

ENTRE JOHN HERSCHEL Y CHARLES LYELL: LOS COMPROMISOS METODOLÓGICOS Y TEÓRICOS EN LA GEOLOGÍA DE DARWIN¹

JOSÉ LUIS GONZÁLEZ RECIO
Universidad Complutense de Madrid

Resumen

En 1849 fue publicado el *Manual of Scietific Enquiry* dirigido por John W. Herschel. Al hacerse el reparto de los capítulos, Darwin había sido encargado de escribir el que versaba sobre geología. No obstante, la influencia de Herschel y también de Lyell sobre Darwin comenzó con anterioridad. En efecto, la lectura del *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* de Herschel y de los *Principles of Geology* de Lyell fue extremadamente importante en el desarrollo intelectual experimentado por Darwin. Sin embargo, en ninguna otra obra puede apreciarse esta doble influencia con tanta claridad como en el *Manual of Scientific Enquiry*. Dentro de ella, son armonizados de manera perfecta los principios metodológicos propuestos por Herschel y las claves teóricas de la geología avaladas por Lyell. El presente trabajo procura explicar en qué consistió la aportación de Darwin y cómo contemplaba en ella los fundamentos de una geología que debía superar la mera descripción y la observación, para convertirse en una auténtica ciencia teórica.

Abstract

The *Manual of Scientific Inquiry* led by John W. Herschel was published in 1849. When the chapters were distributed, Darwin had been commissioned to write the one devoted to Geology. Nevertheless, the influence of Herschel and also of Lyell on Darwin had begun much earlier. In fact, reading Herschel's *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* and Lyell's *Principles of Geology* had been extremely important in the intellectual development experienced by Darwin. However, no other work can show this double influence as clearly as the *Manual of Scientific Inquiry*. The methodological principles proposed by Herschel and the theoretical Geology backed by Lyell are perfectly harmonized within it. This paper seeks to explain how Darwin's contribution contemplated the foundations of a geology that should exceed the mere description and observation to become a genuine theoretical science.

Palabras clave: Charles Darwin, John W. Herschel, Charles Lyell, Geología, Siglo XIX, *vera causa*, método científico, catastrofismo, uniformismo, observación, hipótesis, explicación, abducción.

Keywords: Charles Darwin, John W. Herschel, Charles Lyell, Geology, 19th Century, *Vera Causa*, Scientific Method, Catastrophism, Uniformitarianism, Observation, Explanation.

Recibido el 20 de diciembre de 2010 – Aceptado el 24 de enero de 2011

1. INTRODUCCIÓN

En una carta escrita el 15 de febrero de 1831 a William Darwin Fox², Darwin urgía a su primo y amigo para que leyera la nueva obra de John Herschel, aparecida un año antes: “If you have not read Herschel’s *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* in Lardner’s *Cabinet Cyclopaedia*, read it directly”. En efecto, la lectura del libro de Herschel había impresionado hondamente a Darwin, como subrayan los editores de su correspondencia:

In the *Autobiography*, pp. 67-8, Charles Darwin says that Humboldt’s *Personal narrative* and the *Preliminary Discourse* ‘stirred up in me a burning zeal to add even the most humble contribution to the noble structure of Natural Science. No one or a dozen other books influenced me nearly so much as these two’³.

Debe reconocerse, sin duda, que a su reputación como astrónomo y matemático, John Frederick William Herschel —hijo de William Herschel— pronto empezó a sumar un reconocimiento general como metodólogo de la ciencia tras la publicación, en 1830, del *Preliminary Discourse*. No sólo en Darwin sino en gran parte de los científicos británicos de la época el tratado dejará una huella imborrable⁴.

El gran astrónomo, nacido en Slough, ingresó en el St. John’s College de Cambridge en 1809. Allí entabló amistad con Peacock y Babbage, llegando a fundar los tres la *Analytical Society*, cuyo objetivo era introducir en Inglaterra los métodos de análisis matemático que ya se empleaban en las universidades del continente. Con anterioridad, Woodhouse, uno de sus profesores, había intentado dar a conocer las aproximaciones al cálculo diferencial de Leibniz, sin conseguir, no obstante, que los métodos de d’Alembert, Euler o Lagrange llegaran a consolidarse en la matemática británica. Fue en 1816 cuando Herschel decidió dedicar su vida a la astronomía, para continuar el trabajo que su padre, ya anciano, no podía proseguir. Aun así, nunca dejó de verse atraído por otras ramas de la ciencia, como lo prueba el hecho de que sus primeras publicaciones estuvieran dedicadas a la química o a los experimentos sobre fotografía. Esta gran diversidad de intereses científicos le proporcionó una excelente perspectiva sobre el estado de la ciencia de la época y un reconocimiento general en cuestiones metodológicas, epistemológicas y metacientíficas. De semejante multiplicidad de intereses obtuvo, en consecuencia, indudables beneficios, si bien —como han señalado O’Connor y Robertson— fue un rasgo de su personalidad que le produjo también sus costes:

It is interesting to think that it was in some ways due to Herschel’s remarkable all round abilities that he failed to make an advance of the depth that he was clearly capable of in any of the subjects that he

studied. In all of them he could have been the person that we remember today as the world leader of his time. Yet the fact that he contributed to so many areas meant that he had usually moved on to something else when he might have been consolidating his work in a single area. Certainly his mathematical work, important as it was, never had the influence which he might have been able to have achieved had he continued to work in the area [O'CONNOR Y ROBERTSON, 1999].

En 1820 Herschel participa en la fundación de la *Astronomical Society*, de la que es elegido vicepresidente, y en 1821 la *Royal Society of London* le otorga la *Copley Medal* en reconocimiento a sus trabajos sobre análisis matemático. La investigación más relevante sobre astronomía que publica durante estos años apareció en 1824, dentro de las *Transactions of the Royal Society*. Se trataba de un estudio sobre las estrellas dobles que continuará hasta 1833, intentando establecer las órbitas que esta clase de estrellas poseen en torno a un común centro de gravedad. Como he indicado más arriba, tres años antes había aparecido el *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* que tanto influiría en Darwin y que es la obra en la que debemos detenernos.

2. EL *PRELIMINARY DISCOURSE* DE JOHN HERSCHEL

Pese a su título, el volumen era mucho más que una disertación preliminar o introductoria a la filosofía natural, es decir, a la física. Por su diseño y su contenido, puede calificarse de obra monumental y penetrante que introduce al lector en el estado de las ciencias naturales a principios del siglo XIX y en lo que podríamos denominar genéricamente el *método científico*. La obra consta de tres partes. La primera se ocupa *Of the General Nature and Advantages of the Study of the Physical Sciences*; la segunda, *Of the Principles on Which Physical Science Relies for its Successful Prosecution, and the Rules by Which a Systematic Examination of Nature Should Be Conducted*; y la tercera, *Of the Subdivision of Physics into Distinct Branches, and their Mutual Relations*. El texto abarca 372 páginas, a lo largo de las cuales Herschel examina, tras la primera parte introductoria, un amplísimo conjunto de cuestiones metodológicas y teóricas⁵. Destacaré algunas de ellas.

Fiel a la distinción de Hume entre *relations of ideas* y *matters of fact* [HUME, 2009], el texto explica —al introducir las primeras consideraciones de carácter metodológico— el diferente fundamento que poseen las ciencias formales y las ciencias factuales. En las primeras, la noción de *causa* no juega ningún papel. “The truths it is conversant with are *necessary* ones, and exist independent of cause. There may be no such real *thing* as a right-lined triangle marked out in space; but the moment we conceive one in our minds, we cannot refuse to admit the sum of its three angles to be equal to two right angles” [1830, p. 75]. Por el contrario, las relaciones causales y la experiencia constituyen los pilares de las ciencias que tratan de hechos, es decir, de aquellas que estudian la estructura y el comportamiento de la naturaleza. Descubrir sus leyes es la meta fundamental de la investigación científica, que depende esencial-

mente de la experiencia en sus dos formas características: la observación y el experimento. El inventario de los hechos, sin intentar modificar la frecuencia con que se producen o las circunstancias que los rodean, es lo que entendemos por *observación*. Provocar la acción de causas o agentes que podemos controlar —o modificar deliberadamente sus combinaciones para estudiar los efectos que ello produce— es lo que denominamos *experimento*. Ambos recursos tienen aspectos comunes. Cabe hablar respectivamente de observación pasiva y activa, aunque es importante subrayar que comportan dos formas metodológicas singulares y de consecuencias dispares para el progreso de la ciencia.

In the former, we sit still and listen to a tale, told us, perhaps obscurely, piecemeal, and at long intervals of time, with our attention more or less awake. It is only by after-rumination that we gather its full import; and often, when the opportunity is gone by, we have to regret that our attention was not more particularly directed to some point which, at the time, appeared of little moment, but of which we at length appreciate the importance. In the latter, on the other hand, we cross-examine our witness, and by comparing one part of his evidence with the other, while he is yet before us, and reasoning upon it in his presence, are enabled to put pointed and searching questions, the answer to which may at once enable us to make up our minds [1830, p. 77].

La inducción es contemplada como un polo orientador básico de la ciencia natural. Su papel primario había sido reconocido ya desde la Antigüedad, aunque, en opinión de Herschel, entró en una nueva era gracias a Francis Bacon, puesto que no es la introducción del razonamiento inductivo lo que define la filosofía de Bacon sino la conciencia clara de que la inducción resulta ser el vínculo que enlaza todas las verdades físicas. El mundo que nos rodea se nos presenta en realidad desde dos dimensiones: los objetos que lo componen y sus interacciones mutuas. Se trata, en definitiva, de explicitar cómo debemos proceder en la construcción del conocimiento inductivo y cuáles son sus momentos principales, para garantizar que la investigación sobre las características de los cuerpos y las relaciones que mantienen entre ellos se convierta en una investigación correctamente dirigida. Según he anticipado⁶, Herschel considera necesario atenerse a un esquema expositivo en el que se detalle el papel jugado por la observación y la recolección de hechos; se explique luego la importancia de la clasificación; se continúe más tarde con las vías que llevan al descubrimiento de las causas próximas y las leyes del nivel inferior de generalidad; para ascender finalmente a los grados superiores de la generalización inductiva, que conducen a la formulación y verificación de las teorías. Tal es el índice que sigue el *Preliminary Discourse*, pues tal es el proceder a que se somete toda investigación científica ordenada de manera correcta [1830, p. 118].

Fiel de nuevo al espíritu humeano, el astrónomo británico declara abiertamente que los órganos de nuestros sentidos, mediante los cuales observamos, no nos brindan conocimiento alguno sobre los objetos últimos que componen el universo. Nos ofrecen simplemente un acceso a sus interacciones materiales y a sus asociaciones. Así pues, cuando intentamos analizar un fenómeno, estudiando su dependencia de

fenómenos más simples —o cuando deseamos conocer el curso de la naturaleza en un aspecto concreto—, el primer paso a dar consiste en acumular y registrar un número suficiente de hechos. Por otra parte, el sentido común nos invita a examinar el mismo problema empírico desde diferentes puntos de vista y a modificar las circunstancias de la observación. Tomando esas precauciones, el agrupamiento de los hechos observados resultará mucho más valioso y significativo. Es indiscutible, asimismo, que los hechos que vayan a servir de base a la investigación científica tienen que darse de un modo uniforme e invariable bajo las mismas circunstancias. Y tales circunstancias constituyen aspectos esenciales en cualquier observación, al menos hasta que se determine qué circunstancias nada tienen que ver con el hecho estudiado. Mientras tanto, una omisión podría referirse a una circunstancia vinculada esencialmente al evento que estamos investigando. En suma, la observación ha de respetar dos exigencias claras: en primer lugar, el recuento exacto de lo observado y de todo aquello que pueda poseer una conexión natural con lo observado; en segundo término, su registro riguroso [1830, p. 120]. Por otra parte, en todos los casos donde sea posible la obtención de datos cuantitativos, “it is of the utmost consequence to obtain precise numerical statements, whether in the measures of time, space, or quantity of any kind. To omit this, is, in the first place, to expose ourselves to illusions of sense which may lead to the grossest errors” [1830, pp. 122-123]⁷. Los instrumentos y dispositivos experimentales que la ciencia ha ido construyendo son una ayuda muy valiosa —y en ocasiones imprescindible— para acrecentar la precisión en las mediciones.

En efecto, exige Herschel que el registro de las observaciones sea extremadamente fiel. Ha de contener todo aquello que observamos, pero nada más, pues de manera inadvertida podemos deformar los hechos que hallamos en la experiencia, interpretándolos o prefigurándolos mediante la perspectiva o el lenguaje propios de una teoría falsa. En consecuencia, hemos de limitarnos a la simple recolección de datos. El astrónomo de Slough piensa, pues, que liberar a la observación de las expectativas teóricas que rodean y gravitan sobre el científico es una meta alcanzable. Sin embargo, un buen observador es aquel no sólo apto para el registro riguroso de los hechos sino provisto de una amplia y profunda formación en las diferentes ramas del conocimiento. Semejante preparación le permitirá reconocer las causas perturbadoras que puedan afectar a las observaciones, neutralizando sus efectos. Al mismo tiempo, su familiaridad con las distintas teorías aceptadas le hará capaz de reconocer los fenómenos que no debieran producirse: hechos que, no obstante, son la base del progreso científico al proporcionarnos las claves para nuevos descubrimientos [1830, p. 132]. El optimismo empirista de Herschel —que Darwin reproducirá años más tarde— termina por cristalizar en la siguiente afirmación: “There is scarcely any well-informed person, who, if he has but the will, has not also the power to add something essential to the general stock of knowledge, if he will only observe regularly and methodically some particular class of facts which may most excite his attention, or which his situation may best enable him to study with effect” [1830, p. 133]⁸.

Los resultados de la observación tienen que ser sometidos a criterios clasificatorios basados en el establecimiento de una nomenclatura. Es patente que la fijación del vocabulario que organice la experiencia resulta ser un elemento sustancial en la ciencia. La multiplicidad misma de los objetos naturales nos invita a agruparlos en clases subordinadas, bien definidas y que podamos nombrar. Aun así, la cautela debe guiar nuestros pasos, dado que cualquier sistema de clasificación ha de entenderse como provisional, en la medida en que permanentemente vamos descubriendo nuevas relaciones entre los objetos. Herschel no ignora tampoco el problema que plantea toda agrupación sistemática de entidades o hechos naturales, es decir, la cuestión del carácter *nominal* o *natural* que posean nuestras clasificaciones. La taxonomía biológica de los siglos XVII y XVIII ya había abordado la cuestión, y la filosofía se había enfrentado a ella mucho antes a través de la oposición realismo-nominalismo⁹. Con todo, Herschel parece convencido de que las clasificaciones *científicas* no pueden ser artificiales y de que la observación hace posible determinar conexiones reales entre las cosas o entre los fenómenos¹⁰. De este modo, las taxonomías naturales son mucho más que inventarios realizados con propósitos meramente instrumentales, pues sirven de vías de acceso al conocimiento del orden estructural y legal de la naturaleza. Expresan, así, la arquitectura de ésta y su organización formal y dinámica. Los enunciados legales que aspiramos a formular sobre los procesos que tienen lugar en el universo, lejos de ser expedientes económicos para orientarnos en nuestras relaciones con el entorno, pretenden alcanzar los principios que rigen los fenómenos, determinando las causas a que ellos obedecen. El científico se mueve en el dominio de las causas próximas, mas dicho ámbito se refiere a *causas verdaderas*, tras cuyo descubrimiento seremos capaces de articular luego explicaciones y predicciones:

The first thing that a philosophic mind considers, when any new phenomenon presents itself, is its *explanation*, or reference to an immediate producing cause. If that cannot be ascertained, the next is to *generalize* the phenomenon, and include it, with others analogous to it, in the expression of some law, in the hope that its consideration, in a more advanced state of knowledge, may lead to the discovery of an adequate proximate cause.

Experience having shown us the manner in which one phenomenon depends on another in a great variety of cases, we find ourselves provided, as science extends, with a continually increasing stock of such antecedent phenomena, or causes (meaning at present merely proximate causes), competent, under different modifications, to the production of a great multitude of effects, besides those which originally led to a knowledge of them. To such causes Newton has applied the term *verae causae* that is, causes recognized as having a real existence in nature... [1830, p. 144].

La ambigüedad del párrafo, que parece introducir una posible asimilación entre los conceptos de *causa* y de *condición antecedente* de los fenómenos, queda disuelta en la última afirmación amparada por la autoridad de Newton: buscamos *verae causae*, causas que tengan una existencia real en la naturaleza. La investigación científica intenta apresar dichas causas, para establecer las leyes que gobiernan el curso de los fenómenos. La ciencia busca leyes causales para construir con ellas, a su vez, explica-

ciones causales. Darwin se atenderá a ese mismo punto de vista, en el *Origen de las especies*, cuando defina el carácter de la nueva taxonomía basada en su teoría de la descendencia con modificación. La parcelación de los grupos biológicos ya no dependerá en el futuro —aseguraré Darwin— de categorías, tal vez artificiales, proyectadas instrumental o tentativamente sobre la afinidad morfológica. Los criterios de clasificación tendrán un soporte seguro y *causal* en la genealogía, en el *verdadero* proceso generativo que conduce desde una especie a las variaciones individuales, y desde éstas a variedades, nuevas subespecies y especies¹¹. Resulta, así, que, pese a los horizontes baconianos y humeanos a los que parecía asomarse Herschel, la huella de Newton se muestra más determinante. Newton convierte en *regulae philosophandi* lo que fueron hipótesis dentro de la primera edición de los *Principia Mathematica* (1687). En ella, había formulado la hipótesis que lleva el número uno de este modo: *Causas rerum naturalium non plures admitti debere, quam quae & verae sint & earum phaenomenis explicandis sufficient* [NEWTON, 1972]¹². No puedo detenerme a examinar en este momento la compleja cuestión del significado realista o positivista de la ciencia newtoniana y sus raíces filosóficas, pero sí entra en el ámbito del presente trabajo subrayar que Herschel interpreta la regla de Newton como una invitación a descubrir las *causas verdaderas*, aquellas que tienen una existencia *real* en la naturaleza: una senda por la que discurrirán también la geología y la biología de Darwin, así como sus convicciones epistemológicas. Por si cupiera alguna duda, Herschel acude en su *Preliminary Discourse* a un ejemplo tomado precisamente de la geología. El fenómeno de las conchas incrustadas en rocas a una gran altura sobre el mar se ha atribuido a varias causas: a virtudes plásticas del suelo, a la influencia de los cuerpos celestes, a depósitos de crustáceos o moluscos de los que se alimentan las aves. Sin embargo, cualquier geólogo sabe que su *causa verdadera* se halla en la muerte de moluscos en el fondo del mar y en la posterior alteración del nivel relativo del mismo [HERSCHEL, 1830, pp. 144-145].

Los argumentos basados en la analogía son otra de las líneas de fuerza en la metodología herscheliana. El capítulo sexto de la obra —dedicado al primer estadio de la inducción y a la verificación de las leyes con un menor grado de generalidad— introduce una defensa del razonamiento analógico con resonancias de nuevo newtonianas, muy en sintonía con el optimismo inductivista que podemos atribuir a la cuarta *regula philosophandi*, incluida por Newton en la edición de los *Principia* de 1727¹³. Cuando un fenómeno se convierte en objeto de explicación, tratamos de justificarlo a partir de alguna de las causas cuya capacidad para producir fenómenos similares al que deseamos comprender se nos ha hecho manifiesta con anterioridad. Es por lo tanto de gran importancia contar con un amplio conjunto de ejemplos sobre fenómenos análogos a aquel para el que buscamos una explicación. Pues, en efecto, si la analogía de dos fenómenos es muy estrecha y llamativa —al tiempo que la causa de uno de los dos es muy obvia—, resulta poco menos que imposible negarse a admitir una causa semejante para el otro fenómeno [1830, p. 149]. En caso de que dos causas se ofrezcan ante nosotros como virtuales explicaciones de un hecho, acudire-

mos a los experimentos cruciales —*crucial instances*— sugeridos por Bacon y, así, a través de ellos, podremos establecer cuál de ambas causas ha de ser tomada como *causa verdadera*: “And here, too, we perceive the utility of *experiment* as distinguished from mere passive observation. We make an experiment of the crucial kind when we form combinations, and put in action causes from which some particular one shall be deliberately excluded, and some other purposely admitted; and by the agreement or disagreement of the resulting phenomena with those of the class under examination, we decide our judgment” [HERSCHEL, p. 150-151]. Por consiguiente, las ciencias naturales no emplean sólo la observación como método de acceso y penetración en el mundo que nos rodea y que deseamos entender. La experimentación nos provee de una forma diferente —pero imprescindible— de diálogo con la naturaleza. Su valor es capital, si queremos orientarnos en el vasto conjunto de relaciones que los fenómenos mantienen entre sí. En este momento de la obra, Herschel proporciona una serie de claves para fijar inductivamente la causa que en verdad opera cuando cierto fenómeno tiene lugar. Hay que aceptar su gran paralelismo con los métodos para el razonamiento inductivo que John Stuart Mill desarrollaría trece años más tarde en *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive*.

El ascenso desde la leyes a las teorías es para Herschel el siguiente paso en la empresa constitutiva de la ciencia.¹⁴ La observación y la inducción son momentos metodológicos presentes en este nuevo nivel, si bien la formulación de hipótesis aparece ahora como un nuevo ejercicio científico que debe ser tenido muy en cuenta. La observación directa de la estructura de la naturaleza —cuando, por ejemplo, indagamos principios o relaciones referidos al mundo microfísico o al ámbito de la astronomía— muchas veces no es posible. Ello nos obliga a proponer hipótesis susceptibles de ser valoradas por los efectos observables que se seguirían, si se tratara de hipótesis adecuadas. La posición de Herschel sobre el origen, el carácter y el alcance de las hipótesis reúne tres ingredientes fundamentales: las hipótesis nacen de la observación, pueden adquirir tal grado de probabilidad que equivalgan a una certeza y pretenden establecer las causas o agentes reales que operan en la naturaleza¹⁵. Son rasgos que podemos asignar ciertamente a una inequívoca herencia newtoniana. No hace falta subrayar que el enraizamiento inductivo de las hipótesis, según nos es presentado, comporta algún problema, sobre todo cuando se nos ha explicado que en muchos casos son formuladas en ámbitos cerrados a la observación. Cabe entender que la formulación de hipótesis ha de realizarse sobre la base de hechos bien establecidos, aunque comporte la asignación de causas cuyo íntimo carácter nos sea desconocido y cuya realidad cierta queda garantizada por los efectos que producen y no por su observación directa. En todo caso, habiendo quedado claro que la observación minuciosa es un paso previo a la elaboración de hipótesis, perdura la cuestión de si éstas son siempre producto del razonamiento inductivo o si en ocasiones la capacidad de *análisis*, la *consideración racional* de los datos o la *imaginación* desempeñan funciones relevantes. No es lo mismo sostener que las hipótesis y teorías son productos destilados de la observación, que conjeturas, atentas a los hechos, pero

que los hechos o las leyes ya conocidas no tienen por qué *imponer*. La tradición baconiana y newtoniana, dentro de la que Herschel se reconoce, parece influir en su deseo de enfatizar una y otra vez las garantías inductivas exigibles en todos los estadios de la investigación científica. Sin embargo, no faltan tampoco los ejemplos históricos ni las indicaciones genéricas respecto al protagonismo que adquiere la invención de propuestas explicativas no simplemente inducidas. Recordemos: “The liberty of speculation which we possess in the domains of theory is not like the wild license of the slave broke loose from his fetters, but rather like that of the freeman who has learned the lessons of self-restraint in the school of just subordination”¹⁶. Hay, pues, subordinación a los datos de la experiencia, mas también libertad de búsqueda. En suma, pese a cierta equivocidad en su forma de expresarse, Herschel parece aceptar lo que más tarde Peirce entenderá como *abductive reasoning*.

La tercera parte de la obra —concluidas las consideraciones metodológicas de la sección segunda— introduce la subdivisión de la física en sus diferentes ramas y se detiene en el estudio de cuestiones que a Herschel le parecen importantes en aquel momento: el concepto de *fuerza* y la constitución de los cuerpos naturales; la dinámica de fluidos, la naturaleza de los sólidos y de los cristales; la comunicación del movimiento; el sonido y la luz; los fenómenos cósmicos; los minerales; las teorías sobre el calor, la electricidad y el magnetismo, para terminar con una descripción de las causas que han permitido el rápido progreso de las ciencias físicas.

A la geología se le dedican las páginas que van de la 281 a la 289. Tras subrayarse que las ciencias de la Tierra han abandonado sus primeras fases de carácter especulativo, se enfatiza ante el lector la idea de que se trata de ramas del conocimiento científico que reclaman su lugar en el seno de las ciencias inductivas. La recopilación minuciosa de datos, el examen riguroso de las huellas del pasado en la actual superficie del globo o el escrutinio atento de los estratos colocan a la geología en el camino que la convertirá en una ciencia madura. Este tipo de investigación puede valerse de registros geológicos abundantes y elocuentes, de modo que, pese a la antigüedad del lenguaje con que nos hablan y la dificultad de interpretarlo, su significado general resulta inequívoco y satisfactorio. “Such records teach us, in terms too plain to be misunderstood, that the whole or nearly the whole of our present lands and continents were formerly at the bottom of the sea, were they received deposits of materials from the wearing and degradation of other lands not now existing...” [1830, p. 283]. El estudio de los restos hallados por la paleontología, por ejemplo, pone de manifiesto la presencia inequívoca sobre nuestro planeta de una naturaleza animada diferente a la actual y, más genéricamente, nos invita a creer en la sucesión de períodos, cuya duración no podemos precisar, durante los cuales formas de vida hoy inexistentes poblaron el mar y la tierra. Las afirmaciones de Herschel proclaman, así, la sucesión de faunas y las floras en el tiempo, sin que ello signifique un reconocimiento de la *transformación*. La distancia que le separaba de una imagen transformista de la dinámica biológica era muy pequeña, si atendemos al régimen de la transición de las formas, pero era muy grande si ponemos la mirada en la naturaleza de la modificación y sus causas:

These remains are occasionally brought to light; and their examination has afforded indubitable evidence of the former existence of a state of animated nature widely different from what now obtains on the globe, and of a period anterior to that in which it has been the habitation of man, or rather, indeed, of a series of periods, of unknown duration, in which both land and sea teemed with forms of animal and vegetable life, which have successively disappeared and given place to others, and these again to new races approximating gradually more and more nearly to those which now inhabit them, and at length comprehending species which have their counterparts existing [1830, p. 283].

Inmediatamente después, este apartado de la obra dedica algunos comentarios a las orientaciones vulcanista y neptunista de la actividad geológica, para introducir a continuación el debate entre catastrofistas y uniformistas. Herschel se muestra prudente y prefiere no tomar partido por ninguna de las dos escuelas. Los tres volúmenes de que constan los *Principles of Geology* de Lyell [1830-1833]¹⁷ —con su clara apuesta en favor del uniformismo— fueron publicándose entre 1830 y 1833, casi de forma simultánea, pues, al *Preliminary Discourse*. Es claro, con todo, que la polémica formaba parte de la cultura científica del momento y que Herschel la conocía suficientemente. Sabemos, además, que Herschel había concluido la lectura de la segunda edición de los *Principles* en los inicios de 1836. Sin descartar por completo la pertinencia del enfoque catastrofista para explicar determinados fenómenos y formaciones geológicas, cree necesario que los supuestos uniformistas guíen la investigación del geólogo, quedando el catastrofismo como una perspectiva teórica a la que deben ser entregados tan sólo problemas residuales para los que el uniformismo no tenga respuesta. En geología tampoco caben las hipótesis incontrastables, como, por ejemplo, un cambio de inclinación en el eje de la Tierra o el paso, próximo a ella, de un cometa. No deben buscarse, en efecto, hipótesis ingenuas o arbitrarias. Es preciso que el geólogo confine sus esfuerzos en la consideración de causas que de manera evidente ejercen su acción en el presente, para discernir hasta dónde son capaces de explicar los fenómenos. Sólo una vez cumplida esta tarea cabe plantear la necesidad de admitir la existencia en el pasado de catástrofes o cataclismos de una magnitud inusual [1830, p. 285]. De cualquier forma, hacer una estimación sobre las causas en acción dentro de la dinámica geológica no es una tarea fácil. Establecer cuál es, pongamos por caso, la erosión anual a que está sometido un continente o fijar la cantidad de lava lanzada a la superficie del globo por la actividad volcánica son objetivos difíciles de cumplir. Consultar a la experiencia supone un lento y penoso proceso, si deseamos ser rigurosos. Sin embargo, esto no equivale a un obstáculo insalvable que impida a la geología convertirse, si no en una ciencia experimental, sí al menos en una ciencia basada en la observación activa [1830, p. 286].

En el curso de la lectura del *Preliminary Discourse*, Darwin encontró, por lo tanto, un conjunto sistemático de principios metodológicos bien delineado y una evaluación referida a la posibilidad de llevar a la geología esa constelación de preceptos. Según acabo de reseñar, Herschel incluyó también en su obra puntuales menciones a dos de las controversias con mayor eco en la época: la discusión entre neptunistas y

vulcanistas, así como el debate entre los defensores del catastrofismo y los partidarios del uniformismo. La influencia de Herschel sobre la obra científica de Darwin ha sido estudiada y glosada en detalle. Su encuentro en Ciudad del Cabo, durante la fase final del viaje del *Beagle* (junio de 1836), fue un acontecimiento muy destacado en la biografía del autor de *El Origen*. Emilio Alfaro lo ha descrito así:

Estos hombres se encontraron en Ciudad del Cabo cuando el *Beagle*, comandado por el capitán Fitz Roy atracó en ese puerto al final del otoño austral de 1836. Para Darwin fue una fecha memorable, tal como recuerda su diario, y representa uno de esos momentos singulares y felices en la historia del pensamiento humano. El científico europeo más brillante de aquellos tiempos, impulsor de la Nueva Astronomía, maestro de filósofos, junto a un, todavía desconocido, joven naturalista que le profesaba una profunda admiración, en una remota escala de uno de los viajes que más han influido la historia de la ciencia [ALFARO, 2009, p. 2].

Como guía metodológica para el científico de la Naturaleza, el tratado de Herschel consagraba la distinción entre ciencias formales y ciencias factuales; explicaba la diferencia entre la mera observación y el experimento; postulaba la general pertinencia del método inductivo; justificaba el valor singular de los datos cuantitativos; subrayaba el papel de la clasificación en las ciencias de la naturaleza, sin ocultar el problema del carácter artificial o natural de sus resultados; invitaba a la búsqueda de leyes de nivel inferior, resultado de la acción de causas próximas, pero *verdaderas*; concedía un lugar destacado a la formulación de hipótesis contrastables en el proceso de formulación de leyes superiores; proponía el razonamiento analógico como preciado instrumento de la investigación; y vinculaba la creación de teorías al ejercicio tanto de la lógica inductiva como de la invención de hipótesis ligada a la abducción. Como filósofo de la ciencia, Herschel se convirtió en una autoridad singularmente venerada por Darwin. Las consignas metodológicas y los requerimientos epistemológicos incluidos en el *Preliminary Discourse* ejercieron una influencia muy penetrante en todo su trabajo científico [GONZÁLEZ RECIO, 2004, pp. 235-238].

Darwin tuvo también un indiscutible mentor en el dominio de las ciencias geológicas. Ciertamente, Charles Lyell fue en este ámbito su gran inspirador y maestro, sin olvidar la influencia, en diferentes sentidos, que debió recibir de Adam Sedgwick y William Whewell. Siguiendo la recomendación de John Henslow, Darwin inició su periplo a bordo del *Beagle* llevando consigo el primer volumen de los *Principles of Geology* de Lyell y recibió el volumen segundo en el curso de la travesía. Antes de examinar los supuestos epistemológicos y científicos con que redactó su contribución sobre geología al *Manual of Scientific Enquiry* de Herschel, es necesario, por consiguiente, hacer un esbozo del estado en que se encontraban las Ciencias de la Tierra a mediados del siglo XIX. Ello nos permitirá apreciar los influjos que el naturalista nacido en Shrewsbury había asimilado, al tiempo que facilitará la valoración de las propuestas que realizó tanto en el orden filosófico como científico.

3. DEL *PRELIMINARY DISCOURSE* AL *MANUAL OF SCIENTIFIC ENQUIRY*

Explicando los orígenes de la reorientación de la geología llevada a cabo por Lyell, Rachel Laudan ha escrito:

To understand why Lyell, more than any of his contemporaries, believed that epistemic reform was necessary in geology, we need to understand his perception of the state of geology in the 1820s. As a young scot studying law at Oxford, Lyell's enchantment with geology waxed as his enthusiasm for his official curriculum waned. He was one of a number of students who found the informal lectures on geology by William Buckland a breath of fresh air in the stuffy atmosphere of Oxford [...]

During the period between leaving Oxford in 1819 and drafting the *Principles* in the late 1820s, Lyell became an advocate of the Huttonian system [LAUDAN, 1987, p. 202].

Cree Rachel Laudan que ciertamente hay un motivo inspirador básico en la actitud de Lyell, y ese corazón epistemológico que subyace a su propuesta teórica es el establecimiento de una geología causal. Aunque las concepciones de Hutton sobre la formación de rocas o acerca de la elevación estaban desacreditadas, en ellas late la clara intención de instituir una geología fundada en la noción de causa, de *vera causa*, y ello equivale a decir: una geología erigida sobre causas observables y, por consiguiente, que actúan en el presente [LAUDAN, 1987, pp. 205-206]. Fue el uniformismo la apuesta más radical y notable que Lyell halló en la *Theory of Earth* de Hutton [1795]¹⁸, y la que quiso convertir en el núcleo de la nueva geología. El requisito de la observabilidad se conjugaba, así, con otro requerimiento esencial de la ciencia clásica o, si se prefiere, de la física clásica. Una explicación causal es una explicación donde no pueden existir vacíos o discontinuidades. La descripción causal de un proceso significa el seguimiento perfectamente continuo de un encadenamiento de causas y efectos. La evolución de los sistemas físicos había quedado conquistada en mecánica gracias al dominio de la continuidad causal, y ese triunfo era preciso trasladarlo a las ciencias geológicas. Lyell no deseaba sino situar a la geología en la tradición metodológica marcada por Newton, sancionada por Thomas Reid [1969] y aplaudida, como hemos visto, por su contemporáneo John Herschel. De hecho, su uniformismo es una perspectiva derivada de la exigencia impuesta por el sometimiento a las causas verdaderas. En la raíz de tal exigencia tiene un papel preponderante la observabilidad de las causas o los efectos, a la vez que la inducción constituye un recurso inevitable. El uniformismo de Lyell supone, en definitiva, que causas similares a las que operan hoy debieron producir efectos iguales a los que hoy observamos; y que efectos como los que presenciamos en la actualidad debieron estar sujetos a las mismas causas que en nuestros días los producen. “In articulating the *vera causa* method for geology, Lyell had for the first time rooted the habit, common to geologists, of making inferences from the past to the present, and *vice versa*, in a respectable empiricist epistemology” [LAUDAN, 1987, p. 208]. Herschel —reconocido por la ciencia británica del momento, según hemos visto, como el principal definidor y guardián del rigor epistemológico y metodológico— respondió a Lyell en los siguientes términos cuan-

do éste le regaló la cuarta edición de los *Principles*: la obra es “one of those productions which work a complete revolution in their subject by altering entirely the point of view in which it must thenceforward be contemplated” [LAUDAN, 1987, p. 220]. He hoped that Lyell’s “example [would] be followed in other sciences, of trying what *can* be done by existing causes, in place of giving way to the indolent weakness of *a priori* dogmatism —and as the basis of all further procedure enquiring what existing causes really are doing” [LAUDAN, 1987, p.221]. ¿Cómo se ejercía el dogmatismo *a priori* en geología y quién lo encarnaba?

Según Lyell y Herschel podían plantear la cuestión, eran los catastrofistas quienes asumían con mayor convicción el dogmatismo en geología. El catastrofismo tenía vinculaciones con la escuela neptunista de Freiberg y su fundador, Abraham Gottlieb Werner, profesor de mineralogía. Los neptunistas hacían del agua el principal agente geomorfológico, defendían el origen sedimentario de las rocas, pensaban que hubo una época en la que toda la Tierra había estado sumergida bajo el mar y concedían menos antigüedad que los vulcanistas a su origen y formación. Estos últimos otorgaban una importancia singular al calor interno de la Tierra, a las enormes presiones por él producidas y a la actividad volcánica, añadiéndose a todo ello una concepción cíclica de la dinámica geológica y la convicción de que la historia del planeta era mucho más prolongada de lo que se había supuesto. De este modo, los neptunistas contaban con una distensión temporal bastante menor para explicar las formaciones geológicas, por lo que no es extraño que vieran en las tesis catastrofistas un apoyo teórico de gran valor. Georges Cuvier fue el abanderado más característico del catastrofismo, si bien el término lo introdujo William Whewell. Cuvier llegó a la conclusión de que no cabía explicar las antiguas revoluciones producidas en nuestro planeta por las mismas causas que existen en la actualidad. Hay una clara ruptura, porque los agentes que la naturaleza emplea hoy en sus producciones no serían suficientes para desencadenar los efectos que tuvieron lugar en el pasado. Acompañado por Brongniart, Cuvier halló en la cuenca del Sena sedimentos de organismos marinos que daban testimonio de inundaciones súbitas, bruscas y de gran envergadura. Los restos de mamuts congelados que habían sido vistos en Siberia confirmaban esa misma idea: el devenir histórico de la Tierra estaba marcado, de tiempo en tiempo, por colosales acontecimientos geológicos cuya magnitud nos es difícil imaginar. William Buckland —la figura más relevante de la geología británica en las primeras décadas del siglo XIX— hizo suyas las hipótesis catastrofistas de Cuvier, por lo que la mayor parte de los científicos de las islas no tardaron en seguir sus pasos. No es extraño, así, que Herschel entendiera que los *Principles of Geology* de Lyell inauguraban una nueva era en la geología y que la obra causara un impacto tan rotundo en la comunidad científica; impacto que produjo una perdurable influencia en el joven Darwin.

Muy al comienzo del tercer volumen de los *Principles*, Lyell se refiere a los catastrofistas, para, a continuación, definir la que le parece una actitud verdaderamente científica en geología:

It appeared to them more philosophical to speculate on the possibilities of the past, than patiently to explore the realities of the present, and having inventing theories under the influence of such maxims, they were consistently unwilling to test their validity by the criterion of their accordance with the ordinary operations of nature. On the contrary, the claims of each new hypothesis to credibility appeared enhanced by the great contrast of the causes or forces introduced to those now developed in our terrestrial system during a period, as it has been termed, of *repose*.

Never was there a dogma more calculated to foster indolence, and to blunt the keen edge of curiosity, than this assumption of the discordance between the former and the existing causes of change [...].

The course directly opposed to these theoretical views consists in an earnest and patient endeavour to reconcile the former indications of change with the evidence of gradual mutations now in progress [LYELL, 1833, pp. 2-3].

Acompañando a esta perspectiva uniformista, que cruza toda la obra, Lyell ya había introducido en el primer volumen, de 1830, su teoría del equilibrio dinámico. La historia de la Tierra no ha estado sometida a un progreso o cambio direccional. Por el contrario, se ha visto afectada por períodos sucesivos de creación y de destrucción geológica, básicamente similares en los diferentes ciclos. El direccionalismo a que con frecuencia se acogían los catastrofistas guardaba una relación estrecha con la tesis de que el cambio climático ejemplificaba esa direccionalidad, puesto que obedecía a una modificación paulatina de la temperatura de la Tierra. Desde sus orígenes, la Tierra habría sufrido, así, un paulatino proceso de enfriamiento generador de modificaciones climáticas y, a través de ellas, habría visto sucederse diversas fases de extinción de los organismos que la poblaban. Lyell, que admitía asimismo la extinción y la introducción de nuevas especies, creyó, sin embargo, que explicar los cambios de clima a partir de la evolución del calor interno de la Tierra —fenómeno de naturaleza inobservable— era tanto como abandonar el método de la *vera causa* y, con él, el programa de una auténtica geología causal. Encontrar una alternativa sólida a semejante teoría del cambio climático significaba dos cosas: asegurar los cimientos epistemológicos de la geología y plantar cara a una de las tesis con mayor vinculación al catastrofismo.

Michael Ruse ha detallado bien el camino que llevó a Darwin desde el catastrofismo al uniformismo [RUSE, 1999, pp. 48-56]. Después de recibir en Edimburgo, durante su estancia como estudiante de medicina, una formación catastrofista ortodoxa —pues fue alumno del editor británico de Cuvier, Robert Jameson—, volvió a interesarse por la geología en Cambridge gracias a la influencia de John Stevens Henslow. En 1831, durante seis meses profundizó en la disciplina y participó, asimismo, en una excursión al País de Gales organizada por Adam Sedgwick, uno de los especialistas más destacados en geología aplicada de Gran Bretaña. Fue, sin ninguna duda, una excelente preparación para su inmediato viaje en el *Beagle* [ROBERTS, 2001, pp. 33-37]:

When he set off for South America, Darwin took with him the first volume of Lyell's *Principles* (the second volume was sent out to him in 1832). He took the volume at the suggestion of Henslow, who—being himself a catastrophist, though broad-minded—, warned Darwin 'on no account to accept the views therein advocated!' [ROBERTS, 2001, p. 49].

El consejo de Henslow fue pronto olvidado, y Darwin no tardó en aplicar la metodología y la perspectiva lyelleana al estudio de la elevación gradual que había sufrido el terreno de la isla de Saint Jago, en el Arcipiélago de Cabo Verde. Darwin se sirvió, en efecto, de la teoría del *steady-state* defendida por Lyell, situándose en una posición actualista. Era sólo el principio, dado que aún conservaba ciertos rasgos catastrofistas en su forma de mirar y explicar los fenómenos morfológicos. Sin embargo, puede afirmarse con seguridad que el acercamiento a Lyell no cesó de aumentar a lo largo de su estancia en Sudamérica, y que cuando partió de este continente se había convertido en un lyelleano completo:

Darwin thought he could show widespread elevation down both the east and the west coasts of the continent. Indeed, he thought he detected elevation of up to 1.300 feet in the vicinity of Valparaiso [...].

Of course a catastrophist might explain all this elevation just as handily as a lyellian, though it would not have quite the same significance for him. But Darwin believed it was all happening gradually, through causes of the same kind and intensity as those at work today. He was thus a complete actualist and uniformitarian [...]. Darwin thought with reason that he had the best of all actualist evidence, for he himself was present during an earthquake (20 February 1835, in Chile) that raised the ground anywhere for two or three to ten feet. Darwin thought that relatively small causes like this, undoubtedly similar to those still in action, were sufficient for South American elevation. And he thought that some phenomena, such as certain sloping coastlines, absolutely excluded catastrophic elevations. Finally, Darwin saw South American elevations as an integral part of a world picture of elevation and subsidence: the very picture Lyell had so vigorously advocated [ROBERTS, 2001, 50-51].

A su regreso a Inglaterra, Darwin iniciaría la publicación de diversos trabajos sobre geología en los que de forma expresa se presentaba como seguidor de Lyell. Probablemente, el más notable de todos fue el dedicado al origen de los arrecifes de coral, si bien cabría mencionar otros que evidencian la intensa dedicación de Darwin a esta rama de la ciencia [DARWIN, 1842]¹⁹. Para el final de la década de los cuarenta, Darwin era ya un reputado geólogo que se había hecho acreedor del reconocimiento de la comunidad científica. Desde que en enero de 1837 presentara en la *Geological Society* sus conclusiones sobre la paulatina elevación de la masa continental de América del Sur, su prestigio no hizo sino crecer, siendo nombrado secretario de la misma un año más tarde. Nada tiene de extraño, así, que cuando el Almirantazgo británico decida editar el *Manual of scientific enquiry*, y encargue a John Herschel su coordinación, se piense en Darwin para que redacte el capítulo dedicado a la geología²⁰. En aquella primera edición de 1849, los capítulos fueron adjudicados del siguiente modo: Astronomy, a G.B. Airy; Terrestrial Magnetism, a E. Sabine; Hydro-

graphy, a F.W. Beechey; Tides, a W. Whewell; Geography, a W.J. Hamilton; Geology, a C. Darwin; Earthquakes, a R. Mallet; Mineralogy, a H.T. de la Beche; Meteorology, a J.F.W. Herschel; Atmospheric Waves, a W.R. Birt; Zoology, a R. Owen; Botany, a W. Hooker; Ethnology, al Dr. Prichard; Medicine y Medical Statistics, al Dr. Bryson; y Statistics, a G.R. Porter. La presencia en la obra de científicos tan eminentes como el propio Herschel, Owen o Whewell confirma el respeto que ya merecía la labor científica de Darwin; respeto que queda aún más subrayado si se tiene en cuenta que también fue responsable de las páginas *On the use of the microscope on board ship* [HERSCHEL, 1849, pp. 389-395], contenidas dentro del capítulo de Owen sobre Zoología.

Darwin escribió su capítulo para el *Manual*, por consiguiente, bajo una doble e indiscutible influencia: la de Lyell sobre la naturaleza y los supuestos desde los que debía ser contemplada la investigación geológica, y aquella otra que encarnaba Herschel en todo lo referente a cuestiones de metodología de la ciencia. Los *Principles of Geology* y el *Preliminary Discourse* fueron dos lecturas que dejaron en él una huella muy profunda. Trataremos de establecer ahora en qué forma quedó traducido tal influjo dentro del capítulo que se le solicitó sobre cuestiones geológicas.

El capítulo se abre con una precisa y contundente declaración a favor del gradualismo y del actualismo, realizada en su primera página, puesto que el geólogo tiene como objetivo permanente estudiar *the still active causes of those changes, which, accumulated during long-continued ages, it is the object of geology to record and explain* [DARWIN, 1849, p. 156]. Es un científico que se encuentra en una posición privilegiada para observar, a nivel infinitesimal y si sabe mirar la naturaleza, aquellos fenómenos que han hecho hundirse a los continentes, que nivelaron las montañas o que crearon los grandes valles. Su fuente primaria resultan ser los datos de observación que de manera concienzuda y meticulosa debe reunir. No se trata, sin embargo, de una mera recopilación indiscriminada, pues es necesario observar teniendo en cuenta información adicional sobre el entorno que rodea a las muestras seleccionadas. A ello se une la exigencia de una absoluta exactitud, sin la cual el geólogo no puede llevar a término su trabajo con éxito, puesto que *no follower of science has greater need of taking precautions to attain accuracy* [1849, p. 163]. Una vez obtenidos datos exactos, la tarea del naturalista consiste en establecer comparaciones entre los especímenes que ha recogido. Es un proceso que le revelará relaciones interesantes no imaginadas. De hecho, la comparación es un método que puede llegar a proporcionarle conocimientos, por ejemplo, sobre la diferencia de estructura entre las rocas sedimentarias y las ígneas. No obstante, la comparación posee un valor completamente general como método, *for one mental query leads on to another, and this will at the same time give interest to this researches, and will lead him to compare what is before his eyes, with all that he has read or seen. With his increasing knowledge he will daily find his powers of observation, his very vision, become deeper and clearer* [1849, pp. 164-165]. Algo más tarde añade: *There can be no doubt that whoever will for a long period collect and com-*

pare observations, made over wide areas and under different circumstances, will arrive at many curious, novel, and important results [1849, p. 179].

A la observación y la comparación ha de seguir la clasificación de las muestras. Es un trabajo primordial en el que el geólogo ha de poner especial cuidado:

If this be not done, in after years the collector will never feel an absolute certainty that his tickets and references are correct. It is very troublesome ticketing every separate fossil from the same stratum, yet it is particularly desirable that this should be done; for when the species are subsequently compared by naturalists, mistakes are extremely liable to occur; and it should always be borne in mind, that misplaced fossils are far worse than none at all [1849, p. 162].

Las recomendaciones de Darwin siguen, así, en su literalidad, los momentos metodológicos que Herschel había definido para las ciencias factuales: observación, descripción minuciosa, comparación y clasificación. Tenemos ya, desde el principio, por lo tanto, los dos ejes que enmarcan la aportación de Darwin: el que toma de la geología de Lyell y el que adopta siguiendo la metodología de Herschel. Por otra parte, el centro de la actividad investigadora del geólogo es el establecimiento de las causas que operan en la naturaleza. Su actividad, lejos de reducirse a la descripción de lo observado, ha de continuarse hasta la determinación de los agentes causales que actúan en cada caso. No hace falta decir que Darwin estaba pensando en *verae causae*. El geólogo madurará *acquiring the habit of patiently seeking the cause of everything which meet his eye* [1849, p. 195]. Tras este telón de fondo herscheliano, es claro que puede percibirse toda la influencia de Bacon y Newton. Aún así, el peso de la actitud de Herschel, que Darwin había leído en el *Preliminary Discourse* —sobre la formulación de hipótesis y de explicaciones, así como sobre la llegada a la creación de teorías—, se deja sentir constantemente en las páginas que comentamos. Darwin valora por igual el razonamiento inductivo y las inferencias deductivas. Ambas formas metodológicas son necesarias, pero el *abductive reasoning* encuentra, asimismo, un frecuente lugar en el texto darwiniano. Tal ocurre cuando el geólogo tiene que justificar la existencia de restos orgánicos en un estrato [1849, p. 165], de huesos de vertebrados [1849, p. 168], de fósiles [1849, p. 174], de rocas en los fondos marinos [1849, p. 177] o cuando debe distinguir entre las conchas transportadas por animales o las que emergen debido a los movimientos de la Tierra [1849, p. 187]. En la construcción de estos razonamientos, tan importante es la observación como la adecuada formulación de preguntas: *The spray of salt-water, above the line of chemical decomposition calcareous rocks; does this play any important part on the rocks?* [1849, pp. 177-178] O, en otro lugar: *Most bold coasts are fronted by sharp promontories and even isolated pinnacles; are these exclusively due to the greater hardness of the rocks composing them, or do not the breakers act more efficiently when eddying round any slight projection?* [1849, p. 178]. Queda patente así, de manera simultánea, que Darwin no confía exclusivamente en el ascenso inductivo hacia las regularidades naturales, que otorga un papel decisivo a la formulación de hipótesis y que valora en especial el diálogo con los hechos, a través de preguntas pertinentes, en el *abductive process*.

Es cierto que existe en geología un trabajo descriptivo a realizar, pero siempre estará al servicio de la geología explicativa y teórica, llamada a determinar *the nature and cause of the transformations and alterations* [1849, p. 164]. La estratigrafía, pongamos por caso, no debe limitarse a presentar la sucesión de estratos localizados, pues quien la practique correctamente quedará sorprendido al comprobar *how all the parts fall into intelligible order* [1849, pp. 163-164]. Más aún, la conexión interteórica será un aspecto fundamental a tener en cuenta y de ella depende la geología para continuar su desarrollo. Refiriéndose a la *foliation of the metamorphic schists*, Darwin explica: *These foliated rocks have all undergone metamorphic action, that is, they have been mineralogically altered and rendered crystalline by chemical attraction, aided by heat; but this is a most obscure subject, one on which it would appear that much much further light will not be thrown without the aid of a profound knowledge of mineralogy and chemistry* [1849, p. 175].

Cabe concluir, pues, a la luz del capítulo redactado por Darwin para el *Manual* de Herschel, que hacia 1849 había conseguido integrar los supuestos básicos de la geología lyelleana con los principios de la metodología de la ciencia avalada por Herschel. El uniformismo y el actualismo se unen armónicamente a los cánones metodológicos que había hallado —tan explícitamente descritos— en el *Preliminary Discourse* y que aceptó desde su juventud. Las ciencias de la Tierra debían plegarse a la exigencia de una inspiración causal, y el gradualismo se acoplaba mucho mejor que el catastrofismo al establecimiento de las *verae causae*. En realidad, esta caracterización de las causas poseía ya una acrisolada ascendencia baconiana y newtoniana. Sin embargo, era preciso trasladarla a la geología, así como revalidarla desde el horizonte que las ciencias naturales habían alcanzado en el siglo XIX. La primera tarea fue llevada a cabo por Lyell; la segunda, por Herschel. Darwin se asoma a la dinámica geológica, en suma, con la perspectiva de esta doble fidelidad. La observación paciente y meticulosa forma parte de la labor del geólogo, más ésta se prolonga hasta la formulación de hipótesis con una vertebración causal. No nos encontramos, sin duda, frente a una concepción ingenuamente inductivista del quehacer científico. Muy al contrario, la observación ha de ser puesta al servicio de propuestas explicativas dentro de las cuales la abducción —sin que Darwin pueda emplear el término— desempeña un papel relevante. Tal es el sentido en el que emplea la noción de inferencia una y otra vez. El geólogo observa —es cierto—, pero el razonamiento y la explicación son sus metas principales. La geología debía aspirar a convertirse en una ciencia teórica, alejada del mero empeño recolector y descriptivo del naturalista de campo.

NOTAS

- 1 El presente trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, en el marco del proyecto FFI2009-10249, así como por la Comunidad Autónoma de Madrid y la Universidad Complutense, a través del proyecto CCG07UCM/HUM-2666.
- 2 El primo segundo de Darwin compartía con él su entusiasmo por la entomología. Mantuvo un profundo interés por la historia natural a lo largo de su vida y proporcionó a Darwin muchas informaciones útiles.

- 3 La carta está catalogada con el número 94 en el monumental proyecto on line *The Correspondence of Charles Darwin*, reproducción digital de la edición preparada por Burkhardt, F., Smith y S. Porter [1985-2009]. Aparece concretamente en el volumen I de 1985, que incluye las cartas escritas por Darwin entre 1821 y 1836. El comentario de los editores se encuentra en este mismo lugar. Añaden que “the copy of the ‘Preliminary discourse’ in Darwin Library—CUL has no annotations in Charles Darwin’s hand. Several passages are marked in the margin. These markings occur in section 19, the criterion of a true statement of a law of nature; section 129 and section 130, on naming and nomenclature; section 384, on the superiority of residents over travellers in scientific investigation; and section 385, on the importance of institutions and journals in promoting the spread of science”.
- 4 Faraday escribió a Herschel: “... when your work on the study of Natural Philosophy came out, I read it, as others did with delight. I took it as a school book for philosophers, and feel that it has made me a better reasoner and even experimenter, and has altogether heightened my character, and made me, if I may be permitted to say so, a better philosopher” [O’CONNOR Y ROBERTSON, 1999].
- 5 “The Experience as the Source of our Knowledge; The Analysis of Phenomena; the State of Physical Science in General, previous to the Age of Galileo and Bacon; The Observation of Facts and the Collection of Instances; The Classification of Natural Objects and Phenomena; the First Stage of Induction; The Discovery of Proximate Causes, and Laws of the lowest Degree of Generality, and their Verification; The higher Degrees of inductive Generalisation, and of the Formation and Verification of Theories; The Phenomena of Force, and of the Constitution of Natural Bodies; The Communication of Motion through Bodies, Sound and Light; The Cosmical Phenomena; The material Constituents of the World; The Imponderable Forms of Matter; and The Causes of the actual rapid Advance of the Physical Sciences compared with their Progress at an earlier Period” [HERSCHEL, 1830, pp. v-vii].
- 6 Véase la nota 9.
- 7 Herschel añade: “Indeed, it is a character of all the higher laws of nature to assume the form of precise *quantitative* statement. Thus, the law of gravitation, the most universal truth at which human reason has yet arrived, expresses not merely the general fact of the mutual attraction of all matter; not merely the vague statement that its influence decreases as the distance increases, but the exact numerical rate at which that decrease takes place; so that when its amount is known at any one distance it may be calculated exactly for any other. Thus, too, the laws of crystallography, which limit the forms assumed by natural substances, when left to their own inherent powers of aggregation, to precise geometrical figures, with fixed angles and proportions, have the same essential character of strict mathematical expression, without which no exact particular conclusions could ever be drawn from them”.
- 8 Refiriéndose al trabajo del geólogo, Darwin escribirá con posterioridad: “In order to make observations of value, some reading and much careful thought are necessary; but perhaps no science requires so little preparatory study as geology, and none so readily yields, especially in foreign countries, new and striking points of interest” [DARWIN, 1849, p.158].
- 9 Tournefort, Ray o Linneo tuvieron conciencia de las dificultades planteadas por la sistemática biológica. En el mundo filosófico, Aristóteles, Porfirio, Boecio, Abelardo, Tomás de Aquino u Ockham la analizaron igualmente.
- 10 “The classifications by which science is advanced, however, are widely different from those which serve as bases for artificial systems of nomenclature. They cross and intersect one another, as it were, in every possible way, and have for their very aim to interweave all the objects of nature in a close and compact web of mutual relations and dependence. As soon, then, as any resemblance or analogy, any point of agreement whatever, is perceived between any two or more things,—be they what they will, whether objects, or phenomena, or laws,—they immediately and *ipso facto* constitute themselves into a group or class, which may become enlarged to any extent by the accession of such new objects, phenomena, or laws, agreeing in the same point, as may come to be subsequently ascertained. It is thus that the materials of the world become grouped in natural families” [1830, pp. 140-141].

- 11 “Naturalists try to arrange the species, genera, and families in each class, on what is called the Natural System. But what is meant by this system? Some authors look at it merely as a scheme for arranging together those living objects which are most alike, and for separating those which are most unlike; or as an artificial means for enunciating, as briefly as possible, general propositions,—that is, by one sentence to give the characters common [...]. Such expressions as that famous one of Linnæus, and which we often meet with in a more or less concealed form, that the characters do not make the genus, but that the genus gives the characters, seem to imply that something more is included in our classification, than mere resemblance. I believe that something more is included; and that propinquity of descent,—the only known cause of the similarity of organic beings,—is the bond, hidden as it is by various degrees of modification, which is partially revealed to us by our classifications.” [DARWIN, 1859, pp. 413-414].
- 12 *Regulae Philosophandi, Regula I.*
- 13 «En filosofía experimental debemos recoger proposiciones verdaderas o muy aproximadas inferidas por inducción general a partir de fenómenos, prescindiendo de cualesquiera hipótesis contrarias, hasta que se produzcan otros fenómenos capaces de hacer más precisas esas proposiciones o sujetas a excepciones.»
- 14 “As particular inductions and laws of the first degree of generality are obtained from the consideration of individual facts, so Theories result from a consideration of these laws, and of the proximate causes brought into view in the previous process, regarded all together as constituting a new set of phenomena, the creatures of reason rather than of sense, and each representing under general language innumerable particular facts. In raising these higher inductions, therefore, more scope is given to the exercise of pure reason than in slowly groping out our first results. The mind is more disencumbered of matter, and moves as it were in its own element. What is now before it, it perceives more intimately, and less through the medium of sense, or at least not in the same manner as when actually at work on the immediate objects of sense. But it must not be therefore supposed that, in the formation of theories, we are abandoned to the unrestrained exercise of imagination, or at liberty to lay down arbitrary principles, or assume the existence of mere fanciful causes. The liberty of speculation which we possess in the domains of theory is not like the wild license of the slave broke loose from his fetters, but rather like that of the freeman who has learned the lessons of self-restraint in the school of just subordination. The ultimate objects we pursue in the highest theories are the same as those of the lowest inductions; and the means by which we can most securely attain them bear a close analogy to those which we have found successful in such inferior cases.” [1830, pp. 190-191].
- 15 “A well imagined hypothesis, if it have been suggested by a fair inductive consideration of general laws, can hardly fail at least of enabling us to generalize a step farther, and group together several such laws under a more universal expression...; “such a weight of analogy and probability may become accumulated on the side of an hypothesis, that we are compelled to admit [...] that it is an actual statement of what really passes in nature... These agents are not to be arbitrarily assumed; they must be such as we have good inductive grounds to believe do exist in nature [...]. They must be *vera causa*...” [1830, pp. 196-197].
- 16 Véase la nota número 14.
- 17 *Principles of geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation.*
- 18 *Theory of the earth with proofs and illustrations.*
- 19 Un estudio interesante sobre el mismo se halla en STODDART [1976]. Otras investigaciones geológicas relevantes quedaron recogidas en publicaciones de esa misma década: “On certain areas of elevation and subsidence in the Pacific and Indian Oceans, as deduced from the study of coral formations”. *Geol. Soc. Proc.*, 2 (1838), 552-554; “Observations on the parallel roads of Glen Roy, and of other parts of Lochaber in Scotland, with an attempt to prove that they are of marine origine”. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 1839, 39-82; “On the Connexion of certain Volcanic Phenomena in South America and on the Formation of Mountain Chains and Volcanos, as the Effect of the same Power by

- which Continents are elevated". *Transactions of the Geological Society of London*, 5 (Ser. 2) 1840, 601-631; "On the Distribution of the Erratic Boulders and on the Contemporaneous Unstratified Deposits of South America". *Transactions of the Geological Society of London*, 6 (Ser. 2) 1842, 415-431; *Geological observations on the volcanic islands*. London, Smith Elder, 1844; *Geological observations on South America*. London, Smith Elder, 1846; "On the Geology of the Falkland Islands". *Quarterly Journal of the Geological Society*, 2 (1846), 267-274; "An account of the Fine Dust which often falls on Vessels in the Atlantic Ocean". *Quarterly Journal of the Geological Society*, 2 (1846), 26-30; "On the Transportal of Erratic Boulders from a lower to a higher level". *Quarterly Journal of the Geological Society*, 4 (1848), 315-323.
- 20 En el memorándum con que se abre la obra, es destacada "the assistance of some of our most eminent men of Science in the composing, by each, of a plain and concise chapter upon the head of enquiry with which he might be most conversant; and they have been readily and kindly promised the advice and labour of Sir John Herschel in revising the whole and preparing it for publication" [HERSCHEL, 1849, p. IV].

BIBLIOGRAFÍA

- ALFARO, E. (2009) "John Herschel y Charles Darwin". *Pasaje a la Ciencia*, 12(2), 2-6.
- BURKHARDT, F.; SMITH, S.; PORTER, D. et al. (eds.) (1985-2009) *The correspondence of Charles Darwin*. Cambridge, Cambridge University Press.
- DARWIN, C. (1842) *The Structure and Distribution of Coral Reefs*. London, Smith Elder.
- DARWIN, C. (1844) *Geological observations on the volcanic islands*. London, Smith Elder.
- DARWIN, C. (1846) *Geological observations on South America*. London, Smith Elder.
- DARWIN, C. (1849a) "Section VI: Geology". En: J.F.W. Herschel (ed.) *A manual of scientific enquiry; prepared for the use of Her Majesty's Navy: and adapted for travellers in general*. London, John Murray, 156-195.
- DARWIN, C. (1849b) "On the use of the microscope on board ship". En: J.F.W. Herschel (ed.) *A manual of scientific enquiry; prepared for the use of Her Majesty's Navy: and adapted for travellers in general*. London, John Murray, 389-395.
- DARWIN, C. (1859) *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London, John Murray.
- GONZÁLEZ RECIO, J.L. (2004) *Teorías de la vida*. Madrid, Síntesis.
- HERBERT, S. (2005) *Charles Darwin, Geologist*. Cornell University Press.
- HERSCHEL, J.F.W. (1830) *A preliminary discourse on the study of natural philosophy. Part of Dionysius Lardner's Cabinet cyclopædia*. London, Longman, Rees, Orme, Brown & Green, John Taylor.
- HERSCHEL, J.F.W. (ed.) (1849) *A manual of scientific enquiry; prepared for the use of Her Majesty's Navy: and adapted for travellers in general*. London, John Murray.
- HUME, D. (2009) *An Enquiry Concerning Human Understanding*. L.A, Selby-bigge (ed.). Gloucester, Dodo Press.
- LAUDAN, R. (1987) *From Mineralogy to Geology*. Chicago, University of Chicago Press.
- LYELL, C. (1830-33) *Principles of geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*. London, John Murray.
- MILL, J.S. (1843) *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive*. London, John. W. Parker.
- Disponible online en :
http://books.google.com/books?id=y4MEAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_navlinks_s#v=onepage&q=&f=false

- MILLMAN, P.M. (1980) "The Herschel Dynasty – Part II : John Herschel". *J. Roy. Astron. Can.*, 74 (4), 203-215.
- NEWTON, I. (1972) *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Cambridge (Mass.), Harvard University Press.
- O'CONNOR, J.J. & ROBERTSON, E.F. (1999) *John Frederick William Herschel*. <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Herschel.html>.
- REID, T. (1969) *Essays on the intellectual powers of man*. Cambridge (Mass.), MIT Press.
- ROBERTS, M. (2001) "Just before the *Beagle*: Charles Darwin geological fieldwork in Wales, summer 1831". *Endeavour*, 25, 33-37.
- RUSE, M. (1999) *The Darwinian revolution: science red in tooth and claw*. Chicago, University of Chicago Press, 2ª ed.
- STODDART, D.R. (1976) "Darwin, Lyell, and the Geological Significance of Coral Reefs". *The British Journal for the History of Science*, 9, 199-218.
- WHEWELL, W. (1967) *History of the inductive sciences*. London, Frank Cass.
- WHEWELL, W. (1967) *The philosophy of the inductive sciences*. London, Frank Cass.