países provocaron mucha discusión o fuertes controversias al interior de las comunidades científicas (sobre el desarrollo histórico de ideas y los grandes debates en la evolución y la genética véase los excelentes ensayos de Hoecker 1980a, 1980b, Rothhammer 1981). De hecho, hoy existen muchos investigadores o grupos que favorecen interpretaciones al-

ternativas de la evolución, en algunos casos muy diferentes a las encontradas en los libros de texto tradicionales.

Lo anterior confiere a las secciones posteriores del libro de Manríquez & Rothhammer un interés especial, ya que más que intentar resumir la “teoría moderna de la evolución” son un contrapunto entre ésta y la reciente teoría de la evolución por deriva natural de H. Maturana y J. Mpodozis (1992), apoyada en trabajos anteriores de Maturana y F. Varela. Curiosamente, la teoría de la autopoiesis (que entera ya 25 años) y las ideas sobre deriva natural, a pesar de su reconocimiento internacional, rara vez son discutidas o mencionadas en los cursos universitarios regulares de evolución en nuestro país, y menos aún otros planteamientos (algunos similares a los de Maturana y colaboradores) que no gozan de la aceptación mayoritaria de los biólogos.

Otro aspecto valioso es la inclusión de un anexo (que abarca casi un quinto del libro) que resume la teoría del equilibrio intermitente, formulada en 1972 por Eldredge y Gould, e incluye aspectos de la teoría de selección a nivel de especies de S.M. Stanley de 1975, cuyas proposiciones, alcance y diferencias con postulados de la teoría tradicional (neodarwinismo) son poco difundidos a nivel de pre y postgrado en Chile.

FORMULACION DE LA TEORIA MODERNA DE LA EVOLUCION

La sección I del libro describe, quizá demasiado brevemente (menos de dos páginas), el impacto de las ideas de Darwin, la posterior emergencia de la teoría sintética de la evolución (TSE en adelante), y la adición más reciente al conocimiento evolutivo de una serie de aspectos contradictorios con (o no incluidos en) la TSE. Por ello, Manríquez & Rothhammer identifican al marco de conocimientos actuales como una “teoría moderna de la evolución” (TME en adelante).

Sin embargo, la denominación de TME y su reconocimiento como una sola teoría parecen discutibles. Si bien muchos “nuevos” fenómenos pueden ser “ajustados” (reducidos) a los principios microevolutivos tradicionales (a veces con bastante dificul-

tad), esto ciertamente no implica que se les haya dado una interpretación correcta. Por otra parte, a fenómenos reconocidos inicialmente como “excepciones a la regla”, o incluso en contradicción con las causas y efectos que la TSE suponía como principios rectores del proceso evolutivo, hoy se les da una importancia cada vez mayor, y algunas de las nuevas interpretaciones difícilmente pueden considerarse parte de la TSE o una expansión de ella. Desde la formulación de la TSE, el conocimiento empírico de los fenómenos asociados a la evolución sin duda ha aumentado, pero también se han incorporado aspectos teóricos nuevos y otros han sido replanteados. Esto ha generado la necesidad de dimensionar mejor el dominio explicativo de la TSE, y hoy puede ser más apropiado referirla, junto a los nuevos aspectos que son (o han sido) interpretables dentro de su marco teórico, con el término más familiar de “neodarwinismo” (actualmente sí parece haber un “neodarwinismo moderno”), y a la vez distinguir otras hipótesis y teorías que son inconmensurables con éste a distinto grado (i.e., que son incompatibles en su modo “de ver el mundo y practicar en él las ciencias”; Kuhn 1991; p. 25).

La existencia de una TME implicaría reducir toda nueva teoría o conocimiento empírico al ámbito neodarwinista, y muchos evolucionistas modernos, de distintos ámbitos, no están muy de acuerdo con esta posibilidad. Por ejemplo, Wicken (1979; p. 351), desde una perspectiva termodinámica, opina que “Cualquier teoría evolutiva amplia debe plantear la pregunta central que el neodarwinismo evita: ¿cuáles son las fuentes químicas de complejidad y organización funcional, y cuáles son los principios involucrados en su elaboración?”, y que el “ámbito y poder explicativo” de los dos principios neodarwinistas básicos, “mutación al azar de genotipos” y “selección natural del fenotipo”, “están seriamente limitados por su falta de conexión teórica clara con leyes físico-químicas más fundamentales”. P. Alberch (1980; p. 665) señala que “La complejidad de las interacciones durante el desarrollo hace que el análisis de patrones de evolución morfológica sea imposible de reducir a un problema de cambios en frecuen-

cias génicas”, y que “el estudio de interacciones morfogénicas y del desarrollo ilustra los límites de la selección” natural, mientras Goodwin (1982; p. 47) comenta que la biología centrada en cambios en frecuencias génicas “está tan fuera de foco respecto a problemas de organización biológica y morfogénesis como la cosmología geocéntrica lo estuvo en relación al movimiento planetario”. Es claro que estos autores, y varios otros, que han hecho contribuciones importantes al entendimiento de la evolución, no aceptan incondicionalmente los principios del neodarwinismo moderno. Incluso otros como Kauffman (1991; p. 64), que intentan fusionarlos con nuevos principios, señalan que recién “podemos haber comenzado a entender la evolución como el matrimonio entre selección y autoorganización”, un aspecto que “Darwin no podría haber sospechado”. Por lo anterior, el uso de la denominación TME en este comentario no refiere al conjunto actual de conocimientos, sino a la visión de Manríquez & Rothhammer.

EL CONTRAPUNTO ENTRE LA TME Y EL DETERMINISMO ESTRUCTURAL

En la sección II del libro, Manríquez & Rothhammer describen –más brevemente que la TME en la sección I– el “determinismo estructural” (DE en adelante) de Maturana y colaboradores, partes del cual son analizadas con algún detalle y contrastadas con sendos enunciados de la TME en las secciones siguientes. Manríquez & Rothhammer separan el análisis del DE en tres componentes: a) pretextual (sección III; contraste entre elementos del DE y enunciados de Darwin y E. Haeckel); b) contextual (sección IV; contraste entre el DE y la TME sobre el significado y operacionalidad de conceptos escogidos); y c) textual (sección V; coherencia interna del DE respecto a predicciones y explicaciones).

Análisis pretextual

En esta sección, en función de críticas hechas por el DE, Manríquez & Rothhammer discuten sobre la justificación de los enun-

ciados metafóricos con los que habitualmente se describe a la selección natural, y luego sobre lo erróneo de designar a ésta como el único mecanismo de la evolución. Los autores señalan que el DE también recurre a enunciados metafóricos, y sugieren además que los distintos lenguajes (incluido el “lenguaje” científico) serían “irreduciblemente metafóricos”. Por otro lado sugieren que el DE desconoce que ciertas alternativas a la selección natural (selección sexual) han sido ya incorporadas a la TME, y que interpreta de manera sesgada los planteamientos originales de Darwin, quien era pluralista respecto a los mecanismos de la evolución. Finalmente se comenta la ley biogenética de Haeckel (hipótesis de la recapitulación), notando que, no por sinonimia de términos ni por casualidad, el DE llega a una proposición concordante. El objetivo global de esta sección no resulta muy evidente, ni tampoco el criterio para seleccionar los aspectos discutidos y no otros, pero aparentemente intenta sugerir que algunas elaboraciones del DE emergerían desde una base crítica errónea, y que otras sólo serían enunciados equivalentes a los de la TME.

Análisis contextual

Esta sección del libro se centra en cuatro puntos: a) naturaleza causal o efectual de la selección natural; b) conceptos de adaptación, deriva, restricción y adecuación; c) neutralismo; y d) ontogenia y filogenia.

En el primer punto (selección), Manríquez & Rothhammer aluden a una serie de críticas del DE hacia la TME, argumentando que el DE realmente centra su crítica en proposiciones conflictivas de la TSE, conflictos que ya habrían sido superados al interior de la TME, aunque coinciden con Maturana & Varela (1984) en que el término selección natural y sus connotaciones siguen planteando dificultades.

En el segundo punto, Manríquez & Rothhammer contrastan dos enfoques de la adaptación: como una invariante o “condición constitutiva de la existencia del ser vivo” (según el DE) o como el producto de la evolución (según la TME). Los autores indican nuevamente que el DE desconoce

la discusión al interior de la TME sobre el tema, citando las conocidas críticas al “programa adaptacionista” formuladas por Gould & Lewontin, y la proposición por Gould & Vrba del término exaptación para caracteres no adaptativos o con función distinta a la que habrían tenido al originarse por selección. Al igual que en secciones anteriores, los enunciados citados del DE parecen corresponder a, precisamente, críticas al programa adaptacionista, críticas que sin duda llevaron a una interpretación más cuidadosa de la adaptación en el ámbito neodarwinista. No obstante, la discusión sobre adaptación al interior de la TME se refiere al abuso o uso dogmático del concepto, por lo cual el comentario sobre Gould & Lewontin parece más un descargo de la TME que un argumento para aclarar la naturaleza de la adaptación. Manríquez & Rothhammer agregan que la autocrítica de la TME ha permitido asignar mayor importancia a procesos no adaptativos tales como la deriva génica y las restricciones del desarrollo, lo que tampoco contribuye a una explicación más clara de la adaptación. De hecho, varias investigaciones actuales sobre desarrollo y evolución evidencian que la epigénesis no sólo implica algo más que meras restricciones (i.e., condiciones límite) al proceso, sino que en muchos casos debieran considerarse seriamente como elementos causales (e.g., Grene 1987).

Luego se discute la idea del DE que considera la adaptación como un estado en lugar de un proceso, y por tanto “no puede haber seres vivos más o menos adaptados”. Manríquez & Rothhammer consideran correcta esta afirmación, pero además agregan que la adecuación biológica relativa sería efectivamente una medida de adaptación relativa de un ser vivo respecto a otro “bajo circunstancias particulares de interacción con el medio ambiente”. Por tanto, los autores toman una posición dual: no hay seres vivos más o menos adaptados cuando la adaptación se considera un estado inherente, pero sí los hay con respecto a un estimador cuantitativo. Esto, sin embargo, no clarifica demasiado el problema. No sería contradicción que a un estado se le asocie algún descriptor para fines comparativos (e.g., a cualquier sólido o líquido se le pue-

de medir alguna propiedad y ubicarlo en una escala relativa, y su estado continúa invariante a menos que se produzca una transición de fase). Pero ¿pueden ser sinónimos la adaptación y la adecuación? Hay casos corrientes de poblaciones naturales de una misma especie que al ocupar ambientes con distinto nivel de recursos muestran diferencias en sus tasas reproductivas, las que se reflejarían al aplicar descriptores cuantitativos de adecuación. Si el factor de variación es la cantidad de recurso, ¿debiera concluirse que una población está más adaptada que la otra? Similarmente, muchas especies muestran en forma natural y consistente tasas reproductivas bajas (especies “raras”) o altas (especies “comunes”), independientemente del ambiente que ocupan. ¿Puede afirmarse que una especie rara está menos adaptada que una común? Lo problemático de considerar organismos más y menos adaptados ha sido claramente planteado por Maturana & Varela (1984) en “El árbol del conocimiento”.

En otra subsección, Manríquez & Rothhammer desestiman la crítica del DE a la TME sobre no considerar o explicar adecuadamente el carácter conservador o neutro de los cambios moleculares, argumentando que ya fue explicado en el marco de la TME por la “teoría” neutralista de Kimura (ésta es más un modelo que una teoría, pero no discutiré qué es teoría y qué no, y en adelante usaré el término según las denominaciones usuales o según el criterio de los propios autores de una proposición). Ciertamente el neutralismo provee una explicación biológica (hipótesis) adecuada a este fenómeno, pero se podría acotar que el neodarwinismo, más que incorporar los cambios neutrales, ha intentado reinterpretarlos en su propio marco teórico. Ridley (1993; pp. 146-147) ofrece un enfoque interesante al respecto: el núcleo de la controversia estaría centrado en la importancia relativa de mutaciones con distintos coeficientes de selección. Descartando los extremos del panneutralismo (todas las mutaciones son neutras) y el panselccionismo (todas son selectivamente ventajosas), subsiste el problema de determinar cuál es la distribución de frecuencia de ambos tipos, ya que en la práctica sus valores no son

bien conocidos y, dependiendo del modelo teórico usado, casi todas las observaciones pueden ser explicadas por ambos puntos de vista (las razones teóricas y prácticas de este problema han sido expuestas detalladamente por Roughgarden 1979; pp. 81-97). Entonces, la explicación de los cambios neutrales no puede ser vista en el neodarwinismo como un ejemplo de que la excepción confirma la regla, y la controversia seleccionismo-neutralismo permanece sin resolver. Por ello la afirmación de Manríquez & Rothhammer lleva a suponer que el marco de la TME, más que articular coherentemente distintos conceptos, parece “fagocitar” todo lo que se sabe sobre evolución, sin importar que hayan interpretaciones conflictivas en su interior, lo cual no es un rasgo muy deseable para una teoría.

Algo similar se observa en la última subsección sobre explicaciones relativas a ontogenia y filogenia (procesos de alometría y heterocronía), donde el DE considera inadecuadas las ofrecidas por la TME. Manríquez & Rothhammer argumentan que diferentes autores han hecho aportes conceptuales y empíricos sobre esta relación, y que existen evidencias que “avalan la explicación de la TME”. Esta afirmación induce a pensar que cualquier fenómeno que no concuerda con la teoría, al ser explicado biológicamente (aunque la selección no tome parte en ello), pasaría de manera automática a formar parte de la TME. En este sentido la TME explicaría todo lo conocido y por conocer, y cuando se acumule una mayor cantidad de conocimientos, en la dirección que sea, bastaría con rebautizarla para que siga siendo una teoría única sobre la evolución.

Análisis textual

En esta sección, Manríquez & Rothhammer se apoyan en algunos criterios de Kuhn que consideran de gran utilidad para analizar el DE en función de su “precisión, simplicidad, coherencia, amplitud y originalidad de sus hipótesis y/o consecuencias”. Sin embargo, no indican por qué se basan sólo en este contexto, entre todos los posibles, ya que Kuhn, pese a su popularidad, no es un

referente suficiente (ni tal vez el más apropiado). Después, sobre la contrastación de predicciones derivadas de una teoría, los autores afirman que “Si las predicciones se cumplen al compararlas con los resultados de los experimentos y/o las observaciones, también se cumple la teoría de la cual dichas predicciones se han deducido”. Esta frase es conflictiva porque parece descansar en una lógica verificacionista. Si bien el cumplimiento de una predicción es un apoyo a la teoría que la origina, de ningún modo es una confirmación de ella ni garantiza su verdad como proposición lógica, pero lo contrario es lógicamente válido, y por ello el proceder científico estándar ha descartado el razonamiento confirmacionista en favor del hipotético-deductivo como argumento válido sobre enunciados científicos.

Posteriormente, los autores analizan dos enunciados hipotéticos del DE “mediante contrastación lógica con resultados obtenidos del estudio de los seres vivos en el marco de las teorías biológicas vigentes”. Si el DE es una teoría, que además constituye una interpretación de la evolución cuando menos parcialmente distinta a la tradicional, resulta extraño que sus predicciones deban validarse en el marco de otras teorías, lo que deja sólo dos opciones: si concuerda con ellas, es redundante y queda incluida en el dominio conocido, y si no concuerda, no tiene validez. Este procedimiento no permite formular nuevas o mejores interpretaciones de los fenómenos naturales. De hecho, respecto a la explicación del DE sobre la especiación en poblaciones sexuales, los autores concluyen que “no está en contradicción con las teorías biológicas vigentes” “y, en este sentido, no merece mayor comentario”; esto parece significar que no aporta nada nuevo y por tanto sería prescindible.

Más adelante, los autores analizan las propiedades explicativas de una serie de proposiciones del DE, formuladas en base a conceptos de Maturana y colaboradores que Manríquez & Rothhammer consideran sólo como neologismos (y así reducen su status de conceptos/definiciones meramente al de términos). Por ello argumentan que estas “afirmaciones requieren ser traducidas al ‘sentido común’ de la biología evolutiva

para ser comprendidas". Sobre el problema de la clasificación, Manríquez & Rothhammer señalan que "la del DE no es una 'nueva respuesta'. Es una versión neológica de la explicación que dio Darwin al problema de la clasificación biológica y de la búsqueda de sistemas naturales". El conflicto aparentemente reside en que el DE o no ha definido adecuadamente sus "neologismos", o sus definiciones no son lo suficientemente amplias y detalladas para ser abordadas sin confusiones desde distintas corrientes de opinión. Esto, sin embargo, no deja lugar a una evaluación del DE, ya que para examinarlo se propone reducir sus "neologismos" a conceptos conocidos de la TME (tratando de identificar "equivalencias"), y confrontarlos no con hechos sino con la interpretación de estos hechos en el marco de la TME, la cual entonces se erige a sí misma como único y absoluto criterio de validación.

El DE como teoría, independientemente de su validez, constituye un sistema de referencia distinto al convencional, y claramente sus definiciones y conceptos no son neologismos, aun cuando en algunos casos coincidan a algún grado con los nombres o contenidos de otros preexistentes. Este proceder de la TME se apoyaría en que el neodarwinismo, apoyado en su tradición de paradigma dominante, confía en que existe una relación estrecha entre sus conceptos y la realidad observable, justificada por casi medio siglo de investigaciones. Esta confianza es común en las disciplinas científicas que alcanzan el status de "ciencia normal", una distinción de Kuhn (1991) que parece reflejar muy bien el quehacer de las ciencias. Al respecto es pertinente el siguiente comentario: "Esta actitud considera las relaciones entre magnitudes empíricas, que son representadas por enunciados teóricos, como algo que existe en sí; y a la vez se sustrae al marco... dentro del cual se constituye el sentido de semejantes enunciados. No bien se entiende que estos enunciados son relativos al sistema de referencia previamente puesto con ellos, la ilusión objetivista se desmorona y deja franco el paso a la mirada hacia un interés que guía el conocimiento" (Habermas 1992; p. 168).

Manríquez & Rothhammer reconocen tres grandes visiones sobre la evolución:

funcionalista, histórica y estructuralista; estas visiones no son necesariamente intercambiables ni reducibles unas a otras, y mientras la TME está claramente ligada al funcionalismo el DE probablemente está más cercano al estructuralismo. Lambert & Hughes (1988), por ejemplo, definen estructuralismo y funcionalismo como distintas "formas de ver" el mundo y la ciencia, y analizan la conexión informacional entre ellos tomando en cuenta sus principales conceptos y palabras clave, concluyendo que son fundamentalmente diferentes (de hecho inconmensurables) y que para evitar confusiones se requiere distinguir las características conceptuales y lingüísticas de cada sistema. Manríquez & Rothhammer incluyen en sus criterios particulares de análisis uno que a través de todo el libro no es considerado, y es quizá el más importante para este contraste TME-DE: "posicionamiento", que contempla principalmente "la visión de mundo a la que el autor de la teoría resulta más afín". Lo más contrastante entre el DE y la TME pareciera ser precisamente la diferencia en las visiones de mundo de sus respectivos proponentes, distinción que no aparece en el análisis de Manríquez & Rothhammer.

Las ciencias de la naturaleza se esfuerzan, de uno u otro modo, en captar o lograr la mejor descripción de la realidad metafísica, es decir, "la presencia de entidades autorreferentes cuyas propiedades estén ahí con independencia de que sean o no percibidas, nombradas e identificadas en nuestra comunicación" (Kolakowski 1990), o como se ha dicho, "el deseo de compartir el punto de vista del Ojo de Dios". Muchos partidarios del neodarwinismo han sido intransigentes con visiones alternativas de la naturaleza, tomando una actitud objetivista (i.e., aquella que "refiere ingenuamente los enunciados teóricos a estados de cosas"; Habermas 1992; p. 168). Incluso algunos autores (que no son ni ilustres desconocidos ni principiantes desorientados), al no diferenciar los "hechos" de la interpretación de los hechos, convierten al neodarwinismo en una ideología al proclamarlo como el mejor intérprete (o incluso el único) de la realidad. Problemas como éste han sido bien tratados por Kolakowski (1990; pp. 92-93)

al referirse a que usualmente dos “formas de ver” no discrepan en “cuestiones empíricas” “sino en su interpretación de la experiencia”, y unos “simplemente declaran ilícita y carente de sentido” la interpretación de los otros “de acuerdo con las reglas del lenguaje que han decidido adoptar. Por tanto, la cuestión es: ¿hay algunas reglas de orden superior que nos permitan elegir entre todos los lenguajes posibles?”. Lamentablemente esta última pregunta aún no adquiere suficiente fuerza ni presencia en la biología.

Coherencia, consenso y validez

Al término de su Análisis textual, Manríquez & Rothhammer se refieren a la coherencia conceptual del DE, y su conclusión es tajante: el DE es incoherente. No obstante, las premisas en que se fundamenta este análisis son discutibles. Los autores indican que “para ser entendidos por los demás miembros de la comunidad científica, los enunciados del DE deben basarse sobre conceptos y definiciones que son de consenso al interior de esa comunidad”. Esto lo ejemplifican con la definición de deriva genética del DE, que consideran incoherente porque no incluye aspectos básicos en la TME como la mutación, y porque en ésta el término se identifica con el efecto de cambio genético aleatorio asociado a cambios en tamaño poblacional. No obstante, al examinar el apéndice con definiciones y precisiones conceptuales provisto por Maturana & Mpodozis (1992; pp. 43-47) se aprecia que casos como éste (y otros) llegan a ser casi una coincidencia de términos: aparte de que la deriva genética en el DE es distinta y no se basa en la de la TME, Maturana & Mpodozis (así como cualquiera que formule una teoría) ciertamente son libres de escoger cómo nominar sus conceptos y no hay nada que los obligue a priori a basarlos en aspectos “básicos” de otra teoría. Si se acepta que la coherencia o validez de un concepto pasa por cumplir el criterio de aceptación por consenso, las posibles modificaciones de las teorías se limitarían a pequeñas “correcciones de rumbo”, o equivaldrían a añadir un ladrillo más en una muralla sin alterar el diseño, estructura y dimensiones previamente establecidos, lle-

nar un “hueco” de la muralla, reemplazar un ladrillo por otro con distinta forma, etc. En apariencia este criterio de consenso no descansa en la validez o coherencia lógica de un concepto: su grado de congruencia con el paradigma imperante sería una condición suficiente, y la tolerancia por los partidarios del paradigma una condición necesaria. Aparte de sugerir un tinte reduccionista y dogmático en la TME, esto refleja además que si en lo formal y público la validación de conocimiento científico se basa en criterios rigurosos, en lo cotidiano se basa en el voto de la mayoría. Esta democracia no es necesariamente buena o mala (digamos que sólo ocurre), y parece ser el corazón de la ciencia normal.

El problema particular del reduccionismo ya ha sido debatido activamente al interior del neodarwinismo, por ejemplo, en el simposio “Problemas de la reducción en biología”, editado como libro por Ayala & Dobzhansky (1983). En este libro, Nagel discutió las condiciones necesarias y suficientes para reducir una rama de la ciencia a la otra, también aplicables a las teorías. En el caso analizado aquí, la derivabilidad implica que para poder reducir el DE a la TME, los hechos teóricos del primero deben ser consecuencias lógicas de los de la segunda (lo cual no se cumple), y sólo si fuera el caso la conectabilidad permitiría redefinir los términos técnicos del DE usando los de la TME. Manríquez & Rothhammer señalan finalmente que “la permanente necesidad de ‘traducir’ los neologismos y definiciones del DE a la terminología que es de consenso en el ámbito de la TME muestra la incoherencia conceptual del DE”. Como se mencionó antes, es muy discutible que el DE pueda ser reducido a la TME, y no parece fructífero analizar la coherencia del DE calificando sus enunciados de redundantes, si existe alguna conexión con la TME, o incoherentes, si no la hay. El análisis del DE efectuado por Manríquez & Rothhammer no evalúa la coherencia de éste, ya que en realidad es un análisis de la factibilidad de traducción del DE a la TME, que podríamos llamar un análisis de la conmensurabilidad entre ambas teorías. La conclusión apropiada es que el DE no es conmensura-

ble con la TME, lo que no permite conclusión alguna sobre la coherencia del primero. Es fácil ver el contraste con el problema de los cambios neutrales, que sí son “traducibles” al lenguaje del neodarwinismo, pero esto tampoco valida la conclusión de Manríquez & Rothhammer de que el neutralismo ha sido adecuadamente explicado por la TME. El mismo Kuhn (1991; p. 310), cuyos criterios son usados como referente de validación por los autores, ha señalado explícitamente que “Traducir una teoría o visión del mundo al propio lenguaje no es hacerla propia”.

CONCLUSIONES DE LA CONTRASTACION ENTRE DE Y TME

Manríquez & Rothhammer resumen las conclusiones de su análisis en un breve párrafo donde, a la redundancia e incoherencia atribuidas al DE (ya discutidas), se agregan: (a) la exclusión y desconocimiento implícito por parte del DE de aspectos centrales de la teoría de Darwin; (b) su equivocación de atribuirle a la TME nociones conflictivas de la TSE que ya han sido discutidas y revisadas por la TME; y (c) un bajo poder explicativo del DE comparado a la TME. Sobre el literal (a), si el DE es una teoría distinta a la TME, su validez no está condicionada a la inclusión de aspectos clave del darwinismo (si los proponentes del DE conocen o no la teoría de Darwin, es algo fuera del ámbito de este comentario). Sobre el literal (b), muchos aspectos de la TSE efectivamente han sido revisados y modificados, y corresponden principalmente a enunciados funcionalistas que no tienen mucha cabida en el neodarwinismo contemporáneo. Por tanto, si la crítica del DE efectivamente es una respuesta a postulados de la TSE, podría contener elementos conflictivos, aunque no necesariamente implica que los incorpore en su planteamiento. Finalmente, sobre el literal (c) considero que el análisis de Manríquez & Rothhammer no permite una conclusión válida sobre el poder explicativo del DE, aunque sí pareciera que, a los ojos de la teoría tradicional, aparece como una explicación autocontenida.

El neodarwinismo moderno como sistema de creencias

Una probable razón por la que el neodarwinismo moderno, como ciencia normal, desacredita a teorías competidoras, es que aparentemente descansa en una fuerte creencia en los datos empíricos y en su congruencia con el marco en que son interpretados. Kuhn (1991; pp. 52-53) considera a la ciencia normal como “un intento de obligar a la naturaleza a que encaje dentro de los límites preestablecidos y relativamente inflexibles que proporciona el paradigma”, y a los fenómenos que no encajan en estos límites “frecuentemente ni siquiera se los ve”. No obstante, este modo de operar, que en general no es intencionado, a veces contribuye a mejorar la articulación entre teorías y fenómenos, y, al decir de Kuhn (loc. cit.), “el paradigma obliga a los científicos a investigar alguna parte de la naturaleza de una manera tan detallada y profunda que sería inimagable en otras condiciones”.

El conflicto probablemente queda mejor expuesto en la visión de Goertzel (1994), quien considera a los paradigmas como sistemas de creencias. Goertzel reconoce que Kuhn no se preocupó mayormente sobre cómo trabajan estos sistemas y que Lakatos fue más allá al proponer que la ciencia está organizada en base a sistemas de creencias que denominó “programas de investigación”, compuestos de un “núcleo” de creencias esenciales y una “periferia” de creencias que hacen de medio entre el núcleo y el contexto. Así, de acuerdo a Goertzel (1994; p. 173) “la creencia en un elemento del núcleo incentiva fuertemente la creencia en otras teorías del sistema, y la creencia en una teoría del sistema casi nunca desincentiva la creencia en un elemento del núcleo.”

Sobre la teoría del equilibrio intermitente

En el Anexo de su libro, Manríquez & Rothhammer presentan la teoría del equilibrio intermitente (TEI) como “Un ejemplo del desarrollo crítico de la teoría moderna de la evolución”, ya que puso en escena una interpretación alternativa al gradualismo filético (una creencia esencial del neodarwinismo, según los términos de Goertzel 1994). Sin

embargo, la mayor importancia de la TEI es que evidencia un desacoplamiento entre micro y macroevolución, y lleva a reconocer una jerarquía de niveles y procesos que adquieren perspectiva en la llamada expansión jerárquica de la teoría evolutiva (Gould 1982). Manríquez & Rothhammer consideran la TEI como “un conjunto de hipótesis alternativas”, que en principio corresponderían, “antes que un nuevo descubrimiento”, a “una reinterpretación de datos” y a una reevaluación de interpretaciones “a las que la TSE asignó un papel marginal en la explicación de los procesos macroevolutivos”, además de algunas hipótesis nuevas. Si este es el caso, siguiendo los criterios de Lakatos y Goertzel indicados anteriormente debiéramos ver la TEI como creencias periféricas asociadas al neodarwinismo (creencias esenciales).

Gould & Eldredge (1994a), en una revisión para celebrar los 21 años de la TEI, se refieren a ella sólo como “una valiosa adición a la teoría evolutiva” (p. 223). Pero luego indican que la TEI es un concepto central en el desarrollo de una teoría jerárquica en la biología evolutiva, que implica un programa de investigación muy diferente al tradicional y obliga a una reformulación de casi todas las preguntas macroevolutivas (características obviamente poco acordes con un sistema periférico de creencias). Su aparente “modestia” probablemente se debe a la fuerte oposición que la TEI generó (y aún genera) entre los neodarwinistas tradicionales, varios de los cuales la rechazan de plano. Un ejemplo son las cartas de connotados evolucionistas que acompañan a esta “celebración”. Primero, Clarke (1994; p. 407) simplemente afirma que las bases de la TEI llevan mucho tiempo incluidas en el ámbito tradicional (e.g., la especiación de quantum de Simpson), que a pesar de Gould & Eldredge la dirección de la macroevolución estará “determinada por los procesos estándar de selección natural actuando dentro de las poblaciones”, y que lo más apropiado “sería celebrar el aniversario cincuenta de la teoría de Simpson”. Segundo, Levinton (1994) precisa que aunque Gould & Eldredge lo citan por haber declarado muerta o trivial a la TEI, se equivocan ya que para él es sólo algo “vacuo” que no ha agregado nada de

substancia, “aun si existen ahora un par de ejemplos” (p. 408). Comentarios como éstos reflejan la fuerte resistencia a aceptar otra interpretación de la macroevolución, pero difícilmente un desarrollo crítico de la TME.

No obstante, otros autores neodarwinistas (e.g., Futuyma 1986; p. 409) reconocen que la teoría neodarwiniana de microevolución simplemente no contempla fenómenos cruciales como la extinción de los taxa. La TEI, entonces, más que hipótesis alternativas basadas en reinterpretación de datos, podría verse como un nuevo sistema de creencias esenciales, que incluye entre sus creencias periféricas a las teorías microevolutivas. La ventaja es que, como consecuencia de la TEI, ésta y el neodarwinismo no serían sistemas excluyentes ya que se focalizan en diferentes niveles de la jerarquía genealógica. Por lo mismo tampoco son sistemas complementarios, ya que una jerarquía implica conectividad o flujo de información entre niveles, donde cada nivel es influido por la interacción entre causas provenientes de niveles superiores e inferiores. Típicamente los debates surgen cuando un sistema de creencias comienza a cerrarse, afirmando la primacía de los elementos causales de su propio nivel focal de análisis frente a los de otros niveles asociados a otros sistemas. Es claro que los proponentes de la TEI no se ven a sí mismos como actores de una discusión sobre aspectos macroevolutivos en el seno del neodarwinismo. De hecho, Eldredge (1995) considera actualmente que el conflicto es mucho más agudo, y con una actitud bastante provocativa reconoce dos grandes enfoques muy diferentes de la evolución: uno “ultradarwinista”, que explica la evolución desde una perspectiva “centrada en el gen”, y uno “naturalista” más amplio que, por contraste, califica la visión del primero como “esencialmente reduccionista” y “distorsionadamente sobresimplificada” (p. 4). Como otras controversias dicotómicas surgidas por diferencias en visiones de mundo, no puede solucionarse con un criterio de consenso y parece no haber síntesis posible. Sin embargo los hechos de la evolución permanecen a pesar de las actitudes e interpretaciones, y así como Darwin era pluralista respecto a los mecanismos evolutivos

a nivel poblacional, también parece aconsejable el pluralismo respecto a los mismos niveles y procesos de la evolución.

NEODARWINISMO VERSUS ESTRUCTURALISMO

La falta de receptividad del neodarwinismo a otras interpretaciones no atañe sólo a la TEI. En la última década destaca, por ejemplo, la resistencia a aceptar nuevas ideas para definir la especie, como el concepto de reconocimiento (elaborado por Paterson desde fines de los setenta; e.g. véase Paterson 1980) basado en los sistemas de reconocimiento de pareja y de fertilización. Un buen reflejo es la discusión entre Coyne et al. (1988; detractores) y White et al. (1990; defensores). White et al. (1990) ven la causa de la oposición neodarwinista a sus ideas en que ambas posiciones están separadas por un vacío epistemológico, tanto en la lógica usada para estudiar los fenómenos biológicos como en el lenguaje usado para describirlos, y esto surge de que el concepto de reconocimiento es más afín al ámbito estructuralista. La similitud con aspectos discutidos aquí sobre el contraste DE-TME no es casual, y se debe a la tendencia neodarwinista de reducir otros lenguajes al suyo.

Probablemente el neodarwinismo actual se enfrente a un tipo de progreso que en lugar de adicionar, sustraer o sustituir elementos de la teoría, como parece haber sido el camino desde Darwin a la TSE, enfatice la interacción entre teorías. Así, el futuro cercano bien podría consistir en el desarrollo in extenso de una teoría jerárquica de la evolución, pero en el panorama contemporáneo de ideas evolutivas destacan también otras opciones. En las últimas décadas ha habido un "resurgimiento" del estructuralismo, de distintas fuentes, enfatizando la interacción entre teorías que emergen desde los ámbitos de la morfogénesis y epigénesis, sistemas complejos y autoorganización, aspectos difíciles de encontrar en los libros de texto tradicionales (una exposición simple, detallada y atractiva del enfoque moderno de los sistemas complejos se encuentra en Lewin 1992, Wardrop 1992). Parte de las ideas estructuralistas son afines a la teoría de la autopoiesis, pero lo fundamen-

tal es que constituyen una serie de sistemas de referencia que, pese a sus distinciones, tienen un grado importante de conexión. Estos sistemas parecen delimitar un ámbito de explicaciones con la suficiente elaboración y fuerza como para que la tradicional dicotomía estructuralismo-funcionalismo adopte la imagen de una balanza de brazos en movimiento, y no cargada pesadamente hacia el lado funcional como en el pasado, aunque esto no se refleje en términos de impacto (en número de publicaciones o la influencia de éstas en la comunidad científica). Como señala Goodwin (1990; p. 229), "Aunque hay un cuerpo creciente de literatura sobre estructuralismo en biología, no hay ningún manifiesto, ningún credo común aparte de una insatisfacción con las explicaciones históricas y funcionalistas del neodarwinismo y un compromiso con explicaciones en términos de principios generativos", o "principios autoorganizadores que hacen posible los patrones de comportamiento y morfología de los organismos". El estructuralismo también se compone de sistemas de creencias esenciales, y el término viene de la creencia en que "la estructura precede lógicamente a la función", y se basa en "entender los principios de acuerdo a los cuales se genera un sistema, los que definen su estructura y su dinámica,... la forma en que sus partes contribuyen a su estabilidad y cómo el sistema como un todo puede persistir en circunstancias dadas" (Goodwin, loc. cit.).

Un ejemplo de las distintas interpretaciones estructuralistas está resumido en el libro "Estructuras dinámicas en biología" (editado por Goodwin et al. 1989), que recoge parte de los trabajos de un taller internacional sobre el tema (Osaka, 1986). Entre los aspectos generales, que resumo de las contribuciones de Webster (1989) y Ho (1989), destaca el concepto del organismo no como resultado de contingencias históricas, sino como sistema racional de transformaciones (estructura), donde el fenómeno natural básico no es la herencia sino la reproducción, entendida como el volver a producir un patrón específico que corresponde al sistema organismo (reproducción), a veces con variación. El darwinismo enfatiza mecanismos de causa-efecto que

introducen cambios puntuales en un organismo individual, el cual es moldeado por la contingencia y su semejanza con otros es adquirida por herencia; el estructuralismo enfatiza leyes generativas (medios de producción) que determinan la ocurrencia de tipos de organismos, cuya semejanza ya está presente, donde la contingencia coexiste con la estructura y es internalizada como condiciones límite o como detalles terminales del proceso de generación de patrón, incidiendo en la aparición de "novedades". Estas novedades son una expresión de la no linealidad del sistema, pero también pueden llevar a destruir la coherencia de un patrón de desarrollo y/o producir una coherencia nueva (e.g., otro tipo de organismo).

La relación entre el estructuralismo y el ámbito más general de los sistemas complejos y autoorganización es evidenciada por los planteamientos de Prigogine & Stengers (1984), quienes (no siendo estructuralistas) desde este último contexto llegan a conclusiones similares sobre las mismas preguntas. Refiriéndose al uso de conceptos de optimización y relaciones causa-efecto simples, Prigogine & Stengers señalan que "la forma en la cual la evolución biológica y social han sido tradicionalmente interpretadas representa un uso particularmente desafortunado de los conceptos y métodos tomados prestados de la física" (p.207). Ellos también consideran a los sistemas biológicos como sistemas de transformación gobernados por leyes que son al mismo tiempo las responsables de que se mantenga y altere su estabilidad. En su visión la contingencia no debiera ser enfocada como algo externo al organismo que conduce a su optimización, ya que ésta ignora las transformaciones radicales y las restricciones inerciales que condicionan el funcionamiento de un sistema: "Es obvio que... la acción de presiones selectivas tiende a optimizar algunos aspectos de los comportamientos o modos de conexión, pero considerar la optimización como la clave para entender cómo las poblaciones e individuos sobreviven es arriesgarse a confundir causas con efectos" (p. 207). El estructuralismo ve el cambio evolutivo como alteraciones en la dinámica del sistema organismo que pueden ser influidas o incluso gatilla-

das por factores externos, pero cuyo tipo, dirección (i.e., trayectoria del sistema) y magnitud dependerán de las leyes de transformación internas que definen y gobiernan el sistema, y por ello el espacio de posibilidades de su expresión visible estará acotado. Es decir, un agente como la selección natural puede intervenir en el proceso que conduce a la aparición de novedades, e incluso contribuir a "refinarlas" una vez que están presentes en el ambiente, pero la dinámica del proceso generativo subyacente al cambio y la expresión final de éste serían independientes de la selección. En otras palabras, siguiendo a White et al. (1990), en el neodarwinismo "las entidades biológicas son vistas como el resultado de un conjunto específico de procesos históricos", y "la historia provee el marco en el cual la biología debe ser interpretada", mientras que el estructuralismo ve "la historia como aquello que requiere una explicación, no como una explicación en sí misma" (p. 408); las entidades biológicas serían el resultado de la operación de principios generativos en circunstancias contingentes particulares, y por ello la "Historia es la trayectoria de la genealogía a través del espacio posible" (p. 410). Prigogine & Stengers (1984) se han preguntado también si es posible que la selección de la información genética que gobierna las tasas y la regulación de las reacciones metabólicas favorezca ciertas trayectorias, a un grado tal que el desarrollo parezca tener un propósito o semeje la traducción de un mensaje. Ellos concluyen que esto aparece así porque la dinámica de un sistema, que vemos en condiciones normales como un estado particular (e.g., un fenotipo en este caso), incluye en sí misma las posibilidades de cambio (regiones de bifurcación), que pueden ser "activadas" por un elemento externo, pero no cualquiera sino uno al que esta dinámica sea sensible y que sea capaz de provocar un desplazamiento (fluctuación) que genera un cambio que no altere la estabilidad del sistema (e.g., modificación del fenotipo), o desestabilizarla llevándola a un nuevo estado (e.g., otro fenotipo). De este modo, pequeñas causas podrían tener grandes efectos, pero sólo mediadas o condicionadas por la organización dinámica del sistema.

La diferencia entre las premisas neodarwinista (la función precede a la estructura) y estructuralista (la estructura precede a la función) reside básicamente en dónde se sitúa la explicación, lo que queda bien representado por una metáfora de Maxwell citada por Prigogine & Stengers (1984; p. 206): “el fósforo es responsable del incendio del bosque, pero referirse al fósforo no basta para entender el incendio”. Ciertamente los lenguajes estructuralistas no son reducibles al lenguaje del neodarwinismo, y por ello sus ideas son percibidas en ese ámbito como difusas, sin sustento, extrañas y hasta heréticas, lo que en la práctica equivale a ser descalificadas por carecer de validez. Por otra parte, los sectores estructuralistas disconformes con la explicación del neodarwinismo no aspiran a que sus ideas sean incorporadas a éste o lo sustituyan como paradigma, sino que consideran necesaria una evaluación crítica de las interpretaciones evolutivas ya que aparentemente lo que se requiere no es “un darwinismo revisado sino un marco conceptual diferente” (Webster 1989; p. 13).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco los comentarios de F. Bozinovic, M. Lima y F.M. Jaksic, al borrador de este comentario. No puedo agradecer algún apoyo económico porque, lamentablemente, discusiones como la planteada aquí (por mala que sea) muchas veces se consideran ajenas a la actividad científica regular, y con frecuencia los mismos científicos las califican con un término muy específico (no reproducible) que alude a los restos secos de ciertas angiospermas.

LITERATURA CITADA

- ALBERCH P (1980) Ontogenesis and morphological diversification. *American Zoologist* 20: 653-667.
- AYALA FJ & T DOBZHANSKY, eds (1983) Estudios sobre la filosofía de la biología. Editorial Ariel, S.A., Barcelona. 487 pp.
- CLARKE B (1994) Punctuated debate. *Nature* 368: 407.
- COYNE JA, HA ORR & DJ FUTUYMA (1988) Do we need a new species concept? *Systematic Zoology* 37: 190-200.
- ELDREDGE N (1995) Reinventing Darwin. The great debate at the high table of evolutionary theory. John Wiley & Sons, Inc., New York. 244 pp.
- FUTUYMA DJ (1986) *Evolutionary biology*. Second edition, Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts. 600 pp.
- GOERTZEL B (1994) Chaotic logic. Language, thought, and reality from the perspective of complex systems science. Plenum Press, New York. 278 pp.
- GOODWIN BC (1982) Development and evolution. *Journal of Theoretical Biology* 97: 43-55.
- GOODWIN BC (1990) Structuralism in biology. *Scientific Progress*, Oxford 72: 227-244.
- GOODWIN B[C], A SIBATANI & G WEBSTER, eds (1989) *Dynamic structures in biology*. Edinburgh University Press, Edinburgh. 259 pp.
- GOULD SJ (1982) Darwinism and the expansion of the evolutionary theory. *Science* 216: 380-387.
- GOULD SJ & N ELDREDGE (1994b) Punctuated equilibrium comes of age. *Nature* 368: 223-227.
- GOULD SJ & N ELDREDGE (1994b) Punctuated debate: Gould and Eldredge reply. *Nature* 368: 408.
- GRENE M (1987) Hierarchies in biology. *American Scientist* 75: 504-510.
- HABERMAS J (1992) *Ciencia y técnica como ideología*. Segunda edición, Editorial Tecnos S.A., Madrid. 181 pp.
- HO M-W (1989) A structuralism of process: towards a post-darwinian rational morphology. En: Goodwin B[C], A Sibatani & G Webster (eds) *Dynamic structures in biology*: 31-48. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- HOECKER G (1980a) La genética desde Mendel hasta Morgan. 1ª parte. Teoría del gen. Editorial Universitaria, Santiago. 86 pp.
- HOECKER G (1980b) La genética desde Morgan hasta Watson y Crick. 2ª parte. El secreto de la vida. Editorial Universitaria, Santiago. 73 pp.
- KAUFFMAN SA (1991) Antichaos and adaptation. *Scientific American* 265: 64-70.
- KOLAKOWSKY L (1990) Horror metaphysicus. Editorial Tecnos S.A., Madrid. 139 pp.
- KUHN TS (1991) La estructura de las revoluciones científicas. Tercera reimpresión argentina, Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V., Buenos Aires. 320 pp.
- LAMBERT DM & AJ HUGHES (1988) Keywords and concepts in structuralist and functionalist biology. *Journal of Theoretical Biology* 133: 133-145.
- LEVINTON J (1994) Punctuated debate. *Nature* 368: 407-408.
- LEWIN R (1992) Complexity. Life at the edge of chaos. Macmillan Publishing Company, New York. 208 pp.
- MANRIQUEZ G & F ROTHHAMMER (1997) Teoría moderna de la evolución. Con un análisis del determinismo estructural de H. Maturana. Amphora Editores, Santiago. 64 pp.
- MATURANA H & F VARELA (1989) El árbol del conocimiento. Quinta edición, Editorial Universitaria, Santiago. 171 pp.
- MATURANA H & J MPODOZIS (1992) Origen de las especies por medio de la deriva natural. La diversificación de los linajes a través de la conservación y cambio de los fenotipos ontogenéticos. Publicación Ocasional N° 46, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago. 48 pp.

- PATERSON HEH (1980) A comment on "mate recognition systems". *Evolution* 34: 330-331.
- PRIGOGINE I & I STENGERS (1984) *Order out of chaos. Man's new dialogue with nature.* Bantam Books, New York. 349 pp.
- RIDLEY M (1993) *Evolution.* Blackwell Scientific Publications, Inc., New York. 670 pp.
- ROTHHAMMER F (1981) *El desarrollo de las teorías evolutivas después de Darwin.* Editorial Universitaria, Santiago. 55 pp.
- ROUGHGARDEN J (1979) *Theory of population genetics and evolutionary ecology: an introduction.* Macmillan Publishing Co., Inc., New York. 634 pp.
- VRBA ES & N ELDREDGE (1984) Individuals, hierarchies and processes: towards a more complete evolutionary theory. *Paleobiology* 10: 146-171.
- WALDROP MM (1992) *Complexity. The emerging science and the edge of order and chaos.* Simon & Schuster, New York. 380 pp.
- WEBSTER G (1989) Structuralism and darwinism: concepts for the study of form. En: Goodwin B[C], A Sibatani & G Webster (eds) *Dynamic structures in biology: 1-15.* Edinburgh University Press, Edinburgh.
- WHITE CS, B MICHAUX & DM LAMBERT (1990) Species and neo-darwinism. *Systematic Zoology* 39: 399-413.
- WICKEN JS (1979) The generation of complexity in evolution: a thermodynamic and information-theoretical discussion. *Journal of Theoretical Biology* 77: 349-365.