

XVIII. EL PROBLEMA DEL REDUCCIONISMO EN BIOLOGÍA: TENDENCIAS Y DEBATES ACTUALES

EDNA SUÁREZ Y SERGIO F. MARTÍNEZ

INTRODUCCIÓN

EL PROBLEMA del reduccionismo ocupa un lugar central en la filosofía de la ciencia y en especial en la filosofía de la biología. El problema tiene hondas raíces en la concepción científica moderna y puede decirse, sin temor a exagerar, que constituye un aspecto medular en la constitución de la biología como ciencia. Ahora bien, como todos los problemas centrales en filosofía, se trata de un problema complejo y multifacético que no podemos enfrentar desde una sola perspectiva. A grandes rasgos, tal y como se entiende hoy en día, el problema del reduccionismo consiste en elucidar la relación epistemológicamente significativa entre las diferentes áreas del conocimiento científico. Sin embargo, esta caracterización general del reduccionismo se enriquece si consideramos, así sea brevemente, la historia del problema y de sus diversas implicaciones en los debates de la biología actual.

La ciencia moderna tiene su origen en el siglo XVII, en una cierta concepción del conocimiento que abstrae algunos rasgos distintivos del concepto de máquina, que por entonces comenzaba a jugar un papel central en diferentes aspectos de la vida humana. En la concepción mecanicista que se desarrolla en el siglo XVII se asume que el comportamiento de una máquina está totalmente determinado por leyes mecánicas. El reloj mecánico, que se desarrolla en estos siglos y a cuyo perfeccionamiento contribuyen muchos de los grandes filósofos naturales de la época, es el paradigma de lo que entonces se considera una máquina. Desde esa perspectiva, una explicación científica consiste básicamente en entender un fenómeno como el resultado de un proceso mecánico, esto es, como el resultado de la aplicación de leyes mecánicas que determinan el comportamiento de la materia inerte. Así, para Descartes, las leyes mecánicas actúan sobre la materia incapaz de autorganizarse espontáneamente, de la misma manera en que un mecanismo de relojería determina el movimiento de las agujas de un reloj. Más aún, Descartes piensa que ese modelo sirve para explicar el comportamiento de los seres vivos, con lo cual se inicia la discusión entre mecanicistas y vitalistas y, en general, el problema del reduccionismo.

En efecto, como es obvio que todo ser vivo tiene la capacidad de reproducirse (esto es, de autorganizarse), y que además no es predecible en el sentido en que un reloj es predecible, se hizo necesario desarrollar un concepto de máquina apropiado para explicar los procesos biológicos. La respuesta de Descartes consistió en sostener que en analogía con la idea de máquina como instrumento de fabricación humana, era necesario asumir que Dios o algún alma estaban detrás de todo aquello que, si bien tenía un carácter mecánico, se autorganizaba y no era predecible.

Ahora bien, la idea cartesiana de que la naturaleza es una máquina o mecanismo permite ver a la ciencia como un conocimiento que no está restringido a ciertas áreas de la experiencia, como la astronomía o más en general la física, sino como una sistematización del conocimiento de toda nuestra experiencia. Esto genera una tensión entre aquellos filósofos naturales que están dispuestos a aceptar esta concepción del conocimiento y los que no. A estos últimos se les conoce como "organicistas" o "vitalistas".

La concepción vitalista (al igual que la mecanicista) abarcaba en los siglos XVII y XVIII un amplio rango de posturas. En general los vitalistas sostenían que para explicar los procesos y fenómenos biológicos era necesario recurrir a conceptos y métodos específicos, lo que en ese contexto básicamente quería decir que métodos y conceptos no podían restringirse a los de la mecánica. Uno de los conceptos a los que se debía recurrir era el de *fuerza vital*, una fuerza que actuaba específicamente sobre la materia orgánica. Ahora bien, la noción de fuerza vital no necesariamente hacía antimaterialistas a los vitalistas, pues para muchos de ellos esa fuerza tenía un carácter material y poseía un estatus similar al de la fuerza de la gravedad. En efecto, los vitalistas sostenían que al igual que con la gravedad newtoniana, solamente podíamos tener pruebas de las manifestaciones de tal fuerza (en este caso procesos biológicos), pero no de "la fuerza en sí".

Es importante señalar, sin embargo, que los vitalistas no estaban peleados con la concepción moderna de la ciencia y que el debate entre mecanicistas y vitalistas no puede interpretarse como una discusión entre científicos y anticientíficos. Más aún, el vitalismo puede verse como una postura que a lo largo de la historia ha contribuido de manera importante a marcar los límites del mecanicismo y de esta manera lo ha obligado a desarrollar mejores argumentos y caracterizaciones de lo que es un *mecanismo*. La biología, tal y como la concebimos actualmente, sería impensable sin la fructífera y compleja interacción de ambas posturas, tal y como lo han hecho ver Canguilhem (1976) y más recientemente Lenoir (1982).

Así pues, una manera de ver la discusión entre vitalistas y mecanicis-

tas es como una discusión respecto al alcance o los límites de las explicaciones mecanicistas. Los vitalistas piensan que incluso si se acepta que los animales son máquinas, lo importante es reconocer que esas máquinas no son explicables en términos de leyes puramente mecánicas y no teleológicas. Los mecanicistas sostienen, en cambio, que en la medida en que una explicación en biología es inteligible y epistemológicamente no problemática, la explicación sólo puede recurrir en última instancia a leyes mecánicas. De hecho, es importante reconocer que el surgimiento de la biología como ciencia autónoma en el siglo XIX se encuentra íntimamente ligado con el reconocimiento de un concepto de máquina más amplio que el que era común en el siglo XVII y aún en el XVIII.

En el siglo XIX se establece un nuevo concepto de máquina y de mecanicismo que incorpora las leyes de la conservación y la disipación de la energía. Es cuando comienza a ser tomado en serio el proyecto mecanicista en biología. El paradigma de máquina del siglo XIX ya no es el reloj sino la máquina de vapor. Así, a mediados del siglo XIX es posible pensar en los organismos como máquinas, pero en un sentido extendido; esto es, no meramente como dispositivos que transmiten o transfieren fuerza o energía (en el sentido usual del siglo XVII) sino como transformadores de energía, como dispositivos capaces de transformar un tipo de energía en otro. En parte, se debe a estos avances que la idea de fuerza vital vaya perdiendo fuerza en la segunda mitad del siglo XIX. En efecto, conforme se desarrolla un mecanicismo más adecuado para explicar algunos procesos biológicos, la idea de que existe una fuerza que actúa solamente sobre la materia orgánica va perdiendo definitivamente su poder explicativo. Como puede verse en la breve historia del problema que hemos presentado, la cuestión del reduccionismo está íntimamente ligada tanto al problema de qué es una explicación científica, como al problema de cuál es la metodología apropiada en la ciencia y en la biología en particular. Por supuesto, el problema puede formularse de maneras muy diversas, tratando de tomar en cuenta, y de separar en lo posible, sus diferentes aspectos.¹ Es más, en la actualidad el problema del reduccionismo se ha diversificado a tal grado que puede decirse que consiste en una fa-

¹ Al respecto es importante una advertencia. Una de las maneras en que puede discutirse sobre reduccionismo (especialmente en biología) es refiriéndose a sus connotaciones ideológicas. Un ejemplo muy actual de este tipo de discusión gira en torno a las implicaciones del Proyecto Genoma Humano (PGH). Los *antirreduccionistas* atacan, entre otras cosas, la idea de que este proyecto, que consiste en determinar las secuencias nucleotídicas del genoma del ser humano, permitirá solucionar innumerables problemas médicos o de salud. Según los antirreduccionistas, la convicción "triumfalista" (Callebaut, 1993) de quienes apoyan el PGH tiene serias implicaciones ideológicas pues, por un lado, mediante ella se pretende simplificar ("reducir", en este sentido) la solución de un complejo problema biológico-social (las enfermedades) a una solución "meramente" científica. Y, por otro lado,

milia de problemas más o menos relacionados. Sin embargo, en esa familia de problemas y de debates en las últimas dos décadas se aprecia una tendencia general, caracterizada por la creciente inquietud de los filósofos por aproximar sus caracterizaciones del reduccionismo al tipo de explicaciones y decisiones que construyen los científicos en un contexto o tradición científica dada.

Ahora bien, antes de pasar a la discusión actual sobre reduccionismo, resulta conveniente hacer un último señalamiento que nos será útil al presentar las distintas posturas. La búsqueda de los filósofos por aproximar sus modelos y caracterizaciones a los diferentes tipos de explicaciones y estrategias científicas, así como el reconocimiento de la complejidad y diversidad de los problemas que giran en torno a la reducción, ha requerido desarrollar y utilizar mejores clasificaciones del problema del reduccionismo. Una clasificación muy utilizada es la de Mayr (1982). Según él, el término "reduccionismo" en biología se utiliza al menos en tres sentidos: reduccionismo constitutivo, reduccionismo explicativo y reduccionismo teórico. Según Mayr, el primero no es problemático para los científicos del siglo XX; se refiere a que la composición material de los organismos es la misma que la de la materia inorgánica. El segundo sentido se refiere a la explicación de un todo en términos de sus partes. El tercero se refiere a la relación deducción/explicación de una teoría por otra. Esta clasificación ha sido utilizada entre otros por Ayala (1989), y se encuentra implícita —como veremos— en el artículo que se presenta en esta antología. Sarkar (1992) también se ha apoyado en la clasificación de Mayr para delimitar diferentes categorías de modelos de reducción propuestos en las últimas décadas; siguiendo básicamente a este autor, en las siguientes secciones hablaremos de los modelos de reduccionismo como *modelos de reduccionismo teórico, explicativo y constitutivo*. Más que adentrarnos en la caracterización de esas categorías, intentaremos ilustrarlas con casos y propuestas específicas. Podemos adelantar, sin embargo, que el desarrollo de modelos de *reducción teórica* en biología ha ido aparejado a la crítica del modelo clásico de Ernst Nagel (1961) y, en especial, al desenvolvimiento de una discusión concreta: la posibilidad de reducir la genética clásica a la biología molecular. Por otro lado, el desarrollo de modelos de *reducción explicativa* se ha relacionado con el

se pretende que el solo conocimiento de las secuencias nucleotídicas permitirá explicar los complejos procesos biológicos del desarrollo de una enfermedad. Mientras que el primer tipo de objeción al reduccionismo no se discute en este trabajo, la segunda sí tiene importancia para el tipo de cuestiones que nos interesan en una discusión filosófica del reduccionismo. Si bien en este artículo no nos abocaremos a discutir sobre los aspectos ideológicos del reduccionismo, es claro que muchos de los debates concretos en torno a la reducción en biología pueden tener implicaciones de este tipo.

reconocimiento de que en la historia de la biología existen una gran diversidad de tipos de explicación y de estrategias de investigación.

LA REDUCCIÓN ENTRE TEORÍAS. EL MODELO CLÁSICO DE NAGEL

En nuestro siglo el tema del reduccionismo empezó a examinarse explícitamente en el seno de una filosofía de la ciencia lógico-positivista, por lo que no es de extrañar que las maneras en que se plantea el problema por lo general acarreen prejuicios propios de esa concepción de la ciencia. Uno de esos prejuicios es la idea de que el contenido epistemológico de la ciencia es totalmente caracterizable en términos de las teorías acabadas de la ciencia. Siendo así, no es casual que el reduccionismo se plantee comúnmente como un problema de relación entre teorías. El locus clásico de este tipo de planteamiento es el modelo de reducción teórica publicado por Ernst Nagel en 1961. El modelo general de reducción de Schaffner (1967, 1977) y su modelo general de reducción-reemplazamiento (modelo GRR, 1992, 1993), a los cuales nos referiremos más adelante, también entran en esta categoría, así como el modelo que Ayala utiliza en el artículo que se presenta en esta antología. En esta sección, sin embargo, nos restringiremos a presentar el modelo clásico de Nagel y algunas de las objeciones importantes que se le han hecho en décadas recientes, las cuales nos permitirán ilustrar aspectos importantes de la discusión actual en torno al reduccionismo teórico.

Como señalamos, Nagel sigue la tradición lógico positivista al considerar las teorías como sistematizaciones de observaciones (leyes o regularidades) que son legitimadas por medio de procedimientos experimentales o de observación (si bien esta legitimación no tiene que ser directa). Para Nagel, una teoría *B* se reduce a una teoría *A* cuando lo que dice *B* sobre lo que puede observarse (o legitimarse indirectamente a través de un sistema de enunciados aceptables como base empírica), puede reformularse como dicho por *A*. Nagel elabora esta idea exigiendo que la reducción de una teoría por otra cumpla dos condiciones formales: *i*) la derivabilidad de las leyes de la teoría reducida a partir de las leyes de otra (reductora), y *ii*) la conectabilidad entre los términos de ambas teorías.

La primera condición se relaciona con la concepción de explicación científica que asume Nagel. Ésta es la concepción nomológico-deductiva desarrollada unos años antes por Hempel. De acuerdo con ese modelo, también conocido como modelo de "cobertura por leyes", las explicaciones científicas son inferencias deductivas de un hecho particular a partir de una ley universal y un conjunto de condiciones iniciales. Dado que Nagel piensa que la reducción es básicamente una relación de explica-

ción entre teorías, en la cual las observaciones explicadas por *B* pueden reformularse como explicadas por *A*, es claro que requiere una condición como la de derivabilidad. Ahora bien, para ser más precisos, aquello que se supone que debe poder derivarse son las leyes de *B* a partir de las leyes de *A*. La segunda condición generalmente se ha entendido como la necesidad de encontrar relaciones de identidad entre los términos (conceptos) a los que se refiere cada una de las teorías. Es claro que para que pueda darse la derivación de una teoría por otra, la relación entre los términos de ambas teorías tiene que ser clara. Sin embargo, ya Nagel se había dado cuenta de las dificultades de establecer dicha relación, por lo que también había propuesto la formulación de *leyes o principios puente* que permitieran conectar los términos de ambas teorías.

Incluso un ejemplo tan simple y tan trillado como la reducción de la ley de Galileo de la caída libre de los cuerpos sobre la superficie de la Tierra, a la ley de la gravitación universal de Newton, es problemática cuando se trata de entender de acuerdo con el modelo de Nagel. En efecto, de acuerdo con ese modelo, una ley *L* se reduce a un conjunto de leyes *C* cuando es posible derivar *L* de *C*, una vez que se formulan las condiciones adecuadas en las que esta derivación tiene lugar. Por ejemplo, de acuerdo con el modelo clásico, la ley de la caída libre de los cuerpos debería poder derivarse como un caso especial de la ley de la gravitación de Newton, con lo cual podríamos decir que la ley de Galileo se reduce a la ley de Newton. De manera similar, las leyes del movimiento planetario descubiertas por Kepler deberían poder derivarse de la ley de la gravitación universal dados ciertos supuestos y, por lo tanto, podría decirse que las leyes de Kepler se reducen a la teoría de Newton.

El problema es que diferentes investigaciones han mostrado una serie de dificultades con este proyecto. En la perspectiva tradicional (neopositivista), el único obstáculo que se reconocía al desarrollo del proyecto reduccionista —como eje de la explicación de la estructura y unidad de la ciencia— era de carácter empírico. Esto es, el desarrollo actual de la ciencia hace muy difícil conocer las conexiones entre teorías porque no se encuentran lo suficientemente desarrolladas como para poder establecer sus relaciones reductivas con otras teorías. Sin embargo, diferentes trabajos —a algunos de los cuales nos referiremos más adelante— han conducido a abandonar paulatinamente este supuesto. En especial, con el reconocimiento de que la concepción positivista de la ciencia es demasiado estrecha como para permitirnos entender la gran variedad de teorías y tradiciones que incluye la ciencia, el problema del reduccionismo se ha vuelto más complejo, más diverso y más rico filosóficamente que lo que nos decía el modelo clásico de Nagel.

LOS PROBLEMAS DEL MODELO CLÁSICO EN BIOLOGÍA.
LA ESTRUCTURA DE LAS TEORÍAS BIOLÓGICAS

Las críticas al modelo de Nagel han servido como punto de partida para desarrollar modelos que buscan una mayor cercanía con los problemas y soluciones reales de los científicos. En la discusión del reduccionismo en biología estas críticas se han centrado básicamente en las dos condiciones del modelo clásico de reducción.

Con respecto a la condición de derivabilidad del modelo de Nagel, Feyerabend (1962) mostró que incluso el caso paradigmático de la reducción de la ley de Galileo a la ley de la gravitación universal de Newton era problemático. Lo que es posible *derivar* de la ley de la gravitación universal no es la ley de Galileo, sino *una ley que sólo es análoga a ella*. La ley de Galileo dice que los cuerpos cercanos a la superficie de la Tierra caen verticalmente con una aceleración constante, pero esto sólo es cierto si no se toman en cuenta una serie de factores que pueden afectar el valor de la gravedad, como la altura sobre el nivel del mar (la distancia al centro de la Tierra) o la presencia de objetos muy pesados en la cercanía. Pero entonces, ¿en qué sentido podemos afirmar que hay reducción de una teoría a la otra? La derivabilidad no admite grados, y tampoco el patrón de explicación nomológica-deductiva que supuestamente entra en juego en la relación de reducción. Así pues, ¿en qué sentido la ley de la gravedad explica la ley de la caída libre de los cuerpos? En todo caso, la respuesta a estas preguntas requiere explicar y formular con claridad los criterios de *aproximación* que son válidos en una explicación, lo cual es altamente problemático para una concepción que ve a la reducción como derivación lógica, en la que no hay lugar para la *aproximación*. Por ello, diferentes autores concluyeron, con Feyerabend, que la reducción era básicamente imposible; lo que la teoría reductora mostraba era la falsedad de la teoría reducida, en el sentido de que ésta era menos precisa que la primera (Sarkar, 1992).

En este contexto, el artículo publicado por Schaffner en 1967 fue muy importante para el desarrollo de la discusión del reduccionismo teórico en biología. En ese artículo y en otros posteriores, Schaffner se apoyaba en casos concretos de la historia de la biología y la medicina para proponer un modelo de reducción que modificaba el modelo clásico de Nagel para responder a las objeciones de Feyerabend. Según Schaffner, lo que puede derivarse de la teoría reductora no es la teoría reducida, sino una versión *corregida* que es "fuertemente análoga" a la misma. En el caso de la reducción de la genética a la biología molecular, lo que puede derivarse es, entonces, una versión corregida de la genética que es fuertemente análoga a la versión "original" de la misma. Ahora bien, la ver-

sión corregida se construye teniendo siempre a la vista un *mapeo* de sus expresiones y leyes en las expresiones de la teoría reductora. Schaffner, sin embargo, no aclaraba la noción de "analogía fuerte" o "estrecha" que debía existir entre la versión original y la corregida de una teoría, noción que se convirtió en uno de los focos de atención en la discusión que siguió (véase Wimsatt, 1976a, por ejemplo). Poco tiempo después, Schaffner tuvo que admitir que para que se cumpliera la condición de derivabilidad, ambas teorías (no sólo la reducida) tendrían que ser *corregidas*.² Como veremos, la idea de que la reducción por derivación requiere corregir una o dos de las teorías involucradas se convirtió en la base sobre la cual se ha introducido una dimensión temporal o histórica en los modelos de reducción teórica.

Por otra parte, en trabajos posteriores, y apoyándose siempre en el estudio de casos concretos, Schaffner (1992, 1993) ha reconocido que la relación de reducción teórica es *periférica* a los intereses y explicaciones que, en efecto, construyen los científicos. Así, Schaffner ha llegado a la conclusión de que el tipo de relación deductiva entre teorías, que es una de las condiciones de su modelo y del modelo clásico de Nagel, requiere aceptar que los intereses de los científicos y los de los filósofos divergen de manera apreciable. Algunos autores están dispuestos a aceptar esta divergencia de intereses y tratan de conservar este enfoque construyendo modelos de reducción teórica que superen las objeciones que se le han hecho al modelo de Schaffner (Ruse, 1973; Waters, 1990). Sin embargo, conforme se ha abandonado la concepción sintáctica o axiomática de las teorías, que era parte medular del modelo clásico de Nagel, esta caracterización ha tenido que ser modificada.

En efecto, algunas de las objeciones más comunes que se le han hecho a la condición de derivabilidad consisten en señalar la ausencia de leyes universales en las teorías de la biología. A este respecto uno de los casos más discutidos en las últimas décadas es el de la posible reducción de la genética clásica a la biología molecular. Tanto autores que defienden una postura antirreduccionista (Kitcher, 1984; Rosenberg, 1985, 1994),

² Wimsatt (1976a, 1976b) ha intentado explicar porqué en el primer modelo de Schaffner se requería exclusivamente la corrección de la teoría reducida. Según Wimsatt este requisito ilustra los sesgos de una concepción centrada en el "contexto de justificación". Dice Wimsatt que, dado que las cuestiones de reducción entre teorías sólo se plantean cuando la teoría reductora (que generalmente es una teoría de un nivel de organización inferior al de la teoría reducida) se encuentra lo suficientemente establecida (justificada), se hace caso omiso del proceso histórico mediante el cual esta teoría también ha sido corregida. El sesgo neopositivista nos impide ver el proceso de corrección de la teoría reductora, dado que estas cuestiones pertenecen al contexto de descubrimiento. Como veremos adelante, un aspecto medular de la propuesta de Wimsatt consiste en señalar la coevolución de ambas teorías.

como autores defensores del reduccionismo (Schaffner, 1977, 1993; Waters, 1990), han señalado que la estructura del conocimiento en estas dos áreas de la biología no corresponde a la concepción *sintáctica* neopositivista de las teorías científicas. Y más aún: todos ellos han problematizado (de diferentes maneras) la existencia de leyes universales en la biología que se requieren para efectuar una relación de derivación entre teorías. Así, mientras que Rosenberg (1985, 1994) y Waters (1990) han argumentado que, al menos en biología, es más adecuada la concepción *semántica* de las teorías, Schaffner (1993) y Kitcher (1984) han intentado desarrollar concepciones propias sobre la estructura de las teorías y las explicaciones en biología.³

De este modo, la cuestión acerca de la estructura de las teorías biológicas ha ocupado un lugar muy importante en algunas de las discusiones recientes sobre reduccionismo teórico. Hull (1972, 1974, 1981) fue uno de los primeros en sostener que en la biología molecular las explicaciones recurren a la postulación de mecanismos responsables de determinados fenómenos y que no existen lo que propiamente se llaman leyes en la tradición empirista, esto es, relaciones entre fenómenos que son descritas por enunciados de aplicación universal (problema que últimamente han retomado Dupré, 1993 y Rosenberg 1994). Es más, las expli-

³ La concepción semántica de las teorías fue desarrollada inicialmente como una alternativa de análisis formalista a la concepción sintáctica tradicional de los años sesenta. En la concepción sintáctica las teorías se analizan como estructuras deductivas que pueden expresarse en el lenguaje de la lógica matemática. Las leyes se entienden como teoremas interpretados a partir de un sistema formal de axiomas que constituyen a la teoría, y las explicaciones se describen por medio del modelo nomológico-deductivo, que es el tipo de modelo implícito en las teorías de Nagel, de Ruse y en menor grado de Hull (1972). La concepción semántica (Suppes, 1967, y otros trabajos posteriores como el de Lloyd, 1988 y Thompson, 1988), por su parte, sostiene que para poder entender la relación entre nuestras teorías y el mundo es necesario tomar en cuenta cómo diferentes teorías pueden describir una secuencia causal. Esta concepción tiene que ser más compleja que la idea de leyes y reglas de correspondencia asociada a la concepción sintáctica. Así, Suppes muestra que para reconstruir formalmente la relación entre una teoría física y los fenómenos es necesario considerar, al menos, teorías del experimento, teorías de los datos y teorías del diseño experimental. Tales teorías pueden conceptualizarse como *modelos* de sistemas formales, por lo que el concepto de "modelo" desempeña un papel central en las diferentes versiones de esta concepción. En la versión desarrollada por Van Fraassen, por ejemplo, la clase de modelos que constituyen una teoría se caracteriza en términos de un espacio de estados (a los que se conoce en la física como *espacios de fase*). Es importante señalar que si bien la concepción semántica ha mostrado tener ventajas indiscutibles sobre la concepción sintáctica en el tratamiento de ciertos problemas (ventajas ligadas a su mayor flexibilidad en el concepto de teoría y a su capacidad para modelar el uso jerárquico de diferentes teorías en la ciencia), dicha concepción sigue asumiendo que una teoría es una estructura matemática. Este supuesto hace extremadamente difícil tratar ciertos temas y problemas filosóficos que involucran de manera esencial aspectos históricos y funcionales del conocimiento científico.

caciones por mecanismos que predominan en la biología molecular no parecen ser modelables como deducciones. Así pues, Hull sostiene que si bien en la genética mendeliana existen algunas leyes (por ejemplo, la ley de la distribución independiente de los caracteres o la ley de la segregación), éstas no son formulables en términos de los mecanismos propuestos por la biología molecular y, por tanto, no pueden ser deducidas a partir de ellas.

Schaffner (1992, 1993) es otro autor que en el marco del problema del reduccionismo se ha ocupado de las estructuras explicativas de la biología. Según Schaffner un buen número de teorías de la biología pueden caracterizarse como *series de modelos temporales interniveles y sobrelapados*. Los modelos de este tipo de estructuras, a las que él llama *teorías de rango medio*, constituyen conjuntos de mecanismos y variantes con un cierto parecido de familia, y de manera característica cada uno de esos modelos se refiere a unos cuantos tipos puros (esto es, su rango de aplicación es restringido). Los modelos son típicamente *interniveles* en el sentido de que sus partes se especifican en términos de diferentes niveles de organización (bioquímico, celular, orgánico) y además estos modelos representan conexiones temporales no necesariamente deterministas. El nombre de *teorías de rango medio* se refiere, según Schaffner (1993, p. 321), primero, a que no se trata de teorías universales pero tampoco son resúmenes de datos, sino que están en medio de esos dos extremos; y, segundo, a que estas teorías se refieren a entidades situadas en los niveles de organización medio (no a moléculas ni a poblaciones enteras). Utilizando esta caracterización Schaffner insiste en que es posible modelar la reducción o el reemplazamiento de una teoría o, más precisamente, de su versión corregida, por otra (una teoría más reciente y fundamental). Por último, Schaffner (1993, p. 343, n. 9) hace notar que esta concepción es altamente compatible con una perspectiva semántica de las teorías biológicas y de la reducción.

Rosenberg (1994) ha criticado el modelo de reducción de Schaffner (1967) apoyándose en las ideas de Hull (1974). Según Rosenberg la estructura de las teorías en biología no es la misma que la de las teorías de la física, las cuales eran el modelo de la concepción sintáctica tradicional. En biología, dice Rosenberg, las leyes no existen ni siquiera en el caso de la genética clásica. La complejidad de los procesos y fenómenos biológicos es de tal magnitud que los seres humanos, que contamos con capacidades cognitivas limitadas, no podemos encontrar y formular sus leyes universales.⁴ Si acaso, según Rosenberg, podemos construir mode-

⁴ La excepción, para Rosenberg (1994), es la teoría de la selección natural, tal y como ha sido expuesta en sus axiomas básicos por Mary Williams (1970) y posteriormente por Dawkins (1976) y Hull (1988). Según Rosenberg, la teoría de la selección natural se encuen-

los y aproximaciones útiles que pueden caracterizarse adoptando la concepción semántica de las teorías. Sin embargo, este tipo de modelos no admite la deducción de unas leyes a partir de otras, ya que las "leyes" a las que se refieren estos modelos no son leyes universales que se derivan a partir de axiomas fundamentales, sino que solamente se trata de generalizaciones útiles para hablar de procesos en un nivel de organización dado, por ejemplo, el nivel de los caracteres mendelianos o el nivel de los genes moleculares. Así pues, la reducción (deductiva) de la genética clásica a la biología molecular es imposible.

Kitcher (1984), otro de los antirreduccionistas destacados, llega a conclusiones similares en este caso, sin embargo él ha intentado desarrollar una caracterización propia de la estructura del conocimiento en biología. La idea de Kitcher (1984) es que la genética clásica (o cualquier otra área de la biología) es una secuencia o cadena de prácticas, las cuales incluyen un lenguaje propio, un conjunto de enunciados y preguntas propias y, fundamentalmente, un conjunto de patrones de razonamiento. Una teoría o estructura explicativa consiste, pues, en esa familia de patrones de razonamiento que están dirigidos a solucionar un problema (en el caso de la genética clásica, básicamente problemas que Kitcher llama de *pedigree*, p. 390).⁵ Así pues, en lugar de reducción, Kitcher sostiene que la relación entre genética y biología molecular es de *extensión explicativa*: la segunda explica algunos de los supuestos de la primera, ya que algunos de los patrones de explicación establecidos en la biología molecular tienen como conclusión alguno de los supuestos de la genética clásica (un ejemplo de este tipo de supuestos sería la replicación de los genes, que solamente es explicado con el desarrollo de la biología molecular). Además, la biología molecular permite un mayor refina-

tra lo suficientemente probada como para considerarse una ley universal y además nos proporciona una explicación de porqué —dado que somos seres que hemos evolucionado con capacidades cognitivas limitadas— nuestras otras teorías biológicas (incluidas por supuesto las de la genética clásica y la biología molecular) no pueden contener leyes universales. En el caso de la genética y la biología molecular, dada la complejidad de los procesos involucrados, debemos conformarnos con el carácter instrumental de nuestros modelos.

⁵ Ésta es una concepción bastante laxa de teoría científica, no exenta de problemas. Por ejemplo, Kitcher dice que una de las *subteorías* de la genética clásica es la *teoría del mapeo genético*, la cual consiste en patrones de razonamiento que permiten localizar las posiciones relativas de los genes en un cromosoma. Esta idea parece estar en tensión con la afirmación de Kitcher de que la genética clásica es un conjunto de prácticas, entre las que cabe la técnica del mapeo genético. Kitcher, pues, parece querer tener su pastel y también comérselo, pues en ningún lugar ha intentado explicar la conexión entre los patrones de razonamiento de la genética clásica y sus técnicas y metodologías. Kitcher, más bien, parece asumir la idea de el predominio del conocimiento articulado en teorías sobre el conocimiento práctico incorporado en técnicas e instrumentos científicos. Esta tensión se manifiesta especialmente en su concepción de extensión explicativa (véase más adelante en el texto).

miento conceptual de algunos de los términos de la genética clásica (por ejemplo, los términos *mutación* o *gene*).

Ahora bien, a diferencia de Rosenberg y los reduccionistas, Kitcher no privilegia una dirección en la explicación; la extensión explicativa de la genética puede hacerla la citología o la embriología, y no sólo una teoría perteneciente a un nivel inferior. Más aún, Kitcher sostiene que en casos como el de los procesos de segregación de los alelos (procesos que él llama PS), *la mejor explicación* es la que proporcionan las observaciones de la citología sobre el comportamiento de los cromosomas homólogos; según él, ninguna explicación de la biología molecular podría mejorar esta descripción dado que a nivel molecular los PS son causados por procesos muy heterogéneos.⁶ Tal afirmación ha sido fuertemente criticada por Waters (1990), a quien nos referiremos en seguida. Sin embargo, antes nos parece conveniente señalar otra dificultad, quizás más importante, con la postura antirreduccionista de Kitcher.

La dificultad a la que nos referimos tiene que ver con la tensión que existe en la concepción de las teorías de Kitcher (véase la nota 5), la cual claramente tiene como objetivo evitar los problemas de una caracterización estructural o lógica de las teorías. Kitcher, pues, manifiesta una preocupación real por retratar las prácticas y explicaciones reales de los científicos. El problema es que su noción de extensión explicativa todavía conserva mucho del viejo sabor de la concepción nomológica-deductiva de la explicación. Como sostiene el propio Kitcher, la nueva teoría (en este caso la biología molecular) *"proporciona una demostración teórica de la posibilidad de una presuposición problemática antecedente de la vieja teoría. Dado que las demostraciones teóricas [...] involucran la derivación de las conclusiones de una teoría a partir de las premisas aportadas por una teoría básica, es fácil asimilarlas a una noción clásica de reducción"* (Kitcher, 1984, p. 392, cursivas nuestras). Según Kitcher su concepción de las relaciones entre genética clásica y biología molecular se salva del tipo de críticas que le estamos haciendo porque él no se compromete con la tesis de que la teoría genética pueda formularse como un conjunto (deductivo) de leyes y porque, además, no asume que *todos* los enunciados acerca de genes requieran una derivación molecular (esto último se parece bastante a la tesis de la periferalidad de la reducción de Schaffner). Sin embargo, es claro que existe una gran dificultad en el antirreduccionismo de Kitcher, consistente en la ausencia de una concepción alternativa de explicación. Mientras Kitcher carezca de ella, su

⁶ Véase la crítica que a este respecto le hace Rosenberg (1994) a Kitcher en el capítulo III de su libro: la idea de que los procesos PS son un *tipo o clase natural* que a nivel molecular son heterogéneamente causados, contradice tanto la afirmación de Kitcher de que no hay leyes universales en la genética, como la concepción tradicional de clases naturales.

modelo de extensión explicativa aún puede interpretarse como un modelo de reducción (por deducción) periférica al estilo del de Schaffner.

Por último, otro autor que ha escrito en torno a la estructura de las teorías en el marco de la reducción de la genética clásica a la biología molecular es Keneth Waters (1990). A diferencia de Rosenberg y Kitcher, Waters concluye que al adoptar la concepción semántica de las teorías sí podemos caracterizar la relación entre biología molecular y genética como una *relación de reducción entre teorías*. Si en el camino perdemos la concepción formal de la reducción de Nagel, ello no impide conservar el *espíritu* que está detrás de la búsqueda por la reducción: el establecimiento de nuevas leyes experimentales que se adecuen a un rango más amplio de observaciones y el descubrimiento de conexiones sorprendentes entre esas leyes (Waters, 1990, p. 402).

Waters se apoya fundamentalmente en el argumento de que el desarrollo de la biología molecular puede llegar a darnos una explicación más fundamental de fenómenos genéticos tales como la recombinación y la segregación de los cromosomas homólogos. Precisamente en respuesta a Kitcher, Waters sostiene que la investigación a nivel molecular puede aportar conocimiento útil, y no sólo detalles barrocos (*gory details*), acerca de procesos (como los PS) en los que la citología sólo puede darnos la más "abstracta" de las explicaciones. Waters (1990), pues, se inscribe en un grupo cada vez más reducido de autores que piensan, con optimismo, que el desarrollo de la ciencia mostrará en última instancia la posibilidad de construir teorías cada vez más fundamentales que expliquen los procesos y fenómenos que ocurren en niveles superiores de organización.

LOS PROBLEMAS DE LA CONCEPCIÓN CLÁSICA.

¿ES POSIBLE TRADUCIR TÉRMINOS ENTRE TEORÍAS DIFERENTES?

Problemas igualmente graves han surgido con la segunda condición del modelo clásico de Nagel, la de conectabilidad o traducibilidad. Esos problemas son particularmente importantes en el caso de la reducción entre teorías de la biología y constituyen hoy en día uno de los puntos centrales en muchas de las discusiones sobre casos concretos de reduccionismo en biología. Las críticas se centran en la dificultad de traducir o conectar los términos a los que se refieren la teoría reductora y la teoría reducida. Como señalamos, ya Nagel había propuesto la existencia de *leyes puente* cuya función consistía en conectar los términos de una teoría con los de la otra. Sin embargo, tal y como se plantea actualmente el problema, éste no consiste únicamente en una cuestión de cambio de

significado de ciertos términos en diferentes teorías. Los problemas más serios parecen relacionarse, más bien, con las implicaciones ontológicas de la condición de conectabilidad.

Por ejemplo, en el caso de la posible reducción de la genética clásica por la biología molecular, diferentes autores (Hull, 1972, 1974 y últimamente Kitcher, 1984) han sostenido que términos *predicados* fundamentales de ambas teorías son *en principio* intraducibles. Conceptos tales como "dominante", "recesivo", y otros a los que se refiere la genética clásica, no parecen tener traducción uno-a-uno en los términos de la biología molecular. Las dificultades de la traducción se encuentran, en este caso, íntimamente conectadas con la imposibilidad de cumplir con la condición de derivabilidad. Veamos.

Hull (1974) sostiene que es imposible traducir los términos de la genética mendeliana a los de la genética molecular debido a que distintos patrones de herencia mendeliana pueden resultar de la acción de un mismo mecanismo molecular. No existe, pues, una relación uno-a-uno entre los términos de ambas teorías y ni siquiera una relación entre muchos mecanismos moleculares y un patrón mendeliano. Esta última situación haría compleja, pero no imposible, la reducción. Así pues, ¿cómo derivar diversos patrones de herencia mendeliana a partir de un mismo mecanismo molecular? Wimsatt (1976a) ha hecho notar esta misma cuestión y ha destacado sus implicaciones ontológicas al señalar que "¡no podemos explicar las unidades de una categoría de nivel superior porque *no existe* una unidad en el nivel inferior!".

Sin embargo, autores que defienden la posibilidad de la reducción de la genética a la biología molecular, como Waters (1990), han argumentado que sí es posible establecer una conexión entre los términos de ambas teorías. En primer lugar, según Waters la conexión correcta no es entre *gen* y *carácter* molecular y entre *gen* y *carácter* mendeliano, sino entre *diferencia génica* molecular y *diferencia génica* mendeliana, y entre *diferencia de caracteres* moleculares y *diferencia de caracteres* mendelianos. Toda la genética clásica y molecular, dice Waters, gira en torno a los diferentes caracteres que se expresan a nivel fenotípico como resultado de diferencias a nivel genotípico. En segundo lugar, Waters sostiene que las mismas dificultades que parecen existir para conectar el carácter (o fenotipo) mendeliano y el gen (o genotipo) molecular son las mismas que existieron siempre en la genética clásica para conectar el genotipo y el fenotipo, de modo tal que este argumento también invalidaría, de manera absurda, los logros de la genética clásica. Por último, Waters apela a los beneficios que nos han proporcionado las explicaciones recientes de la biología molecular: nuestro conocimiento de las rutas de biosíntesis nos proporciona una explicación de porqué las relaciones entre genes y

caracteres son complejas, pero no imposibles de determinar en casos particulares.⁷

Recientemente, sin embargo, Dupré (1993) ha presentado un interesante argumento en contra del reduccionismo teórico al estilo de Waters. La parte medular de su argumento consiste en defender la imposibilidad de conectar (ontológicamente) tipos de entidades que aparecen en una teoría relativa a un nivel de organización, con tipos de entidades pertenecientes a otra teoría. Básicamente, la idea de Dupré es que la delimitación de *tipos naturales* (esto es, de clases o tipos de entidades) solamente sucede en el marco de teorías particulares. No existe una manera de delimitar, por sus propiedades *esenciales*, a clases o tipos naturales, ya que nuestras clasificaciones siempre tienen sentido en el marco de determinadas teorías, esto es, en el marco de aquello que queremos explicar y resolver de acuerdo con nuestros intereses. Así pues, mientras que el gen de la genética mendeliana es una entidad abstracta que se delimita en una teoría cuyo objetivo es resolver problemas de distribución de caracteres, el gen de la genética molecular es una entidad que se delimita de acuerdo a una teoría cuyo objetivo es responder cómo contribuye la estructura molecular al desarrollo de cada carácter. Dupré defiende, pues, lo que él llama un *pluralismo ontológico*; no hay una única manera de caracterizar entidades porque nuestras diferentes teorías buscan responder a cuestiones de naturaleza distinta. Cuestiones de tipo funcional son irreducibles a cuestiones de tipo estructural y, por tanto, no es posible conectar tipos de entidades que son caracterizadas en el marco de teorías cuyos objetivos son distintos.

El problema de la conectabilidad de los términos de ambas teorías tiene otro tipo de ramificaciones de las que hablaremos posteriormente, al referirnos al problema de las propiedades emergentes. En resumen, hemos visto cómo en un caso concreto, el de la posible reducción de la genética a la biología molecular, se hacen explícitas algunas de las dificultades más importantes de los modelos de reducción teórica en la biología.

EL REDUCCIONISMO EXPLICATIVO

Una vez que abandonamos la idea de que sólo las teorías son el punto de referencia obligado en un modelo de la reducción y, en particular, la idea de que toda explicación se adecua al modelo nomológico-deducti-

⁷ El ejemplo más citado en estos casos es el de la posibilidad de explicar la distribución (mendeliana), el desarrollo (organísmico o embriológico) y la fisiología de la anemia de células falciformes gracias al conocimiento de los efectos que tiene una sola mutación en el gen de la hemoglobina. La alteración de la secuencia del ADN modifica la estructura pri-

vo, el problema de la reducción se abre a muchas posibilidades. En primer lugar es posible pensar que una relación de reducción tiene que ver directamente con *mecanismos*, así como con su *alcance explicativo* en diferentes niveles de organización. En segundo lugar, es posible enfocar la atención en la estructura de explicaciones que buscan modelar a los organismos como sistemas en los que la interacción de partes es sumamente compleja. A partir de los años setenta, algunos de los trabajos más importantes en la reformulación del reduccionismo han puesto el énfasis en alguno de esos dos aspectos, explotando de este modo el abandono de la camisa de fuerza lógico-positivista. El énfasis en el estudio de la relación entre mecanismos particulares (y los niveles de organización que esto requiere) y en aspectos ontológicos de la relación entre el todo y las partes en casos específicos, plantea de manera natural problemas concretos de reduccionismo que dejan de lado, como poco interesantes, los típicos ejemplos de la filosofía neopositivista, como el ya trillado de la relación entre la ley de Galileo y las leyes de Newton.

En este tipo de modelos, una explicación reduccionista involucra reglas y mecanismos empíricos que, con frecuencia, no forman parte de ninguna teoría explícita. En el mejor de los casos, la explicación utiliza fragmentos de una teoría. Pero si bien este tipo de relación de reducción fue hecha explícita por Nickles en 1973, sólo posteriormente fue explotada a fondo por autores como Kauffman (1971) y Wimsatt (1976a, 1976b).

El modelo de Kauffman (1971), que se publica en esta sección, es un buen ejemplo de las estrategias reduccionistas que utilizan los científicos para construir un tipo de explicaciones que son comunes en biología, las llamadas explicaciones por *articulación de partes*. La estrategia consiste, primero, en la descripción adecuada de un proceso orgánico, la cual ayuda a descomponer el proceso en partes o en otros procesos que se articulan para provocar que el organismo se comporte de la manera en que se ha descrito. Segundo, esa descripción constituye la condición suficiente para elaborar lo que Kauffman llama un *modelo cibernético*, el cual muestra cómo las partes simbólicas se articulan para causar una versión simbólica del comportamiento o proceso descrito. Tercero, ese modelo cibernético puede utilizarse para encontrar un *modelo causal isomórfico* que muestra como se relacionan las partes del sistema real para provocar el proceso o comportamiento descrito. El resultado es una explicación causal que utiliza las propiedades de las partes y sus relaciones para dar muestra del proceso orgánico que es el objeto de nuestra descripción.

maria de la hemoglobina en un solo aminoácido (histidina). En este caso, sostiene Waters, es claro que podemos conectar causalmente el carácter fenotípico (a nivel mendeliano y del organismo) con el gene molecular.

Si bien el modelo de Kauffman deja abierta la cuestión de en qué consiste la *articulación* de partes, esto no tiene que verse como una dificultad de fondo. La "articulación de partes" puede entenderse como un aspecto estructural básico de un patrón de explicación que requiere elaboración específica en cada caso. De cualquier forma, es claro que este tipo de explicación causal resulta más familiar a los científicos que el proyecto neopositivista de reduccionismo teórico.⁸ Más aún, lo que Kauffman llama una *descripción adecuada* requiere adoptar criterios que dependen del contexto, esto es, de la pregunta que se hace el científico y de aquello que es el objeto de su explicación. Así pues, en el modelo de Kauffman, como en la propuesta más general de Wimsatt a la que pasaremos ahora, la explicación ha dejado de ser una propiedad exclusiva de las leyes universales que se aplican a objetos en condiciones particulares (como todavía lo es en los modelos de reducción teórica); la explicación requiere más bien caracterizar las restricciones ambientales que se consideran relevantes para explicar un proceso, y tales restricciones no están, en cierto sentido, fuera o más allá del objeto particular (esto es, en forma de leyes universales).⁹

EL ENFOQUE FUNCIONAL DEL REDUCCIONISMO

Wimsatt es otro autor que ha explotado diversos aspectos de la noción de reducción explicativa en numerosos trabajos (1976a, 1976b, 1980). La propuesta de Wimsatt, sin embargo, es quizás la más general en torno al reduccionismo en biología y su *enfoque funcional* ha sido retomado por él y por otros (especialmente Sarkar, 1991, 1992, Bechtel y Richardson, 1992) para aclarar muchos de los problemas y debates contemporáneos asociados al reduccionismo.

Antes que nada hablemos brevemente de lo que Wimsatt entiende por enfoque funcional, en contraposición a lo que llama el *enfoque estructural* característico del neopositivismo. Según Wimsatt, uno de los efectos negativos del empirismo lógico, con su énfasis en la "estructura lógica" de leyes, teorías, explicaciones y predicciones, ha sido que se ha eliminado la distinción entre dos tipos de reconstrucción racional. Por un lado, la reconstrucción de los patrones de la actividad científica, esto es, el

⁸ Por otra parte, como ha señalado Sarkar (1992), el modelo de Kauffman podría apearse aún más a la práctica científica si se toma en cuenta que el *isomorfismo* del modelo cibernético y del modelo "real" no parece ser una condición necesaria para que se mantengan las relaciones causales de ese tipo de explicación.

⁹ Al respecto véase los trabajos sobre la llamada *presuposición newtoniana* (la distinción entre leyes universales y aspectos contingentes de una explicación) en Martínez (1993a, 1993b).

análisis (funcional) de las estrategias óptimas mediante las cuales se alcanzan los fines de esa actividad; por otro, la reconstrucción de la ciencia desde un punto de vista lógico o formal (estructural). El problema, según Wimsatt, es que estos dos tipos de reconstrucciones no son necesariamente equivalentes. Un incremento en el rigor, que parecería un objetivo *per se* de una reconstrucción lógica, no es, en cambio, un objetivo *per se* para el mejor desempeño de las actividades científicas. El objetivo de Wimsatt (1976a) es mostrar que un enfoque funcional apoya la conclusión de que las *reducciones informales* son el objetivo real de los científicos en búsqueda de explicaciones reductivas.

Ahora bien, la primacía de los análisis estructurales en la filosofía de la ciencia había implicado una estrategia común para analizar términos, procedimientos y entidades. Esa estrategia consistía en exhibir su forma lógica y en sugerir que la explicación, la predicción y la comprobación de teorías tenían una forma deductiva. Desde ese punto de vista, la reducción teórica (la única que parecía interesante) se entiende —como hemos visto— como deducibilidad de los términos y leyes de una teoría (la reducida) a los conceptos y leyes de otra (la teoría reductora). La pregunta ¿para qué sirven las reducciones, o qué *funciones* cumplen éstas? (que atañe a la reconstrucción de los patrones de actividad científica), rara vez se formuló y discutió en ese contexto.

Uno de los efectos más nocivos del enfoque estructural, de acuerdo con Wimsatt, ha sido colapsar, en un solo tipo de modelo, dos tipos de reducción que cumplen funciones muy diferentes, lo que Nickles (1973) llamó reducción *interniveles* y reducción *intraniveles*. La primera ocurre cuando una teoría de un nivel de organización dado se reduce a una teoría que, presumiblemente, pertenece a un nivel de organización inferior. En este caso, que usualmente combina los dominios de dos teorías, Nickles aceptaba que el modelo de Nagel o la versión modificada de Schaffner, así como sus implicaciones, podrían sostenerse. En cambio, en el segundo caso hay una reducción de teorías que se refieren al mismo nivel de organización. En ese tipo de reducción se preserva el mismo dominio y en ese sentido se trata de teorías rivales ya que se supone que la teoría posterior puede sustituir o eliminar a la previa. Ahora bien, según Nickles, lo que es necesario para que se de una relación de reducción del segundo tipo es una *transformación bien definida* entre teorías.¹⁰

¹⁰ Nickles no explica la naturaleza de esta *transformación*, si bien da ejemplos como el de la elección de límites: la mecánica relativista podría verse como un caso límite (respecto a la velocidad de la luz) de la teoría newtoniana. En este caso, dado que una teoría más general puede reducirse como caso límite de una teoría menos general, no puede sostenerse que la teoría reductora explique —en el sentido convencional— a la teoría reducida.

Wimsatt (1976a) mostró que lo que Nickles llamaba *transformaciones* entre teorías proporcionaba una explicación, así sea parcial, de lo que Schaffner llamaba *analogía fuerte* entre teorías. Recordemos que el primer modelo de Schaffner requería de dos condiciones, una condición de derivabilidad entre la teoría reductora y la reducida (que es la primera condición de Nagel), y una condición de analogía fuerte o estrecha entre una versión corregida de la teoría reducida y una versión previa, no corregida, de la misma. Según Wimsatt, estas dos condiciones o, más correctamente, *relaciones*, son características de cada uno de los dos tipos de reducción señalados por Nickles, la interniveles y la (intranivel) *es*, respectivamente. Wimsatt llama al segundo tipo de reducción (intranivel) *reducción sucesional* y, como ya señalamos, considera que este tipo de reducción cumple funciones muy distintas a las de la reducción interniveles. Veamos.

a) La reducción sucesional es una operación de transformación cuya función es localizar y analizar similitudes y diferencias entre la versión corregida y la "original" (*uncorrected*) de una teoría; ambas versiones se refieren al mismo nivel de organización. En la perspectiva de Wimsatt, una reducción sucesional no es una relación teórica que se *descubre*, sino una relación que se *construye* ("no es automática ni autoevidente... implica trabajo", Wimsatt, 1976a, p. 481). La construcción de esa relación sucesional tiene como resultado la localización de una serie de similitudes y diferencias entre teorías, las cuales permiten explicar una teoría como caso límite de la otra (en ciertas condiciones). La localización de las similitudes sugiere nuevas confirmaciones y aplicaciones de por lo menos una de las teorías. Sin embargo, conforme los cambios teóricos (transformaciones) se acumulan, las similitudes y diferencias entre la versión corregida y la versión original se hacen menos notorias. Por ello, dice Wimsatt, la reducción sucesional se comporta como una relación intransitiva; una teoría posterior *no reemplaza* a otra anterior excepto cuando ya no es posible encontrar similitudes y diferencias entre teorías competidoras, y en ese caso es preferible hablar de *eliminación* (teórica).

Ahora bien, como podemos ver, en la concepción de reducción desarrollada por Wimsatt se requiere que abandonemos la idea de que el único tipo de factores importantes en una explicación de la estructura de la ciencia son los factores asociados con la estructura lógica de las teorías. Una relación de reducción sucesional está históricamente construida entre teorías; explota los recursos heurísticos del proceso de construcción de teorías, esto es, los procesos asociados comúnmente con el contexto de descubrimiento de las teorías, y los explota en la elaboración de relaciones de justificación.

b) La reducción interniveles o, como prefiere llamarla Wimsatt, *reducción explicativa*, no es necesariamente una relación entre teorías (como sí lo es, según él, la reducción sucesional). Según Wimsatt, este tipo de reducción es una relación teórica exclusivamente en casos "degeneradamente simples" (1976a, p. 482), afirmación que no sólo responde a la tesis de la periferalidad de la reducción defendida por Schaffner, sino que constituye uno de los elementos más originales de su propuesta. En efecto, en la misma tendencia que Kauffman, el modelo de Wimsatt se refiere a una explicación reduccionista como un tipo de explicación de un proceso o fenómeno que se da en términos de la organización de sus partes; a este tipo de explicación reduccionista se le conoce comúnmente como *explicación por mecanismos* y constituye lo que, en general, los científicos entienden por "explicación reduccionista".

Wimsatt le ha dedicado una serie importante de trabajos a este tipo de reducción, dada su importancia en una gran variedad de debates, entre los que destacan la cuestión de los niveles de organización, la tesis emergentista y la complejidad en la organización de los seres vivos (1976a, 1976b, 1986, y el artículo "La emergencia como no-agregatividad y los sesgos reduccionistas", publicado en este libro) y las estrategias reduccionistas en la discusión sobre las unidades de selección (1980). Dada la importancia de estas cuestiones, y el hecho de que la postura de Wimsatt ha sido tan influyente como de difícil comprensión, dedicaremos el siguiente apartado a exponer algunos aspectos centrales de estas cuestiones.

NIVELES DE ORGANIZACIÓN, COMPLEJIDAD Y EMERGENCIA

La observación de que la materia orgánica se organiza en diferentes niveles de complejidad tiene importantes consecuencias en problemas centrales de la biología. A grandes rasgos, algo que caracteriza actualmente a los organicistas es la creencia de que en los diferentes niveles de organización (molecular, celular, organísmico, poblacional, etcétera) existen propiedades que son irreducibles a las propiedades de sus partes (esto es, a las propiedades de un nivel de organización inferior); a estas propiedades se les llama *emergentes*. Por supuesto, delimitar qué son las propiedades emergentes y en qué sentido éstas son (o no) algo que caracteriza a los diferentes niveles de organización, constituye un foco importante de las discusiones más interesantes sobre reduccionismo en biología.

Una postura todavía muy común entre los filósofos de la biología es la heredada del positivismo lógico. Tanto para Hempel como para Nagel (y, como veremos, también para Ayala) el concepto de "emergencia" y

“propiedades emergentes” tiene un carácter contextual o relativo. Esto es, el concepto de emergencia se utiliza para denotar lo “novedoso” no en un sentido psicológico, sino en el sentido de aquello que no es explicable o predecible a partir de una teoría y sobre la base de lo que conocemos en un momento dado; aquello que es emergente en función de nuestras teorías actuales bien puede ser reducido en otro momento a las propiedades de sus partes. Así pues, la noción de emergencia se refiere a las propiedades de un fenómeno que *no* pueden explicarse con la información que contamos, pero que sí son importantes en un nivel inferior de explicación. Para Ayala, por ejemplo, el carácter emergente de una propiedad depende de como se definen las propiedades de las partes del micronivel y de las teorías disponibles en un momento dado.

Ahora bien, conforme se ha abandonado la visión neopositivista de la ciencia, esta concepción de la emergencia de las propiedades ha tendido a modificarse. Ello se debe no sólo a la mencionada tendencia de los filósofos a acercarse a las preocupaciones reales de los científicos, sino al propio desarrollo de la discusión en el seno de teorías científicas específicas, especialmente en campos como la teoría de la evolución (Lewontin, 1970) y la biología de poblaciones (Levins, 1966). Como mencionamos, el trabajo de Wimsatt a este respecto sintetiza ambas inquietudes y no es casual que sus conclusiones apunten a un alejamiento cada vez mayor de las tesis tradicionales del neopositivismo.

Según Wimsatt (1976a, 1976b), mientras que la suma de reducciones sucesivas genera diferencias cada vez más irreconciliables entre teorías que se refieren a un mismo dominio y ello resulta en el reemplazamiento o eliminación de una teoría por otra, en el caso de la reducción explicativa (o interniveles) a este autor le parece ilegítimo hablar de eliminación de la teoría reducida por la teoría reductora. La motivación para hablar de eliminación parece surgir más bien de la búsqueda de una simplicidad ontológica con la cual no concuerda Wimsatt. Si a esa búsqueda por la simplicidad se le añade la transitividad de las reducciones explicativas, se entienden, dice Wimsatt (1976a, p. 483), las esperanzas de los defensores de la “unidad de la ciencia” en encontrar enormes “economías ontológicas a través de la reducción”.¹¹

La postura de Wimsatt, a diferencia de la de autores como Hempel y

¹¹ La exposición que sigue del emergentismo y la existencia de niveles de organización puede verse en relación con los problemas ontológicos que se siguen, al menos en parte, de la condición de conectabilidad de los modelos de reducción teórica, a los cuales ya nos referimos previamente. Wimsatt no está comprometido, sin embargo, con la construcción de modelos de reducción teórica —en el sentido de las secciones anteriores—, por lo que el problema de la conectabilidad de los términos adquiere más bien el carácter de un problema de conexión y explicación de entidades y propiedades de entidades.

Ayala, ha consistido en defender un realismo respecto a los niveles de organización de la materia. De ese realismo se desprende su convicción de que las teorías científicas se refieren a las entidades de estos niveles. Precisamente el tema central de muchos de los trabajos de Wimsatt ha sido defender la idea de que una vez que se considera al reduccionismo como una explicación de un proceso de un nivel superior a partir de las propiedades relacionales de las partes de un nivel de organización inferior, es posible mantener un cierto emergentismo. El emergentismo al que se refiere Wimsatt sostiene que las propiedades de un todo funcional son *algo más que* un simple agregado de las propiedades de las partes.

Así pues, más que hablar de relaciones lógicas entre teorías, Wimsatt se toma en serio la existencia de niveles de organización y de entidades que constituyen dichos niveles. La noción de nivel de organización implica cierto orden o jerarquía, de modo tal que las entidades de niveles superiores están compuestas de entidades de niveles inferiores. Para Wimsatt, los niveles de organización son "máximos locales de regularidad y predictibilidad en el espacio-fase de diferentes modos de organización de la materia". Esto es, cada nivel de organización se caracteriza porque las entidades que lo componen interactúan predominantemente entre sí, lo cual se explica porque las fuerzas que conocemos (fuerzas de selección en niveles de organización superiores o de estabilidad en niveles inferiores) sugieren que la mayoría de las entidades definibles se encuentran en la vecindad de estos espacios-fase. Nuestras teorías más simples y poderosas se refieren, por ello, a entidades que se comportan con máxima regularidad y predictibilidad en estos niveles.

Ahora bien, ¿cómo pretende Wimsatt hacer compatibles el reduccionismo y el emergentismo? Respecto a las explicaciones reduccionistas, Wimsatt (1976b, p. 484) ha dicho que "en un universo en el que el reduccionismo es una buena estrategia, las propiedades de las entidades de nivel superior son predominantemente mejor explicadas en términos de las propiedades e interrelaciones de las entidades de nivel inferior". También, más recientemente, este autor ha sostenido que "una explicación reductiva de un comportamiento o de una propiedad de un sistema es aquella que muestra a la cosa explicada como explicable mecanicistamente en términos de las propiedades y las interacciones entre las partes del sistema" (véase el artículo de Wimsatt, "La emergencia como no-agregatividad y los sesgos reduccionistas", en esta obra).¹² La idea de Wimsatt (1974, 1986) consiste en sostener que puede construirse una no-

¹² No está de más enfatizar que para Wimsatt, como para Kauffman, las explicaciones relevantes son causales, pero no necesitan ser deductivas ni involucrar leyes (1976a). Las explicaciones mecanicistas no son concebidas por Wimsatt, como tradicionalmente lo eran, como explicaciones por leyes (Wimsatt cita a este respecto a Cartwright, 1983).

ción de emergencia que sea consistente con esta visión del reduccionismo si caracterizamos a la emergencia de propiedades como *fallas en la agregatividad* (*failures in aggregativity*) de las propiedades de las partes de un sistema. "La emergencia de una propiedad de un sistema, relativa a las propiedades de las partes de ese sistema, indica la dependencia de esa propiedad respecto del modo de organización (y, por lo tanto, presupone la descomposición del sistema en partes y en sus propiedades)" ("La emergencia...", de Wimsatt, en esta obra). El artículo que presentamos en este libro forma parte de este enfoque general al problema del reduccionismo y el emergentismo según el cual, respecto a ciertas descomposiciones del sistema en sus partes, una propiedad puede ser emergente, mientras que para otras descomposiciones puede no serlo (véase los ejemplos de su artículo). La "dependencia de contexto" presente en la noción de emergencia de Wimsatt, sin embargo, es muy distinta a la "dependencia teórica" sostenida por los neopositivistas. La descomposición de un sistema de la que nos habla Wimsatt se relaciona con un determinado fin o problema científico, pero no es arbitraria; constituye, más bien, un resultado de la perspectiva funcional de Wimsatt. La descomposición de un sistema en sus partes, más que una cuestión estructural, es una heurística de búsqueda de descomposiciones de sistemas en sus partes que sean "máximamente reduccionistas". Esto es lo que cabría esperar dada la caracterización realista de Wimsatt de los niveles de organización y de las teorías relativas a las entidades que los componen: recordemos que nuestras teorías más simples y poderosas se refieren a esos máximos de regularidad y predictibilidad en que se organiza la materia.¹³

En el caso de problemas concretos, como el de las unidades de selección o el de la relación entre la mente y el cuerpo, el objetivo de Wimsatt ha sido, pues, desarrollar un emergentismo que no se oponga al reduccionismo. Pasemos ahora a algunos de esos debates específicos que han alimentado el desarrollo de la filosofía de la biología en las últimas décadas.

REDUCCIONISMO Y BIOLOGÍA: UN PANORAMA DE LOS DEBATES ACTUALES

En las últimas décadas el problema del reduccionismo en biología ha estado muy ligado a la discusión acerca de la relación de la genética con la teoría de la evolución y a la relación de la genética mendeliana con la

¹³ Esta idea ha sido explotada por Wimsatt en discusiones como la relativa a las unidades de selección, a la que nos referiremos brevemente en la siguiente sección. Según este

biología molecular. Otra polémica que, al menos en parte, concierne a la biología es la de la relación entre la mente y el cuerpo (esto es, la reducción de la psicología a la neurobiología).¹⁴ Estas cuestiones a primera vista son más específicas que aquellas a las que nos referimos en secciones anteriores, pero debido al papel central que desempeñan estas teorías en la biología contemporánea, las respuestas tienen serias implicaciones para nuestra concepción de la biología como un todo unificado de teorías acerca de los fenómenos vitales. Las respuestas tienen, además, implicaciones importantes para la filosofía de la ciencia en general. En la medida en que una filosofía de la ciencia exitosa debe ser capaz de iluminar la estructura de la ciencia, el hecho de que una cierta concepción filosófica sea o no capaz de iluminar problemas específicos que preocupan a los biólogos debe ser tomado en cuenta al decidir las bondades de dicha concepción.

En ésta y la siguiente sección nos referimos a los dos grandes debates que han marcado la filosofía de la biología en la segunda mitad del siglo XX. El primero, que parece haber tenido mayores implicaciones para el desarrollo de modelos de reducción más adecuados a las construcciones de los científicos, es el debate sobre la reducción de la genética mendeliana a la biología molecular, del cual hemos hablado brevemente en las secciones anteriores al referirnos al trabajo de Schaffner, Hull y Wimsatt. El segundo, especialmente importante para aclarar aspectos centrales de la biología evolutiva, es el problema que plantea la relación explicativa o de reducción entre la genética y la teoría de la evolución.

Respecto al debate sobre la reducción de la genética a la biología molecular, es importante señalar que esta cuestión (al igual que la que concierne al segundo debate) no se encuentra de ningún modo resuelta. Hoy en día los autores se dividen entre las dos posturas de manera tan equitativa como lo hacían hace dos décadas. Mientras que Waters (1990) defiende que el antirreduccionismo no podrá seguirse sosteniendo frente al desarrollo de la biología molecular, Kitcher (1984) opina, por otras razones, que la reducción no es posible. Wimsatt (en el artículo que aquí presentamos), continúa sosteniendo su reduccionismo "moderado" y Schaffner (1992) defiende aún la idea de que su modelo GRR explica una reducción periférica de la genética clásica a la biología molecular. Pero

autor, las heurísticas y estrategias reduccionistas han implicado, a lo largo de la historia de la ciencia y en especial de la biología, ciertos sesgos en nuestra construcción de modelos y explicaciones.

¹⁴ En los últimos años la tendencia de los filósofos a discutir problemas cada vez más específicos de la biología ha generado una mayor diversidad de los temas y problemas en discusión. Por ejemplo, Schaffner (1993) se ocupa de la reducción del aprendizaje en *Aplysia* (una especie de caracol marino) la neurociencia.

pese a esta diversidad de posturas y conclusiones, una tendencia general llama la atención: el reconocimiento cada vez más explícito de que la noción tradicional de explicación por leyes es demasiado estrecha y que hace falta desarrollar una visión más compleja y adecuada de lo que son las explicaciones por mecanismos que se integran en modelos explicativos. Esta conclusión, en parte motivada por el reconocimiento de que las condiciones de construcción y la estructura del conocimiento son sumamente diversas,¹⁵ ha conducido a la convicción de que nuestra concepción de la estructura de las teorías científicas tiene que ser modificada (el caso de Schaffner y Waters, quienes sostienen alguna versión estructuralista de las teorías) o bien prácticamente sustituida por una concepción informal o funcional de las mismas (el caso de Kitcher y Wimsatt).

Pasemos ahora al debate en torno a la relación entre genética y teoría evolutiva. Este problema es bastante complejo, por lo que resulta conveniente verlo al menos desde dos puntos de vista: ya sea como una cuestión acerca de las unidades de selección (esto es, cuáles son las *entidades* que son causalmente importantes para explicar la evolución) o como una cuestión acerca de los *mecanismos* que explican esa evolución.

El debate surge con la convicción, compartida por muchos biólogos en nuestro siglo, de que la genética desempeña un papel privilegiado en la estructura de las explicaciones en la biología. Esta postura, pues, defiende alguna versión de la tesis del *determinismo genético*. Dicha tesis consiste, por un lado, en afirmar el carácter ontológicamente fundamental de los genes, esto es, los términos teóricos a partir de los cuales se articulan las explicaciones en genética. Por otro lado, esta tesis lleva a la idea de que la teoría de la evolución se reduce a la genética, en el sentido de que los mecanismos y procesos distintivos de la teoría de la evolución pueden formularse como procesos a nivel genético o explicables a partir de las interacciones entre entidades elementales e individuales, que son los genes. Esta concepción reduccionista de la teoría de la evolución tiende a expanderse a otras teorías y a fomentar la convicción de que otros procesos y estructuras biológicas y sociales son reducibles *en principio* a la genética.¹⁶ Así pues, la hipótesis es atractiva porque permite concebir cómo puede entenderse la biología como una ciencia unificada. Sin embargo, tal y como muestran los trabajos de Ayala y Wimsatt

¹⁵ Nos referimos a trabajos como los de Hacking (1983), Cartwright (1983), Bechtel y Richardson (1992), y Martínez (1996) entre otros.

¹⁶ Por supuesto, como ya sugeríamos en la nota 1, esta noción tiene profundas implicaciones ideológicas que han sido discutidas en un buen número de trabajos. Véase especialmente Lewontin, Rose y Kamin (1987), Lewontin (1991) y el expediente sobre la heredabilidad de la inteligencia en *La Recherche* núm. 283(1996), pp. 69-79.

que se presentan en esta sección, la relación entre la genética y otras teorías biológicas es bastante compleja y no admite el tipo de camisa de fuerza que requiere la hipótesis del determinismo genético.

Como señalamos, algunos de los trabajos de Wimsatt se han centrado en analizar los sesgos que imprimen en nuestros modelos de la naturaleza la elección de ciertas estrategias de investigación reduccionistas. En el caso de la genética de poblaciones y, en especial, del debate en torno a las unidades de selección, Wimsatt (1980) ha podido mostrar cómo ciertas decisiones tomadas en el marco de una metodología reduccionista, y en especial el supuesto de que los genes actúan de manera individual, si bien han sido sumamente fructíferas en una dirección (la posibilidad de construir modelos matemáticos), nos han sesgado en nuestra concepción de las propiedades del genoma. Esto es, la manera en que concebimos al genoma —como un conjunto de genes individuales que actúan de manera independiente— se encuentra restringida por el carácter de las explicaciones que hemos preferido construir, por su mayor simplicidad, en el seno de diversas estrategias y heurísticas reduccionistas. Este hecho adquiere importancia cuando abordamos debates centrales en la biología actual, como el de las unidades de selección. La idea del gen individual como unidad de selección (Williams, 1966, 1992; Dawkins, 1978) recibe sustento, según Wimsatt, de una estrategia que, si bien nos ha permitido desarrollar modelos de genética de poblaciones, no siempre está de acuerdo con lo que actualmente sabemos acerca de los mecanismos de expresión y de interacción entre genes (Lewontin, 1970, 1991).

¿ES NECESARIA UNA NUEVA SÍNTESIS EVOLUTIVA?

El artículo de Ayala que se publica en este libro se inscribe también dentro del debate en torno a la reducción de la teoría evolutiva a la genética. Sin embargo, más que centrarse en la discusión en torno a las unidades de selección (como los trabajos arriba señalados), se enfoca en la cuestión de si es posible tener una *teoría* unificada de la evolución, tal y como lo sostienen los llamados arquitectos de la *Teoría Sintética de la Evolución*. Así pues, el artículo de Ayala es representativo porque si bien ejemplifica la tendencia de los filósofos a atacar problemas concretos de la biología, por otro lado adopta un enfoque hasta cierto punto tradicional del problema del reduccionismo, es decir de la reducción como relación entre teorías. En efecto, Ayala discute uno de los casos más debatidos en la biología evolutiva de los últimos 20 años, el de la reducción de los mecanismos que explican la macroevolución a los mecanismos de la microevolución. Sin embargo, si bien por un lado Ayala es un reduccionista

respecto a los mecanismos de la evolución, por otro es un antirreduccionista respecto a las teorías involucradas. En el segundo caso, Ayala formula su respuesta en contra de la reducción asumiendo que el modelo de reducción pertinente es el modelo clásico de reducción teórica de Nagel.

El debate en torno a si los mecanismos que explican los procesos macroevolutivos pueden ser reducidos a los mecanismos microevolutivos aceptados por la Teoría Sintética de la Evolución, tuvo su punto álgido a finales de los años setenta y en la década de los ochenta. Los procesos macroevolutivos son aquellos que ocurren por arriba del nivel de la especiación y abarcan tanto el origen y la extinción de *phyla*, como las llamadas tendencias evolutivas. Los procesos microevolutivos, en cambio, son la mutación, la selección natural, la deriva génica, la migración, y en general los mecanismos que explican la selección adaptativa. Ahora bien, a partir de inicios de la década de los setenta algunos paleontólogos (en especial S. J. Gould y N. Eldredge) han sostenido que los mecanismos de la macroevolución se encuentran *desacoplados* de los mecanismos de la microevolución, y que este hecho ilustra el fracaso del *extrapolacionismo* (o reduccionismo) típico de la Teoría Sintética de la Evolución. De acuerdo con esta teoría, la acción acumulada de los mecanismos microevolutivos durante millones de generaciones produce los fenómenos macroevolutivos. Pero en la perspectiva de los paleontólogos liderados por Gould las unidades de la macroevolución son las especies, no los individuos ni las mutaciones individuales, el cambio morfológico se concentra en los eventos de especiación, y las tendencias evolutivas son el resultado de la selección a nivel de especies.

En conclusión, para los organicistas (antirreduccionistas) modernos, la microevolución es un proceso gradual que genera la lenta adaptación de los organismos a su medio, pero este proceso es independiente de lo que ocurre (o *emerge*) a nivel de la macroevolución. El tiempo y modo de la macroevolución no es el gradualismo darwiniano, sino lo que ellos llaman *equilibrios puntuados* (periodos de *stasis* seguidos de cambios morfológicos rápidos de las especies).

Para responder a esta postura, y como defensor de la Teoría Sintética, Ayala señala que en torno a la reducción de la macroevolución a la microevolución se ponen en juego tres preguntas diferentes, las cuales corresponden, básicamente, a los tres tipos de reduccionismo de los que hablan Mayr (1982) y Sarkar (1992). La primera es una pregunta de tipo ontológico o constitutivo: ¿los mecanismos microevolutivos operan y han operado en todos los taxones en que se observan fenómenos macroevolutivos? La respuesta es claramente afirmativa. La segunda es si los mecanismos microevolutivos son suficientes para explicar los fenómenos

macroevolutivos, o si se requieren mecanismos adicionales para explicarlos. La respuesta también es afirmativa en este caso. Ayala se apoya en una serie de evidencias de la genética (como las llamadas mutaciones homeóticas) y de la paleontología para sostener que la acción acumulada de los mecanismos microevolutivos conocidos son suficientes para explicar los procesos de la macroevolución. La tercera y última pregunta se refiere a si las teorías de la macroevolución pueden ser *deducidas* a partir de las teorías y el conocimiento de los procesos microevolutivos. En este caso la respuesta es negativa. La teoría (microevolutiva) de la genética de poblaciones es compatible tanto con el gradualismo como con el puntualismo (si bien Ayala, a diferencia de autores como Schaffner en 1977 o 1993, no intenta una formalización lógica de esta afirmación).

Hay dos puntos del argumento de Ayala que nos interesa destacar. Por un lado, que la postura antirreduccionista de Ayala (en este último punto) tiene un origen muy distinto a la postura, también antirreduccionista, de sus contrincantes, especialmente Gould. En efecto, mientras que Ayala es un reduccionista en el sentido constitutivo (ontológico) y en el sentido explicativo, Gould defiende una variante de la tesis emergentista ya mencionada, la cual tiene consecuencias explicativas y ontológicas para su manera de enfrentar la discusión. El segundo punto ilustra otro aspecto de la discusión sobre el reduccionismo. Se trata de su suposición de que el problema del reduccionismo se limita al reduccionismo teórico y que el modelo pertinente es el de Nagel.

El debate entre los defensores de la síntesis, representados en este caso por Ayala, y los organicistas modernos, como Gould, recuerda la discusión entre mecanicistas y vitalistas, sin embargo existen diferencias importantes. Para los mecanicistas de siglos anteriores todos los fenómenos que involucran a los seres vivos podrían ser explicados de manera completa en términos mecánicos, lo cual no es necesariamente el caso de los actuales reduccionistas. Ayala y otros autores que defienden la reducción de los mecanismos de la macro a la microevolución (como Mayr o Stebbins, por ejemplo), simultáneamente reconocen la especificidad de las explicaciones por selección natural, y las consideran irreducibles a explicaciones mecanicistas.¹⁷ Los organicistas modernos, por su parte, han intentado ir más allá en su caracterización de la emergencia. Autores como Gould sostienen que los seres vivos se caracterizan

¹⁷ Al respecto, véase el artículo de Barahona y Martínez sobre explicaciones teleológicas en este libro. Ayala defiende claramente la idea de que en la teoría evolutiva se construyen explicaciones teleológicas (las explicaciones por selección natural) que no son reducibles como explicaciones mecanicistas, mientras que Mayr ha adoptado una postura más tradicional al no aceptar que las explicaciones seleccionistas son teleológicas y las ha llamado *teleonómicas*.

por un tipo complejo de unidad o integración de los diferentes procesos que los constituyen, que hace imposible que una explicación de las diferentes partes y procesos constituyentes por separado pueda constituirse en una explicación satisfactoria de los fenómenos biológicos.

La integración compleja, que los organicistas atribuyen a las partes y procesos de los seres vivos, se relaciona con otra diferencia central que los separa de los mecanicistas, a la cual ya nos referimos al hablar del trabajo de Wimsatt. Se trata de la importancia relativa que cada postura otorga a lo que se ha llamado la *organización jerárquica* de los seres vivos, esto es, a la existencia de distintos *niveles de organización* (nivel molecular, celular, de órganos, etcétera). El reduccionista acepta que en la actualidad nuestras explicaciones biológicas se refieren a niveles de organización específicos (hay explicaciones en términos moleculares, o en términos celulares), pero no existen obstáculos para que, en principio, pueda darse algún día una explicación completa de las propiedades de los niveles superiores de organización en términos de las interacciones de las partes y procesos que se localizan en niveles inferiores. Para un organicista, en cambio, las explicaciones mecanicistas nunca pueden llegar a capturar la compleja organización jerárquica de los seres vivos. En efecto, el organicista no sólo reconoce que hay explicaciones distintas para cada nivel de organización, sino que se compromete con la idea de que esos niveles de organización tienen una existencia real (como en el caso de Wimsatt, 1976b o Gould, 1980). Su compromiso ontológico se manifiesta, como vimos en secciones anteriores, en el concepto de *propiedades emergentes*, esto es, propiedades que emergen en un nivel dado de organización y que no son el resultado de las interacciones entre las propiedades de las partes de un nivel inferior.

Un ejemplo de una propiedad emergente, muy citado en este debate, es el siguiente: para algunos organicistas como Gould y Eldredge la *tasa de especiación* es una propiedad emergente del nivel de organización de las especies; que no se encuentra en el nivel de organización inmediato inferior, el de las poblaciones. La propiedad análoga en el nivel poblacional es la llamada *tasa de natalidad*. Los organicistas sostienen que la tasa de natalidad de las poblaciones no explica la tasa de especiación de las especies, pues ésta es el resultado de interacciones y propiedades que sólo se dan a nivel de las especies, como el hecho de ser una especie generalista (eutrópica) o una especie especialista (euriotrópica) respecto a los recursos del ambiente. Un antiemergentista sostendría, por el contrario, que la tasa de especiación es resultado de la interacción de propiedades en las poblaciones de la especie y, en última instancia, es el resultado de la adecuación de los individuos que la componen.

Así pues, en el clímax de este debate, en una serie de trabajos en torno

a si es necesaria una nueva síntesis evolutiva (Gould, 1980, 1982; Stebbins y Ayala, 1981) se han planteado cuestiones de suma importancia no sólo para la biología, sino para la filosofía de la ciencia. Por ejemplo, para Gould el reconocimiento de niveles de organización en los seres vivos implica la existencia de propiedades emergentes.¹⁸ Esto es mucho más de lo que Ayala está dispuesto a conceder. Para Ayala el problema de las propiedades emergentes es falso. O se trata de problemas "mal planteados, o cuando menos son improductivos porque sólo pueden ser resueltos por definición". Más aún, Ayala afirma que

la manera adecuada de formular los problemas sobre las relaciones entre los sistemas complejos y sus partes constituyentes consiste en preguntarse si las propiedades de los sistemas complejos se pueden *deducir* del conocimiento de las propiedades de sus componentes aislados. El tema de la emergencia no puede ser resuelto mediante discusiones acerca de la naturaleza de las cosas o de sus propiedades, pero sí puede hacerse por referencia a nuestro *conocimiento* de ellas.

Así, según Ayala, es posible separar el aspecto epistemológico del problema de la emergencia de su aspecto ontológico, cuestión que es al menos discutible.

Un ejemplo utilizado por Ayala nos puede ayudar a comprender su postura acerca de las propiedades emergentes. Hagamos la siguiente pregunta: ¿las propiedades del cloruro de sodio —la sal común— son simplemente las propiedades del sodio y el cloro cuando se asocian? Si entre las propiedades del cloro y del sodio incluyo su (posible) combinación como sal de mesa y las propiedades de ésta, la respuesta de Ayala es sí. De otro modo, la respuesta es no. A eso se refiere Ayala cuando dice que el problema de las propiedades emergentes es un problema de definición (esto es, de cómo defino las propiedades de la sal de mesa). Si defino de manera adecuada los elementos de la sal de mesa (el cloro y el sodio), debido a que cuento con el conocimiento adecuado, entonces podré *deducir* las propiedades del sistema más complejo (la sal) a partir de las de sus componentes. En resumen, la discusión en torno a las propiedades emergentes debe restringirse, según este autor, a discutir en torno a nuestros enunciados y las relaciones lógicas (de deducción) entre ellos. La pregunta acerca de si es posible una reducción (de la macro a la microevolución) no es el de la "naturaleza de las cosas", dice Ayala. Claramente Ayala, pues, sigue muy de cerca la concepción neopositivista de la ciencia y en particular pretende que el problema de la reducción tiene

¹⁸ Piénsese en la postura realista que, en esta misma cuestión, ha desarrollado Wimsatt, *op. cit.*

que verse en términos de las relaciones lógicas entre los enunciados de teorías diferentes.

CONCLUSIONES

La presentación de los problemas y debates actuales parece llevarnos a concluir que no hay posibilidad de decidir acerca de qué modelos o posturas son más correctos o mejores que otros. El debate en torno al reduccionismo no sólo no ha sido resuelto, como todos los problemas centrales de la filosofía, sino que se encuentra cada vez más vivo, en parte como un reflejo de la vitalidad de la biología en las últimas décadas. En las últimas décadas del siglo xx, el desarrollo de la biología molecular y de la biología evolutiva —dos áreas comprometidas con problemas centrales de la historia del pensamiento biológico— ha implicado la reformulación del viejo problema de los límites de las explicaciones mecanicistas en biología y, más en general, de la posibilidad de explicar de manera unificada el conocimiento científico, tal y como lo quería Descartes. En efecto, el problema del reduccionismo —que como vimos se encuentra estrechamente conectado a la cuestión de qué es una explicación científica— pone en la mesa del debate la cuestión de en qué sentido (si es que lo es) la ciencia es una empresa unificada.

La respuesta tradicional de que la unidad de la ciencia pasa por la unificación (formal) de las teorías parece, hoy en día, sumamente problemática. Y es importante reconocer que el desarrollo de la filosofía de la biología —y no sólo de la biología— ha tenido que ver con dicha problematización. En la actualidad vemos florecer enfoques pluralistas que reconocen que el conocimiento científico es un depósito de diversos tipos de recursos cognitivos. En este contexto, el *enfoque funcional* del reduccionismo parece ser el más consistente con las tendencias actuales del desarrollo de la filosofía de la biología y de su cada vez más estrecha relación con los problemas específicamente científicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F. C. (1983), "Biology and Physics: Reflections on Reductionism", en A. van der Merwe (comp.), *Old and New Questions in Physics. Cosmology, Philosophy and Theoretical Biology: Essays in Honour of Wolfgang Yourgran*, Plenum Press, Nueva York, pp. 525-534.
- (1989), "Reduction in Biology: A Recent Challenge", en Depew & Vewer (comps.), *Evolutions at a Crossroads*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Bechtel, W., y R. C. Richardson (1992), *Discovering Complexity: Decom-*

- position and Localization as Strategies in Scientific Research*, Princeton University Press, Princeton.
- Callebaut, W. (1995), "Réduction et explication mécaniste en biologie", *Revue Philosophique de Louvain*, tomo 93, núm. 1-2, pp. 33-66.
- Canguilhem, G. (1976), *El conocimiento de la vida*, Anagrama, Barcelona.
- Darden, L., y N. Maull (1977), "Interfield Theories", *Phil. of Science*, 43, pp. 121-164.
- Dawkins, R. (1978), "Replication Selection and the Extended Phenotype", *Zeitschrift für Tierpsychologie* 47, pp. 61-76.
- Dupré, J. (1993), *The Disorder of Things*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Eldredge, N., y S. J. Gould (1972), "Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism", en Schopf, T. J. M. (comp.), *Models in Paleobiology*, Freeman, Cooper and Co., San Francisco, pp. 82-115.
- Feyerabend, P. K. (1962), "Explanation, Reduction and Empiricism", *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, 3, pp. 28-97.
- Gould, S. J. (1980), "Is a New and General Theory of Evolution Emerging?", *Paleobiology*, 6(1), pp. 119-130.
- (1982), "Darwinism and the Expansion of Evolutionary Theory", *Science*, 216(23), pp. 380-387.
- Hull, D. L. (1972), "Reduction in Genetics: Biology or Philosophy?", *Philosophy of Science*, 39, pp. 491-498.
- (1974), *Philosophy of Biological Science*, Prentice Hall, Englewood-Cliffs.
- (1981), "Reduction and Genetics", *The Journal of Medicine and Philosophy*, 6, pp. 125-143.
- Kauffman, S. A. (1971), "Articulation of Parts Explanation in Biology and the Rational Search for Them", en Buck, R. C., y R. S. Cohen (comps.), *PSA-1970, Boston Studies in the Philosophy of Science*, 8, pp. 257-272 (traducido en este libro).
- Kitcher, P. (1984), "1953 and All That: A Tale of Two Sciences", *Philosophical Review*, 93, pp. 355-373.
- Lenoir, T. (1982), *The Strategy of Life*, University of Chicago Press.
- Levins, R. (1966), "The Strategy of Model Building in Population Biology", *American Scientist*, 54(4), p. 421.
- Lewontin, R. C. (1970), "The Units of Selection", *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 1, 1-18.
- (1991), *Biology as Ideology*, Harper Collins, Nueva York.
- , S. Rose, y L. J. Kamin (1987), *No está en los genes*, Conaculta/Edit. Crítica, México.
- Lloyd, E. (1988), *The Structure and Confirmation of Evolutionary Theory*, Princeton University Press.

- Martínez, S. F. (1993a), "Método, evolución y progreso en la ciencia (1a. parte)", *Crítica*, vol. 25(73), pp. 37-69.
- (1993b), "Método, evolución y progreso en la ciencia (2a. parte)", *Crítica*, 25(74), pp. 3-21.
- (1995), "La autonomía de las tradiciones experimentales como problema epistemológico", *Crítica*, vol. 27(80), pp. 3-48.
- Mayr, E. (1982), *The Growth of Biological Thought*, The Belknap Press, Harvard University Press.
- Nagel, E. (1961), *The Structure of Science*, Harcourt, Nueva York.
- Nickles (1973), "Two Concepts of Intertheoretic Reduction", *J. Phil.*, 70, pp. 181-201.
- Rosenberg, R. (1985), *The Structure of Biological Science*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (1994), *Instrumental Biology or the Disunity of the Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Ruse, M. (1973), *Philosophy of Biology*, Londres, Hutchinson's University Library.
- Sarkar, S. (1989), *Reductionism and Molecular Biology: A Reappraisal* (tesis doctoral), University of Chicago, Departamento de Biología.
- (1991), "Reductionism and Functional Explanation in Molecular Biology", *Uroboros*, 1(1), pp. 1-26.
- (1992), "Models of Reduction and Categories of Reductionism", *Synthese*, 91(1992), pp. 167-194.
- Schaffner, K. F. (1967), "Approaches to Reduction", *Philosophy of Science*, 34, pp. 137-147.
- (1977), "Reduction, Reductionism, Values and Progress in the Biomedical Sciences", en R. Colodny (comp.), *Logic, Laws and Life*, University of Pittsburgh Press, pp. 143-171.
- (1992), *Discovery and Explanation in Biology and Medicine*, University of Chicago Press, Chicago.
- (1993), "Theory Structure, Reduction and Disciplinary Integration in Biology", *Biol. and Phil.*, 8(3), pp. 319-347.
- Stebbins, G. L., y F. J. Ayala (1981), "Is a New Evolutionary Synthesis Necessary?", *Science*, 213(28), pp. 967-971.
- Suppes, P. (1967), en Morgen-Vesser (comp.), *Philosophy of Science Today*, Basic Books, Nueva York, pp. 55-67.
- Thompson, P. (1988), *The Structure of Biological Theories*, Albany, SUNY Press.
- Waters, K. C. (1990), "Why the Antireductionist Consensus Won't Survive the Case of Classical Mendelian Genetics", *PSA* vol. I, pp. 125-139.
- Williams, G. C. (1966), *Adaptation and Natural Selection*, Princeton University Press.

- Williams, G. C. (1992), *Natural Selection: Domains Levels and Challenges*, Oxford, Oxford University Press.
- Williams, M. B. (1970), "Deducing the Consequences of Evolution: A Mathematical Model", *Journal of Theoretical Biology*, 29, pp. 343-385.
- Wilson, E. O. (1975), *Sociobiology: The New Synthesis*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Wimsatt, W. C. (1976a[1984]), "Reductive Explanation: A Functional Account", en R. S. Cohen *et al* (comps.), *PSA 1974*, pp. 671-710. Publicado también en E. Sober (comp.) (1984), *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*, MIT Press, Cambridge, pp. 477-507.
- (1976b), "Reductionism, Levels of Organizations and the Mind Body Problem", en G. Globus, I. Sabodnik, y G. Maxwell (comps.), *Consciousness and the Brain*, Plenum, Nueva York, pp. 199-267.
- (1980), "Reductionist Research Strategies and their Biases in the Units of Selection Controversy", en T. Nickles (comp.) (1980), *Scientific Discovery: Case Studies*, D. Reidel Publ. Co., pp. 213-259.
- (1986), "Forms of Aggregativity", en A. Donagan, A. N. Perovich Jr., and M. V. Wedin (comps.), *Human Nature and Natural Knowledge*, pp. 259-291.