

El método científico en Charles R. Darwin

Antonio León Sánchez

<http://www.interciencia.es>

Curso de Doctorado: *Teorías del método científico en el siglo XIX*

Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia

U.N.E.D. (Madrid)

El método científico en Charles Darwin

1. Introducción

El nacimiento científico de la teoría de la evolución orgánica supuso un cambio revolucionario en la concepción de la naturaleza, con profundas implicaciones en otras áreas del conocimiento, así como en la actitud social y religiosa. Su desarrollo ocasionó un encendido y largo debate entre sus numerosos detractores y sus escasos defensores, aunque en el último tercio del siglo XIX una parte considerable de los naturalistas había aceptado ya las nuevas ideas. El acontecimiento más destacado de esta historia fue, sin duda, la publicación en 1859, de la primera edición de *El origen de las especies*, de Charles Darwin, una de las obras más importantes, influyentes y provocadoras de la historia del pensamiento.

En este trabajo se analiza la metodología científica de Darwin, tal como queda reflejada en su obra evolucionista (particularmente en *El origen de las especies*). Varios autores [por ejemplo Flew, 1959; Crombie, 1960; Manser, 1965; Bunge, 1967; Vorzimmer, 1969; Ruse, 1975 a, 1975 b, 1983] se han ocupado ya del tema, sin que pueda decirse que se haya llegado a ninguna conclusión definitiva. Se acepta que, en líneas generales al menos, la obra científica de Darwin se ajusta al sistema hipotético deductivo. Se acepta también que falta rigor formal en la exposición del núcleo central de la teoría, aunque ese rigor no es usual en las publicaciones naturalistas de la época.

El trabajo se inicia con un breve bosquejo de la filosofía de la ciencia en la Inglaterra de la segunda mitad del siglo XIX, con especial atención a los trabajos de Herschel y Whewel y a otros acontecimientos relevantes para la génesis y la estructuración de las ideas evolucionistas de Darwin. A continuación se analizan la formación científica y filosófica de Darwin, las influencias recibidas (sobre todo las de Herschel, Whewel y Lyell) y su preocupación por adaptar su teoría a los cánones newtonianos de ciencia. Tras esta breve semblanza del ambiente y del personaje, se analizan sus dos primeros ejercicios de aplicación del modelo hipotético deductivo, los arrecifes de coral y las cañadas de Glen Roy. Se analiza después la estructura de *El origen* y la del núcleo central de su teoría de la evolución. Finalmente se compara la metodología científica de Darwin con la de otros evolucionistas que le precedieron.

2. La filosofía de la ciencia en la Inglaterra de 1831-1872

El casi medio siglo transcurrido entre 1831 y 1872 fue decisivo en la historia de las ideas evolucionistas y en la biografía científica personal de Charles R. Darwin. Un período de tiempo que se inicia con su periplo a bordo del H.M.S. Beagle y termina con la 6ª edición de "*The origin of species*". La época fue también crucial para la filosofía de la ciencia, no sólo por la publicación de los trabajos de Herschel, Whewel y Mill, sino también por la preocupación, cada vez más extendida entre los científicos, de ajustar la

producción científica a los cánones del mejor tipo de ciencia. En este sentido, Bacon y Newton eran los autores más citados, y el llamado sistema hipotético deductivo la referencia más común.

J. F. W. Herschel y W. Whewel fueron los autores que más influencia ejercieron en el desarrollo de las concepciones científicas de Darwin, pues aunque la obra de Mill tuvo una gran difusión, se publicó cuando Darwin ya disponía de un ideario científico maduro. Además, en los puntos de desacuerdo entre Herschel y Whewel por una parte y Mill por la otra¹, Darwin siempre siguió a los primeros [Ruse, 1975 a]. Otros acontecimientos filosóficos de interés que ocurrieron durante ésta época, y que tuvieron su influencia en las concepciones científicas de Darwin y en el desarrollo de sus ideas evolucionistas, fueron las controversias provocadas por las ideas de Babbage y Quetelet y, sobre todo, la publicación, en 1844, de un libro muy provocador, tanto desde el punto de vista científico como desde el filosófico: *Vestiges of the natural history of Creation*, de Chambers. Nos ocupamos de todo ello en lo que sigue.

Filosofía de la ciencia de John F. W. Herschel

Hijo del famoso astrónomo William Herschel, y astrónomo él mismo, John Frederick William Herschel (1792-1871) fue un científico y filósofo de la ciencia con amplísimos intereses intelectuales. Junto con Babbage, introdujo en Cambridge las matemáticas más avanzadas de Europa; contribuyó de forma muy notable a la divulgación de la teoría ondulatoria de la luz; escribió sobre temas geológicos, cristalográficos y sobre magnetismo; fue uno de los innovadores de la técnica fotográfica; y naturalmente realizó importantes contribuciones a la astronomía, completó el mapa de las nebulosas del Norte e inició el levantamiento del mapa del Sur de la bóveda celeste.

A Herschel se le conoce también por su muy divulgado libro sobre la naturaleza de la ciencia, *A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (1831). Se basó en la física, especialmente en la astronomía newtoniana para establecer los cánones de la ciencia. Para Herschel el modelo de una teoría científica completa debía de adaptarse a lo que hoy conocemos como modelo *hipotético-deductivo*, un conjunto de axiomas a partir del cual se pueda deducir todo lo demás [Ruse, 1983; 1975]. En palabras del propio Herschel [citadas en Ruse, 1975 a]

... the whole of natural philosophy consists entirely of a series of inductive generalisations ... carried up to universal laws, or axioms, which comprehended in their statements every subordinate degree of generality, and of a corresponding series of inverted reasoning from generals to particulars, by which these axioms are traced back into their remotest consequences, and all particular propositions deduced from them ...

Los conjuntos de axiomas científicos se distinguen de otros conjuntos de axiomas, como, por ejemplo, los de la geometría, en que no son lógicamente necesarios. Tanto los axiomas como los teoremas derivados son leyes naturales que han de cumplirse de forma insoslayable [Herschel, 1831, 36; citado en Ruse, 1975 a]:

¹ Mill, al contrario que Herschel o Whewel, negaba que las explicaciones de fenómenos inesperados u hostiles a las teorías fueran buenos indicadores de verosimilitud.

Every law is a provision for cases which may occur, and has relation to an infinite number of cases that never have occurred, and never will.

Además, las mejores leyes son, como en la física, leyes cuantificables, puesto que proporcionan medidas exactas de las relaciones que establecen [Herschel, 1831, 168]:

In the verification of a law whose expression is *quantitative*, not only must its generality be established by the trial of it in as various circumstances as possible, but every such trial must be one of precise measurement.

Herschel distingue un nivel superior de leyes fundamentales y otro inferior, y derivado, de leyes empíricas. Por ejemplo, las tres leyes de la mecánica de Newton y su ley de la gravitación son un ejemplo de leyes del primer grupo, mientras que las leyes de Kepler lo son del segundo. Las leyes empíricas no explican realmente los hechos, sólo dan cuenta de las regularidades observadas en su ocurrencia. Son las leyes fundamentales las que nos proporcionan esas explicaciones al estar relacionadas con las causas de los fenómenos, causas generalmente inaccesibles a la observación. De esta forma, Herschel establece una clara distinción entre los conceptos observables (leyes empíricas) y los no observables (axiomas y leyes fundamentales) [Herschel, 1831, 193: citado en Ruse 1975]:

The agents employed by nature to act on material structures are invisible, and only to be traced by the effects they produce.

Desgraciadamente, Herschel no precisó su concepto de *causalidad*, parece que se refería a un fenómeno, la causa, que de alguna forma provocaba la ocurrencia de otro fenómeno, el efecto [Ruse, 1983]. La referencia causal debería, según Herschel, siempre que fuera posible a causas específicas, las *vera causae*. Pero, ¿qué certeza tenemos que la causa atribuida a un fenómeno sea su verdadera causa? La respuesta de Herschel era muy sencilla: debemos razonar de forma analógica [Herschel 1831, 149]:

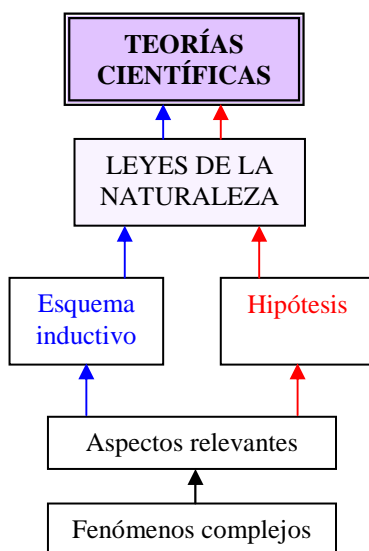


Figura 1. Patrón de descubrimiento de Herschel (modificado de Losee, 1987)

If the analogy of two phenomena be very close and striking, while, at the same time, the cause of one is very obvious, it becomes scarcely possible to refuse to admit the action of an analogous cause in the other, though not so obvious in itself.

Cuando mejor se confirman las leyes empíricas es cuando consiguen explicar hechos imprevistos, incluso hostiles con la teoría en el momento de su formulación [Herschel, 1831]:

The surest and best characteristic of a well founded and extensive induction, however, is when verifications of it spring up, as it were, spontaneously, into notice, from quarters where they might be least expected, or even among instances of that very kind which were at first considered hostile to them.

Otra de las grandes contribuciones de Herschel a la filosofía de la ciencia fue el establecimiento de una clara distinción entre el *contexto de descubrimiento* y el *contexto de justificación*. Acabamos de ver los aspectos

más relevantes del segundo. Del primero es conveniente destacar la insistencia de Herschel sobre la irrelevancia del procedimiento usado para formular una teoría, tanto valía el ascenso inductivo como las meras conjeturas con tal que sus consecuencias deductivas se vieran confirmadas por la observación (Figura 1)

La filosofía de la ciencia de William Whewel

El reverendo William Whewel (1794-1866) fue profesor de Mineralogía en el Trinity College, del que también fue director desde 1842. Aunque no fue un científico de talla, diversificó su conocimiento de una forma asombrosa: mineralogía, cristalografía, astronomía (mareología), geología, química, economía, etc. Escribió dos obras importantes sobre la filosofía de la ciencia: *History of the Inductive Sciences* publicada por primera vez en 1837 y *Philosophy of the Inductive Sciences* publicada en 1840. En ellas analizó la ciencia desde una perspectiva kantiana. Pensaba que era posible alcanzar el conocimiento científico basándose en necesidades lógicas impuestas por el pensamiento en lugar de por los datos experimentales.

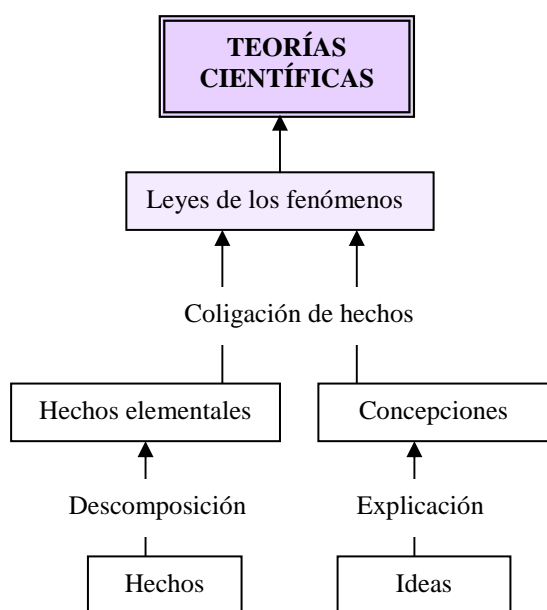


Figura 2. Patrón de descubrimiento de Whewell (modificado de Losee, 1987)

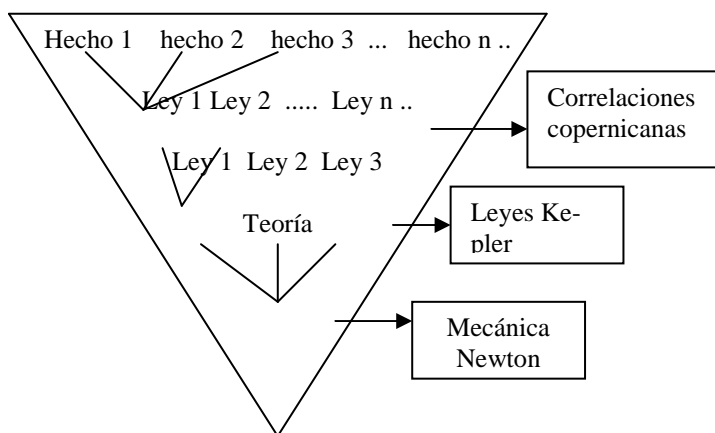
Para Whewel el "Hombre es el intérprete de la Naturaleza, y la ciencia la interpretación correcta", para él, el mundo no era una colección de hechos aleatorios sino un sistema que funciona ordenadamente bajo el gobierno de las leyes (como corresponde a la obra de Dios). Es tarea del hombre descubrir esas regularidades que son las leyes de la naturaleza, aunque esas leyes no pueden ser aprehendidas de una forma pasiva, sino que requieren un acto mental. La mente utiliza ciertas *Ideas Fundamentales* para estructurar la experiencia [citado en Ruse, 1976]:

... those inevitable general relations which are imposed upon our perceptions by acts of the mind, and which are different from anything our senses directly offer us.

Esto significa que en los descubrimientos científicos hay que hacer referencia, por una parte a los hechos y por la otra a ciertas ideas conceptuales, como las de *espacio*, *tiempo* o *causa*, para luego realizar las necesarias uniones entre ambas. Whewel denominaba a estos procesos *la descomposición de los hechos*, *las explicaciones conceptuales* y *la coligación de los hechos* (Figura 2). La primera acción debe ser la descomposición de las complejas apariencias que la naturaleza ofrece al hombre en hechos elementales, limitados y bien definidos. Paralelamente a esta descomposición de los hechos tenemos que desplegar la explicación de las concepciones [citado en Ruse, 1976]

The conceptions must be, as it were, carefully unfolded, so as to bring into clear view the elements of truth with which they are marked from their ideal origin.

Una distinción crucial que Whewel hacía entre las diferentes partes de la ciencia era



entre las *Leyes de los Fenómenos* y las *Teorías de las Causas* [Ruse, 1976]. Las primeras nos hablan de las cosas que ocurren, pero no de *porqué* ocurren, se trata de reglas que siguen los fenómenos naturales. Son las causas las que nos explican *porqué* las cosas tienen que ocurrir (Figura 3). Particularmente interesantes era un subgrupo de causas, las *vera causae* que Whewel situaba en el centro de una coligación de inducciones [citado en Ruse, 1976]:

Figura 3. Tabla inductiva de Whewell: pirámide invertida con los hechos concretos en la base y generalizaciones cada vez de mayor alcance hacia el vértice (Modificado de Losee, 1987).

When such a convergence of two trains of induction points to the same spot, we can no longer suspect that we are wrong. Such an accumulation of proof really persuades us that we have to do with a *vera causa*.

La confluencia de inducciones es una garantía de estar en lo cierto, afirmaba Whewel. Sobre todo si alguno de los hechos explicados no tenía nada que ver con los principios generales de la teoría o parecían incompatibles con la explicación. Whewel no descartaba que en el pasado hubiesen actuado causas distintas a las que lo hacen en la actualidad, no se adscribió al uniformismo de Lyell (véase más abajo). Tampoco descartaba las causas milagrosas, la intervención divina en la marcha del mundo después de la creación.

Herschel frente a Whewel

Las principales diferencias entre las concepciones de la ciencia de Herschel y Whewel eran más metafísicas que metodológicas [Ruse, 1983]. Tanto el empirismo de Herschel como el racionalismo kantiano de Whewel, tenían en el ideal newtoniano la referencia correcta que debería de seguir toda buena ciencia. Sin embargo, conviene destacar una diferencia metodológica entre ambos autores relacionada con la forma de confirmar la autenticidad de las causas. Mientras para Herschel eran suficientes las analogías (véase más arriba), en Whewel el elemento esencial era la coligación de inducciones, las causas ganaban verosimilitud a medida que lograban explicar un mayor número de hechos diferentes, e incluso inesperados. Una situación que también era considerada por Herschel (sobre todo después del éxito de Whewel en la explicación de la naturaleza ondulatoria de la luz), pero no como la única.

John Stuart Mill

Desde su publicación en 1843, el *System of Logic*, de J. S. Mill fue un texto muy conocido e influyente en los ambientes universitarios ingleses (fue libro de texto en Oxford). Mill era un filósofo más profundo que Herschel y que Whewel [Ruse, 1983], pero no era un científico como ellos, no se dirigía a la comunidad científica en sus mismos términos. Quizás por ello su papel en la génesis del darwinismo fue menos relevante (sin olvidar que en 1843 Darwin ya había concluido la parte más importante de su conceptualización científica). De todas formas su trabajo contribuyó a la aceptación general de la idea de que las leyes naturales gobiernan el mundo, incluyendo al propio hombre y a sus grupos sociales.

Ciencias físicas y ciencias naturales

Las concepciones lingüísticas, abstractas y formales que el hombre extrae de su experiencia con la naturaleza, han sido siempre mucho más manejables que la propia naturaleza, a la que, por ello, no hemos dejado de calificar de compleja. Las ciencias físicas, especialmente la mecánica y la astronomía, explican los fenómenos naturales que mejor se ajustan a dichas concepciones formales, de ahí su éxito y su madurez ya en el siglo XIX. Las ciencias naturales, por el contrario, tienen que dar cuenta de los objetos y de los procesos que peor se ajustan al formalismo conceptual, los que más "irregularidades" presentan. Eso explica su considerable retraso respecto al primer grupo de ciencias, y el hecho de que algunos autores dudaran de su viabilidad como ciencias al estilo de la mecánica. La situación se agrava con la consideración de los seres vivos. Su extraña naturaleza física [León 1996] fue el origen de una tensión histórica, iniciada en la época griega y aún no resuelta, entre las posiciones reduccionistas (mecanicistas) y no reduccionistas sobre la concepción de la vida.

En su *Crítica del juicio*, Kant realizó un profundo análisis de la naturaleza de los seres vivos [Kant, 1984; Andaluz, 1990]. Hizo una primera distinción entre los objetos organizados y los no organizados. En los primeros existe un propósito o finalidad que explica las relaciones de cada parte con todas las demás. Los seres vivos eran sistemas organizados de un tipo muy peculiar, en los que cada parte era medio y fin, causa y efecto de todas las demás. Eran, pues, propósitos naturales, fines en sí mismos. Alega después Kant que no hay ninguna razón para esperar que tales productos se formen en una naturaleza gobernada por las leyes de la mecánica, y lanzó, finalmente, su famoso desafío, según el cual la Biología nunca tendría su Newton capaz de explicar la producción de una simple brizna de hierba. El desafío continúa vigente, aunque en vías de solución [Wicken, 1985; 1987; Kauffman, 1993; 1995].

Babbage, Quetelet y la filosofía de la ciencia

Entre 1838 y 1842 se plantearon dos cuestiones interesantes para la filosofía de la ciencia que habían de favorecer la aceptación de las ideas evolucionistas. La primera de ella

fue defendida por el matemático de Cambridge, Charles Babbage (1792-1871), la segunda por el estadístico y sociólogo belga Adolphe Quetelet (1796-1874). Babbage demostró que podía operar con sus máquinas de tal forma que fueran capaces de producir una larga lista regular de números, por ejemplo del 1 al 100.000.001, para luego seguir con un número cualquiera que no seguía la serie, 110.110.111 por ejemplo en lugar de 100.000.002. Babbage razonó que las leyes divinas podían ser algo parecido: hechos que ocurren con manifiesta regularidad podrían ser seguidos por otros hechos anómalos e inesperados [Babbage 1838]. Incluso llegó a invertir el argumento clásico de la perfección regular para asegurar que mientras más anómalo fuera un hecho mejor quedaba demostrada la grandiosidad divina.

Por su parte, Quetelet fue el primero en aplicar la estadística a los fenómenos sociales y antropométricos. Naturalmente encontró regularidades, leyes que no se detectan a la escala del individuo pero que son inequívocas cuando se consideran grandes grupos [Quetelet, 1842]. Incluso la condición moral del hombre se ajustaba a estas regularidades. La conclusión fue inevitable, todo se ajusta a las leyes naturales, incluido el origen de las especies (*that mystery of mysteries*, como Herschel decía). El editor escocés R. Chambers quiso utilizar estas argumentaciones en sus famosos y provocadores *Vestiges* [Chambers, 1842] que, a su vez, vinieron muy bien en la preparación metodológica y estratégica de Darwin para defender su propia teoría de la evolución.

3. Formación científica y filosófica de C. Darwin

Charles Robert Darwin (1809-1882) nació en el centro de Inglaterra (Midlands), en el condado agrícola de Shrewsbury, y en el seno de una familia inmensamente rica y liberal [Ruse, 1983; Bowler, 1995]. Los Darwin eran médicos ricos y famosos, pertenecientes al ala más radical de los liberales (Whig). Los Wedgwood, familia materna y posteriormente política (Darwin se casó con su prima Emma Wedgwood), eran ceramistas igualmente ricos y famosos, y promotores de la revolución industrial. El joven Darwin, que nunca fue, ni necesitó ser, un estudiante destacado, sí manifestó muy pronto su pasión por la ciencia: coleccionaba minerales y hacía experimentos de química [Darwin, 1987]:

Hacia finales de mi estancia en la escuela, mi hermano se había dedicado a la química y había hecho un laboratorio aceptable, con los aparatos apropiados, en la caseta de herramientas del jardín, y se me permitió ayudarlo como asistente en la mayoría de sus experimentos.

Formación académica

Charles Darwin fue enviado a Edimburgo para seguir los estudios de medicina, siguiendo los pasos de su padre y de su hermano mayor. Aguantó dos años, las operaciones (que aún se realizaban sin anestesia) le revolvían el estómago y las clases le resultaban "*intolerablemente aburridas (excepto las de química de Hope)*". Durante su estancia en

Edimburgo asistió también a las clases de Geología y Zoología de Jameson, que también le parecieron "*increíblemente aburridas*". A propuesta de su padre, Robert Darwin (que irónicamente era ateo), acepta seguir los estudios eclesiásticos en la Universidad de Cambridge. Allí estuvo durante tres cursos académicos, aunque no se especializó en nada (tampoco lo intentó), sólo cursó materias generales: ciencias clásicas, teología y matemáticas. Darwin no tenía una buena opinión sobre su experiencia académica [Darwin, 1969, p 58]

Los tres años que estuve en Cambridge fueron una pérdida de tiempo desde el punto de vista académico, lo mismo que el tiempo que pasé en Edimburgo y en la escuela.

A pesar de ello, es en esta época en la que Darwin inicia su formación científica y filosófica, aunque de una manera no demasiado académica o reglada. Asiste, en efecto, a las conferencias voluntarias de Henslow sobre botánica, junto con Sedgwick y Whewel, inicia su colección de escarabajos a instancias de su primo W. Darwin Fox y, sobre todo, asiste a tertulias científicas y se relaciona con los principales hombres de ciencia de Cambridge.

Círculo de amistades, sus relaciones con científicos y filósofos

A pesar de los largos años en Down, Darwin no fue el típico genio solitario e indiferente al mundo. Por el contrario, mantuvo siempre un amplio círculo de amistades del que formaron parte los más importantes hombres de ciencia de su época. En su primera etapa de Cambridge conoció, entre otros, al botánico Henslow, decisivo en su formación y dedicación a las ciencias naturales; al geólogo Sedgwick, con el que realizó su primera gran excursión geológica; y al científico y filósofo de la ciencia Whewel. A su regreso del viaje del Beagle, Darwin se hizo muy amigo de varios miembros relevantes de la comunidad científica: Herschel, Lyell, Babbage, y Huxley. Durante la etapa de preparación de *El Origen de las especies*, Darwin creó un círculo de amigos íntimos que luego actuaron como valedores de su teoría: Hooker, Huxley y Lyell en Inglaterra (el último más por amistad que por convicción inicial), y Asa Gray en América; al mismo tiempo mantuvo una extensa red de conexiones con la práctica totalidad de los hombres de ciencia importantes de la última mitad del siglo XIX. Fue miembro de varias sociedades científicas, como la Geological Society y recibió, entre otros la prestigiosa Medalla Copley otorgada por la Royal Society. Era, pues, Darwin un científico bien relacionado e informado de las principales corrientes científicas y filosóficas.

Formación como naturalista

Como ya se ha indicado, Darwin empezó a interesarse por la ciencia en su etapa escolar de Shrewsbury. Aunque las matemáticas y la metafísica le causaban admiración, se interesó más por las ciencias naturales. Interés que no dejaría de aumentar a lo largo de su vida. Era un excelente observador y coleccionista de objetos naturales. Tenía buenos amigos entre los agricultores, ganaderos y criadores de animales domésticos.

Tanto en Edimburgo como en Cambridge, procuraba asistir a clases voluntarias en diferentes áreas de las ciencias naturales y a tertulias científicas, así como a múltiples excursiones al campo, donde tenía la oportunidad de ejercer su gran pasión de naturalista. Una de estas excursiones la realizó con el geólogo Sedgwick al país de Gales, poco antes de embarcarse en el Beagle. Fue una larga y provechosa excursión (un curso intensivo de geología aplicada) que despertó en Darwin un vivo interés por la geología. Los siguientes 5 años a bordo del Beagle fueron decisivos en su formación de naturalista. Tanto por su actividad práctica (levantamiento de mapas, recogida de muestras, etc.) como por el "*estudio cuidadoso*" de la revolucionaria obra de Lyell *Principles of Geology* (véase más abajo).

A su regreso a Inglaterra, Darwin se consideraba a sí mismo, y era considerado también por los demás, como un geólogo. A partir de entonces se interesó y trabajó en varios temas geológicos y biológicos. Especialmente con las colecciones traídas a bordo del Beagle, de las que se hicieron cargo los más importantes especialistas (R. Owen, J. Gould, L. Jenyns, G. R. Waterhouse y T. Bell), y en la publicación de sus investigaciones geológicas sobre los arrecifes. Antes de atreverse a publicar *El Origen*, realizó un excelente y exhaustivo trabajo sobre los cirrípedos. Algunos autores [Ruse, 1983] ven en el trabajo sobre los cirrípedos la voluntad de Darwin de ganarse la confianza de sus colegas.

La influencia de Lyell

El escocés Charles Lyell (1797-1875) estudió abogacía en Oxford, aunque acabó siendo profesor de geología en el King College de Londres. Considerado como el fundador de la geología moderna, dedicó buena parte de su vida a la corrección y puesta al día de su importante e influyente obra *Principles of Geology* [Lyell, 1830-33]. Frente al catastrofismo dominante, Lyell propuso una nueva geología basada en los principios del uniformismo (Tabla 1). Cuando el joven Darwin embarcó a bordo del Beagle (1831) era un fijista y un catastrofista convencido. Pero la lectura del libro de Lyell (que realizó durante esa etapa de su vida) tuvo un efecto fulminante en sus convicciones: se convenció totalmente de las tesis uniformistas. Tesis que incluso creyó ver confirmadas con sus observaciones sobre la geología de las costas suramericanas. Tesis que le sirvieron también para aplicar el modelo hipotético deductivo a la formación de los arrecifes (véase más abajo). A su regreso del periplo americano, Darwin entabló una gran amistad con Lyell, cuyas convicciones antievolucionistas fueron perdiendo fuerza con los años. En todo caso siempre defendió la calidad del trabajo de su gran amigo Darwin.

Concepto	Uniformismo	Catastrofismo
(1) Aspecto teológico de las causas.	(a) Causas siempre naturales (b) Causas naturales con algunas intervenciones divinas ocasionales.	(c) Intervenciones divinas siempre.
(2) Causas a través del tiempo geológico.	(a) Las mismas causas (leyes físicas) siempre.	(b) Causas diferentes operaron a lo largo de los tiempos.
(3) Intensidad de las fuerzas causales.	(a) Siempre con la misma intensidad que en la actualidad.	(b) Irregular, variando con los tiempos geológicos. (c) Estacionariamente decrecientes con los tiempos geológicos.
(4) Causas configurativas.	(a) Las mismas en todos los tiempos.	(b) Diferentes en los primeros periodos geológicos.
(5) Ritmo de los cambios	(a) La mayoría graduales, sólo algunos cambios drásticos.	(b) La mayoría de los cambios son cataclísmicos.
(5) Cambio direccional del mundo.	(a) Rechazado. El mundo siempre está en un estado estacionario.	(b) Sí.

Tabla 1. Componentes del uniformismo (modificada de Mayr, 1982)

4. Darwin y la filosofía

Hacia 1838, el joven Darwin era ya un científico muy profesional y apasionado de su trabajo. Tenía un verdadero interés en conocer la naturaleza de la ciencia, y un interés no menor en presentar sus trabajos científicos de la forma más correcta posible. Con el paso del tiempo, y mientras preparaba la presentación de sus ideas evolucionistas, aumentó su preocupación por hacer las cosas del modo correcto. Tenía que conseguir que sus revolucionarias propuestas fueran tomadas en serio por sus colegas científicos. Si habían de rechazar su controvertida teoría de la evolución no sería por falta de formalismo. Buscó principalmente en Herschel y en Whewel los cánones de la buena ciencia.

La influencia de Herschel y de Whewel

A pesar de las diferencias metafísicas en la concepción de la ciencia entre el empirista Herschel y el kantiano Whewel, ambos autores tenían propuestas similares en relación con la metodología científica. Ellos, como casi todos los científicos de su época, asumían el ideal newtoniano de ciencia. Darwin que conoce y admira a ambos, los sigue en

este terreno, así escribe en el verano de 1837 [citado en Ruse, 1983, del cuaderno de notas B, p. 101-2]

Los astrónomos podía decir en el pasado que Dios mantenía cada planeta en una órbita determinada. Del mismo modo se puede asegurar que Dios crea cada animal con una forma determinada en un medio concreto; pero es mucho más sencillo y sublime dejar que actúe una fuerza de atracción de acuerdo con una ley gravitatoria a partir de la cual se deduzcan irreductiblemente las distintas órbitas; también lo es crear animales y luego mediante las leyes permanentes de la generación deducir inequívocamente la naturaleza de la descendencia. Si contemplamos ciertos hábitos migratorios podemos deducir la variación de las formas existentes de un medio a otro. Asimismo, si los cambios geológicos ocurren de un modo determinado, se deducirá un determinado número y distribución de las especies existentes.

Poco antes de embarcar en el Beagle, Darwin leyó el recién publicado *Preliminary Discourse* de Herschel. Este libro, junto con el de viajes de Alexander von Humboldt le hicieron tomar la decisión de dedicar toda su vida a la ciencia [Darwin, 1987]. A finales de 1838, leía por segunda vez el libro de Herschel y estudiaba con toda atención, y por segunda vez también, la *History of Inductive Sciences* de Whewel. Estaba decidido a presentar su teoría de la forma más newtoniana posible y a anticiparse a las críticas que pudieran hacerle. Como ya hemos visto, aunque Herschel y Whewel estaban de acuerdo en la misma metodología, mantenían diferencias respecto a los procedimientos de confirmación de las *vera causa*: para Herschel lo más importante eran los argumentos análogos basados en la experiencia; para Whewel la confluencia de inducciones. Darwin se esforzó por satisfacer ambos criterios.

La influencia de Herschel puede verse en el uso de la analogía que Darwin hizo entre la selección artificial y la selección natural. Según se desprende de sus cuadernos de notas, esta analogía no desempeñó un papel tan importante, como el propio Darwin llegó a pensar con posterioridad, en la gestación inicial de su teoría. Incluso había argumentos para no tenerla en cuenta (la idea comúnmente aceptada era que la selección artificial no producía nuevas especies sino cambios reversibles, y que cada variedad procedía de un antepasado distinto). Pero después de estudiar cuidadosamente a Herschel, Darwin decidió utilizar dicha analogía, deseaba presentar la selección natural como una *vera causa* acorde con el concepto de Herschel. Le causaba una gran satisfacción ver que era posible concebir una analogía tan perfecta entre la selección artificial y la selección natural. En el cuaderno E, página 71 se puede leer [citado en Ruse, 1983]:

Una parte hermosa de mi teoría es que precisamente las razas domésticas se forman de la misma manera que las especies

Y en el mismo cuaderno, página 118

Las variedades se forman de dos maneras -las variedades locales aparecen cuando todo un grupo de especies se somete a unas mismas circunstancias; esto ocurriría al pasar de un medio a otro, pero el caballo de carreras "greyhound" y la paloma "poulter" no se han producido de esta manera, sino por métodos artificiales, cruzando y manteniendo la raza pura-, del mismo modo en las plantas, en la práctica la descendencia se separa y no se permiten cruces -¿emplea la naturaleza un proceso análogo?--; si es así, pueden conseguirse importantes resultados... Proponer mi teoría, una teoría verdaderamente excelente.

Herschel argumentaba que "si la analogía entre dos fenómenos es muy precisa y clara, mientras, al mismo tiempo, la causa de uno es muy obvia, es prácticamente imposible negar que el otro fenómeno ocurre por una causa análoga a la primera". De ahí que

Darwin planteara la cuestión de la selección natural en los siguientes términos: nosotros percibimos y causamos un fenómeno, la selección artificial, y eso es la mejor prueba para explicar otro fenómeno análogo: la selección natural. A partir de entonces se dedicó a estudiar a fondo la cría de animales y plantas domésticas. Luego sustituiría la selección artificial por la diversidad natural y la lucha por la existencia. Y a partir de ahí deduciría un mecanismo evolutivo: la selección sexual.

La confluencia de inducciones de Whewel fue también utilizada por Darwin para legitimar su teoría. Darwin se esforzó por demostrar que la selección natural podía explicar numerosos hechos de muy diversa índole: secuencias de fósiles, comportamiento de los organismos, distribución biogeográfica, anatomía, sistemática, embriología etc. Justo lo que se ha de exigir, de acuerdo con Whewel, a una buena teoría.

La influencia de Malthus

Se ha discutido mucho la razón por la que Darwin tuvo una reacción tan positiva ante la lectura, en 1838, del libro de Malthus *An essay on the principle of population* [Malthus, 1826]. No olvidemos que Darwin ya conocía el concepto lucha por la existencia, pues había leído los *Principles* de Lyell, donde se analiza detalladamente la cuestión. Además, Darwin llegó a conclusiones distintas a las de Malthus. Para él, la lucha por la existencia era un agente de cambio mientras que para Malthus no lo era.

Puede ser que la lectura de Malthus le sirviera por un doble motivo. Por una parte, Malthus centraba en el hombre la lucha por la existencia, y esto pudo servir a Darwin para centrarse en las interacciones intraespecíficas y pensar en las poblaciones naturales como las elementos básicos de la evolución. Por la otra, y esta puede ser la razón principal de su reacción positiva, Malthus presentaba deductivamente sus ideas y llegaba a una ley natural cuantitativa: el crecimiento lineal de los alimentos frente al crecimiento exponencial de la población. Es lo que Darwin necesitaba en su afán de dotar a su teoría de una estructura newtoniana. Después de leer a Malthus, Darwin podía pensar en la lucha por la existencia como en una fuerza inevitable que continuamente empujaba a los organismos por todos los espacios disponibles.

Otras influencias filosóficas

Como ya se ha señalado, Herschel y Whewel fueron los autores que más influyeron en la filosofía de la ciencia de Darwin. Pero no fueron los únicos, aunque los demás no lo hicieran de una forma tan directa y profunda. Así, por ejemplo, en agosto de 1838 Darwin leyó una reseña de Brewster sobre el *Cours de philosophie positive* de Comte. Este escrito le sirvió para confirmar su "newtonismo", en él debió de aprender el carácter positivo de la ciencia, que debe de "*considerar a todos los fenómenos como si estuvieran sujetos a leyes naturales invariables*".

5. Una teoría científica correcta: el origen de los arrecifes de Coral

La primera ocasión que tuvo Darwin de establecer una teoría científica, fue durante su inspección de las costas sudamericanas. Allí pudo comprobar que el contenido en conchas marinas de los diferentes grupos de sedimentos variaba, de tal forma que las conchas superiores eran las más parecidas a las de la playa. De ahí dedujo un levantamiento progresivo de Sudamérica. Y de estos movimientos verticales de la corteza pudo deducir una teoría sobre la formación de los arrecifes. Según esta teoría los arrecifes se formaban, no sobre volcanes como proponía Lyell, sino sobre zonas sometidas a hundimientos (y en algunos casos especiales a levantamientos) graduales. Pudo comprobar de forma brillante sus predicciones, comparando los áreas de distribución de los arrecifes con las sometidas a levantamientos y hundimientos. Pudo demostrar también que los volcanes activos se encontraban en las zonas sometidas a levantamientos.

6. Una teoría científica errónea: las cañadas de Glen Roy

Dos años después de su regreso del viaje del Beagle, Darwin realizó otro trabajo geológico importante, proponiendo una teoría que explicaba la formación de las cañadas de Glen Roy (una especie de terrazas o escalones paralelos con sus correspondientes vaguadas situados en los flancos de Glen Roy, en Escocia). Razonando de forma similar a como lo hizo con los arrecifes, Darwin propuso un origen marino de las cañadas, los diferentes niveles y la situación actual eran una consecuencia del levantamiento gradual de esa parte de Escocia. Aunque Darwin demostró una gran imaginación geológica en este caso, no dio con la hipótesis correcta. En efecto, poco después de publicarse el trabajo de Darwin, Louis Agassiz demostró el origen lacustre y glacial de las cañadas. Darwin escribiría más tarde, sin razón, que se sentía avergonzado por este trabajo

7. Crítica filosófica de los "Vestiges"

En el año 1844 se publicó, de forma anónima, el libro *Vestiges of the natural history of Creation*, que pretendía explicar en términos científicos el origen de los distintos grupos de organismos. El libro, cuyo autor era el editor escocés R. Chambers, fue criticado de forma muy dura, tanto por su contenido como por sus pretensiones científicas. Porque, en efecto, pretendía ser la versión biológica de la mecánica de Newton. Proponía su autor una ley, a la que denominó *ley del desarrollo* (que equiparó con la ley de la gravitación universal), según la cual diferentes interrupciones o alargamientos del desarrollo embrionario habrían dado lugar a la aparición de las diferentes especies. Las argumentaciones de Quetelet le permitieron apoyar sus analogías con la física, lo mismo que la utilización que hizo del descubrimiento de Babbage (véase más arriba).

Sus críticos, sin embargo, mantenían que aunque los seres vivos estuvieran sujetos a leyes naturales, de ahí no se podía deducir la realidad de la evolución. Las leyes explican el funcionamiento de las cosas pero no aclaran en absoluto sus orígenes. Herschel mostró que en la teoría de Chambers no existía una *vera causa* para la formación de las

nuevas especies. En todo caso, argüía Herschel, Chambers podía haber descubierto un fenómeno, pero no una explicación del mismo. La explicación del origen de los organismos que proporcionaba Chambers era tan convincente, según sus críticos, como la que resulta de invocar milagros. A Darwin le vino muy bien la publicación de los *Vestiges* y la virulenta crítica que suscitó. Se convenció aún más de la necesidad de ajustarse a los cánones científicos. Y pudo preparar un catálogo de críticas con sus correspondientes respuestas para su propia teoría de la evolución.

8. Estructura de *El origen de las especies*

Aunque la bibliografía de Darwin es muy extensa, sólo dedicó un libro (exceptuando la breve comunicación que leyó junto a Wallace en la Linnean Society) *El origen de las especies*, a presentar y debatir su teoría de la evolución. Hubo otras publicaciones posteriores de contenido evolucionista, como *El origen del hombre* [Darwin, 1989] pero fueron dedicados a aspectos y aplicaciones concretas de su teoría. Para entender la estructura científica de la teoría de la evolución de Darwin hay que referirse, pues, a su famoso *Origen*. Conviene, pues, analizar la estructura del libro tratando de comprender los motivos por los que Darwin la eligió. Por desgracia Darwin no declaró explícitamente cuáles fueron esas intenciones. O bien las consideró obvias, o bien no quiso añadir nuevos elementos de debate a sus ya controvertidas propuestas. Tampoco hay acuerdo entre los autores posteriores que han estudiado el *Origen*. La obra se suele dividir en tres partes, los capítulos preliminares (I a III), el núcleo central (Cap. IV), las argumentaciones (Cap. V-XIV), y la recapitulación final (Cap. XV). En lo que sigue se analizará de forma breve el contenido de cada una de esas partes.

Capítulos preliminares

Tras una introducción, en la que se realiza un breve bosquejo histórico de las ideas evolucionistas, vienen los tres primeros capítulos que Darwin tituló de la siguiente forma:

Capítulo I: Variaciones en estado doméstico.

Capítulo II: Variación en la naturaleza.

Capítulo III: Lucha por la existencia

Se ha discutido mucho sobre las intenciones de Darwin al configurar de esta manera la primera parte de su libro. Es posible que lo hiciera para ayudar al lector a comprender la selección natural que se expone en el capítulo siguiente. Pero parece más probable otra intención, la de proporcionar una base analógica a su discusión. En efecto, ya se ha indicado que la inclusión de la selección artificial en la presentación de su teoría ni era necesaria ni conveniente. Pero Darwin quiso incluirla para mostrar que la selección natural se adaptaba al modelo de *vera causa* de Herschel (véase más arriba).

Núcleo Central

La selección natural se define, y su necesidad se deduce, en el capítulo IV, titulado *Selección natural, o la supervivencia de los más adecuados*. En el primer párrafo del resumen de este capítulo (página 179), Darwin reúne las argumentaciones de los tres capítulos anteriores para deducir finalmente lo que él llama principio de la selección natural. Se puede decir que en ese párrafo (uno de los más citados por los estudiosos de Darwin) quedan establecidos los fundamentos de su teoría de la evolución orgánica. Algunos autores echan de menos una exposición más formal de las argumentaciones [Ruse, 1975 b], aunque es bastante probable que Darwin no lo considerara necesario (véase más abajo).

Argumentaciones a favor y en contra de la selección natural

Los diez capítulos siguientes, desde el V al XIV, casi un 70% del libro, constituyen una larga argumentación -todo el libro lo es, en palabras del propio Darwin- en defensa de la teoría de la selección natural. En los capítulos V al VII se exponen las principales objeciones que, según su autor, podrían hacerse a la selección natural. Consigue responder a la mayor parte de ellas, y admite la dificultad de responder a otras. A continuación, capítulos VIII al XIV, Darwin expresa su satisfacción al comprobar que su teoría consigue explicar hechos de naturaleza muy diferente: paleontológica, embriológica, biogeográfica, etc. Esta capacidad explicativa legítima, según su autor (que aquí sigue a Whewel), la naturaleza de la selección natural como *vera causa* responsable de la evolución orgánica

Recapitulación final

En el último capítulo resume los argumentos en contra y a favor de la teoría y repite, en las consideraciones finales, la argumentación básica de la que se deduce la selección natural. Acaba admirándose de la belleza del mundo orgánico, gobernado por un principio tan sencillo como el de la selección natural. El final es muy significativo desde el punto de vista de sus intenciones científicas, pues reúne en sus últimas palabras la ley de la gravitación universal dirigiendo los giros del planeta y la ley de la selección natural gobernando la evolución de la biosfera [Darwin, 1958, p. 459]

There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed by the Creator in a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms beautiful and most wonderful have been, and are being evolved.

9. Estilo argumental de *El Origen*

El recuento informático del vocabulario de *El Origen* da 92 usos de la palabra "analogy" (y de sus derivados). Es un dato indicativo de la abrumadora mayoría de razonamientos analógicos utilizados por Darwin. Le siguen en importancia numérica los razonamientos inductivos y, a gran distancia, los deductivos. Son, por el contrario, muy escasos los razonamientos numéricos y los razonamientos abstractos (apenas en un par de ocasiones los utiliza Darwin). Están ausentes por completo los razonamientos estadísticos (basados en medidas estadísticas). Un tipo muy peculiar de razonamiento deductivo utilizado por Darwin recuerda al tipo de *reducción al absurdo*, en él invierte los términos de su argumentación de tal forma que la conclusión resulta absurda (véase la estructura científica de la teoría, más abajo). Un hecho muy destacable de *El Origen* es la formidable documentación práctica utilizada por Darwin en apoyo de su teoría. En este sentido muy pocos textos científicos pueden ponerse a su altura.

10. Estructura científica de la teoría de la evolución de Darwin

Mientras algunos autores han sugerido que la teoría de Darwin se adapta completamente al sistema hipotético deductivo (por ejemplo Flew, 1959, Crombie, 1960; Bunge, 1967), otros afirman lo contrario (por ejemplo Manser, 1965; Barker, 1969). Más reciente es la opinión de otros autores que mantienen una posición intermedia. Entre ellos M. Ruse, uno de los mejores especialistas contemporáneos en Darwin. Para él (Ruse, 1975 b) la teoría de Darwin puede ser interpretada en términos del sistema hipotético deductivo, pero no se adapta completamente a dicho sistema. Aunque los argumentos de Darwin no sean rigurosamente deductivos, se pueden reconstruir fácilmente de forma que sí lo sean. Ruse propone la siguiente reconstrucción del núcleo central de la teoría. Primero, la lucha por la existencia se podría haber deducido de la siguiente manera:

Premisa i: Los seres vivos tienden a incrementar su número con una tasa elevada (geométrica).

Premisa ii: Si los seres vivos aumentan con una tasa elevada, entonces o debe de existir una lucha por la existencia o el número de organismos crece de forma ilimitada.

Premisa iii: Si el número de organismos crece ilimitadamente entonces el mundo ha de tener un espacio ilimitado.

Premisa iv: El mundo no dispone de un espacio ilimitado.

Conclusión: Hay lucha por la existencia.

De forma análoga, la selección natural se podría haber deducido como sigue:

Premisa i: Existe lucha por la vida.

Premisa ii: Algunos organismos presentan variaciones útiles heredables.

Premisa iii: Algunos organismos presentan variaciones perjudiciales heredables

Premisa iv: Si hay lucha por la vida y si algunos organismos presentan variaciones útiles heredables y si algunos organismos presentan variaciones perjudiciales heredables, entonces los organismos con variaciones útiles heredables tienen más oportunidades de sobrevivir y reproducirse que los que tienen variaciones perjudiciales heredables.

Conclusión: Los organismos que presentan variaciones útiles heredables tienen mayores oportunidades para sobrevivir y reproducirse que los organismos que presentan variaciones perjudiciales heredables.

Las relaciones inductivas y deductivas entre los diferentes elementos de la teoría quedan reflejadas, según Ruse, en la Figura 4

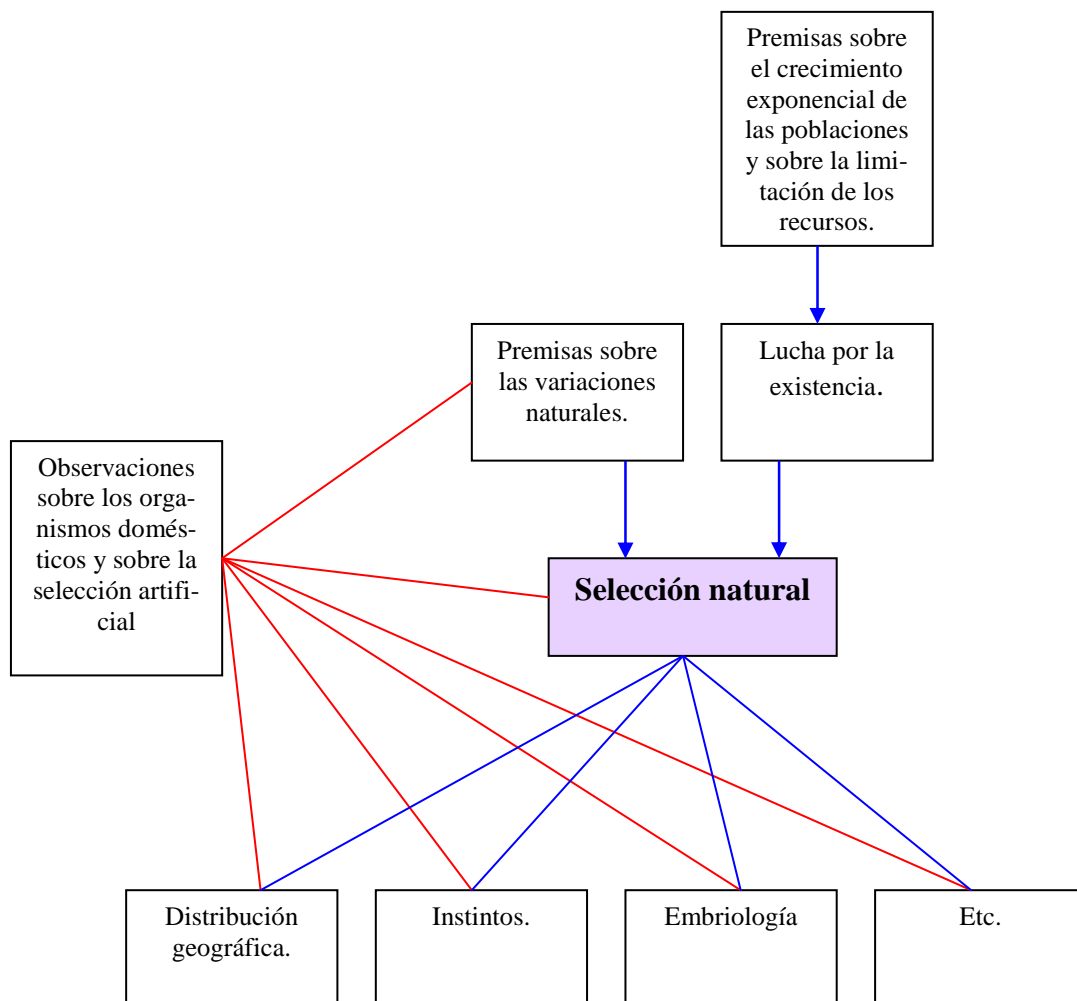


Figura 4. Estructura científica de la teoría de la evolución de Darwin. En rojo los enlaces inductivos, en azul los deductivos. (modificado de Ruse, 1975)

Pero, tal vez Darwin no creyera necesaria hacer explícitas tales relaciones, ni expresarse en los términos deductivos indicados más arriba. En el ya mencionado resumen del capítulo IV, Darwin se expresa de la siguiente manera [Darwin, 19

Si en condiciones variables de vida los seres orgánicos presentan diferencias individuales en casi todas las partes de su estructura –y esto es indiscutible-; Si hay, debido a su progresión geométrica, una rigurosa lucha por la vida en alguna edad, estación o año –y esto es ciertamente indiscutible-; considerando entonces la complejidad infinita de las relaciones de los seres orgánicos entre sí y con sus condiciones de vida, que hacen que sean ventajoso para ellos una infinita diversidad de estructuras, constitución y costumbres, sería un hecho, el más extraordinario, que no se hubiesen presentado nunca variaciones útiles a las prosperidad de cada ser, ..., los individuos caracterizados de este modo tendrán seguramente las mayores probabilidades de conservarse en la lucha por la vida y, por el poderoso principio de la herencia, tenderán a producir descendientes con caracteres semejantes. A este principio de conservación o supervivencia de los más adecuados lo he llamado *selección natural*. Conduce este principio al perfeccionamiento de cada ser en relación con sus condiciones de vida orgánica e inorgánica y, por consiguiente, en la mayor parte de los casos, a lo que puede ser considerado como un progreso en la organización.

Es inmediato reconocer en este texto la estructura de la argumentación que está basada en dos reglas o leyes inductivas de las que extrae una conclusión, a la que llamó principio de la selección natural. La primera ley expresa la variabilidad de los seres vivos:

Si en condiciones variables de vida los seres orgánicos presentan diferencias individuales en casi todas las partes de su estructura –y esto es indiscutible.

Nótese la manera con la que Darwin presenta una conclusión inductiva: "*y esto es indiscutible*". La segunda ley expresa la inevitable lucha por la existencia:

Si hay, debido a su progresión geométrica, una rigurosa lucha por la vida en alguna edad, estación o año –y esto es ciertamente indiscutible.

De estas dos leyes extrae su conclusión:

... sería un hecho, el más extraordinario, que no se hubiesen presentado nunca variaciones útiles a las prosperidad de cada ser, ..., los individuos caracterizados de este modo tendrán seguramente las mayores probabilidades de conservarse en la lucha por la vida y, por el poderoso principio de la herencia, tenderán a producir descendientes con caracteres semejantes. A este principio de conservación o supervivencia de los más adecuados lo he llamado *selección natural*.

La primera ley –de las variaciones orgánicas- se establece por analogía con las variaciones en los animales y en las plantas domésticas (Capítulo I), y por inducción basada en la observación de la diversidad orgánica en la naturaleza (Capítulo II). La segunda ley –la lucha por la existencia- tiene como base inductiva la observación de las tasas de reproducción de los seres vivos y la disponibilidad de recursos (habitación y alimento). De acuerdo con Malthus, establece un crecimiento exponencial de los organismos frente a un aumento simplemente aritmético de los recursos. De esta situación surge, de forma inevitable, la lucha por la existencia (Capítulo III).

El núcleo de la teoría de Darwin parece ajustarse, pues, a los cánones del ideal científico del siglo XIX: extracción inductiva de reglas de las que deduce formalmente una conclusión o principio general. Como ya se ha indicado, el resto del libro es un formidable debate multidisciplinar con argumentos a favor y en contra de la teoría de la selección natural (o de la descendencia con modificación, como tal vez le hubiera gustado más a

Darwin que su teoría fuese conocida). Por otra parte, se da cuenta de la gran variedad de hechos tan distintos (biogeográficos, morfológicos, sistemáticos, embriológicos, etológicos, geológicos, etc.) que su teoría consigue explicar, lo que, de acuerdo con W. Whewel (confluencia de inducciones), es un buen síntoma de la calidad científica de la teoría (p. 563):

Difícilmente puede admitirse que una teoría falsa explique de un modo tan satisfactorio, como lo hace la teoría de la selección natural, las diferentes y extensas clases de hechos antes indicados.

11. El método científico de Darwin frente al de Buffon y Lamarck

Para una mejor valoración de la metodología científica de Darwin es interesante compararla con la de otros evolucionistas de la época (en sentido amplio). Aunque muchos autores se ocuparon de la mutabilidad orgánica, la mayoría de ellos lo hicieron de forma circunstancial y, desde luego, no puede decirse que llegaron a construir una teoría de la evolución. Sólo Lamarck (1744-1788) y Darwin lo hicieron, aunque Buffon (1707-1788) fue el primero en plantear en términos científicos la posibilidad de la evolución, posibilidad que él mismo rechazó [Buffon, 1997]. Los tres autores se declaran newtonianos, pero sólo de Darwin puede decirse que intentara ser fiel a sus convicciones. En efecto, las obras de Buffon y de Lamarck son mucho más especulativas y mucho menos consistentes que la de Darwin. No hay en ellas ninguna intención de construir una teoría científica consistente con el modelo newtoniano, lo contrario que ocurre con *El Origen de las especies* de Darwin.

12. Conclusiones

Charles Darwin era consciente del carácter controvertido de su teoría de la evolución orgánica. Conocía las virulentas críticas que un intento previo -el de Chambers- habían provocado. Parece razonable, pues, que preparase meticulosamente la presentación de sus ideas evolucionistas. Era, además, un científico bien informado y bien relacionado, con numerosos amigos dentro de la comunidad científica. Entre ellos Herschel y Whewel, que escribieron las obras más influyentes de su época sobre la filosofía de la ciencia. Darwin estudió con detenimiento esas obras y decidió ajustar su teoría a los patrones científicos establecidos en ellas. La selección natural es presentada, en efecto, como una vera causa que se confirma tanto con argumentaciones analógicas (al estilo de Herschel) como a través de la confluencia de inducciones (al estilo de Whewel). En el primer párrafo del resumen del capítulo IV, Darwin expresa la argumentación central de su teoría. En mi opinión, lo hace de una forma suficientemente clara y rigurosa, y en ella puede reconocerse con relativa facilidad su ajuste al sistema hipotético deductivo. Tal vez hubiera sido mejor que se hubiese expresado mediante una secuencia de premisas y conclusiones, al estilo de Ruse, pero ese no era (ni es) el estilo habitual de las publicaciones científicas en el área de las ciencias naturales.

Bibliografía utilizada y referenciada

- Andaluz Romanillos, A. M. 1990. *La finalidad de la naturaleza en Kant*. Salamanca: Publicaciones de la Universidad Pontificia.
- Babbage, C. 1838. *Ninth Birdgewater Treatise*. Londres: Murray.
- Barker, A. D. 1969. An Approach to the Theory of Natural Selection. *Philosophy* **44**, 271-290
- Bowler, P. J. 1995. *Charles Darwin: el hombre y su influencia*. Madrid: Alianza.
- Bunge, M. 1967. *Scientific Research*. New York: Springer Verlag.
- Buffon, G. L. L. 1997. *Las épocas de la naturaleza*. Madrid: Alianza.
- Chambers, R. 1844. *Vestiges of the natural history of Creation*. Londres: Churchill.
- Crombie, A. C. 1960. Darwin Scientific Method. Actes IX Cong. Int. Hist. Sci. (Barcelona) **1**, 324-362.
- Darwin, C. R. 1958. *The origin of species*. New York: Penguin Books.
- Darwin, C. R. 1969. *Autobiography*. New York: Norton.
- Darwin, C. R. 1987. *Autobiografía*. Barcelona: Alta Fulla.
- Darwin, C. R. 1988. *El origen de las especies*. Madrid: Espasa Calpe
- Darwin, C. R. 1989. *El origen del hombre*. Madrid: Edaf.
- Flew, A. G. N. 1959. The Structure of Darwinism. *New Biology* **28**, 18-34.
- Herschel, J. F. W. 1831. *Preliminary discourse on the study of natural philosophy*. Londres: Longman.
- Kant, I. 1984. *Crítica del Juicio*. Madrid: Espasa Calpe.
- Kauffman, S. A. 1993. *The origin of order. Self Organization and Selection in Evolution*. New York: Oxford University Press.
- Kauffman, S. A. 1995. *At Home in the Universe*. New York: Oxford University Press.
- Lamarck, J. B. M. 1986. *Filosofía zoológica*. Barcelona: Alta Fulla.
- León, A. 1996. Living beings as informed systems: towards a physical theory of information. *J. Biol. Sys.* **4**, 565-584.
- Losee, H. 1987. *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza.
- Lyell, C. 1830-33. *The principles of geology*. Londres: John Murray.

- Malthus, T. R. 1826. *An essay on the principle of population*. Londres: Murray.
- Manser, A. R. 1965. The Concept of Evolution. *Philosophy* **40**, 18-34.
- Mayr, E. 1982. *The Growth of Biological Thought*. Cambridge: Harvard University Press
- Mill, J. S. 1843. *System of Logic*. Londres: Longman.
- Quetelet, M. A. 1842. *Treatise on man*. Edimburgo: Chambers.
- Ruse, M. 1975 a. Darwin debt to philosophy: an examination of the influence of the philosophical ideas of John F. W. Herschel and William Whewel on the development of Charles Darwin's theory of evolution. *Stud. Hist. Phil. Sci.* **2**, 159-257
- Ruse, M. 1975 b. Charles Darwin's Theory of Evolution. *J. Hist. Biol.* **8**, 219-241.
- Ruse, M. 1976. The Scientific Methodology of William Whewel. *Centaurus*, **3**, 227-257.
- Ruse, M. 1983. *La revolución darwinista*. Madrid: Alianza.
- Vorzimmer, P. 1969. Darwin, Malthus and the theory of natural selection. *J. Hist. Ideas* **30**, 527-542.
- Whewel, W. 1837. *History of the inductive sciences*. Londres, Parker.
- Wicken, J. S. 1985. Thermodynamics and the Conceptual Structure of Evolutionary Theory. *J. Theor. Biol.* **117**, 363-383.
- Wicken, J. S. 1987. *Evolution, Thermodynamics and Information*. New York: Oxford University Press.