

Magí Cadevall i Soler



*La estructura
de la teoría
de la evolución*

PUBLICACIONS DE LA
UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

LA ESTRUCTURA DE LA TEORIA DE LA EVOLUCION

¿Es la filosofía de la ciencia incapaz de dar cuenta del desarrollo y carácter de la biología? ¿Hay que construir una filosofía de la ciencia que, apartándose de la herencia racionalista, se adapte a las singularidades de la biología? ¿O tal vez la biología no es una ciencia madura que permita el mismo tratamiento que otras ciencias avanzadas como la física?

En los últimos años la filosofía de la ciencia se ha interesado de forma creciente por la biología, especialmente por la teoría de la evolución. La moderna filosofía de la ciencia ha demostrado que la biología, aunque más compleja, puede ser abordada con los mismos conceptos filosóficos que las demás ciencias naturales.

Curiosamente la reciente filosofía de la biología supone un reencuentro con el pensamiento de Darwin. En las obras de Darwin abundan reflexiones epistemológicas que lo configuran como un filósofo de la ciencia avanzado a su época. Se ha dicho que el período 1859-1929 aparece marcado por la incapacidad de entender lo que dijo Darwin. Desgraciadamente, dentro del gremio de los filósofos, del que me considero un modesto miembro, esta incompreensión ha persistido en algunos hasta nuestros días.

ENRAHONAR. MONOGRAFIES
Departament de Filosofia
de la Universitat Autònoma de Barcelona

LA ESTRUCTURA
DE LA
TEORIA DE LA EVOLUCION

Magí Cadevall i Soler

Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona
Bellaterra, 1988

DADES CATALOGRÀFIQUES
DE LA UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

CADEVALL I SOLER, Magí

La estructura de la teoría de la evolución. — (Enrahonar. Monografies; 3)
ISBN 84-7488-394-6

- I. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.
Departament de Filosofia (Bellaterra)
 - II. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.
Servei de Publicacions. (Bellaterra)
 - III. Col·lecció
 - 1. Evolució-Filosofia
 - 2. Darwin, Charles. On the origin of Species
- 575.8:1

L'edició d'aquesta obra ha tingut
una subvenció de la Diputació de Barcelona.

Editat pel Servei de Publicacions
de la Universitat Autònoma de Barcelona
08193 Bellaterra (Barcelona)
Imprès per Tormiq, S.L.
Major de Sarrià, 139
08017 Barcelona
Fotocomposició: CITEIX, S.A.
Clos de Sant Francesc, 3-5

ISBN: 84-7988-394-6
Dipòsit Legal: B. 31.368-1988
Printed in Spain

INTRODUCCIÓN

Objetivos del libro

El presente estudio se propone los siguientes objetivos:

1. Hacer un balance de las aportaciones sobre el tema de la estructura de la teoría de la evolución desde las diversas concepciones epistemológicas. Ello es conveniente porque en los últimos años se han hecho aportaciones al debate desde puntos de vista determinados. Merecen destacarse los estudios realizados desde la concepción semántica por Lloyd, Thompson y Beatty y desde la concepción estructuralista por Balzer y Dawe.

2. Abordar algunos de los temas que se han debatido en los últimos años, como la contrastabilidad de la teoría de la evolución, la explicación en biología evolutiva y la estructura más o menos compacta de las disciplinas evolutivas.

3. De acuerdo con el objetivo de estudiar el rendimiento de los diversos modelos epistemológicos proponer una axiomatización de la teoría de la evolución según el método estructuralista, basándome en la axiomatización realizada por M. Williams.

4. En el estudio de los problemas metodológicos, como la contrastabilidad y la explicación, hacer una especial referencia a Darwin, particularmente a *El origen de las especies*.

Leer *El origen de las especies* desde una perspectiva científica es una experiencia apasionante y agradable, por tratarse de una obra científica magistral y fundacional. Pero leer *El origen* desde una perspectiva epistemológica no es menos apasionante y debo confesar que para mí resultó una notable sorpresa, seguramente debido a mi ignorancia. En Darwin, como quizá en todos los fundadores de una nueva ciencia, existe una importante reflexión epistemológica. Importante no sólo por la cantidad (la frecuencia con la que aparecen tales reflexiones en sus escritos), sino por la calidad. Muchas de las disputas filosóficas en torno a la teoría de la evolución que se han sostenido durante los cien años posteriores a la publicación del origen tienen un

tono más pobre que las reflexiones de Darwin. Y tal vez un poco más de atención a los escritos de Darwin, particularmente a *El origen de las especies*, hubiera podido abreviar algunas de las polémicas. Igual que la teoría sintética de la evolución ha recuperado a Darwin, aunque no se haya detenido en él, de forma semejante la moderna filosofía de las ciencias de la evolución puede recuperar algunas de las ideas de Darwin. Estas palabras no deben interpretarse como un acto de presunción, sino como un modesto testimonio de admiración a las concepciones epistemológicas de Darwin.

El estudio de la estructura de la teoría de la evolución

Uno de los atractivos y al mismo tiempo de las dificultades que presenta el estudio de la estructura de la teoría de la evolución es la falta de acuerdo existente, principalmente entre los filósofos, sobre cuál es la naturaleza y estructura de la teoría de la evolución. No faltan científicos y filósofos que piensan que la teoría de la evolución, a pesar de los admirables desarrollos modernos, merece menos crédito que otras ciencias de la naturaleza como la física o la química.

Una muestra de esta disparidad de opiniones es que mientras para muchos la teoría de la evolución sería un modelo de logro científico, para otros es merecedora de desprecio o al menos altamente sospechosa. Podemos distinguir dos posturas distintas entre los detractores. Siguiendo a Caplan¹ podemos llamar tesis fuerte la que sostiene que la teoría de la evolución es digna de desprecio por ser una mera tautología, que afirma la supervivencia de los más aptos, siendo más aptos los que sobreviven. Podríamos considerar a Manser² representante de esta postura. La tesis débil no sostiene el carácter tautológico de la teoría de la evolución, pero considera que tiene más defectos y dificultades que las demás teorías científicas. La teoría de la evolución tendría un grado de flexibilidad alarmante, de forma que todos los fenómenos biológicos serían compatibles con alguna explicación evolutiva. La teoría de la evolución tendría poco poder sistemático o teórico y finalmente sería más pobre que las demás teorías científicas respecto a su capacidad de predicción y por tanto su contrastabilidad. Podríamos citar a Scriven³ como representante de esta posición.

Los ataques al carácter científico de la biología y, más concretamente, a la teoría de la evolución han tenido al menos un efecto positivo. En los últimos años ha existido un incremento de los estudios destinados a investigar la estructura de la teoría de la evolución. En general la filosofía de la biología, que seguramente era el pariente pobre de la filosofía de la ciencia, ha cobrado nuevo impulso, que se manifiesta incluso en la aparición de nuevas revistas especializadas, como *Biology and Philosophy*.

A pesar del avance que han supuesto estas aportaciones para la comprensión de la teoría de la evolución, quedan muchas cuestiones abiertas, no sólo por la complejidad del tema, sino porque las ciencias de la evolución son un

campo en continua transformación. Pensemos, por ejemplo, en el impacto de la genética molecular en las ciencias de la evolución.

En el presente trabajo me he propuesto estudiar la estructura de la teoría de la evolución centrándome en la obra histórica de Darwin, principalmente en *El origen de las especies*, aunque haciendo también referencia a la moderna teoría de la evolución. Pueden darse varias justificaciones de la opción de prestar especial atención a la obra histórica de Darwin. El primer motivo es la indiscutible importancia de Darwin como fundador de la biología moderna. Creo que la referencia a Darwin no carece de utilidad: muchas de las acusaciones que se han formulado contra la teoría de la evolución, por ejemplo la incapacidad de hacer predicciones, me parecen injustas no sólo respecto a la moderna teoría de la evolución, sino incluso referidas a la teoría propuesta por Darwin. Finalmente, analizar la exposición de una teoría en un momento histórico pasado, puede ser un comienzo modesto y realista para continuar luego posteriores análisis de teorías más complejas. Intentar, por ejemplo, la reconstrucción axiomática de todas las disciplinas evolutivas en su conjunto es una pretensión poco realista y seguramente condenada al fracaso en el momento actual. Pero esto no significa que no pueda intentarse la reconstrucción de pequeños sectores, como ha hecho Williams⁴ con la teoría darwinista de la evolución o bien Balzer y Dawe con la genética clásica y la genética molecular⁵. La reconstrucción de estas piezas no debe considerarse un capricho axiomaticista, sino que puede contribuir al conocimiento global del campo.

Etapas de la teoría de la evolución

He dicho que el objetivo de este libro es un análisis de la estructura de la teoría de la evolución con especial referencia a Darwin. Por tanto la descripción del alcance del darwinismo debe ser uno de los resultados. Pero para precisar los términos usados son convenientes unas consideraciones elementales sobre las etapas de la teoría de la evolución. Cuando Darwin publicó *El origen de las especies* en 1859 la idea de la evolución no era nueva. En la *Filosofía zoológica* de Lamarck (1809) había ya una visión global de la doctrina de la evolución. Poco antes de la obra de Darwin adquirió gran popularidad el libro de Chambers, publicado anónimamente en 1844, *Vestigios de la historia natural de la creación*. No obstante su popularidad, en la década de los cuarenta la obra de Chambers recibió duras críticas de los científicos⁶ y, aunque en la década de los cincuenta nuevas aportaciones científicas prepararon la aceptación de la evolución, la comunidad científica no aceptó el evolucionismo hasta la aparición de la obra de Darwin. Podemos mencionar dos factores que facilitaron el éxito del evolucionismo de Darwin como teoría científica: el soporte empírico que podía aducir en favor de la evolución y la estructura explicativa de su teoría. El mismo Darwin manifiesta en su autobiografía: «Se ha dicho en ocasiones que el éxito del *Origen* demostró “que el tema estaba en el aire”, o “que la mente de la gente estaba preparada para

dicho tema". No creo que esto sea estrictamente cierto, pues a veces sondeé a no pocos naturalistas, y nunca di con uno solo que pareciera dudar de la permanencia de las especies. Ni siquiera Lyell y Hooker parecían estar de acuerdo, aunque me escuchaban con interés. En una o dos ocasiones intenté explicar a hombres capaces lo que entendía por selección natural pero fracasé notoriamente. Lo que era absolutamente cierto es que innumerables hechos perfectamente observados estaban esperando en las mentes de los naturalistas, listos para ocupar su puesto tan pronto como se explicara suficientemente una teoría que los abarcara»⁷. A pesar de que existen actualmente defensores de algunos aspectos de la obra de Lamarck⁸, podemos considerar que la moderna teoría científica de la evolución comienza con la obra de Darwin. Podemos distinguir tres etapas: el darwinismo, el mutacionismo y la teoría sintética de la evolución.

La publicación de *El origen de las especies* supone la aparición de una teoría sobre la evolución y no la mera formulación de una hipótesis. Los errores y limitaciones de la obra de Darwin no justifican la consideración de que el mérito principal de Darwin sería haber introducido una visión naturalista de la biología. Manser⁹, por ejemplo, considera que la peculiaridad de *El Origen* es el haber propuesto un mecanismo para explicar cómo se forman las nuevas especies a partir de las existentes sin invocar un *deus ex machina* externo. Rosenberg¹⁰ opina que la importancia de la teoría de Darwin radica en que permite al biólogo considerar los fenómenos naturales precisamente como naturales. Frente a esta visión, que tiende a reducir el alcance de la teoría de Darwin, tanto el análisis de su obra como el testimonio de los modernos estudios sobre Darwin permiten pensar que estamos ante una teoría bastante estructurada.

Aunque la teoría darwinista presupone la existencia de la herencia y de la variación, éste es uno de los puntos más débiles de su exposición. En la época de Darwin las leyes básicas de la herencia fueron formuladas por Mendel, pero sólo al ser redescubiertas, a principios del siglo xx, influyeron en la teoría de la evolución. La existencia de factores hereditarios discontinuos y particulares fue interpretado como una dificultad para el gradualismo que impregnaba la concepción darwinista. De Vries, Bateson y Morgan propusieron el mutacionismo como alternativa a la teoría de la selección natural.

El nacimiento de la genética de poblaciones gracias a los trabajos de Fisher, Haldane y Wright, que trataron de los cambios de las frecuencias génicas de las poblaciones, permitieron reconciliar la teoría cromosómica de la herencia con la teoría darwinista, ya que permitían considerar la evolución de las poblaciones como la propagación de los caracteres favorables. Se suele considerar la obra de Dobzhansky *Genetics and the Origin of Species* (1937) como el origen de la teoría sintética de la evolución. La moderna síntesis ha permitido estudiar otro tipos de evolución no previstos por Darwin como la selección equilibradora y direccional, descubrir otros mecanismos que regulan la evolución, pero al mismo tiempo ha permitido comprender mejor la obra de Darwin. Provine, al hacer un balance de la moderna síntesis, afirma que el período 1859-1929 aparece dominado por la ignorancia e incapacidad de

entender lo que dijo Darwin¹¹. Por ello creo que hacer una especial referencia a Darwin, al estudiar la estructura de la teoría de la evolución, tiene no sólo un interés histórico, sino que sirve de introducción al tema más general y complejo.

¹ Caplan. (1978), p. 261.

² Manser. (1965).

³ Scriven. (1959).

⁴ Williams. (1970).

⁵ Balzer y Dawe. (1986, a) y (1986, b).

⁶ Ruse. *La revolución darwinista*. Alianza, 1983, p. 140.

⁷ Darwin. *Autobiografía y cartas escogidas*. Madrid, Alianza, 1984², p. 90.

⁸ Boesiger, E. «Teorías evolucionistas posteriores a Lamarck y Darwin» en Ayala y Dobzhansky (Eds.). *Estudios sobre la filosofía de la biología*, Ariel, 1983, pp. 45-74.

⁹ Manser. (1965), p. 19.

¹⁰ Rosenberg. (1983), p. 466.

¹¹ Mayr y Provine. (1980), p. 400.

LOS MODELOS EPISTEMOLÓGICOS

La filosofía de la biología ha tenido menor desarrollo que la filosofía de la física o de otras ciencias particulares. En parte se debe a que es una ciencia relativamente reciente, ya que hasta el siglo XIX tenía un carácter preferentemente descriptivo. En parte se debe a la complejidad del tema. Pero no puede olvidarse una de las causas de su menor desarrollo, el uso de unas herramientas epistemológicas inadecuadas. Por este motivo me parece interesante examinar brevemente los modelos epistemológicos usados para abordar el análisis de la teoría de la evolución y, en la medida de lo posible, evaluar su rendimiento.

Evidentemente no todos los autores que han tratado de la estructura de la teoría de la evolución se adscriben a una corriente epistemológica determinada. Pero en los últimos años han aparecido análisis realizados desde perspectivas epistemológicas determinadas.

La posición heredada

Según la posición heredada podemos concebir una teoría científica como un conjunto de enunciados formulables en el lenguaje de la lógica de primer orden. Los términos no lógicos pueden dividirse en términos observacionales y términos teóricos. El aparato matemático auxiliar forma parte de la teoría. La teoría se concibe como un cálculo deductivo: existen unos postulados teóricos y unas reglas de correspondencia, que permiten la interpretación de los términos teóricos. Se concibe la teoría como una estructura deductiva perfecta. A pesar de las modificaciones a que fue sometido este esquema para evitar algunas de las objeciones¹, no pudo evitar ser desplazado por las nuevas concepciones. La concepción sintáctica de las teorías se había mostrado eficaz para el estudio de la metamatemática. Pero, si ya era inadecuada para describir la estructura de las teorías físicas, mucho menos apta tenía que ser para reconstruir las teorías biológicas.

La concepción heredada, aplicada a la biología, ha producido dos tipos distintos de efectos indeseables: o bien esforzarse en producir construcciones axiomáticas esmeradas pero poco relacionadas con la teoría científica real o bien un desprecio por la articulación y madurez actual de la biología.

Como ejemplo del primer tipo de peligro podríamos citar la obra de Woodger². Por más que se reconozca a Woodger el carácter de pionero en el terreno de axiomatización de la biología, suele criticarse la desconexión de sus construcciones con la teoría biológica actual¹. Especialmente problemática es su opción de prescindir de la matemática.

Una muestra del segundo tipo de peligro es la obra de Smart. Su ideal de axiomatización científica no dista mucho del de la concepción heredada: «Cualquier teoría matemática axiomatizable puede ser expresada en la terminología de la lógica de predicados añadiendo al vocabulario de la lógica de predicados determinados predicados constantes, e introduciendo determinados axiomas que impliquen estos predicados constantes. Consideraré que esto es así respecto a cualquier teoría de la física, aun cuando en la realidad no sea tarea sencilla axiomatizar una teoría de este modo, incluso en casos relativamente manejables, como se podría ver con claridad, examinando la axiomatización del caso relativamente sencillo de la mecánica de partículas clásica de McKinsey, Sugar y Suppes»⁴. Smart ya es consciente de la dificultad de aplicar este ideal a la física, pero en el caso de la biología resulta imposible. Para Smart gran parte de la biología es de carácter histórico: es *historia natural*⁵. Las leyes biológicas no son leyes absolutamente universales, sino que tienen excepciones y mencionan directa o indirectamente el planeta Tierra. La cuestión fundamental para Smart es si se puede formular una proposición biológica que no sea ni química ni historia. Podría considerarse verdadera en todo tiempo y en todo lugar una proposición como: «siempre que en el universo exista vida y exista un medio ambiente cambiante tendrá lugar la evolución»⁶. Pero se trataría de una afirmación demasiado vaga para ser una verdadera ley biológica. La situación sería distinta si nuestros conocimientos bioquímicos fueran mayores de lo que son en la actualidad. Desde mi punto de vista, una de las causas que inducen a Smart a tener un concepto tan pobre de la biología es la asunción de un concepto de teoría científica demasiado exigente, de acuerdo con la concepción heredada. El aparato matemático, las teorías auxiliares y las reglas de correspondencia forman parte de la teoría. La concepción semántica y estructuralista de las teorías, al distinguir entre estructura matemática de la teoría y modelos de la teoría, permite diluir el principal argumento de Smart, puesto que sólo al indicar los modelos propuestos se hace alusión a nombres concretos. Ello permite considerar las leyes biológicas como verdaderas leyes, aunque normalmente de carácter estadístico.

La incapacidad de la posición heredada de explicar la estructura de la teoría de la evolución y en general de la biología, ha permitido reacciones a mi entender exageradas en el sentido de postular un abismo o separación total entre la biología y las ciencias físico-químicas. La filosofía de la biología podría interpretarse como un refugio seguro para las posturas contrarias al

análisis lógico. Podríamos mencionar a Skolimowski⁷ como ejemplo de esta actitud: Skolimowski sostiene que la racionalidad positivista, inspirada en la física, es incapaz de acomodarse a la fluidez y desdibujamiento de la vida. Por ello propone reconstruir la noción de racionalidad evolutiva, como inversión de las características de la racionalidad positivista.

Un análisis detenido permite llegar a la conclusión de que la diferencia entre la biología y otras ciencias naturales es una cuestión de grado. Por otro lado no puede olvidarse que la concepción heredada ha sido criticada también desde la filosofía de la física o de la filosofía de la ciencia en general. El negar que la biología sea refugio seguro para los que sustentan la imposibilidad de todo análisis lógico tiene dos consecuencias. La primera es que no hay que echar por la borda todo lo que desde la posición heredada se ha escrito sobre biología. Por ejemplo, el cap. XII de *La estructura de la ciencia* de Nagel es digno de atención. Por otro lado no se puede acusar de uniformista o de estar encuadrado en la llamada posición heredada a los autores que como M. Ruse o M. Williams defienden el carácter deductivo de la teoría de la evolución, como parece ser la opinión de Caplan⁸. Defender que la biología tiene, al menos parcialmente, una estructura deductiva no supone propugnar un uniformismo absoluto ni compartir todos los dogmas del positivismo lógico.

La metodología de Popper

Popper adoptó desde un principio una actitud crítica respecto a la filosofía del empirismo lógico, principalmente rechazando todo criterio de significado y combatiendo el inductivismo. A pesar de ello, coincide con la llamada posición heredada en muchos de los supuestos que han sido combatidos por la nueva filosofía de la ciencia. Su epistemología mantiene la distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación. Su concepción del desarrollo de la ciencia es más bien la de un desarrollo acumulativo y continuo, ya que en cada nuevo ciclo aparecen nuevos problemas, pero se recogen los hallazgos del ciclo anterior. Incurre en la concepción micrológica, para usar la expresión de Stegmüller⁹. Finalmente su convencionalismo no le impide creer que existe una base observacional sólida, sobre la que se produce el acuerdo de los científicos y permite la comparatividad de las teorías.

Existen razones para englobar a Popper en la posición heredada, considerada en el apartado anterior. A pesar de ello, al tratar de calibrar cómo se comportan las distintas concepciones epistemológicas al enfrentarse con la teoría de la evolución, Popper merece una mención aparte. Su rechazo del inductivismo y su énfasis en el método hipotético-deductivo permiten destacar aspectos muy característicos del método de Darwin.

El esfuerzo de Darwin en acumular información empírica en favor de su teoría, podría dar la impresión de sustentar una metodología inductivista. En repetidas ocasiones Darwin ha señalado el carácter deductivo de sus teorías¹⁰. Varios autores han destacado el carácter deductivo del método de Darwin.

Ghiselin afirma: «A menos que se entienda esto —que Darwin aplicó rigurosa y consistentemente el moderno método científico hipotético deductivo— no se pueden apreciar sus logros. No hay que atribuir todos sus logros científicos a la recolección de hechos, sino al desarrollo de una teoría». Y poco después comenta: «En los últimos años, gracias especialmente a la obra de Popper, se ha hecho cada vez más popular la idea de que la ciencia avanza en su mayoría no sólo porque se acumule evidencia favorable a la hipótesis, sino también por los intentos de refutarla»¹¹:

De todas formas no hay que entender el método deductivo de Darwin como un método puramente especulativo. Como señala Mayr en la introducción a la edición facsímil de la primera edición del *Origen*¹², Darwin parte de unas primeras observaciones, para proceder a continuación a la elaboración de unas hipótesis explicativas y finalmente regresar a la observación para la contrastación de los modelos elaborados. La especulación ha de orientar tanto la planificación de experimentos como la acumulación de nuevas observaciones.

El enfoque hipotético-deductivo permite explicar satisfactoriamente algunos de los logros científicos de Darwin. Quizá el caso más significativo es la teoría de los arrecifes de coral. Darwin formuló en 1835 su teoría sobre la formación de los arrecifes de coral sin haber visto todavía ningún atolón. Durante el viaje del *Beagle*, Darwin leyó el volumen I de los *Principles of Geology* de Lyell y asimiló completamente sus principios: el actualismo, el uniformismo y el equilibrio dinámico. Pero ello no le impidió criticar algunas teorías de Lyell. Precisamente en el caso de los atolones, el punto de partida es la crítica de la teoría de Lyell de que los atolones se habían formado sobre conos volcánicos. Puesto que los corales sólo se forman hasta una profundidad de 25 m. sería sumamente improbable que tantos conos volcánicos sumergidos tuvieran la misma profundidad. Darwin concibe una nueva hipótesis, precisamente a partir de los principios de la geología de Lyell. Compensando unas zonas de vulcanismo activo con elevación de terrenos, existirán otras zonas de hundimiento. Si suponemos que una isla con arrecifes de franja se va hundiendo, la creación de corales compensará el hundimiento. En una segunda fase el arrecife tendrá la forma de barrera separada de la costa. Finalmente el progresivo hundimiento de la isla con el crecimiento de los corales, dará lugar a los típicos atolones con una laguna interior. Una vez concebida la nueva hipótesis, ésta puede ser sometida a contrastación, tratando de deducir consecuencias contrastables. Darwin construyó un mapa de las zonas hipotéticas de ubicación de atolones, que consideró que coincidía razonablemente con los datos que pudo reunir.

La metodología de Popper, y en general la concepción hipotético-deductiva, permite explicar algunos rasgos del método de Darwin, por ejemplo la importancia de la biogeografía en la concepción y demostración de la teoría de la evolución por selección natural. No es extraño que Popper creyese coincidir con las ideas epistemológicas de Darwin¹³.

Pero también hay que reconocer que la metodología de Popper es incapaz de dar cuenta de otros aspectos del método y actitud de Darwin. La principal razón es que, aunque mantenga alguna ambigüedad, Popper tiene una idea

excesivamente simple de teoría científica, tendiendo a identificar las teorías con enunciados concretos. Pero la teoría de la evolución, aunque contenga enunciados centrales, como la ley de selección natural, es una teoría de una gran complejidad. Reconociendo que la concepción hipotético-deductiva permite comprender mejor la obra de Darwin que una actitud meramente inductivista, hay que reconocer también las limitaciones de la concepción popperiana, cuando se enfrenta con teorías complejas. Por un lado podemos ver a Darwin comportarse contra los cánones popperianos al postular ad hoc la antigüedad necesaria de la tierra para permitir el desarrollo de la evolución o al recurrir a la pobreza del registro geológico para escapar a la falsación de su teoría. Resulta demoledor para la epistemología de Popper que la ciencia moderna haya dado la razón a Darwin en dos temas que tenían un indiscutible resabio de explicación ad hoc. Por otro lado la identificación de la teoría de la evolución con su enunciado central —la ley de selección natural— llevó a Popper a una mala comprensión del darwinismo y a la acusación de que la teoría de la evolución es tautológica. Examinaremos con más detalle este tema al tratar de la contrastabilidad de la teoría de la evolución.

Kuhn y la revolución darwinista

Al recorrer los distintos modelos epistemológicos para examinar hasta qué punto permiten una mejor comprensión del desarrollo y estructura de la teoría de la evolución, es inevitable una referencia a Kuhn. En primer lugar es indiscutible la influencia de Kuhn en la filosofía de la ciencia de los últimos veinte años, siendo uno de sus rasgos distintivos la insistencia en los cambios revolucionarios de paradigma, frente a la concepción continuista que predominaba antes de Kuhn. En segundo lugar es difícil encontrar una transformación de esquemas conceptuales más radical que la introducida por Darwin y que sea acreedora con mayores méritos al calificativo de revolución. A pesar de ello, resulta difícil considerar la revolución darwinista como ejemplo típico del proceso revolucionario descrito por Kuhn en *La estructura de las revoluciones científicas*. No hay alusiones a Darwin en los capítulos que tratan sobre la crisis, la necesidad de las revoluciones, o la revolución como cambio de concepción del mundo, a pesar de los numerosos ejemplos allí mencionados. Kuhn menciona a Darwin en el capítulo XIII, al tratar del progreso a través de las revoluciones, para señalar el enorme parecido entre el cambio de concepción promovido por Darwin en biología y el cambio de concepción epistemológica propuesto por Kuhn. Al menos en algún aspecto nos propone una epistemología darwinista.

Kuhn rechazó toda concepción realista que conciba que los cambios de paradigma nos acercan progresivamente a la verdad. Ello no le impide admitir que las etapas sucesivas están caracterizadas por una comprensión de la naturaleza cada vez más detallada y refinada. Pero este refinamiento creciente no obliga a admitir una meta prefijada. En apoyo de su epistemología Kuhn alude al paralelismo entre la revolución darwinista y el cambio de concepción

epistemológica que nos propone: «No puedo especificar todavía con detalle las consecuencias de esta concepción alternativa del avance científico. Puede ser de ayuda que el cambio conceptual recomendado aquí es muy parecido al que emprendió el Occidente hace precisamente un siglo». Para Kuhn la principal dificultad con que chocó Darwin era la aceptación de una evolución sin ninguna meta prefijada. «Todas las conocidas teorías evolucionistas pre-darwinistas —las de Lamarck, Chambers, Spencer y los *Naturphilosophen* alemanes— habían considerado que la evolución era un proceso dirigido a un fin»¹⁴. En *El origen de las especies* Darwin defendió que podían crearse órganos maravillosamente adaptados sin una meta o plan preestablecido. Lo mismo puede proponerse respecto al desarrollo de la ciencia: «Las sucesivas etapas en el proceso de desarrollo están caracterizadas por un crecimiento en la articulación y la especialización. Pero todo el proceso puede haber ocurrido, tal como ahora suponemos que ocurrió en la evolución biológica, sin el beneficio de una meta decidida de antemano, una verdad científica permanentemente fija, de la cual cada etapa en el desarrollo del conocimiento científico fue aun ejemplo mejor»¹⁵. Creo que estas citas demuestran suficientemente que es indiscutible el aprecio que Kuhn siente por Darwin y el reconocimiento de que la revolución darwinista supuso un cambio profundo de esquemas conceptuales.

Pero parece innegable que en la revolución darwinista se dan caracteres atípicos, se dan circunstancias que hacen que la descripción kuhniana de las revoluciones científicas resulte demasiado simple.

Me limitaré a señalar algunos de estos rasgos atípicos. Aunque en la época de Darwin el evolucionismo era popular entre los profanos, era en cambio rechazado por la comunidad científica y no sin ningún motivo, dadas las defectuosas presentaciones que tuvo el evolucionismo (pensemos en la obra de Chambers)¹⁶. Darwin logró convertir la comunidad científica al evolucionismo, tanto por las sólidas pruebas aportadas a favor del evolucionismo, como por el cuidado en prever y contestar las dificultades de su teoría. El éxito obtenido por Darwin —basta recordar las numerosas ediciones de su obra— podría hacer pensar que la revolución darwinista se consumó en vida de Darwin. Efectivamente, si tomamos un campo muy restringido, puede que así sea. En el caso de la biogeografía, la concepción sostenida incluso por Lyell de la existencia de centros de creación, completada con la acción de la extinción, confinamiento y migración, fue substituida por la especiación a través de la reproducción. Pero si tomamos la idea central del evolucionismo de Darwin, a saber, la teoría de la selección natural, vemos que encontró numerosas resistencias en la comunidad científica.

Bowling en *El eclipse del darwinismo* ha señalado alguno de estos caracteres atípicos de la revolución darwinista¹⁷. La teoría que acabará imponiéndose se vio eclipsada durante algún tiempo por las teorías rivales. El darwinismo tuvo una popularidad oscilante y era capaz de ganar adeptos a pesar de tener problemas sin resolver. Si consideramos el 1900 como una época de crisis, la solución a la crisis no fue la imposición de una de las dos escuelas, para constituirse en un nuevo paradigma. Las dos principales teorías ri-

vales —el darwinismo y el mendelismo— acabaron fusionándose en la teoría sintética de la evolución.

Pero reducir las alternativas al darwinismo y al mendelismo, por ser los dos principales componentes de la teoría sintética de la evolución, es todavía simplificar las cosas. En el prólogo a *Evolutionary Synthesis* dice Mayr: «La interpretación darwinista (seleccionista) de la evolución es hoy casi tan universalmente aceptada entre los biólogos, que la presente generación de evolucionistas difícilmente puede comprender la oposición que la teoría de la selección natural encontró todavía en la década de 1920 y la de 1930. Durante este período, casi todos los principales tratados sobre la evolución,... eran más o menos antiseleccionistas»¹⁸. Y a continuación cita cinco escuelas en competición durante aquellos cinco años, no sin advertir que se trata de una simplificación.

Finalmente en opinión de Mayr tampoco la moderna síntesis evolucionista puede considerarse una revolución. «Si una “revolución científica” se define como la aparición de algo drásticamente nuevo, entonces la síntesis no puede calificarse como una revolución. Ciertamente, en sus más importantes componentes la síntesis es notoriamente semejante a la teoría original de Darwin de 1859»¹⁹. Porque, más que aportar nuevos hechos, lo que ha hecho es quitar los malentendidos.

En resumen podríamos considerar que el proceso que va desde la aparición del *Origen* en 1859 hasta la moderna síntesis de 1940 es un proceso revolucionario, que sigue unos caminos más tortuosos que los sugeridos por la descripción de Kuhn.

Además de la descripción de los cambios revolucionarios hay otros muchos aspectos en la obra de Kuhn que merecen atención y que pueden ser de utilidad para el análisis de la teoría de la evolución. Kuhn no se limitó a criticar la concepción heredada sino que propuso una nueva concepción de teoría empírica, basada en el concepto de paradigma. El paradigma es una nueva unidad superior y más amplia para un análisis adecuado de las ciencias empíricas. El paradigma, o conjunto de paradigmas compartidos, es lo que explica la relativa unanimidad de los juicios profesionales. «Los propios científicos dirían que comparten una teoría o conjunto de teorías y me alegraría si el término teoría pudiese finalmente recobrase para este uso. Sin embargo tal como se usa normalmente en filosofía de la ciencia, “teoría” connota una estructura mucho más limitada en su naturaleza y alcance que la requerida aquí»²⁰. Siguiendo las aclaraciones y precisiones de vocabulario que aparecen en el «Postscript-1969», la matriz disciplinar designa la posesión común compartida por los científicos, dentro de la que pueden señalarse principalmente cuatro tipos de componentes: las generalizaciones simbólicas, las creencias en modelos particulares, los valores y los ejemplares. Es notoria la ampliación del concepto de teoría empírica, puesto que la concepción heredada atendía principalmente a lo que Kuhn llama generalizaciones simbólicas.

Ese concepto amplio de teoría empírica, junto con la importancia dada a la presentación de las aplicaciones a través de ejemplos, han permitido un concepto más complejo de la contrastación de teorías, alejado de la simplici-

dad del esquema de falsación popperiano. Esta concepción refinada del proceso de contrastación será de utilidad para discutir la contrastabilidad de la teoría de la evolución. Porque, al margen de los malentendidos que pudieran existir sobre la teoría de la selección natural, la acusación de ser tautológica, que ha soportado la teoría de la selección, se debe en parte a un concepto demasiado simple de falsación. No puede confundirse la contrastación de una teoría con la contrastación de una hipótesis aislada.

Hay que advertir que otros autores después de Kuhn han defendido esta concepción amplia de teoría junto con la relativa inmunidad de la teoría a la falsación. Los programas de investigación de Lakatos cumplen análoga función. Finalmente el estructuralismo, aunque inspirado por otras preocupaciones, ha precisado y racionalizado algunas de las principales ideas de Kuhn²¹. Como es conocido, Kuhn juzgó con bastante benevolencia la interpretación de sus ideas por parte de Sneed y Stegmüller, en parte porque iluminan algunas de sus herejías características²². Kuhn valora positivamente que el formalismo de Sneed permita la unidad de la teoría al existir unas leyes básicas compartidas por todas las aplicaciones de la teoría aunque restringidas por las condiciones de ligadura y reconoce la importancia de la existencia de distintas aplicaciones para la determinación del contenido empírico de la teoría²³.

Lakatos y los programas de investigación

Lakatos escribió sus más influyentes artículos, particularmente «Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes»²⁴, cuando *La estructura de las revoluciones científicas* de Kuhn había causado suficiente impacto y diferentes interpretaciones para dar ocasión de escribir el *Post-script-1969*. Lakatos comparte con Popper la idea de que hay que construir una epistemología normativa, pero reconoce que tanto el inductivismo como el falsacionismo fracasan en su intento de encuadrar la actividad científica. Por ello la unidad de falsación no puede ser la teoría aislada, sino la sucesión de teorías que forman un programa de investigación. Dada una sucesión de teorías existen cambios de problemas teóricamente progresivos, si existe un exceso de contenido empírico respecto a la fase anterior. El cambio de problemas es además empíricamente progresivo, cuando el excedente de contenido está corroborado. El programa de investigación está caracterizado por la heurística negativa y la heurística positiva. La heurística negativa determina el núcleo firme del programa de investigación, que se considera irrefutable por una convención implícita. En lugar de proceder a su refutación, la investigación científica construye un cinturón protector alrededor del núcleo, que contiene hipótesis auxiliares que lo defienden de la falsación. La heurística positiva proporciona la dirección de la investigación dentro del programa al dar normas metodológicas para modificar el cinturón protector. Lakatos trata de combatir el relativismo de Kuhn sosteniendo que es irracional mantener un programa claramente degenerativo.

En su esfuerzo por racionalizar el cambio científico Lakatos exagera proba-

blemente sus diferencias respecto a Kuhn, a pesar de que las coincidencias son notorias en algunos puntos fundamentales. En primer lugar sostiene una unidad de evaluación más amplia que la antigua concepción de teoría como conjunto de enunciados, de manera que sus programas de investigación tienen un claro paralelismo con los paradigmas kuhnianos. En segundo lugar admite, igual que Kuhn, una cierta inmunidad de la ciencia empírica a la falsación. En tercer lugar Lakatos reconoce que no es fácil evaluar cuando un cambio de problemas es degenerativo, como tampoco es fácil determinar cuando las anomalías de Kuhn provocarán una crisis y un nuevo paradigma. Estos puntos comunes explican que, al aplicar tales modelos a la teoría de la evolución, los resultados sean semejantes en algunos puntos. Por ejemplo, frente al problema de la contrastabilidad de la teoría de la evolución, lo esencial es disponer de una noción amplia de teoría y un concepto complejo de contrastación, siendo coincidentes en este punto las propuestas de Kuhn, Lakatos o del estructuralismo.

Los planteamientos de Lakatos son más útiles para estudiar los cambios producidos en una disciplina que para analizar sus contenidos. Es digno de mención el artículo de Michod, en el que intenta poner de relieve la racionalidad de biología evolucionista de acuerdo con el modelo de Lakatos de los programas de investigación²⁵. Su objetivo es analizar el desarrollo del programa de investigación de la genética de poblaciones, de acuerdo con el modelo de Lakatos, tarea que cree que puede realizarse con naturalidad.

El núcleo firme de la genética de poblaciones es asumir que la evolución consiste en un cambio de la frecuencia de los genes. Posteriormente se amplió este núcleo firme, considerando que la modificación de los genes, además de su frecuencia, contribuyen a la evolución. En cambio para Michod el proceso de adaptación no formaría parte del núcleo firme, sino que sería relegado al cinturón protector, dado que los cambios de frecuencia producidos por la evolución no siempre conducen a la adaptación.

La heurística positiva la constituyen los distintos modelos matemáticos de la genética del poblaciones, que han demostrado su poder heurístico, orientando nuevas investigaciones. El modelo matemático más usado es el modelo mendeliano de un solo locus, expresado en la ley de Hardy-Weinberg, que dice que, en ausencia de fuerzas externas, la frecuencia de los genes permanece constante a través del proceso de herencia. Si hay sólo dos alelos *A* y *a*, con las frecuencias *p* y $(1-p)$ respectivamente, entonces las frecuencias de los tres genotipos son las siguientes:

$$\begin{array}{ccc} AA & Aa & aa \\ p^2 & 2p(1-p) & (1-p)^2 \end{array}$$

Naturalmente este modelo no es realista y resultaría fácilmente refutable, no sólo por la simplificación de tomar en cuenta un solo locus, sino por la suposición de que no existen fuerzas selectivas, migración etc... Cuando se toma en cuenta la presión selectiva, la ley toma una forma más compleja. El poder heurístico de la ley de Hardy-Weinberg se manifiesta al orientar nuevas

investigaciones. «Cada fuerza que podía alterar el equilibrio de Hardy-Weinberg tenía que ser investigada matemáticamente»²⁶. A partir de este modelo es posible calcular el número de generaciones necesario para un cambio determinado de la frecuencia de alelos, dados el coeficiente de selección o diferencia en la eficacia biológica. La consecuencia fue comprobar que se necesitaban períodos de tiempo relativamente cortos para cambiar la frecuencia de alelos. De esta forma el gradualismo, que caracterizaba al evolucionismo darwinista, recibió un inesperado aliado de la genética de poblaciones mendeliana. Posteriormente se incorporaron al modelo la mutación, la superioridad del heterocigótico con el resultado del polimorfismo equilibrado, el efecto de la migración y la deriva. La consecuencia extraída por Michod es que la relevancia de las leyes de Mendel para la evolución no fueron comprendidas hasta ser investigadas con estos modelos matemáticos. «Las leyes de Mendel no eran la evolución, y los datos sobre las relaciones de segregación no tenían ningún significado para la evolución si no estaban situadas en un marco que revelase su significado. La construcción de este marco era y es la función de la heurística positiva»²⁷.

Entre las valoraciones de Michod podemos mencionar que el modelo de Lakatos permitiría explicar la coexistencia de las teorías seleccionistas y neutralistas. La teoría neutralista ha inspirado y guiado investigaciones, siendo todavía prematuro afirmar si es un programa progresivo o degenerativo. También resulta interesante su tratamiento de la supuesta circularidad del concepto de *fitness* (eficacia biológica). «Las leyes de Newton tienen poco contenido empírico sin ser suplementadas con hipótesis subsidiarias,... Lo mismo ocurre en la teoría de la evolución. El concepto de *fitness*, presentado abstractamente en el modelo (2) (variación de las frecuencias de los genotipos cuando hay presión selectiva) carece de contenido empírico a menos que sea suplementado con las causas ecológicas que llevan a cabo los cambios genéticos (por ejemplo, competición, depredación, mecánica del crecimiento de la población, etc.)»²⁸.

Permítaseme unas breves reflexiones críticas sobre la aplicación del modelo de Lakatos al desarrollo de la biología evolucionista. Hay que valorar positivamente que permita presentar de forma racional el desarrollo de la genética de poblaciones y sus sucesivas ampliaciones.

El modelo de Lakatos permite un análisis del cambio producido, pero no contiene elementos suficientes para analizar las estructuras que van cambiando. No hay que oponer antagónicamente el análisis estructural y la dinámica de teorías. Por ejemplo, si se quiere discutir el problema de la reducción de teorías, sin limitarse a repetir generalidades, es necesario un análisis lo más detallado posible de la teoría reducida y de la teoría reductora. En este sentido la concepción estructuralista de las teorías recoge muchas de las intuiciones de Kuhn y de Lakatos (que no son enteramente contrapuestas) procurando hacer una exposición precisa de las mismas.

Respecto al uso que hace Michod del modelo de Lakatos, es muy discutible su decisión de colocar el proceso de adaptación en el cinturón protector y no en el núcleo firme. En todo caso Michod nos cuenta sólo una parte de la

historia. Parece indudable que la teoría sintética de la evolución es una síntesis que recoge los mejores elementos de varias tradiciones de investigación, y que la moderna teoría sintética, según la opinión citada de Mayr¹⁹ es notoriamente semejante a la teoría original de Darwin de 1859.

La concepción semántica

Uno de los puntos clave de la concepción heredada es la concepción sintáctica de las teorías. Una teoría era concebida como un lenguaje formal, que determinaba el conjunto de expresiones bien formadas, al que se añadía un sistema axiomático, que delimitaba la tesis admisibles en la teoría. Esta concepción lingüística de las teorías resultó muy fecunda para el estudio de las propiedades de los sistemas formales, pero se demostró inapropiada para la caracterización de las teorías empíricas. Hemos defendido que en el caso de la biología esta incapacidad era, si cabe, mayor. Algunos autores como Kuhn y Lakatos no se limitaron a criticar la posición heredada, sino que han realizado sus propias propuestas. De una forma más detallada y técnica, tanto la concepción semántica desarrollada por Van Fraassen como la estructuralista desarrollada por Sneed, han realizado nuevas formulaciones de la idea de teoría empírica. A pesar de sus puntos de contacto (el rechazo de la concepción sintáctica de teoría, la común influencia de Suppes) vamos a considerarlas en apartados separados tanto por sus diferencias teóricas como por el tipo diferente de trabajos que han inspirado en el caso de la biología evolucionista.

La concepción semántica de teoría empírica se inspira en Beth y ha sido desarrollada principalmente por Van Fraassen²⁹ y por Suppe³⁰. Parte de una distinción clara entre teoría y sistemas físicos. Un sistema físico, al que se pretende aplicar la teoría, se caracteriza por un conjunto de magnitudes físicas mensurables. Un sistema físico puede estar en diversos estados. Cada estado está determinado por los valores simultáneos de las magnitudes consideradas. Una teoría empírica es un modelo matemático usado para representar la conducta de ciertas clases de sistemas físicos. Las teorías pretenden especificar el comportamiento de los sistemas de entidades, especificando los cambios en un conjunto finito previamente especificado de variables. La teoría describe un sistema ideal, en el que se supone que las variables elegidas reciben un valor que no depende de circunstancias exteriores. Algunos autores llaman parámetro a la variable que recibe un valor fijo dentro del modelo y por tanto reduce la dimensionalidad del modelo.

Van Fraassen desarrolla el enfoque del espacio de estados, ya expuesto anteriormente por Beth. El modelo matemático usado para representar la conducta de ciertas clases de sistemas es un espacio de estados³¹. El espacio tiene tantas dimensiones como variables son tenidas en consideración. Cada vector de este espacio representa un estado. En el caso de la mecánica tendríamos un espacio de seis dimensiones, ya que tanto la posición como el momento quedan representados por una secuencia de tres números. La representación geométrica resulta intuitiva: los ejes de coordenadas representan las variables

y cada punto del espacio representa un estado del sistema. Esto permite caracterizar distintos tipos de leyes. Una ley determinista de coexistencia selecciona un subconjunto del espacio de estados. Un ejemplo de este tipo de leyes es la ley de Boyle para los gases ideales

$$PV=RT$$

Si tomamos R como una constante, esta ley selecciona como posibles un subconjunto de ternas de números reales (p, v, t) . Una ley determinista de sucesión selecciona las posibles trayectorias en el espacio de estados. Una ley estadística de coexistencia asigna una probabilidad a cada estado. Finalmente una ley estadística de sucesión supone que a partir de un cierto estado hay varias trayectorias que llevan a distintos estados, a cada uno de los cuales se asigna una probabilidad condicional.

Como la teoría es una idealización fallaría con frecuencia al aplicarla a circunstancias corrientes. Esto no significa una refutación de la teoría, que sólo pretende describir la conducta de sistemas físicos ideales. La contrastación de la teoría exige normalmente teorías auxiliares, para hacer posibles las predicciones, al determinar hasta qué punto la situación real se desviará de las situaciones idealizadas³².

En los últimos años la concepción semántica ha inspirado algunos estudios sobre la estructura de la biología evolucionista. Uno de los más interesantes es el de Lloyd³³, que trata de describir la estructura de la genética de poblaciones desde el punto de vista semántico. Toma como ley fundamental la ley de Hardy-Weinberg, que establece la frecuencia de los genotipos a partir de las frecuencias de los alelos. Distingue entre modelos deterministas y modelos estocásticos. En el caso de los modelos deterministas es posible calcular la composición de la población en el futuro, modificando la ley de Hardy-Weinberg, al introducir diversos parámetros, como el coeficiente de selección y la tasa de mutación. En los modelos estocásticos se establecen las probabilidades de varios estados finales posibles (por ejemplo la probabilidad de que un determinado alelo con coeficiente de selección S alcance la fijación o frecuencia 1). La necesidad de usar modelos estocásticos es mayor, si el tamaño de la población es menor. Al analizar estos modelos desde el punto de vista semántico, la primera cuestión que se presenta es la de los espacios de estados a elegir. Considerando como estados de las poblaciones las frecuencias de los genotipos, el número de dimensiones depende de los posibles pares de alelos. El modelo de un sólo locus es muy simple, pero es poco realista. Con frecuencia la eficacia biológica relativa del genotipo en un locus depende de otros loci y con ello aumenta la dimensionalidad del espacio. Así para dos loci con dos alelos tendríamos una dimensionalidad 9, pero, si tomásemos en cuenta 3 loci con 3 alelos cada uno, la dimensionalidad sería 336. «Se ha destacado en esta discusión que, aunque un espacio de estados que incorpore los supuestos más realistas es deseable desde un punto de vista descriptivo, resulta matemática y teóricamente inmanejable»³⁴. Lewontin, que adopta el vocabulario de los espacios de estado³⁵, explica cómo bajo determinados su-

puestos el número de dimensiones puede disminuirse³⁶. Desde el punto de vista semántico la descripción de los tipos de espacios de estado que pueden usarse, es la descripción de la teoría.

Para analizar los modelos tiene gran importancia la elección y valoración de los parámetros. Siguiendo a Lewontin³⁷, entiende por parámetros los valores que no son por sí mismos función del tiempo o del estado del sistema. Un ejemplo típico sería el coeficiente de selección. Los valores de los parámetros tienen distintos efectos sobre los resultados de los modelos. Así por ejemplo los resultados obtenidos en el modelo determinista son casi insensibles a las variaciones de la tasa de mutación, en cambio el coeficiente de selección puede tener un efecto decisivo.

Finalmente Lloyd considera que, tanto en los modelos deterministas como estocásticos, las leyes tienen como marco común la ley de Hardy-Weinberg, que se diversifica al introducir distintos parámetros.

En resumen, presentar una teoría es presentar una familia de modelos relacionados.

Otro de los aspectos que hay que destacar positivamente en la concepción semántica es la distinción entre la teoría y sus aplicaciones. En la concepción heredada los procedimientos de aplicación de la teoría a los fenómenos formaban parte de la teoría a través de las reglas de correspondencia. Un cambio en la aplicación suponía formalmente un cambio de teoría. En la concepción semántica se supone una jerarquía de teorías entre la teoría y la situación experimental. Es interesante el artículo de Thompson, que desarrolla estas ideas y las aplica al caso de la sociobiología³⁸.

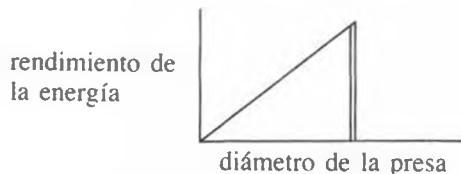
Desde la publicación de *Sociobiology: The New Synthesis*³⁹ la sociobiología ha sido objeto de numerosas críticas. No han faltado críticas de tipo ideológico⁴⁰, pero aquí interesa sobre todo referirse a las objeciones metodológicas. Se ha afirmado que la sociobiología es incontrastable ya que sus explicaciones son altamente especulativas y ad hoc, de forma que toda situación puede ser explicada. Thompson defiende que el problema de la contrastación de la sociobiología pertenece a las aplicaciones de la teoría y no a la misma teoría. La sociobiología estaría bien confirmada en su aplicación al reino animal y particularmente en los insectos, porque existe un marco teórico para sustentar la base genética de las características explicadas y se conoce, al menos parcialmente, la secuencia causal que conduce de la condición física al genotipo. En cambio en el caso de la sociobiología humana no existe este marco teórico, por lo que hay que ser más cautos en admitir las explicaciones sociobiológicas. Así, por ejemplo, en el caso de la explicación de la homosexualidad a través de la selección familiar, apelando a la capacidad de ayudar a los parientes próximos, hay que hacer constar que ni siquiera se considera suficientemente establecida la base genética de la homosexualidad. Mucho menos existe actualmente un marco teórico que relacione la conducta humana con los estados fisiológicos. Pero para la concepción semántica el someter a discusión una aplicación de una teoría, que tiene otras aplicaciones, no puede considerarse una refutación de la teoría.

En conclusión, la concepción semántica, concretamente la concepción del

espacio de estados, permite un análisis de la estructura de las teorías científicas, basado en el estudio del número y clase de variables y parámetros tenidos en cuenta, los tipos de leyes y cómo se relacionan. Como resultado de estos análisis la genética de poblaciones aparece como una teoría más unificada y compacta de lo que muchos filósofos pretendieron. También hay que valorar positivamente la distinción entre la teoría y sus aplicaciones, distinción compartida por el estructuralismo.

Este juicio, en general positivo, no impide tener una opinión más crítica sobre otras aportaciones realizadas a la filosofía de la teoría de la evolución desde la concepción semántica: concretamente los trabajos de Beatty⁴¹. Según Beatty uno de los principales defectos de la posición heredada es el problema del carácter nomológico (lawlike). Según la concepción heredada, una teoría científica consta de generalizaciones nomológicas. La opinión de Beatty es que tal vez existe una noción satisfactoria de ley, pero entonces nos encontramos con que no hay realmente leyes en la ciencia. «En la concepción semántica, las teorías no son enunciados acerca del mundo, mucho menos generalizaciones, mucho menos leyes. Mas bien las teorías son con frecuencia complejas descripciones definicionales de las diferentes clases de sistemas»⁴². Se muestra también contrario al modelo explicativo de Hempel para evitar el recurso a los enunciados nomológicos. Cree que el punto de vista semántico evita estos problemas: «La concepción semántica de las teorías puede parecer un paso muy grande a tener en cuenta precisamente para evitar el problema del carácter nomológico de la teoría de la evolución. ¿Por qué no construimos simplemente las teorías como generalizaciones interpretadas semánticamente, con varios grados de generalidad, que pueden ser o no ser leyes de la naturaleza?»⁴³. Igualmente representativo de su rechazo a las leyes es su estudio sobre los modelos de diseño óptimo⁴⁴.

Los modelos de diseño óptimo permiten determinar qué combinaciones de los valores de las variables de diseño maximizan la adaptación. Cuando los diseños óptimos se encuentran en la naturaleza se supone que su existencia se debe a la selección natural. Una manera uniforme de representar los modelos óptimos es el paisaje adaptativo. Un ejemplo sencillo de dos dimensiones es el que relaciona el rendimiento de la energía y la elección del tamaño de la presa



La gráfica representa que el rendimiento de la energía crece con el tamaño de la presa hasta llegar a un cierto punto en que actúa alguna restricción, por ejemplo, que la presa por su tamaño es difícilmente capturable. No pongo en duda que el estudio de diseños óptimos puede contribuir a analizar la noción de adaptación, ni tampoco que existe una semejanza estructural entre los paisajes adaptativos y los espacios de estados. Más discutible me parece

la postura de Beatty, que, para escapar a las críticas de que las restricciones (constraints) no son verdaderas leyes de la naturaleza, sostiene que en la concepción semántica no es necesario concebir los problemas del diseño y las restricciones como leyes⁴⁵. Es cierto que la concepción semántica concibe la teoría como un modelo matemático. Pero también es cierto que en la concepción semántica tienen un papel decisivo las leyes. Según mi opinión los trabajos de Beatty sobre la estructura de la teoría de la evolución incurren en dos errores: 1. No concuerdan con las exposiciones clásicas de la concepción semántica por parte de Suppe y Van Fraassen; 2. No hacen justicia al carácter nómico de la teoría de la evolución. Aunque los argumentos de autoridad tienen poco valor para los que rechazamos las concepciones relativistas o elitistas en filosofía de la ciencia, conviene hacer constar la discordancia que hay entre estas ideas de Beatty y la reconstrucción que hace Lloyd de la teoría de la evolución, en la que, según hemos visto, la ley de Hardy-Weinberg ocupa un lugar central. Para explicar las imprecisiones sería más conforme con la situación de la biología evolutiva reconocer que sólo el avance de determinadas ciencias, como la ecología, permitirá un conocimiento más perfecto de la adaptación. Es cierto que uno de los defectos de la concepción heredada era que proponía un ideal de reconstrucción de las teorías científicas tan exigente como irrealizable. Pero tampoco puede considerarse un mérito de un modelo epistemológico, como parece defender Beatty, el reducir tanto las exigencias que cualquier método de representación resulte admisible. Opino que la reconstrucción de Lloyd es mejor que la de Beatty, y que si fuera posible una reconstrucción axiomática de acuerdo con el método estructural de Sneed, el resultado sería más apreciable todavía.

Hay que reconocer que la concepción semántica en los últimos años ha logrado una notable incidencia en la filosofía de la biología evolucionista. No es de extrañar que la revista, de reciente creación, *Biology and Philosophy* haya incluido en el primer número del año 1987 un debate sobre la reconstrucción semántica de la teoría de la evolución. Abren el debate como fiscales, criticando la concepción semántica, Sloep y Van der Steen⁴⁶. Desde mi punto de vista se identifican excesivamente con la concepción heredada, de la que sólo señalan el problema de las reglas de correspondencia, pero parecen olvidar que la crítica a la posición heredada puede ir mucho más lejos. Aunque no comparto el ambiguo relativismo de Kuhn, no se puede ignorar que las teorías científicas son entidades globales y complejas relativamente inmunes a la refutación, que es necesario distinguir entre la teoría y el campo, históricamente variable, de sus aplicaciones, etc... A pesar de ello pueden tener cierta razón en alguna de sus críticas. La pretendida fidelidad de la concepción semántica a la práctica científica tiene un aspecto de trivialidad, que hace innecesaria la filosofía. Determinar cuantas variables y parámetros usa una formulación de la teoría de la evolución hemos visto que lo realiza Lewontin, *qua científico*, sin necesidad de acudir al gremio de los filósofos. «En tanto que la formulación de la misma teoría por parte del filósofo y del científico son virtualmente idénticas, aparentemente no necesitamos una filosofía separada»⁴⁷. Es la antigua paradoja del análisis: la concepción semánti-

ca, y particularmente Beatty, tienden a inclinarse por el lado de la trivialidad, mientras Sneed se inclinaría por el lado de la reconstrucción sofisticada técnicamente. Un equilibrio justo es lo que puede hacer fecunda la labor de análisis estructural.

Las respuestas de Beatty, Lloyd y Thompson⁴⁸ no aportan novedades esenciales, pero merece destacarse la claridad con que Thompson expone la distinción entre la teoría y sus aplicaciones. «En SV (la concepción semántica), las teorías tienen significado empírico, pero, al contrario de RV (la concepción heredada), la especificación de sus dominios de aplicación no forma parte de la teoría. Por consiguiente, las teorías contrastadoras entrañan un rico conjunto de consideraciones metodológicas y teorías importadas». Y un poco más abajo «Lo que permite SV y no permite RV es, sin embargo, esta aptitud para restringir o expandir el dominio de aplicaciones. En RV, la teoría incluye la especificación de su dominio de aplicación que no puede, como suponen Sloep y van der Steen, ser determinado independientemente de la teoría»⁴⁹.

La concepción estructural

Sneed en una obra bastante técnica⁵⁰, a partir de ciertas ideas de Suppes y Ramsey, expuso una nueva manera de reconstruir las teorías físicas maduras, que en realidad suponía una nueva concepción de teoría empírica. Uno de los supuestos que más frontalmente atacaba de la concepción heredada era la concepción lingüística o enunciativa de las teorías, por lo que el nuevo enfoque se ha llamado no-enunciativo y posteriormente estructural o estructuralista. Stegmüller⁵¹, aparte de modificar o mejorar en algunos puntos la exposición, contribuyó a señalar las implicaciones filosóficas de la obra de Sneed.

De estas implicaciones, la que más impacto causó en los lectores de la obra de Stegmüller era el permitir una reconstrucción de las ideas de Kuhn, precisando algunas nociones y en todo caso cerrando las fisuras irracionales de la exposición de Kuhn. Posteriormente Stegmüller ha considerado que la atención puesta en la reinterpretación de Kuhn podía deformar la visión del programa estructuralista⁵². Aunque realmente es verdad que Sneed no escribió su obra para interpretar a Kuhn y que el programa estructuralista tiene su importancia al margen de los debates acerca de Kuhn, lo cierto es que permite una precisión y una reconstrucción racional de sus ideas principales. Así lo ha reconocido Sneed, al afirmar que en la ciencia de la ciencia el mero empirismo no es suficiente, sino que la reconstrucción de las teorías epistemológicas pueden arrojar luz sobre su contenido. «Considero la explicación de Kuhn (*La estructura de las revoluciones científicas* y artículos relacionados) como una teoría específica de este tipo. En el capítulo VIII de *La estructura lógica de la física matemática* he dado un bosquejo de una reconstrucción parcial de la teoría de Kuhn»⁵³. Como se ha dicho antes, Kuhn valoró positivamente esta reconstrucción estructural de sus ideas⁵⁴, aunque mantiene discrepancias en puntos fundamentales. Reconoce que la aplicación de la rela-

ción de reducción a teorías sucesivas eliminaría las fisuras de racionalidad, pero cree que existe circularidad en la noción de reducción⁵⁵, ya que sería necesario demostrar que se pueden relacionar los conceptos implicados a pesar de las dificultades de traducción.

Es difícil tratar de resumir en pocos párrafos una concepción epistemológica que se ha distinguido por sus tecnicismos. Tal vez lo mejor sería remitirse a los excelentes resúmenes existentes⁵⁶. En todo caso no es una tarea despreciable tratar de señalar los puntos filosóficamente relevantes de la concepción de Sneed. Al menos ésta era la opinión de Kuhn: «Aunque son prematuras las apuestas, arriesgaré una. Si pueden hallarse maneras más sencillas y cómodas de representar lo esencial de la posición de Sneed, los filósofos, los científicos y los historiadores de la ciencia podrán, por primera vez en muchos años, hallar canales fructíferos de comunicación interdisciplinar»⁵⁷.

Uno de los puntos importantes del proyecto estructural de reconstrucción de teorías es la defensa del método axiomático: la mejor manera de reconstruir una teoría es darle forma axiomática. Las críticas a la posición heredada han tomado en muchos casos un matiz antilógico. Al defender el análisis lógico, el estructuralismo ha navegado contra corriente, aunque no en solitario. A pesar de todo admite que el ideal axiomático de la posición heredada era demasiado exigente, al postular la axiomatización de las teorías (incluyendo su aparato matemático) en el lenguaje formal de la lógica de 1.º orden. Siguiendo la idea de Suppes⁵⁸ el estructuralismo propone la axiomatización de teorías a través de un predicado conjuntista. Según la opinión de Stegmüller⁵⁹ es un método realizable pero suficientemente preciso. La axiomatización informal conjuntista presupone la teoría de conjuntos y las partes de la matemática necesarias para la teoría. Para definir la teoría por el predicado conjuntista *S* se presenta una definición global:

x es un *S* si y sólo si existen *D*,..., *f*,..., tales que

(1) $x = \langle D, \dots, f, \dots \rangle$

(2)

(n)

D,... representa uno o varios dominios

f,... representa los conceptos o funciones de la teoría. Los miembros relevantes de (1)...(n) son los axiomas de la teoría. Para su formulación se puede usar el vocabulario de la teoría de conjuntos. Son modelos de la teoría aquellas entidades que cumplen el predicado conjuntista.

Otro de los puntos básicos de la concepción estructural es el globalismo o holismo. En una conferencia, recientemente pronunciada en Barcelona, titulada «Axiomatizó Newton la mecánica?», Moulines llamaba a la axiomatización formal «estilo democrático abstracto», mientras que a la axiomatización propugnada por el estructuralismo la calificaba de «jerárquico-aplicativa». No sólo todos los axiomas son miembros de la definición del predicado conjuntista y existe un enunciado empírico central de la teoría, sino que existe un rango jerárquico. Algunos de los axiomas rigen en todas las aplicaciones

de la teoría, mientras que otros sólo se postulan para unas clases de aplicaciones. Este tratamiento globalista no sólo permite reconstruir las tesis holistas de Lakatos o Quine, e incluso parcialmente las de Kuhn, sino que permite abordar racionalmente los problemas de la dinámica de teorías.

El estructuralismo plantea una nueva concepción más amplia y compleja de teoría empírica. Ya hemos mencionado que Kuhn en el «Postscript-1969» postulaba un concepto más amplio de teoría²⁰. El estructuralismo concreta esta reivindicación. Dejando al margen por motivos de simplificación los aspectos pragmáticos (como comunidad científica) una teoría T se compone como mínimo de dos partes

$$T = \langle K, I \rangle$$

donde K sería el aparato teórico, que podemos llamar núcleo de la teoría y I sería el conjunto de las clases de aplicaciones propuestas de la teoría. Para que una teoría tenga contenido empírico no basta proporcionar la estructura conjuntista que define los modelos de la teoría. La expresión

$$x \text{ es un } S$$

es una expresión abierta que no es verdadera o falsa, sino que resulta satisfecha o no por ciertos sistemas. Para proporcionar el contenido empírico hay que indicar las aplicaciones propuestas de la teoría. El conjunto I no es un conjunto cerrado, perfectamente delimitado, sino que se especifica parcialmente indicando algunas clases de aplicaciones paradigmáticas. En el caso de la mecánica podrían ser el sistema planetario, la caída libre de cuerpos, etc.

Las clases de aplicaciones no se conciben como aisladas, sino que están conectadas por ciertas restricciones o condiciones de ligadura (*constraints*), cosa que refuerza el contenido empírico de la teoría. Cuando los elementos que aparecen en distintas aplicaciones están relacionados, los valores que toman las funciones estarán también relacionados. En la mecánica una condición de ligadura muy sencilla para la función masa es la identidad: si un elemento aparece en distintas aplicaciones tendrá en todas ellas la misma masa. Algo más compleja es la aditividad: si un elemento se compone de dos elementos ya conocidos en otras aplicaciones, la nueva masa será la suma de las masas correspondientes.

La concepción estructural concibe que toda teoría trata de una estructura de datos o modelo parcial que puede describirse sin el recurso a la propia teoría. Ello está relacionado con el tema de los términos teóricos. Sneed propuso desterrar la distinción observacional-teórico que se concebía a veces como absoluta y estaba basada en dos criterios diversos. En vez de ello propone la distinción no-teórico-teórico, pero relativizándola a cada teoría. Un término, por ejemplo la posición, es no-teórico para la mecánica, porque puede medirse sin recurrir a la mecánica. Esto no significa que no pueda ser término teórico para otras teorías. En cambio la masa y la fuerza son concep-

tos teóricos para la mecánica, porque nunca pueden medirse sin recurrir a alguna aplicación de la mecánica. Aparece aquí otra vez la concepción global: existe una relación jerárquica entre algunas teorías, de forma que una teoría pueda ser la teorización de otra.

Siguiendo la idea de jerarquía que hemos mencionado, en muchas presentaciones de la concepción estructural se ha substituido la noción de teoría dotada de leyes especiales por las nociones de elemento teórico y red teórica formada por la relación de especialización⁶⁰. El núcleo teórico se concibe como la secuencia

$$\langle Mp, Mpp, M, C \rangle$$

donde Mp es el conjunto de modelos potenciales de la teoría, es decir dominios dotados de funciones o estructura conceptual tal, que sea plausible preguntarse si cumplen los axiomas específicos de la teoría.

Mpp es la estructura de datos o modelos parciales y es el resultado de prescindir en Mp de las funciones o conceptos teóricos.

M es el conjunto de modelos de la teoría, aquel subconjunto de Mp que cumple los axiomas generales de la teoría.

C son las condiciones de ligadura.

Entonces se puede definir el elemento teórico T como el par ordenado

$$\langle K, I \rangle$$

donde K es un núcleo teórico y I el conjunto de aplicaciones propuestas.

Añadiendo nuevas leyes y probablemente las condiciones de ligadura correspondientes al núcleo primitivo de la teoría podemos formar nuevos elementos teóricos por especialización. El mismo elemento teórico puede dar lugar a distintas especializaciones. Así en la mecánica la ley del cuadrado inverso de la distancia y la ley de Hooke, en la que la fuerza depende de la distancia de un punto de equilibrio, dan lugar a elementos teóricos distintos, como la dinámica gravitacional (entre las que aplican la ley del cuadrado inverso de la distancia) y el oscilador armónico. Una red teórica es un conjunto parcialmente ordenado por la relación de especialización posiblemente con un elemento superior. Podemos hallar una descripción de la red teórica de la mecánica clásica de partículas en Moulines donde podemos ver representada su forma arborescente⁶¹.

Sneed ya insinuó en la introducción a la 2.^a edición de su obra⁶² que podía refinarse la presentación del análisis lógico de las teorías. Posteriormente ha presentado el aparato conceptual de las teorías como una categoría que consta de una clase de objetos, una clase de morfismos y una clase de composiciones de morfismos⁶³. Pero quizá más que estos refinamientos interesa destacar las consecuencias filosóficas de la concepción estructural.

Respecto a la ciencia normal la concepción global permite explicar una serie de cambios importantes, sin que pueda decirse que suponen un cambio de teoría. Una teoría puede progresar buscando nuevas aplicaciones de las

leyes ya conocidas o buscando nuevas leyes especiales que formen nuevas especializaciones de la teoría. En el caso de las revoluciones científicas la concepción estructural ha emprendido el estudio de las relaciones interteóricas⁶⁴, estudio que supone una provocación para el dogma de la incommensurabilidad de las teorías científicas. En los casos que pudiera demostrarse que existe una relación de teorización o de reducción entre teorías sucesivas, difícilmente podría negarse la existencia de progreso a través de un cambio revolucionario de teorías. Para limitarnos a teorías sucesivas, se considera reconstruida la reducción de la teoría planetaria de Kepler a la mecánica newtoniana de partículas⁶⁵.

Algunas de estas reflexiones filosóficas tienen una aplicación directa a la biología evolutiva, como es el tema de la contrastabilidad de la teoría de la evolución: hay que distinguir claramente la contrastación de hipótesis de bajo nivel de la contrastación de teorías. Es indiscutible que los científicos someten con frecuencia algunas hipótesis a contrastación, y caso de que el resultado de la contrastación sea negativo las abandonan fácilmente. Una teoría científica, en cambio, es una entidad compleja, que no puede someterse a un tipo simple de falsación popperiana. Se puede abandonar una aplicación de la teoría (pensemos en el caso de Galileo y las mareas) sin que la teoría tenga que darse por refutada. Pero ya hemos visto que en este tema el enfoque estructural coincide ampliamente con otras concepciones, como la de Kuhn y Lakatos.

Lo más característico de la concepción estructural es la reconstrucción de teorías. Los principales resultados se han obtenido hasta ahora en las ciencias físicas o en partes matemáticas de las ciencias sociales, como la teoría económica. Por ello son especialmente interesantes los trabajos de Balzer y Dawe⁶⁶ sobre la genética, ya que constituyen un doble test. Por un lado comprobar si los métodos de Sneed tienen aplicación fuera de las ciencias físicas, cuestión que no se puede decidir a priori. Por otro lado son también un test para la filosofía de la biología: si se lograra la reconstrucción estructural de partes significativas de la biología evolutiva, la tesis del separatismo absoluto de la biología, esto es, la existencia de una razón biológica contrapuesta a la razón mecánica, quedaría fuertemente debilitada.

No es ocioso recordar algunos caracteres de las reconstrucciones estructurales: 1) Toda reconstrucción es una idealización y prescinde de algunos puntos; 2) El lenguaje conjuntista propio de la reconstrucción no es el lenguaje habitualmente usado por el científico; 3) Se pueden introducir nuevos términos si lo requiere la completud lógica; 4) Hay que captar el espíritu más que la letra de las teorías⁶⁷.

En el primer artículo (1968, a) se proponen axiomatizar la genética mendeliana, esto es, la genética clásica de factores de caracteres (CFG). Se había constatado que en la progenie aparecen regularidades en las proporciones de caracteres, según la aparición que tengan estos caracteres en la población parental. Para explicar estas regularidades, Mendel postuló la existencia de unos factores causantes de los caracteres y unas leyes que regían la combinación de factores.

Examinemos la parte no-teórica de la reconstrucción de Balzer y Dawe, esto es, el modelo parcial o estructura de datos. ¿Qué fenómenos trata de explicar la genética clásica?

El modelo parcial o estructura de datos de la genética clásica sería la secuencia:

$$\langle B, (Si)_{i \leq k}, a, m \rangle$$

donde B es un conjunto no vacío de poblaciones

$(Si)_{i \leq k}$ representa una familia de tipos de caracteres. Los distintos tipos (semilla redonda o rugosa, semilla amarilla o verde...) son disjuntos.

a es una función que a cada población atribuye un conjunto de caracteres (precisamente uno de cada tipo)

m es una función que a cada par de poblaciones atribuye un conjunto de poblaciones progeñe (la progeñe puede no ser uniforme). La población parental se considera distinta de la progeñe.

Evidentemente todos los conceptos manejables son no-teóricos, ya que para determinar las poblaciones o sus caracteres no se requiere apelación a la genética.

El modelo potencial, con la adición de conceptos teóricos, para la genética clásica sería la secuencia:

$$\langle B, (Si)_{i \leq k}, a, m, p, (Fi)_{i \leq k}, d, m \rangle$$

donde

$$\langle B, (Si)_{i \leq k}, a, m \rangle$$

es una estructura de datos o modelo parcial de la genética. El aparato teórico añadido sería

p que representa el número de factores alélicos que determinan un carácter $(Fi)_{i \leq k}$ es una familia de tipos de factores

d es una función que a cada p -tuple de factores atribuye un carácter

m es una función de apareamiento a nivel teórico, que a cada par de sumas formales de factores atribuye una suma formal de factores, dotados de ciertos coeficientes, esto es, unas proporciones de combinaciones de factores en la progeñe.

Finalmente un modelo de la genética clásica de factores ha de cumplir además el axioma fundamental que intuitivamente afirma que la suma de los coeficientes de los factores que dan origen a una población B^* es precisamente la relación o razón entre el número de individuos de B^* y el número total de la progeñe.

Balzer y Dawe introducen el concepto de unidad hereditaria (HERUNIT)

que rebaja la estructura de datos del nivel de la población al nivel individual y permite definir el segundo a partir del primero.

La afirmación empírica será que el conjunto de aplicaciones propuestas cumple el axioma fundamental de la teoría. Las aplicaciones propuestas son determinadas paradigmáticamente: comprendería no sólo el caso del guisante (*Pisum sativum*), sino también todas aquellas poblaciones de plantas y animales que se entrecruzan y son suficientemente semejantes a los ejemplos paradigmáticos de Mendel.

Respecto al carácter teórico (relativamente a la genética) del aparato conceptual introducido, los autores se pronuncian por el carácter teórico de la función m (combinación de factores) y manifiestan sus dudas respecto a la ploidía y a los factores al no tratarse de funciones⁶⁸. Me parecen exagerados sus escrúpulos. Ciertamente que hasta ahora se ha definido formalmente el carácter teórico (respecto a una teoría) para funciones y relaciones, ya que se trata de los conceptos más frecuentes en las teorías matematizadas. Pero el mismo Stegmüller propone la ampliación del criterio de teoriedad a teorías no físicas, substituyendo la idea de medición T -dependiente por determinación T -dependiente⁶⁹. Creo que habría que considerar a los factores y a la ploidía como teóricos.

En el segundo artículo⁷⁰ presentan una axiomatización para el núcleo de la genética molecular (MOLGEN). La estructura de datos o modelo parcial para la genética molecular es la unidad hereditaria (HERUNIT), relacionada como hemos visto con la estructura de datos de la genética clásica.

Para definir el aparato teórico de la genética molecular conciben la estructura cromosómica como un espacio, una de cuyas coordenadas es la ploidía (número de alelos) y otra es la longitud del filamento. Un contenido cromosómico es una secuencia de estructuras cromosómicas. El modelo potencial de la genética es la secuencia

$$\langle b, (Si)_{i \leq k}, a, *, p, c, \delta, \mu \rangle$$

donde

$$\langle B, (Si)_{i \leq k}, a, * \rangle$$

es una unidad hereditaria (HERUNIT) (B es una población; $(Si)_{i \leq k}$ es una familia de tipos de caracteres; a es una función que a cada individuo atribuye un conjunto de caracteres y $*$ es la relación de apareamiento a nivel individual).

p es la ploidía

c un contenido cromosómico de orden n

δ es una función que a cada contenido cromosómico atribuye un conjunto de caracteres, uno de cada tipo

μ es una función que regula la combinación de cromosomas

Finalmente los modelos de la teoría deben cumplir además el axioma fundamental de la teoría, que intuitivamente significa que a cada individuo de

la descendencia hay que asignar un contenido cromosómico teóricamente admitido.

Es difícil sobrevalorar la importancia filosófica de los artículos de Balzer y Dawe. Como ellos mismos advierten, la reconstrucción afecta solamente al núcleo de las teorías, dejando para una tercera parte el estudio de las especializaciones, que darían más contenido empírico a la reconstrucción. No obstante, hay que destacar algunos aspectos de estos artículos.

Por primera vez se aplica con cierto éxito el análisis estructural a teorías biológicas. Puede tomarse como un indicio de que el análisis estructural puede ampliar su campo de aplicación y al mismo tiempo es un argumento contra la tesis del separatismo absoluto para el que la biología sería impermeable a cualquier tipo de análisis lógico.

Comparando con los resultados obtenidos por los estudios realizados desde otras perspectivas epistemológicas, hay que valorar como más precisos los resultados obtenidos por la concepción estructural. La reconstrucción estructural permite además tratar con cierto rigor algunos temas filosóficamente importantes, como la reducción de la genética clásica de factores a la genética molecular. Balzer y Dawe definen una relación de reducción ρ , tal que a cada modelo potencial de la genética clásica hace corresponder un modelo potencial de la genética molecular y que, si una estructura es modelo de la genética molecular, la estructura relacionada es modelo de la genética clásica. Con ello la relación de reducción definida cumple, dentro de una perspectiva globalizadora, las dos condiciones clásicas de la reducción: definibilidad y deductibilidad. Al no exigir la definibilidad término a término cabe el peligro de definir una relación meramente formal entre teorías completamente heterogéneas⁷¹, por lo que Moulines plantea el problema de la reducción ontológica: cabe exigir que ambas teorías traten de alguna manera de los mismos hechos empíricos. En el caso de la reducción de la genética de Mendel a la genética molecular las estructuras de datos no son comunes, puesto que en un caso se tomaba la estructura de datos a nivel de poblaciones, mientras que en el segundo la estructura de datos era la unidad hereditaria (HERUNIT). Pero ya hemos mencionado que se puede definir la estructura de datos de la genética clásica a partir de la unidad hereditaria, con lo que las dos teorías tienen una base no-teórica común.

A pesar de la valoración globalmente positiva, no hay que olvidar que se trata de un resultado parcial. Más arriba mencionamos la opinión de Michod, de que las leyes de Mendel solas no tienen ningún significado para la evolución, si no están dentro del marco adecuado²⁷. Nos encontramos, pues, ante la reconstrucción solamente de uno de los sillares que forman el gran edificio de la biología evolutiva.

- ¹ Suppe. (1974), «The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories» en Suppe (ed.), *The Structure of Scientific Theories*.
- ² Woodger. *Biología y lenguaje*.
- ³ Moya. (1982), p. 69.
- ⁴ Smart. *Entre ciencia y filosofía*, pp. 126-127.
- ⁵ Smart. *Ibid.* p. 74.
- ⁶ Smart. *Ibid.* p. 87.
- ⁷ Skolimowski. «Problemas de racionalidad en biología», en Ayala y Dobzhansky (Eds), *Estudios sobre la filosofía de la biología*, pp. 267-291.
- ⁸ Caplan. (1978), p. 269.
- ⁹ Stegmüller. *Estructura y dinámica de teorías*, p. 18.
- ¹⁰ Darwin. *Autobiografía*, p. 75-76.
- ¹¹ Ghiselin. *El triunfo de Darwin*, Cátedra, 1983, pp. 16 y 17; cf. también p. 45.
- ¹² Mayr. «Introduction» en Darwin, *On the Origin of Species*. A Facsimil of the First Edition, p. XXII.
- ¹³ Popper. *Conocimiento objetivo*, p. 237.
- ¹⁴ Kuhn. *The Structure of Scientific Revolutions*, p. 171.
- ¹⁵ Kuhn. *Ibid.* p. 172-173.
- ¹⁶ Ruse. *La revolución darwinista*, p. 140 ss.
- ¹⁷ Bowler. *El eclipse del Darwinismo*, Labor, 1985, pp. 19-20.
- ¹⁸ Mayr. «Prologue: Some Thoughts on the History of the evolutionary Synthesis», en Mayr y Provine *Evolutionary Synthesis*, p. 3.
- ¹⁹ Mayr. *Ibid.* p. 43.
- ²⁰ Kuhn. *The Structure of Scientific Revolutions*, p. 182.
- ²¹ Stegmüller. *Estructura y dinámica de teorías*, p. 9 ss. También *La concepción estructuralista de las teorías*, p. 13 ss.
- ²² Kuhn. (1976).
- ²³ Kuhn. (1976), p. 293.
- ²⁴ Lakatos. (1981).
- ²⁵ Michod. (1981).
- ²⁶ Michod. (1981), p. 16.
- ²⁷ Michod. (1981), p. 20.
- ²⁸ Michod. (1981), p. 27.
- ²⁹ Van Fraassen. (1970). También (1980), cap. 3.
- ³⁰ Suppe (1974), pp. 221-230 y (1976).
- ³¹ Van Fraassen (1970), p. 328.
- ³² Suppe. (1976), p. 250.
- ³³ Lloyd (1984).
- ³⁴ Lloyd (1984), pp. 253-254.
- ³⁵ Lewontin. *La base genética de la evolución*, p. 7.
- ³⁶ Lewontin. *Ibid.* p. 262.
- ³⁷ Lewontin. *Ibid.* p. 6.
- ³⁸ Thompson. (1985).
- ³⁹ Wilson. (1975).
- ⁴⁰ Sahlins. (1976).
- ⁴¹ Beatty. (1980), (1981), (1987).
- ⁴² Beatty. (1987), p. 18.
- ⁴³ Beatty. (1987), p. 20.
- ⁴⁴ Beatty. (1980).
- ⁴⁵ Beatty. (1980), p. 554.
- ⁴⁶ Sloep y Van Der Steen. (1987, a).
- ⁴⁷ Sloep y Van Der Steen. (1987, a), p. 5.
- ⁴⁸ Beatty. (1987), Lloyd. (1987), Thompson. (1987).
- ⁴⁹ Thompson. (1987), pp. 28-29.
- ⁵⁰ Sneed. (1971).
- ⁵¹ Stegmüller. (1973).

- ⁴² Stegmüller. *La concepción estructuralista de las teorías*, p. 13.
- ⁴³ Sneed. (1976), p. 247.
- ⁴⁴ Kuhn. (1976).
- ⁴⁵ Kuhn. (1976), p. 301.
- ⁴⁶ Moulines. (1982), pp. 74-87.
- ⁴⁷ Kuhn. (1976), p. 291.
- ⁴⁸ Suppes. (1957), cap. 12.
- ⁴⁹ Stegmüller, *La concepción estructuralista de las teorías*, p. 15.
- ⁵⁰ Sneed. (1976), p. 253.
- ⁵¹ Moulines. (1982), p. 131.
- ⁵² Sneed. *The Structure of Mathematical Physics*, 2.ª ed. 1979, p. XX.
- ⁵³ Sneed. (1984), p. 96.
- ⁵⁴ Moulines. (1982), pp. 191 ss.
- ⁵⁵ Moulines. (1984), p. 61.
- ⁵⁶ Balzer y Dawe. (1986, a), (1986, b).
- ⁵⁷ Balzer y Dawe. (1986, a), p. 57.
- ⁵⁸ Balzer y Dawe. (1986, a), p. 68.
- ⁵⁹ Stegmüller. *Estructura y dinámica de teorías*, p. 85.
- ⁶⁰ Balzer y Dawe. (1986, b).
- ⁶¹ Moulines. (1984), p. 55.

CAPITULO II

CONTRASTABILIDAD DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

Los ataques al carácter empírico del evolucionismo

Popper, un caso ambiguo

Seguramente ha sido Popper el filósofo que por su prestigio contribuyó más a propagar la idea de que la teoría de la evolución es una trivialidad o tautología, aunque últimamente abandonó esta idea. La posición de Popper es compleja, no sólo por los cambios sufridos, sino porque parece haber sostenido al mismo tiempo tres tesis que parecen incompatibles. Primera tesis: la obra de Darwin y sus ideas epistemológicas son modelos a seguir. Segunda tesis: la epistemología debe tomar un carácter evolucionista o darwinista. Tercera tesis: la teoría de la evolución es tautológica.

En «La evolución y el árbol del conocimiento» podemos encontrar expresada la primera tesis: «La razón por la cual pienso que debo empezar con algunos comentarios en torno a la teoría del conocimiento es que estoy en desacuerdo con casi todo el mundo a este respecto, si exceptuamos quizá a Charles Darwin y a Albert Einstein»¹. Hay que suponer que Popper aprecia tanto el método practicado por estos dos científicos como las reflexiones epistemológicas que aparecen en sus obras. En el caso de Darwin podríamos mencionar el carácter deductivo de sus teorías y el anuncio de posibles hechos fatalmente falsadores.

Pero la relación con el darwinismo es más profunda: en algunos pasajes Popper ha presentado su epistemología como una epistemología darwinista. Ya en *La lógica de la investigación científica* aparecían elementos darwinianos a un nivel más bien metafórico. La meta del método empírico «no es salvarles la vida a los sistemas insostenibles, sino, por el contrario, elegir el que comparativamente sea más apto, sometiendo a todos a la más áspera lucha por la supervivencia»² y para explicar que no existe una reducción lógica de la teoría a la experiencia, afirma que «elegimos la teoría que se mantiene

mejor en la competición con las demás teorías, la que por selección natural muestra ser más apta para sobrevivir»³. En escritos más recientes, particularmente en *Conocimiento Objetivo*, llega a proponer una epistemología evolucionista. El evolucionismo le permite dar un nuevo soporte a su antigua crítica del inductivismo. La teoría del conocimiento del sentido común supone que la adquisición y aumento del conocimiento es en gran medida una recepción pasiva. Pero para Popper la teoría de la *tabula rasa* es una teoría predarwinista⁴. Partimos en realidad de expectativas innatas que podríamos comparar con las disposiciones de un organismo recibidas por herencia. La formulación de nuevas teorías para responder a los problemas planteados tiene un aspecto dogmático, de la misma manera que la mutación no es adaptativa. A pesar de todo, el empirismo queda asegurado por la selección de hipótesis en competición. La selección de las hipótesis produce la adaptación hasta tal punto que nuestras creencias más prácticas están próximas a la verdad en la medida en que sobrevivimos. Popper destaca el avance biológico que supone la invención del lenguaje descriptivo y argumentador, puesto que «la formulación lingüística de las teorías nos permite criticarlas y eliminarlas sin eliminar la esencia que las sustenta»⁵.

A primera vista parece una paradoja que en los mismos escritos que proponen una epistemología evolucionista se afirme que la teoría de la evolución es trivial y casi tautológica. Conviene matizar la postura de Popper y distinguir dos etapas.

En *La miseria del historicismo* Popper adoptó una actitud muy crítica frente a la hipótesis evolucionista, dentro del marco general de rechazo del historicismo. Su objetivo era combatir la pretensión de hacer profecías sobre el futuro. Al tratar de aplicarlo al evolucionismo Popper incurre en todos los tópicos antievolucionistas⁶. Sostiene que la hipótesis evolucionista no es una ley universal sino una hipótesis singular. La evolución de la vida sobre la tierra es un proceso que tiene lugar de acuerdo con leyes causales, sin embargo su descripción no es una ley sino una proposición histórica singular. Por ser la evolución un proceso único, no puede ser contrastado como lo son las leyes universales. Es cierto que existen direcciones o tendencias en el campo de la biología o de la sociología, pero las tendencias no son leyes y no permiten hacer predicciones. El carácter aparentemente científico de estas doctrinas historicistas no sería el menor de sus defectos puesto que, según Popper, hacen un mal uso cientifista de los modelos de la física y de la astronomía. Porque mientras el poder de predicción de la astronomía se basa en las repeticiones, en la historia todos los casos de repetición implican circunstancias profundamente diferentes. Seguramente su afán de combatir el historicismo y especialmente su pretensión de hacer predicciones detalladas sobre el futuro le llevó a cometer graves confusiones en torno al evolucionismo.

A partir de *La miseria del historicismo* podemos constatar en Popper un creciente aprecio del evolucionismo, pero este aprecio no le impide considerar la teoría de la evolución como una tautología. Quizá es en su autobiografía, *Búsqueda sin término*, donde mejor expone esta doble y en parte contradictoria valoración de la teoría de la evolución (refiriéndose no sólo al darwinismo

estricto, sino a la teoría sintética de la evolución) al calificarlo de programa metafísico de investigación.

Por un lado afirma que el darwinismo es metafísico porque no es contrastable. Ni siquiera permite predecir la aparición de variedad de formas. Sostiene que, si se encontrase vida en Marte, que consistiese exactamente en tres especies de bacterias, no quedaría refutado el darwinismo, ya que se podría argumentar que eran las únicas formas mutantes que estuvieron suficientemente adaptadas para sobrevivir. El caso del principio de selección natural sería todavía más decepcionante pues «la adaptación o aptitud es *definida* por los evolucionistas modernos como valor de supervivencia, y puede ser medida por el actual éxito en sobrevivir: difícilmente hay posibilidad alguna de contrastar una teoría tan débil como ésta»⁷.

Por otro lado considera Popper que esta teoría es inestimable, pues ha hecho aumentar nuestro conocimiento arrojando luz sobre investigaciones muy concretas. «Nos permite estudiar la adaptación a un nuevo ambiente (tal como un ambiente impregnado de penicilina) de una manera racional: pues sugiere la existencia de un mecanismo de adaptación, y nos permite incluso estudiar con detalle el mecanismo puesto en juego»⁸.

Dejaré para más adelante el examen crítico de los ataques de Popper al evolucionismo, para examinarlos junto con similares ataques de otros autores. Pero quisiera destacar un aspecto positivo de las ideas de Popper, que además puede contribuir a resolver la aparente inconsistencia de los ataques y elogios de Popper al evolucionismo. Es posible que una ley científica tenga ella sola poco contenido empírico y a pesar de ello ser empíricamente relevante, al sugerir la investigación de determinados mecanismos de su aplicación. Recordemos las discusiones sobre si el segundo principio de Newton tenía que ser entendido como un axioma o como una definición. La concepción estructuralista de las teorías científicas, al considerar una teoría como un conjunto jerárquicamente organizado en varios niveles, permite reconstruir estas leyes como leyes fundamentales o incluso como principios-guía que necesitan ulterior precisión⁹. Lamentablemente la epistemología de Popper no tiene un concepto preciso de teoría científica, identificando a veces una teoría con una ley o hipótesis individual. Por ello, aunque me parece acertada e innovadora la idea de Popper de que el principio de selección natural es al mismo tiempo débil y fecundo, no parece apropiada la propuesta de asimilarlo a un principio metafísico. Sería reducir la teoría de Darwin a la propuesta de una filosofía naturalista para orientar la investigación científica. Pero veremos que el darwinismo es más que una profesión de naturalismo.

Los principales argumentos contra el carácter empírico

Resulta difícil deslindar las discusiones sobre la tautologicidad de la teoría de la evolución de otros temas relacionados, como su capacidad predictiva y explicativa. A pesar de todo, en este apartado procuraremos concentrarnos en los argumentos que afectan de modo principal al carácter tautológico de la teoría de la selección.

1.º La acusación fuerte sostiene en general el carácter tautológico de la teoría de la evolución. El motivo sería la circularidad de los conceptos que intervienen en la formulación de la ley de selección natural. Se incurre en una circularidad al definir la selección como la supervivencia de los más aptos y al definir simultáneamente la *fitness* o aptitud a través de la supervivencia. Manser, uno de los más característicos defensores de esta tesis, cree que «no puede existir un criterio independiente de *fitness* o adaptabilidad: supervivencia y adaptabilidad están necesariamente conectados»¹⁰. Otros términos claves de la teoría como «variación» y «medio ambiente» podrían sufrir la misma circularidad. Según Manser el que un cambio deba ser considerado como un cambio del ambiente depende de que produzca un cambio en la población. Es un problema, para los que sustentan esta acusación fuerte, el explicar el éxito obtenido entre los científicos por una teoría tautológica. Manser acude a la explicación de que el Darwinismo nunca tuvo oposición científica¹¹. Tal vez el que los historiadores de la ciencia hayan hecho poco énfasis en las teorías alternativas de la evolución podría dar algún pretexto a la peregrina idea de que el darwinismo no tuvo adversarios, pero la obra de Bowler¹² demuestra cabalmente que la teoría darwinista ha sufrido una importante oposición en nuestro siglo.

2.º Una acusación más débil consiste en sostener que la teoría darwinista sola no permite hacer predicciones, o al menos predicciones suficientemente precisas. Rosenberg¹³ opina que sólo con la aparición de teorías no evolucionistas como la genética de Mendel puede la teoría de la evolución realizar predicciones lo bastante precisas para contrastar la teoría. La razón es que las leyes de Mendel proporcionan medios independientes de identificar los caracteres sometidos a la herencia, puesto que si una característica no es heredable son vacuos todos los intentos de explicar su presencia a través de la selección. También alude Rosenberg a una falta de teorías para explicar el carácter adaptativo de los caracteres en determinados ambientes. Semejante es la postura de Bohm que interpreta que para Darwin el valor de supervivencia significa una mejor armonía con el medio ambiente dominante. Pero «sin una noción equivalente a armonía, adecuación, idoneidad, viabilidad o semejante, la noción de supervivencia queda en gran parte vacía de contenido, viniendo a ser en realidad una mera afirmación tautológica de que aquellas formas de vida que indefinidamente producen, de una generación a otra, descendencia, son las que sobrevivirán»¹⁴. Igual que en el caso de Popper, comentado anteriormente, ciertas expresiones exageradas podrían hacer pensar que caen en la que he llamado acusación fuerte de negar el carácter empírico de la teoría de la evolución. Pero, si se examina con más atención y se interpreta que lo que hacen es afirmar que la genética y las teorías ecológicas aumentan el contenido empírico de la teoría de la evolución, ello no parece ningún despropósito. Queda por examinar si la teoría darwinista, sin estos complementos, carece realmente de contenido empírico y por otro lado examinar si una concepción de la estructura de las teorías que no ponga todas las leyes al mismo nivel sino que permita distinguir distintos niveles es capaz de explicar mejor estas relaciones.

3.º Otra de las acusaciones típicas es que la teoría de la evolución es irrefutable. Manser compara el evolucionismo con el materialismo histórico y sugiere que Darwin debiera ser considerado el «Karl Marx de la biología» y no su «Newton». De la misma forma que sería difícil en historia refutar el materialismo histórico a favor de concepciones alternativas, es igualmente difícil decir cómo podría refutarse la teoría de Darwin¹⁵. Popper llega a decir que «la teoría de la selección sexual de Darwin es en parte un intento de explicar las instancias falsificadoras de su teoría; cosas tales, por ejemplo, como la cola del pavo real, o la cornamenta del ciervo»¹⁶. Para los autores que sustenten en general la concepción heredada o el falsacionismo de Popper, la irrefutabilidad puede ser sinónimo de tautología, pero, si algo hemos aprendido de Kuhn, es que cierta inmunidad a la refutación es una característica de las teorías empíricas. Porque, más que el empeño en demostrar que los principios fundamentales de la teoría evolucionista son fácilmente refutables, la defensa es apelar a una noción más depurada de teoría científica y de refutación.

4.º Finalmente algunas de las objeciones están relacionadas con la teoría de la probabilidad. Muchas leyes de la teoría de la selección son leyes de tipo estadístico. «La hipótesis de que un organismo, en un ambiente dado, tiene un nivel dado de adaptación (*fitness*) es como la hipótesis de que un determinado dado no está trucado. Esta última hipótesis es compatible con cualquier secuencia finita de resultados al echar el dado, incluso 10⁶ apariciones del 2 sin interrupción»¹⁷. Ninguna secuencia finita de observaciones puede contradecir lógicamente una hipótesis probabilística. Roserberg expone la idea que en el caso de los dados, si no existiera un método independiente de calibrar la bondad del dado (su composición y estructura material), entonces la hipótesis de la bondad del dado no tendría ningún valor para explicar las secuencias reales. De la misma manera, si los niveles de *fitness* sólo pueden medirse por las diferentes tasas de reproducción, no pueden explicar la evolución. Hay que considerar que esta objeción tiene poca fuerza porque va dirigida contra cualquier teoría que tenga una base meramente estadística: por ejemplo las leyes de Mendel, antes de las aportaciones de la genética molecular. En este caso hay que distinguir la cuestión práctica (que los científicos consideran que pueden falsarse las hipótesis probabilísticas) de la cuestión epistemológica (como es posible falsar las hipótesis probabilísticas por métodos empíricos). En todo caso la dificultad no es exclusiva de la teoría de la evolución.

Defensa del carácter empírico del evolucionismo

Podemos asumir la opinión de Hull¹⁸ de que muchas de las objeciones a la teoría de la evolución se basan en la ignorancia o en la incapacidad de realizar distinciones bastante simples, pero también que algunas de las objeciones nos llevan a los problemas fundamentales de la filosofía de la ciencia. No dudo de que algún científico, convencido de que está ocupado realmente con una ciencia empírica, sentirá tentaciones de echar por la borda sin más

examen tales objeciones. Sirva de excusa no sólo la importancia de algunos temas implicados, como la naturaleza de la falsación o la estructura de la teorías científicas, sino también el ejemplo del mismo Darwin, que declaró en su autobiografía¹⁹ que una de las dos obras que más influyó en su vocación científica fue la obra de Herschell, de fuerte contenido epistemológico.

Las razones de la invisibilidad de las contrastaciones de las predicciones evolucionistas

En los últimos años ha perdido peso el ataque al carácter empírico de la teoría de la evolución y predominan las voces autorizadas contra su carácter tautológico. Podemos mencionar a Ayala, Williams, Hull, Ruse, Sober, Maynard Smith, Thompson entre los que han argumentado contra el carácter tautológico de las leyes fundamentales del evolucionismo. Por ello resulta extraño que los ataques al carácter científico de la teoría de la evolución hayan perdurado hasta hoy. ¿Cómo es posible que filósofos de prestigio hayan podido sostener que esta teoría no sea contrastable? Es un hecho que merece explicación. En un interesante artículo Williams²⁰ sugiere que existen varios factores que tienden a hacer invisibles las contrastaciones a las que los biólogos evolucionistas someten sus hipótesis.

En primer lugar hay que considerar que las leyes evolucionistas no tratan de organismos individuales sino de poblaciones. Las predicciones a contrastar versarán sobre especies o grupos más amplios y pueden parecer poco precisas para los que esperan predicciones sobre individuos concretos. Williams cita la deducción por parte de Stiles, a partir de la teoría de la evolución y las teorías del calor, de que el dimorfismo sexual en los abejorros del género *Bombus* será mayor en las especies características de países templados o de mayores altitudes. Se trata de una hipótesis que afecta a un género con centenares de especies, cuya contrastación presenta dificultades, pero en modo alguno incontrastable.

Otra de las razones es que algunos esperan procesos estrictos de falsación de hipótesis individuales al modo popperiano. Tales falsaciones estrictas son difíciles en la biología evolucionista por la debilidad de las teorías de fondo usadas. Pero ello no significa que no se puedan producir procesos de contrastación menos estrictos y de hecho la teoría de la evolución se ha ido modificando. La situación, por otro lado, no es esencialmente distinta de la que ocurre en las ciencias físicas.

Estamos acostumbrados a considerar que las predicciones contrastadoras versan sobre hechos futuros. En el caso de la teoría de la evolución pueden hacerse experimentos de laboratorio con especies de rápida reproducción, pero muchas hipótesis requerirían un lapso excesivo de tiempo para ser contrastadas. También es difícil prever las condiciones iniciales que actuarán en el futuro. Por este motivo en la teoría de la evolución juegan un papel importante las retrodicciones. Si de la teoría junto con determinadas condiciones iniciales pueden deducirse hechos desconocidos acerca del pasado o del presente, estas retrodicciones tienen el mismo valor epistemológico que las predicciones.

Otros motivos que de acuerdo con Williams dificultan la percepción de las predicciones contrastadoras es que con frecuencia una investigación particular es sólo una pequeña parte de la contrastación general y que las tradiciones de investigación ponen más énfasis en refinar las teorías que en refutar algunos de sus aspectos.

A pesar de ello Williams asegura haber tomado al azar un ejemplar de una revista representativa (*Evolution*, marzo de 1979) y, según su opinión, la mayoría de los artículos están relacionados con la confirmación o refutación de hipótesis. Cuatro de ellos aportan elementos contrarios a la teoría de la especiación geográfica de Mayr. Ciertamente ninguno de ellos somete a discusión la misma teoría de la evolución, ya que se trata de científicos que trabajan bajo el paradigma de la teoría sintética de la evolución.

No puede someterse a contrastación una hipótesis aislada

Quizá el principal error que han cometido los filósofos que han sostenido el carácter tautológico del evolucionismo es confundir un enunciado aislado con toda la estructura de la teoría de la evolución. La ley de selección natural puede ser el principio fundamental del darwinismo, pero no la teoría entera. Aunque Popper se refiere alguna vez a la teoría sintética de la evolución, en general está pensando en el principio de selección natural. Sober²¹ en su réplica a Rosenberg opina que los detractores del evolucionismo debieran precisar la estructura de la teoría que critican, pues Rosenberg, a partir del tema de la caracterización de la *fitness*, pretende sacar conclusiones sobre la teoría entera de la evolución. No podemos excluir de la moderna teoría de la evolución la genética de poblaciones, que para muchos autores constituye su parte central. La genética de poblaciones describe cómo se modifican las frecuencias genéticas en las poblaciones al variar los distintos parámetros como la mutación, la selección, la migración, etc. Tampoco podemos excluir de las teorías evolucionistas el estudio de las interacciones entre los organismos y el medio para explicar por qué unos rasgos resultan más adaptados que otros. Si se tiene en cuenta este complejo teórico, resulta injustificada la pretensión de someter a contrastación un enunciado aislado. Precisamente los principios fundamentales de la teoría son los que resultan en mayor medida inmunes a la falsación. La concepción semántica de la estructura de las teorías pone todavía más de relieve este punto.

Distinción entre eficacia biológica y frecuencia génica

Se suele definir la *fitness* o eficacia biológica como la eficacia reproductiva de un genotipo por comparación con otros genotipos²². Si en un cierto locus hay tres genotipos, se suele asignar valor 1 al genotipo con mayor eficacia reproductiva y a los dos restantes genotipos el número que corresponda a la proporción de descendencia. Es probable que las diferencias de eficacia biológica produzcan un aumento de las frecuencias génicas. Pero hay otras causas que pueden provocar los cambios de frecuencias génicas como la mutación, la migración y la deriva. Tomemos el caso de la deriva genética debido

a errores de muestreo. El efecto fundacional consiste en la diversificación genética de poblaciones a partir de grupos fundadores de tamaño muy pequeño, sin que intervenga la selección. El efecto fundador se considera demostrado tanto en la naturaleza como en el laboratorio. Por lo tanto el que un cambio de frecuencias génicas sea atribuible a la eficacia biológica es algo que hay que demostrar empíricamente.

Distinción entre eficacia biológica y adaptación

Para refutar las acusaciones de circularidad es todavía más importante la distinción entre eficacia biológica (*fitness*) y adaptación. Los que acusan a la teoría de la selección de circularidad suelen considerar la *fitness* como sinónimo de adaptación y a continuación se quejan de que se la defina en términos de eficacia reproductiva. Rosenberg opina que la adaptación (*fitness*) sería un término primitivo de la teoría de la evolución. La causa del carácter tautológico sería el operacionalismo en su pretensión de definir la *fitness* a través de la eficacia reproductiva. «De este modo el operacionalista priva a la teoría de la selección natural de toda fuerza explicativa al asimilar el término clave del explanans, 'adaptación' (*fitness*), a los términos cruciales del explanandum, "reproducción diferencial"»²³. Es cierto que suele definirse la eficacia biológica o *fitness* en términos de eficacia reproductiva, pero suele distinguirse este concepto del de adaptación²⁴. Puede demostrarse que eficacia biológica y adaptación no van siempre juntos. Un ejemplo puede ser el cromosoma «proporción de sexos» en *Drosophila*. Un macho con esta variante en su cromosoma x produce sólo hijas. Un macho con esta variante transmite por tanto su cromosoma x a toda la descendencia, mientras que los machos normales sólo a la mitad. El cromosoma «proporción de sexos» tiene una eficacia biológica superior a la del cromosoma x normal. Pero a medida que aumenta la proporción de hembras en la población puede disminuir la adaptación de la población, poniéndola en peligro de extinción²⁵. Un caso análogo es el aumento de eficacia de un depredador para la captura de sus presas, que conferirá a sus poseedores un aumento de eficacia biológica. Pero, si llega a tal extremo de poner en peligro de extinción a la especie de la presa, entonces el aumento de eficacia biológica no podrá considerarse una adaptación. En resumen atribuir un carácter a la selección natural es una cuestión empírica, que requiere demostrar que ha actuado la selección más que otras causas de cambios génicos y que la selección favorece precisamente el carácter en cuestión.

Las pruebas a favor de la selección natural

La teoría de la evolución y en concreto del principio de selección no sólo pueden considerarse contrastables en principio, sino que puede decirse que han superado en parte positivamente las contrastaciones. La teoría de la evolución supone la existencia de variedades, aparición de nuevas mutaciones, la herencia de los caracteres y la selección. Por supuesto existen pruebas a favor de la existencia de variedades, mutaciones y herencia. También existen

pruebas de la selección, tanto en las poblaciones naturales como en las poblaciones cautivas. Uno de los casos más comentados es el de la polilla de la pimienta, *Biston betularia*. Hace cien años dominaba la variedad moteada. En algunas áreas industriales se ha hecho cada vez más común una variedad afectada de melanina. La explicación evolucionista ha sido que la nueva variedad obtenía un mejor camuflaje para defenderse de los pájaros depredadores al posarse sobre los troncos de los árboles oscurecidos por la contaminación industrial. Aunque Manser haya tratado de debilitar la fuerza de este ejemplo, tenemos que considerar que la existencia de una fuerte presión depredadora de los pájaros sobre la polilla ha sido demostrada independientemente del argumento evolucionista. Por otro lado, en las regiones donde ha disminuido la contaminación se ha invertido el proceso, volviendo a aumentar la proporción de la forma moteada. Aunque no se puede ignorar el carácter significativo de este ejemplo, me parece importante la reflexión de Ruse²⁶ de que hay que juzgar las teorías evolucionistas basándose en pruebas en todas las áreas. Lo importante es que la teoría de la evolución ha solucionado la mayoría de problemas para los que fue planteada y ha abierto nuevas investigaciones.

¿Puede refutarse la teoría de la evolución?

La filosofía de la ciencia actual no considera apropiado pensar que una teoría compleja como la teoría de la evolución pueda ser refutada como si se tratase de una hipótesis aislada sobre un conocimiento de fondo incuestionable. Tal vez algunos autores, como Maynard Smith, ligan demasiado estrechamente la contrastabilidad de la teoría con la posibilidad de una refutación. «Si esta formulación del neo-darwinismo no es tautológica, debe ser posible imaginar observaciones que refutarían la teoría. Tales observaciones podrían tomar dos formas: 1º mostrarían que los supuestos enunciados por el darwinismo no son de hecho ciertos para todos los organismos; 2º nos presentarían pautas de evolución cuya explicación no fuese posible en base a tales supuestos»²⁷. Cita entre las primeras la aparición de efectos lamarckianos y entre las segundas la aparición de cambios evolutivos más rápidos de los que supone el darwinismo. Creo que sólo con el repetido fracaso en solucionar los problemas fundamentales de la teoría, se produce una refutación de la teoría. Podríamos mencionar dos de las modernas dificultades que se han dirigido contra la teoría de la selección, que, caso de ser ciertas, es difícil precisar en el momento presente si constituirían una refutación de la teoría o más bien una modificación sustancial.

El primer ejemplo es el de la teoría neutralista. La teoría clásica de la estructura genética de poblaciones suponía que existía poca variabilidad genética y que la mayoría de los individuos de una especie son homocigóticos en la mayoría de los loci. La constatación de la existencia de polimorfismos frecuentes llevó a formular la teoría del equilibrio, que sostiene que la mayoría de la variabilidad genética es mantenida por la selección equilibradora, ya que el acervo de genes constituye un todo adaptado. Finalmente, ante la can-

tividad de variabilidad descubierta, algunos autores han propuesto la teoría del neutralismo, que considera que la mayoría de polimorfismos son neutros, no son beneficiosos ni nocivos y por tanto no vendrían determinados por selección natural sino por el azar. Si la teoría del neutralismo es correcta o no, es algo que hay que dirimir con aportación de nuevos datos empíricos. Pero, caso de ser admitida, constituiría una desviación radical de la teoría de que los cambios evolutivos están regidos por selección natural²⁸, pero creo que resulta difícil decir ahora si se trataría de una refutación o sólo de una corrección importante.

Un segundo ejemplo de hipótesis recientemente formulada que parece desafiar la teoría de la selección natural es la teoría del equilibrio pautado²⁹. Esta teoría se opone al gradualismo y al adaptacionismo, que son rasgos esenciales del darwinismo. Supone que hay un periodo de estasis, que podría durar millones de años, en que las especies permanecen morfológicamente estables, seguidos por instantes geológicos de especiación. La formación de especies sería un fenómeno raro y repentino. La aceptabilidad del puntualismo es una cuestión empírica. Parece solamente apoyada por sucesiones de fósiles de invertebrados marinos, con el agravante de que los paleontólogos deben reconocer las especies por la morfología registrada y de que la escala del tiempo geológico es muy distinta de la habitual. Por otro lado la especiación rápida no es incompatible con la teoría sintética de la evolución: en los casos de poliploidia, con duplicación de material genético, puede producirse la especiación en pocas generaciones. Prescindiendo del grado de confirmación que tenga en este momento la teoría del equilibrio pautado o puntualismo, supondría sin duda una modificación de la concepción evolucionista acerca de la formación de especies, pero no es indiscutible que debiera interpretarse como una refutación de la teoría sintética de la evolución. Stebbins y Ayala opinan que los procesos microevolutivos aceptados³⁰ son compatibles tanto con el puntualismo como con el gradualismo.

En resumen, la dificultad de refutar una teoría compleja como la teoría de la evolución no es una prueba del carácter tautológico de dicha teoría, sino que es un indicio más de los defectos de la concepción popperiana de falsación y en general de la llamada concepción heredada. La concepción semántica y estructuralista de las teorías científicas da cuenta de estos fenómenos sin necesidad de caer en el relativismo.

¹ Popper. *Conocimiento Objetivo*, p.237.

² Popper. *La lógica de la investigación científica*, p.41.

³ Popper. *Ibid.* p.103.

⁴ Popper. «Las dos caras del sentido común» en *Conocimiento objetivo*, p.70.

⁵ Popper. *Ibid.* p.73.

⁶ Popper. *La miseria del historicismo*, p.133 ss.

- ⁷ Popper. *Búsqueda sin término*, p.231.
- ⁸ Popper. Ibid. p.232.
- ⁹ Molulines. *Exploraciones metacientíficas*, pp.90 y ss.
- ¹⁰ Manser (1965), p.26.
- ¹¹ Manser. Ibid. p.18.
- ¹² Bowler (1983).
- ¹³ Rosenberg (1983), p.466.
- ¹⁴ Bohm. «Observaciones adicionales sobre la noción de orden», en Waddington y otros, *Hacia una biología teórica*, p.248.
- ¹⁵ Manser. (1956), p.33.
- ¹⁶ Popper. (1974), *Búsqueda sin término*, p.231, nota.
- ¹⁷ Rosenberg. (1983), p.461.
- ¹⁸ Hull (1974). p.46.
- ¹⁹ Darwin. Autobiografía, p.63.
- ²⁰ Williams. (1982).
- ²¹ Sober. (1984).
- ²² Ayala y Valentine. *La evolución en acción*, p.110.
- ²³ Rosenberg. (1983), p.463.
- ²⁴ Ayala. «Aspectos filosóficos» en Dobzhansky y otros. *Evolución*, p.503.
- ²⁵ Ayala y Valentine. *La evolución en acción*, p.163.
- ²⁶ Ruse. *Filosofía de la biología*, p.147.
- ²⁷ Maynard Smith. «El status del neodarwinismo» en Waddington y otros, *Hacia una biología teórica*, p.299.
- ²⁸ Dobzhansky y otros. *Evolución*, p.154.
- ²⁹ Gould. (1982).
- ³⁰ Stebbins y Ayala. (1981), p.970.

CAPITULO III

CONTRASTABILIDAD DE LA TEORIA DE DARWIN

La estructura de *El Origen*

Aunque sin duda la moderna teoría sintética de la evolución añade contenido empírico a las ideas expuestas por Darwin en *El origen de las especies*, puede afirmarse sin género de dudas que Darwin estableció una teoría contrastable, careciendo de fundamento la opinión de Rosenberg de que el evolucionismo darwinista sin complementos no permite hacer predicciones precisas.

El primero y más importante argumento a favor del carácter empírico de la teoría darwinista es la misma estructura de *El Origen*. A pesar de que en la introducción Darwin lo califica de resumen necesariamente imperfecto, no obstante podemos decir que se trata de una obra perfectamente estructurada. Seguramente, si hubiera volcado en su obra todo el soporte empírico acumulado durante largos años, el esquema general habría perdido fuerza. Por otro lado la intención y la estructura queda plasmada en la misma introducción de Darwin.

En primer lugar hay que considerar el objetivo del libro. En la época de Darwin era un objetivo importante llegar a la conclusión, a partir de una serie de hechos, de que «cada especie no había sido creada independientemente sino que descende, como las variedades, de otras especies». A pesar de ello Darwin considera que «tal conclusión, incluso si está bien fundamentada, sería insatisfactoria hasta que se demostrase cómo las innumerables especies que habitan este mundo han sido modificadas, hasta el punto de adquirir aquella perfección de estructura y coadaptación que más justamente excita nuestra admiración»¹. El objetivo de Darwin no es sólo establecer la evolución de las especies, sino sobre todo establecer su principal causa, la selección natural. Por tanto hay que considerar el soporte empírico que contiene el libro como un apoyo a la selección natural, como principal causa de la evolución.

La misma introducción señala claramente la estructura empírica de la obra. En primer lugar hay que establecer las premisas: que es posible una gran cantidad de modificación hereditaria y que la lucha por la existencia seleccionará algunas variedades útiles.

Después de exponer la selección natural como principal mecanismo de la evolución, consagra unos capítulos al análisis de las dificultades más graves de la teoría, para pasar finalmente a las aplicaciones que dan apoyo a la teoría.

Aunque Darwin no pretende una mera acumulación de hechos, sino proponer una teoría que los explique, la estructura de la obra manifiesta claramente que la intención de Darwin era proponer una teoría explicativa que era eminentemente contrastable, ya que él mismo se esfuerza en contrastarla.

Los argumentos a favor de la selección

El primer capítulo dedicado a la selección en la domesticidad contiene ya uno de los principales argumentos de Darwin a favor de la selección. La demostración de la existencia de la selección por acción del hombre no es puramente un argumento por analogía. Dejando ahora aparte el estudio de las leyes de la variación, la selección doméstica le permite establecer las bases de la selección natural: la existencia de variedades, el carácter acumulativo de la variación y la relevancia de los caracteres útiles. La existencia de variedades es sorprendente en el caso de las palomas. A propósito de esta variedad comenta «Una circunstancia me ha sorprendido mucho; a saber que todos los criadores de diversos animales domésticos y los cultivadores de plantas, con los que he conversado o cuyos tratados he leído, están firmemente convencidos de que las diversas razas de las que tienen cuidado, descienden de otras tantas especies originariamente distintas»². El segundo rasgo es la existencia de selección acumulativa: «La clave es el poder del hombre para la selección acumulativa: la naturaleza proporciona variaciones sucesivas; el hombre las aumenta en las direcciones que le son útiles»³. Lo único que cambia en la selección natural es el mecanismo de selección.

Tanto en la introducción como en la recapitulación, Darwin enumera los que considera principales argumentos a favor de su teoría. Algunos de ellos ocupan un capítulo entero de la obra, como la sucesión geológica, la distribución geográfica y las afinidades mutuas. De todas formas hay que considerar que lo que tiene más fuerza es su conjunto: una serie de datos acumulados por los naturalistas formaban un puzzle descompuesto, que pasa a tener sentido por obra de Darwin. La paleontología, la biogeografía, la taxonomía, la embriología se convierten en aplicaciones de la teoría evolucionista.

Algunos de los argumentos constituyen una prueba genérica de la existencia de la evolución. Así por ejemplo la extinción gradual de las especies puesta de relieve en el capítulo X, que trata de la sucesión geológica, es un argumento en contra del catastrofismo, pero no constituye un argumento específico a favor de la selección, aunque Darwin atribuye a la selección el que el

número de especies no haya continuado creciendo indefinidamente en los últimos períodos geológicos⁴.

Un argumento a favor de la selección que menciona repetidas veces es la facilidad con que las especies importadas pueden extenderse a costa de las autóctonas. «Se pueden mencionar casos de plantas introducidas que llegaron a ser comunes en islas enteras en el período de menos de diez años»⁵. Este hecho demuestra tanto la tendencia al crecimiento en progresión geométrica como la existencia de medios que pueden limitar o favorecer este crecimiento. «La explicación obvia es que las condiciones de vida han sido muy favorables y que en consecuencia ha existido menos destrucción de adultos y jóvenes, y que casi todos los jóvenes han podido llegar a reproducirse»⁶.

Pero, aunque se dudase de los argumentos aportados, de lo que no se puede dudar es de la intención de Darwin de proporcionar una teoría contrastable: «Si la selección natural ha actuado así en la naturaleza, modificando y adaptando las distintas formas de vida a sus condiciones y situaciones, es algo que debe juzgarse por el significado general y balance de evidencia que se proporciona en los capítulos siguientes»⁷. Nótese que Darwin valora más el significado general que los argumentos aislados.

Refutabilidad e inmunidad a la falsación

Darwin dedica varios capítulos de su obra a examinar y tratar de resolver las dificultades de la teoría. Así debe interpretarse el cap. VII «El instinto», el cap. VIII «El hibridismo» y el cap. IX «La imperfección del registro geológico».

Los modernos alegatos sobre la tautologicidad de la teoría de la selección natural contrastan con las frecuentes y rotundas afirmaciones de Darwin de que determinados hechos empíricos arruinarían totalmente su teoría. Entre estos hechos menciona la existencia de estructuras útiles sólo para otra especie o la aparición súbita de nuevas especies. «Si pudiese ser probado que cualquier parte de la estructura de cualquier especie ha sido formada para el beneficio exclusivo de otra especie, ello aniquilaría mi teoría, porque no podría haberse producido a través de la selección natural»⁸. Y sobre la aparición repentina de especies: «Hemos visto en el último capítulo que las especies de un grupo aparecen falsamente a veces como si surgiesen de repente; he tratado de dar una explicación de este hecho, que de ser cierto resultaría fatal para mis opiniones»⁹. Estas repetidas y rotundas afirmaciones de Darwin dan pie a una lectura popperiana, pero, como veremos, la cuestión es más compleja y la metodología darwinista trasciende los cánones popperianos.

Darwin examina críticamente las dificultades de la teoría y trata de hallarles solución. La existencia de caracteres no adaptativos es una notoria dificultad para la teoría de la selección. Darwin propone varias soluciones. Las leyes de correlación de crecimiento explican que los caracteres seleccionados en una etapa lleven aparejados caracteres de otra etapa, siempre que no sean perjudiciales. «La selección natural puede modificar y adaptar la larva de un

insecto a una gran cantidad de contingencias, completamente diferentes a las que afectan al insecto adulto. Estas modificaciones afectarán sin duda, mediante las leyes de correlación, la estructura del adulto; y probablemente en el caso de aquellos insectos que viven sólo pocas horas y que jamás se alimentan, una gran parte de su estructura es meramente el resultado por correlación de los sucesivos cambios en la estructura de sus larvas. Inversamente las modificaciones en el adulto afectarán probablemente a la estructura de la larva»¹⁰. La selección sexual es otra manera de explicar caracteres que no son aptos para la supervivencia pero podrían serlo para obtener mayor proporción de descendencia. Finalmente otros caracteres no adaptativos pueden explicarse por la variación correlativa. Darwin cita numerosos casos de caracteres que suelen presentarse simultáneamente y hoy día sabemos que muchos genes están ligados por pertenecer al mismo cromosoma.

Otra de las grandes dificultades es la ausencia de variedades intermedias que demuestren la evolución gradual¹¹. En la recapitulación la considera una de las objeciones más fuertes contra su teoría: «Por qué cada colección de fósiles no proporciona plena evidencia de la gradación y mutación de las formas de vida? No encontramos tal evidencia y ésta es la más obvia y fuerte de las objeciones que pueden dirigirse contra mi teoría»¹². En este caso Darwin debe acudir no sólo a la extinción sino incluso a la imperfección del registro geológico.

La filosofía de la ciencia propia de la concepción heredada es incapaz de explicar que la teoría de la evolución es una teoría claramente empírica, pero que al mismo tiempo tiene un núcleo relativamente inmune a la falsación. Diversas concepciones a partir de Kuhn, pero particularmente el estructuralismo, permiten explicar este hecho.

1. Darwin usa explicaciones ad hoc, que en algún momento no tenían un apoyo empírico independiente de su propia teoría. En el caso de la imperfección del registro geológico llega a confesar: «Pero no pretendo que yo hubiera nunca sospechado hasta qué punto era pobre el registro de las mutaciones de la vida, presentado en la sección geológica mejor preservada, si no hubiera apremiado tan fuertemente a mi teoría la dificultad de descubrir los innumerables lazos transicionales entre las especies que aparecen al comienzo y al término de cada formación»¹³. Sus esfuerzos por defender la antigüedad de la Tierra son también una exigencia de su teoría biológica.

2. Darwin al juzgar una dificultad tiene en cuenta la comparación con las teorías alternativas. Una de las dificultades de la teoría era explicar cómo pueden formarse por selección los admirables instintos de los insectos. En el terreno de los instintos podría parecer más plausible la tesis lamarckiana de la herencia de los caracteres adquiridos o sea de las costumbres adquiridas. En el capítulo VII, sobre el instinto, uno de los más bellos de su obra, se esfuerza en demostrar que también en el caso del instinto existe variabilidad que permite la selección y casos intermedios que demuestran su actuación. Una dificultad especial es la explicación del instinto de las obreras estériles. «No entraré aquí en estos diversos casos, sino que me limitaré a una dificultad especial, que primero me pareció insuperable y realmente fatal para mi teoría

entera. Me refiero a las hembras estériles de las comunidades de insectos: pues estas neutras con frecuencia difieren ampliamente en instintos y estructura tanto de los machos como de las hembras fértiles, y de este modo, siendo estériles no pueden propagar su tipo»¹⁴. Darwin lo explicó por mutación casual junto con la selección familiar: «Esta dificultad, aunque parece insuperable, es reducida, o, según creo, desaparece, si se recuerda que la selección puede ser aplicada a la familia, como también al individuo, y obtener así el fin deseado»¹⁵. Hoy día todavía se discute sobre la selección individual y la selección familiar. Pero lo que me interesa destacar, desde el punto de vista epistemológico, es que Darwin se percató de que la objeción de la obrera estéril resulta todavía más contundente para la teoría rival: «Pues ninguna cantidad de ejercicio, hábito o volición de los miembros totalmente estériles de la comunidad, podría posiblemente haber afectado a la estructura o a los instintos de los miembros fértiles, que son los únicos que dejan descendencia. Estoy sorprendido de que nadie haya presentado este demostrativo caso de los insectos neutros, contra la bien conocida doctrina de Lamarck»¹⁶.

3. Otro elemento importante de la teoría de Darwin es el apoyo teórico. En *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex* Darwin plantea la polémica aplicación de su teoría de la evolución al ser humano. Resulta significativo que en el primer capítulo ofrece como principal evidencia del origen del hombre a partir de determinadas formas inferiores algo que puede calificarse de soporte teórico. Las variaciones en el ser humano se transmiten a sus descendientes de acuerdo con las leyes que rigen en los animales inferiores. Extender la teoría de la evolución al ser humano no es más que establecer una nueva aplicación de una teoría sobre la base de que existen suficientes aspectos comunes. El problema de establecer una genealogía concreta era secundario para Darwin.

4. Lo decisivo para juzgar la teoría de Darwin es que articula una serie de datos acumulados durante el s. XIX, que de otra forma quedaban desordenados. Un conjunto de hechos esperaba una explicación. Darwin está convencido de que la teoría de la evolución infiltrará todos los estudios biológicos existentes y abrirá nuevos terrenos de investigación. «Cuando serán admitidas las opiniones consideradas en este volumen sobre el origen de las especies, u otras opiniones análogas, podemos prever confusamente que se producirá una revolución considerable en la historia natural»... «Las otras secciones más generales de la historia natural aumentarán su interés. Los términos usados por los naturalistas de afinidad, parentesco, comunidad de tipo, paternidad, morfología, caracteres adaptativos, órganos rudimentarios y abortados, etc. dejarán de ser metafóricos y adquirirán nueva significación»... «Se abrirá un gran campo de investigación apenas trillado, sobre las causas y leyes de la variación, sobre la variación correlativa, sobre el uso y el desuso, sobre la acción directa de las condiciones externas, y así sucesivamente»¹⁷. La principal prueba para una teoría es si es capaz de resolver los problemas de las aplicaciones previstas y hallar nuevos campos de aplicación. Esto explica que una teoría empírica sea al mismo tiempo sensible a la contrastación e inmune parcialmente a la falsación. Muchas de las opiniones de Darwin han sido de

hecho refutadas. Desde la primera edición de *El Origen* admitió un efecto hereditario, aunque fuese secundario, del uso y del desuso o la acción directa de las condiciones externas. La moderna genética molecular ha demostrado que existe una sola dirección del genotipo al fenotipo y no a la inversa. Pero, a pesar de estos errores, el núcleo de la teoría darwinista sigue vigente en la moderna teoría de la evolución. A este respecto resulta significativa la opinión de Mayr: «Si “la revolución científica” se define como la aparición de algo drásticamente nuevo, entonces la síntesis no puede ciertamente calificarse como una revolución. Realmente, en sus componentes más importantes, la síntesis es notablemente parecida a la teoría original de Darwin de 1859. No es tanto el descubrimiento de nuevos hechos lo que caracteriza la síntesis como la eliminación de las malas interpretaciones»¹⁸.

¹ Darwin. *On the Origin of Species*, p.3.

² Darwin. *Ibid.* p.28.

³ Darwin. *Ibid.* p.30.

⁴ Darwin. *Ibid.* p.320.

⁵ Darwin. *Ibid.* p.64.

⁶ Darwin. *Ibid.* p.65.

⁷ Darwin. *Ibid.* p.127.

⁸ Darwin. *Ibid.* p.201.

⁹ Darwin. *Ibid.* p.316.

¹⁰ Darwin. *Ibid.* p.86.

¹¹ Darwin. *Ibid.* p.172.

¹² Darwin. *Ibid.* p.463.

¹³ Darwin. *Ibid.* p.302.

¹⁴ Darwin. *Ibid.* p.236.

¹⁵ Darwin. *Ibid.* p.237.

¹⁶ Darwin. *Ibid.* p.242.

¹⁷ Darwin. *Ibid.* p.485-486.

¹⁸ Mayr. «Some Thoughts on the History of the Evolutionary Synthesis» en Mayr y Provine (Eds) 1980, p.43.

CAPITULO IV

LA EXPLICACIÓN EN LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

La explicación narrativa

El tema de la explicación científica es tan importante como polémico. La explicación en biología es tema doblemente polémico. ¿Tiene la biología el mismo poder explicativo que las demás ciencias? Pero no sólo se ha puesto en duda la capacidad explicativa de la teoría de la evolución, sino que ha sido usada como argumento en la discusión general: uno de los defectos supuestos del modelo explicativo de ley cubriente de Hempel, sería no dar adecuada razón de la explicación evolutiva.

No es ocioso recordar que el tema de la explicación en biología está relacionado con el tema de la contrastación. Si la teoría de la evolución no fuese contrastable, difícilmente podríamos pretender que proporciona explicaciones científicas. En todo caso sería incapaz de proporcionar explicaciones de acuerdo con el modelo de Hempel, ya que una de sus características es la simetría entre explicación y predicción: en ambos casos hay que subsumir un enunciado (a explicar o predecir) en un conjunto de leyes con ayuda de unas condiciones iniciales. Una teoría que proporciona explicaciones basadas en leyes es por definición una teoría contrastable, ya que las leyes permiten predicciones contrastables.

Por esta razón no es de extrañar que algunos de los autores que han puesto en duda el contenido empírico o la contrastabilidad de la teoría de la evolución rebajen paralelamente su capacidad explicativa: para ellos lo máximo que cabe esperar de la literatura evolucionista es una narración de los hechos ocurridos. Entre los que reducen el discurso evolutivo a narración hay que distinguir dos grupos. Para el primer grupo el carácter narrativo de la teoría de la evolución sería un claro indicio de que no ha llegado a la fase de ciencia madura. Para el segundo grupo el carácter narrativo de la explicación evolucionista sería uno de sus atractivos y en consecuencia un motivo de condena para los modelos de explicación basados en leyes.

En el primer grupo podemos hallar a Popper, al menos cuando escribió *La miseria del historicismo*. Para él no puede existir una ley de la evolución: «La evolución de la vida sobre la tierra, o de la sociedad humana es un proceso histórico único. Este proceso, sin duda, tiene lugar de acuerdo con toda clase de leyes causales, por ejemplo, las leyes de la mecánica, de la química, de la herencia y segregación, de la selección natural, etc... Su descripción, sin embargo no es una ley sino una proposición histórica singular»¹. Es digno de notarse que Popper no niega la existencia de leyes que rigen los fenómenos biológicos, sino que considera la evolución como un solo acontecimiento global. Se trata de una confusión que, por desgracia, ha sido demasiado común: confundir la teoría de la evolución, que trata de poblaciones, especies, etc... con la reconstrucción del árbol filogenético. Tal vez algunos discípulos de Darwin a finales del siglo XIX fomentaron esta misma confusión, al dar importancia exclusiva a las reconstrucciones filogenéticas².

Semejante es la posición de Smart, para quien la biología es hoy *todavía* historia natural: «Gran parte de la biología es de carácter histórico: es *historia natural* en el sentido de se ocupa de hechos particulares relativos al mundo terrestre que nos circunda. Parte de la biología implica incluso una *narrativa histórica*: yo estoy aquí considerando la historia de la evolución de las especies»³.

Smart fundamenta su opinión en la idea de que las leyes deben ser absolutamente universales, sin contener nombres propios. De ello deduce que lo máximo que podemos esperar hallar en biología son generalizaciones empíricas. Pues si tratamos de eliminar toda alusión a los organismos terrestres, no hay garantía de que tales generalizaciones resulten verdaderas: «Si la "célula" se define en relación a los organismos *terrestres*, entonces las proposiciones sobre la división celular no son leyes en el sentido estricto. Si la "célula" se define sin referencia explícita o implícita al planeta Tierra, entonces no tenemos ninguna razón para suponer que tales proposiciones son verdaderas»⁴. Otra vez encontramos la confusión entre teoría de la evolución y filogenia. Es digna de mención la réplica de Hull, defendiendo que las leyes evolucionistas no mencionan especies particulares sino tipos de especies⁵.

Hay en Smart una razón adicional para rebajar el poder explicativo de la biología, que consiste en una posición fuertemente reduccionista. La biología usa la física y la química para explicar la conducta de los organismos: «Según esta concepción la biología es en el fondo bioquímica y biofísica»⁶. Tampoco Smart puede evitar una alusión a la tautologicidad de la ley de selección del más apto⁷, pero, al contrario, lo que resulta tautológico es la filosofía de Smart: si sólo la física y la química son ciencias, evidentemente la biología no es auténtica ciencia. El defecto de su razonamiento es doble: en primer lugar el reduccionismo, al menos en términos tan generales, no puede darse por demostrado y en segundo lugar, en los casos en que pueda demostrarse, la reducción, por ejemplo, de la genética clásica a la genética molecular, no privaría a la primera del legítimo título de teoría científica.

También Manser opina que la teoría de la evolución no proporciona auténticas explicaciones científicas de los hechos, sino que sólo nos ofrece el relato

de su desarrollo. Llega al extremo de citar como ejemplo de relato el caso del aumento del melanismo en la polilla de la pimienta en las zonas contaminadas, a pesar de que normalmente suele aducirse como prueba en favor de la selección natural: «El relato en sí mismo es sólo una descripción en términos que tienen alguna carga teórica, lo que provoca la ilusión de una explicación en un sentido meramente científico»⁸. Manser se olvida de lo que distingue una explicación evolutiva de un simple relato, es que hay que demostrar empíricamente que ha existido una presión selectiva que ha causado el cambio genético. En este caso la presión depredadora de los pájaros se ha establecido con independencia de la explicación evolucionista. Por otro lado, ya mencionamos anteriormente que en las zonas donde ha disminuido la contaminación ha vuelto a aumentar la variedad moteada. Esta inversión del proceso, al desaparecer la causa, no parece encajar en el esquema de explicación narrativa.

Como hemos dicho, existe un segundo grupo de autores, entre ellos podemos mencionar a Gallie, Scriven y Goudge⁹, que sostienen que las explicaciones evolucionistas no encajan con el modelo de cobertura legal, sino que tienen un carácter narrativo. Pero para ellos no constituye un demérito para la teoría de la evolución, sino una prueba de la inadecuación del modelo explicativo de Hempel.

Gallie introduce la noción de explicación típicamente histórica¹⁰. Aunque en algunas raras ocasiones una explicación histórica permite hacer predicciones, no es normal ni necesario. Normalmente los historiadores explican por referencia a condiciones necesarias. El acontecimiento a explicar suele estar caracterizado por una disyunción de condiciones necesarias y el sentido de la explicación es indicar cuál de las condiciones necesarias es aplicable. Si podemos señalar una continuidad en la dirección, esta continuidad hace inteligible o justificable la acción.

Para Gallie el problema de la explicación histórica no es más que un caso del problema general de la explicación genética. Por ello introduce paralelamente la noción de explicación típicamente genética¹¹. La explicación darwinista está lejos de ofrecer una explicación causal completa, que exigiría un conocimiento perfecto de la estructura heredada y del ambiente, además de la formulación de leyes universales. En la explicación típicamente genética el explanandum es una continuidad temporal con una dirección definida y el explanans es una condición necesaria, que, al no ser condición suficiente, no permite la predicción. A pesar de las limitaciones de este modelo narrativo cree que no se le puede negar fuerza explicativa.

Hemos visto que ambos grupos de autores coinciden en afirmar que la explicación biológica no encaja dentro del modelo explicativo de Hempel de ley englobante. En lo que discrepan es que, mientras unos atribuyen la responsabilidad a la inmadurez de la teoría de la evolución, los otros la achacan a la desmesurada exigencia positivista del modelo de Hempel. La mayoría de los autores coinciden en tres tesis: 1. La teoría de la evolución está formada básicamente por enunciados singulares. 2. La teoría de la evolución carece de verdaderas leyes, aunque aplique leyes de otras ciencias. 3. La explicación

evolucionista es básicamente narrativa. (El que Gallie exija que algunos de los pasos de la narración sean condiciones necesarias de la fase siguiente no cambia radicalmente el modelo narrativo de explicación).

Creo que las tres tesis son falsas. Además me parece que las concepciones semántica y estructural proporcionan un marco general para evitar estas confusiones, al distinguir entre la teoría y sus aplicaciones. La teoría es una estructura matemática o conjuntista que contiene leyes de algún tipo y que no menciona ningún nombre propio. Las aplicaciones de la teoría son sistemas físicos que podemos especificar mediante nombres propios. Así, por ejemplo, en la reconstrucción de la genética clásica realizada por Balzer y Dawe (mencionada en el capítulo II) en el núcleo de la teoría aparece una ley general que prescribe que los factores de la generación parental se combinan de acuerdo con determinadas proporciones. Sólo al tratar de las aplicaciones paradigmáticas aparece mencionado el guisante o *Pisum sativum*.

También me resulta sorprendente la insistencia en la analogía entre la biología evolutiva y la historia. No puede ponerse en duda el carácter histórico de la teoría de la evolución, que muchos biólogos han señalado, pero también la química y la física son hoy día ciencias en algún sentido históricas. Por otro lado me parece interesante la reflexión de Hull de que sólo importa la historia en cuanto ha dejado sus trazos en la estructura actual: «Ciertos sistemas tienen las estructuras que tienen a causa de sus historias anteriores, pero la única parte que importa de su historia pasada es aquella parte que ha sido incorporada a su estructura actual»¹².

Explicación y predicción

Una de las características del modelo explicativo de Hempel es la simetría entre explicación y predicción. Efectivamente, si tomamos el caso más sencillo de la explicación deductiva, la reconstrucción de una explicación tiene la forma

$$\frac{L_1 \dots L_n}{C_1 \dots C_m} \\ E$$

donde $L_1 \dots L_n$ representan las leyes cubrientes, $C_1 \dots C_m$ las circunstancias antecedentes y E el enunciado a explicar. Hay explicación si E se sigue de las premisas $L_1, \dots, L_n, C_1, \dots, C_m$. Pero es evidente que una predicción tiene el mismo esquema lógico y sólo se distingue en los aspectos pragmáticos¹³. Lo esencial en ambos casos es la corrección de la inferencia. En el caso de la explicación estadístico-inductiva la situación es más complicada y hay que exigir la relevancia estadística. Algunos aceptan las exigencias de Hempel como requisito necesario pero no suficiente de una buena explicación. Literalmente el modelo de Hempel permitiría que una ley se explicase a si misma. Como se han propuesto distintos tipos de complementación al modelo de

Hempel y por otro lado este problema no tiene una especial relación con la teoría de la evolución, vamos a prescindir de él aquí. Sí que en cambio adoptaré el punto de vista de que el modelo de Hempel describe una condición necesaria para entender explicación en un sentido fuerte.

¿Cómo tratan la simetría explicación-narración los filósofos que hemos visto que reducen la teoría de la evolución a un discurso narrativo? Es de esperar que los del primer grupo admitan la simetría explicación-predicción y en consecuencia nieguen a la teoría de la evolución todo poder explicativo. Efectivamente Popper, que ha basado su epistemología en el método hipotético-deductivo, sostiene un patrón deductivo de explicación, que implica la simetría: «Así pues el darwinismo no *predice* realmente la variedad. Y, por tanto, no puede realmente *explicarla*»¹⁴. También Smart o Manser consideran la incapacidad predictiva como un defecto explicativo: «Un relato histórico del desarrollo de algo no es lo mismo que una explicación científica que tendría poder predictivo y cuya credibilidad sería contrastada por su éxito en la predicción»¹⁵.

Para el segundo grupo de filósofos es admisible una explicación sin poder predictivo «De manera todavía más obvia las explicaciones típicamente genéticas no se adecuan a la concepción de la explicación que insiste —o simplemente asume— que sólo se puede decir que un acontecimiento anterior explica otro posterior, si y sólo si el primero, tomado en conjunción con ciertas leyes universales, nos proporciona base suficiente para deducir la aparición del segundo». A pesar de ello «las explicaciones típicamente genéticas realmente explican, en un sentido de la palabra perfectamente normal y razonable»¹⁶.

Conviene recordar que algunos filósofos, por ejemplo Toulmin¹⁷, no sólo han admitido que la teoría de la evolución puede explicar sin poder predecir, sino que han considerado que ello constituía una refutación del modelo explicativo de Hempel.

Debo confesar que me resulta particularmente difícil admitir unas explicaciones que no permiten predecir. Creo que la base de la discrepancia es la misma que en el apartado anterior: la confusión entre las teorías y sus aplicaciones. Hay que tener presente que la teoría de la evolución no trata de ningún organismo ni especie individual, que por tanto sus leyes y muchas de sus predicciones versarán sobre los grupos y sus relaciones. La genética de poblaciones contiene leyes y permite hacer predicciones. Hemos mencionado anteriormente la ley de Hardy-Weinberg y sus sucesivos refinamientos. Consideremos el caso de la deriva genética: debido a que las poblaciones constan de un número finito de individuos las frecuencias pueden cambiar debido a un proceso de azar. La importancia de la deriva es tanto mayor como menor sea la población. Siempre que conozcamos el número de individuos de la generación parental y las frecuencias alélicas, es posible calcular la probabilidad de obtener una determinada frecuencia alélica en la generación siguiente. Estas leyes no sólo permiten hacer predicciones estadísticas sino que han sido confirmadas en el laboratorio¹⁸.

Aunque se admita que las leyes de la evolución no tratan de organismos

ni especies particulares, hay que considerar dos objeciones. La primera es que la capacidad de los biólogos evolucionistas para explicar el pasado parece muy superior a la habilidad para predecir el futuro, lo que parece dar la razón a los defensores de la explicación narrativa. Una respuesta interesante dada por Hull¹⁹ es que tan difícil es para los biólogos inferir estados pasados como estados futuros. Pero en muchos casos la situación actual es un registro de su propio pasado, con lo que cambia drásticamente la cuestión. Por esto la teoría evolucionista puede usarse para producir reconstrucciones bastante detalladas de las secuencias filogenéticas pasadas, y en cambio es muy difícil prever todos los cambios ambientales que pueden afectar a una población en el futuro.

La segunda objeción es que incluso por lo que se refiere al pasado las explicaciones evolucionistas son con frecuencia fragmentarias. No se puede pretender por tanto que los evolucionistas han explicado todos los fenómenos de acuerdo con el modelo de ley cubriente. Pero se puede aceptar como el modelo a que tienden y que alcanzan en caso sencillos. Por ejemplo la explicación del mantenimiento del polimorfismo equilibrado en el caso del gen causante de la anemia falciforme, debido a que el heterocigótico es inmune a la malaria, encaja perfectamente en el modelo de ley cubriente. Me parece bien fundamentada la opinión de Ruse de que el modelo de cobertura legal es el guía adecuado para las explicaciones evolucionistas. «Si los evolucionistas no dieran nunca explicaciones basadas en ley cubriente (explícitamente nunca recurrieran a leyes en lo que he llamado sus 'bosquejos'), el ataque de los críticos podría ser entonces más sólido»²⁰.

¹ Popper, *La miseria del historicismo*, p.134-135.

² Huxley, *La evolución, síntesis moderna*, p.22.

³ Smart, *Entre ciencia y filosofía*, p.74.

⁴ Smart, (1963), p.54.

⁵ Hull, (1974), p.81.

⁶ Smart, (1963), p.57.

⁷ Smart, (1963), p.59.

⁸ Manser, (1965), p.25.

⁹ Gallie, (1955), Scriven (1959), Goudge (1961).

¹⁰ Gallie, (1955), p.162.

¹¹ Gallie, (1955), p.163.

¹² Hull, (1974), p.87.

¹³ Hempel, (1965), p.366-367.

¹⁴ Popper, *Búsqueda sin término*, p.230-231.

¹⁵ Manser, (1965), p.25.

¹⁶ Gallie, (1955), p.168.

¹⁷ Toulmin, (1961), cap.II.

¹⁸ Ayala-Valentine, *La evolución en acción*, pp.104, ss.

¹⁹ Hull, (1974), p.96.

²⁰ Ruse, *La filosofía de la biología*, p.113.

LA EXPLICACION EN LA TEORIA DE DARWIN

La epistemología de Darwin y sus orígenes

Todas las discusiones del siglo xx sobre la explicación narrativa y la explicación típicamente genética hubieran sorprendido extraordinariamente a Darwin, que creía que con la teoría de la evolución la biología pasaba a ser una ciencia natural, con los mismos derechos que las demás ciencias y no tan distinta metodológicamente de ellas. Ruse opina que algunas disputas filosóficas sobre la explicación narrativa son debidas a falta de información: «pienso sinceramente que si algunos filósofos leyeran unos cuantos estudios evolucionistas técnicos (más bien que ensayos de divulgación para el público no científico), encontrarían que muchas referencias a leyes son más explícitas que implícitas; esto sucede ciertamente en la obra de evolucionistas como Simpson y Dobzhansky»¹. Aporto esta cita de Ruse para que no parezca tanta presunción por mi parte, si digo que una mayor atención a los escritos de Darwin hubiera podido abreviar algunos debates filosóficos. O que en todo caso los partidarios de la explicación narrativa tendrían que explicar la conciencia equivocada de Darwin, que, creyendo hacer ciencia, no hacía otra cosa que contar historias.

La primera cuestión a plantear es ¿cuáles son los modelos epistemológicos que tomó Darwin para establecer la teoría de la evolución? Los principales modelos epistemológicos, que explícitamente menciona Darwin, son la astronomía de Newton, la geología de Lyell y la epistemología de Whewell y la de Herschel (que por lo demás fue un notable científico y astrónomo). ¿Cómo pudo Darwin con tales ingredientes científicos, componer un discurso narrativo? Es algo que, de ser cierto, merecería una explicación, aunque sólo fuese una explicación típicamente histórica. Por lo demás, los modelos que he citado están relacionados. Herschel toma como modelo de ciencia la astronomía Newtoniana e influye sobre la metodología de Lyell.

Dada la convicción subjetiva de Darwin de que estaba fundando una nueva ciencia, el tema de la explicación es un tema capital para Darwin (como seguramente ha sido capital en todas las grandes revoluciones científicas). Los principales adversarios inequívocos de Darwin era el creacionismo, el fijismo de las especies y el catastrofismo. Darwin no estaba tan interesado en demostrar que tales hipótesis son falsas, como en demostrar que no explican, que se limitan a afirmar los hechos (esto es a proporcionar narraciones).

Darwin pone alto el listón: su ideal explicativo es el de la astronomía newtoniana. «En las obras de historia natural se dice generalmente que los órganos rudimentarios han sido creados “por razones de simetría”, o “para completar el esquema de la naturaleza” pero eso no me parece ninguna explicación, sino una simple reenunciación del hecho. ¿Se podría pensar que es suficiente decir que, puesto que los planetas giran en órbitas elípticas alrededor del sol, los satélites siguen la misma trayectoria alrededor de los planetas, por razones de simetría o para completar el esquema de la naturaleza?»² La idea de Darwin es clara: 1) El creacionismo no explica, sino que se limita a repetir los hechos con distintas palabras (el creacionismo sí que sería una pseudo-explicación narrativa). 2) No es admisible en biología evolutiva un tipo de explicación que no sería admisible en la astronomía newtoniana (una explicación sin leyes). 3) La teoría de la descendencia común con modificación proporciona una explicación causal de los órganos rudimentarios. Tan clara está para Darwin la conexión de la explicación científica con las leyes y de la simetría explicación-predicción que escribe un poco más abajo: «Los órganos rudimentarios pueden ser comparados con las letras de una palabra, que se conservan para deletrear la palabra, pero que resultan inútiles en la pronunciación, aunque sirven de guía para buscar su derivación. Según la concepción de la descendencia con modificación, podemos concluir que la existencia de órganos en una condición rudimentaria, imperfecta e inútil, o totalmente abortados, está lejos de presentar una dificultad extraña, como sin duda ocurre con la doctrina ordinaria de la creación, e incluso podía haberse predicho y puede ser explicada por las leyes de la herencia».³

El segundo modelo epistemológico que toma Darwin es la geología de Lyell, modelo que tampoco parece muy esperanzador para los que defienden para la biología un estatuto epistemológico radicalmente distinto de las demás ciencias naturales. Darwin considera que los estudios geológicos están relacionados con la especulación y la deducción: «Cuando se empieza a examinar un territorio desconocido, nada parece más desesperanzador que el caos de las rocas; pero al ir registrando la estratificación y la naturaleza de aquellas y de los fósiles en múltiples puntos, *especulando siempre y pronosticando* lo que encontraremos en otros lugares, se empieza a ver clara la región, y su estructura de conjunto se hace más o menos inteligible. Había llevado conmigo el primer volumen de *Principles of Geology* de Lyell, que estudié atentamente, y me resultó de gran ayuda en muchos aspectos. El primer lugar que examiné, Santiago, en el archipiélago de Cabo Verde, me demostró claramente la maravillosa superioridad del método que Lyell aplicaba a la geología, en comparación con el de los autores de cualquier de las obras que yo

llevaba conmigo, o que haya leído después».⁴ Es ya importante que, como geólogo, Darwin fuera un geólogo lyelliano y considerara que la geología, que había sufrido una revolución con la obra de Lyell⁵, era una ciencia de carácter especulativo y predictivo. Pero la relación con Lyell va más lejos de la amistad personal o de proclamarse un geólogo lyelliano. Darwin tomó el método de Lyell como modelo para imitar en biología, según reconoce en su autobiografía: «Después de mi regreso a Inglaterra me pareció que, siguiendo el ejemplo de Lyell en geología, y recogiendo todos los datos que de alguna forma estuvieran relacionados con la variación de los animales y las plantas bajo los efectos de la domesticación y la naturaleza se podría aclarar toda la cuestión... Pronto me di cuenta de que la selección era la clave del éxito del hombre cuando conseguía razas útiles de animales y plantas. Pero durante algún tiempo continuó siendo un misterio para mí la forma en que podía aplicarse la selección a organismos que viven en estado natural».⁶ No se trata de meras declaraciones: podemos ver los principios de Lyell impregnando la obra biológica de Darwin. En su lucha contra el catastrofismo, que atribuía los cambios geológicos a acontecimientos bruscos, hoy día desconocidos, Lyell se basó en tres principios: el actualismo, que sostiene que las causas que actuaron en el pasado se pueden observar en la actualidad; el uniformismo, que defiende que estas causas actúan con la misma intensidad; el equilibrio dinámico, que no admite un cambio unidireccional, sino que supone que se compensan la creación y la destrucción. Estos principios impregnan no sólo la geología de Darwin sino también su biología: «Porque las especies son producidas y exterminadas por causas que actúan lentamente y todavía existen, y no por milagrosos actos de creación y por catástrofes».⁷ Las referencias a la geología como modelo no son esporádicas. Tratando de la actuación de la selección natural, reconoce que puede ser sometida a las mismas objeciones que la geología de Lyell y que confía tener el mismo grado de asentimiento en la comunidad científica: «La Selección Natural sólo puede actuar por la preservación y acumulación de modificaciones heredadas infinitesimalmente pequeñas, cada una de ellas provechosa para el ser conservador; y igual que la moderna geología casi ha descartado opiniones tales como la excavación de un gran valle por una única onda diluvial, así la selección natural, si es un principio verdadero, proscribe la creencia en una creación continuada de nuevos seres orgánicos o en una gran y repentina modificación de su estructura».⁸ En resumen tampoco el segundo modelo epistemológico de Darwin favorece la tesis de que la biología evolutiva es un discurso narrativo.

Pero quizá la influencia epistemológica más explícita es la de Herschel. Reconoce en su autobiografía: «Durante mi último año en Cambridge, leí con atención y con profundo interés *Personal Narrative* de Humboldt. Esta obra y la *Introduction to the Study of Natural Philosophy* de Sir J. Herschel, suscitaron en mí un ardiente deseo de aportar aunque fuera la más humilde contribución a la noble estructura de la ciencia natural. Ningún libro de la docena que había leído me influenció tanto como aquellos dos».⁹ J. Herschel, aparte de ser un notable científico, en su *A Preliminary Discourse on the*

Study of Natural Philosophy (1830) destaca como un gran filósofo de la ciencia, que tuvo el mérito de adelantar muchas ideas que se encuentran en la filosofía de la ciencia del s. xx y de influir en los planteamientos metodológicos de dos ciencias que estaban viviendo un cambio revolucionario: la geología y la biología. Herschel tomó como modelo de ciencia la astronomía newtoniana. Distinguió entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación. En el contexto de descubrimiento admitió el método inductivo junto con el método hipotético-deductivo. En primer lugar se pueden descubrir leyes de la naturaleza de bajo nivel que llama hechos generales. Pero hay que ascender un nuevo peldaño explicativo agrupando las leyes de la naturaleza en teorías. En el contexto de la justificación prevalece el método deductivo, sometiendo a prueba las teorías a través de las consecuencias contrastables. La idea central de Herschel, o al menos la que parece haber influido más en Darwin, es la doctrina de la *verae causae*: los fenómenos singulares son explicados por leyes que expresan regularidades de la naturaleza, como las leyes de Kepler. Pero el científico debe esforzarse para explicar estas leyes acudiendo a leyes más fundamentales. Las causas a las que se puede apelar en estas explicaciones tienen que ser específicas y deben respetar un principio de analogía: fenómenos semejantes tendrán causas semejantes.

La doctrina de la *verae causae* es un elemento clave para comprender el método de Darwin. Prescindiendo de las controversias sobre el momento en que Darwin concibió la teoría de la evolución lo que parece claro es que en una primera etapa admitió la formación de especies por evolución (regularidad de la naturaleza o hecho general en el sentido de Herschel), pero que el descubrimiento de la evolución de las especies era algo absolutamente insatisfactorio, si a su vez no se podía hallar una ley de nivel superior que explicase la evolución. El descubrimiento de la ley de selección natural cumplía esta función de integrar la evolución dentro de una teoría, aunque siguieran permaneciendo casi totalmente desconocidas las leyes de la herencia y la variación. «Al considerar el Origen de las Especies, es perfectamente concebible que un naturalista, reflexionando sobre las afinidades mutuas de los hechos orgánicos, sus relaciones embriológicas, su distribución geográfica, la sucesión geológica y otros hechos, podría llegar a la conclusión de que cada especie no había sido creada independientemente, sino que descendía, como las variedades, de otras especies. A pesar de todo, tal conclusión, incluso si está bien fundada, sería insatisfactoria, hasta que se pudiese demostrar cómo las innumerables especies que habitan este mundo han sido modificadas, hasta el punto de adquirir aquella perfección de estructura y coadaptación que con toda justicia excita nuestra admiración».¹⁰ La idea de explicación es una idea clave en Darwin: no basta hallar algunas regularidades empíricas, sino que hay que explicarlas ascendiendo una pirámide explicativa.

La referencia a la *verae causae* es abundante en la obra de Darwin. Sin arredrarse ante las dificultades para explicar la dispersión, Darwin sostiene la idea de que cada especie ha aparecido en un solo lugar. A propósito de las dificultades comenta: «A pesar de ello cautiva la mente la simplicidad del punto de vista de que cada especie fue producida primero en una sola región.

Quien lo rechaza, rechaza la *vera causa* de la generación ordinaria con migración posterior e invoca la acción de un milagro».¹¹ En otros pasajes invoca la *vera causa* de la comunidad de descendencia para explicar variaciones análogas o la reaparición de caracteres latentes.¹²

Whewell no se opuso a la teoría de las *verae causae* de Herschel, aunque sí a una interpretación exclusivamente empirista. Un excesivo empirismo sólo nos permitiría basarnos en las causas que ya conocemos, cuando por el contrario es necesario intentar descubrir otros tipos de causas. A pesar de las divergencias innegables, hay también coincidencias entre la epistemología de Herschel y la de Whewell, como puede ser el reconocimiento del carácter hipotético-deductivo de la ciencia.

Podemos señalar dos aspectos en que la influencia de Whewell sobre Darwin puede ser importante. Según Whewell el científico debe idear varias hipótesis provisionales y elegir la más acertada. Esta fue una práctica habitual en Darwin.

Según Ruse, la idea epistemológica de Whewell más relevante para la obra de Darwin es la de la confluencia inductiva¹³.

El principio de unificación de campos es uno de los fundamentos de la ciencia moderna. Ya la tercera ley de Kepler tuvo éxito al relacionar conceptos como los períodos de revolución de los planetas y su distancia al sol, pero la mecánica de Newton constituyó un brillante ejemplo de unificación de campos. En el caso de Darwin la teoría de la evolución logra unificar campos que antes estaban dispersos, como la paleontología, la biogeografía, la embriología, la sistemática, el estudio de los instintos, etc. La concurrencia de inducciones tiene un doble efecto: el principio general arroja la luz de la explicación sobre cada subárea, pero a su vez las subáreas proporcionan un apoyo inductivo al principio general. Esta confluencia inductiva es uno de los principales argumentos que aduce Darwin en favor de la teoría de la evolución.

En resumen Darwin toma como modelos la astronomía newtoniana y la geología de Lyell y, siguiendo la epistemología de Whewell y Herschel, concibe una ciencia como una pirámide explicativa basada en la idea de *vera causa* y de estructura deductiva. La conclusión es que todo el mito de las explicaciones genéticas y narrativas tiene poco que ver con la concepción epistemológica de Darwin y como veremos tampoco con su práctica científica.

Las leyes empíricas

Hemos visto que en la filosofía de la ciencia de Herschel el proceso de explicación partía de unos aspectos relevantes a explicar. A continuación se formulan generalizaciones empíricas o leyes de la naturaleza, que Herschel llama hechos generales. Darwin no se detiene aquí, sino que asciende por la pirámide explicativa. En la primera fase puede funcionar el método inductivo de acumulación y comparación de datos. A medida que se va subiendo la

jerarquía explicativa hay que aventurar arriesgadas hipótesis, que pueden ser acertadas, como la selección natural, o desacertadas, como la teoría de las gémulas. Quizá sea simplificar la pirámide explicativa distinguir tres niveles: los hechos a explicar, unas leyes que ocupan un lugar intermedio y finalmente las leyes más generales de la teoría de la evolución.

El primer aspecto a señalar es que los hechos a explicar pertenecen a especialidades distintas. Pertenecen a la biogeografía, como la distribución de los pinzones de Darwin (Geospizinae) en las islas Galápagos; pertenecen a la paleontología, como la sucesión de fósiles en el registro geológico; pertenecen a la embriología, como los caracteres comunes en embriones de grupos dispares como mamíferos, aves y reptiles; pertenecen a la morfología, como la presencia de órganos rudimentarios.

El segundo aspecto a señalar es que los hechos a explicar se han obtenido destacando los aspectos relevantes de los fenómenos brutos, y que, aunque pueden contener nombres propios (pinzones de Darwin, Archipiélago de las Galápagos), son generalizables. Se trata de unas regularidades de primer nivel. El problema a explicar, ejemplificado por los pinzones de las Galápagos, se puede generalizar: en las islas oceánicas que por su distancia entre ellas y respecto el continente facilitan un relativo aislamiento, aparecen especies endémicas de algunas islas, pero que tiene afinidad con las del continente y mayor afinidad con las de las islas próximas. Si tomamos un ejemplo continental, un hecho a explicar es la sucesión de especies afines al viajar de norte a sur en el mismo continente. Vemos pues el poco fundamento que tiene la teoría de los enunciados singulares y de la explicación narrativa. La lectura de los capítulos XI y XII del *Origen* sobre la distribución geográfica, demuestran claramente que Darwin está tratando de relaciones entre tipos de poblaciones: «Afinidad de las producciones del mismo continente», «De las relaciones de los habitantes de las islas con la tierra firme más próxima». Naturalmente que para demostrar estas tendencias generales, tiene que mencionar géneros y especies determinados, aunque no organismos individuales.

Para explicar estas generalizaciones empíricas busca la formulación de leyes más generales, que de alguna manera no pertenecen ya a las aplicaciones, como la biogeografía, sino a la misma teoría de la evolución. B. Rensch, tratando del carácter nómico de la teoría de la evolución, formula un centenar de reglas de la teoría de la evolución.¹⁴ Rensch las llama reglas, por contraposición a las leyes, porque las leyes biológicas suelen tener siempre excepciones. La existencia de excepciones no quebranta el carácter nómico de las reglas, sino que los acontecimientos sometidos a leyes suelen ser el resultado del cruzamiento de varias de ellas. Creo que no sería difícil encontrar un centenar de reglas en los escritos de Darwin. Quizá no es necesario hacer una recopilación exhaustiva, pero sí que es conveniente dar unas cuantas muestras.

1. *El aislamiento tiene un efecto sobre el proceso de selección y especiación.*¹⁵ Quisiera hacer notar que, tal como está formulada por Darwin, es quizá una regla en el sentido de Rensch y destacar que existe una jerarquía

de leyes. La ley del aislamiento permite explicar la abundancia de especies endémicas en las islas oceánicas, pero también debe a su vez ser justificada. Darwin menciona en el pasaje citado algunas razones que apoyan la tesis del aislamiento: si no es una zona muy amplia las condiciones de vida serán uniformes en grado elevado, se evita el cruzamiento con individuos de allende las barreras, pero, sobretudo, evita la inmigración de individuos mejor adaptados.

2. *El árbol de la evolución será irregular.*¹⁶ También en este caso la regla debe ser justificada. La selección natural actuará siempre de acuerdo con la naturaleza de los lugares desocupados y esto depende de unas relaciones infinitamente complejas.

3. *Ley de la compensación o equilibrio del crecimiento*, que atribuye a Geofroy y a Goethe. Da muchos ejemplos de esta ley: cuando las semillas de nuestros frutos se atrofian, el fruto gana en tamaño y calidad. Aunque admite que la ley tiene excepciones, me parece interesante destacar que usa esta ley para dar una explicación, de acuerdo con la ley de selección natural, de la pérdida de órganos debida al desuso. «Cuando un cirrípedo es parásito de otro y queda protegido de esta forma, pierde su propia concha o caparazón más o menos completamente»¹⁷. Es conocido que aunque desde la primera edición del *Origen* propuso la selección natural como principal causa de la evolución, admitió también una cierta influencia directa del medio y del uso o desuso. Aunque siempre mantuvo una cierta ambigüedad, parece que se inclinó a disminuir la importancia de la selección natural. En *El Origen del hombre* reconoce un cambio de opinión e introdujo modificaciones en la redacción de la quinta edición del *Origen*: «Sin embargo ahora creo, después de leer el ensayo de Nägeli sobre las plantas y los trabajos de los diversos autores por lo que se refiere a los animales, y muy especialmente los del profesor Broca, que en las primeras ediciones de mi *Origen de las especies* probablemente di demasiada importancia a la selección natural o a la supervivencia de los mejor adaptados»¹⁸. Es extraño esta insistencia en el efecto *directo* del uso y desuso, cuando desde la primera edición del *Origen* disponía de una *explicación mediante la selección natural* de la pérdida de órganos por desuso, debido a la ley de compensación: «Así, tal como creo, la selección natural siempre alcanzará a la larga a reducir y ahorrar cualquier parte del organismo, en cuanto ha llegado a ser superflua, sin provocar en absoluto que otra parte aumente en el grado correspondiente»¹⁹.

4. *Una parte desarrollada extraordinariamente, en comparación con otras especies afines, tiende a ser altamente variable*²⁰. Como en otros casos no se contenta con formular la regla sino que busca una explicación: si una parte se ha desarrollado de manera extraordinaria es porque ha sufrido una cantidad extraordinaria de modificación durante un tiempo prolongado. Esto implica una cantidad de variabilidad insólitamente grande y prolongada.

5. *Los caracteres específicos son más variables que los genéricos.* Dejando aparte el soporte empírico que aporta Darwin a esta regla, lo más importante para él es proporcionarle una explicación. Tal explicación es imposible para el creacionismo, pero no para la teoría de la selección natural: «Según el punto de vista ordinario de que cada especie ha sido creada independientemente ¿por qué aquella parte de la estructura, que difiere de la misma parte de otras especies del mismo género, creadas independientemente, tendría que ser más variable que aquellas partes que son muy semejantes en las diversas especies? No veo que pueda darse ninguna explicación. Pero según la concepción de que las especies son únicamente variedades fijas y fuertemente acusadas, podemos seguramente esperar encontrarlas todavía variando frecuentemente en aquellas partes de su estructura que ha sufrido variación en un período de tiempo moderadamente reciente y que de este modo ha llegado a divergir»²¹.

6. *Especies distintas presentan variaciones análogas.* También en este caso, además del soporte empírico, busca una explicación, que sólo puede ser la *vera causa* de haber heredado de un progenitor común la misma constitución y la misma tendencia a la variación y no los actos separados de creación²². Las tres últimas reglas son una consecuencia del actualismo de Lyell: las causas que han actuado en el pasado seguirán actuando y no es de prever un cambio repentino de ritmo: «donde, si se me permite la expresión, la fabricación de especies ha sido activa, debemos encontrar generalmente esta fabricación todavía en acción, más especialmente porque tenemos razones para creer que el proceso de fabricación de nuevas especies es un proceso lento»²³.

7. *Las leyes de la herencia.* Aunque se ha dicho con razón que la teoría de la selección natural de Darwin quedó incompleta por falta de unas leyes adecuadas de la herencia y de la variación, Darwin era consciente de la necesidad de tales leyes y de alguna manera las vislumbró. Reconoce que las leyes de la herencia son desconocidas: «Las leyes que gobiernan la herencia son bastante desconocidas; nadie puede decir por qué la misma peculiaridad en diferentes individuos de la misma especie y en individuos de diferentes especies, se hereda en algunos casos y en otros no; por qué la prole se parece en ciertos caracteres a su abuelo o abuela o a un antepasado mucho más remoto; por qué una peculiaridad es con frecuencia transmitida por un sexo a ambos sexos o a un solo sexo»²⁵. Nótese que para Darwin la ignorancia consiste, no en la carencia de leyes empíricas (menciona explícitamente el atavismo) sino en la ausencia de unas leyes de nivel superior que permiten explicar estas regularidades empíricas. Podemos mencionar algunas de estas leyes de la herencia, formuladas por Darwin con cierta imprecisión, pero que recuerdan vagamente las leyes de Mendel. 1. *Uniformidad de la 1ª generación al cruzar razas puras:* «Las crías del primer cruzamiento entre dos razas puras es moderadamente y a veces (como lo he constatado con las palomas) extremadamente uniforme»²⁵. 2. *Diversificación en las generaciones posteriores:* «Pero cuando estos mestizos se entrecruzan entre sí durante varias generaciones,

difícilmente se parecen entre sí dos de ellos, y entonces resulta evidente la extrema dificultad o más bien la total imposibilidad de esta tarea»²⁵. 3. *Atavismo*: «Sin duda resulta hecho muy sorprendente que los caracteres reaparezcan después de estar perdidos durante una gran cantidad, quizá centenares de generaciones»²⁶.

8. *Las leyes de la variación*. Darwin tituló el capítulo V de su *Origen* «Leyes de variación», alguna de las cuales he mencionado anteriormente. Una dificultad es que Darwin no distingue claramente entre variedad existente en una población y mutación o producción de nuevas variaciones. A pesar de la ambigüedad queda suficientemente claro que, tanto la existencia de variedades como la aparición de nuevas variedades, puede ser objeto de selección y contribuir a la evolución, pero que el factor decisivo para lograr grandes cambios es la acumulación de nuevas variaciones. Recopilemos algunos de los principios establecidos por Darwin. 1. *Sólo tienen relevancia evolutiva las variaciones heredables*: «Cualquier variación que no es heredada carece de importancia para nosotros. Pero no tiene fin el número y la diversidad de las desviaciones de la estructura que pueden ser heredadas, tanto aquellas que tienen ligera importancia fisiológica como aquellas que la tienen considerable»²⁷. 2. *Las diferencias individuales son la base de la selección*: «Estas diferencias individuales son muy importantes para nosotros, porque aportan los materiales para ser acumulados por la selección natural, de la misma manera que el hombre puede acumular las diferencias individuales en cualquier dirección dada en sus producciones domésticas»²⁸. 3. *El cruzamiento de las razas existentes no es el factor decisivo de la evolución*: «No hay duda que una raza puede ser modificada por medio de cruces ocasionales, si es ayudada por la selección cuidadosa de aquellos individuos mestizos, que presenten cualquier carácter deseado; pero apenas puedo creer que se pueda obtener una raza casi intermedia entre dos razas o especies extremadamente diferentes»²⁹. 4. *La selección actúa sobre variedades aparecidas por azar*: «Todo ha consistido en cultivar siempre la mejor variedad conocida, plantando sus semillas, y, cuando por casualidad aparece una variedad ligeramente superior, en seleccionarla, y así sucesivamente»³⁰. 5. *El grado de variabilidad no es uniforme*: «Un alto grado de variabilidad es obviamente favorable porque ofrece materiales abundantes para el trabajo de la selección»³¹.

9. *La divergencia de caracteres*. Con esta breve muestra de leyes empíricas, que pueden hallarse en el *Origen*, he tratado de demostrar una cuestión epistemológica e histórica: Darwin estaba convencido de que la evolución era un proceso regido por leyes, aunque muchas de ellas permanecían ocultas todavía. No he prestado ninguna atención al tema de si tales reglas se consideran hoy día bien confirmadas o no. Menciono como último ejemplo la ley de divergencia precisamente como muestra de una ley que ha sido corregida por la moderna teoría de la evolución. Darwin pensó que la selección era siempre diversificadora. Hoy día se admite también la selección normalizadora, que favorece los individuos con valores intermedios (por ejemplo los recién naci-

dos que tienen un tamaño intermedio tienen mayores probabilidades de sobrevivir que los que tienen valores extremos) y también la selección direccional, que conduce a valores extremos (podría citarse el incremento de capacidad craneal del linaje humano)³². El argumento de Darwin para explicar la selección divesificadora era la oportunidad de ocupar lugares diversos: «... cuanto más diversificados llegan a ser los descendientes de cualquier especie en estructura, constitución y hábitos, más capaces serán de ocupar muchos lugares ampliamente diversificados en la economía de la naturaleza y de este modo serán más capaces de crecer en número»³³.

El último tema a señalar es que no todas las leyes ocupan el mismo lugar jerárquico. La concepción estructural concibe una ciencia como una pirámide explicativa: unos pocos principios generales con poco contenido empírico rigen para todas las aplicaciones, pero se van añadiendo leyes especiales, formando diversas especializaciones. Quizá sea imposible reconstruir esta pirámide explicativa con el detalle con que se ha hecho en algunas partes de la física, pero conviene hacer constar que ciertamente para Darwin unas regularidades eran explicadas por otras leyes de nivel superior. En el último párrafo del *Origen* insiste en el carácter nómico de la evolución y menciona sin duda las leyes que cree más importantes. Esta sujeción a leyes contrasta con el comienzo poético de la cita: «Es interesante contemplar una ribera enmarañada, cubierta de muchas plantas de muchas clases, con pájaros cantando en los matorrales, con variados insectos revoloteando, y con gusanos arrastrándose por el húmedo suelo, y reflexionar que todas estas formas construídas cuidadosamente, tan distintas entre sí, pero mutuamente dependientes de modo tan complejo, *han sido producidas por leyes que actúan alrededor nuestro*. Estas leyes tomadas en el sentido más amplio, son la del *crecimiento con reproducción*, la de la *herencia*, casi siempre implicada en la reproducción, la de la *variabilidad* a partir de la acción directa e indirecta de las condiciones externas de vida y del uso y del desuso, la *progresión geométrica de la expansión*, suficiente para conducir a la *lucha por la vida* y en consecuencia a la *selección natural*, que implica la *divergencia de caracteres* y la *extinción* de las formas menos perfeccionadas»³⁴.

Modelo deductivo de explicación

Darwin, según declara en su *Autobiografía* sentía verdadera pasión por encontrar explicaciones. «Algunos de mis críticos han dicho: “¡Es un buen observador, pero no tiene ninguna capacidad para razonar!” No creo que esto pueda ser verdad, ya que *El Origen de las Especies* es una larga demostración, del principio al fin, y convenció a no pocos hombres de talento». Y a continuación reafirma: «Desde los primeros años de mi juventud he tenido el más firme deseo de comprender o *explicar* todo lo que observaba —*esto es, de agrupar todos los hechos en leyes generales*—»³⁵.

¿Qué entendía Darwin por explicación? La respuesta es sencilla: subsumir unos hechos bajo unas leyes y englobar estas leyes en una teoría. Se trata

del conocimiento modelo de ley cubriente de Hempel. Podría parecer extraño ya que en el capítulo anterior hemos visto como algunos filósofos creían que la teoría de la evolución no encajaba con el modelo explicativo de Hempel, sea para deshonra de la biología o para deshonra del modelo de ley cubriente. Pero bien examinado resulta natural. Podemos dar tres justificaciones.

En primer lugar el modelo explicativo de Hempel está relacionado con la concepción hipotético-deductiva de la ciencia, que, como hemos visto, es uno de los ingredientes de la filosofía de la ciencia de Herschel y de Whewel, asimilada por Darwin.

En segundo lugar el término explicación, que aparece continuamente en el *Origen*, va con frecuencia ligado a la idea de consecuencia. Por ejemplo, cuando expone que la selección natural explica (cosa que no pueden hacer el catastrofismo y el creacionismo) la extinción gradual de especies dice: «La teoría de la selección natural está fundada en la creencia de que cada nueva variedad, y finalmente cada nueva especie, es producida y mantenida por tener alguna ventaja sobre aquellas con las que entra en competición; y la consiguiente extinción de las formas menos favorecidas se *sigue casi inevitablemente*»³⁶. La extinción es una consecuencia de la selección. No se trata de casos aislados: tratando de la amplia dispersión, dentro del mismo continente, de las especies de agua dulce expresa que «la propensión a una dispersión amplia se seguiría de su capacidad *casi como una consecuencia necesaria*»³⁷.

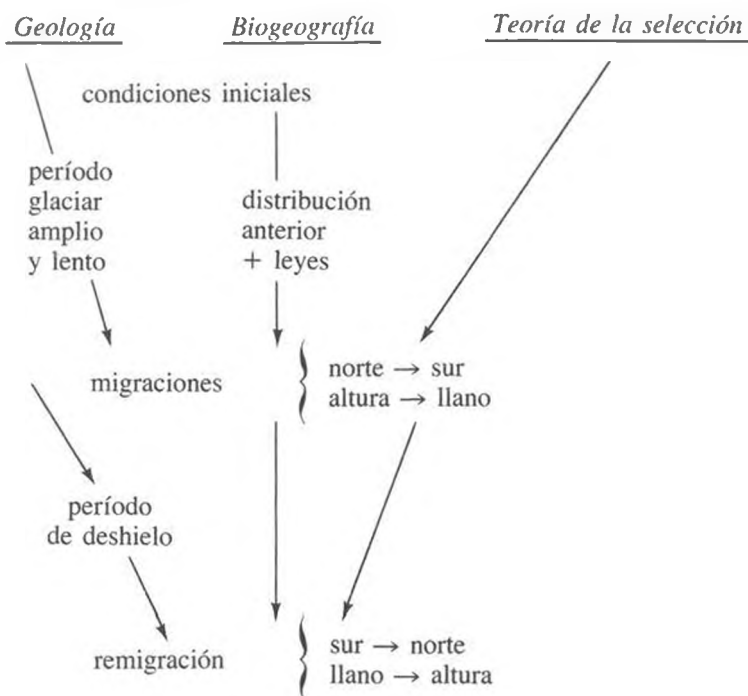
En tercer lugar no se trata de una convicción subjetiva de Darwin, sino que, particularmente en biogeografía, ha dado ejemplos de explicaciones detalladas, que es difícil rechazar que sean explicaciones de tipo deductivo. Podemos mencionar la distribución de especies en las islas Galápagos, cuya explicación ha sido analizada detalladamente por Ruse³⁸, demostrando su carácter deductivo. Permítaseme examinar con algún detalle otro caso parecido, que es el de la amplia difusión de las especies árticas³⁹.

Hecho a explicar: el hecho a explicar es la amplia difusión de las especies árticas en zonas separadas. Nótese que no se trata de un enunciado sobre un organismo individual ni siquiera sobre una especie o género particular. La mera enunciación del hecho a explicar confirma la opinión, defendida continuamente, que la biología evolutiva no trata de poblaciones determinadas sino de tipos de poblaciones: en nuestro ejemplo las especies árticas (que se pueden definir por su ubicación en determinadas zonas del planeta Tierra, pero también por su aclimatación en climas fríos).

Vamos a adoptar momentáneamente el punto de vista de la explicación narrativa. En este supuesto disponemos de dos narraciones alternativas. Primera narración (de Gmelin, 1747): se ha producido un acto de creación separado en distintos puntos. Segunda narración (Darwin, 1859): en el último período glaciario las especies árticas emigraron hacia el sur, al llegar un nuevo período cálido se produjo una remigración tanto hacia el norte como hacia las alturas. Si consideramos que la biología tiene como objetivo proporcionar narraciones ¿por qué preferir la narración de Darwin a la de Gmelin, a parte de nuestra mayor o menor simpatía a los actos de creación?

Adoptemos en cambio el punto de vista de la explicación deductiva. Pasa-

mos a suponer que se trata de una estructura deductiva, presidida por leyes. El esquema podría ser:



Pero no se trata sólo de difrazar una narración por medio de un esquema. Si la explicación de Darwin es una explicación deductiva es posible inferir de ella otras consecuencias contrastables, tal como hace Darwin en el apartado comentado. Examinemos algunas:

1. Las plantas alpinas de cada sierra estarán más estrechamente relacionadas con las formas árticas que están al norte de ellas, que con otras más alejadas.

2. Existirá más uniformidad en las producciones árticas que en las alpinas, porque en su remigración conservaron las relaciones. Las montañas se comportan de forma análoga a las islas.

3. Existirá un parentesco entre las producciones de Europa y E.E.U.U., sin identidad de especies, pues la relación fue más intensa en el terciario.

4. Podremos constatar la presencia de formas nórdicas templadas en el hemisferio sur, que no están presentes en las zonas intermedias, ya que las formas templadas también emigraron al sur. Al volver un clima cálido algunas de ellas siguieron emigrando al sur, buscando zonas templadas.

5. Las formas intrusas en la montaña o en el hemisferio sur sufrirán mayores modificaciones.

6. Existirá más emigración de norte a sur que a la inversa. Se deduce del principio, sustentado por Darwin, de que al existir mayores extensiones continentales en el hemisferio norte se habrán producido especies más competitivas en el hemisferio norte.

Aunque sin duda las leyes que soportan estas explicaciones son con frecuencia de tipo estadístico y aunque la deducción de las consecuencias contiene sin lugar a duda numerosas lagunas, parece sensata la opinión de Ruse⁴⁰ de que el modelo de ley cubriente es la guía adecuada para las explicaciones evolucionistas, y, en este caso, para interpretar las argumentaciones de Darwin.

Otro aspecto que no encaja con la concepción narrativa de la explicación es la abundancia de experimentos realizada por Darwin, tanto para acumular información como para contrastar hipótesis. Una de las hipótesis expresadas en el *Origen* es la ley de cruzamiento para hermafroditas: el cruzamiento aunque sea ocasional entre individuos distintos es una ley de la naturaleza⁴¹. En 1862 publicó su artículo «On the Two Forms, or Dimorphic Condition of Primula». Durante los cinco años siguientes estuvo experimentando y publicando sobre el tema, hasta llegar a la conclusión de que «aunque ambas formas eran hermafroditas perfectas, sostenían entre sí prácticamente la misma relación que los dos sexos de un animal corriente»⁴² y declara «No creo que ninguna otra cosa me haya dado en mi vida de científico tanta satisfacción como descifrar el significado de la estructura de estas plantas»⁴³. Resulta incomprensible este interés por la experimentación, si no se admite que la biología es una ciencia dotada de leyes contrastables.

Explicación y predicción

Hemos visto que Toulmin opina que la teoría de la evolución explica sin ser capaz de predecir. Hemos visto que Popper afirmó que la teoría de la evolución no explica porque no predice. ¿Cuál es el punto de vista de Darwin? Darwin, de acuerdo con el modelo deductivo que hemos expuesto, cree que su teoría tiene poder predictivo, pero hay que tener en cuenta que se trata de predicciones de tipo estadístico y que en ningún caso pueden realizarse predicciones individuales.

No es difícil encontrar este tipo de predicciones genéricas en el *Origen*: «Mirando al futuro, podemos predecir que los grupos de seres orgánicos que ahora son grandes y triunfantes, y que aparecen con pocas interrupciones, esto es, que han sufrido todavía poca extinción, continuarán creciendo durante un período largo. Pero no podemos predecir qué grupos finalmente prevalecerán»⁴⁴. De la misma forma genérica predice que una multitud de grupos menores sufrirán extinción, de forma que de las especies que viven en una época determinada muy pocas transmitirán descendientes modificados al futuro. En la conclusión insiste en la misma predicción: «Podemos lanzar una mirada profética al futuro para predecir que las especies comunes y ampliamente difundidas, que pertenecen a los grupos más amplios y dominantes, se-

rán las que al fin prevalecerán y procrearán especies nuevas y dominantes»⁴⁵.

Como ya advertimos en el capítulo V, no sólo hay que tener en cuenta las predicciones de hechos futuros sino las retrodicciones. La capacidad de deducir de la teoría hechos contrastables acerca del pasado o del presente tiene el mismo valor que la predicción. Podemos hallar ejemplos de ello en el *Origen*. Guiado por la teoría Darwin aventuró la hipótesis de que las especies de los géneros amplios tenían que presentar más variedades: «El hecho de considerar las especies sólo como variedades fuertemente marcadas y bien definidas, me llevó a *anticipar* que las especies de los géneros más amplios en cada país, presentarían variedades con más frecuencia, que las especies de los géneros menores; porque dondequiera que se hayan formado especies estrechamente relacionadas (esto es, especies del mismo género), deben formarse ahora, por regla general, muchas variedades o especies incipientes»⁴⁶. Darwin trató de contrastar su *anticipación* ordenando las plantas de doce países y los insectos coleópteros de dos comarcas en dos columnas, en una los géneros amplios y en otra los géneros reducidos. La columna de los géneros amplios presentó variedades en mayor proporción que la de los géneros menores. Nótese que en todo caso se contenta con una confirmación estadística.

El último punto a señalar es que en ningún caso Darwin trata de hacer predicciones sobre organismos individuales ni sobre especies determinadas sino sobre tipos de especies. La razón es que la complejidad de las relaciones entre las diversas especies entre sí y con el medio físico hace muy difícil determinar las condiciones iniciales. Darwin lo expresa de forma muy bella: «Cuando miramos las plantas y arbustos que cubren una enmarañada ribera, estamos tentados de atribuir sus números proporcionados y sus tipos a lo que llamamos azar. Pero qué falso es este punto de vista!... Lanzad al aire un puñado de plumas y todas ellas caerán al suelo de acuerdo con leyes definidas; pero qué simple es este problema comparado la acción y reacción de innumerables plantas y animales que han determinado los números y clases de árboles que crecen hoy en las antiguas ruinas indias»⁴⁷.

La idea de Darwin es clara. A pesar de la complejidad, difícil de analizar, de algunos fenómenos: 1. Los fenómenos físicos están regidos por leyes; 2. Los fenómenos biológicos están regidos por leyes; 3. Incluso a veces en física es imposible hacer predicciones individuales exactas, por la complejidad de las circunstancias iniciales y las leyes que se entrecruzan (caso de las plumas lanzadas al aire); 4. Aunque la biología esté dotada de leyes, es más compleja: existe una diferencia de grado respecto a la física.

Explicaciones incompletas, explicaciones posibles, explicación única

Ha quedado suficientemente claro que Darwin pretendía haber fundado una ciencia que daba explicaciones basadas en leyes y que asumía una simetría entre la explicación y la predicción.

Pero es innegable que, aunque admitamos esta idea de explicación como guía para interpretar el trabajo de los científicos, la biología se queda lejos de este modelo ideal. Ruse cree que la teoría de la evolución es sólo un bosquejo hipotético-deductivo⁴⁸. El modelo de ley cubriente se adapta mejor a la biología que el modelo narrativo de explicación, pero hay que reconocer que existen numerosas lagunas.

Darwin mismo era perfectamente consciente de la dificultad, quizá la imposibilidad, de dar una explicación evolutiva completa con todos sus pasos intermedios. Una de las dificultades examinadas por Darwin en el capítulo VI del *Origen* es la existencia de órganos de extrema perfección y complejidad: «Confieso francamente que parece absurdo hasta el grado más elevado posible, suponer que haya podido formarse por selección natural el ojo, con todos sus mecanismos inimitables para ajustar el enfoque a diferentes distancias, para admitir distintas intensidades de luz y para la corrección de las aberraciones esférica y cromática»⁴⁹.

Pero aunque no puedan enumerarse todos los pasos transaccionales para Darwin tiene una gran fuerza argumentativa poder demostrar que existen muchas gradaciones intermedias entre un ojo muy perfecto y sutil y otro muy imperfecto y sencillo. En el caso del maravilloso instinto de la abeja para fabricar sus panales con celdillas hexagonales también da extraordinaria importancia a la existencia de casos intermedios entre la abeja común y el abejorro, como es el caso de la *Melipona* doméstica mejicana, que fabrica celdillas esféricas que se intersecan, construyendo paredes planas en las intersecciones⁵⁰.

La constatación de los casos intermedios, junto con la parte contrastada de la teoría, presta soporte teórico a la explicación esquemática de los casos de extrema complejidad: «Quien haya llegado hasta aquí, si encuentra al final de este tratado que un amplio conjunto de hechos, de otro modo inexplicables, puede ser explicado por la teoría de la descendencia, no debe dudar en ir más lejos, y admitir que incluso una estructura tan perfecta como el ojo del águila puede haber sido formada por selección natural, aunque en este caso no conozca ninguno de sus grados transaccionales»⁵¹.

Pero Darwin llega a reconocer que aún en los casos que disponen de una explicación bastante detallada, como el caso analizado del parecido entre las especies árticas y alpinas, quedan muchos pasos por explicar: «Quedan muchísimas dificultades por resolver. No pretendo indicar las líneas y medios exactos de emigración, ni por qué razón unas especies han emigrado y otras no; por qué razón ciertas especies han sido modificadas y han originado nuevos grupos mientras otras han permanecido inalteradas»⁵².

No sólo reconoce que normalmente hay que conformarse con esbozos de explicación sino que utiliza el recurso a la *explicación posible*. Si hay apoyo teórico e inductivo para una ley general, cuando aparece una dificultad para dicha ley, Darwin adopta la actitud (ciertamente poco popperiana) para defender su teoría de indicar que existen explicaciones posibles, aunque no se disponga por el momento de ningún apoyo empírico independiente para tales hipótesis. Seleccionemos un ejemplo: Darwin sostiene la ley de que cada es-

pecie se ha originado en un solo lugar, pero se encuentra con la dificultad de explicar su presencia en áreas discontinuas. Recurre a explicaciones hipotéticas como la posibilidad de que la isla estuviese unida al continente o a los diversos medios de transporte⁵³.

En algunos casos la explicación, a pesar de lo esquemática que sea, cobra una fuerza particular por ser la *única explicación disponible*. ¿Cómo explicar desde el creacionismo la aparición de caracteres semejantes en divesas especies con géneros de vida distintos? «No nos preocupa lo insignificante que sea un carácter,.... asume un valor elevado si prevalece en muchas y diferentes especies, especialmente en aquellas que tienen hábitos de vida muy distintos; porque sólo podemos explicar su presencia en tantas formas con hábitos tan diferentes mediante la herencia a partir de un progenitor común»⁵⁴.

De este examen del concepto de explicación en Darwin pretendo extraer algunas conclusiones quizá polémicas:

1. Las tesis separatistas y contrarias a todo análisis lógico (explicación narrativa...) no reciben ningún apoyo de la obra de Darwin.

2. No se puede echar por la borda toda la herencia del empirismo lógico. La teoría de la explicación de Hempel (que por otro lado coincide con la de Herschel) quizá debe ser complementada para evitar algunos de sus defectos, pero concuerda razonablemente con la obra de Darwin.

3. A pesar de todo la concepción heredada es demasiado estricta en sus exigencias y difícilmente aplicable.

4. Existen concepciones epistemológicas, como la concepción semántica y estructural, que tratan de conciliar el rigor en las reconstrucciones con la posibilidad práctica de ser llevadas a cabo. En todo caso es un problema empírico juzgar la cualidad de sus reconstrucciones, que no se puede suponer a priori.

¹ Ruse, *La filosofía de la biología*, p.112.

² Darwin, *On the Origin of Species*, p.453.

³ Darwin, *Ibid.*, pp.455-456.

⁴ Darwin, *Autobiografía*, p.69 (el subrayado es mío).

⁵ Darwin, *On the Origin of Species*, p.283.

⁶ Darwin, *Autobiografía*, p.86.

⁷ Darwin, *On the Origin of Species*, p.487.

⁸ Darwin, *Ibid.*, pp.95-96.

⁹ Darwin, *Autobiografía*, p.63.

- ¹⁰ Darwin, *On the Origin of Species*, p.3 (el subrayado es mío).
- ¹¹ Darwin, Ibid. p.353.
- ¹² Darwin, Ibid. p.159.
- ¹³ Ruse, (1986), pp.2-4.
- ¹⁴ Rensch, *Biophilosophy*, pp.131 ss.
- ¹⁵ Darwin, *On the Origin of Species*, p.104.
- ¹⁶ Darwin, Ibid. p.119.
- ¹⁷ Darwin, Ibid. p.148.
- ¹⁸ Darwin, *L'origen de l'home*, I, p.145.
- ¹⁹ Darwin, *On the Origin of Species*, p.148.
- ²⁰ Darwin, Ibid. p.150.
- ²¹ Darwin, Ibid. p.155.
- ²² Darwin, Ibid. p.159.
- ²³ Darwin, Ibid. p.56.
- ²⁴ Darwin, Ibid. p.13.
- ²⁵ Darwin, Ibid. p.20.
- ²⁶ Darwin, Ibid. p.160.
- ²⁷ Darwin, Ibid. p.12.
- ²⁸ Darwin, Ibid. p.45.
- ²⁹ Darwin, Ibid. p.20.
- ³⁰ Darwin, Ibid. p.37.
- ³¹ Darwin, Ibid. p.40.
- ³² Ayala-Valentine, pp.112 ss.
- ³³ Darwin, *On the Origin of Species*, p.112.
- ³⁴ Darwin, Ibid. p.489, (el subrayado es mío).
- ³⁵ Darwin, *Autobiografía*, p.103, (el subrayado es mío).
- ³⁶ Darwin, *On the Origin of Species*, p.321, (el subrayado es mío).
- ³⁷ Darwin, Ibid. p.383, (el subrayado es mío).
- ³⁸ Ruse, *La filosofía de la biología*, pp.62 ss.
- ³⁹ Darwin, *On the Origin of Species*, pp.365 ss.
- ⁴⁰ Ruse, *La filosofía de la biología*, pp.113.
- ⁴¹ Darwin, *On the Origin of Species*, pp.96 ss.
- ⁴² Darwin, *Autobiografía*, pp.93-94.
- ⁴³ Darwin, Ibid. p.93.
- ⁴⁴ Darwin, *On the Origin of Species*, p.126.
- ⁴⁵ Darwin, Ibid. p.489.
- ⁴⁶ Darwin, Ibid. p.55 (el subrayado es mío).
- ⁴⁷ Darwin, Ibid. pp.74-75.
- ⁴⁸ Ruse, *La filosofía de la biología*, p.112.
- ⁴⁹ Darwin, *On the Origin of Species*, p.186.
- ⁵⁰ Darwin, Ibid. p.225.
- ⁵¹ Darwin, Ibid. p.188.
- ⁵² Darwin, Ibid. pp.380-381.
- ⁵³ Darwin, Ibid. pp.352 ss.
- ⁵⁴ Darwin, Ibid. pp.425-426.

CAPITULO VI

LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN Y LAS DISCIPLINAS EVOLUTIVAS

En los capítulos anteriores hemos tratados de la teoría de la evolución en general, aunque hemos mencionado algunas de sus ramas, particularmente la genética de poblaciones y la biogeografía. De hecho existen una serie de disciplinas evolutivas, relativamente autónomas, pero que forman parte del campo de estudios evolutivos. La genética de poblaciones, que estudia el cambio en la frecuencia de los genes; la biogeografía, que trata de la distribución relativa de las especies; la ecología evolutiva, que considera el cambio del tamaño de las poblaciones; la sistemática, que trata de la distribución de los organismos en grupos y las razones de su clasificación; la morfología, que estudia los tipos de caracteres; la embriología, que tiene por objeto el estudio del desarrollo de los organismos; la paleontología, que estudia los organismos fósiles; e incluso las ciencias de la conducta pueden recibir un enfoque evolutivo.

La existencia de las ramas o disciplinas evolutivas plantea el problema de sus mutuas relaciones. ¿Existe una única teoría de la evolución que comprende todas estas especialidades o se trata de disciplinas relativamente autónomas? Si se admite la existencia de disciplinas relativamente autónomas, ¿hay alguna que ocupe un lugar central, que pueda organizar deductivamente todo el conjunto de disciplinas evolutivas?

No vamos a tener en cuenta la opinión de los que niegan que exista una *teoría* de la evolución, pues carecería a fortiori de sentido preocuparse por la articulación del conjunto de disciplinas evolutivas. Entre los que conceden un cierto status científico a la teoría de la evolución podemos distinguir tres posturas:

1. El conjunto de las disciplinas evolutivas tiene una relación muy difusa, difícilmente sistematizable.
2. La teoría de la evolución es una hiperteoría, que engloba disciplinas relativamente autónomas.
3. Existe un núcleo central en la teoría de la evolución que da unidad a todo el conjunto.

La estructura difusa

Podemos considerar a Beckner como representante de la primera concepción. Su opinión es que la doctrina biológica de Darwin, completada con una teoría de la herencia, permanece vigente en la teoría sintética de la evolución. «La Teoría Sintética puede describirse justamente como la teoría de la selección de Darwin profundizada con la absorción de la genética del siglo xx y aplicada sistemáticamente a toda gama de fenómenos biológicos».¹

A pesar de ello no concibe esta aplicación sistemática como una teoría organizada deductivamente que se adapte al modelo newtoniano. En su obra *The Biological Way of Thought*² opina que la teoría de la evolución está formada por una familia de modelos relacionados. Estos modelos se prestan un apoyo probatorio mutuo, las hipótesis y sus supuestos auxiliares se repiten en cada modelo, pero sin llegar a construir un cuerpo deductivamente organizado. Las leyes, o bosquejos de leyes, de la teoría de la evolución no son consecuencia de una o varias hipótesis de mayor generalidad, como ocurre en la mecánica, aunque podemos hallar cierto número de pequeñas jerarquías dispersas en la teoría de la evolución.

Teoría de la evolución como hiperteoría

Con distintos matices sostienen esta concepción Caplan, Wassermann y Moya. La idea general es que podemos concebir el conjunto de disciplinas evolutivas como una superteoría formada de unidades que no están relacionadas por vínculos deductivos estrictos, aunque pueden mantener un cierto orden. En cambio, cada una de las teorías y subteorías sí que puede estar estructurada deductivamente.

Caplan parte de la base de la incapacidad de la posición heredada de dar cuenta de la teoría de la evolución. Aunque encuentra sugerente la opinión de Beckner, mencionada anteriormente, de que no existe una estructura deductiva para todas las disciplinas evolucionistas, propone especificar con más precisión el modelo alternativo: «Probemos de modificar el punto de vista de Beckner para sostener que la moderna teoría sintética no es un conjunto de modelos, enuncados y leyes, sino que, en lugar de ello, es un conjunto de subteorías, teorías y bosquejos de teoría, cada uno de los cuales puede ser organizado deductivamente. Las explicaciones y predicciones pueden ser producidas deductiva o inductivamente a partir de las teorías componentes, pero la teoría global carece de este tipo de organización sistemática»³. De todas formas Caplan califica su concepción de «conjunto ordenado» y no niega que la genética de poblaciones ocupa un lugar central en este orden, ya que admite que se puede trabajar en genética de poblaciones sin hacer uso de los descubrimientos de otras especialidades, como la sistemática o la paleoecología, pero no menciona el caso inverso.

Lo que establece claramente es que dentro de la superteoría de la evolución existe una unidad y un orden de acuerdo con los siguientes principios: 1.

Existe una etiología causal que liga los distintos niveles desde el gen hasta la conducta; 2. Existe una comunidad de problemas e intereses que unifican las distintas disciplinas; 3. Las teorías componentes comparten una gran masa de hechos empíricos, mediciones y descripciones científicas (citología, geología, bioquímica, etc.); 4. Las descripciones de un nivel proporcionan las condiciones iniciales de otro nivel, por ejemplo una migración establecida por la biogeografía puede ser la hipótesis de partida para un estudioso de la genética de poblaciones; 5. Aunque no propugna una relación deductiva, exige que las distintas teorías sean mutuamente consistentes; así por, ejemplo, no puede admitirse en paleontología una herencia lamarckiana, si no es admitida en genética de poblaciones.

Si se tiene en cuenta la existencia de un cierto orden y sobre todo que en cada una de las disciplinas componentes admite Caplan una organización y explicación de tipo deductivo, podemos llegar a la conclusión de que, a pesar de las críticas que dirige Caplan a Ruse, las diferencias sólo son de grado.

Muy parecida a la de Caplan es la opinión de Wassermann, aunque en su artículo parta de una problemática diferente⁴. Parte de la distinción de Popper entre leyes y tendencias, y de la idea popperiana de que no existen leyes universales de sucesión en la teoría de la evolución. Uno de los argumentos de Popper es que mientras los fenómenos físicos se repiten periódicamente (las revoluciones de la tierra sobre su eje), los fenómenos biológicos son únicos. Tal vez sería suficiente la respuesta de Lewontin de que la unicidad está en el ojo del observador: según Mayr en los últimos 500 millones de años han ocurrido millones de actos de especiación, que son la repetición de la misma secuencia básica de acontecimientos. Esta discusión le lleva a considerar que la teoría de la evolución ha de consistir en una hiperteoría, esto es, en un conjunto de teorías de mecanismos específicos de evolución, que no están relacionados deductivamente. «También debe destacarse que si se considera la "Teoría de la Evolución" como una hiperteoría, entonces no es una teoría hipotético-deductiva individual. En el mejor de los casos establece hipótesis sobre la manera como las teorías de los E.S.M (mecanismos específicos de evolución) viables pueden reconciliarse mutuamente en el transcurso de la evolución. Pero, como se ha destacado antes, no trata de predecir o explicar los detalles de esta trayectoria temporal. La «Teoría de la Evolución» es sólo indirectamente hipotético-deductiva, en el sentido de que las teorías integrantes de los ESM son teorías hipotético-deductivas (posiblemente interrelacionadas)».⁵

De un modo parecido a Caplan cada componente ESM de la hiperteoría se puede concebir como una Teoría deductiva que consta de los siguientes elementos: 1. Un conjunto de hipótesis básicas (en la teoría de la especiación de Mayr, podrían ser las hipótesis sobre la expansión, el aislamiento y la modificación genética); 2. Un conjunto de hipótesis ad hoc, que asumen idealizaciones o simplificaciones para poder aplicar la teoría a los casos concretos (en el ejemplo anterior podrían ser hipótesis sobre los tipos de barreras); 3. Hipótesis interpretativas que dan significado a los símbolos, cuando se usan teorías matemáticas formalizadas; 4. Deducción de consecuencias contrasta-

bles, teniendo en cuenta la importancia de los procedimientos de aproximación.

Coincide con Caplan en admitir una superteoría con relaciones débiles entre sus componentes, pero una estructura hipotético-deductiva fuerte dentro de cada componente. La principal diferencia es que los mecanismos específicos de evolución (ESM) de Wassermann son unidades más pequeñas que las disciplinas evolutivas de Caplan.

También Moya, en un artículo que sintetiza los principales debates en torno a la estructura de la evolución, defiende el carácter hipotético-deductivo de cada una de las disciplinas evolutivas. Para demostrarlo explica que a partir de la teoría selectiva de la genética de poblaciones como mantenedora del polimorfismo, y de la hipótesis del valor selectivo de la fertilidad de la hembra, se puede deducir el efecto de la fertilidad sobre los alelos del gen que la controla⁶.

Pero, igual que Wassermann, cree que existe un grado relativamente elevado de autonomía entre las diversas disciplinas evolutivas. Niega que exista una disciplina que sea aglutinante de las demás. «Puede argüirse que, en realidad, sí existe una ciencia de la evolución en la medida en que está basada en una teoría darwiniana o teorías complementarias. Mi punto de vista es que esto no deja de ser una declaración de intenciones. No conozco texto o disciplina que se articule deductivamente hasta el punto de formar lo que conocemos como teoría de la evolución. Lo que más se apreca a ese ejemplo creo que está en la teoría de las frecuencias génicas de la genética de poblaciones».⁷

De todas formas admite una creciente interdependencia teórica, que es un punto intermedio entre el aislamiento completo y la existencia de una teoría evolutiva por excelencia.

Quisiera terminar comentando (en realidad criticando) uno de sus argumentos: «La teoría de la evolución biológica básicamente consiste en una teoría sobre mecanismos que no pueden generalizarse sin riesgo de perder el contenido empírico».⁸

Seguramente es cierto que al recurrir a leyes más generales, por ejemplo la ley de selección natural, se pierde contenido empírico. Pero creo que la concepción estructuralista permite invertir la manera de considerar esta disminución de contenido. Las reconstrucciones de la física sitúan en el vértice de la pirámide unas leyes generales con poco contenido empírico, pero que sirven de guía para hallar nuevas especializaciones. El que los principios generales tengan poco contenido empírico no es por tanto una situación excepcional de la teoría de la evolución. El estructuralismo invierte la perspectiva: se gana contenido empírico al detallarse los mecanismos específicos de evolución.

Existencia de un núcleo central

La opinión de Ruse, que comparto casi totalmente, es que dentro de las disciplinas evolucionistas hay una que ocupa un lugar central e impregna to-

das las demás. Si aceptamos el gradualismo de Darwin, los cambios evolutivos a gran escala dependen de los cambios evolutivos a pequeña escala. «Ahora bien, puesto que la Genética de poblaciones es la ciencia que estudia estos pequeños cambios, podemos, en consecuencia, ponderar su importancia en el estudio de los grandes cambios —estudio llamado “teoría evolucionista”. *La Genética de poblaciones es presupuesto de todos los demás estudios evolucionistas.*»⁹

La genética de poblaciones, que tiene como punto de partida la selección y las leyes de Mendel es el presupuesto de todas las disciplinas evolutivas. Esto no impide que las distintas disciplinas evolutivas mantengan también relaciones entre sí. Es indiscutible que el paleontólogo necesita los resultados de la morfología para poder interpretar sus propios datos.

Dos son los principales argumentos que aporta. El primer argumento, basado en la explicación de la distribución de los pinzones (*Geospizinae*) en el Archipiélago de las Galápagos, es que la explicación hace una apelación inevitable a las leyes de Mendel y a la genética de poblaciones. Por más que supongamos que en las islas las poblaciones fundadoras estarán sujetas a fuerzas selectivas diferentes de las que soportan sus progenitores en el continente, si admitiésemos una teoría de la herencia mezclada, cualquier característica fenotípica ventajosa quedaría reducida a la mitad en la generación siguiente. Ya en 1867 demostró Jenkin que la teoría de la mezcla era incompatible con la teoría de la selección natural. Según Beckner el impacto del argumento de Jenkin llevó a Darwin a exagerar los efectos lamarckianos¹⁰, cuando la solución estaba en una teoría de la herencia particulada. Según Ruse, «podemos en verdad decir que únicamente por el conocimiento de la Genética mendeliana, especialmente de la Genética mendeliana de poblaciones, los biólogos pueden estar seguros de que las fuerzas selectivas de las islas tendrán consecuencias evolutivas». ¹¹ Efectivamente, sin una adecuada teoría de la herencia, no puede existir una teoría de la evolución. Me parece indiscutible que en el núcleo central de la teoría de la evolución debe figurar el principio de selección y las leyes de la herencia. Pero considero errónea la opinión de Ruse, si hay que entenderla en el sentido de que las leyes de Mendel o concretamente la ley de Hardy-Weinberg ocupa el vértice de la pirámide. Podemos invertir el argumento de Ruse: Las leyes de Mendel aisladas no tienen ningún significado evolutivo, puramente nos dicen en qué proporciones aparecerán los caracteres (por ejemplo semilla amarilla o verde) en las generaciones sucesivas, a partir de dos razas puras. Por el contrario, existen casos de evolución que no presuponen las leyes de Mendel, como es la evolución de organismos que no se reproducen de forma sexual, como las bacterias. Aunque naturalmente, incluso en esos casos, no hay selección y evolución sin unas leyes de herencia.

El segundo argumento de Ruse a favor de la estructura deductiva y unidad de la teoría de la evolución es la existencia de leyes de la evolución. Según Ruse, la teoría evolucionista aporta razones para explicar las leyes de la evolución e incluso puede dar cuenta de las excepciones.¹² Pero este es un tema que hemos tratado con amplitud en el Capítulo VI.

Se puede ver claramente que esta concepción jerárquica, expuesta por Ruse, es perfectamente compatible con el análisis estructuralista de las teorías científicas. El análisis estructural propone que existen unas leyes generales con poco contenido empírico y que son comunes a todas las aplicaciones de la teoría. Se pueden ir hallando leyes especiales que dan más contenido empírico y nuevas aplicaciones a la teoría (podemos hablar de elementos teóricos y redes teóricas). Naturalmente es una cuestión a decidir empíricamente si la biología evolutiva puede ser reconstruida según este modelo jerárquico-aplicativo. La opinión de Ruse, bien argumentada, sugiere que es posible esta reconstrucción jerárquica. Pero es interesante examinar cual era la opinión de Darwin sobre la existencia de un núcleo unificador de las disciplinas evolutivas.

¹ Beckner, *El Darwinismo*, pp.50-51.

² Beckner, (1959), pp.159-160.

³ Caplan, (1978), pp.272-273.

⁴ Wassermann, (1981).

⁵ Wassermann, (1981), pp.422.

⁶ Moya, (1986), p.91.

⁷ Moya, (1986), p.88.

⁸ Moya, (1986), p.89.

⁹ Ruse, *La filosofía de la biología*, p.57.

¹⁰ Beckner, *El Darwinismo*, pp.32-33.

¹¹ Ruse, *La filosofía de la biología*, p.66.

¹² Ruse, *Ibid.* p.71.

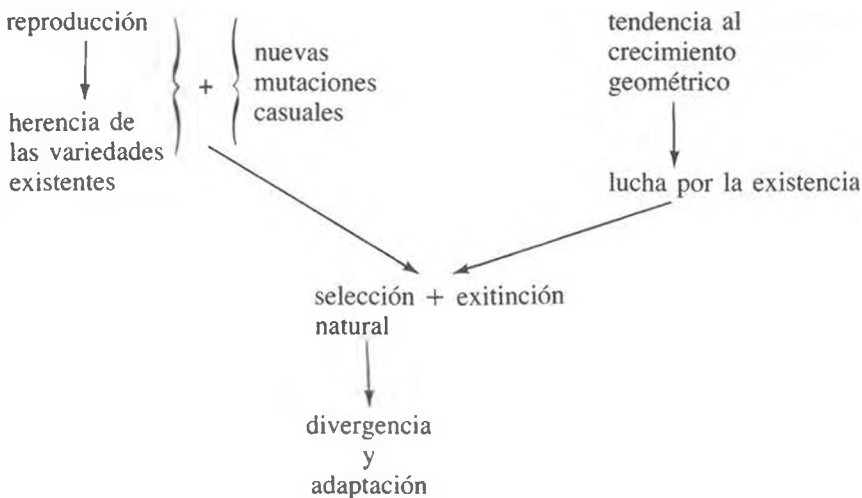
LA VISIÓN UNIFICADORA DE DARWIN

El núcleo de la teoría

Es conveniente preguntarse ¿cuál era la visión de Darwin sobre la unidad de la teoría de la evolución y su relación con las diversas disciplinas?

La primera cuestión a investigar es si existía para Darwin un núcleo central en su teoría, un cuerpo de doctrina que fuese la base de todas las aplicaciones de la teoría de la evolución.

La respuesta es rotundamente afirmativa: para Darwin la teoría de la evolución tiene una estructura jerárquica con relaciones deductivas. Esto se puede demostrar no sólo recordando la insistencia de Darwin en el carácter deductivo de su obra¹, sino tratando de identificar cuales son las leyes que forman el núcleo de la teoría de Darwin. Tratemos de representarlas en un diagrama:



Este conjunto de leyes forman el núcleo de la teoría de Darwin. No sólo pueden establecerse mediante el análisis global de la obra, sino que, supongo que no es ninguna casualidad, son las que menciona explícitamente el final del último capítulo del *Origen* «Recapitulación y conclusión». En el texto, ya citado en el capítulo anterior, después de afirmar que la complejidad de relaciones entre los organismos está gobernada por leyes, continua: «Estas leyes, tomadas en el sentido más amplio, son la del crecimiento con reproducción; la de la herencia, casi siempre implicada en la reproducción; la de la variabilidad a partir de la acción directa e indirecta de las condiciones externas de vida y del uso y desuso; la progresión geométrica de la expansión, suficiente para conducir a la lucha por la vida, y en consecuencia a la selección natural, que implica divergencia de caracteres y la extinción de las formas menos perfeccionadas»². Creo que hay que entender la primera frase «leyes, tomadas en el sentido más amplio» como indicación de que Darwin está enumerando las leyes que gobiernan *todo* el conjunto de fenómenos evolutivos.

Para demostrar que Darwin concebía la teoría de la evolución como una unidad basada en el núcleo de la teoría de la selección debemos realizar dos tareas: 1. Precisar mejor los componentes del núcleo y establecer la verosimilitud de las relaciones deductivas indicadas por las flechas del diagrama anterior. 2. Enumerar las disciplinas evolutivas tenidas en cuenta por Darwin y demostrar que el núcleo de la teoría tiene incidencia en todas ellas.

Las premisas de la selección

¿Cuáles son las premisas de la ley de selección? En primer lugar la existencia de caracteres hereditarios. «Cualquier variación que no es heredada carece de importancia para nosotros»³. Y, aunque reconoce que las leyes de la herencia eran desconocidas para él, ya mencionamos en el capítulo VI, 2 que podemos hallar una vaga formulación de las leyes de Mendel⁴.

Otra premisa de la selección natural es la aparición debido al azar de nuevas variaciones. Las variaciones individuales es el material sobre el que opera la selección: «Si no aparecen nuevas variaciones, la selección natural no tiene nada que hacer»⁵. Darwin menciona varias veces que la aparición de nuevas variaciones es casual: «cuando por casualidad aparece una nueva variedad», «la simple casualidad, podemos decir, puede haber ocasionado que una variedad difiera en algún carácter de sus padres y que la descendencia de esta variedad vuelva a diferir precisamente en el mismo carácter y en mayor grado»⁶.

En el diagrama encontramos otra rama de premisas encadenada deductivamente. En el nivel superior encontramos la capacidad de multiplicarse en progresión geométrica: «En el capítulo siguiente (trataremos) de la lucha por la existencia entre todos los seres orgánicos del mundo, que *se sigue inevitablemente* de su gran capacidad geométrica de crecimiento»⁷.

A su vez la lucha por la existencia implica la selección de los más aptos. ¿Cómo explicar la existencia de grupos diversos y admirablemente adaptados?

«Todos estos resultados, como veremos con más detalle en el próximo capítulo, *se siguen inevitablemente de la lucha por la vida*. Debido a la lucha por la vida, cualquier variación, aunque sea pequeña y cualquiera que sea la causa que la ha producido, si resulta en algún grado beneficiosa para un individuo de cualquier especie, en sus relaciones infinitamente complejas con los otros seres orgánicos y con la naturaleza exterior, tenderá a la preservación de este individuo y será generalmente heredada por su descendencia»⁸.

Finalmente para Darwin la extinción y selección son dos caras de la misma moneda⁹ y el resultado de la selección es la divergencia que permite ocupar los lugares todavía desocupados¹⁰.

Las disciplinas evolutivas

La segunda tarea es enumerar las disciplinas evolutivas consideradas por Darwin y demostrar como el núcleo de la teoría de la evolución incide en tales disciplinas.

Las disciplinas enumeradas por Darwin son la *paleontología* (cap. X del *Origen*), la *biogeografía* (cap. XI y XII), la *taxonomía*, *morfología* y *embriología* (cap. XIII). Creo que hay que añadir el *estudio de los instintos*, que, aunque en el *Origen* está ubicado entre las dificultades de la teoría, tanto la riqueza de su contenido, como los trabajos posteriores de Darwin sobre el tema, permiten considerarla como una aplicación separada de la teoría de la evolución. Esta consideración todavía resulta confirmada por la moderna sociobiología, profundamente enraizada en el pensamiento de Darwin.

Darwin considera que el núcleo central de la teoría incide en todas estas aplicaciones. Es más, todas ellas cambian de sentido, quedan articuladas por la teoría de la evolución. Durante la primera mitad del siglo XIX se van acumulando una serie de datos en embriología, paleontología y biogeografía que no encajaban con la teoría establecida¹¹. Usando las mismas palabras de Darwin: «innumerables hechos perfectamente observados estaban esperando en las mentes de los naturalistas, listos para ocupar su puesto tan pronto como se explicara suficientemente una teoría que los abarcara»¹². En las páginas últimas del *Origen*, Darwin muestra su convencimiento de que la teoría de la selección natural, lo que hemos llamado núcleo de la teoría de la evolución, estaba a punto de revolucionar todas las disciplinas biológicas: «Cuando sean generalmente admitidas las opiniones consideradas en este volumen sobre el origen de las especies, u otras semejantes, podemos prever vagamente que se producirá una revolución considerable en la historia natural»¹³. Empieza tratanto de los efectos en la sistemática, porque los taxónomos en el futuro ya no estarán angustiados por la duda interminable de si determinada forma es en *esencia* una especie. Pero el cambio afectará a las demás secciones de la historia natural. La teoría de la selección natural proporciona la clave de la comprensión, por ello los naturalistas, dice, «ya no contemplaremos un ser orgánico, como un salvaje contempla un barco, o sea como algo que está totalmente más allá de su comprensión»¹⁴.

Pero si examinamos uno por uno los capítulos en los que expone las distintas aplicaciones de la teoría de la evolución, veremos que menciona siempre la teoría de la selección natural como explicación de los fenómenos detectados. ¿Cómo podría ser de otro modo, si para Darwin estas aplicaciones son la base empírica que confirma la teoría de la evolución?

Al tratar de la sucesión geológica explica tanto la extinción de especies como la aparición de formas paralelas y afirma: «Así, de acuerdo con la teoría de la descendencia con modificación, me parecen explicados de manera satisfactoria los hechos más importantes referentes a las afinidades mutuas de las formas de vida extinguidas tanto entre sí como respecto a las formas vivientes. Y serían totalmente inexplicables desde cualquier otro punto de vista»¹⁵.

Al estudiar la distribución geográfica señala los principales hechos a explicar: la diversidad de formas entre el nuevo y el viejo mundo, la influencia de las barreras, la afinidad gradual dentro del mismo continente y un lazo orgánico profundo a través del espacio y del tiempo. Ello no puede explicarse por las condiciones físicas, sino que hay que acudir a la herencia con modificaciones y a las migraciones: «Según mi teoría, este lazo es simplemente la herencia, la única causa que, por lo que sabemos positivamente, produce organismos totalmente semejantes o, como vemos en el caso de las variedades, casi semejantes entre sí. La disparidad entre los habitantes de diferentes regiones, puede atribuirse a la modificación a través de la selección natural y, en un grado muy subordinado, a la influencia directa de las diferentes condiciones físicas»¹⁶.

El apartado del capítulo XIII dedicado a la clasificación tiene un carácter eminentemente deductivo y es un brillante esfuerzo para demostrar que las reglas de clasificación usadas por los naturalistas resultan incompatibles con el creacionismo y en cambio resultan naturalmente explicadas por la teoría de la descendencia con modificación: «Si no me engaño totalmente, todas las precedentes reglas, ayudas y dificultades en la clasificación son explicadas por el punto de vista de que el sistema natural está basado en la descendencia con modificación; que los caracteres que los naturalistas consideran que muestran auténtica afinidad entre dos o más especies cualquiera sean aquellos que han sido heredados de un progenitor común y, hasta ahora, toda clasificación verdadera es genealógica»¹⁷. Considero irrelevante en este contexto la moderna disputa entre la taxonomía evolucionista y la taxonomía fenetista. Aunque no puedo esconder mi profunda simpatía por la taxonomía evolucionista, hay que reconocer que se usa también con éxito la taxonomía fenetista, particularmente al clasificar variedades próximas. Pero aquí no nos interesa la confirmación o disconfirmación de la opinión de Darwin, sino la constatación de un hecho histórico: que Darwin basaba todas las disciplinas evolutivas en el núcleo central de la descendencia con modificación.

Si pasamos a la morfología ¿cómo explicar el hecho maravilloso de que la mano humana adaptada a la prensión, la del topo adaptada a la excavación, la pata del caballo, la aleta de la marsopa, el ala del murciélago estén construidas bajo el mismo patrón? Es inútil acudir a la teoría de las causas finales y resulta totalmente inexplicable para la doctrina de la creación independiente.

Como en todas las aplicaciones consideradas «la explicación es evidente en la teoría de la selección natural de leves modificaciones sucesivas, siendo cada modificación provechosa de alguna manera para la forma modificada, pero afectando con frecuencia otras partes de la organización por la correlación de crecimiento»¹⁸.

En el caso de la embriología hay que explicar por qué los embriones de animales muy diversos son muy parecidos entre sí. Darwin menciona la anécdota de que Agassiz, cuando olvidó etiquetar el embrión de algún vertebrado, era incapaz de distinguir si correspondía a un mamífero, a un ave o a un réptil. Otro hecho a explicar es la importancia de los embriones para la clasificación. La explicación de Darwin nos remite como siempre a la selección: son sobre todo las modificaciones que afectan al animal adulto, que ha de procurarse su sustento, las que son objeto de selección. Las crías de distintas especies se parecerán más que los adultos y los embriones todavía más¹⁹. La importancia de los embriones para la clasificación es que revelan la estructura de su progenitor: «La descendencia es según mi punto de vista el vínculo oculto que los naturalistas han esado buscando bajo el término de sistema natural. Según este punto de vista podemos entender a qué es debido que, a los ojos de la mayoría de los naturalistas, la estructura del embrión es todavía más importante para la clasificación que la del adulto. Pues el embrión es el animal en su estado menos modificado; y en este sentido revela la estructura de su progenitor»²⁰.

El estudio de los instintos no figura en el *Origen* dentro de las pruebas o aplicaciones de la teoría, sino entre las dificultades. Efectivamente la explicación de los instintos era un reto para la teoría de la evolución, puesto que había que demostrar que eran tan importantes para la selección como la morfología, que podían modificarse y que existían gradaciones intermedias entre los instintos más maravillosos y otros más simples. Existía la dificultad supletoria de explicar como pueden transmitirse los instintos de las obreras estériles, que no dejan descendencia. Como siempre recurre al núcleo de la teoría para explicarlo: «Así, según creo, el instinto más maravilloso de todos los conocidos, el de la abeja común, puede ser explicado por selección natural, por haber aprovechado las numerosas sucesivas y ligeras modificaciones de instintos más simples»²¹. En el caso de las obreras estériles empieza reconociendo la dificultad: «Se pensará que tengo una presuntuosa confianza en el principio de la selección natural al no admitir que hechos tan maravillosos y bien probados aniquilan de un solo golpe mi teoría». A pesar de ello Darwin confía «que mediante la selección muy prolongada de los progenitores fértiles, que producían más neutros con la modificación provechosa, todos los neutros llegaron finalmente a tener el carácter deseado»²². No hace falta destacar la proximidad entre el argumento de Darwin y algunos argumentos usados por la sociobiología. Darwin no consideraba que la teoría de la evolución debiera tener como frontera superior el instinto de los animales. Ya en *El origen de las especies* pronostica su aplicación a la psicología humana: «En un futuro lejano veo campos abiertos para investigaciones mucho más importantes. La psicología se basará en un nuevo fundamento; el de la necesaria

adquisición gradual de cada una de las facultades y aptitudes mentales»²³. Quizá el futuro no era tan lejano, porque resulta impresionante la aplicación que hace él mismo en *El origen del hombre* de la teoría de la selección a la evolución del lenguaje, al desarrollo de la sociabilidad y el sentido moral.

En conclusión vemos que la concepción jerárquica defendida por Ruse, en la que un núcleo central (para Ruse la genética de poblaciones) ocupa el vértice de la pirámide e incide sobre todas las disciplinas evolutivas, no sólo concuerda con la moderna teoría de la evolución, sino que es extraordinariamente fiel el cuadro general diseñado por Darwin en el *Origen*. La única discrepancia que he manifestado, respecto a la posición de Ruse, es que, igual que hay que reconocer que sin herencia de los caracteres no hay evolución, de la misma manera hay que reconocer que la herencia sin selección no tiene significado evolutivo. Por tanto la ley de Hardy-Weinberg sola no puede ocupar el vértice de la pirámide.

De la concepción de la teoría evolutiva como hiperteoría se puede aceptar que las relaciones deductivas entre el núcleo central y las distintas disciplinas evolutivas no están totalmente aclaradas. Por otro lado es indiscutible que las distintas disciplinas necesitan recurrir a otras ciencias además de la teoría de la evolución. El caso más evidente es la importancia de la geología para la paleontología. Pero resulta inverosímil negar que exista un cuerpo central que incide sobre todas las disciplinas, y en todo caso no concuerda con la visión que tenía Darwin del asunto.

Hemos constatado pues, que la visión que tenía Darwin de la teoría de la evolución es perfectamente compatible con el análisis estructural de las teorías científicas.

¹ Darwin, *Autobiografía*, pp. 69 y 75.

² Darwin, *On the Origin of Species*, pp. 489-490.

³ Darwin, *Ibid.* p. 12.

⁴ Darwin, *Ibid.* pp. 20 y 160.

⁵ Darwin, *Ibid.* p. 82.

⁶ Darwin, *Ibid.* pp. 37 y 111.

⁷ Darwin, *Ibid.* pp. 4-5. (el subrayado es mío).

⁸ Darwin, *Ibid.* p. 61 (el subrayado es mío). Análogamente p. 80.

⁹ Darwin, *Ibid.* p. 109.

¹⁰ Darwin, *Ibid.* p. 112.

¹¹ Ruse, *La revolución darwinista*, capítulos V y VI.

¹² Darwin, *Autobiografía*, p. 90.

¹³ Darwin, *On the Origin of Species*, p. 484.

¹⁴ Darwin, *Ibid.* p. 485.

¹⁵ Darwin, *Ibid.* p. 333.

¹⁶ Darwin, *Ibid.* p. 350.

¹⁷ Darwin, *Ibid.* p. 420.

¹⁸ Darwin, *Ibid.* p. 435.

¹⁹ Darwin, *Ibid.* pp. 446-447.

²⁰ Darwin, *Ibid.* p. 448.

²¹ Darwin, *Ibid.* p. 235.

²² Darwin, *Ibid.* p. 239.

²³ Darwin, *Ibid.* p. 488.

CAPÍTULO VIII

AXIOMATIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

En este capítulo me propongo presentar una axiomantización estructural del núcleo de la teoría de la selección a partir de la axiomatización propuesta por M. Williams. Debido a que hasta fechas bien recientes los pocos intentos de axiomatización en biología estaban hechos desde el punto de vista de la posición heredada, ha existido una cierta tendencia a identificar axiomatización y concepción heredada. Así Caplan manifiesta su sorpresa por el hecho de que todas las críticas a la concepción heredada en el terreno de la teoría de la evolución se haya dirigido contra el modelo de explicación y pocas contra la pretensión de considerar a las teorías como sistemas axiomatizables¹. Parece, pues, que identifica axiomatización con posición heredada. La misma identificación entre axiomatización y posición heredada parece presuponer Moya cuando, al tratar de contraponer la axiomatización y la concepción semántica, dice «El objetivo de este apartado es demostrar que la aplicación de las concepciones heredadas y semanticista al estudio de la biología evolutiva no demuestra la mayor eficacia de una sobre otra. Es más, voy a presentar interesantes coincidencias entre ambas.»² Dos son mis principales discrepancias con el texto citado: no sólo he tratado de demostrar la superioridad tanto de la concepción semántica como de la concepción estructural sobre la posición heredada, sino que me parece que carece de fundamento la identificación entre axiomatización y posición heredada. Permítaseme algunas aclaraciones sobre este tema.

Axiomatización y posición heredada

Nadie puede dudar que el estructuralismo, interpretando algunas ideas de Kuhn, se opone frontalmente a la concepción heredada. A pesar de ello, un punto capital en su programa de reconstrucción estructural de las teorías científicas es la axiomatización: la diferencia estriba en que no se pretende presentar axiomatizaciones formalizadas en el lenguaje de la lógica de primer orden,

sino que se propugnan axiomatizaciones informales mediante un predicado conjuntista. Y, si hasta el momento no disponíamos de una axiomatización estructural en las ciencias de la evolución, la reciente axiomatización de la genética, realizada por Balzer y Dawe,³ no permite tampoco en el campo de la biología identificar la axiomatización con la posición heredada.

En los últimos años los principales defensores de la aplicación del método axiomático a la teoría de la evolución han sido Ruse y Williams. Intentaré demostrar que es injusto asimilarlos totalmente a la posición heredada. Tal vez en los años sesenta el rechazo a la posición heredada parecía obligar a profesar el relativismo cultural. Pero la situación ha variado desde entonces. No sólo ha resurgido la defensa del realismo, sino que existen al menos dos escuelas que no están reñidas con el análisis lógico: la concepción semántica y la concepción estructural. No hay que echar por la borda todo el trabajo del empirismo lógico. Por ejemplo, la teoría de Hempel sobre la explicación científica, necesita ser complementada, pero es sensato mantener la relación entre explicaciones y leyes científicas.

En la introducción a la *filosofía de la biología*, Ruse defiende una actitud moderadamente uniformista respecto a la biología, sosteniendo que «no puede establecerse una línea neta de separación entre los diferentes tipos de ciencia» (concretamente entre la física y la biología).⁴

Para caracterizar la concepción de teoría física más frecuentemente aceptada por los científicos nos remite al empirismo lógico, del que cita cuatro características: 1. La distinción entre dos tipos de entidades (teóricas-no teóricas, etc.); 2. La presencia de leyes (enunciados nómicos) dentro de la ciencia; 3. La concepción de las ciencias como sistemas axiomáticos; 4. La existencia de explicaciones basadas en leyes cubrientes. Con las debidas matizaciones todas estas características del empirismo lógico pueden ser captadas por filósofos que rechazan la concepción heredada, por ejemplo, por los estructuralistas.

Examinemos con detalle el primer punto. La dicotomía observable-teórico era una de las tesis fundamentales y discutidas del empirismo lógico. Ruse considera que se puede hacer una triple dicotomía: observable-no observable, hipotético-no hipotético, teórico-no teórico. Al aplicar estas distinciones al concepto de gen, Ruse reconoce que las dos primeras distinciones resultan poco operativas, y se inclina por la distinción teórico-no teórico (coincidiendo en esto con el estructuralismo). ¿Cómo definir el término «teórico»? «Quizá la base más obvia de la división sea el sentido de un término íntimamente ligado a una teoría científica concreta que usamos para referirnos a una entidad teórica que no se da cuando nos referimos a una entidad no teórica. Éste parece ser, en cierta forma, el más prometedor de los métodos de clasificar entidades científicas...»⁵.

Es notorio el parecido con el concepto de Sneed de teoridad respecto a una teoría. La diferencia es que, siguiendo a Hanson, parece inclinado a admitir una cierta carga teórica de todo término. En conclusión, aunque Ruse hereda del empirismo lógico una visión racional de la ciencia, no puede ser encasillado como defensor dogmático de la posición heredada.

Semejante es el caso de M. Williams. Su aceptación del modelo nomológico-deductivo de explicación⁶ o su contribución a la axiomatización de la teoría de la evolución puede mover a clasificarla arbitrariamente dentro de la posición heredada. Pero hay que destacar que, al contrario de Woodger y de la posición heredada, no se propone hacer una axiomatización formal, sino una axiomatización intuitiva en el lenguaje de la teoría de conjuntos: «Esta técnica (la axiomatización formal) proporciona una protección casi completa contra el error lógico, pero es tan difícil de usar que los matemáticos normalmente operan con una técnica menos formal, que es suficientemente rigurosa para sus propósitos, aunque todavía relativamente intuitiva».⁷ Uno de los objetivos que señala Stegmüller para el estructuralismo, es el uso de la lógica informal y la teoría de conjuntos informal, para hacer asequible la axiomatización de teorías científicas.⁸ Por lo tanto, tampoco puede encasillarse a M. Williams estrictamente en la posición heredada, aunque continúe la tradición racional del empirismo lógico.

La axiomatización de M. Williams

Me propongo presentar una axiomatización estructural de la teoría de Darwin a partir de la axiomatización propuesta por M. Williams. El partir de axiomatizaciones previas que sean solventes para realizar la reconstrucción estructural, es algo que casi no necesita justificación. Así, la reconstrucción estructural de la mecánica por parte de Sneed se basa en la axiomatización de McKinsey, Sugar y Suppes.⁹

Por ello parece conveniente hacer una breve presentación intuitiva de la axiomatización de M. Williams y una revisión de las críticas que ha suscitado.

M. Williams se propone solamente axiomatizar la teoría de la evolución de Darwin, lo que podríamos llamar la teoría de la descendencia con modificación. Es consciente que ello no cubre toda la moderna teoría de la evolución: «Este artículo presenta una axiomatización de la teoría de la evolución de Darwin; será necesario un nuevo artículo para extenderlo a una axiomatización completa de la teoría de la evolución.»¹⁰

Divide la axiomatización en dos partes: en la primera trata de describir un biocosmos o conjunto de seres que se reproducen. En la segunda trata de caracterizar el concepto de *fitness* o adaptación.

En el estudio del biocosmos introduce dos conceptos primitivos: entidad biológica y relación de progenitor (*parent*). Establece dos axiomas: 1. la relación de progenitor es irreflexiva; 2. la relación, fácilmente definible, de antepasado es asimétrica. Introduce a continuación la noción de clan y subclan. El clan determinado por un conjunto, comprende el conjunto fundador y está cerrado respecto a la relación de descendencia. Un subclán es un subconjunto vertical del clan, de forma que los miembros del subclán tienen antepasados hasta la generación fundadora del clan.



En el estudio de la *fitness* o adaptación introduce dos conceptos primitivos, el de subclán darwinista (mantenido unido por fuerzas cohesivas) y la *fitness* o adaptación, concebida como función que a cada individuo atribuye un número real. Los cinco axiomas referentes a la *fitness* son: 1. Todo subclán darwinista es un subclán; 2. Existe una cota superior al número de organismos en cualquier generación de un subclán darwinista; 3. A cada individuo se le asigna un número real, que es su *fitness* o adaptación. A continuación introduce la noción de subcland, que es el nuevo subclán derivado de una generación del subclán darwinista primitivo y que permanece dentro del subclán. Ello le permite establecer dos nuevos axiomas: 4. Si un subcland tiene una eficacia promedio superior que el resto del subclán durante un número suficiente de generaciones aumentará su proporción dentro del subclán; 5. En cada generación de un subclán darwinista, que no esté al borde de la extinción, existe un subcland más apto que el resto.

Entre las principales ventajas que tiene su axiomatización, Williams enumera la de disolver la acusación de que la teoría de la selección es tautológica. El principal argumento de tal acusación es la circularidad en la definición de selección y *fitness*. Esta circularidad se evita si se considera *fitness* como término teórico sin definir. También considera la legitimidad de considerar distintas interpretaciones de la teoría (a nivel de genes, de individuos y de poblaciones).

A la axiomatización de Williams hay que reconocerle como mínimo el mérito de no haber permanecido ignorada: ha tenido detractores y defensores.

Caplan insiste en que no puede pretenderse que de la axiomatización de Williams permita derivar las leyes y teoremas usados realmente por los científicos.¹¹ Pero ya hemos visto que esta acusación era en parte aceptada por la misma autora, que reconocía la necesidad de un segundo artículo para extender la axiomatización a la moderna teoría de la evolución.

Brandon defiende un enfoque funcional en el estudio de la evolución, proponiendo definir clases similares de genotipos basándose en el número de codones homólogos equivalentes entre dos individuos, ya que el triplete o codón es la unidad básica de información en las moléculas de ADN. En consecuencia le parece insuficiente todo enfoque que, como el de Williams, esté basado puramente en la relación de descendencia entre los distintos grupos, enfoque que caracteriza como relacional o histórico.¹² Otra acusación es que la axiomatización de Williams deja fuera las leyes de la herencia¹³. Pero mientras Moya admite que quizá sería fiel a la teoría de Darwin, en cambio Sober cree que, incluso si su objetivo era reconstruir las ideas de Darwin, su axiomatización deja fuera demasiadas cosas.

En el otro extremo Rosenberg no sólo considera el trabajo de Williams

como el mejor estudio disponible sobre la estructura de la teoría evolucionista, sino que valora especialmente el que reconozca la *fitness* como término teórico.¹⁴ No menos favorable es la opinión de Hull, que considera especialmente satisfactorio el que permita varios niveles de interpretación (genes, cromosomas, gametos, organismos y poblaciones) y también el que permita explicitar que las predicciones de la teoría de la evolución versarán sobre las pautas de la evolución y no sobre individuos o taxones determinados.¹⁵

Tanto el análisis de los trabajos de Williams como el examen de las opiniones que ha merecido, me permiten llegar a las siguientes conclusiones: 1. Se trata del mejor trabajo disponible sobre la axiomatización de la teoría de la evolución y por tanto un punto de partida interesante para la reconstrucción estructural; 2. A lo sumo describe la teoría darwinista de la anagénesis o descendencia con modificación, ya que en esto coincide la opinión de la propia autora con la de sus críticos; 3. Personalmente opino que ni siquiera recoge todas las ideas de Darwin, ya que en lo que en el capítulo VIII he llamado núcleo de la teoría de Darwin entraban las ideas de herencia y creación de nuevas variedades; 4. Puede aceptarse la axiomatización de Williams como un primer paso para la reconstrucción del núcleo de la teoría de Darwin y posteriormente de la teoría de la evolución; 5. Las mismas limitaciones que afectan a la axiomatización de Williams afectarán a una reconstrucción basada en ella, y sólo puede considerarse un primer paso para ulteriores trabajos. Pero hay que tener en cuenta que, de la misma manera, el núcleo básico de la genética reconstruido en los dos primeros artículos de Balzer y Dawe³ tiene muy poco contenido empírico sin la adición de las leyes especiales anunciadas para el tercer artículo.

La estructura de datos o modelo potencial parcial de la teoría de la evolución

¿A que tipo de entidades tiene sentido decir que aplicamos la teoría de la evolución? La teoría de la evolución trata de seres vivos que se reproducen y están vinculados por la relación «ser progenitor de». Uso la palabra progenitor en un sentido estricto como sinónimo de progenitor inmediato (padre o madre), aunque en castellano puede tener también el sentido más amplio de antepasado. Simbolizaremos « b_1 es progenitor de b_2 » por « $b_1 \triangleright b_2$ », siguiendo la notación de Williams. Representaremos « b_1 es un antepasado de b_2 » por « $b_1 \triangleright^* b_2$ ».

Dado un dominio B , al que pertenecen b_1, \dots, b_n establecemos la definición de *antepasado*:

Definición 1

Para todo $b_1, b_2 \in B$, $b_1 \triangleright b_2$ si y sólo si $b_1 \triangleright^* b_2$ o bien existen $b_3, \dots, b_n \in B$ tales que $b_1 \triangleright b_3 \dots b_n \triangleright b_2$.

Intuitivamente b_1 es antepasado de b_2 si es su progenitor o bien existe en B una cadena finita de progenitores entre b_1 y b_2 . Dos seres que estén ligados

por la relación antepasado, están unidos al menos por un linaje. Un linaje es una cadena ininterrumpida de progenitores y cada linaje tiene una longitud k .

Definición 2

R es un linaje de b a b' de longitud k si y sólo si existen en R , b_1, \dots, b_{k+1} , tales que $b=b_1$, $b'=b_{k+1}$ y $b_i \rightarrow b_{i+1}$.

He transformado la definición de Williams¹⁶, porque me parece que usa con demasiada frecuencia notaciones que no son claras. Usa « $R(b, b')$ » como si R fuese una función, como si significase «el linaje de b a b' » pero $R(b, b')$ no puede definirse como función porque no cumple el teorema de unicidad. Dos individuos no determinan un único linaje. Es conveniente que la notación indique claramente si se trata de una función o de un predicado.

Definición 3

b' es i -descendiente de b si y sólo si existe un linaje R de longitud i de b a b' .

Análogamente se puede definir i -antepasado.

Definición 4

b' es un i -descendiente del conjunto P si y sólo si $b' \in P$ y además existe un $b \in P$ tal que b' es i -descendiente de b .

Intuitivamente b' es descendiente de la población P a través de i generaciones si tiene en P un antepasado que dista de él i generaciones.

Con ello estamos en condiciones de definir el clan determinado por una población fundadora P (nótese que, de momento, no se exige ninguna homogeneidad a la población fundadora P).

Definición 5. Clan de P

CP (Clan de P) es el conjunto de todas las entidades b , tales que $b \in P$ o bien b es i -descendiente de P para algún entero positivo i .

Intuitivamente el clan C determinado por una población fundadora P : es la población fundadora P y el conjunto de todos sus descendientes. La generación número cero de CP es la población fundadora P .

Definición 6. i -Generación de CP

$CP(i)$ (i -ésima generación de CP) es el conjunto de los $b' \in CP$ tales que existe un $b \in P$ tal que b' es i -descendiente de b y no existe un $b'' \in P$ y un entero positivo $j > i$, tal que b' sea j -descendiente de b'' .

Se ha modificado ligeramente la definición de i -descendiente y la de i -ésima generación del clan de P ,¹⁷ a fin de dar un significado más preciso a estas nociones. En el laboratorio se pueden separar las generaciones, pero en estado natural no. Los miembros de la población fundadora pueden estar ligados por la relación progenitor, por esto excluyo que los miembros de la i -

ésima generación pertenezcan a la población fundadora. Por otro lado un individuo podría pertenecer simultáneamente a varias generaciones, en el caso de la reproducción sexual. La definición 6 exige que, para fijar la generación, se elija el linaje de máxima longitud que une a la población fundadora.

Una parte del clan puede quedar separada del resto del clan y ser sometida a fuerzas selectivas distintas, por esto es conveniente introducir la noción de subclán.

Definición 7. Subclán de CP

S es un subclán de CP si y sólo si $S \subseteq CP$ i para toda $b' \in S$ existe un $b \in P$ y un linaje R de b a b' tal que $R \subseteq S$.

Intuitivamente el subclán es o bien el clan entero o bien lo que queda del clan al separa algunas ramas.

Definición 8. Subclán derivado de una subgeneración

Sea $CP(j)$ la generación j del clan de P .

Sea $C_1P(j) \subseteq CP(j)$ (parte de una generación).

S_i es el subclán derivado de $C_1P(j)$ si y sólo si S_i es el conjunto de todos los $b \in CP$, tales que

- 1) o bien $b \in C_1P(j)$
- 2) o bien existen un entero positivo i y un $b' \in C_1P(j)$ tales que b es i -antecesor de b'
- 3) o bien existen un entero positivo i y un $b' \in C_1P(j)$ tales que b es i -descendiente de b' .

Intuitivamente si tenemos una generación y podemos caracterizar una parte de esta generación, el subclán derivado comprendera esta misma parte de la generación, más todos sus antepasados y todos sus descendientes que están dentro del clan.

Definición 9. Fijación de un subclán

Sea S_1 el subclán derivado de $C_1P(j)$

Sea S_2 el subclán derivado de $C_2P(i)$

El subclán S_1 está fijado en el subclán S_2 en la generación m si y sólo si

- 1) $S_1 \subseteq S_2$
- 2) $m > j$, $m > i$ y $C_1P(m) = C_2P(m) \neq \emptyset$

Intuitivamente el subclán S_1 está fijado en el subclán S_2 en la generación m si S_2 ha sido absorbido por S_1 . Estas definiciones dejan el terreno preparado para la presentación del modelo potencial parcial.

Definición 10. Modelo potencial parcial o biocosmos

X es un biocosmos si y sólo si existen $B, \triangleright, v, \mu$ tales que:

- 1) $X = \langle B, \triangleright, v, \mu \rangle$
- 2) B es un conjunto no vacío.
- 3) \triangleright es una relación irreflexiva en B .

4) La relación \triangleright (introducida en la definición 1) es asimétrica en B .

5) Si S_i es el subclán derivado de $C_i P(j)$ (según la definición 8), v_i es una función diádica que a cada subclán S_i y a cada generación k , atribuye un número de individuos.

6) Si S_i es el subclán derivado de $C_i P(j)$ (definición 8) μ_i es una función que a cada subclán atribuye un número entero positivo.

En el modelo potencial parcial no hemos introducido el concepto primitivo de entidad biológica. Como es costumbre en las reconstrucciones estructurales nos hemos limitados a mencionar el dominio B cuyo significado quedará delimitado por el predicado conjuntista. Hemos recogido en el modelo potencial parcial todo el aparato no teórico. Consideramos que las funciones v_i , μ_i , no son teóricas, ya que se puede atribuir un número de individuos a cada generación de un subclán y un número de individuos máximo a cualquier generación de un subclán, sin recurrir a la teoría de la evolución.

El modelo potencial de la teoría de la evolución

En su axiomatización M. Williams introduce dos términos no definidos que podemos considerar teóricos: el subclán darwinista y la *fitness* o adaptación. Para Williams un subclán darwinista es simplemente un subclán que se mantiene unido por fuerzas cohesivas: «Sin duda necesito un término para denotar un subclán que se mantiene unido por fuerzas cohesivas de tal manera que actúa como una unidad respecto a la selección; a tal subclán lo llamaré *subclán darwinista*». ¹⁸ Dado que es un término primitivo, esto es, no definido, el único exceso de significado que puede recibir respecto al mero subclán le vendrá dado por los axiomas. Creo que es poco lo que los axiomas contribuyen a delimitar la noción de subclán darwinista. Con todo, mantengo este término para limitar la aplicación de algunos conceptos (aptitud relativa y aptitud media) al subclán darwinista, pues carecerían de sentido para grupos heterogéneos. Por otro lado un ejemplo de subclán darwinista sería la especie: estoy convencido de que la especie evolutiva es un término teórico dentro de la teoría de la evolución.

Al modelo potencial de la teoría de la evolución le llamaremos *biocosmos adaptativo*. Comprenderá todo el aparato teórico de la teoría de la evolución, sin las leyes o axiomas específicos de la teoría.

Definición 11. Modelo potencial o biocosmos adaptativo

X es un biocosmos adaptativo si y sólo si existen B , \triangleright , v_i , μ_i , subclán darwinista, ϕ , tales que

1) $x = \langle B, \triangleright, v_i, \mu_i, \text{subclán darwinista}, \phi \rangle$

2) B es un conjunto no vacío

3) \triangleright es una relación irreflexiva en B

4) La relación \triangleright (introducida en la definición 1) es asimétrica en B

5) Si S_i es el subclán derivado de $C_i P(j)$ (según la definición 8), v_i es una

función diádica, que a cada subclán S_i y a cada generación k , atribuye un número de individuos.

6) Si S_i es el subclán derivado de $C_iP(j)$ (definición 8) μ es una función que a cada subclán atribuye un número entero positivo.

7) Subclán darwinista es un predicado que se aplica a subclanes.

8) ϕ es una función que a cada $b \in B$ asigna un número real positivo.

Al modelo potencial parcial se ha añadido el predicado subclán darwinista. La única función teórica añadida al modelo potencial parcial es la función ϕ que corresponde a la fitness y que M. Williams entiende más como adaptación que como eficacia biológica: ϕ corresponde a la adaptación del individuo, pero Williams introduce por definición dos nuevas funciones de adaptación.¹⁹ En primer lugar define la adaptación de un individuo en relación con la adaptación media de los organismos de una generación k de un subclán S .

Previamente vamos a introducir la definición de subclán, que es la parte de un subclán que está contenida en el subclán darwinista.

Definición 12. Subclán derivado de $C_i(j)$

D_i es el subclán de D derivado de $C_iP(j)$ si y sólo si D es un subclán darwinista del clan CP y $D_i = D \cap S_i$, donde S_i es el subclán de CP derivado de $C^iP(j)$.

Definición 13. Adaptación relativa de un individuo

Si D es un subclán darwinista, entonces

$$\phi(b, D, k) \left\{ \begin{array}{ll} = \frac{\phi(b)}{\frac{1}{v(D, k)} \sum_{b_i \in D(k)} \phi(b_i)} & \text{si } b \in D(k) \\ = 0 & \text{si } b \notin D(k) \end{array} \right.$$

A continuación vamos a definir la adaptación media en la generación k de un subclán D_i respecto a otro que lo engloba: Si un subclán D_i está comprendido dentro del subclán darwinista D , entonces se puede definir la adaptación media de $D_i(k)$ (la generación k de D_i) respecto a la adaptación media de los organismos de $D(k)$.

Definición 14. Adaptación media de $D_i(k)$ respecto $D(k)$

Si $D^i(k) \subset D(k)$ entonces

$$\phi(D_i, D, k) \left\{ \begin{array}{ll} = \frac{\sum_{b \in D_i(k)} f(b, D, k)}{v(D_i, k)} & \text{si } v(D_i, k) \neq 0 \\ = 0 & \text{si } v(D_i, k) = 0 \end{array} \right.$$

El modelo de la teoría de la evolución: biocosmos darwinista

Modelo o biocosmos darwinista

Definición 15

S es un biocosmos darwinista si y sólo si

- 1) *X es un biocosmos adaptativo*
- 2) *Para cada subclán S existe un entero positivo $\mu(S)$ tal que $v(S, k) \leq \mu(S)$, o sea existe una cota máxima al número de individuos de cualquier generación.*
- 3) *Consideremos el subcland $D_1 \subseteq D$. Si D_1 tiene una adaptación media respecto al subclán darwinista D superior que el resto ($D \sim D_1$) durante suficientes generaciones, entonces la proporción de D_1 en D aumenta. (Expansión del subcland más apto).*
- 4) *En cada generación m de un subclán darwinista D que no está al borde de la extinción, existe un subcland $D_1 \subseteq D$ tal que: D_1 tiene una adaptación media superior al resto $D \sim D_1$, durante suficientes generaciones para asegurar el crecimiento de D_1 respecto a D ; mientras D_1 no está fijado en D , mantiene una adaptación media superior. (Existencia de un subcland más apto).*

En la reconstrucción de las teorías físicas además del modelo potencial parcial, del modelo potencial, y del modelo ha tenido gran importancia las condiciones de ligadura. La única condición de ligadura aplicable a un núcleo tan general es la de la identidad: por ejemplo, si una especie aparece en dos aplicaciones de la teoría (en embriología y en fisiología) debe tener los mismos límites.

Algunas conclusiones

La ley de selección natural como principio guía

Hemos de recordar que la axiomatización de Williams, y por lo mismo su traducción a las pautas de la reconstrucción estructural sólo es admisible como reconstrucción del núcleo de la teoría de la evolución: sólo es un paso para la preparación de nuevos análisis, completando la reconstrucción estructural con nuevas leyes especiales que le den más contenido empírico. De momento sólo se han usado dos términos teóricos, el de «subclán darwinista» que podría quedar ejemplificado por la especie evolucionista, y el de *fitness*. Los axiomas tienen sólo un contenido muy general: garantizan que a cada individuo se le atribuye un número que es su *fitness* o adaptación de forma que

cuando un subcland (o parte de un subclán darwinista) tiene una adaptación media superior al resto, se expansionará a costa del resto. Y que en un subclán darwinista está garantizada casi siempre la existencia de un subcland o parte más apta. Aunque Williams insiste en que concibe la *fitness* como adaptación o relación con el medio²⁰, de hecho los axiomas permiten establecer la asignación de la *fitness* de tal manera que a los grupos que se expansionan se les atribuya una *fitness* media superior. Por tanto los axiomas *solos* no son incompatibles con una interpretación de la *fitness* como eficacia biológica en vez de adaptación. De hecho la definición operacional que sugiere M. Williams²¹ es una definición de la eficacia biológica. Y llega a admitir que la axiomatización completa de la teoría de la evolución requeriría que la *fitness* fuera definida como una función diádica, tanto del individuo como del medio²². Por lo tanto hemos de reconocer que este núcleo de la teoría tiene poco contenido empírico. Pero ello no es ningún inconveniente, si, siguiendo la idea de principio guía expuesto por Moulines²³ en el caso de la mecánica y la termodinámica, lo consideramos como una ley general que sugiere la búsqueda de mecanismos concretos de adaptación.

En cuanto a los términos teóricos usados «subclán darwinista» y «fitness», parece que son teóricos en el sentido de Sneed, ya que tanto la determinación de la cohesión evolutiva como de la adaptación, sólo se puede determinar dentro de la teoría de la evolución.

Aplicaciones de la teoría

La formulación estructural de una teoría no es ninguna afirmación empírica, ya que la definición por un predicado conjuntista «*X* es un biocosmos darwinista» es una fórmula abierta que no es ni verdadera ni falsa. Incluso tratandose de un núcleo tan general, debemos concebir el elemento teórico como el par

$$\langle K, I \rangle$$

donde *K* es el núcleo teórico y *I* el conjunto de las aplicaciones propuestas. Sólo entonces se puede formular la afirmación central de la teoría de que determinado sistema físico puede extenderse mediante conceptos teóricos adecuados al modelo de la teoría.

Darwin, sin duda, tomó como aplicaciones propuestas de la teoría los conjuntos de individuos integrados en poblaciones que se reproducen sexualmente.

Pero la axiomatización propuesta permite otras interpretaciones, como indica M. Williams.²⁴ La presentación estructural exige distinguir entre núcleo teórico e interpretaciones: puede aumentar o disminuir el número de interpretaciones propuestas sin que se considere que se ha abandonado la teoría. Así por ejemplo, se considera que las entidades biológicas que no se reproducen sexualmente, como las bacterias, están sometidas a la evolución y mantienen unidades ligadas por fuerzas cohesivas.²⁵

Pero, dentro de los seres que se reproducen sexualmente, también podemos encontrar tres principales niveles de aplicación: el gen, el individuo y el grupo. Es una cuestión empírica decidir si hay un nivel fundamental en el que se realiza la selección o bien existe selección a varios niveles.

Es claro que Darwin pensaba que la selección natural actúa sobre el individuo, aunque los efectos de la selección producen no un cambio en el individuo sino un cambio en la población: «Esas diferencias individuales son muy importantes para nosotros, porque proporcionan los materiales a acumular por la selección».²⁶ Pero en algunos textos parece abierto a la selección de grupos, por ejemplo cuando considera adaptativo el agujón de las abejas, aunque cause la muerte de algunos de sus miembros, porque «resulta útil a la comunidad».²⁷ En otros textos podría parecer que la unidad importante es el factor genético compartido por los parientes (hoy día diríamos el gen). En *El origen del hombre* considera que es muy probable que las facultades intelectuales hayan mejorado por selección natural. Una tribu con miembros superiores y con capacidad inventiva podría extenderse, puesto que aún en el caso de que estos individuos superiores no tuvieran hijos, la tribu tendría parientes consanguíneos.²⁸ Por tanto admite la selección por relaciones de parentesco.

En los últimos años, mientras algunos como Lorenz han defendido la selección de grupo, la sociobiología ha vuelto a insistir en la selección individual. Dawkins cae en el extremo opuesto de considerar el gen como unidad de supervivencia²⁹. Pero en realidad me pregunto si quizás no es más que una forma provocativa de hablar en un libro tan sugestivo como el de Dawkins. Porque en un momento determinado realiza un cambio de lenguaje y considera que el individuo —la colonia de genes— tiene un individualidad propia: «En la práctica, a menudo es conveniente, como una aproximación, considerar el cuerpo individual como un agente que «intenta» aumentar el número de todos sus genes en las generaciones futuras».³⁰

Es una cuestión empírica a resolver si hay una unidad fundamental de evolución o pueden complementarse varias de ellas. Gould propone un patrón evolutivo por interacción de modelos. La selección actúa a varios niveles. Según Gould las características que aumentan la frecuencia de la especiación (dispersión, tamaño y densidad de la población) son propiedades de las poblaciones y no de los individuos³¹. En cualquier caso todas estas interpretaciones son compatibles con la axiomatización de M. Williams.

Hemos visto que en la teoría de la evolución usamos aplicación también en otro sentido: el de las disciplinas evolutivas. La pretensión de reconstruir axiomáticamente una parte de la teoría de la evolución y la pretensión de que afecta a todas las disciplinas evolutivas no niega que éstas tengan una cierta autonomía. Ya hemos mencionado que algunas de ellas, por ejemplo la paleontología, dependen esencialmente de otras ciencias como la geología. También aquí hay que hacer constar que la presentación estructural permite representar de forma muy natural la aparición de nuevas aplicaciones como la sociobiología, y distinguir la sociobiología animal y la sociobiología humana como ámbitos diversos de aplicación. Una teoría es una cosa viva que puede sufrir cambios sin que se altere el núcleo fundamental. Sólo cuando

repetidamente falla su aplicación a las aplicaciones paradigmáticas, la teoría entra en crisis. Pero actualmente éste no parece ser el caso de la teoría de la evolución, a pesar de los enormes cambios que ha sufrido a lo largo de un siglo de desarrollo.

- ¹ Caplan. (1978), pp.268-269.
- ² Moya. (1986), p.92.
- ³ Balzer y Dawe. (1986, a), (1986, b).
- ⁴ Ruse. *La filosofía de la biología*, p.13.
- ⁵ Ruse. Ibid. p.22.
- ⁶ Williams. (1982), p.304.
- ⁷ Williams. (1970), p.345.
- ⁸ Stegmüller. *La concepción estructuralista de las teorías*, p.14.
- ⁹ McKinsey, Sugar y Suppes. (1953).
- ¹⁰ Williams. (1970), p.344. Análogamente pp.355-356.
- ¹¹ Caplan. (1978), pp.270-271.
- ¹² Brandon. (1978), p.104.
- ¹³ Moya. (1986), p.93. Sober (1984) p.379.
- ¹⁴ Rosenberg. (1983), p.464.
- ¹⁵ Hull. (1974), pp.64-65.
- ¹⁶ Williams. (1970), p.350.
- ¹⁷ Williams. (1970), pp.351-352.
- ¹⁸ Williams. (1970), p.357.
- ¹⁹ Williams. (1970), p.360.
- ²⁰ Williams. (1973), p.90.
- ²¹ Williams. (1970), p.359.
- ²² Williams. (1970), p.359.
- ²³ Moulines. (1982), pp.88 ss.
- ²⁴ Williams. (1970), p.348, (1973), p.94.
- ²⁵ Ayala y Valentine. *La evolución en acción*, p.203.
- ²⁶ Darwin. *On the Origin of Species*, p.45.
- ²⁷ Darwin. Ibid. p.202.
- ²⁸ Darwin. *L'origen de l'home*, p.154.
- ²⁹ Dawkins. *El gen egoísta*, p.48.
- ³⁰ Dawkins. Ibid. p.78-79.
- ³¹ Gould. (1982), pp.384 ss.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- AYALA, F.J. y DOBZHANSKY, T. (Eds.) (1974), *Studies in the Philosophy of Biology*. Londres, Macmillan. Trad. cast. *Estudios sobre la filosofía de la biología*. Barcelona, Ariel, 1983.
- AYALA, F.J. y VALENTINE, J.W. (1979). *Evolving*, Menlo Park, The Benjamin/Cummings Publishing. Trad. cast. *La evolución en acción*, Madrid, Alhambra, 1983.
- BALZER, W. y DAWE, C.M. (1986,a) «Structure and Comparison of Genetic Theories»: (1) Classical Genetics» *The British Journal for the Philosophy of Science*, 37, pp.55-69.
- BALZER, W. y DAWE, C.M. (1986,b) «Structure and Comparison of Genetic Theories»: (2) The reduction of Character-Factor Genetics to Molecular Genetics» *The British Journal for the Philosophy of Science*, 37, pp.177-191.
- BALZER, W., PEARCE, D.A. y SCHMIDT, H.J. (Eds.), (1984), *Reduction in Science*, Dordrecht, Reidel.
- BEATTY, J. (1980) «Optimal-Design Models and the Strategy of Model Building in Evolutionary Biology», *Philosophy of Science*, 47, pp.532-561.
- BEATTY, J. (1981) «What's Wrong with the Received View of Evolutionary Theory?» en Asquit y Giere (Eds.), *PSA 1980*, 2 pp.397-426.
- BEATTY, J. (1987) «On Behalf of the Semantic View», *Biology and Philosophy*, 2.1, pp.17-23.
- BECKNER, M.O. *El darwinismo*, Valencia, Cuadernos Teorema, 1976.
- BECKNER, M.O. (1959) *The Biological Way of Thought*. Nueva York, Columbia University Press.
- BOHM, D. «Observaciones adicionales sobre la noción de orden», en Waddington y otros, *Hacia una biología teórica*, Madrid, Alianza, pp.243-266.
- BOWLER, P.J. (1983), *The Eclipse of Darwinism*, Baltimore y Londres, The John Hopkins University Press. Trad. cast. *El eclipse del darwinismo*. Barcelona, Labor, 1985.
- BRANDON, R.N. (1978), «Evolution», *Philosophy of Science*, 45, pp.96-109.
- BUNGE, M. (Ed.), (1973). *The Methodological Unity of Science*, Dordrecht, Reidel.
- BUTTS, R.E. y HINTIKKA, J. (Eds.), (1977) *Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Dordrecht, Reidel.
- CAPLAN, A. (1978), «Testability, Disreputability, and the Structure of the Modern Synthetic Theory of Evolution» *Erkenntnis*, 13, pp. 261-278.

- CASTRODEZA, C. (1982), «La tácita actualidad del darwinismo», *Revista de Occidente*, 18-19, pp.89-103.
- CHAMBERS, R. (1844), *Vestiges of the Natural History of Creation*, 1ª ed. Londres, Churchill.
- DARWIN, Ch. (1859), *On the Origin of Species*, London, John Murray. Facsímil de la 1ª edición con introducción de E. Mayr, Cambridge, Harvard University Press, 1964.
- DARWIN, Ch. (1871), *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*, Londres, Murray. Trad. cat. en dos vol, *L'origen de l'home*, Barcelona, Edicions científiques catalanes, 1984.
- DARWIN, Ch. *The Autobiography of Charles Darwin and Selected Letters*, Trad. cast. *Autobiografía*, 2 vols. Madrid, Alianza, 1977.
- DAWKINS, R. (1976), *The Selfish Gene*, Oxford University Press, Trad. cast. *El gen egoísta*, Barcelona, Labor, 1979.
- DOBZHANSKY, T. y otros. (1977), *Evolution*, San Francisco, Freeman. Trad. cast. *Evolución*, Barcelona, Omega, 1983.
- FETZER, H. (Ed.), (1985), *Sociobiology and Epistemology*, Dordrecht, Reidel.
- GALLIE, W.B. (1955), «Explanations in History and the Genetic Sciences», *Mind*, 64, pp.160-180.
- GHISELIN, M.T. (1969), *The Triumph of the Darwinian Method*, Berkeley, University of California Press. Trad. cast. *El triunfo de Darwin*, Madrid, Cátedra, 1983.
- GOUDGE, T.A. (1961), *The Ascent of Life*, Toronto, University of Toronto Press.
- GOULD, S.J. (1977), *Ever Since Darwin. Reflections in Natural History*. Trad. Cast. Desde Darwin. Reflexiones sobre Historia Natural, Madrid, Hermann Blume, 1983.
- GOULD, S.J. (1982), «Darwinism and the Expansion of Evolutionary Theory». *Science*, 216, pp.380-387.
- GOULD, S.J. (1982), «El equilibrio puntuado y el enfoque jerárquico de la macroevolución», *Revista de Occidente*, 18-19, pp.121-148.
- HEMPEL, C.G. (1965), *Aspects of Scientific Explanation*, Nueva York, Free Press, Reed. 1970. Trad. cast. *Aspectos de la explicación científica*, Buenos Aires, Paidós, 1979.
- HULL, D.L. (1974), *Philosophy of Biological Science*, Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- HUXLEY, J.S. (1942), *Evolution: The Modern Synthesis*, Londres, Allen and Unwin. Trad. cast. *La Evolución. Síntesis moderna*, Buenos Aires, Losada 1965.
- KLEINER, S.A. (1985), «Darwin's and Wallace's Revolutionary Research Programme», *The British Journal for the Philosophy of Science*, 36, pp.367-392.
- KUHN, T.S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*. 2ª edición, The University of Chicago Press, 1970.
- KUHN, T.S. (1976), «Theory-Change as Structure-Change: Comments on the Sneed Formalism», *Erkenntnis*, 10. Reeditado en Butts y Hintikka (Eds.) *Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Dordrecht, Reidel, 1977, pp.389-309.
- LAMARCK, J.B. (1809), *Philosophie zoologique*. Trad. cast. Barcelona, Mateu, 1971.
- LAKATOS, I. (1970), «Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes» en Lakatos, I. y Musgrave, A. (Eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, pp. 91-195. Reeditado en *The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers*, vol. I, Cambridge University Press, 1978.
- LAKATOS, I. y MUSGRAVE, A. (Eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cam-

- bridge University Press, 1970. Trad. cast. *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Barcelona, Grijalbo, 1975.
- LEWONTIN, R.C. (1974). *The Genetic Basis of Evolutionary Change*, Nueva York, Columbia University Press. Trad. cast. *La base genética de la evolución*, Barcelona, Omega, 1979.
- LLOYD, E.A. (1984), «A Semantic Approach to the Structure of Population Genetics», *Philosophy of Science*, 51, pp.242-264.
- LLOYD E.A. (1987) «Response to Sloep and Van der Steen» *Biology and Philosophy*, 2.1, pp.23-26.
- MANSER, A.R. (1965), «The Concept of Evolution», *Philosophy*, 40, pp.18-34.
- MAYR, E. y PROVINE, W.B. (Eds.), *The Evolutionary Synthesis*, Cambridge, Harvard University Press.
- MAYNARD SMITH, J. «El Status del Neo-Darwinismo» en Waddington y otros, *Hacia una biología teórica*, Madrid, Alianza, 1976, pp.295-305.
- MCKINSEY, J.C.C., SUGAR, A.C. y SUPPES, P. (1953), «Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics», *Journal of Rational Mechanics and Analysis*, II, pp.253-277.
- MICHOD, R.E. (1981) «Positive Heuristics in Evolutionary Biology», *The British Journal for the Philosophy of Science*, 32, pp.1-36.
- MOULINES, C.U. (1982), *Exploraciones metacientíficas*. Madrid, Alianza.
- MOULINES, C.U. (1984), «Ontological Reduction in the Natural Sciences» en Balzer, Pearce y Schmidt (Eds.), *Reduction in Science*, Dordrecht, Reidel.
- MOYA, A. (1982), «Panorama de la obra de J.H. Woodger en la biología contemporánea», en *Teorema* XII, pp.61-70.
- MOYA, A. (1986), «Aproximaciones formales a la estructura de la biología evolutiva» en SANMARTIN y otros (Eds.), *La Sociedad naturalizada*, pp.87-104.
- POPPER, K.R. (1934), *The Logic of Scientific Discovery*, Londres, Hutchinson, 1959, 1983¹¹. Trad. cast. *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1962.
- POPPER, K.R. (1957), *The Poverty of Historicism*, Londres, Routledge and Kegan Paul. Trad. cast. *La miseria del historicismo*, Madrid, Taurus, 1961.
- POPPER, K.R. (1972), *Objective Knowledge*, Oxford University Press. Trad. cast. *Conocimiento objetivo*, Madrid, Tecnos, 1974.
- POPPER, K.R. (1974), «Unended Quest» en Schilpp, *The Philosophy of Karl Popper*. La Salle, Open Court. Trad. cast. *Búsqueda sin término*, Madrid, Tecnos, 1977.
- PRZELECKI, M. SZANIAWSKI, K. y WOJCICKI, K. (Eds.), (1976), *Formal Methods in the Methodology of Empirical Sciences*, Dordrecht, Reidel.
- RENSCH, B. (1968), *Biophilosophie*. Trad. ingl. *Biophilosophy*, Nueva York, Columbia University Press, 1971.
- ROSENBERG, A. (1983), «Fitness», *The Journal of Philosophy*, 80, pp.457-473.
- RUSE, M. (1973), *The Philosophy of Biology*, Londres, Hutchinson. Trad. cast. *La filosofía de la biología*, Madrid, Alianza, 1979.
- RUSE, M. (1979), *The Darwinian Revolution*. University of Chicago Press. Trad. cast. *La revolución darwinista*, Madrid, Alianza, 1983.
- RUSE, M. (1986), *Taking Darwin Seriously*, Oxford, Backwell. Trad. cast. *Tomándose a Darwin en serio*, Barcelona, Salvat, 1987.
- SHALINS, M. (1976), *The use and abuse of biology*, The University of Michigan Press. Trad. cast. *Uso y abuso de la biología*, Madrid, Siglo XXI, 1982.
- SANMARTIN, J. y otros (Eds.), (1986), *La sociedad naturalizada. Genética y conducta*. Valencia, Tirant lo Blanch.
- SANMARTIN, J. (1986), «Puesto el gen puesto el engaño», *Arbor*, 481, pp.53-78.

- SCRIVEN, M. (1959), «Explanation and Prediction in Evolutionary Theory», *Science*, 130, pp.477-482.
- SLOEP, P.B. y VAN DER STEEN, W.J. (1987,a), «The Nature of Evolutionary Theory: The Semantic Challenge», *Biology and Philosophy* 2,1, pp.1-15.
- SLOEP, P.B. y VAN DER STEEN, W.J. (1987, b), «Syntacticism versus Semanticism: Another Attempt at Dissolution» *Biology and Philosophy*, 2,1, pp.33-41.
- SMART, J.J.C. (1963), *Philosophy and Scientific Realism*, Londres, Routledge and Kegan Paul.
- SMART, J.J.C. (1968), *Between Science and Philosophy*, Nueva York, Random House. Trad. cast. *Entre ciencia y filosofía*, Madrid, Tecnos, 1975.
- SNEED, J. (1984), *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht, Reidel, 2ª ed. 1979.
- SNEED, J. (1984), «Reduction, Interpretation and Invariance» en Balzer, Pearce y Schmidt (Eds.) *Reduction in Science*, Dordrecht, Reidel.
- SNEED, J. (1976), «Describing Revolutionary Scientific Change: A Formal Approach» en Butts y Hintikka (Eds.) *Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Dordrecht, Reidel, 1977, pp. 245-268. Una primera versión apareció en *Erkenntnis*, 10, 1976, pp.115-146.
- SOBER, E. (1984), «Fact, Fiction and Fitness: a Reply to Rosenberg», *The Journal of Philosophy*, 54, pp.372-383.
- STEBINS, G. y AYALA, F.J. (1981), «Is a New Evolutionary Synthesis Necessary?», *Science*, 213, pp.967-971.
- STEGMÜLLER, W. (1973), *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*, Heidelberg, Springer. Trad. cast. *Estructura y dinámica de teorías*, Barcelona, Ariel, 1983.
- STEGMÜLLER, W. (1979), *The Structuralist View of Theories*, Berlín, Springer. Trad. cast. *La concepción estructuralista de las teorías*, Madrid, Alianza, 1981.
- SUPPE, F. (Ed.), (1974), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, University of Illinois Press.
- SUPPE, F. (1976), «Theoretical Laws» en Przelecki, Szaniawski y Wójcicki (Eds.), *Formal Methods in the Methodology of Empirical Sciences*, Dordrecht, Reidel.
- SUPPES, P. (1957), *Introducción to Logic*, Nueva York, Van Nostrand. Trad. cast. *Introducción a la lógica simbólica*, México, CESA, 1966.
- THOMPSON, P. (1985), «Sociobiological Explanation and the Testability of Sociobiological Theory» en Fetzer, H. (Ed.) *Sociobiology and Epistemology*, Dordrecht, Reidel, pp.201-215.
- THOMPSON, P. (1987), «A Defense of the Semantic Conception of Evolutionary Theory», *Biology and Philosophy*, 2,1, pp. 26-32.
- Toulmin, S. (1961), *Foresight and Understanding*, Londres, Hutchinson.
- VAN FRAASSEN, B.C. (1970), «On the Extension of Beth's Semantics on Physical Theories», *Philosophy of Science*, 37, pp.325-339.
- VAN FRAASSEN, B.C. (1980), *The Scientific Image*, Oxford, Clarendon Press.
- WADDINGTON, C.H. y otros, (1968-1970), *Towards a Theoretical Biology 1: Prolegomena. 2:Sketches. 3:Drafts*, Edinburg University Press. Trad. cast. *Hacia una biología teórica*, Madrid, Alianza, 1976.
- WASSERMAN, G.D. (1981), «On the Nature of the Theory of Evolution» *Philosophy of Science*, 48, pp.416-437.
- WILLIAMS, M.B. (1970), «Deducing the Consequences of Evolution: a Mathematical Model» *J. Theor. Biol.* 29, pp.343-385.
- WILLIAMS, M.B. (1973), «The Logical Status of the Theory of Natural Selection and

- Other Evolutionary Controversies» en Bunge, M. (Ed.) *The Methodological Unity of Science*, pp.84-102.
- WILLIAMS, M.B. (1982), «The Importance of Prediction Testing in Evolutionary Biology», *Erkenntnis*, 17, 291-306.
- WILSON, E.O. (1975), *Sociobiology: The New Synthesis*, Cambridge, Belknap Press. Trad. cast. *Sociobiología. La nueva síntesis*, Barcelona, Omega, 1980.
- WOODGER, J.H. *Biología y Lenguaje*, Madrid, Tecnos. 1978.

INDICE

	página
<i>Introducción</i>	7
Objetivos del libro	7
El estudio de la estructura de la teoría de la evolución	8
Etapas de la teoría de la evolución	9
Notas a la introducción	11
 Capítulo I	
<i>Los modelos epistemológicos</i>	13
La posición heredada	13
La metodología de Popper	15
Kuhn y la revolución darwinista	17
Lakatos y los programas de investigación	20
La concepción semántica	23
La concepción estructural	28
Notas al capítulo I	36
 Capítulo II	
<i>Contrastabilidad de la teoría de la evolución</i>	39
Los ataques al carácter empírico del evolucionismo	39
Defensa del carácter empírico del evolucionismo	43
Notas al capítulo II	48
 Capítulo III	
<i>Contrastabilidad de la teoría de Darwin</i>	51
La estructura de <i>El origen</i>	51
Los argumentos a favor de la selección	52
Refutabilidad e inmunidad a la falsación	53
Notas al capítulo III	56
	113

Capítulo IV	
<i>La explicación en la teoría de la evolución</i>	57
La explicación narrativa	57
Explicación y predicción	60
Notas al capítulo IV	62
Capítulo V	
<i>La explicación en la obra de Darwin</i>	63
La epistemología de Darwin y sus orígenes	63
Las leyes empíricas	67
Modelo deductivo de explicación	72
Explicación y predicción	75
Explicaciones incompletas, explicaciones posibles, explicación única	76
Notas al capítulo V	78
Capítulo VI	
<i>La teoría de la evolución y las disciplinas evolutivas</i>	81
La estructura difusa	82
La teoría de la evolución como hiperteoría	82
Existencia de un núcleo central	84
Notas al capítulo VI	86
Capítulo VII	
<i>La visión unificadora de Darwin</i>	87
El núcleo de la teoría	87
Las premisas de la selección	88
Las disciplinas evolutivas	89
Notas al capítulo VII	92
Capítulo VIII	
<i>Axiomatización estructural de la teoría de la evolución</i>	93
Axiomatización y posición heredada	93
La axiomatización de M. Williams	95
La estructura de datos o modelo potencial parcial de la teoría de la evolución	97
El modelo potencial de la estructura de la evolución	100
El modelo de la teoría de la evolución: biocosmos darwinista	102
Algunas conclusiones	102
Notas al capítulo VIII	105
<i>Bibliografía</i>	107