

THOM, GOULD Y LA TRADICIÓN MORFOLÓGICA EN LA CIENCIA¹

JUAN RAMÓN ÁLVAREZ

Departamento de Filosofía y Ciencias de la Educación
Universidad de León. 24071 León (España)

dfcjab@unileon.es

A la memoria de Stephen Jay Gould y René Thom

Tras el fallecimiento de Stephen J. Gould y René Thom, se rememora en este trabajo su contribución a la teoría biológica desde cada una de sus posiciones teóricas, con especial atención a su mantenimiento de la tradición morfológica dentro del pensamiento biológico en un siglo dominado por la síntesis evolucionista. Se repasa la contribución de Thom en su aplicación de los modelos matemáticos a la morfogénesis y su inserción de las matemáticas en la propia realidad biológica. Por su condición de teórico evolucionista de primera fila, la revisión de Gould va más allá de su relación con la tradición morfológica, hasta abordar los puntos principales de su concepción de la evolución como biólogo, historiador y filósofo de la ciencia.

Palabras clave: Gould, biología, evolución, desarrollo, matemáticas, Thom.

After the death of Stephen J. Gould and René Thom, this paper is written in remembrance of their contribution to biological theory from their own theoretical outlooks, with especial attention to their support of the morphological tradition within biological thought in a century dominated by the evolutionary synthesis. Thom's contribution is reviewed in connection with the employment of mathematical models to analyse morphogenesis and also to the embedding of mathematics into the very biological reality. Owing to his condition of a first rank evolutionary theorist, Gould review goes beyond his relationship with the morphological tradition up to the main points of his view of evolution as biologist, historian and philosopher of science.

Key-words: Gould, biology, evolution, development, mathematics, Thom.

¹ Como homenaje a quienes se dedica este artículo, adelanto aquí ideas que me propongo desarrollar con mayor detalle y extensión en el futuro.

Contextos, XIX-XX/37-40, 2001-2002 (págs. 227-262)

1. Dos ausencias recientes

En el año 2002 fallecieron un biólogo y un matemático especialmente importantes, no sólo como brillantes científicos, sino también como pensadores que desarrollaron sus teorías más allá de las técnicas propias de su especialidad, aunque eso sí, siempre sin perderlas de vista, porque de su práctica investigadora y educativa se remontaron a un horizonte teórico que, en la mejor tradición de la racionalidad occidental, aunó la ciencia reflexiva y la filosofía de la ciencia².

Aunque más joven, a los sesenta años, Gould falleció en mayo, habiendo dejado, dos meses antes, para el estudio de todos los interesados en la teoría de la evolución biológica, un grueso volumen de 1500 páginas titulado *The Structure of Evolutionary Theory*³. Quienes han disfrutado de sus obras más eruditas y su mejor divulgación científica habrán de dedicar buen tiempo a la lectura detenida de una obra que está escrita como compendio de toda una vida encaminada a establecer el adecuado marco de la teoría evolucionista, más como un programa crítico en continua revisión que como una ortodoxia cuya defensa se parecería más al discurso forense que a la revisión racional⁴.

René Thom falleció muy cerca de cumplir los ochenta años en el mes de octubre. Premio Fields de Matemáticas (el Nobel de la profesión) en 1958, no se limitó a las elevadas técnicas que le hicieron merecedor de tales méritos. Su aplicación de los modelos de la topología diferencial a los procesos morfogénicos, en el marco de los esfuerzos liderados por C.H. Waddington para fomentar una Biología teórica que completara la teoría de la evolución, fue apreciada positiva y negativamente; no pasó sin pena ni gloria. Y más allá de la aplicación de las matemáticas a los procesos biológicos “profesó” una filosofía en que la tradición de las formas,

² Algunos han llamado a este punto de vista “la tercera cultura” (Cf. Brockman, 1996) o “la nueva filosofía” (Pascual, 1997).

³ Cambridge (MA): Harvard University Press, 2002.

⁴ No es extraño que algunos de los adversarios (¿o, tal vez, enemigos?) del evolucionismo practiquen ese discurso que lleva las cuestiones a la lucha por el poder en la educación. Buen ejemplo de ellos es Philip Johnson, en varios libros combativos, uno de ellos titulado *Proceso a Darwin* (1995).

procedente de Aristóteles⁵ y con intermediarios tan ilustres como Goethe y D'Arcy Thompson, se benefició del preciso y precioso instrumental de Thom.

2. Memoria matizada de una narrativa

Sin duda, el Newton de la brizna de hierba entrevisto por Kant en la *Crítica del Juicio* no debería ser muy parecido a Darwin o, al menos, al Darwin de los más celosos darwinistas. Porque si aquél no podría liberarse de presuponer en sus juicios biológicos alguna intención (*Absicht*)⁶, la teoría de la evolución por selección natural se habría caracterizado precisamente por todo lo contrario, a saber, por haber formulado un marco teórico en el que las causas (eficientes) o fuerzas (externas) habrían prevalecido, conforme al ideal mecanicista de la ciencia moderna, donde la teleología y las fuerzas internas no tenían cabida.

La historia de los grados de aceptación del programa darwiniano se supone bien conocida, aunque sólo suelen trazarse brochazos gordos de la misma, en general coincidentes con la idea de un cumplimiento por relleno de los huecos existentes en el siglo XIX, especialmente, una teoría de la herencia que alcanzase hasta la estructura misma del material hereditario y de su forma de operar. La genética, en su inicio fenomenológica, posteriormente experimental en escalas cada vez más fundamentales, accede en la segunda mitad del siglo XX al conocimiento progresivo de la “materia de la vida” (Simon 1971) en su estructura, modo de transmisión y de expresión. Con ello se consolida la visión que ha llevado a Fox Keller (2000) a caracterizar el siglo XX como “el siglo del gen”, gen que Dawkins (1975) convirtió en el gran protagonista de una saga en que los organismos se limitaban a ser máquinas de supervivencia para ellos.

En la visión más generalizada, con la genética molecular el marco darwiniano quedaba bien fundado y la teoría de la evolución tendía a convertirse en la teoría biológica general, que iría progresivamente asumiendo los problemas pendientes. Hasta aquí la narrativa que

⁵ Yo mismo hace años utilicé la expresión “aristotelismo topológico” para referirme a las formulaciones de Thom (Cf. Álvarez, J.R. (1985 y 1988). Dando la vuelta a la fórmula muchos años después, el “topologismo aristotélico” fue objeto de un artículo de Thom (1999).

⁶ Este conocido pasaje se halla en Kant, I. (1790): § 75.

caracteriza la versión difundida en nuestra cultura general, pero que no coincide exactamente con la de los biólogos y filósofos de la biología (en algunos casos los mismos) que consideran válida, pero insuficiente la perspectiva evolucionista como teoría general de los seres vivos. Y ello en varios aspectos, pero especialmente en dos que, a veces, plantean problemas emparentados: la explicación del origen de la vida y la producción de formas en los procesos de desarrollo.

C.H. Waddington emprendió, de 1966 en adelante, en los años de más confianza en la generalidad de la teoría de la evolución, una campaña a favor de una Biología teórica que se enfrentara a los problemas de la morfogénesis, especialmente en las reuniones cuyas intervenciones aparecieron publicadas bajo el título de *Hacia una Biología teórica*⁷. En la década de los 70 publicó Thom su *Stabilité structurelle et morphogenèse* (1972) y *Modèles mathématiques de la morphogenèse* (1974), así como sus contribuciones a los volúmenes de Waddington. En 1977 publicó Gould su *Ontogeny and Phylogeny*, donde hace la Historia crítica⁸ de las relaciones entre evolución y desarrollo. Por tanto, en la misma década de *El gen egoísta* (Dawkins 1975) y de la *Sociobiología* de Wilson (1975), las relaciones entre los procesos de desarrollo y evolución obtuvieron una atención que, en las restantes décadas del pasado siglo, fue en aumento con la consolidación en los años 80 del llamado *estructuralismo*⁹ en Biología y el avance de la teoría de los sistemas complejos condujo a replantear a la vez la cuestión de la morfogénesis y del origen de la vida¹⁰.

Ya avanzada la década de los noventa, una tercera manera de plantear una teoría biológica general se difundió bajo del nombre de Biosemiótica, en la

⁷ En el original en lengua inglesa se alcanzaron tres volúmenes. Una selección fue traducida al español con ese título: Waddington (ed.) (1976).

⁸ Empleo la expresión “historia crítica” en forma semejante a cómo suele aparecer en la tradición de la Historia de la Filosofía: una Historia no doctrinal, que se dedica “sobre todo a buscar las influencias que son discernibles y aislables [...] de detectar fuentes e influencias [...] [el] concepto de influencia [...] es un concepto explicativo como el concepto de causa, pero es al mismo tiempo una razón [...]” (Cf. Lafuente 1984, 59).

⁹ El término “estructuralismo” ha tenido tantas acepciones en el último tercio del siglo XX que es necesario determinar en cada caso en qué acepción nos encontramos. La mejor exposición introductoria se halla en Goodwin (1990). Más adelante se establecerá la extensión de este estructuralismo biológico.

¹⁰ En esa década el libro más innovador fue seguramente Kauffman (1993).

que biólogos en ejercicio combinan elementos de la semiótica de Peirce, la biología de von Uexküll (el inventor de la noción de *Umwelt*) y la teoría de la comunicación. La idea de información, utilizada en Biología de forma conceptual en ciertos contextos y más bien metafórica en otros¹¹, ha estado presente desde las analogías de lo artificial a lo natural en viaje de ida y vuelta. La Biosemiótica es una apuesta por unificar evolución y desarrollo –y, en éste, genética y epigenética– mediante la idea de *comunicación*, más que la de información, que sería lo transmitido y expresado en ella, y que abarca tanto causalidad como significado¹². El punto central de esta concepción reside en el principio de la *doble codificación*¹³ que sirve para

¹¹ De la primera forma en el trayecto gen→proteína, de la segunda en el matorral causal (Cf. Wimsatt 1994) que llega hasta el fenotipo como tal, donde bien puede ser “una metáfora en busca de una teoría” (Cf. Griffiths 2000). En España, Mosterín (1993) utilizó la idea de información, en sus aspectos sintáctico (estructural), semántico y pragmático, como hilo conductor de una teoría de la cultura en continuidad con la teoría de la evolución biológica, pero su pretensión no coincide con la de los biosemióticos, sino que más bien la tendría de antemano por innecesaria.

¹² Se trata de lo que Griffiths (2000) llama, respectivamente, noción causal e intencional de información.

¹³ Esta tesis se expone en varios escritos de Jesper Hoffmeyer, el más breve y claro de ellos es Hoffmeyer (Web). Cf. también “Code Duality Revisited” (2002) y Hoffmeyer y Emmeche (1991). Un esquema útil puede ser el siguiente: “According to Charles Sanders Peirce a sign is a triadic relation, i.e. it is a relation between three and only three parts (Buchler 1955). Thus, for something to be a sign (the primary sign) it must refer to something else (the signified object). And underlying this reference must be some 'convention' or 'key' (the interpretant).”

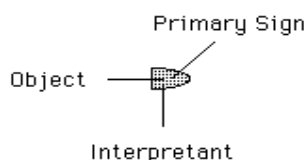


Figure 1. The triadic sign-relation of C. S. Peirce

Furthermore, to make clear the fundamental role of code-duality in this kind of semiosis, the two triads might be contracted to a tetrade as in figure 5:

definir los sistemas vivos. La idea se resume en que los organismos están doblemente codificados: el genoma está digitalmente codificado y contiene una (re)descripción del organismo en que se encuentra, que contrariamente está analógicamente codificado. Recurriendo a nociones de la semiótica de Peirce, Hoffmeyer (Web) completa el planteamiento como sigue:

[...] el ADN no contiene la clave de su interpretación [...] El interpretante del mensaje del ADN está enterrado en el citoesqueleto del huevo fecundado (y del embrión en crecimiento), que a su vez es producto de la historia, esto es, de los miles de millones de hábitos moleculares adquiridos a través de la evolución de la célula eucariota (Margulis 1981) [...] Por tanto, la vida muestra una interacción no trivial, esto es, semiótica entre dos estados, el estado analógicamente codificado del propio organismo y su redescipción en el código digital.

Código digital/código analógico es una oposición en paralelo a genotipo/fenotipo, genético/epigenético. La tradición morfológica queda asumida en la perspectiva biosemiótica en el elemento de la derecha que

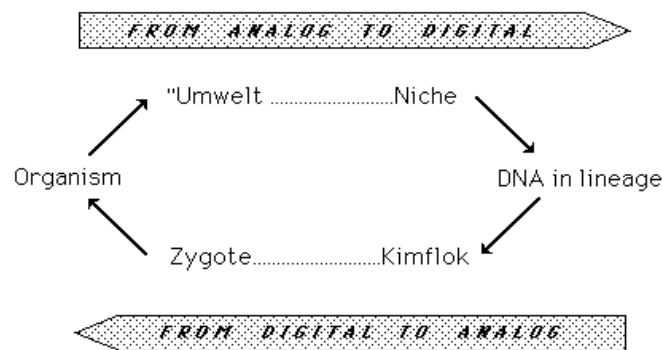


Figure 5. Code-duality and semiosis in evolution

Tomado de http://www.climax.at/nybble/nyb4/nybble_lingo.html. cuya fuente es Hoffmeyer y Emmeche (1991).

contiene los principios de interpretación¹⁴ de la información genética. Una oposición que, por otra parte, se remonta a la que se produjo como discreto/continuo desde el cisma pitagórico entre números y figuras, y que condujo posteriormente a considerar la aritmética como ciencia de la cantidad discreta y la geometría como ciencia de la cantidad continua. Es bien conocida también la idea de los signos lingüísticos discretos frente a las formas (más bien) continuas de los organismos como objetos de la percepción.¹⁵ y la representación habitual de que las lenguas son sistemas reticulares que encajillan el continuo de la experiencia.

La tradición morfológica y, especialmente, las consideraciones acerca de Thom y de Gould que son el objeto de este artículo, sin dejar de lado la codificación digital, ponen un énfasis especial (cada uno a su manera y en medida diferente) en las constricciones o ligaduras del desarrollo a la evolución propias de la codificación analógica.

3. René Thom: un topólogo en la corte de los estructuralistas

Pocos vocablos han sido entendidos de formas tan diversas en la segunda mitad del siglo XX como “estructuralismo”. Por limitarnos solamente a los campos científicos y a la filosofía de la ciencia, sería posible referirse, en los primeros, entre otros al estructuralismo en Lingüística, en Antropología, en Matemáticas, en Biología y, en la segunda, a las diferentes versiones de un programa de análisis de las teorías científicas que abandonó el instrumental de la Lógica de primer orden en beneficio de la utilización del lenguaje conjuntista.¹⁶

¹⁴ Interpretación tendría aquí el doble sentido de descifrar (interpretación₁) y producir o ejecutar (interpretación₂): el pianista *interpreta*₁ la partitura de la sonata que *interpreta*₂. Aquí, como en los valores comunicativos (Cf., Álvarez 2001), los principios de interpretación *construyen* las actividades de simbolización de acuerdo con la estructura de los sistemas analógicamente codificados, los intérpretes.

¹⁵ Oposición que bien podría asimilarse, contra la tradición más arraigada, a formalismo/estructuralismo, si, como ha defendido documentadamente Petitot (1999), el “estructuralismo” de Lévi-Strauss está más emparentado con D’Arcy Thompson que con Saussure.

¹⁶ Baste con mencionar de pasada, para no hacer de esta nota una bibliografía, respectivamente la herencia de Saussure, de Lévi-Strauss, de los Bourbaki, de Goodwin y sus seguidores; en filosofía de la ciencia la llamada escuela estructuralista ligada especialmente a los nombres de Sneed, Moulines y Balzer.

Podría decirse que Thom ocupa un lugar privilegiado tanto como matemático teórico cuanto como aplicado, y también como el defensor de una filosofía de la forma de carácter general. Pero con el fin de contextualizar, sin disminuir para nada la extensión de sus contribuciones, esta consideración en el ámbito que le es común con Gould, el de la tradición morfológica en las ciencias biológicas, es conveniente señalar en qué aspectos de la misma influyó la obra de Thom¹⁷.

A pesar de la existencia de diferentes niveles de organización en los seres vivos, Thom consideró en sus trabajos de los setenta que en esa estratificación el único par de niveles que permite cierta formalización es el par conjugado *órganos/individuo*¹⁸. Vinculado con el nivel de resolución¹⁹ *órganos/individuo*, el planteamiento de Thom intentó combinar, en una teoría de la morfogénesis, las aportaciones de la teoría matemática de la estabilidad estructural y las investigaciones embriológicas. Como puente entre ambas perspectivas –topológica y biológica– sirve el postulado de que “un ser vivo es una estructura global” (Thom, 1977, 150), sin que ello lleve consigo la exclusión de los determinismos locales, sino precisamente que éstos han de integrarse en aquella estructura coherente y estable. El paradigma de esta integración lo proporciona la Topología, “disciplina matemática que permite pasar de lo local a lo global” (*Ibid.*). Separando la metafísica de la metodología, Thom ciñó su planteamiento al tratamiento

¹⁷ A pesar del tiempo transcurrido, por lo referente a la Biología, son aún válidas las consideraciones que hice en Álvarez (1985, 1988), por las que me guiaré en lo que sigue.

¹⁸ Cf. Thom (1974, 17) y la nota siguiente.

¹⁹ “El par conjugado *órganos/individuos*, en este caso, constituye lo que en repetidas ocasiones he llamado el *nivel de resolución* (Cf. Álvarez, 1988, 48 y ss.) de una teoría. La Química clásica alcanzó su consolidación en el siglo XIX no por postular la existencia de “átomos”, sino al desarrollar la distinción, aún confusa, de Avogadro entre los átomos como unidades que entran en las combinaciones y las moléculas como unidades de composición de los gases (Mieli 1947). Ese desarrollo constituyó el establecimiento del par conjugado *átomos/moléculas* como nivel de resolución de la Química clásica. El nivel de resolución no se identifica, por tanto, con una simple escala de entidades del dominio de una teoría, sino que contiene siempre más de una: al menos dos escalas o niveles contiguos entre los cuales discurren las explicaciones. Lo característico de los niveles de resolución es que, aun siendo el par conjugado en que consiste una *conexión material* de escalas reales, involucran esencialmente el papel fundamental de las operaciones científicas. El concepto de nivel de resolución es un concepto filosófico ontológicamente fundado, pero no dado de antemano, sino metodológicamente establecido, que se alcanza en el desarrollo histórico de la ciencia.” (Álvarez 2000, 337-338).

matemático de la oposición *local/global*, que asimiló a la clásica *determinismo/finalismo*. Así lo formula en Thom (1976, 54):

Sabemos que en mecánica clásica la evolución de un sistema puede ser descrita, bien mediante ecuaciones diferenciales locales, tales como la ecuación de Hamilton $Q = -\partial H/\partial p$, o bien mediante un principio global de variación, como el principio de mínima acción de Maupertuis. Hay una equivalencia entre los dos planteamientos, aun cuando uno presenta un punto de vista determinista y el otro un punto de vista finalista.

Esta asociación con el finalismo es más que cuestionable, porque los principios variacionales son también deterministas, pues determinan unívocamente las trayectorias del proceso considerado, algo que Thom ha señalado con carácter general: “en todos los casos la naturaleza realiza la morfología menos compleja compatible con las condiciones iniciales” (Thom 1974, 24). En consonancia con este principio general, las formas biológicas, en particular, se ajustan a la misma exigencia en la medida en que “existen estructuras formales -de hecho, entidades geométricas- que prescriben las únicas formas posibles que puede presentar una dinámica en un modelo dado” (Thom 1977, 287).

Este principio encuentra, sin embargo, sus límites, más allá de los cuales se observan múltiples fluctuaciones locales de carácter aleatorio. Sólo la resultante general de esas variaciones está orientada por el principio variacional (*Ibid.*). Thom comparó en su momento esta integración de las resultantes locales por principios variacionales con la organización de los detalles locales con la “entelequia” de Driesch y presentó su método como un “vitalismo geométrico”, lo que le hizo blanco de críticas y de acusación de platonismo. Pero posteriormente su interpretación de la teoría de las catástrofes como una nueva manera de formular el esquema hilemórfico de Aristóteles, destacando como núcleo suyo la *causalidad formal* (Thom 1983), lo acercó más a una especie de neo-aristotelismo (Cf. Álvarez 1985).

Años antes de esas declaraciones de aristotelismo, Thom había intentado evitar el idealismo, insertando el propio pensamiento matemático en el proceso de evolución biológica (Thom 1975). En los animales superiores el sistema nervioso central proporciona un *mapa local* que simula la posición del organismo en su entorno, así como también ofrece una imagen de los

seres vivos importantes como presas o depredadores. Por consiguiente, en el animal superior tienen lugar dos procesos: uno de reconocimiento de formas y otro de localización de esas formas respecto del propio cuerpo. A pesar de lo cual no parece que exista en el animal superior una imagen global del espacio; dispone sólo de territorios diferentes asociados a comportamientos fisiológicos determinados, y se pasa de un territorio a otro por referenciales de carácter visual y olfativo vinculados a estados fisiológicos o afectivos. La conexión de los mapas locales es, por tanto, extrínseca (no espacial): afectiva o fisiológica (Thom 1975).

Sin embargo, lo que consolida la aparición de las matemáticas es la posibilidad de una *concepción global del espacio*. Mientras los animales dependen de factores no espaciales para conectar los mapas locales, el uso de instrumentos permite al hombre extender mapas locales continuos incorporando un mapa local al instrumento que prolonga la acción de la mano.

Además, puede reiterarse la misma acción indefinidamente. Así, mediante la operación de medida, colocando una magnitud patrón en el extremo de una magnitud ya medida se lleva a cabo una extensión del mapa inicial, extensión gratuita inmotivada biológicamente. El espacio geométrico se constituye así a partir de todos los movimientos posibles repetidos y liberados de toda restricción biológica” (Thom 1977, p. 316).

La geometría ha establecido un espacio objetivo y el contacto matemático con la realidad se aloja en las estructuras geométricas, porque el espacio euclídeo, en la forma del continuo geométrico, *preexiste* en la constitución de nuestras actividades por estar presente en nuestra fisiología. Esta es la *prioridad ontológica* del continuo geométrico. Los procedimientos de construcción geométrica están, por tanto, en una continuidad biológica con los procesos modelados por ellos y su culminación en la concepción global del espacio se caracteriza precisamente por el hecho de que la coordinación de los mapas locales tiene lugar por medio de un factor espacial: la extensión reiterable de un mapa local que, cerrándolo, convierte el espacio en un sistema. La ontología geométrica de Thom, que representa una variante muy destacada de la tradición morfológica, es una ontología biológica, porque funda las condiciones de la construcción conceptual

(geométrica) en las mismas bases de la existencia real de lo orgánico como existente espacio-temporal.

En su *Esquisse d'une sémiophysique* (Thom, 1988), el subtítulo, “física aristotélica y teoría de las catástrofes”, distingue al mismo tiempo que unifica la pretensión filosófica con la técnica matemática, separada por siglos de esa primera versión de la pretensión. En este artículo me limito simplemente a indicar la forma precisa en que Thom entendió esa unificación como la síntesis de su programa filosófico asociado a la teoría de las catástrofes, a saber: “geometrizando el pensamiento y la actividad lingüística” (Thom 1988, 12) con una filosofía, la de Aristóteles, “a la vez materialista [...], pero regida sin embargo por la forma y las causas finales” (*Ibid.*, 13). No es éste el lugar para examinar en detalle y “filosóficamente” el aristotelismo topológico de Thom, sino simplemente el de señalar esa obra de madurez como el lugar del debate.²⁰

4. Un paleontólogo entre el desarrollo y la evolución

En su excelente revisión del *status quaestionis* de la teoría de la evolución, Javier Sampedro (2002), con la obra final de Gould (2002) a la vista, resume²¹ la contribución de Gould a la teoría evolucionista en dos puntos principales:

[...] la versión definitiva de la revolución de Gould se basa en dos grandes argumentos. Primero, que la selección natural no es sólo una criba continua entre los levemente distintos individuos de cada especie, sino sobre todo un concurso de méritos *entre especies*, generalmente con resultados nefastos para una de ellas. Y segundo, que los graduales oficios del entorno cambiante – la adaptación progresiva y *dirigida* desde fuera – son menos relevantes que las variaciones, a menudo drásticas, que imponen *desde dentro* la dinámica intrínseca de los genomas y la

²⁰ Thom (1990 y 1993), el primero, una antología de artículos de los años 80 y el segundo, entrevistas con Émile Noël complementan, con las ideas filosóficas y científicas de Thom, expuestas de forma más accesible, las obras citadas.

²¹ Aclara, por otra parte, que este resumen en dos contribuciones es una simplificación extrema y muestra su admiración por el legado de Gould: “Si se me perdona la brutalidad de resumir esta ingente compilación de una vida intelectual en este sólo párrafo [...] *The Structure of Evolutionary Theory* es una obra magnífica, digna de uno de los grandes pensadores científicos del siglo XX, y cabe esperar que guíe a la oxidada teoría darwinista por un camino seguro para instalarla de una vez por todas en el siglo XXI” (Sampedro, 2002, 75).

lógica genética profunda de la construcciones de un ser vivo. (Sampedro 2002, 75; las cursivas son del autor).

Las afirmaciones de Sampedro son certeras y precisas; por ello mismo sitúan a Gould en la posición adecuada que ha de considerarse en este artículo. Pero antes de entrar en esa consideración desde el punto de vista de la tradición morfológica, es necesario no pasar por alto que, como representante de esa llamada “tercera cultura”, su importancia va más allá de las controversias entre evolucionistas (y, también, con los antievolucionistas de índole diferente) hasta la teoría de las ciencias históricas y la práctica de la Historia de la ciencia. Aunque no son éstos los temas que nos ocupan, merece la pena hacer unas breves puntualizaciones al respecto

4.1 Teoría de la historia e Historia²² y filosofía de la ciencia

En su *Wonderful Life* (Gould, 1989) desarrolla la idea de que los procesos históricos (naturales y culturales) se caracterizan por su *contingencia*²³. Ésta es una idea que ya había introducido en escritos anteriores (en particular en Gould 1987²⁴) en los cuales también aparece otra idea fundamental acerca de los desarrollos de los procesos históricos de los sistemas en los que la *cantidad de variación* juega un papel fundamental²⁵. Contingente es lo que existe (o ha existido), pero podía no haberlo hecho. La analogía cinematográfica de Gould, según la cual si se rebobinara la película de la evolución, el curso resultante sería diferente, es una versión de la contingencia que los evolucionistas más ortodoxos (Dawkins, Dennett, etc.) –los “darwinistas duros” (Conway Morris, 1998, 7)- rechazan de forma absoluta. Pero para ponderar las críticas es necesario establecer el

²² Como se suele hacer, escribo “historia” (con minúscula) para referirme al proceso histórico, e “Historia” (con mayúscula) para referirme al conocimiento del mismo.

²³ El subtítulo no deja lugar a dudas: “Burgess Shale and the Nature of History”. Se han discutido muchas cosas sobre este libro: la aceptación de ciertas “reconstrucciones” de organismos, el sesgo heterodoxo de Gould como parte de un pensamiento más diletante que (meta)científico, la falta de rigor en asimilar contingencia a la inexistencia de trayectorias preferentes, etc.

²⁴ Cf. Álvarez (1987).

²⁵ Esta es la idea desarrollada en Gould (1996).

ámbito de esa contingencia. Ya en Gould (1986) se establecían tres posiciones acerca del curso de la evolución, siendo la tercera la propia de la noción de proceso contingente. La primera sostendría que la nueva proyección reproduciría la antigua, más o menos, mientras que la segunda produciría cualquier otro resultado ajeno por completo al anterior: en suma la necesidad o el azar. La contingencia, en cambio, aparece como una tercera postura razonable que supera la dicotomía excluyente:

Esta tercera concepción representa la contingencia histórica en su significación profunda – la complejidad enorme y las diversas oportunidades que hacen que la historia sea prácticamente impredecible, pero razonable a partir de los hechos ocurridos. Si entendiéramos la contingencia desde este punto de vista, podríamos recorrer una ruta adecuada entre los arrecifes de la repetición estricta (para conservar el sentido) y el azar (para reconocer la probabilidad de resultados diferentes). Impredecible no significa caótico (Gould 1986).²⁶

Frente a la contingencia de Gould –entre el azar y la necesidad (*pace* Monod)-, algunos evolucionistas han interpretado los mismos hechos, que sirvieron a Gould para formular su tesis, en el marco del darwinismo clásico (no equivalente a la ortodoxia más rancia) como inteligible bajo la noción de *convergencia*. Es el caso de Conway Morris (1998), uno de los biólogos que reconstruyó y revisó, rectificando posteriormente algunas de las primeras reconstrucciones, los organismos de la cantera de Burgess. De hecho, su argumento admite una pluralidad de cursos posibles, pero esos cursos forman un conjunto finito de trayectorias. Aunque la idea de convergencia sigue siendo imprecisa, no la considera tan poco fundada como la idea gouldiana de contingencia.

²⁶ Se podría jugar con las palabras y decir que lo “caótico” (en el sentido de la teoría de los sistemas sensibles a las condiciones iniciales o sistemas caracterizados por el llamado caos determinista) es impredecible, lo que equivale a que lo impredecible sea “caótico” en este sentido restringido. Es claro que Gould utiliza “caótico” en el sentido más común del término y que, como ha señalado muchas veces en referencia a las ciencias históricas, “impredecible” no equivale a “inexplicable”: las ciencias históricas son explicativas, pero no predictivas (una negación clara de aquella pomposa expresión de “la simetría estructural entre la explicación y la predicción”, que tanto se pronunció a mediados del siglo pasado).

La razón para discutir aquí la convergencia es que su reconocimiento mina de hecho el artículo programático principal de la argumentación de Gould acerca del papel de los procesos contingentes en la formación del árbol de la vida y determinando por ellos el resultado en cualquier momento dado. Dicho sencillamente, la contingencia es inevitable, pero indigna de mención. No debe provocar debate, porque no tiene importancia. No existe un número indeterminado de maneras hacer algo. A pesar de su exuberancia, las formas de la vida están restringidas y canalizadas (Conway Morris, 1998, 17)²⁷.

Croce calificó en su día las disputas de conceptistas y culteranos como “riñas de parientes”. La contingencia de Gould y la convergencia de Conway Morris son menos incompatibles de lo que aparentan. En cualquier caso, resolver esta disputa requiere mucho más trabajo que palabras²⁸.

La teoría de los procesos históricos –naturales y culturales- es el marco teórico en el cual Gould ejerció desde los años setenta su labor como historiador y, también, filósofo de la ciencia. Junto a su actividad científica, docente e investigadora, esto hace de Gould un exponente excepcional de lo que anteriormente se ha llamado la *tercera cultura*. En un estudio exhaustivo sobre la producción de Gould –publicado poco después de su muerte- Shermer (2002) ha zanjado empírica y conceptualmente el tema de las contribuciones de Gould a la ciencia, su Historia, su filosofía y su

²⁷ Otra versión de su posición: “Gould sees contingency [in] evolutionary history based on the luck of the draw—as the major lesson of the Burgess Shale. If you rerun the tape of evolution, he says, the results would surely come out differently. Some creature similar to *Pikaia*, a small eel-like animal with a rudimentary head, may have survived in Cambrian seas to become the ancestor of all vertebrates. If it hadn't, Gould says, perhaps other—entirely different—major animal groups would have evolved instead from one of the Burgess Shale's other "weird" body plans. Such a view, with its emphasis on chance and accident, obscures the reality of evolutionary convergence. Given certain environmental forces, life will shape itself to adapt. History is constrained, and not all things are possible” (Conway Morris & Gould (1998)). De hecho, el tema de la convergencia sitúa igualmente el problema en aquella dimensión de la tradición morfológica que restringe los posibles evolutivos –en términos generales el llamado “estructuralismo”-, lo que no es incompatible con la contingencia, porque la contingencia se da precisamente porque no todos los posibles existen: si lo hicieran serían, además de posibles, necesarios.

²⁸ De hecho, en el libro de Conway Morris hay una virulencia humana –demasiado humana- encaminada a expurgar anteriores posturas cercanas a las de Gould y asentadas en reconstrucciones de organismos de la cantera de Burgess posteriormente rectificadas. Para ello, véase Fortey (1998) y una muestra de la “riña de parientes” en Conway Morris & Gould (1998).

divulgación. En el resumen que precede a su trabajo, recuerda que Gould ha sido considerado junto a Kuhn como uno de los dos historiadores de la ciencia más importantes del siglo XX, “pero se ha prestado poca atención a la profundidad, la extensión y la importancia del papel de Gould como historiador y filósofo de la ciencia, a la utilización de la divulgación científica para reforzar el conocimiento antiguo y generar nuevos conocimientos” (*Ibid.*, 489).

Combinó en sus trabajos las exigencias filológicas de la *historia crítica*²⁹ con las coordenadas de una filosofía de la ciencia que, aunque merece un análisis más detallado, están bien marcadas por cinco dicotomías o pares temáticos (Shermer 2002, 508 y ss., que reformulo aquí con bastante libertad): 1) Teoría-hechos³⁰, 2) Procesos unidireccionales-procesos multidireccionales, 3) Adaptacionismo-funcionalismo abierto, 4) Gradualismo-puntuacionismo, 5) Necesidad-contingencia.³¹ Podría decirse que las reflexiones teóricas las hizo casi siempre en marcos o casos histórico-culturales y que su análisis histórico estuvo siempre guiado por la búsqueda de la coherencia de los casos estudiados con su contexto cultural más que con las preconcepciones del historiador. Una sinergia entre historia y filosofía (de la ciencia) que bien podría caracterizarse con una variante *ad hoc* de una conocida expresión kantiana, algo así como: la filosofía de la

²⁹ Cf. nota 8.

³⁰ Shermer (2002, 493), afirma que el mejor resumen de la filosofía, implícita, de Gould se halla en una frase de Darwin que figura en una carta a Henry Fawcett de 1861: “Toda observación, si ha de servir para algo, ha de estar a favor o en contra de alguna concepción”. Según Shermer, Gould siguió siempre este consejo. Véase también Shermer (2001). Es claro que este *dictum* darwiniano afecta directamente a la primera dicotomía, pero en todo caso sólo indirectamente a las demás.

³¹ Por lo expuesto anteriormente, la contingencia, como categoría histórica, no se opondría a la necesidad, cuyo opuesto sería el azar. La contingencia supondría más bien la superación de la dicotomía. Además 3) y 5) podrían unirse y resolver así la “riña de parientes”. Por su parte 1) y 4) pueden unificarse, como se verá más adelante, subsumiendo 4) en 1), a pesar de que se conoce más 4) que 1). Así se reducirían sus grandes temas a 3 dicotomías desde el punto de vista de la filosofía general de la ciencia. Pero este artificio simplificador carece de interés porque Gould realizó lo general en lo particular: su filosofía de la ciencia implícita en su filosofía biológica explícita. Prueba de ello es su obra definitiva: su filosofía de la ciencia está ejercida en su desarrollo de una teoría general y abierta de la evolución (Gould, 2002).

ciencia sin la Historia es vacía, la Historia de la ciencia sin la filosofía de la ciencia es ciega³².

Aparte de un estudio empírico, como el de Shermer, la filosofía de la ciencia implícita en la obra de Gould amerita un tratamiento que aquí no tiene cabida. En su obra final hay un buen punto de partida en la idea de que las teorías, aunque los conceptos teóricos tienen su filiación (continuidad genealógica), tienen también “esencias”, implícitas en su estructura lógica, y definibles operativamente como conjuntos mínimos de proposiciones tan cruciales para el funcionamiento básico que su refutación tiene que minar la estructura entera, y también tan necesarios como un ensamblaje de implicación mutua en que todos los componentes esenciales han de obrar concertadamente para poner a funcionar suavemente el mecanismo de la teoría como un generador y una explicación del orden de la naturaleza” (Gould, 2002, 11). Esta tierra intermedia entre el historicismo genealógico, que puede conducir a que teorías del mismo linaje pierdan su identidad, y el doctrinarismo rígido que sólo genera ortodoxias, es el propio de una concepción de las teorías como entidades que cambian dentro de sus márgenes sin perder su identidad. En fin, podría decirse que aquí también se sitúa, en una versión particular para las teorías científicas, en una tradición “morfológica” en la cual las teorías “tienen esencias”, de la misma forma en que “en un sentido más restringido y matizado, la tienen los organismos –en su limitación y canalización por parte de la estructura y la historia, expresadas como los *Baupläne* de los taxones superiores” (*Ibid.*, 9). *The Structure of Evolutionary Theory*, bien y provechosamente leído, puede ofrecer esa filosofía de la ciencia, más ejercida que representada, en la obra anterior de Gould.

4.2. Estabilidad estructural y adaptación en el proceso evolutivo

En una rememoración simultánea de Thom y Gould se me ha ocurrido que no sería demasiado desafortunado el uso de la expresión “estabilidad estructural” (término técnico en Thom) para introducir el tema de las modalidades, ritmos y mecanismos de la evolución biológica (Cf. Chaline (Dir.) 1983), de ese paisaje evolutivo caracterizado por extensos períodos

³² Una posición que situaría a Gould, en principio aunque no necesariamente en los detalles, junto a filósofos de la ciencia como Larry Laudan (Cf. Álvarez 1998)

de estabilidad (*stasis*) interrumpidos (*puntuados*) por la aparición irruptiva (en la escala temporal geológica) de nuevas especies³³. En suma, el tema, sobre el que tanta tinta se ha vertido desde su presentación en 1971 y publicación en 1972, del *equilibrio puntuado*. En el momento en que escribo la mejor, más autorizada, auténtica y reciente versión del tema es el capítulo 9 de Gould (2002, 745-1024), titulado “Punctuated Equilibrium and the Validation of Macroevolutionary Theory”, por su extensión un libro por sí misma. Pero con el fin de que los árboles nos dejen ver el bosque, en el apartado siguiente plantearé el tema del equilibrio puntuado (EP) como un problema de compatibilidad entre principios teóricos y cuerpos empíricos.

4.2.1. *Natura non facit saltum* y la “imperfección” del registro fósil

La polémica en que se ha enzarzado multitud de contrincantes en torno al EP no se puede resumir brevemente, ni aquí lo pretendo. Remito al lector interesado en esclarecer una maraña que dura 30 años desde el trabajo de Eldredge y Gould (1972) -y lo que pueda quedar- al citado capítulo 9 de Gould (2002). Lo que sí es posible es ordenar y distinguir conceptos que han sido utilizados con demasiada confianza y desenvoltura o confundidos unos con otros indebidamente. Por empezar con una dicotomía, vale la que sirve de subtítulo al volumen dirigido por Chaline (1983) entre *gradualismo filético* y *equilibrio puntuado*. Dos cosas deben quedar claras si se quiere evitar perderse en los innumerables vericuetos en que se ha desenvuelto la polémica:

1. En qué nivel o entre qué niveles –y cuáles son los elementos de cada uno- se desarrolla la polémica entre gradualismo y EP.
2. La diferencia existente entre gradualismo y continuidad, conceptos que muchos lectores de Darwin han tomado como equivalentes.

³³ Una curiosa estructura “histórica” semejante a la propuesta por Kuhn entre ciencia normal y revoluciones científicas, y por Ortega y Gasset entre períodos de normalidad y situaciones de crisis, de que me he ocupado en Álvarez (en prensa).

La aclaración de ambas cuestiones puede venir de la mano y comienzo por el final. En Álvarez (2000) he tratado ambas cuestiones con relación al nivel de resolución variedades/especies³⁴. En efecto Darwin, al declarar ontológicamente indiscernibles las variedades “muy acusadas” y las especies, salvo pragmáticamente, es decir, para ordenar los datos, está estableciendo un gradualismo continuista. He aquí su pronunciamiento:

Como la *selección natural* obra únicamente por la *acumulación de variaciones leves, sucesivas y favorables, no puede producir modificaciones grandes o súbitas*: sólo obra por pasos cortos y lentos. De aquí que el precepto de *Natura non facit saltum*, que cada nuevo conocimiento que adquirimos tiende a *confirmar*, sea *inteligible* de acuerdo con esta teoría (Darwin 1985, 464. Salvo la cursiva en negrita las demás son de Darwin).

Ajustemos aquí, en principio dos cosas. La primera, que el *gradualismo continuista* está formulado para el nivel de resolución variedades/especies, es decir, el ámbito que generalmente se suele caracterizar como el de la microevolución. Los problemas del gradualismo empiezan a plantearse con la extrapolación a niveles más elevados. La segunda, que en el texto citado el principio de continuidad en la naturaleza, al confirmarse con los conocimientos biológicos en el marco de la teoría de la evolución por selección natural, se va haciendo cada vez más inteligible, es decir, se consolida como tal principio. Pero, al mismo tiempo, el propio Darwin reconoce en el capítulo X de *El origen de las especies*, recordando las principales objeciones a su teoría presentadas en el capítulo VI, que el registro fósil no contiene la infinidad de formas intermedias (no hay continuidad, pero tampoco densidad, por así decirlo) que cabría esperar. En el texto que sigue lo expresa:

La geología, ciertamente, no revela la existencia de tal cadena orgánica insensiblemente gradual; y ésta acaso, es la objeción más clara y más grave que se haya presentado contra la teoría. La explicación estriba, a mi parecer, *en la extrema imperfección del archivo geológico* (Darwin, 1985, 315. Cursivas añadidas)

³⁴ Véase nota 19.

Pongamos, ahora, unas bases más lúcidas. Primero, el gradualismo darwiniano está formulado en el nivel de resolución variedades/especies; por tanto, no existe ninguna garantía de la validez de su extrapolación a niveles más elevados. Segundo, gradualismo no es continuismo, se puede ser gradualista sin ser continuista. Ya Thomas H. Huxley advirtió a Darwin de que no debía comprometerse con el *natura non facit saltum* como un principio inviolable (Cf. Gould 2002, 756). No existe ninguna incompatibilidad entre gradualismo y discreción (es decir, discontinuidad). Por tanto, gradualismo y equilibrio puntuado, salvo que cada posición se restrinja a los extremos del continuismo y el saltacionismo, respectivamente, no son incompatibles. Treinta años de confusión no son, ciertamente, pocos. Dejo que la discusión continúe, pero hago esta salvedad que me parece importante.

Segundo, la distinción de niveles o jerárquica en que tanto han insistido Gould y Eldredge, es decir los ámbitos de la microevolución y la macroevolución, este último en que las especies son consideradas como individuos, puede no admitir la extrapolación, como de hecho no se cumple en todos los casos; por ejemplo, la extrapolación de las preferencias individuales a agregados colectivos electorales en que se vota según órdenes de preferencia entre los candidatos³⁵.

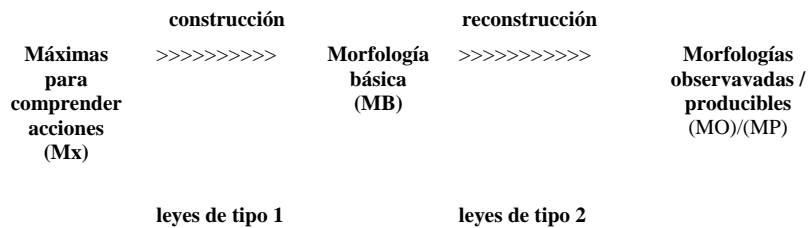
Tercero, Darwin adoptó una retirada estratégica con el alegato de la “imperfección del archivo geológico”, un verdadero blindaje ante la refutación que, de rebote, devalúa la propia teoría. No es Gould quien ha abierto al frenesí creacionista la puerta de que la teoría de la evolución no es más que una mera “teoría” (una especulación incontrastable). Ha sido la actitud defensiva del propio Darwin la que ha alimentado esa voracidad destructiva con la tesis de la imperfección del archivo geológico. Porque aquí hay que señalar que el EP es, en primer lugar, una ordenación de los datos en que se comprueban las irrupciones (en la escala de tiempo geológico) de las especies y su posterior estabilidad (*stasis*). Como el propio Gould deja patente, la estrategia de Darwin fue un error, “porque si

³⁵ Se trata del conocido efecto Condorcet, en que una población de votantes que establecen órdenes de preferencia entre tres candidatos A,B,C, puede dar lugar en algunos casos a que la mayoría prefiera A a B y B a C, pero que la mayoría prefiera C a A: es decir, que la transitividad de la relación de preferencia en el nivel individual no se conserva en el nivel de la población.

los datos que, *prima facie*, figuran como el contrapeso empírico fundamental al gradualismo [...] son interpretados *a priori* como signos de un registro empírico inadecuado, ¿cómo puede entonces refutarse el gradualismo desde dentro?” (Gould 2002, 758). La respuesta está cantada: de ninguna manera. Se podrá decir que la retirada de Darwin fue estratégica a la espera de mejores tiempos, pero entonces el archivo geológico no era inadecuado, sino que estaba inadecuadamente interpretado. Pero una interpretación es algo más que una simple ordenación. Por ello el siguiente punto.

Cuarto, el EP es una ordenación o registro de datos, pero no hay registros puros, todos nos inclinan a la búsqueda de hipótesis que nos los hagan comprensibles con vista a las explicaciones. Es también una interpretación resultado de una abducción o inferencia hacia la mejor explicación³⁶. Por

³⁶ En Álvarez (1994) he presentado un modelo de explicación llamado *reconstructivo-naturalista*, en el cual las morfologías observadas se reconstruyen como “desviaciones” de las morfologías básicas (modelos, tipos ideales, etc.) construidas sobre determinadas leyes, recurriendo a la intervención de leyes que gobiernan esas desviaciones. La estructura de dicho modelo explicativo es la que se refleja en el esquema que sigue:



Cuando las MB (modelos) sirven de base para la *reconstrucción* de las MO (descripciones) nos hallamos en una situación de *normatividad metodológica*. Cuando las MB suministran *prescripciones* para la *producción* de nuevas morfologías observables, nos hallamos en situación de *normatividad tecnológica*. Pero como ya señaló Kant en la *Crítica del Juicio*, el problema de los juicios y las explicaciones teleológicas surge cuando, como en el caso de campos disciplinares descriptivos, “donde sólo lo particular está dado”, la explicación no puede consistir en subsumir los casos en las leyes y llevar a continuación la correspondiente reconstrucción, sino en buscar lo universal ausente. Pero esto plantea siempre el problema de hipótesis alternativas, cada una de las cuales es un candidato rival entre otros y se procede posteriormente a una evaluación comparativa de las tesis (“máximas”) rivales, conducente a una inferencia hacia la mejor explicación. La inferencia como tal no es una explicación (cfr. Dagognet, 1997, Cap. 2) De ser posible –y en esto consiste precisamente el problema de las explicaciones

respecto de las cuales las morfologías observadas se explican como reconstrucciones a partir de las morfologías básicas y principios de desviación³⁷.

Quinto, pero muy importante, éste es el momento para recoger el guante lanzado por Darwin en su carta a Fawcett³⁸: *Toda observación, si ha de servir para algo, ha de estar a favor o en contra de alguna concepción*. El EP como registro empírico, como ordenación de los datos, tiene que estar a favor o en contra de alguna concepción y aquí la que está en juego es la teoría (darwiniana) de la evolución por selección natural. Gould recogió este guante³⁹ *a favor* de la teoría evolucionista, como recogió todos los guantes, eso sí de no tanta envergadura como éste, a los que llamaba “anomalías razonables” (*sensible oddities*), que tenían que ser explicadas por la teoría evolucionista y no centrifugadas hacia fuera de sus conjuntos de evidencia. El archivo geológico ha de servir de algo a favor de la teoría de la evolución, con tal de que ésta no sea una teoría fundamentalista y admita precisamente que el gradualismo no tiene por qué ser continuista en toda la extensión de la historia de la vida en la tierra. Gould lo ha expresado de forma contundente. Aunque la “aparición abrupta pued[a] registrar una falta de información, la *stasis es un dato* (Gould 2002, 759. Las cursivas son del autor). El artículo precursor de Eldredge y Gould (1972) partió del supuesto de que había que salir del bunker en que la tesis de la imperfección del registro fósil había encerrado a los paleontólogos. Pero la salida a la luz tenía un precio, recurrir a una teoría desarrollada fuera de la paleontología tradicional para ordenar los datos. Gould lo recordaba treinta años más tarde, reconociendo la influencia de Hanson y Kuhn, y citando el trabajo de 1972:

[...] La ciencia progresa más por la introducción de nuevas concepciones del mundo o “imágenes” (*pictures*) que por la constante acumulación de

³⁷ Cf., para el modelo reconstructivo-naturalista, Álvarez (1994). El esquema completo es el que he llamado circuito de explicación funcional, que puede incluir en algunos casos elementos teleológicos. (Véase la nota anterior).

³⁸ Véase nota 20.

³⁹ Los creacionistas han hecho de este guante un puño de hierro con pinchos. Ya he dicho que Darwin abrió esta puerta declarando la “imperfección del archivo arqueológico”, pero la respuesta del puño con pinchos no es una respuesta aceptable, puesto que su fin es destruir al adversario, no establecer conclusiones verosímiles.

información [...] Creemos que una *imagen inadecuada ha estado guiando nuestras ideas acerca de la especiación durante 100 años*. Sostenemos que su influencia ha sido de la máxima tenacidad, porque los paleontólogos, insistiendo en que observan objetivamente, no han reconocido su sesgo conductor. Defendemos que una noción desarrollada *en otra parte*, la teoría de la especiación alopátrica, *suministra una imagen para ordenar los datos paleontológicos* (citado en Gould 2002, 761. Cursivas añadidas).

Como aclara sencillamente Sampedro (2002, 67-68) nada tiene de heterodoxo el recurso a la especiación alopátrica considerada por Sewall Wright y denominada “peripátrica” por Mayr (Cf. Elsberry, 1996), y que tiene que ver con el hecho de que una población de la especie ancestral en una región periférica respecto del territorio de la ancestral se modifica con el tiempo hasta el punto de que cuando entra en contacto con la ancestral no existe reproducción entre ellas. Sampedro lo recalca de forma inequívoca, diciendo que en los raros casos de especiación se “sigue el más estricto de los guiones darwinistas: selección natural, cierto que acelerada, y tal vez ayudada por fenómenos estadísticos por error de muestreo y la deriva genética, pero nada que pudiera merecer la excomunión” (Sampedro 2002, 68).

Los treinta años transcurridos de polémica sobre el asunto no deberían haber dado para tanto si no fuera porque en varios aspectos que aquí simplemente se indican hicieron que la ortodoxia (el fundamentalismo, como decía Gould) darwiniana se sintiera amenazada. Ya he mencionado la oposición sin conservación entre micro y macroevolución que opone al reduccionismo una jerarquía de niveles en que los individuos afectados son de escala diferente. Pero hubo una señal de alarma que se disparó con ocasión de un artículo publicado por Gould (1980) en el que se hacía referencia a Goldschmidt, que había defendido la existencia de macromutaciones que servían de base a la aparición de nuevas especies por saltos repentinos. Esto, que Sampedro (2002, 70) ha llamado versión dos punto cero del EP, despertó una tempestad que Gould (2002, 1006 y ss.)⁴⁰ considera la segunda etapa en que los detractores del EP han narrado su historia. No voy a entrar en la versión más acertada de esa narrativa trifásica. Sampedro (2002) considera que ante los bombardeos de los

⁴⁰ Hay una versión abreviada, accesible en http://www.stephenjavgould.org/library/gould_structure.html.

ortodoxos, Gould retrocedió por miedo a no poder presentar una versión adecuada de los mecanismos genéticos subyacentes

[...] y se buscó otro modo, genéticamente gradual, pero externamente brusco de seguir en sus trece. Nadie consideró inaceptable esta propuesta. Y, sin embargo, para ser coherentes, los ortodoxos deberían haberla quemado en la misma hoguera [...] [p]orque al darwinismo le debería dar igual la naturaleza gradual o brusca del cambio genético. Lo que precisa [...] es gradualismo en las cualidades externas, de manera que se genere en la población una gama continua de formas y propiedades sobre las que pueda actuar la selección natural [...] Si es preciso partir el genoma en mil pedazos para que a un tigre le crezcan los dientes medio milímetro, hágase: eso es darwinismo puro. Pero si una mutación ínfima en un solo gen crea de pronto un tigre con dos alas y ocho patas, eso no es darwinismo ni en pintura, por mucha continuidad genética que tengamos ahí. (Sampedro, 2002, 74-75).

La historia de la polémica sobre el EP⁴¹ está llena de detalles, pero el problema puede plantearse frontalmente de la siguiente manera. Hay ocasiones en la historia de la ciencia en que se plantea una presunta incompatibilidad entre los principios teóricos y los hechos que parecen refutarlos. A pesar de lo que, en nombre de un Popper bastante más inteligente que sus seguidores de enésima de fila, se ha querido vender como refutación inmediata, el fenómeno de la “tenacidad” de los científicos está históricamente acreditado. Detalles aparte, lo que busca quien se encuentra en esa situación es de qué manera superar esa incompatibilidad⁴². Gould busca conciliar el principio de la evolución por

⁴¹ Cf. Gould (2002, 1006 y ss.), bajo el título *IN TRES PARTES DIVISA EST: THE ‘URBAN LEGEND’ OF PUNCTUATED EQUILIBRIUM THREEFOLD HISTORY*, texto en el que atribuye esta historia ficticia a la esperanza de sus autores en que EP carezca de importancia y a la envidia hacia sus autores.

⁴² Yo mismo he tratado el caso del antropólogo Maurice Godelier, que se encontró con el principio del materialismo histórico que establece la determinación en última instancia de la (infra)estructura económica en el sistema social y el hecho de que en diversas sociedades primitivas las relaciones de parentesco ostentaban el predominio social. Aparte de la distinción entre determinación y predominio: el principio y el hecho, la cuestión reside en cómo explicar el hecho a partir del principio. La solución de Godelier consistió en sostener que en dichas sociedades las relaciones de parentesco son multifuncionales y funcionan como relaciones producción: la determinación económica establece el predominio de las relaciones de parentesco como relaciones de producción. Solución, sin duda discutible, pero que mantiene el principio y no niega los hechos. (Cf. Álvarez 1978, 245-254)

selección natural con el “hecho” del equilibrio puntuado que parece incompatible con el gradualismo darwiniano. Para terminar este apartado, recapitulo. Gradualismo no es continuismo; más aun, hay continuismo en la larga duración en la *stasis* y ruptura de continuidad (a escala geológica) en la irrupción rápida (10.000 años o más) de especies. Gradualismo no es reduccionismo que extrapola de una escala a otra los resultados suaves y lentos para los cuales el tiempo siempre parece insuficiente. La selección natural es compatible con el EP como ordenación de los datos paleontológicos, con tal de que se introduzca, como en la versión primigenia de EP, la especiación alopátrica que nada tiene de antidarwiniana. Otra cosa es confundir darwinismo con “fundamentalismo seleccionista y adaptacionista”, tema del que trata el apartado siguiente. Gould, como Godelier (Cf. nota 42), se ha negado a rechazar los hechos, pero ha mantenido los principios básicos del darwinismo que resume básicamente en tres:

Los tres principios que elevaron a la selección natural desde las entrañas de una maquinaria activa hasta una explicación radical del mecanismo de la historia de la vida pueden ejemplificarse de la forma más adecuada con las categorías de acción (*agency*), eficacia y alcance (*scope*). (Gould, 2002, 14)

4.2.2. Los gozos del pluralismo y las sombras del fundamentalismo

Al comenzar este apartado quiero recordar los términos en que Sampedro (2002, 75) cifraba la segunda gran contribución de Gould a la teoría de la evolución, a saber, “que los graduales oficios del entorno cambiante – la adaptación progresiva y *dirigida* desde fuera –son menos relevantes que las variaciones, a menudo drásticas, que imponen *desde dentro* la dinámica intrínseca de los genomas y la lógica genética profunda de la construcciones de un ser vivo”. Mi consideración de Gould en este artículo como “un paleontólogo entre el desarrollo y la evolución” es una forma de apuntar al contenido de este apartado en que se considera su posición teórica desarrollada también polémicamente contra dos antagonistas bien conocidos: el *fundamentalismo* o monismo de la selección natural y el programa *adaptacionista* o panfuncionalismo. Se trata de antagonistas diferentes, pero en gran medida solidarios y entreverados. Mucho se ha escrito al respecto y la cuestión sigue viva (Cf., por ejemplo, Godfrey-

Smith (2001) y Lewens (inédito))⁴³, en cuanto al tipo de análisis pertinente). Intentaré presentar el tema sin desvirtuar la cuestión y de forma que se ajuste a los límites de este apartado.

La polémica contra el programa adaptacionista formulada en Gould & Lewontin (1979) opone en principio dos procesos – la *evolución* y el *desarrollo*- en relación a cada uno de los cuales se establece una oposición característica. Respecto del proceso evolutivo se oponen dos concepciones doctrinales: el monismo de la selección natural (llamado por Gould “fundamentalismo darwiniano”) y el pluralismo causal en el cual el principio de la selección natural es el principio supremo, pero no el único⁴⁴. Respecto del desarrollo y de la cuestión debatida acerca de las ligaduras (*constraints*)⁴⁵ a que está sometido el proceso evolutivo, se oponen las perspectivas *funcionalista* y *estructuralista*. La primera, en su forma extrema, considera los organismos como totalidades descomponibles en partes (rasgos), cada uno de los cuales es considerado adaptativo con independencia de las demás, mientras que la segunda acentúa el carácter

⁴³ Agradezco a Tim Lewens su amabilidad por haberme enviado la última versión del borrador que incluye modificaciones posteriores al texto que se halla en Internet y por autorizarme a citarlo.

⁴⁴ Los pluralistas consideran la selección natural como “un principio supremo (verdaderamente un *primus inter pares*), pero argumentan a continuación que un conjunto adicional de leyes, tanto como un extenso papel de las impredecibles contingencias históricas, han de ser invocados también para explicar las formas (*patterns*) y regularidades básicas de las trayectorias de la vida” (Gould (1997b, 1, versión Web)).

⁴⁵ Prefiero verter “*constraint*” por “ligadura” –término tomado de la mecánica- en lugar de por “restricción” o “limitación” para conservar el sentido negativo de los anteriores, pero también el positivo de “forzar a” o de “canalizar”, como tanto ha insistido Gould, especialmente en su gran obra final (Gould 2002, capítulos 10 y 11). Doy traducido el texto más sencillo en que Gould señala esta duplicidad: “En resumen, siento dos premisas principales al comienzo: (1) El concepto de ligadura (*constraint*) ha de ser afinado y restringido en su significado a un conjunto coherente de factores causales que pueden promover el cambio evolutivo desde una perspectiva estructuralista diferente de –en el sentido provechoso de “unido a” o “en conjunción con, y produciendo conclusiones no lineales interesantes en la amalgama”, más bien que “en oposición a”- la lógica funcionalista de la selección natural darwiniana. (2) El concepto de ligadura (*constraint*) debe incluir teóricamente legítimos y fácticamente importantes significados *positivos* –esto es, las ligaduras como *causas directrices* de *cambios evolutivos* particulares- más bien que sólo las connotaciones negativas de las limitaciones estructurales que impiden a la selección natural crear una alteración que de otro modo sería favorecida y lograda” (Gould 2002, 1026).

integrado de los organismos y, en su forma extrema, tiende a coincidir con el llamado “estructuralismo”, entendido como la teoría de las formas posibles cuyas realizaciones son el “material” diverso sobre el que opera la selección natural. Ambas oposiciones tienen a la vez la ventaja y el inconveniente de que no son realmente dicotómicas, porque en la primera se puede ser seleccionista en ambas (la segunda puede absorber a la primera, corrigiéndola) y la segunda deja de ser interesante en los extremos entendidos como excluyentes; sigue siéndolo, en cambio, cuando se combinan y se ponderan esos puntos de vista. Por ello, la identificación del adversario de Gould & Lewontin (1979) –el programa adaptacionista– se consigue cuando se cruzan el monismo seleccionista (panseleccionismo) y el funcionalismo extremo (panfuncionalismo)⁴⁶

Ahora bien, como “programa”, este fundamentalismo monista se opone a otro programa –el que suscribirían Gould y Lewontin– pluralista en los principios (aquel en que el principio de la selección natural es un *primus inter pares*) y conexionista en el análisis. Con el término conexionismo intento expresar una situación intermedia entre el atomismo y el holismo, pues si no es verdad que las partes de un todo sean todas independientes entre sí, cada una con su historia adaptativa propia, tampoco lo es que exista la interdependencia total entre ellas. La teoría de las pechinas (*spandrels*) no exige tanto, basta con que algunas partes sobrevengan como efecto colateral (expresión desafortunada en otros contextos) de otras –es decir, que “se den por añadidura” cuando otras se producen. La propuesta estructuralista (Cf. Lewens, inédito) de Gould y Lewontin se ajusta mejor a la tesis de la conexión que a la del holismo.

En esta oposición entre principios y procedimientos –entre ontología y metodología, e inversamente porque, por una parte, el principio de la selección va acompañado del procedimiento del análisis funcional y, por otra, el procedimiento de análisis estructural en rasgos está asociado a una ontología de los todos y las partes– quedaría todavía sin determinar el estatuto de esas partes alcanzadas por el análisis. Lewens (inédito) ha

⁴⁶ Lewens (inédito) incluye ambas posturas en su primer tipo de adaptacionismo –el empírico– y las caracteriza como sigue: “1. Panseleccionismo –la deriva, la mutación, la migración y las ligaduras (*constraints*) genéticas son características insignificantes en el proceso evolutivo. 2. Panfuncionalismo –los organismos son amasijos de rasgos completamente distintos con funciones discretas”.

tenido el acierto de encabezar su detallado trabajo sobre el adaptacionismo con un texto de Gould & Lewontin (1979, 585), donde éstos reconocen que “[...] hemos de omitir una amplia discusión de la cuestión vital ¿”qué es un rasgo?”. Algunos evolucionistas pueden considerarlo un problema trivial o meramente semántico. No lo es. Los organismos son entidades integradas, no colecciones de objetos discretos.” Creo que Lewens (inédito) ha proporcionado una buena distinción terminológica –a pesar de la frase citada, las cuestiones semánticas distan mucho de ser triviales- entre *propiedades* y *rasgos* propiamente dichos. Un rasgo constituye la unidad básica del análisis estructural, aunque vincule entre sí –como las pechinas a los arcos contiguos- propiedades diferentes. Se trata, por tanto, de que los rasgos son las “partes” pertinentes, mientras que las propiedades carecen de esa pertinencia. Las ligaduras del desarrollo a la evolución se manifiestan en la conexión indisoluble de propiedades que no son susceptibles de un análisis funcional por separado. El punto de partida de un buen análisis estructural se halla en la determinación adecuada de los rasgos como partes pertinentes o formales⁴⁷, una vez determinadas las cuales en el ámbito del desarrollo, dentro del cual debe explicarse su *aparición* en virtud de causas determinadas, el análisis funcional ha de dar cuenta de su presencia y conservación en las poblaciones –en el marco del proceso evolutivo. La crítica del programa adaptacionista no es la negación de la necesidad del análisis funcional, sino la crítica de la ideología funcionalista proclamada sin el contrapeso de la determinación estructural de las ligaduras del desarrollo a la evolución. Los dos extensos capítulos 10 y 11 de Gould (2002), así como los trabajos de Godfrey-Smith (2001) y de Lewens (inédito), tienen mucha más enjundia que la aquí puede ser asimilada. El equilibrio, la mutua remisión e, incluso, el intercambio entre análisis funcional y análisis estructural –que no entre funcionalismo y estructuralismo en el sentido excluyente de sus formas extremas- está muy bien caracterizado en Lewens (inédito); el lector puede recurrir a esa fuente para un desarrollo pormenorizado, y recomiendo igualmente, para

⁴⁷ Bueno (1972, 334; Cf. Álvarez 1988, 66-67) ha hecho una distinción entre las partes *formales* de un todo, como aquellas que conservan la forma del todo –y, por consiguiente, la posibilidad de su reconstrucción en la síntesis- y las partes *materiales* del mismo, como aquellas que no conservan la forma del todo, a partir de las cuales la reconstrucción es imposible. En el caso actual los rasgos serían partes formales, las propiedades, partes materiales.

completar el panorama, el excelente trabajo de Wilkins (1998). No obstante, a continuación debe tratarse el punto focal en torno al cual ha girado durante años toda la polémica: el propio concepto de adaptación. Godfrey-Smith (2001) se ha referido al “adaptacionismo explicativo” como el punto central de la discusión y, en su tipología más detallada, Lewens (inédito) al “adaptacionismo disciplinario”, caracterizado este último como sigue: “la tarea propia de un biólogo evolucionista es el estudio de las adaptaciones”. Creo que se puede afrontar esta cuestión mediante la distinción entre las causas de las formas y las razones de su conservación. Hace casi veinte años que sostuve esta posición (Álvarez, 1986), reiterada posteriormente (Álvarez 1988). Me serviré de lo allí argumentado, con algunas modificaciones, para dar fin a este último apartado.

La teoría de la evolución sostiene, en términos generales, que la aparición de nuevas formas depende de las mutaciones que provocan el surgimiento de nuevos rasgos⁴⁸ morfológicos, fisiológicos y conductuales, cuyo destino evolutivo depende de su valor adaptativo. La razón de la conservación de nuevas formas es, desde esta perspectiva, su valor para la supervivencia de los portadores de esas formas. Por tanto, las formas están ligadas en su aparición a mecanismos causales que vinculan genotipo y fenotipo y, en su conservación, a las relaciones de interacción de los individuos y sus medios respectivos. Las causas de las formas y las razones de su conservación vienen dadas en los procesos de desarrollo y evolución, respectivamente.

Dicho esto, se aprecia la falta de conexión necesaria entre las causas que produjeron una forma determinada y las razones de su conservación (o, en su caso, de su desaparición). Las formas, como determinaciones estructurales -con su carácter de primarias o sobrevenidas (las pechinas)- no surgen como adaptaciones que se conservan por su utilidad. *Resultan adaptativas unas veces sí y otras no*. Existe univocidad entre causas y formas resultantes, pero no ocurre lo mismo entre formas y funciones, porque las mismas formas pueden cumplir alternativamente diferentes funciones (la tan repetida “co-optación de Gould). De ahí que, para precisar mejor la terminología, Gould haya introducido frente a “adaptación” el vocablo “exaptación” para referirse a las formas que han adquirido

⁴⁸ Utilizo aquí el término “rasgos” de forma genérica, sin tener en cuenta la distinción de Lewens entre rasgos y propiedades (Cf. *supra*).

funciones distintas de aquellas que podrían parecer ligadas a las causas que las produjeron. Bien conocido es el “pulgar” del panda con el que el público asocia al fenecido paleontólogo de Harvard. Ese “pulgar” – que no es un pulgar desde un punto de vista anatómico- desempeña, sin embargo, la función de un “verdadero” pulgar, en tanto que dedo oponible. Por ello no puede decirse que esté destinado (o “diseñado”, otro de los términos subyacentes en las cuestiones del adaptacionismo explicativo o disciplinar) a desempeñar esa función. Si es, como parece, un efecto arquitectónico sobrevenido (una *pechina*), debido a que la hipertrofia del sesamoide radial parece haber provocado un desplazamiento de la envoltura muscular al impedirle ocupar su lugar original, su funcionalidad es adquirida, simplemente se ha “adaptado” en el curso de la evolución a determinados componentes del ambiente de sus portadores. Como apuntó Gould (1982, 21) en su día, “estos músculos, al igual que el propio hueso sesamoide, no surgieron *de novo*. Al igual que las partes de las orquídeas de Darwin, son partes anatómicas corrientes remodeladas para una nueva función.”

La relación entre formas y funciones supone la adaptación, pero en la forma de un proceso en el cual las formas adquieren determinadas funciones. Sakka (1983, 20) ha llamado segunda ley o principio de la morfología evolutiva a una formulación que recoge el carácter temporal de ese proceso:

Existe una relativa disociación en el tiempo, en el curso de la evolución, entre los procesos de la forma y los de la función. El intervalo temporal que caracteriza esta fase relativamente disociativa está ocupado por la fase adaptación.

La falta de univocidad entre forma (rasgo) y función, así como una especie de principio de acción retardada entre ellas, abre el espacio de la investigación que no puede sustituirse por un univocismo postizo. La versión materialista que Gould defendió a lo largo de su vida y obra del darwinismo que formuló a su manera, y que culmina en extenso con Gould (2002), está esencialmente ligada a este espacio de investigación. Sin que aquí quepa entrar en el asunto, también Gould estaba convencido de que el materialismo darwiniano era solidario de esta apertura, de esta desunivocación entre las causas de las formas y las razones de su

conservación. La investigación debe proseguir su curso en ese espacio abierto que no ha de cerrarse dogmáticamente con ningún puente prefabricado por dogmas u ortodoxias al uso. La investigación en este espacio produce los “placeres del pluralismo”, tanto en el proceso evolutivo globalmente entendido, con la selección natural como principio supremo pero no único, como en el del desarrollo, donde la univocidad entre causas y formas producidas es compatible con la co-optación de funciones (otra forma de pluralismo). Frente a estos gozos, las sombras del fundamentalismo (panseleccionismo y panfuncionalismo al alimón) pueden nublar el entendimiento de “la vida maravillosa”.

5. Un hasta luego

Este artículo iba para breve, pero se alargó –sobre todo en el caso de Gould- a medida en que intenté precisar cuestiones no siempre bien formuladas por las exposiciones habituales. No niego que este escrito *in memoriam* sea claramente parcial y esté movido por la simpatía. Probablemente no sea equilibrado, porque ha querido mostrar lo mejor –a mi saber y entender, que puede no ser bueno- de cada uno de los autores rememorados de acuerdo con mi conocimiento y familiaridad con sus obras. Puede que haya otra ocasión para mostrar lo menos bueno o lo peor de cada uno y así equilibrar la balanza. Pero hasta (luego) que ese momento llegue –si llega-, existen críticas que pueden equilibrar la balanza en su lucha contra “el fantasma de Gould”, como la escrita por Barash (2002), donde prácticamente no se le reconoce a Gould nada de provecho. Puede el lector, por tanto, compensar mi simpatía con la antipatía (no sé si merecida o no) de un respetable antagonista. Pero cada cual tiene sus debilidades y, francamente, Thom y Gould son dos de las mías.

BIBLIOGRAFÍA⁴⁹

- ÁLVAREZ, J.R. (1978): *La idea de causalidad estructural*, León: Colegio Universitario de León, 1978.
- ÁLVAREZ, J.R. (1985): “Fenomenologías, ontologías y metodologías biológicas”, *Contextos*, III/6, 115-150.
- ÁLVAREZ, J.R. (1986): “Formas, causas y razones: perspectivas materialistas en el pensamiento biológico actual”, en ÁLVAREZ, S., BRONCANO, F. Y QUINTANILLA, M.A. (1986): *Actas del I Simposio Hispano-mexicano de Filosofía*, Vol. 1.: *Filosofía e Historia de la ciencia*, Salamanca: Universidad de Salamanca, 270-295.
- ÁLVAREZ, J.R. (1987): “Varia gouldiana”, *Contextos*, V/10, 1987, 145-156, accesible en <http://users.servicios.retecal.es/abaju/VARIA.pdf>.
- ÁLVAREZ, J.R. (1988): *Ensayos metodológicos*, León: Universidad de León.
- ÁLVAREZ, J.R. (1994): “Dos modelos de explicación científica: inferencias y reconstrucciones”, *Contextos*, XII/23-24., 287-311.
- ÁLVAREZ, J.R. (1998): “El naturalismo normativo y la metodología de la ciencia” en GONZÁLEZ, W.J. (ed.) (1998): *El pensamiento de L. Laudan. Relaciones entre Historia de la ciencia y filosofía de la ciencia*, La Coruña: Universidad de la Coruña, 1998, 117-132
- ÁLVAREZ, J.R. (2000) “Analogías darwinianas: modelos y/o metáforas”, en MORA, M.S. et al. (2000): *Actas del III Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia*, San Sebastián: Universidad del País Vasco, 331-341, accesible en [http://www3.unileon.es/dp/alf/Darwin.htm#\[331\]](http://www3.unileon.es/dp/alf/Darwin.htm#[331])
- ÁLVAREZ, J.R. (2001): “La ciencia y los valores: la interpretación de la actividad científica”, en LAFUENTE, M^a.I., *Los valores en la ciencia y la cultura*, León: Universidad de León, 2001, 17-33, accesible en <http://www3.unileon.es/dp/alf/wert2000.pdf>.
- ÁLVAREZ, J. R. (en prensa): “Crisis de creencias y revoluciones científicas: Ortega y Kuhn pasado el siglo XX”, *Estudios orteguianos*, 6, mayo de 2003.
- BARASH, D.P. (2002): “Grappling with the Ghost of Gould”, *The Human Nature Review* 2 (2002) 283-292, accesible en <http://human-nature.com/nibbs/02/gould.html>.
- BROCKMAN, J. (Ed.) (1996): *La tercera cultura*, trad. de A. García, Barcelona: Tusquets.

⁴⁹ La mayor parte de las obras y trabajos que figuran en la bibliografía han sido citados en el texto. No obstante, los que no lo han sido, fueron consultados y su influencia sobre las ideas expuestas merecen su inclusión en la bibliografía.

- BUENO, G. (1972): *Ensayos materialistas*, Madrid: Taurus.
- BURGERS, P. & CHIAPPE, L.M. (1999): "The wing of Archaeopteryx as a primary thrust generator", *Nature* 399, (1999), 60-62, accessible en <http://www.stephenjagould.org/ctrl/news/file013.html>.
- CHALINE, J. (Dir.) (1983): *Modalités, rythmes, mécanismes de l'évolution biologique*, París: CNRS.
- CONWAY MORRIS, S. (1998): *The Crucible of Creation. The Burgess Shale and the Rise of Animals*, Oxford: Oxford University Press
- CONWAY MORRIS, S & GOULD, S.J, (1998) "Showdown on the Burgess Shale," *Natural History* magazine, 107 (10): 48-55., accessible en http://www.stephenjagould.org/library/naturalhistory_cambrian.html
- DARWIN, Ch. (1985): *El origen de las especies*, prólogo de Faustino Cerdón, trad. de A. Fruufe, Madrid: EDAF.
- EBLE, G.J. (1998): "On the dual nature of chance in evolutionary biology and paleobiology", *Paleobiology*, 25(1), accessible en [\[PS\]www.santafe.edu/sfi/publications/Working-Papers/98-09-085.ps](http://www.santafe.edu/sfi/publications/Working-Papers/98-09-085.ps).
- EBLE, G.J.(2000): "Theoretical morphology: state of the art", *Paleobiology* 26(3), 520-528, accesible en <http://www.santafe.edu/sfi/publications/Working-Papers/00-08-045.pdf>.
- ELDRIDGE, N., & GOULD, S.J. (1972). "Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism", en SCHOPF, T.J.M.. (ed): (1972), *Models in Paleobiology*, San Francisco: Freeman, Cooper and Company. 82-115.
- ELSBERRY, W (1996): "Punctuated Equilibria", accessible en <http://www.talkorigins.org/faqs/punc-eq.html>
- FORTEY, R. (1998): "Shock Lobsters", *London Review of Books*, vol. 20, N° 19, accessible en <http://www.lrb.co.uk/v20/n19/fort01.html>
- FOX KELLER, E. (2000): *The Century of the Gene*, Cambridge (MA): Harvard University Press.
- GODFREY-SMITH, P. (2001): "Three Kinds of Adaptationism", en ORZACK, S.H. & SOBER, E. (eds.) (2001): *Adaptationism and Optimality*, Cambridge: Cambridge University Press, 335-357, accessible en <http://www-philosophy.stanford.edu/fss/papers/adapt.pdf>.
- GOODWIN, B. (1990): "Structuralism in Biology", *Science Progress*, 74, 227-243.
- GOULD, S.J. (1977): *Ontogeny and Phylogeny*, Cambridge (Ma): Harvard University Press.
- GOULD, S.J. (1980): "Is a New and General Theory of Evolution Emerging?" *Paleobiology* 6 (1980): 119-30.
- GOULD, S.J. (1982): *El pulgar del panda*, Madrid: Blume, 1982.

- GOULD, S.J. (1983): “Dix-huit points au sujet des équilibres ponctués”, en CHALINE (Dir.) (1983), 39-41.
- GOULD, S.J. (1985): “Not Necessarily a Wing”, reimpresso en GOULD, S.J. (1991): *Bully for Brontosaurus: Reflections on Natural History*, Nueva York: W.W. Norton, 139-151, accessible en http://www.stephenjygoald.org/library/goald_functionalshift.html.
- GOULD, S.J. (1986): “Play It Again, Life: Natural History”, *Natural History*, Febrero de 1986, accessible en http://ethomas.web.wesleyan.edu/bioees111/goald_feb_86.htm.
- GOULD, S.J. (1987): *La sonrisa del flamenco. Reflexiones sobre Historia natural*, trad. de A. Resines, Madrid: Hermann Blume.
- GOULD, S.J. (1989): *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*, Nueva York: W. W. Norton & Co. Existe traducción española de J. Domenech Ros, Barcelona: Crítica, 1995.
- GOULD, S.J. (1994): “Tempo and mode in the macroevolutionary reconstruction of Darwinism”, accessible en <http://www.pnas.org/cgi/reprint/91/15/6764>
- GOULD, S.J. (1996): *Full House: The Spread of Excellence from Plato to Darwin*, Nueva York: Harmony Books. Existe traducción española de O. Canals, titulada *La grandeza de la vida*, Barcelona: Crítica, 1997.
- GOULD, S.J. (1997a): “Darwinian Fundamentalism”, *The New York Review of Books*, Vol. 44, 10, 12 de junio. 34-37, accessible en <http://www.nybooks.com/articles/1151>.
- GOULD, S.J. (1997b): “Evolution: The Pleasures of Pluralism”, *The New York Review of Books*, 26 de junio. accessible en <http://cogweb.ucla.edu/Debate/Gould.htm>.
- GOULD, S.J. (1997c): “The exaptive excellence of Spandrels as a term and prototype”, en *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)*, Vol. 94, 10750-10755, accessible en <http://www.pnas.org/cgi/reprint/94/20/10750.pdf>.
- GOULD, S.J. (2002): *The Structure of Evolutionary Theory*, Cambridge (MA): Harvard University Press, 2002
- GOULD, S.J., and N. ELDREDGE. (1977): “Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered”. *Paleobiology* 3, 115-151.
- GOULD, S.J. & LEWONTIN R.C. (1979): “The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationism Programme”, en *Proc. R. Soc. Lond. B* 205 (1161): 581-98, accessible en <http://www.aaas.org/spp/dser/evolution/history/spandrel.shtml>.
- GRIFFITHS, P.E. (2000): “Genetic Information. A Metaphor in Search of Theory”, en <http://216.239.37.100/search?q=cache:rv5qlnBrfrAC:www.usyd.edu.au/hps/preprints/preprint8/GriffithsI.pdf+griffiths+metaphor&hl=es&ie=UTF-8>.

- HOFFMEYER, J. (2002): “Code Duality Revisited”, en <http://www.library.utoronto.ca/see/SEED/Vol2-1/Hoffmeyer/Hoffmeyer.htm>.
- HOFFMEYER, J. (Web): “Code-Duality”, <http://www.molbio.ku.dk/MolBioPages/abk/PersonalPages/Jesper/Code-duality.html>.
- HOFFMEYER, J. Y EMMECHE, C. (1991): “Code-Duality and the Semiotics of Nature”, accesible en <http://alf.nbi.dk/~emmeche/coPubl/91.JHCE/codedual.html>.
- HOMBERGER, D (2002): “Stephen J. Gould – An appreciation”, *J. Biosci.* (Indian Academy of Sciences) (27 (5).September 2002, 455–459.
- JOHNSON, P. (1995): *Proceso a Darwin*, Grand Rapids (MI): Editorial Portavoz.
- KANT, I (1790): *Kritik der Urtheilskraft*, en *Kants gesammelte Schiften*, vol. V., Berlín: Reimer, 1913.
- LAFUENTE, Mª I. (1984): *Teoría y metodología de la Historia de la Filosofía*, León: Universidad de León.
- LEWENS, T (inédito): “Seven Types of Adaptationism”, La versión final aparecerá en WALSH, D. (ed.): *25 Years of Spandrels*. Oxford: Oxford University Press. Un borrador anterior está accesible en <http://www.duke.edu/philosophy/bio/assets/LEWENS7types.pdf>.
- MOSTERÍN, J. (1993): *Filosofía de la cultura*, Madrid: Alianza Editorial.
- PASCUAL, R. (1997): “Los nuevos filósofos”, *Saber leer*, 102, 12.
- PETITOT, J (1999): “La généalogie morphologique du structuralisme”, *Critique*, 28, 620-621, accesible en <http://www.crea.polytechnique.fr/JeanPetitot/JPbibli.html>
- PETITOT, J. (1990):” Semiotics and Cognitive Science: The Morphological Turn”, *The Semiotic Review of Books* 1990, 1(1), 2-4, accesible en <http://www.univie.ac.at/Wissenschaftstheorie/srb/srb/morphological.html>
- PROTHERO, D.R. (1992): “Punctuated Equilibrium at Twenty: A Paleontological Perspective”, *Skeptic* vol. 1, no. 3, (1992), 38-47, accesible en <http://www.skeptic.com/01.3.prothero-punc-eq.html>.
- RAFF, R.A. (1996): *The Shape of Life: Genes, Development, and the Evolution of Animal Form*, Chicago: University of Chicago Press.
- RAUP, D. M. & STANLEY, S.M. (1971) *Principles of Paleontology*, San Francisco: Freeman: W.H. (Hay traducción española, Barcelona: Ariel, 1978)
- SAKKA, M. (1983) (Dir): *Morphologie évolutive, morphogenèse du crâne et origine de l'homme*, París : CNRS.
- SAMPEDRO, J. (2002): *Deconstruyendo a Darwin: Los enigmas de la evolución a la luz de la nueva genética*, Barcelona: Crítica.

- SHERMER, M.B. (2001): “Colorful Pebbles and Darwin’s Dictum. Science is an exquisite blend of data and theory”, *Scientific American* (Abril de 2001), 10, accessible en <http://homepages.wmich.edu/~korista/theory-data.html>.
- SHERMER, M.B. (2002): “This View of Science: Stephen Jay Gould as Historian of Science and Scientific Historian, Popular Scientist and Scientific Popularizer”, *Social Studies of Science*, 32/4(August 2002) 489–525, accessible en http://www.stephenjaygould.org/library/shermer_sjgould.pdf.
- SIMON, M. (1971): *The Matter of Life*, New Haven-Londres: Yale University Press.
- THEOBALD, D. (2002): “All you need to know about Punctuated Equilibrium (almost) Common misconceptions concerning the hypothesis of Punctuated Equilibrium”, accessible en <http://ucsu.colorado.edu/~theobal/PE.html>
- THOM, R. (1974): *Modèles mathématiques de la morphogénèse*, París: U.G.E.
- THOM, R. (1976): “Comentario” en WADDINGTON, C.H. (1976): *Hacia una biología teórica*, trad. de M. Franco Rivas, Madrid: Alianza Editorial, 54-65.
- THOM, R. (1977): *Stabilité structurelle et morphogénèse*, 2ª ed., París: InterEditions. Existe traducción española de A.L. Bixio, Barcelona Gedisa, 1987.
- THOM, R. (1983): *Paraboles et catastrophes. Entretiens sur les mathématiques, la science et la philosophie*, 2ª ed., París: Flammarion. Existe traducción española de M. Romaní Escrivá, Barcelona :Tusquets, 1985.
- THOM, R. (1988): *Esquisse d’une semiophysique. Physique aristotélicienne et théorie des catastrophes*, París : InterEditions. Existe traducción española de A.L. Bixio, Barcelona Gedisa, 1990.
- THOM, R. (1990): *Apologie du Logos*, París : Hachette.
- THOM, R. (1999): “Aristote topologue”, *Revue de synthèse*, nº1, 1999. accessible en http://www.tribunes.com/tribune/alliage/43/thom_43.htm
- THOM R. (1993): *Prédire n’est pas expliquer*, 2ª ed., París: Flammarion.
- WALTHER, B. K. (1999): Self-Organized Criticality, Emergence, Catastrophe Theory, and Linguistic Theory: Four Preliminary Studies with Special Emphasis on the Concept of Meaning, accessible en <http://www.sdu.dk/Hum/bkw/Meaning.pdf>.
- WILKINS, J. (1998): “Ne Plus Ultra-Darwinism: Adaptations, Spandrels and Evolutionary Explanations”, accessible en <http://www.users.bigpond.com/thewilkins/papers/Neplusultra.html>.
- WIMSATT, W.C. (1994): 1994. “The ontology of complex systems: Levels, perspectives and causal thicket”, en Matthen, M &Ware, R.X. (eds.) *Biology and Society: Reflections on Methodology*. *Canadian Journal of Philosophy*, suppl. volume 20, 207—274.