
CÓMO Y POR QUÉ DE LO VIVIENTE

GUSTAVO CAPONI

PRESENTACIÓN

Aceptando la distinción propuesta por Ernst Mayr (1980 p.9; 1985 p.61) entre una *biología funcional* orientada a la elucidación de las causas próximas que nos explicarían *cómo* los fenómenos biológicos ocurren, y una *biología evolutiva* orientada a la elucidación de las causas remotas que nos explicarían *por qué* es que los mismos tienen lugar, en este trabajo nos proponemos mostrar que cada uno de esos dominios de indagación obedece a una máxima metodológica distinta; además, cada una de éstas, al definir un modo específico de interrogar lo viviente, establece también el modelo de explicación que operará como respuesta adecuada al tipo de pregunta que, en uno y otro campo, se formulen. Sostendremos así que mientras la biología funcional obedece a una regla metodológica que nos exige buscar para todo fenómeno orgánico una descripción tal que para éste pueda existir una explicación que apele o involucre, de un modo más o menos tácito, a leyes físicas; por su parte, la biología evolutiva se rige por otra regla metodológica, que en lugar de pedirnos que los fenómenos vivientes sean pensados en términos de relaciones de *causa-efecto* nomológicamente mediadas, nos exige que éstos sean considerados en términos del par *solución-problema*.

Este contraste entre modelos explicativos, por otra parte, nos permitirá pensar no sólo la diferencia existente entre lo que Mayr denomina *causas próximas* y *causas remotas* de los fenómenos biológicos, sino también la

diferencia que existe entre las nociones de *función* que se utilizan en uno y otro dominio de la investigación biológica. Así, y asumiendo parcialmente una posición ciertamente muy difundida (cfr. Admunson y Launder, 1994 p.338; Godfrey-Smith, 1993 p.280, 1994 p.454; Allen y Becoff 1995 p.574; Rosenberg, 1997 p.460), sostendremos que mientras la biología funcional se caracteriza por un análisis causal, en donde se supone una noción de *función* afín a la propuesta por Cummins (1975), la biología evolutiva pone en acto una noción diferente y que, sin duda, es por lo menos próxima de aquella propuesta por Wright (1973; 1972) o por Neander (1991).

DOS BIOLOGÍAS

En efecto, y tal como Mayr siempre ha insistido, todo fenómeno viviente, a diferencia de lo que ocurre con los fenómenos inanimados y contrariamente a lo que al respecto Claude Bernard (1865 pp. 123-126) pensaba (cfr. Atlan 1999 p.13), puede o incluso *debe*, ser pensado en virtud de dos tipos diferentes de causas cuyo estudio, a su vez, da lugar al desarrollo de dos dominios de investigación relativamente autónomos: las *causas próximas* que, siendo comunes al orden de lo viviente y al orden físico, nos dicen *cómo* es que algo ocurre, y las *causas últimas o remotas* que, siendo específicas de los fenómenos biológicos, nos dicen *por qué* es que ese algo ocurre. Así, a la consideración de las causas próximas o *funcionales*, que nos explican no sólo *cómo* el organismo individual funciona sino también *cómo* se constituye, y cuyo estudio sería propio de lo que Mayr nos propone llamar *biología funcional*, debemos añadir el estudio, propio de la *biología evolutiva*, de las causas remotas o *evolutivas*, que nos explican *por qué* el organismo funciona como lo hace y tiene la forma que efectivamente tiene (Mayr, 1961 p.1502; 1985 p.52; 1998a pp.87-96; 1998b pp.137-135).

Así, y retomando esta distinción de Mayr, François Jacob (1973 p.16) podía decir que cada una de estas *biologías* “aspira a instaurar un orden en el mundo viviente”: en el caso de la biología funcional, se trata de un orden *intraorgánico* que atañe a las estructuras, funciones y actividades por medio de las cuales se integra y se constituye el viviente individual; y en el caso de la biología evolutiva, se trata de ese orden *interorgánico* “por el que se ligan los seres, se establecen las filiaciones, se diseñan las especies”. Por eso, mientras en la biología funcional se analiza, por lo general, “un único individuo, un único órgano, una única célula, una única parte de la célula” (Mayr 1998a p.89), en el caso de la biología evolutiva, el organismo debe ser siempre considerado desde una perspectiva poblacional y en sus relaciones con el medio (Jacob 1973, p.14 -p.186).

Un fenómeno como el dimorfismo sexual puede sernos útil para ilustrar esta distinción (Mayr 1998a, p.88; 1998b p.86): su causa próxima podría identificarse con factores hormonales que nos permitirían saber

cómo es que esas diferencias sexuales se producen; factores hormonales pueden ser, a su vez, analizados y explicados en términos de mecanismos moleculares. Con todo, si con relativa independencia de esas oportunidades que nos da la biología molecular, nos preguntamos *por qué* es que ese dimorfismo está presente o está más acentuado en algunas especies y ausente o menos acentuado en otras, es posible que la explicación por causas próximas ya no nos satisfaga. Podemos, es cierto, insistir en ella y afirmar que esa diferencia se debe a que en el caso del dimorfismo se producen o se acentúan ciertos procesos fisiológicos (siempre explicables y analizables, claro, a nivel molecular) que están ausentes o atenuados en los otros casos. Pero, de proceder así estaríamos, simplemente, postergando el problema de determinar *por qué* esos procesos fisiológicos ocurren o se acentúan en un caso y no en otro, y, en lugar de ello, estaríamos insistiendo en una descripción cada vez más pormenorizada de *cómo* se produce ese dimorfismo.

Debe existir, por lo tanto, otro conjunto de factores causales, completamente distinto del anterior, que nos permita explicar esas diferencias. Según Mayr (1998a p.88), ese segundo conjunto de causas, el de las causas últimas o remotas, podría estar constituido, en este caso concreto, por una trama de presiones selectivas que a lo largo de millares o millones de años de evolución habrían fomentado un aprovechamiento diferenciado de los recursos alimenticios disponibles. Aunque el ejemplo también sería válido si las causas últimas invocadas estuviesen vinculadas con el desarrollo de diferentes estrategias de protección frente a los predadores, con rituales de apareamiento o con cualquier otro tipo de factor vinculado a la historia evolutiva de la especie (Mayr, 1998b p.86; p.137).

Pero la distinción entre causas próximas y remotas no sólo es pertinente con relación a fenómenos *complejos* como el referido; aun en el nivel de estructuras moleculares podemos interrogarnos por uno u otro de estos tipos de causación. "Una cierta molécula tiene un papel funcional en un organismo. ¿Cómo desempeña esa función, cómo interactúa con otras moléculas, cuál es su papel en el equilibrio energético de la célula?"; he aquí, nos dice Mayr (1998b, p.136), preguntas por causas próximas. En este sentido, el anatomista que estudia cómo funciona una articulación, comparte su perspectiva de análisis con el "biólogo molecular que estudia la función de las moléculas de DNA en la transmisión de informaciones genéticas" (Mayr, 1998a p.89). En cambio, si nos preguntamos: ¿por qué la célula contiene esa molécula?, ¿qué papel desempeñó la misma en la historia de la vida?, ¿qué cambios sufrió durante la evolución?, ¿en qué y por qué difiere de moléculas homólogas en otros organismos?, es porque estamos interesados en las causas remotas o evolutivas de los fenómenos en cuestión (cfr. Jacob, 1981 p.60; Sober, 1993b p.8).

No pensemos, sin embargo, que con esa distinción entre biología funcional y biología evolutiva, Mayr o Jacob hayan pretendido proponer una clasificación que nos permita caracterizar todas y cada una de las diferentes disciplinas y especialidades en que se organiza y se institucionaliza la investigación biológica como siendo, bien parte de la biología funcional, o bien parte de la biología evolutiva. La demarcación entre estos dos dominios obedece a una distinción epistemológica entre dos actitudes o, mejor, dos modos diferentes de interrogación, y la separación entre diferentes disciplinas no está nunca exclusivamente pautaada por cuestiones de esa índole. Así, tal como Mayr (1998b p.137) reconoce, dentro de un mismo dominio disciplinar y con relación, incluso, a un mismo tema a investigar, las cuestiones relativas a causas próximas pueden entrecruzarse y articularse con cuestiones relativas a causas remotas o evolutivas, y nadie podría cuestionar ni la legitimidad ni la necesidad de ese entrelazamiento (cfr. Eldredge, 1995 p.201). La marcada autosuficiencia de estos dos dominios de la biología no es, ni podría ser, absoluta (Mayr, 1998a p.88; 1998b p.136).

Con todo, si clasificamos las diferentes disciplinas biológicas conforme la mayor o menor preponderancia que, en cada una de ellas, cobra el estudio de causas próximas o de causas evolutivas, podemos pensar a toda la fisiología (fisiología de órganos, fisiología celular, fisiología de los sentidos, neurofisiología, endocrinología, etcétera), a casi toda la biología molecular, a la morfología funcional, a la biología del desarrollo y a la genética fisiológica como dominios de la biología funcional. Mientras tanto, la paleontología, la ecología comportamental y la genética de poblaciones podrían ser mejor catalogadas como dominios de la biología evolutiva, donde el interés por las causas remotas es preeminente sobre el interés por las causas próximas (cfr. Mayr, 1998b pp. 135-137).

Pero más allá de la mayor o menor proximidad institucional que pueda existir entre ambos dominios de investigación, y más allá de la imbricación entre causas próximas y remotas que está atrás de todo fenómeno orgánico, lo cierto es que los problemas de una y otra biología, además de obedecer a diferentes modos de interrogación, han promovido también abordajes metodológicos disímiles. Así, mientras en el segundo dominio de investigaciones el biólogo puede continuar, en cierto modo, operando aún con los métodos comparativos de la historia natural y recurriendo más a la *observación controlada* que a la *experimentación*, el experimento constituye el instrumento fundamental de la biología funcional (Mayr, 1998a p.48; 1998b p.86; Jacob, 1973 p.201). Aunque, insistamos, se trata de una distinción de grado: la biología evolutiva también puede recurrir, en cierta medida (cfr. Brandon, 1997), a procedimientos experimentales (cfr. Rice y Hosters, 1993) o cuasi-experimentales (cfr. Kettlewell, 1956).

Es innegable, sin embargo, que a partir de 1870, y como efecto del propio advenimiento de la fisiología experimental y de la teoría de la evolución, se generó una escisión y un conflicto profundo entre lo que, siguiendo a Laudan (1977 p.78), Mayr (1980 p.40) caracteriza como *dos tradiciones de investigación*: la de los biólogos experimentales y la de los naturalistas (Mayr 1998 b p.128; Jacob, 1973 p.16). Los primeros eran aquellos investigadores que, a la manera de Claude Bernard (1865 p.123), sostenían que los límites del conocimiento biológico coinciden con los límites del método experimental, los segundos son aquellos que, defendiendo los derechos de la historia natural, abogaban por la legitimidad de esos métodos *tradicionales* que los biólogos experimentales tachaban de puramente especulativos. Tal era el caso, por ejemplo, de T. H. Morgan que, aún en la década del treinta, podía fustigar a los biólogos evolucionistas por no percibir que el dimorfismo sexual podía ser explicado por causas fisiológicas que operan ontogenéticamente sin que tengamos que recurrir a *especulaciones* evolutivas —léase darwinistas— (Mayr 1980 p.11; 1998a p.93).

Por otra parte, mientras la biología evolutiva puede desarrollarse con relativa autonomía del saber físico y químico, en el caso de la biología funcional nos encontramos con un conjunto de investigaciones que en virtud de sus propias pautas metodológicas y en función de los problemas estudiados, da lugar a un discurso sobre lo viviente que, tanto por sus técnicas de investigación como por su contenido conceptual, tiende a aproximarse progresivamente a los discursos de la química y la física (Jacob 1973 p.200; Mayr 1985 p.52; 1998a p.48; 1998b p.86). Por eso, la clásica oposición entre *provincialismo* y *autonomía* (Rosenberg, 1985 p.18) en lo que atañe a la relación entre biología y física no puede plantearse si no consideramos esta dualidad de las ciencias de la vida. Los problemas a discutir son distintos, según consideremos la biología evolutiva o la biología funcional.

En efecto, el punto de partida de esta última es, sin ninguna duda, la complejidad del viviente individual, y su problema fundamental es, precisamente, el de explicar la constitución, la organización y el funcionamiento de esa estructura compleja. La principal estrategia metodológica con la que se cuenta para encarar ese estudio no es otra que la de aislar los elementos y los procesos que constituyen un ser vivo para encontrar así las condiciones que permiten su análisis “en el tubo de ensayo” (Jacob, 1973 p.15). De ese modo, siguiendo un procedimiento analítico, concuerdan Mayr (1998a p.89) y Jacob (1973 p.13), es posible realizar en biología experimentos de la misma índole y rigor de los que se realizan en física o en química. Puede decirse incluso que, en virtud de esa estrategia de investigación, “no existe ningún carácter del organismo que no pueda, a fin de cuentas, ser descrito en términos de moléculas y de sus interaccio-

nes" (Jacob, 1973 p.15). Tal es, por lo menos, la promesa de la biología molecular, cada día más próxima de ser plenamente cumplida (Collins y Jégalian 2000): dado cualquier fenómeno, estructura o característica orgánica, siempre podemos pensar que para el mismo existe una descripción y una explicación de carácter fisiológico, reductibles ambas a descripciones y explicaciones físico-químicas (Crick, 1966 p.10). Los éxitos de la investigación bioquímica y biofísica justifican esa aproximación, aun cuando, desde cierto punto de vista, podamos considerarla como el producto de una simplificación (Mayr, 1998a p.89).

Pero claro, llegados a este punto del contraste entre una biología que parece compartir sus fundamentos metodológicos y conceptuales con la física, y otra que aún se permite utilizar los métodos de la vieja historia natural, podemos vernos tentados de preguntar si no estamos delante de la contraposición entre dos disciplinas o discursos con diferente estatuto de cientificidad. Tal es, por ejemplo, la idea de André Pichot (1987 p.23; 1993 p.935). Para este autor, la biología moderna es una ciencia *escindida*, donde la explicación histórica darwinista opera como un simple complemento, menos riguroso e incluso menos científico, de la explicación física ofrecida por la biología molecular. Esta, por su parte, sería una disciplina rigurosa pero incompleta que, consiguiendo explicar el funcionamiento y la constitución del organismo individual (Pichot 1987 p.24), deja la explicación del origen y la historia del programa de funcionamiento y de constitución ahí implicado abandonada a una serie indefinida de contingencias cuya elucidación sería tarea de la frágil explicación darwinista (Pichot, 1987 p.9; 1993 p.936).

La biología moderna, parece decirnos Pichot (1987 p.23; 1993 p.941; 1999 p.259), estando en la senda que le permitirá explicar en términos físicos el funcionamiento y la constitución del organismo individual, ha renunciado al ideal lamarkiano de encontrar una explicación física para la constitución de la pauta que rige esa constitución y ese funcionamiento, y así habría encontrado en el darwinismo un recurso precario para paliar o, incluso, ocultar esa falta. La *nueva síntesis*, que en la lectura de Mayr (1980 p.40) supone y estimula una positiva y legítima articulación entre biología funcional y evolutiva sería, desde esta otra perspectiva, el producto más claro de ese vergonzoso contubernio. Pichot, en efecto, parece compartir la descripción del universo de las ciencias de la vida que Mayr y Jacob proponen, pero lo que estos últimos consideran cómo una pauta legítima de funcionamiento, aquél lo presenta como síntoma de una carencia fundamental.

Pero atención: la articulación entre biología molecular y darwinismo que Pichot supone operando en el seno de la nueva síntesis puede no ser la que Jacob y, sobre todo, Mayr suponen que existe entre biología funcional y biología evolutiva. Para Pichot (1987 p.24) se trata de una

genuina relación de complementariedad: la explicación darwinista, como dijimos, estaría llamada a completar o auxiliar a la explicación molecular. En el mejor de los casos, diría este autor, el darwinismo podría constituir una hipótesis auxiliar que la actual teoría de la evolución utilizaría para suplir sus limitaciones y cuya (supuestamente notoria) debilidad afectaría a todo el edificio teórico que ella vendría a completar; pero lo que Pichot (1993 p.845; 1999 p.288) acaba diciendo es que la teoría de la selección natural opera como una estratagema de dudosa legitimidad llamada a ocultar la carencia de una genuina explicación física de la evolución como la que Lamarck habría sabido entrever.

Para Mayr y Jacob, en cambio, biología funcional y biología evolutiva no son dos conjuntos de hipótesis que se suman o entran en conjunción, o *confabulación*, para explicar un mismo dominio de fenómenos, sino dos ámbitos relativamente autónomos de indagación, cada uno de los cuales responde a formas de interrogación que, como el propio Pichot (1993 p.844) reconoce, son de diferente orden. Por eso, en la medida en que el darwinismo constituye el fundamento de la biología evolutiva, podemos decir que el mismo no está llamado a resolver los problemas de la biología funcional que la biología molecular promete resolver. Si la teoría de la selección natural no sirve para completar la explicación física de como, en un determinado ambiente físico, surge un determinado tipo de estructura viviente, es simplemente porque ese *cómo* no es el tipo de pregunta que el darwinismo nos enseña a plantear y responder.

Los *por qué* de la biología evolutiva no son un complemento de los *cómo* de la biología funcional; éstos, en todo caso, son un límite para aquéllos. Con todo, para que este atisbo de réplica a Pichot pueda quedar claro es menester que calemos un poco más hondo en la contraposición entre biología funcional y biología evolutiva. Es necesario que miremos dentro de esa distinción entre *cómo* y *por qué* para elucidar no sólo los principios que rigen uno y otro modo de interrogar lo viviente, sino también para explicitar la estructura y la naturaleza conceptual de las respuestas que en uno y otro caso debemos dar.

FÍSICA DE LO VIVIENTE

Lamentablemente, el mejor modo de analizar la diferencia existente entre ese modo de interrogación que da lugar a la biología funcional y aquel que da lugar a la biología evolutiva es recurriendo a la penúltima variación de un gastado, pero tal vez inevitable, lugar común: la comparación entre las explicaciones que cabe formular de los diferentes procesos térmicos que pueden darse en un objeto inerte y en un ser vivo cuando ambos estén sometidos a condiciones atmosféricas operacionalmente idénticas. Podemos pensar, en este sentido, en un perro que está en una cueva donde la

temperatura ambiente es de 0° y comparar los procesos de homeotermia que en él ocurran con los procesos térmicos que pueden ocurrir en una piedra que, encontrándose en la misma cueva, está al borde de una hoguera que acaba de apagarse. Esta será la causa por la cual, en un momento determinado, la temperatura de la piedra podrá ser idéntica a los 37° del perro.

A partir de ese momento, sin embargo, mientras la temperatura corporal del perro, al que supondremos saludable y bien alimentado, se mantendrá constante en sus normalísimos 37°, la temperatura de la piedra irá decreciendo hasta equipararse con la temperatura ambiente que, según también supondremos, se mantiene idéntica al igual que todas las otras condiciones atmosféricas relevantes. Como sabemos, esa diferencia en la evolución térmica de la piedra y el perro no supone ninguna violación de las leyes físicas ni ninguna espontaneidad vital. Del mismo modo en que una detallada descripción, tanto de esas condiciones como del volumen y la composición molecular de la piedra, nos permitiría, en conjunción con las leyes del equilibrio térmico, explicar esa pérdida de temperatura; un cuidadoso análisis de la fisiología del perro también nos permitiría una explicación física de su constancia térmica.

En este último caso, la descripción de esa estructura fisiológica y de su funcionamiento ocuparían en nuestra explicación un lugar análogo al que ocupan, en el caso de la piedra, las descripciones de ese volumen y de esa composición molecular. Es posible, sin embargo, que la descripción de esos mecanismos homeostáticos involucre, tal vez de un modo tácito, algunas leyes físico-químicas que no son relevantes en la explicación de lo que ocurrió con la piedra (cfr. Pichot, 1987 p.19). Por otra parte, en la medida que consideremos al modelo nomológico-deductivo de explicación como una representación razonablemente satisfactoria de las explicaciones físico-químicas, y en tanto también aceptemos que las explicaciones en términos de *retroacción negativa* (Rosenblueth *et. al.*, 1943 p.20) son una variedad compleja del mismo, no tendremos mayores reticencias en afirmar que, tanto en el caso de la piedra como en el caso del perro, las explicaciones dadas se adecuan, de un modo u otro, a dicho modelo (Von Wright, 1980 pp.36-37; Nagel, 1978 p.380 y 1977 p.214; Rosenberg 1985 p.53).

Ahora bien, si decimos que la descripción del mecanismo fisiológico del perro opera como condición inicial de nuestra explicación de su constancia térmica, estamos reconociendo que aquella constituye una premisa de ésta. Aun cuando la trama de relaciones causales físico-químicas que explican el funcionamiento metabólico del animal, ya sea conocida y aun cuando ya tengamos una explicación físico-química satisfactoria para cada una de las articulaciones de ese mecanismo fisiológico, no por eso contamos todavía con ninguna explicación relativa a cómo ese

mecanismo llegó a conformarse de la forma en que lo hizo (Pichot, 1987 p.19). Podemos, es cierto, recurrir a ese otro dominio de la biología de causas próximas que es la biología del desarrollo (Mayr, 1998b p.169) e intentar explicar cómo toda esa estructura se constituye en cada organismo individual. Pero, aunque podamos un día llegar a contar con una explicación en términos de causas próximas moleculares para cada paso de ese proceso de desarrollo (cfr. Rosenberg, 1997 p.463), no por eso conoceremos el proceso por el cual surgieron organismos dotados con la capacidad de desarrollar ese tipo de mecanismos homeostáticos (Bertalanffy, 1976 p.146). Para llegar a hacerlo debemos, otra vez, remitirnos a esas causas remotas que son objeto de la biología evolutiva.

Una situación análoga a esa podría encontrarse en el caso de una máquina tan simple como lo es un depósito de agua autorrecargable: el movimiento de cada uno de sus elementos puede ser fácilmente explicado por el recurso a leyes físicas y, de ese modo, todo su funcionamiento, incluido el bucle de retroalimentación, puede ser analizado como una cadena de relaciones causales mecánicas (cfr. Bertalanffy, 1974 p.92). Sin embargo, aunque esas relaciones mecánicas puedan ser tan triviales que consideremos redundante explicarlas, lo que no puede ser físicamente explicado, y requiere de la referencia a un agente intencional, es la forma en que el mecanismo está montado: su proyecto. Y este problema, como es obvio, subsistiría aun si pensásemos en una máquina que pueda autoconstruirse e incluso autoprogramarse a partir de un primer programa. Una *máquina turiniana* no sería, en este sentido, ni más ni menos problemática que el reloj de Paley.

Es de notar, sin embargo, que esta situación no reviste un análogo en el caso de la piedra; aun cuando para explicar su pérdida de temperatura debamos aludir a su composición molecular; para la explicación de esa composición sí contamos con explicaciones en términos de causas próximas. A diferencia de lo que ocurriría con un trozo de cualquier material sintético cuya estructura molecular no pudiese ser explicada por ninguna reacción química natural, y cuya existencia no pudiese ser explicada por referencia a ningún proceso geológico, la composición, la forma y el tamaño de una piedra son todos fenómenos explicables, por lo menos en principio, en virtud de tramas de relaciones causales que, por complejas y difíciles de reconstruir que sean, consideramos análogas a las que nos explican su enfriamiento. Los avatares que condujeron a la formación de una piedra o de una montaña (aun cuando sean procesos singulares en cuyo estudio el cuidadoso detalle y encadenamiento de las condiciones iniciales resulta más difícil e importante que la enunciación de las leyes que los presidieron), en la medida en que son tramas de fenómenos puramente físicos, deben ser considerados como pertenecientes al orden de las causas próximas (Mayr 1998a p.89).

En este sentido, la única diferencia importante que existiría entre una ciencia como la física y una como la geología, sería aquella diferencia de intereses a la que Popper (1944 pp.143-144) recurre en *Miseria del historicismo* para establecer su distinción entre ciencias teóricas y ciencias históricas. Según esta propuesta ambos tipos de ciencia tendrían como objetivo la construcción y la evaluación de explicaciones nomológico-deductivas de los fenómenos que unas y otras estudiarían. Pero mientras las ciencias teóricas se demorarían más en el establecimiento y en la contrastación de los enunciados legaliformes que componen tales explicaciones, las ciencias históricas estarían orientadas a la descripción pormenorizada y particularizada, tanto del propio hecho a ser explicado como de las causas que (leyes mediante, claro) habrían conducido hasta él —es decir, las condiciones iniciales que, junto con los enunciados legaliformes, compondrían el *explanans* de una explicación. Por eso, y permitiéndonos otro recurso a la terminología popperiana, podemos también decir que las ciencias históricas, por lo menos en el sentido en el que pueden serlo la geología y la cosmología, podrían ser consideradas como ciencias (teóricas) aplicadas, es decir, como la aplicación de leyes generales al estudio de problemas más específicos.

Digamos, entonces, que mientras el teórico se interesa en formular y contrastar leyes universales, el historiador, en el sentido peculiar que la palabra cobra en este contexto, se interesa en construir, pero también contrastar, descripciones específicas de situaciones y procesos que tienen lugar en ciertas regiones espacio-temporales determinadas. Sin embargo, mientras para el físico teórico las condiciones iniciales son hipótesis auxiliares a las que inevitablemente debe recurrir para testar sus leyes, para el geólogo, por ejemplo, las leyes físicas son una referencia y un supuesto imprescindible, por eso a menudo tácito, de sus reconstrucciones de situaciones y procesos singulares. Así, por ejemplo, el investigador interesado en la deriva continental se ocupa en formular y en probar hipótesis relativas a sucesiones de acontecimientos específicos sin por eso dejar nunca de presuponer que los mismos han tenido lugar y se han concatenado en virtud de leyes físico-químicas que él no se ocupará en discutir pero tampoco se permitirá jamás desestimar o ignorar. Es decir, la principal diferencia que existiría entre ambos tipos de estudios radica en lo que en uno y otro caso se considera como problemático y digno de discusión.

Con todo, si dejamos la cuestión pragmática relativa a esa diferencia de intereses y nos limitamos a considerar la estructura lógica de las respuestas que en uno y otro tipo de ciencia se dan a las preguntas que en cada caso se plantean, podemos concluir que siempre que hablemos del estudio de causas próximas, la explicación histórica y la explicación teórica son isomorfas. Al decir esto, estamos indicando que, aun tácita-

mente, las leyes físico-matemáticas son parte integrante de lo que aquí llamamos explicación histórica: las mismas no sólo definen las condiciones de posibilidad de los procesos que allí se describen, sino que también establecen las relaciones causales que allí se enuncian (Popper, 1979 p. 356).

Así, una propuesta de explicación para un determinado proceso geológico no sólo podrá ser invalidada en el caso límite en que se demuestre que la misma alude a procesos físicamente imposibles, sino que también puede ser considerada incompleta si se muestra que, dado nuestro conocimiento de las leyes físicas, las condiciones iniciales enunciadas son insuficientes para explicar el proceso en cuestión. Cabe entonces recurrir también a la terminología hempeliana y decir que, en tanto esas leyes no sean formuladas, tales explicaciones pueden ser caracterizadas (por lo menos desde una perspectiva lógica) como meros *esbozos de explicación*. Será la discusión de las mismas la que irá haciendo emerger las leyes ahí supuestas y se posibilitará de ese modo, una mejor evaluación relativa a la efectiva existencia de los nexos causales enunciados.

La mayor dificultad que esos esbozos de explicación presentan, sea para el metodólogo que quiera analizarlos o para el científico que quiera evaluarlos, es que los mismos, por lo general, no son utilizados en forma aislada para explicar un hecho individual sino que se presentan implícitamente articulados o concatenados con el fin de describir un proceso complejo. Cabe por eso introducir una distinción, por un lado, entre la *explicación causal* de acontecimientos singulares a partir de una conjunción única de leyes y condiciones iniciales y, por otro lado, una *descripción de procesos causales* a partir de una serie de diferentes explicaciones de acontecimientos tal que el *explanandum* de la explicación precedente integre siempre las condiciones iniciales de la explicación subsecuente. En estos casos, típicos en las ciencias que, siguiendo a Popper, estamos denominando *históricas*, aun cuando no puede decirse que contamos con *una explicación única de toda* la secuencia, sí puede decirse que contamos con *una explicación específica para cada* eslabón de esa secuencia.

Incluso, en la medida en que esas explicaciones sean sólo *esbozadas* apelando a leyes tácitas, podemos correr el riesgo de no percibir que, implícitamente, se está aludiendo a un proceso nomológico-causalmente concatenado. La oposición entre explicaciones por mecanismos y explicaciones por *subsunción* (cfr. Brandon, 1990 p.160), por lo menos en lo atinente al dominio de problemas que aquí estamos tratando, puede llevarnos a pasar por alto que las primeras, aun de modo tácito, también recurren a leyes causales y pueden ser pensadas y evaluadas como *descripciones de procesos* en el sentido que aquí le damos al término. Y esto es algo que puede ocurrir, no sólo en el caso de la descripción del proceso por el cual la piedra se constituyó o del proceso o *mecanismo* por el cual

un depósito autorregulado mantiene su nivel de agua, sino que, en el dominio de la biología funcional, también puede ocurrir con la descripción de mecanismos de homeostasis o procesos de desarrollo. Estos dos últimos casos son, junto con el del funcionamiento del depósito de agua, ejemplos paradigmáticos de procesos cuyas *articulaciones* causales pueden ser explicadas en términos de causas próximas, aun cuando no tengamos una explicación semejante de cómo se constituyó la trama total de los mismos.

De hecho, todas las consideraciones formuladas en torno a la relación entre geología y física serían extensibles a la relación que la biología funcional guarda con la física y la química; la misma también puede ser entendida en términos de la diferencia entre ciencias teóricas e históricas que acabamos de proponer. Así, y en lo que atañe exclusivamente al ámbito de la biología funcional, cabe aun concordar con Smart (1963 p.52) o con Claude Bernard (Goodfield, 1987 p.114; Prochiantz, 1990 p.51), en que la misma puede, en cierta forma, ser entendida como la aplicación de leyes físico-químicas a la explicación y descripción de fenómenos y procesos específicos. Es que:

las leyes de la física y la química por sí mismas no nos dicen nada acerca de las configuraciones en que la materia *debe* ocurrir, o de los tipos de procesos complejos que *de hecho* se han de encontrar: estas leyes son todas condicionales y nos permiten deducir qué consecuencias podemos esperar si ciertos cuerpos tienen tal o cual constitución física o estructura química. Es oficio de la fisiología establecer cómo están constituidos realmente los organismos, y qué procesos se dan en ellos (Goodfield, 1987 p.139).

Empero, con base en lo que aquí hemos discutido, podemos afirmar que tanto la descripción como la explicación de esa constitución y de esos procesos supondrá la existencia de ciertos vínculos causales que pueden ser caracterizados recurriendo a una variante restringida de la noción de causación humeana (Von Wright, 1980 p.118). Es decir, se trata de una relación donde causa y efecto son lógicamente independientes entre sí y, por lo tanto, su conexión depende de la aceptación de un enunciado legaliforme relevante. Así: "Dadas una conjetura acerca de una regularidad y unas condiciones iniciales que nos permitan derivar predicciones partiendo de nuestra conjetura, podemos llamar causa [conjetura] a las condiciones y efecto [conjeturado] al evento predicho" (Popper, 1979 p.91). Es así que "la conjetura que los une con necesidad lógica constituye el nexo necesario [conjeturado] entre causa y efecto tanto tiempo buscado" (Popper, 1979 p.91).

Claro que dada esa noción de causalidad, que aquí identificamos con la de *causación próxima o inmediata*, siempre habrá de plantearse el problema relativo a lo que hemos de entender por "regularidad". Cabe, con todo,

remitirse a la noción más estricta de *ley* y afirmar que un enunciado puede ser considerado como tal en la medida en que cumpla con estos dos requisitos: (1) sea un enunciado estrictamente universal (es decir, que tenga la estructura de una predicción condicional que, no siendo reductible a una conjunción finita de enunciados singulares, sirva para justificar condicionales contrafácticos), y (2) no siendo válido *a priori*, sea compatible con la evidencia empírica disponible (cfr. Brandon, 1997 S447; Gayon, 1993 p. 37; Rosenberg, 1999 p.18).

Pero, por otra parte, dado que el único tipo de conexión causal que aquí estamos considerando es el que queda establecido por la mediación de leyes físicas, podemos agregar un tercer requisito y afirmar que:

(3) *Una ley causal debe ser formulable como una función matemática constante pero asimétrica entre dos conjuntos de magnitudes [Mx y My] tal que: (1) el valor de My puede ser considerado como resultante del valor de Mx [pero no a la inversa], y (2) el valor de Mx pueda variar o pueda ser manipulado independientemente de My, pero los cambios que de ahí resulten siempre incidan en los valores de esta última.* (cfr. Nagel, 1978 p.79; Von Wright, 1980 2.9; Elster, 1992 p.28).

Así, dados dos fenómenos (o conjuntos de fenómenos) X e Y, se puede afirmar que el primero sea causa inmediata [o la condición de existencia] del segundo, en la medida en que aceptemos: (a) la corrección de sendas descripciones de ambos que los presenten como valores registrados en dos diferentes conjuntos de magnitudes [Mx y My, respectivamente], y (b) la validez de un enunciado que cumpla los requisitos (1), (2) y (3).

De esa idea de causa, por otra parte, se deriva un ideal de explicación que puede ser entendido como una formulación estricta del modelo nomológico-deductivo que antes que en Popper o en Hempel ya encontramos en la tradición kantiana: "un fenómeno se *explica* cuando se le conoce y determina como magnitud en todos y cada uno de sus momentos y cuando su aparición puede derivarse de las leyes generales de la magnitud, así como del conocimiento de ciertas constantes que caracterizan el caso concreto" (Cassirer, 1918 p.398). Es decir: para intentar explicar cabalmente un fenómeno Y, debemos procurar un conjunto de condiciones iniciales X tal que, dado un enunciado legaliforme L como el descrito más arriba, existan sendas descripciones [Vx y Vy] de X e Y, respectivamente, que los presenten como valores adecuados para las magnitudes por L contempladas. Así, de la conjunción de L y Vx podremos inferir, o calcular, Vy y, de esa forma, tendríamos una alternativa plausible de explicación para Y.

Puede afirmarse, no obstante, que esta derivación nunca llega a realizarse plenamente: "cada caso individual y cada forma individual envuelve una complicación ilimitada" (Cassirer, 1918 p.399). Pero, aun así, la misma debe considerarse *en principio* realizable "a menos que se quiera

que el objeto de que se trata quede en absoluto fuera de los dominios de la naturaleza encuadrada dentro de la ley general de la conservación y sus corolarios" (Cassirer, 1918 p.399). Esto es, aunque nunca podamos cumplir cabalmente, en ningún caso real, con ese ideal, no por eso habremos de desconocer la exigencia de que cualquier referencia a una relación de causación inmediata entre dos conjuntos de fenómenos sea, por lo menos en principio, justificable en términos de algún enunciado nomológico aceptable. Puede decirse, incluso, que la aceptabilidad de nuestras hipótesis causales es inversamente proporcional a la distancia que nos separa de esa justificación.

Por otra parte, y tal como Popper (1980 p.61) lo apuntó, en el marco de la reflexión metodológica, en lugar de recurrir a cualquier principio metafísico o transcendental para justificar la aplicación de algún modelo de explicación, basta con aceptar una decisión o cláusula metodológica que nos conmine a procurar, por lo menos en ciertos dominios de investigación, una explicación adecuada a ese modelo para todo fenómeno ahí registrado. Es así que en el caso de la explicación nomológico-causal, esta regla metodológica podría formularse más o menos así:

Dado el registro C de un cambio M' en una magnitud Y, se debe formular y testar un conjunto de hipótesis [coherente con el cuerpo del conocimiento aceptado] tal que contenga: (1) la descripción B de otro cambio M" en otra magnitud X, y (2) la formulación de un enunciado estrictamente universal L que establezca una relación asimétrica constante entre X e Y tal que cada valor de la segunda magnitud sea considerado como resultante del valor de la primera.

Como vemos, este enunciado que, a la manera de Popper (1980 p.61), podemos considerar como una formulación metodológica del *principio de causación*, lejos de pretender ofrecernos una guía para resolver problemas científicos, lo que hace "es tornar explícito un objetivo generalizado de la investigación y formular en términos generales una condición que se exige de las premisas propuestas como explicaciones" (Nagel, 1978 p.298). Él mismo expresa, como máxima, el objetivo de obtener explicaciones deterministas en el sentido de que "dado el estado de un sistema en un instante inicial, la teoría explicativa establece lógicamente un estado único del sistema para cualquier otro instante" (Nagel, 1978 p.299). Por otra parte, dado el carácter general de esta formulación que aquí proponemos, es evidente, que, aun cuando ciertas formulaciones especiales de este principio puedan ser abandonadas por ser consideradas insostenibles a la luz de la experiencia, el mismo "no puede ser refutado por ningún experimento o serie de experimentos" (Nagel, 1978 p.298).

Es que, al ser una directiva que nos propone la búsqueda de explicaciones con características tan ampliamente delimitadas, "los repetidos fracasos en encontrar tales explicaciones para un dominio dado de hechos no constituyen un obstáculo lógico para continuar la búsqueda" (Nagel,

1978 p. 298). Con todo, sin negar la noción de *causa próxima* que aquí estamos proponiendo y aun sin negar que todo fenómeno que tiene lugar en un organismo individual debe ser pensado como posible de recibir una explicación en los términos aquí propuestos [negarlo sería incurrir en el vitalismo (Sober, 1993b p.22)], es posible que, con toda justicia, se nos quiera objetar que si esa regla es un principio generador de problemas, la misma es inadecuada o insuficiente para generar el tipo de interrogación que caracteriza a la biología funcional.

Sin duda, la explicación físico-química de los mecanismos que regulan la temperatura de un mamífero constituye un momento fundamental en el trabajo del fisiólogo, pero ya la propia caracterización de tales mecanismos como mecanismos reguladores supone una clave de análisis que va más allá de la regla metodológica que acabamos de formular. Es que, al describir un conjunto de fenómenos como partes integrantes de un mecanismo fisiológico cualquiera o como etapas de un proceso de desarrollo, estamos incurriendo en una caracterización de los mismos que puede ser definida como funcional. Es decir, se los considera, implícita o explícitamente, en virtud de, justamente, su función como agentes causales en la producción de un determinado resultado.

La biología funcional, en el sentido que aquí le damos al término, constituye, en efecto, un campo privilegiado para el ejercicio de aquello que Cummins (1975 p.193) denominó *análisis funcional*: dado el registro de una estructura o fenómeno constante, sea en el funcionamiento o sea en la constitución de un organismo individual de cierto tipo, el biólogo funcional siempre habrá de preguntarse cuál es la función o el *papel causal* (*causal role*) (Neander 1991p.327) que el mismo tiene dentro de tales procesos. Tal como Kant (1790 §66) lo había apuntado, la presunción básica de esta estrategia de análisis es que toda estructura o fenómeno cuya presencia en ese tipo de procesos reviste cierta constancia o regularidad, o bien debe tener alguna función o papel efectivo, aunque que no necesariamente imprescindible en los mismos, o bien debe ser un efecto secundario, más o menos directo, de la presencia de otras estructuras o fenómenos que sí tienen ese papel (Delsol 1985 p.138).

Así, si siguiendo a Maturana y Varela (1994 p.72), llamamos *autopoiesis* al conjunto de los procesos por medio de los cuales un organismo individual se constituye y preserva su propia organización; podemos decir que la biología funcional se rige por una regla metodológica regional específica —a la cual cabría denominar *principio de función*— según la cual:

Para todo fenómeno o estructura asociado a un proceso de autopoiesis, debe formularse una descripción tal que le podamos atribuir un papel causal (función) en dicho proceso o, en su defecto, lo podamos considerar como efecto secundario de la presencia de otro fenómeno o estructura a la que sí podamos atribuirle ese papel.

No estamos, sin embargo, frente a un principio que pueda pensarse independientemente de ese *principio de causación* que enunciamos más arriba. Su correcta interpretación exige de aquél y, en tal sentido, puede decirse que se trata de una regla subordinada: la noción de *causa* que se está suponiendo cuando se habla de *papel causal* continúa siendo la de *causa próxima* (Mayr, 1998a p.67), o si se quiere: la de *causa eficiente* o *nexus effectivus*. Se trata de una relación causal mediada por leyes físicas (Griffiths, 1993 p.437). Así, al decir que un fenómeno tiene una función en determinado proceso estamos comprometiéndonos con la tesis de que existe una descripción para el mismo que permite considerarlo como condición inicial de una explicación nomológica cuyo *explanandum* es otra secuencia de ese proceso (Ponce, 1987 p.110) y, por eso, en el dominio de la biología funcional, “la reducción de todos los acaecimientos a ecuaciones de magnitudes, la transformación del organismo en mecanismo debe retenerse[...] al menos como postulado incondicional frente a todas las barreras de nuestro saber actual” (Cassirer, 1918 p.399).

Para entender en qué sentido se atribuye una función a un fenómeno x, alcanza con saber cuál es el proceso en el cual x tendría una función. La pregunta no es “¿cuál es el efecto benéfico que x produce para E?” (donde E será siempre una estructura social, biológica o artificial), sino “¿cuál es el papel causal que x tiene en P?” (donde P es cualquier proceso posible de descripción física) (Ponce, 1987 p.107). Por eso, y contrariamente a lo que suele afirmarse (cfr. Bedau 1992), “el concepto de función no debe elucidarse, necesariamente, en términos de algún valor como utilidad o el bien respecto del sistema en el cual opera la entidad funcional” (Ponce, 1987 p.105). Cabe, por lo tanto, y en contra de las objeciones que Kitcher (1993 p.272) plantea frente a Cummins, indagar por la función que un fenómeno físico tiene en el desencadenamiento de algún otro o por la función que ciertas secuencias mutantes de ADN tienen en la formación de ciertos tumores (Griffiths, 1993 p.437). Por otra parte, y también en contra de lo que a menudo parece presuponerse (por ejemplo, Hempel, 1965 p.302), “la entidad funcional no tiene que ser un fenómeno recurrente, ni la función un efecto que se muestre con persistencia” (Ponce 1987 p.106).

Claro que una cosa es hablar del análisis funcional en general, haciendo abstracción de si nos referimos a máquinas, organismos o procesos físicos sin ninguna calificación especial, y otra cosa es examinar cuál es la forma que ese tipo de análisis cobra en un dominio determinado de investigación como puede serlo la biología funcional. En este caso, y como dijimos poco más arriba, lo que está en juego es el análisis de ciertos procesos en particular: aquellos que se integran en aquello que hemos denominado *autopoiesis*. Como afirmaba Merleau-Ponty (1953 p. 215): “todo lo que

adviene a un organismo en el laboratorio no es una realidad biológica. No se trata de hacer física en el ser viviente, sino la física del ser viviente”.

Además en el contexto de esa *física del viviente*, los fenómenos nos interesarán en tanto contribuyen a cierto resultado que, desde su planteo, nuestro análisis privilegia. La fisiología y la biología del desarrollo, en el sentido más amplio que le podamos dar a estos términos, aun cuando operen a nivel molecular, tienen un interés privilegiado en el o los procesos o procesos por los cuales se constituye, se integra, se desarrolla y mantiene el organismo individual (Goldstein, 1951 p.340). En ese contexto, preguntarse por la función de algún elemento es siempre preguntarse por el papel causal [nomológicamente mediado] que ese elemento tiene en ese proceso de autopoiesis (Maturana y Varela, 1972 p.381,1994 p.135). Esa era, por otra parte, la *teleología intraorgánica* a la que aludía Claude Bernard (1878 p.340).

Puede decirse, incluso, que como Kant lo entrevió sin la noción de organismo entendido como entidad autoconstituyente, nunca podría pasarse del puro dominio de la física al dominio de esa física de lo viviente que es la biología funcional (cfr. Kant, 1790 §66; Lebrun, 1993 p.600; Márques, 1987 p.192). Por eso, en la medida en que consideremos la noción de organismo como fundamental para generar los problemas específicos del dominio disciplinar que aquí nos ocupa, no cabe pensar al principio de función como un simple recurso heurístico. En lugar de eso, y en contra del reduccionismo a la Schaffner (1993 p.410), debemos aceptar que el mismo, pese a estar subordinado al principio de causación, posee un papel arquitectónico en la construcción de la biología funcional (Duchesneau,1997 p.147).

Con todo, insistamos, el análisis funcional no se contrapone a la explicación causal de corte físico-matemático ni la limita, sino que la supone y permite la ampliación de su efectiva área de aplicación: la teleología intraorgánica pertenece al dominio de las causas próximas (Mayr 1998a p.67; Atlan, 1999 p.15) y por ello supone la mediación de leyes físico-químicas. Nada en la biología funcional puede llevarnos a dudar que todo fenómeno orgánico físicamente registrable (esto es, capaz de interactuar con un instrumento físico de observación) sea, en tanto tal, posible de explicación físico-química, y es en ese sentido que la biología funcional puede ser considerada como totalmente reductible a la física. Sin embargo, una cosa es afirmar que todo fenómeno biológico pueda ser descrito y explicado en términos físicos, y otra cosa diferente es afirmar que todas las descripciones posibles y relevantes de un fenómeno biológico pueden ser traducidas a descripciones físico-químicas. Es que, como afirmaba Canguilhem (1965, p.12):

Que uno determine y mida la acción de tal o cual sal mineral sobre el crecimiento de un organismo, que se establezca un balance energético, que se persiga la síntesis química de tal hormona suprarrenal, que se busquen las leyes de la condición del influjo nervioso o del condicionamiento de los reflejos, ¿quién soñaría seriamente con despreciarlo? Pero todo eso es en sí mismo apenas un conocimiento biológico, en tanto que le falta la conciencia del sentido de las funciones correspondientes. El estudio biológico de la alimentación no se reduce a establecer un balance, sino en investigar en el organismo mismo el sentido de la elección que en estado libre opera en su medio para hacer sus alimentos de tales o cuales esencias, con exclusión de otras que en rigor teórico le podrían procurar unos aportes energéticos equivalentes para su conservación y crecimiento.

Pero claro, el ámbito de interrogación biológica que Canguilhem nos está pidiendo que entre en consideración es precisamente aquel que más controversias metodológicas ha generado. Nos referimos concretamente a la biología evolutiva y, en nuestra opinión, que es por otra parte la de Mayr (1985 p.43) y la de Jacob (1974 p.23), esa problematicidad obedece a que a diferencia de la biología funcional, este dominio de investigación presenta un perfil epistemológico peculiar cuya elucidación nos exige un esfuerzo de reflexión que no puede desarrollarse a partir del modelo ofrecido de las ciencias físico-matemáticas (Rosenberg, 1985 p.13; Sterelny y Griffiths, 1999 xi). La mayor dificultad presentada por la biología evolutiva frente a cualquier análisis epistemológico que asuma como punto de partida el modelo de ciencia consagrado por la física reside justamente en el carácter eminentemente teleológico (y no meramente funcional) de los por qué que definen el modo de interrogación propio de ese dominio disciplinar (Gouyon, 1998 p.43; Griffiths, 1999 p.3).

HERMENÉUTICA DE LO VIVIENTE

No es este, sin embargo, un punto de vista contrario al de Mayr, sino que se trata de una simple diferencia terminológica; para este autor, teleología siempre ha significado teleo-direccionalidad de la evolución (Mayr, 1983 p.115; 1998a p.66) y, en ese sentido, es claro que el darwinismo no deja lugar a ninguna teleología. Lo que aquí estamos queriendo rescatar es que los *por qué*s de la biología evolutiva involucran siempre, y como el propio Mayr (1998a p.93) reconoce, un interés en el *¿para qué?* de las estructuras que están siendo analizadas (Brandon, 1981 p.82; 1990 p.188; Allen *et al*, 1998 p.7; Rosenberg, 1985 p.41; Lorenz, 1981 p.51). Es justamente la teoría darwiniana de la selección natural la que nos permite adoptar esa perspectiva sin incurrir en el antropomorfismo teológico. Esta teoría nos propone una forma radicalmente nueva de preguntar —y responder— *¿por qué?*, y con ella lo que hasta Darwin estaba reservado a la reflexión

teológica, deviene asunto de ciencia (Mayr, 1985 p.52; 1998a p.53; Dennett, 1995 p.25; Lennox, 1992 p.299; 1993 p.419; Ruse, 1983 p.232; Dobzhansky *et al.*, 1980 p.499).

Es el propio darwinismo el que nos lleva a considerar los organismos no ya como sistemas físicos de alta complejidad, sino como estructuras resolutoras de problemas que, aun en el caso de una sola especie, pueden ser tan variados y heterogéneos como la alimentación, la fuga de los depredadores, el cuidado de la prole o la consecución de apareos sexuales (Maynard Smith, 1998 p.24). La teoría de la selección natural permite, no obstante, pensar esa diversidad como el desdoblamiento de un único problema fundamental: el de la supervivencia entendida no como preservación individual sino como preservación de las propias características a través de la reproducción (Monod, 1971 p.25; Jacob, 1973 p.12). Es la capacidad de resolver este último (o primer) problema (por medio de la resolución de aquellos otros que de él se derivan) lo que se llama *adaptación*.

La concepción darwinista de lo viviente se basa así en la suposición de que los perfiles de los organismos obedecen, de forma más o menos directa, no sólo a constricciones físicas, sino también a los problemas que los mismos han debido afrontar para sobrevivir (Medawar, 1969 p.39). Por eso cuando analizamos las estructuras orgánicas desde esta perspectiva, procuramos averiguar cuáles son esos problemas, mostrando también cómo es que tales estructuras están o han estado involucradas con la solución de los mismos (Williams, 1996 p.2). La presunción de que las estructuras orgánicas o bien son adaptaciones o bien están asociadas de alguna forma a estructuras que sí lo son, opera en este sentido como un supuesto que, sin estar sometido a discusión, sirve de marco y de motivación para la laboriosa reconstrucción de la trama de presiones selectivas a la que está o estuvo sometida la población en la cual una estructura orgánica se difundió y, en tanto que supuesto, esa presunción puede ser comparada con aquel *principio de función* al cual aludíamos en la sección precedente. Conviene, por lo tanto, establecer una primera, pero provisoria, formulación de eso que hemos de denominar *principio de adaptación*:

Dada la descripción (C) de una estructura orgánica Z presente en una población X, se debe formular y testar un conjunto de hipótesis tal que contenga: (a) la descripción de un conjunto de presiones selectivas Y que operan u operaron sobre X; y (b) observaciones y argumentos que muestren a Z como una respuesta adecuada para Y o, en su defecto, como efecto no seleccionado de tal respuesta.

Esta regla, que puede ser considerada como una formulación metodológica del escurridizo *principio de selección natural*, no debe entonces ser pensada como un recurso explicativo válido para responder nuestras preguntas sobre el valor adaptativo de las estructuras orgánicas, sino más bien como un principio que, generando tales preguntas y pautando

nuestras posibles respuestas para las mismas, marca el camino de la biología evolutiva. Así, del mismo modo en que presentamos al *principio de función* definiendo la explicación funcional (propia de la biología funcional) sin reforzarla o completarla, ahora presentamos al *principio de selección natural* o *principio de adaptación* definiendo la estructura del análisis darwiniano sin tampoco reforzarlo o completarlo. Afirmar que los perfiles de un ser viviente obedecen directa o indirectamente (sea por estricta *selection for* o por mera *selection of* (Sober, 1984 p. 50)) a una presión selectiva, sin especificar de qué presión selectiva se trata y sin proponer ningún criterio general para identificarlas, no constituye, por supuesto, ninguna explicación. Se trata más bien de la especificación de la forma que esa explicación (a la que podemos denominar explicación o análisis darwinista o, en todo caso, narración o análisis adaptacionista) habrá de tener:

- (A) La población P está (o estuvo) sometida a un conjunto S de presiones selectivas.
- (B) La estructura orgánica E, presente en P, constituye (o constituyó) una respuesta adecuada para S.
- (C) E se difunde (o persiste) en P.

Así, análogamente a lo que ocurre con el *principio de causación* en la explicación causal en general y con el *principio de función* en el análisis funcional en particular, el papel del *principio de adaptación* tampoco es el de explicitar una premisa tácita que nos permitiría explicar la difusión de una estructura orgánica, sino el de decirnos cuál debe ser la forma de ese tipo peculiar de explicación al que llamamos darwinista. Lejos de ayudarnos a explicar los perfiles orgánicos en términos adaptativos, el *principio de adaptación* nos dice en qué consiste esa operación y estipula qué es lo que debemos saber para poder afirmar que hemos comprendido la selección de una cierta estructura. No se trata, sin embargo, de atribuirle al *principio de selección natural* el carácter de principio trascendental o metafísico, sino simplemente de pensarlo en los términos en que, tal como vimos, Nagel y Popper, y también Morris Cohen (1931 p.142), pensaron al *principio de causación*, es decir, como una regla metodológica que define un *padrón explicativo* (Thagard, 1999 p.300).

Aunque, en última instancia, cabría también recurrir a las nociones de *presuposiciones absolutas* (Collingwood, 1940 p.34), *proposiciones paradigmáticas* (Brown, 1983 p.115) o aun *presupuesto* (Rescher, 1994 p.35), todas ellas más o menos aptas para caracterizar esos principios que, al mismo tiempo que guían la formulación de la agenda de preguntas que pauta nuestra investigación, establecen la forma que habrán de tener nuestras respuestas para las mismas; y todas ellas más claras que aquella noción de *ley esquemática* a la que vagamente recurrió Brandon (1990 p.22; 1996 p.28; 1997 S454) para explicar el carácter no empírico, aunque operativo,

del *principio de selección natural*. Por otra parte, y atendiendo a la postulación de Morris Cohen (1931 p.150) de un *principio de razón suficiente* (*todo está conectado de una forma definida con otras cosas definidas, de forma tal que su última naturaleza sólo se revela en virtud de su posición y relación dentro del sistema*) al cual estaría subordinado el propio *principio de causación*, podemos también pensar que tanto este último, así como el principio de adaptación, constituyen instancias de aquél.

Pero lo importante no es tanto saber qué es lo que estos principios son, sino saber qué hacen. En este sentido, lo importante es que, así como el *principio de función* marca el rumbo de la biología funcional definiendo la operación requerida para tornar inteligible la presencia de una estructura o la recurrencia de un fenómeno a nivel del organismo individual; el *principio de adaptación* define el tipo de *¿por qué?* que podemos dirigir a una estructura orgánica presente a nivel poblacional y, de ese modo, marca el rumbo de la biología evolutiva. Aunque, insistamos, ninguno de estos dos otros principios se propone como recurso para las operaciones con ellos asociadas: ni el principio de función completa la explicación funcional, ni el principio de adaptación refuerza la explicación darwinista.

Con todo, nuestra comparación entre ambos principios metodológicos sería engañosa si no la completásemos con claras referencias a aquello que los distingue; nos referimos a la relación que uno y otro mantienen con el propio *principio de causación*. Es que mientras el *principio de función* debe ser entendido como un principio subordinado en tanto y en cuanto decíamos que la noción de función (como *papel causal*) por él especificada suponía la noción de causación (nomológicamente mediada), cuyo uso aquél estipulaba, nada de eso ocurre con el *principio de adaptación*: el análisis darwinista de las estructuras orgánicas no constituye, en sentido estricto, un tipo especial de explicación nomológico-causal en el cual las presiones selectivas a las que está sometida una población puedan ser consideradas como *causas eficientes* o *próximas* de las estructuras adaptativas que allí se hacen presentes (Ayala, 1970 p.42).

Los hechos descritos en las premisas (A) y (B) de la estructura silogística expuesta más arriba no pueden ser presentados como causas humanas del hecho descrito por la conclusión (C), porque nuestra explicación no alude, ni siquiera tácitamente, a ningún enunciado nomológico-causal que establezca esa conexión. He ahí la diferencia fundamental e insalvable que existe entre la noción de *función* como *papel causal* (dentro de un proceso o sistema) que opera en el dominio de la biología funcional, y esa otra noción de *función* (llamada *etiológica*) que, conforme algunos autores han apuntado, opera en el dominio de la biología evolutiva (Allen *et al.*, 1998 p.4; Millikan, 1989a p.301, 1989b p.173).

Las explicaciones darwinistas de las estructuras orgánicas no nos ofrecen la descripción de un proceso causal en donde éstas tendrían una

posición y una eficacia determinadas por leyes de alguna naturaleza. Por eso, aun cuando es claro que acordemos con Brandon (1990 p.188) en su afirmación de que las explicaciones darwinistas de las adaptaciones son teleológicas, en tanto responden a preguntas *¿para qué?*, no nos parece que pueda decirse que también se trata de simples explicaciones mecánico-causales: la teleología darwinista, a diferencia de la teleología interna de la biología funcional, sin ser contraria a la causalidad mecánica, tampoco se subordina a ella.

Es cierto que cuando decimos que un determinado color en las alas de ciertas mariposas funcionó y/o funciona como un recurso mimético frente a la presión ejercida por ciertos depredadores, estamos no sólo explicitando su función adaptativa sino también describiendo o señalando el proceso mediante el cual esa estructura llegó a imponerse como recurso adaptativo. Pero decir que ese color de alas tiene un *papel causal* en el incremento relativo del éxito reproductivo de una variedad de mariposas y que en virtud de eso ha sido preservado (cfr. Sterelny y Griffiths, 1999 p.223), puede llevarnos a pasar por alto que en nuestro análisis no ofrecemos, ni podemos (pero tampoco precisamos) ofrecer, ninguna ley natural que conecte presión selectiva y respuesta como si se tratase de una relación de causa-efecto del tipo que rigen el dominio de las causas próximas. Esa es, en nuestra opinión, la mayor dificultad que presentan ciertas propuestas de unificación del concepto de *función* como aquellas esbozadas por Bigelow y Pargetter (1987), Proust (1995) y Buller (1998).

Mayr (1998a p.91) y Hull (1984 p.30) no se equivocan: la explicación por causas evolutivas es una narración histórica, y lo es en un sentido fuerte, no popperiano. Es decir, no por aplicar múltiples leyes no cuestionadas, y a menudo no formuladas, al estudio de procesos singulares como puede ocurrir con la fisiología o la geología, sino por no estructurarse con base en tales leyes. He ahí la contingencia de la evolución (Beatty, 1995 p.46; 1997 S440); aunque haya, como vimos, leyes físicas relevantes para la biología funcional (Beatty, 1995 p.47), no hay, como el propio Popper (1979 p.250) muchas veces insistió, "leyes darwinistas de la evolución"; es decir, no existe ninguna ley o conjunto de leyes que, dado el estado actual de la biosfera, nos permita predecir su evolución o estado futuro (el darwinismo no es un evolucionismo), ni hay tampoco leyes empíricas de ninguna naturaleza que permitan encadenar humeanamente los procesos evolutivos de forma tal que, dada una descripción de las presiones selectivas que actúan sobre una población, podamos predecir (con base en una ley causal que luego nos permita explicar, insistamos) cuáles serán, dentro de un conjunto determinado de alternativas, las seleccionadas (cfr. Sober, 1997 S467; Rosenberg, 1999 p.25; Bonis, 1998 p.22).

Podemos, es cierto, predecir que en una población de mariposas que habita cierta región particular y que está sometida a la depredación de una determinada especie de pájaro (cuyo comportamiento en la caza nos es conocido), una variante podrá verse beneficiada por sobre las otras debido, tal vez, a las ventajas miméticas que su color le otorga. Si el pronóstico resulta acertado, cabe citar nuestro argumento como explicación, etiológica si se quiere, de por qué esa variante fue la seleccionada. Con todo, y he ahí lo que aquí debe interesarnos, si el pronóstico resulta defraudado, no encontraremos ningún enunciado nomológico involucrado en nuestro error. Es decir, no existe ninguna ley de la biología evolutiva que diga: *Para toda población X sometida a la acción de depredadores que ubiquen visualmente a sus presas, el éxito reproductivo diferencial de los distintos miembros de X es directamente proporcional a su eficacia mimética.*

Como Brandon (1996 p.23; 1990 p.68) ha copiosamente mostrado, y como siempre ocurría con los candidatos a leyes hempelianas de la historia, cualquier enunciado de esa naturaleza que sea lo suficientemente general como para no limitarse a una narración (*travestida* de ley) del caso particular, acabará por mostrarse falso; siempre será posible encontrar un caso en que, por la interferencia de otros factores selectivos, los más vistosos fueron también los más aptos. Dos organismos con las mismas características y sometidos a las mismas presiones selectivas deben tener el mismo grado de adaptación, pero, y he ahí la conocida dificultad de pensar al principio de selección natural como un enunciado empírico (Brandon, 1990 p.13; Sober 1993b p.70; Gayon, 1993 p.56), no existe ningún procedimiento o criterio que, independientemente del análisis del caso particular, nos permita decir cuáles de esas características son adaptativamente relevantes (Margalef, 1986 p. 134).

Afirmar que todas las explicaciones darwinistas obedecen a la ley: *para toda población X existe por lo menos una presión selectiva Y tal que el éxito reproductivo diferencial de los distintos miembros de X es directamente proporcional a su capacidad de responder a Y*, podría parecer una salida. Pero sería transitar por tópicos ya muy fatigados el insistir en el hecho de que esa ley no es otra cosa que una nueva formulación del *principio de selección natural*, cuyo único mérito es poner una vez más en evidencia su carácter no empírico y, por lo tanto, ajeno a cualquier posibilidad de considerarlo como parte efectiva de una explicación nomológico-causal. El mismo, como proponíamos más arriba, no hace más que mostrar la forma de una explicación sin, por eso, integrarla, y esa explicación, insistamos, no tiene una estructura nomológico-causal.

En lugar de eso, el análisis darwinista procura establecer un vínculo del tipo solución-problema cuya elucidación nos exige una suerte de *hermenéutica de lo viviente o reverse engineering* (Dennett, 1995 p.212; Dawkins, 1995 p.14) cuya lógica es más próxima a la que conduce el análisis de un

arqueólogo o de un historiador que intenta reconstruir la finalidad de una herramienta o una máquina antigua. La pregunta, en definitiva, es la misma: *¿qué problema resolvía esa estructura?*; y, tanto en un caso como en el otro, nuestra respuesta prescinde de cualquier referencia a enunciados nomológicos que establezcan una relación causal entre *explanans* y *explanandum* del tipo que, desde Galileo en adelante, la física ha procurado (Von Wright, 1980 p.17).

El darwinismo nos hace pasar, así, de la idea galileana de necesidad a una "variedad de necesidad inevitablemente teleológica" que es aquella que está en la base del silogismo práctico aristotélico y que Kant expresó en la fórmula del imperativo hipotético: "si quieres alcanzar la meta M, entonces esto es lo que debes hacer dadas las circunstancias" (Dennett, 1995 p.129). La necesidad darwiniana, aquella a la cual el título del libro de Monod *debería* aludir es en este sentido, menos la del azar (en sentido griego) de los átomos de Demócrito, que la necesidad de la razón (Dennett, 1995 p.129) y esto último está en estrecha relación con otra dificultad relativa a la posibilidad de aproximar la noción fisiológica de *función* y la noción evolutiva de *adaptación*, que va más allá del carácter no nomológico de la explicación darwinista: la que está cifrada en la idea de *éxito reproductivo diferencial*.

La explicación darwinista no puede jamás prescindir, en efecto, de un análisis del proceso por medio del cual una característica orgánica fue seleccionada (Williams, 1966 p.263; Dawkins, 1999 p.51), y es en ese sentido que cabe hablar de una explicación etiológica. Pero ese análisis, en contra de lo que Buller (1998 p.512) piensa, no debe confundirse, sin más ni más, con una descripción del modo en que esa estructura actúa en beneficio de sus portadores o está asociada a alguna estructura que produce tales beneficios. "Una adaptación es una variante fenotípica que produce la mayor aptitud (*fitness*) entre un conjunto especificado de variantes en un ambiente dado" (Reeve y Sherman, 1993 p.1) y, por eso, la explicación darwinista debe siempre aludir a las condiciones bajo las cuales la característica positivamente seleccionada pudo resultar mejor o más ventajosa (en términos del éxito reproductivo de sus portadores) que una o más alternativas fisiológicamente viables y efectivamente presentes en una población. El análisis darwinista no explica *cómo* una estructura produce éxito reproductivo, sino que nos muestra *por qué* lo hace en mayor grado que otra.

La pregunta darwinista siempre tiene esta forma: ¿por qué (es decir, bajo la acción de qué presiones selectivas) P pudo resultar mejor que R en el contexto T? y ese es el objetivo explicativo (Thagard, 1999 p.300) de las explicaciones darwinistas. Cabe, por eso, una segunda y mejor formulación de eso que dimos en llamar *principio de adaptación*:

Dada la constatación (C) del predominio de una estructura orgánica Z' sobre otra estructura orgánica Z" en una población X, se debe formular y testar un conjunto de hipótesis tal que contenga: (A) la descripción de un conjunto de presiones selectivas Y que operan u operaron sobre X; y (B) observaciones y argumentos que muestren a Z' como una respuesta más adecuada que Z" para Y, o que, en su defecto, la muestren como efecto no seleccionado de tal respuesta.

Un vertebrado sin corazón perece, pero ese hecho no sirve para explicar el origen del corazón en términos darwinistas; en contra de lo que el primer Rosenberg (1985 p.46) sugería, las explicaciones funcionales a la *Harvey* no anticipan a las narraciones adaptacionistas a la *Darwin* (cfr. Rosenberg, 1997 p.468). Para tener una explicación darwinista de la forma más primitiva de corazón debemos fragmentar esa historia en una serie de pasos tal que cada uno de los cuales constituya una alternativa (o una opción) entre dos o más modos fisiológicamente posibles de cumplir con una determinada función (que puede ser o no semejante a aquella que ese órgano hoy posee) y mostrar bajo qué condiciones la alternativa que conducía en dirección al corazón resultaba, en ese momento, más económica, o más eficiente que su(s) posible(s) alternativa(s).

Esa es, por otra parte, la estrategia de explicación darwinista para cualquier estructura que, en un determinado momento de la historia evolutiva de una especie, cumpla una función (fisiológica) imprescindible. Características orgánicas que puedan ser calificadas como físicamente necesarias o como fisiológica o morfológicamente imprescindibles en organismos de un determinado tipo, no pueden ser objeto de narraciones adaptacionistas (Dennett, 1995 p.247; Williams, 1966 p.261) a no ser que podamos remitirnos a una instancia en donde esa necesidad se diluya. Como Julian Huxley (1943 p.39) lo supo ver, "ciertas funciones básicas como la asimilación, la reproducción y la capacidad de reacción, que son inherentes a la naturaleza de la materia viva [...] difícilmente pueden ser denominadas *adaptaciones*".

Las explicaciones selectivas suponen, como su nombre lo sugiere, cierta *opcionalidad* de los rasgos analizados, y su objetivo es poner en evidencia el *por qué* o la *raison d'être*, no ya de una elección, pero sí de la *selección* efectivamente realizada (Dennett: 1991 p.238; 1995 p.24 y p.212). Puede decirse, por eso, que las causas evolutivas que rigen la historia de las poblaciones pueden ser mejor pensadas por analogía con las razones que rigen la acción de los sistemas intencionales (Dennett, 1999 p.413) que por analogía con las causas funcionales que rigen en el interior de los organismos individuales. Las acciones, nos decía Von Mises (1957 p.17), son conductas guiadas por elecciones; las adaptaciones, podemos decir nosotros, son estructuras que obedecen a selecciones o, como se dice a menudo, son estructuras que obedecen a la selección natural (Brandon, 1990 p.40).

El darwinismo nos permite, en efecto, plantear y contestar preguntas *¿por qué?* desde una perspectiva que es, al mismo tiempo, muy próxima pero también claramente diferente de aquella que, ante cualquier acción u omisión de un agente intencional, nos hace pensar que él mismo actuó o dejó de actuar en virtud de alguna (buena) razón que podemos elucidar (Dennett, 1991 p.246). Así, ante una especie de pájaros que ponen, por lo general, cuatro huevos y no tres o cinco como los de otra especie con la cual están emparentados, el darwinismo nos lleva a pensar que debe haber alguna (buena) razón para que las cosas sean de ese modo: que para esos pájaros y dadas las condiciones en la cual viven, cuatro huevos son mejores, en cierto modo, que tres o cinco (Dennett 1991 p.247). Se sugiere, a partir de ahí, conjeturas sobre gastos de energía, probabilidad de supervivencia, escasez de comida, etcétera, que llevan a la formulación de una hipótesis contrastable, según la cual, en ese contexto local y dadas las alternativas presumiblemente disponibles, aquélla era la mejor alternativa viable (Dennett, 1991 p.247; Elster, 1989 p.16). El éxito reproductivo diferencial guarda con la explicación darwinista de las adaptaciones una relación análoga a aquella que la utilidad marginal guarda con la explicación económica de las acciones (cfr. Dawkins, 1995 p.19; Mueller, 1996 p.105; Elster, 1992 p.53; Mc Neill, 1996 141; Gayon, 1999 p.46).

Se podría objetar, sin embargo, que ambos momentos de nuestro frágil argumento dejan de considerar la posibilidad de que los fenómenos evolutivos puedan ser explicados en términos de leyes físicas si nos remitimos al nivel molecular donde, se podría pensar, esa opcionalidad a la que recién aludíamos se esfumaría del mismo modo en que se esfuma la ilusión de elección cuando nos remitimos al nivel de la fisiología cerebral. Después de todo, los organismos son estructuras moleculares y los avatares a los cuales están expuestos son también fenómenos moleculares. Podríamos suponer, incluso, que los mismos son contingentes en tanto que procesos evolutivos, aun cuando pudieran no serlo para una superinteligencia laplaceana que les considere como fenómenos físicos.

Sin embargo, esa superinteligencia, ese *Newton de la brizna de hierba*, no podría plantearse las preguntas que un biólogo darwinista se plantea cuando considera las estructuras orgánicas en términos adaptativos, y esto es así por la sencilla razón de que conceptos tales como *presión selectiva* o *adaptación* no pueden ser traducidos en términos físicos, como tampoco pueden serlo las nociones de *problema* y *solución* (Popper, 1977 p. 240). No se trata, sin embargo, de incurrir en la postulación vitalista de fuerzas o fenómenos ajenos o contrarios a las leyes físicas, sino de no pasar por alto el carácter *sobreviniente* (con relación a las propiedades físicas) de los predicados atribuidos a los organismos por la biología evolutiva, tanto en la formulación, como en la solución de sus problemas.

En general, puede decirse que un predicado P sobreviene a un conjunto de predicados físicos si se cumplen estas dos condiciones (cfr. Sober, 1993a p.48): (1) P está necesariamente presente o ausente en todos los sistemas que son físicamente idénticos entre sí, y (2) P puede estar presente en dos sistemas, aun cuando éstos no sean físicamente idénticos. Así, y como ejemplo fundamental de propiedad sobreviniente, podemos citar la *aptitud* o *eficacia adaptativa* que le atribuimos a ciertas formas orgánicas. Sober (1993a, p.48) ilustra esto con una comparación entre cebras que difieren en sus probabilidades de ser capturadas por un león (porque algunas son más rápidas que otras) y cucarachas que tienen diferentes probabilidades de ser eliminadas por DDT. En el primer caso, las bases físicas de la diferencia de aptitud pueden ser encontradas, simplificando un poco, en la arquitectura de las piernas: algunas cebras están mejor construidas para correr que otras. En el segundo caso, las bases físicas de la diferencia de aptitud podrán ser encontradas, simplificando otra vez un poco, en la constitución de los aparatos digestivos.

“Hay, una base física para el hecho de que una cebra sea más apta que otra, y hay también una base física para el hecho de que una cucaracha sea más apta que otra. Sin embargo, sería extraño que, en ambos casos, la base física fuese la misma” (Sober, 1993a p.48). No parece existir una magnitud física particular que, en todos los casos, varíe según lo haga la aptitud. Por eso, aun cuando pueda ser medida con un método uniforme, la aptitud o eficacia biológica de una forma orgánica “es cualitativamente diferente para cada organismo” (Fisher en Sober, 1993a, p.49). Mientras tanto, predicados físicos tales como la entropía o la temperatura son consideradas como poseyendo “el mismo significado para todo sistema físico” (Fisher en Sober 1993a, p.49). Por eso, aun cuando puedan existir sendas explicaciones donde se muestre cómo ciertas propiedades físicas inciden en las diferencias de aptitud existentes entre las cucarachas, y como otras lo hacen con relación a las existentes entre las cebras, nadie podría dar nunca una definición física de lo que la aptitud es. La razón de ello, como afirma Sober (1993a, p.50), “es simplemente que la aptitud no es una propiedad física”.

Notemos, además, que el universo de las posibles bases físicas de la aptitud es tan indefinido y heterogéneo como indefinido y heterogéneo es el universo de las bases físicas de los posibles problemas adaptativos (o presiones selectivas) que las diferentes poblaciones de organismos deben resolver o enfrentar. La estructura del aparato digestivo de una cucaracha puede tornarse en una base física de la aptitud, sólo porque existe un problema adaptativo como lo es el planteado por la presencia de DDT en el ambiente y, del mismo modo, el color de esa cucaracha podría tornarse en base física de la aptitud si existiese un predador que ubica visualmente a sus presas. Pero nada impide que también la arquitectura

de las extremidades de esa cucaracha se torne en una base física de su aptitud si la misma le permite un mejor comportamiento de fuga con relación a ese predador. Es decir, distintas bases físicas de la aptitud se corresponden con diferentes bases físicas de las presiones selectivas y, tal como ocurre con la aptitud, no hay tampoco ninguna propiedad física particular que, en todos los casos, varíe según lo hagan las presiones selectivas. No hay, por tanto, ningún predicado físico que nos permita dar una definición física de lo que es una presión selectiva o un problema adaptativo, y este hecho puede explicarse diciendo que, pese a sus bases físicas, las presiones selectivas (o si se prefiere, los problemas adaptativos) son entidades específicamente biológicas.

Si no existe una definición física de lo que constituya en general un problema adaptativo, tampoco puede existir una definición física de lo que pueda ser caracterizado como una solución para tales problemas. Y esto es así porque, al igual que en el caso de la aptitud, tampoco hay aquí ninguna propiedad física que cambie conforme lo hacen las soluciones a los diversos problemas adaptativos que una especie debe afrontar. Cabe afirmar, por lo tanto, que cuando caracterizamos una estructura orgánica como una solución a un problema adaptativo, la describimos en virtud de propiedades sobrevinientes con relación a sus predicados físicos, y aquí, no estamos diciendo nada diferente de lo que dijimos cuando caracterizamos a la aptitud como una propiedad de esa misma naturaleza: ser apto no es más que ser adecuado a la solución de un problema particular.

Así, y en respuesta a la posible objeción planteada con base en la postulación de posibles explicaciones moleculares de los fenómenos evolutivos, debemos apuntar que para que esto último sea posible tendría que existir alguna correlación sistemática entre fenómenos identificados en términos darwinistas y fenómenos identificados en términos moleculares. Aun cuando esto fuese tan complejo como el modo en que la fisiología de los organismos individuales está conectada con los fenómenos de la física, esa correlación tendría que existir, es decir, tendrían que existir *principios puente* entre las leyes de nivel superior y las descripciones de los fenómenos de nivel inferior.

Sin embargo, y dado que, según vimos, los fenómenos cuyo estudio es específico de la biología evolutiva están definidos en gran parte en términos de predicados sobrevinientes a los predicados estrictamente físicos, categorías tales como *problema adaptativo* o *adaptación* resultan físicamente abiertas, es decir, no hay, estrictamente hablando, ningún límite físico para lo que pueda considerarse como *mimetismo*, *relación depredador-presa*, *comportamiento gregario*, *ritual de cortejo* o *parasitismo*. No puede haber así ningún *principio puente* entre los predicados darwinistas y los predicados físicos y, por esta razón, tampoco hay traducción sistemática de un discurso al otro, ni siquiera con base en el tipo de principios-puente

disyuntivos más o menos laxos que cabe esperar en el caso de la traducción del lenguaje de la fisiología y la física. Lo que es válido en el caso de la relación entre biología evolutiva y física se traslada también a la relación entre biología evolutiva (de las poblaciones, claro) y fisiología (del organismo individual, por supuesto). Esta última relación, en realidad, no es más que una parte de aquélla.

CONCLUSIÓN

Es de notar, sin embargo, que “la sobrevivencia (*supervenience*) de la aptitud y de otras propiedades evolutivas explica por qué la biología evolucionista es opuesta al vitalismo sin por eso ser reducible a cualquier teoría física” (Sober, 1993a, p.49). El vitalismo sostiene, en efecto, que además de todas las propiedades físicas (incluidas las relacionales) que un organismo puede poseer, existe algo más: eso que algunos llaman *elan vital*. Este elemento, se supone, impregna la materia orgánica y la transforma en una entidad biológica. Así, si ese elemento existiese, sería posible que dos sistemas físicos idénticos difirieran en sus propiedades biológicas. Un sistema podría tener ese *elan vital* mientras el otro podría no tenerlo.

Como la idea de sobrevivencia es coherente con la doctrina fiscalista, fundamental para la biología funcional, de que *no hay diferencia sin diferencia física*, el reconocimiento, en el contexto de la biología evolutiva, de propiedades sobrevivientes no implica una rehabilitación del vitalismo (Sober, 1993a, p.49), que, a su vez, nos llevaría a imaginar un conflicto de hecho inexistente entre ambos dominios de la biología. Claro que ausencia de conflicto no significa complementariedad; la explicación darwiniana por causas evolutivas es una operación independiente y no auxiliar de la explicación causal-funcional [molecular o fisiológica] de los fenómenos orgánicos.

Cuando dejamos de considerar un rasgo anatómico, fisiológico o etológico como mero fenómeno bioquímico o como simple reacción hormonal o neuronal que deba ser nomológico-causalmente explicado, y comenzamos a pensarlo como una estructura adaptativa resolutora de problemas, ese cambio no obedece, en contra de lo que Rosenberg (1994 p.102; 1999 p.28) afirma, a la desproporción entre la complejidad de los fenómenos en análisis y a las limitaciones de nuestro aparato cognitivo, sino a un cambio en nuestro objetivo explicativo. Lo que queremos preguntar, lo que queremos saber ya no es lo mismo y, tal como lo ha sugerido en una feliz imagen Daniel Delouya (1994 p.53), una explicación molecular completa y aun *laplaceanamente* satisfactoria de los fenómenos orgánicos que ocurren al nivel poblacional estudiados por la biología evolutiva, podría dejar tantas preguntas interesantes sin responder como lo haría un análisis físico del funcionamiento y las trayectorias de los ómnibuses que unen Campinas a São Paulo con relación a nuestras posibles preguntas sobre el

modo de funcionamiento de un sistema público de transportes. La más completa y poderosa *física de lo viviente* no podría jamás relevarnos de su *hermenéutica*.

Este artículo es producto del trabajo de investigación realizado en el equipo RHESEIS (CNRS-PARIS VII) de septiembre de 1999 a agosto de 2000 y financiado con una beca de posdoctorado de la Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nivel Superior [CAPES] del Brasil.

BIBLIOGRAFÍA

- Admudson, R. & Lauder G. (1994), "Function without purpose," in Allen, C. et al., 1998, pp. 335-370.
- Allen, C. & Bekoff, M. (1995), "Biological function, adaptation, and natural design," in Allen, C. et al., 1998, pp. 571-588.
- Allen, C./ Bekoff, M./ Lauder G. (eds.) (1998), *Nature's Purposes: Analysis of Function and Design in Biology*. Cambridge: MIT Press.
- Allen, C./ Bekoff, M./ Lauder G. (1998), "Introduction" to Allen, C. et al., 1998, pp. 1-26.
- Atlan, H. (1999), *La fin du 'tout génétique'?*. Paris: INRA Editions.
- Ayala, F. (1970), "Teleological Explanations in Evolutionary Biology," in Allen, C. et al., 1998, pp. 29-50.
- Bedau, M. (1992), "Where's the good in teleology?," in Allen, C. et al., 1998, pp. 261-292.
- Beatty, J. (1995), "The evolutionary contingency thesis," in Lennox J. & Wolters G. (eds.), *Concepts, Theory and Rationality in the Biological Sciences*. Konstanz: Pittsburgh University Press, pp. 45-81.
- Beatty, J. (1997), "Why do biologists argue like they do?" *Philosophy of Science* 64 (Proceedings): S433-S443.
- Bernard, C. (1865-1984), *Introduction a l'étude de la médecine expérimentale*. Paris: Flammarion.
- Bernard, C. (1878-1966), *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*. Paris: Vrin.
- Bertalanffy, L. (1974), *Robots, hombres y mentes*. Madrid: Guadarrama.
- Bertalanffy, L. (1976), *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bigelow J. & Pargetter R. (1987), "Functions," in Allen, C. et al., 1998, pp. 241-260.
- Bonis, L. (1998), "Contingence et nécessité dans l'histoire de la vie," in Guyader, H., 1998, 25-35.
- Brandon, R. (1981), "Biological teleology: questions and explanation," in Allen, C. et al., 1998, pp. 79-98.
- Brandon, R. (1990), *Adaptation and Environment*. Princeton: Princeton University Press.
- Brandon, R. (1996), *Concepts and Methods in Evolutionary Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brandon, R. (1997), "Does biology have laws?," *Philosophy of Science* 64 (Proceedings): S444-S457.
- Brown, H. (1983), *La nueva filosofía de la ciencia*. Madrid: Tecnos.
- Buller, D. (1998), "Etiological theories of function: a geographical survey". *Biology & Philosophy* 13: 505-527.
- Canguilhem, G. (1965), *La connaissance de la vie*. Paris: Vrin.
- Cassirer, E. (1918-1967), *Kant: vida y doctrina*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Collingwood, R. (1940), *An Essay on Metaphysics*. Oxford: Oxford at the Clarendon Press.
- Collins, F. & Jegalian, K. (2000), "Le code de la vie déchiffré," *Pour la Science* 267: 46-51.
- Cohen, M. (1931-1959), *Reason and Nature*. New York: Dover Publications.
- Cummins, R. (1975), "Functional Analysis," in Allen, C. et al., 1998, pp. 169-196.

- Darwin, C. (1859), *On the Origin of Species*. A facsimile of the first edition. Cambridge: Harvard University Press, 1995.
- Dawkins, R. (1995), *God's Utility Function*. London: Phoenix.
- Dawkins, R. (1999), *The Extended Phenotype* [with an afterword of D. Dennett]. Oxford: Oxford University Press.
- Delouya, D. (1994), "A filosofia da biologia à luz da biologia molecular: resolveu-se o mistério?". *Cadernos de Historia e Filosofia da Ciência* S. 3, 4 (1): 51-59.
- Delsol, M. (1989), *Cause, loi, hasard en biologie*. Paris: Vrin.
- Dennett, D. (199), *La actitud intencional*. Barcelona: Gedisa.
- Dennett, D. (1995), *Darwin's Dangerous Idea*. London: Penguin.
- Dennett, D. (1999), "Intentional Stance," in Wilson R. & Keil F., 1999, pp. 412-413.
- Dobzhansky T., Ayala, F., Stebbins, L., Valentine, J. (1980), *Evolución*. Barcelona: Omega
- Duchesneau, F. (1997), *Philosophie de la biologie*. Paris: PUF.
- Eldredge, N. (1995), *Reinventing Darwin*. London: Phoenix.
- Elster, J. (1989), *Ulises y las sirenas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Elster, J. (1992), *El cambio tecnológico*. Barcelona: Gedisa.
- Gayon, J. (1993), "La biologie entre loi et histoire", *Philosophie* 38: 30-57.
- Gayon, J (1999), "Darwinisme et économie", *Magazine Littéraire* 374 (mars 1999): 45-48.
- Godfrey-Smith, P. (1993), "Functions: consensus without unity," in Hull D. & Ruse M., 1998, pp. 280-292.
- Godfrey-Smith, P. (1994), "A modern history theory of functions," in Allen, C. et al., 1998, pp. 453-478.
- Goldstein, K. (1951-1983), *La structure de L'organisme*. Paris: Gallimard.
- Goodfield, J. (1987), *El desarrollo de la fisiología científica*. México: UNAM.
- Gouyon, P. (1998), "Le finalisme revisité", in Guyader, H., 1998, pp. 40-43.
- Griffiths, P. (1993), "Functional analysis and proper functions," in Allen, C. et al., 1998, pp. 435-452.
- Griffiths, P. (1999), "Adaptation and adaptationism," in Wilson R. & Keil F., 1999, pp. 3-4.
- Guyader, H. (ed.) (1998), *L'évolution*. Paris: Bibliothèque Pour la Science.
- Hayek, L. (1968), "La competencia como procedimiento de descubrimiento," in Hayek L. 1981, *Nuevos estudios*. Buenos Aires: EUDEBA.
- Hempel, C. (1965-1978), *La explicación científica*. Buenos Aires: Paidós.
- Hull, D. (1984), "Historical entities and historical narratives," in Hookway, C. (1986-eds.), *Minds, Machines and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 25-37.
- Hull D. & Ruse M. (eds.) (1998), *The Philosophy of Biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Huxley, J. (1943-1965), *Evolución: la nueva síntesis*. Buenos Aires: Losada.
- Jacob, F. (1973), *La lógica de lo viviente*. Barcelona: Laia.
- Jacob, F. (1974), *Évolution et réalisme*. Paris: Payot.
- Jacob, F. (1981), *Le jeu des possibles*. Paris: Fayard.
- Kant, E. (1790-1992), *Crítica de la facultad de juzgar*. Caracas: Monte Avila
- Kettlewell, H. (1956), "A résumé of investigations on the evolution of melanism in the Lepidoptera", *Proc. of the Royal Society of London* B-145: 297-303.
- Kitcher, P. (1993), "Function and design," in Hull D. & Ruse M., 1998, pp. 258-279.
- Laudan, L. (1977), *Progress and its Problems*. Berkeley: University of California Press.

- Lebrun, G. (1993), *Kant e o fim da metafísica*. São Paulo: Martin Fontes.
- Lennox, J. (1993), "Darwin was a teleologist?". *Biology & Philosophy* VIII: 409-421.
- Lennox, J. (1992), "Philosophy of Biology," in *Introduction to the Philosophy of Science*. New Jersey: Prentice Hall, pp. 268-308.
- Lorenz, K. (1981-1993), *Os fundamentos da etologia*. São Paulo: UNESP.
- Margalef, R. (1986), "Variaciones sobre el tema de la selección natural," in Wagensberg, J. (1986-ed.), *Proceso al Azar*. Barcelona: Tusquets, pp. 129-140.
- Marques, A. (1987), *Organismo e sistema em Kant*. Presença: Lisboa.
- Maturana, H.; Varela F. (1972), "Mechanism and biological explanation", *Philosophy of Science* 39: 378-382.
- Maturana, H., Varela F. (1995), *De máquinas y seres vivos*. Santiago de Chile: Ed. Universitaria.
- Maynard Smith, J. (1998), *Shaping Life: Genes, Embryos and Evolution*. London: Weidenfeld & Nicholson.
- Mayr, E. (1961), "Cause and Effect in Biology," in Mayr, E., 1976, pp. 357-358.
- Mayr, E. (1976), *Evolution and the Diversity of Life*. Cambridge: Harvard University Press.
- Mayr, E. (1980), "Some thoughts on the history of the evolutionary synthesis," prologue to Mayr E. & Provine W. (1998-eds.), *The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification of Biology*. Cambridge: Harvard University Press, pp. 1-50.
- Mayr, E. (1983), "The concept of finality in Darwin and after Darwin." *Scientia* 118: 97-117.
- Mayr, E. (1985), "How biology differs from the physical sciences," in Depew D. & Weber B. (1985- eds), *Evolution at a Crossroads*. Cambridge: MIT Press, pp. 43-63.
- Mayr, E. (1998a), *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Mayr, E. (1998b), *Así es la biología*. Madrid: Debate.
- Mc Neill, Alexander, R. (1996), *Optima for Animals*. Princeton: Princeton University Press.
- Medawar, P. (1969), *El arte de lo soluble*. Caracas: Monte Ávila.
- Merleau-Ponty, M. (1953-1976), *La estructura del comportamiento*. Buenos Aires: Hachette.
- Millikan, R. (1989a), "In defense of proper functions," in Allen, C. et al., 1998, pp. 295-312.
- Millikan, R. (1989b), "An ambiguity in the notion function," *Biology & Philosophy* 4: 172-176.
- Mises, L. (1957-1975), *Teoría e historia*. Madrid: Unión.
- Monod, J. (1971), *El azar y la necesidad*. Barcelona: Monte Ávila.
- Mueller, U. (1996), "Evolutionary explanations from philosophy of science point of view," in Hegselmann R. et al. (1996-eds.), *Modelling and Simulation in the Social Sciences From the Philosophy of Science Point of View*. Dordrecht: Kluwer 103-130.
- Nagel, E. (1978), *La estructura de la ciencia*. Buenos Aires: Paidós.
- Neadar, K. (1991), "Functions as selected effects," in Allen, C. et al., 1998, pp. 313-334.
- Pichot, A. (1987), "The strange object of biology". *Fundamenta Scientiae* 8: 9-30.
- Pichot, A. (1993), *Histoire de la notion de vie*. Paris: Gallimard.
- Pichot, A. (1999), *Histoire de la notion de gène*. Paris: Flammarion.
- Ponce, M. (1987), *La explicación teleológica*. México: UNAM.

- Popper, K. (1944), *The Poverty of Historicism*. Routledge: London.
- Popper, K. (1977), *Búsqueda sin término*. Madrid: Tecnos.
- Popper, K. (1979), *Objective Knowledge*. Oxford: Clarendon Press.
- Prochiantz, A. (1990), *Claude Bernard: la révolution physiologique*. Paris: PUF.
- Proust, J. (1995), "Fonction et causalité." *Intellectica* 21: 81-113.
- Reeve H. & Sherman P. (1993), "Adaptation and the goals of evolutionary success," *Quarterly Review of Biology* 68: 1-32.
- Rescher, N. (1994), *Los límites de la ciencia*. Madrid: Tecnos.
- Rice, W. & Hostert, E. (1993), "Laboratory experiments on speciation: What have we learned in 40 years?", *Evolution* 47: 1637-1653.
- Rosenberg, A. (1985), *The Structure of Biological Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rosenberg, A. (1994-1997), *Instrumental Biology*. Chicago: The Univ. of Chicago Press.
- Rosenberg, A. (1997), "Reductionism redux: computing the embryo," *Biology & Philosophy* 12: 445-470.
- Rosenberg, A. (1999), "Les limites de la connaissance biologique". *Annales d'Histoire et Philosophie du Vivant* 2: 15-34.
- Rosenblueth A., Wiener N., Bigelow J. (1943), "Behaviour, Purpose and Teleology." *Philosophy of Science* 10: 43-50.
- Schaffner, K. (1993), *Discovery and Explanation in Biology and Medicine*. Chicago: University of Chicago Press.
- Smart, J. (1963), *Philosophy and Scientific Realism*. London: Routledge & Kegan.
- Sterelny, K. (1999), "Evolution," in Wilson R. & Keil F., 1999, 290-292.
- Sterelny, K. & Griffiths P. (1999), *Sex and Death*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ruse, M. (1983), *La revolución darwinista*. Madrid: Alianza.
- Sober E. (1984), "Force and disposition in evolutionary biology," in Hookway, C. (1986-eds.), *Minds, Machines and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 44-62.
- Sober, E. (1993a), *The Nature of Selection*. Chicago: The Univ. of Chicago Press.
- Sober, E. (1993b), *Philosophy of Biology*. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Sober, E. (1997), "Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of Biology." *Philosophy of Science* 64 Proceedings: S458-S467.
- Thagard, P. (1999), "Explanation," in Wilson R. & Keil F., 1999, pp. 300-301.
- Von Wright, H. (1980), *Explicación y comprensión*. Madrid: Alianza.
- Williams, G. (1966-1996), *Adaptation and Natural Selection*. Princeton: Princeton University Press.
- Williams, G. (1996), *Plan and Purpose in Nature*. Phoenix: London.
- Wilson, R. & Keil F. (eds.) (1999), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. Cambridge: MIT Press.
- Wright, L. (1972), "Explanation and teleology." *Philosophy of Science* 39: 204-218.
- Wright, L. (1973), "Functions," in Allen, C. et al., 1998, pp. 51-78.

RESUMEN

Ernst Mayr siempre ha insistido en presentarnos las ciencias de la vida divididas en dos dominios generales de indagación: la *biología funcional*, ocupada en estudiar experimentalmente las *causas próximas* que, actuando a nivel del organismo individual, nos explican el *cómo* de los fenómenos vitales; y la *biología evolutiva*, ocupada en reconstruir, por métodos comparativos e inferencias históricas, las *causas últimas o remotas* que, actuando a nivel poblacional, nos explicarían el *por qué* de tales fenómenos. Aceptando esa distinción, en este artículo nos permitimos sugerir que cada uno de esos dominios de indagación puede ser pensado como obedeciendo a una máxima metodológica distinta; cada una de las cuales, diremos, establece un modo específico de interrogar lo viviente.

Aludiremos así a un *principio de función*, que regiría a la *biología funcional*, y a un *principio de adaptación*, que haría lo suyo con la *biología evolutiva*. La idea es que estas máximas, al definir un *tipo de interrogación* o un *objetivo explicativo* para cada ámbito de indagación, establecen también el *modelo* o *patrón* de explicación que operará como respuesta adecuada al tipo de pregunta que, en uno y otro campo, se formulen: el *principio de función* da lugar a eso que se da en llamar *explicación* o *análisis funcional*, y el *principio de adaptación* da lugar a eso que, en ocasiones, ha sido denominado *explicación selectiva*.

El contraste entre estos modelos explicativos nos permitirá pensar, no sólo la diferencia existente entre lo que Mayr denomina *causas próximas* y *causas remotas*, sino también la diferencia que existe entre la noción de *función* [fisiológica], propia de la *biología funcional*, y la noción de *función* [adaptativa] propia de la *biología evolutiva*. Será por eso que, asumiendo parcialmente una posición ciertamente muy difundida, sostendremos que, mientras la *biología funcional* se caracteriza por un análisis causal, en donde se supone una noción de *función* afín a la propuesta por Cummins, la *biología evolutiva* pone en acto una noción diferente y que, sin duda, es por lo menos próxima de aquella propuesta por Wright.

No concluiremos, sin embargo, que ambos *principios* poseen el mismo estatuto epistemológico; conforme a nuestro análisis, sólo uno de ellos, el de *adaptación*, posee un estatuto análogo al *principio de causación*; el otro, el de *función*, será pensado como subordinado a este último. Y esa diferencia, que está estrechamente vinculada con las distintas formas de *teleología* que, esperamos poder mostrar, se presuponen en uno y otro dominio de la biología, podrá servirnos también para hacernos una idea del diferente grado de autonomía que *biología evolutiva* y *biología funcional* guardan con relación a la física y a la química.

ABSTRACT

HOW AND WHY OF THE LIVING

Ernst Mayr has always insisted in presenting the sciences of life divided into two general dominions of inquiry: *functional biology*, devoted to study experimentally the *proximate causes* which, acting at the level of the individual organism, explain the *how* of vital phenomena; and *evolutionary biology*, which intends to reconstruct, through comparative methods and historical inferences, the *ultimate* or *remote causes* that, acting at the population level, would explain the *why* of such phenomena. Admitting such distinction, the author nonetheless takes the liberty to suggest that these two dominions of inquiry may be thought of as following two different methodological maxims, each one of which, it will be stated, establishes a different mode to question the living.

Thus, we will refer to a *function principle*, which would rule over *functional biology*, and an *adaptation principle* governing *evolutionary biology*. The idea is that, by defining a *type of questioning* or an *explanatory aim* for each sphere of inquiry, these maxims also establish the *model* or *pattern* of explanation that will operate as the correct answer to the type of question put forward in either sphere: the *function principle* gives rise to that which is often called *functional explanation* or *analysis*, and the *adaptation principle* gives rise to that which has sometimes been called *selective explanation*.

The contrast between these two explanatory models will allow us to grasp not only the difference existing between what Mayr calls *proximate causes* and *ultimate causes*, but also the existing difference between the notion of [*physiological*] *function*, inherent to *functional biology*, and the notion of [*adaptive*] *function*, inherent to *evolutionary biology*. Thus, partially adopting a doubtless widely-spread posture, we will state that, whereas the core feature of *functional biology* is causal analysis, in which a notion of *function* akin to that proposed by Cummins is assumed, *evolutionary biology* involves a different notion that, no doubt, is at least kindred to the one proposed by Wright.

Nonetheless, the author will not conclude that both *principles* have the same epistemological statute; based on our analysis, only one of them, the *adaptation principle*, has a statute analogous to the *principle of causation*; the other one, the *function principle*, will be thought of as a subordinate to the latter. And such difference, closely linked to the different forms of *teleology* that, as we hope to demonstrate, are presupposed in either dominion of biology, may also be useful to recognize the different degree of autonomy that *evolutionary biology* and *functional biology* have in regard to *physics* and *chemistry*.