

# LYELL Y LA GEOLOGIA

*José Alsina Calvés*  
Catedrático de Biología  
IES Galileo Galilei. Barcelona

Hablar de uniformismo en geología es casi sinónimo de hablar de Charles Lyell y de sus *Principios de Geología*. Pero nosotros pretendemos hacer algo más: queremos situar el contexto intelectual e histórico de la obra de Lyell, y, sin desmerecer su figura, señalar que además de ser un gran geólogo, fue también un hábil propagandista que reescribió la historia de la geología un poco a su medida.

## **El contexto historico**

Entender la génesis y el significado de la obra de Lyell significa situarse en el contexto intelectual e histórico de la Inglaterra de mediados del siglo XIX. Desde el punto de vista de la ciencia geológica la traducción y adaptación de las obras de Cuvier había desfigurado el contenido esencial de los trabajos del naturalista francés, y había alumbrado una corriente, muy bien representada por Buckland, donde el catastrofismo se asociaba a la teoría diluvial y, en general, al intento de reconciliar los saberes geológicos con las Sagradas Escrituras.

Pero el contexto histórico va más allá de mero contexto intelectual. La situación social en la Inglaterra en que Lyell vivió y trabajó tenía una serie de peculiaridades que forzosamente van a influir en el tema que nos ocupa. El atraso de las instituciones académicas inglesas, en la mayoría de las cuales las disciplinas científicas no formaban parte del currículo obligatorio, contrasta con la situación en Francia o en Alemania. La nula implicación del Estado en la investigación científica hizo que la inmensa mayoría de los científicos importantes de la época fueran «aficionados», en el sentido de que no vivían de la ciencia.

En contraste con todo ello había una gran vitalidad de la sociedad civil y una atención creciente hacia los temas científicos, con una toma de conciencia progresiva de su importancia y trascendencia para la actividad económica e industrial que despuntaba con fuerza en las Islas Británicas.

Mención especial merecen las sociedades científicas, que se convirtieron en las instituciones que generaron el marco social para la actuación de los naturalistas. La todopoderosa Royal Society, fundada en el siglo XVII bajo los ideales baconianos de la «ciencia útil», se fue fragmentando poco a poco, y no sin resistencias, en sociedades más especializadas, que reflejaban, en el terreno social, la aparición de ciencias particulares a partir de la Filosofía Natural.

Fruto de este proceso será la Geological Society, en la cual Lyell desarrollará buena parte de sus actividades, y en la que llegará a ocupar la presidencia. Los orígenes hay que buscarlos en el año 1807 a partir de un grupo de socios de la Royal Society aficionados a la colección de fósiles y minerales. En el grupo inicial encontramos médicos, libreros, ministros de iglesia...y un único geólogo (más exactamente mineralogista): Jaques-Louis, conde de Bourbon, huído de Francia durante el Terror.

Pero el auténtico padre de la Geological Society fue Georges Bella Greenough, miembro del grupo fundador, hacendado e inmensamente rico por la herencia de su abuelo materno, un boticario inventor de unas píldoras digestivas. Greenough financió las actividades del grupo, pues quería brillar en sociedad y conseguir un reconocimiento científico que no merecía ni por su preparación ni por sus trabajos.

La mala reputación de Greenough y su utilización de la incipiente sociedad como una plataforma particular hizo que, al principio, la Royal Society, tanto a través de su presidente, sir Joseph Banks, como de sus socios más cualificados, se opusiera al nuevo grupo; pero poco a poco las cosas fueron cambiando. A principio de la década de los veinte la entrada de varios geólogos jóvenes de gran calidad científica permitió desbancar a la vieja guardia y la Geological Society pasó a tener la categoría y el prestigio que aún actualmente mantiene.

Uno de estos científicos jóvenes era Charles Lyell. Fue admitido en 1819 a los 22 años, y cuando aún era estudiante de Oxford, siendo presentado por su profesor de geología William Buckland y dos amigos de este. Ocupó en diversas ocasiones los cargos de secretario, vicepresidente y presidente, estando en el consejo de dirección 52 años de los 56 que perteneció a la misma.

El elemento generacional fue muy importante en la historia del uniformismo que representa Charles Lyell. Desde el punto de vista ideológico Lyell pertenece a la joven burguesía positivista y liberal que dirigirá el desarrollo espectacular de la revolución industrial en Inglaterra. Partidarios decididos de la separación de ciencia y religión lucharan con éxito contra el monopolio de los clérigos de la Iglesia Anglicana en las instituciones docentes. Habiendo conocido el catastrofismo únicamente a través de la versión diluvial representada por Buckland, buscarán una alternativa en el uniformismo. A esta misma generación pertenecerán, además de Lyell, Roderich Murchison (1792-1871) y el propio Charles Darwin (1809-1882).

## **Precursores de Lyell**

Poco antes de que Charles Lyell publicara sus *Principios de Geología* otros autores habían defendido ideas próximas, tanto en Inglaterra como en el continente. Recordemos a John Playfair y a sus *Ilustraciones* como divulgador de las ideas de Hutton. En el año 1818 la Real Sociedad de Ciencias de Göttingen ofrecía un premio por un ensayo «acerca de los cambios de la superficie terrestre que pueden ser establecidos en la historia, y de la aplicación que de esta información pueda hacerse en la investigación de las revoluciones de la Tierra».

Ganó el premio el diplomático y geólogo aficionado Karl von Hoff (1771-1837), con una masiva recopilación de toda la evidencia histórica a favor de los cambios en la geografía física

por medio de la erosión y la deposición, los volcanes y los terremotos. Este trabajo tuvo como efecto la demostración de que estos factores habían sido mucho más poderosos, geológicamente hablando, de lo que se había sospechado hasta el momento.

El trabajo de von Hoff sugirió también que la acción de estos elementos podían explicar muchas más evidencias de los periodos geológicos pre-humanos, sin necesidad de asumir que los acontecimientos más drásticos carecían de paralelo posible en nuestros días. No era una conclusión necesaria que no se hubieran producido tales acontecimientos; tan sólo que probablemente habían sido de tipo similar, aunque de mayor intensidad, a los observados en la historia humana.

No obstante, los argumentos de von Hoff a favor de las «causas actuales» y su importancia en geología, podían utilizarse también para eliminar por completo las revoluciones, si se combinaban con los argumentos de Playfair sobre la efectividad de los procesos, incluso muy lentos, a lo largo de grandes periodos de tiempo.

Otro geólogo aficionado, esta vez inglés, dio un gran paso en esta dirección con sus estudios sobre volcanes: George Poulett Scrope (1797-1876). Scrope, que era miembro del Parlamento, publicó *Consideraciones sobre los volcanes* en 1825, y *Memoria sobre la geología de Francia central*, en 1827. Sus motivaciones para refutar el diluvianismo eran las mismas que en Lyell: la teoría de Buckland amenazaba la integridad y el estatus de la ciencia geológica, no solamente por intentar una fútil concordancia con las Escrituras, sino porque detenía toda posterior investigación.

Asumir que no existe proceso actual alguno que pueda explicar efectos del pasado era positivamente anti-heurístico, dado que impedía toda búsqueda de un proceso actual que pudiera ser de hecho adecuado. En este punto Scrope, al igual que Lyell, debatía con una caricatura: nadie en el campo catastrofista mantenía que no existiera proceso actual alguno que pudiera explicar el pasado. Las diferencias eran más bien de grado.

Scrope aplicó su método actualista<sup>1</sup> a la interpretación de los famosos volcanes extintos del centro de Francia. Su demostración de que no diferían en carácter esencial alguno de los volcanes activos de su tiempo le llevó a una conclusión similar a la de Playfair acerca de la excavación de los valles. En esta área pudo demostrar que la efusión ocasional de ríos de lava a través de los valles había suministrado evidencia de varias etapas diferentes en los procesos de excavación, en contraste con la acentuada distinción que hacían los diluvianistas entre los estados ante y postdiluvianos.

La excavación gradual por parte de los arroyos resultaba adecuada para dar una explicación del origen de los valles siempre que se asumiera un tiempo indefinido, sin limitación. Esta conclusión subrayaba la capital importancia del tiempo en geología. El propio Scrope aseguraba haber oído el lema de la naturaleza en todas sus observaciones geológicas. «¡Tiempo – tiempo – tiempo!».

Esto no significa que la interpretación catastrofista estuviera ligada a una cronología de corta duración. Pudo ser así en un momento dado, pero autores como Cuvier, por ejemplo, no tenían inconveniente en alargar la escala cronológica todo lo que fuera necesario, y las estimaciones bíblicas de 6000 años de antigüedad de la Tierra habían sido superadas hacía ya mucho tiempo.

Para los catastrofistas los propios efectos parecían reclamar la existencia de acontecimientos repentinos, sin perjuicio de que se asumieran enormes intervalos de tiempo entre estas revoluciones. No obstante, tal vez existiera una pequeña laguna entre la aceptación de

<sup>1</sup> «El único camino legítimo del pensamiento geológico», según el propio Scrope.

una vasta escala temporal y la capacidad de imaginar lo que podía implicar una escala de tiempo semejante. Probablemente esta barrera mental sólo podía ser derribada por alguien que tuviera poderosos motivos para explotar al máximo una escala temporal de estas características.

Scrope, y más tarde Lyell, se dieron cuenta de que se podía utilizar la inmensidad del tiempo como mecanismo explicativo para eliminar las supuestas catástrofes, que tanto aborrecían. Con una disponibilidad ilimitada de tiempo los procesos geológicos ordinarios eran capaces de producir los más llamativos efectos, y los acontecimientos aparentemente súbitos y a gran escala podían ser diluidos en cambios lentos y graduales.

La crítica de Scrope a los aspectos geológicos del diluvianismo se vio complementado por el trabajo de su contemporáneo, el reverendo John Fleming, en los aspectos biológicos. Fleming quería demostrar que la extinción de la fauna «diluviana» no había tenido lugar de una manera repentina, sino gradual, y a lo largo de extensos periodos de tiempo.

Fleming, al igual que Scrope, utilizaba como base explícita de sus razonamientos el método actualista de Playfair. Además daba por sentado que tanto la Tierra como la propia vida habían tenido una historia de carácter direccional, lo que nos demuestra que este modelo direccional no era exclusivo del catastrofismo, aunque ponía en cuestión la validez de inferir a partir de los fósiles que la Tierra había sido más cálida en el pasado.

Pero la principal preocupación de Fleming era utilizar sus conocimientos de ecología animal y de biogeografía para mostrar que las supuestas especies «diluvianas» se podían haber extinguido gradualmente por una lenta reducción y una eliminación final de poblaciones locales. En apoyo de esta hipótesis citaba la analogía actualista de los efectos de la actividad humana en el período histórico: muchas especies habían desaparecido de Inglaterra en los últimos siglos, y algunas se habían extinguido en toda la Tierra.

La hipótesis de la extinción progresiva de Fleming venía también respaldada por el hecho de que en las gravas con huesos fósiles los restos de especies extintas aparecían mezclados con los de especies aún existentes; si el supuesto Diluvio Universal había aniquilado algunas especies, no había ninguna razón para que no hubiera aniquilado también a las demás.

Una de las especies extintas más espectaculares, el alce irlandés, había sobrevivido hasta tiempos «post-diluvianos», ya que sus restos aparecían en turberas situadas por encima de la caliza diluviana, y, aparentemente, había coexistido con el hombre. Si un miembro de esta fauna se había extinguido por causas diferentes al diluvio de Buckland ¿por qué no iba a haber ocurrido lo mismo con otros?

En cualquier caso, señalar que el enfoque característico de Lyell venía influenciado por las ideas de sus predecesores y coetáneos no supone merma alguna para su estatura intelectual. Sin embargo la figura y el legado de Lyell son enormemente complejos, y es especialmente interesante el ver como reescribió la historia de la geología. Por ello nos ocuparemos con detalles de su papel y significado.

## **Charles Lyell: vida y viajes**

Charles Lyell nació en Kinnordy y pertenecía por su cuna a la aristocracia rural escocesa, a pesar de lo cual vivió la mayor parte de su vida en Londres y alrededores. Estudió leyes en Oxford, y ejerció durante unos años como abogado, pero su verdadera pasión era la geología. Empezó a interesarse por las ciencias de la Tierra durante sus años universitarios, gracias a las conferencias de Buckland. Por problemas de salud (acabó su vida ciego) terminó abandonando la abogacía y desde 1827 se dedicó únicamente a sus actividades científicas.

Durante dos años (1831-1833) ejerció como profesor de geología en el King's College de Londres. En 1830 apareció el primer volumen de sus *Principios de Geología*. El segundo volumen verá la luz en enero de 1832; un tercer volumen, no previsto, aparecerá en 1833, al mismo tiempo que la segunda edición de los dos primeros. Las ediciones van a sucederse hasta alcanzar el número de doce, apareciendo la última en 1875, pocos meses después de su muerte.

En 1838 publicó *Elementos de Geología*, especie de obra de divulgación, más descriptiva que los *Principios*, de la que llegaron a realizarse seis ediciones. Publicó también gran número de artículos, y otros dos libros donde narra sus viajes a Estados Unidos.

Los viajes tuvieron gran importancia en la obra de Lyell. Buena parte de sus teorías se gestaron en las observaciones geológicas realizadas durante los mismos. Posteriormente, los viajes a Estados Unidos sirvieron sobre todo para propagar sus teorías y afianzar su imagen de científico de fama internacional.

El primer viaje por Europa se inició el 10 de Mayo de 1828, juntamente con su amigo y colega Roderick Murchinson, y tenía como objeto inicial comprobar sobre el terreno las ideas de Scrope sobre los volcanes extintos del centro de Francia. Los dos amigos se encontraron en París y emprendieron una expedición que resultó mucho más larga y fructífera de lo que nunca habían imaginado.

Pasaron dos meses recorriendo el Macizo Central francés para estudiar los antiguos volcanes y las series terciarias, que querían comparar con las de la cuenca de París. Después descendieron por el valle del Ródano hasta su delta, y continuaron hasta la Costa Azul.

Llamó su atención la fuerza de los ríos para cortar profundas gargantas en los lechos de lava. Las lavas habían rellenado antiguos valles y los ríos habían excavado nuevas vías. Lyell quedó muy impresionado al encontrar en ciertas calizas del Terciario, en la Limange, ejemplares del fósil *Chara*, en unas formaciones que se parecían mucho a las que se estaban formando en cerca de propio hogar, en Kinnordy. Esto le hizo pensar que las formaciones de agua dulce estaban muy extendidas. La litología de las calizas no solamente le recordó los ejemplares ingleses, sino que le convenció aún más de la importancia de la utilización de los fósiles para la datación.

Lyell y Murchinson también encontraron estratos de margas cuya potencia rebasaba los 700 pies, y que estaban formados por láminas, que contenían unas 30 láminas por pulgada. Cada lámina estaba formada por las valvas en forma de plato del ostrácodo *Cypris*. Lyell conocía *Cypris* por su experiencia como coleccionista, ya que lo había observado en charcas de Hampshire, y dedujo que las capas observadas eran anuales. En consecuencia la formación entera suponía varios cientos de miles de años de sedimentación en aguas tranquilas, y en condiciones parecidas a las de algunos lagos del momento actual.

Observaron también que los estratos de agua dulce estaban más fuertemente levantados cuando recubrían el enorme centro volcánico. Es probable que Lyell empezara a relacionar el vulcanismo y los trastornos tectónicos a partir de esta observación. Si los espectaculares plegamientos y levantamientos de los estratos podían explicarse simplemente por la acción largamente continuada de los terremotos corrientes, no habría razón para defender la existencia de convulsiones paroxísticas de vez en cuando. A partir de aquí podía eliminarse una piedra angular de la interpretación catastrofista.

Los dos amigos llegaron a Niza el 9 de agosto. Pasaron allí una temporada, pues Murchinson había contraído la malaria, muy frecuente en aquella época en los estanques próximos a la desembocadura del Ródano. Continuaron el viaje por el norte de Italia y se separaron en Padua. En Turín Lyell visitó el museo de Zoología, que poseía una importante colección que le permitió comparar la fauna actual con la del Terciario de la cuenca de París y de otras regiones de Francia e Italia.

Fue en Turín donde Lyell tuvo la idea de que los materiales terciarios no eran contemporáneos entre sí. En algunos lugares la fauna que contenían era muy diferente de la actual —no había casi ninguna especie hoy viviente— mientras que en otros las especies actuales eran mucho más abundantes. Este podría ser un criterio que permitía conocer la mayor o menor antigüedad de los materiales y dividirlos en tres series: Eoceno, Mioceno y Plioceno. Más adelante nos ocuparemos con mayor detalle de las aportaciones de Lyell a la estratigrafía del Terciario.

Lyell continuó el viaje hacia la región de Nápoles. Allí visitó los restos del Templo de Serapis, en Pozzuoli, y encontró una prueba de las variaciones del nivel del mar en tiempos muy recientes. Sólo quedaban en pie tres columnas del antiguo templo romano, pero en ellas había escrita una interesante historia. En su parte alta el mármol de las columnas tenía numerosas marcas de perforaciones producidas por el molusco marino *Lithodomus* (habitante de las piedras). Como el templo tuvo que ser construido en tierra firme, las perforaciones de *Lithodomus* indicaban que posteriormente a su construcción fue recubierto por el mar, que más tarde se retiró para dejarlo emergido, tal como lo encontró Lyell.

También en Nápoles Lyell escaló el Vesubio, y visitó la isla volcánica de Ischia, donde descubrió estratos que contenían especies existentes de moluscos mediterráneos, a unos 2600 pies sobre el nivel del mar. Si Ischia se había levantado tanto en el pasado geológico más reciente, ¿Qué levantamiento podría anticiparse para el Etna?

Muy motivado por estos resultados Lyell decidió atravesar el estrecho de Mesina y visitar Sicilia, lo que en aquella época era toda una aventura, con peligros e incomodidades. Acompañado de un guía local y de una cabalgadura que trasportaba el equipaje, subió al Etna, el mayor volcán de Europa, a través de la vía de Val de Bove, un inmenso anfiteatro natural, de unas cinco millas de diámetro, con el suelo recubierto de lavas recientes.

Lyell encontró cortes naturales de los precipicios de los alrededores, donde podía observarse la existencia de capas alternas de lavas y tobas, buzando uniformemente hacia el exterior. Esto parecía suponer un periodo de crecimiento gradual y prolongado. También encontró conchas de moluscos marinos interestratificados con coladas de lava, a varios centenares de pies sobre el nivel del mar, lo que sugería un levantamiento reciente.

Lyell quedó profundamente impresionado por los fenómenos observados durante su ascensión al Etna. Observó que de los aproximadamente ochenta conos volcánicos secundarios de las inmensas vertientes, solamente uno, el monte Rossi, había sufrido erupciones en los últimos siglos. Calculó que para la formación de todos ellos hacía falta un mínimo de 12.000 años. Y se trataba solamente de los más recientes, es decir, los que no estaban cubiertos por las coladas de lava.

Hacia el sur del Val di Noto hizo otros descubrimientos interesantes; observó, por ejemplo, en un punto determinado unas colinas de poca altura, que estaban formadas principalmente por calizas compactas que contenían moldes de conchas marinas. Cerca de Siracusa podían observarse, por debajo de estas calizas, unas arcillas azules, con conchas mucho mejor conservadas, que eran idénticas a especies existentes en el Mediterráneo.

Lyell concluyó que las calizas, aparentemente mesozoicas, eran en realidad de un Terciario reciente. Todos los estratos, claramente muy jóvenes en términos geológicos, se extendían por debajo del Etna y, por consiguiente, debían ser anteriores a la formación del volcán. Sin embargo, a escala humana, los conos indicaban que el volcán era inmensamente viejo. Las calizas habían llegado a alcanzar hasta trescientos pies en el interior de Sicilia, pero evidentemente habían tenido de sobra para que el levantamiento hubiera sido gradual y no resultante de un paroxismo.

El 9 de enero de 1829 Lyell salió de Palermo en dirección a París. Allí se reunió con algunos colegas, como Constant Prevost y el propio Cuvier. El 29 de febrero del mismo año llegó a Londres y enseguida empezó a planificar la edición de los *Principios de Geología*.

Es evidente que este primer viaje fue fundamental para Lyell. A lo largo del mismo gestó las ideas principales en las que trabajaría el resto de su vida. Pero no fue el único. En verano de 1830 emprendió un viaje por España, a lo largo del cual visitó los Pirineos y la región volcánica de Olot. Lyell tenía conocimiento de esta región desde 1826 por los trabajos de Maclure.

Pero el primero que había descubierto y estudiado esta zona volcánica había sido el farmacéutico de Olot, y geólogo aficionado, Francesc de Bolòs (1773-1844). En 1808 mostró sus trabajos a Maclure cuando este visitó la zona, pero no los publicó hasta 1820. El geólogo americano (escocés de origen) envió inmediatamente una nota sobre estos volcanes al *Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle* de París sin citar para nada los trabajos ni la colaboración de Francesc de Bolòs al que tampoco citó en publicaciones posteriores.

Con anterioridad había sido William Bowles (1714-1780), un naturalista inglés contratado por el gobierno español, quien dio la primera información científica sobre estos volcanes, cuando el año 1775 publicó *Introducción a la historia natural y a la geografía física de España*, aunque no indicaba su situación exacta, pues parece que no los llegó a visitar personalmente. La obra de Bowles tuvo una gran difusión en Europa a través de sus tres ediciones españolas, y sucesivas traducciones al italiano, francés, inglés y alemán, y es muy probable que Maclure tuviera conocimiento de ella.

Además de su interés por la región volcánica de Olot, Lyell quería también visitar los Pirineos, pues Elie de Beamount acababa de publicar un artículo, *Las revoluciones en la superficie del globo*, basándose en el estudio de las montañas, donde sostenía que las cordilleras de Europa se habían formado en tres periodos de intensos movimientos. Lyell, evidentemente, no estaba de acuerdo con estas revoluciones, y esperaba encontrar a lo largo de su expedición, argumentos para combatir tales tesis.

Lyell desembarcó en Le Havre, y cruzó Francia lo más rápidamente posible a través de Burdeos y Toulouse, y desde Aix-les Thermes empezó a estudiar el Pirineo. Después de diversos problemas burocráticos consigue cruzar la frontera y llega hasta Barcelona. Desde allí se dirige a Olot, pasando por Montserrat, Cardona y Vic, pero no recogió ninguna observación sobre el Terciario de la cuenca catalana; solo disponía de dos semanas para estar en Cataluña, y su objetivo era la región volcánica.

Lyell llegó a Olot el 3 de agosto, con unas cartas de presentación del conde de España, gobernador civil de Barcelona<sup>2</sup>, para Francesc de Bolòs, que lo recibió con la mayor cordialidad a pesar del mal recuerdo que le había dejado la visita de Maclure. El farmacéutico acompañó a Lyell por la región, y ambos estudiaron los conos volcánicos, las coladas de lava, y sus relaciones con las terrazas y los valles fluviales.

Lyell dibujó un mapa de la región, numerosos cortes y magníficas panorámicas que ilustrarán el tercer volumen de los *Principios*, y también la segunda edición de los *Elementos*. A diferencia de Maclure, citó los trabajos y la magnífica colaboración de Francesc de Bolòs.

El 17 de agosto Lyell se dirigió a Luchon, y desde allí, junto con su amigo el capitán Cook, inició la ascensión al Monte Perdido. Quedó muy impresionado al ver que su cima

---

<sup>2</sup> Siniestro personaje de origen francés (era en realidad conde de Espagnac) que fue más adelante general del ejército carlista, y que dirigiría el sitio y destrucción de Ripoll, en 1839. Fue asesinado por sus propios soldados, horrorizados por su brutalidad y megalomanía.

estaba formada por materiales calcáreos con abundantes fósiles marinos. Posteriormente comprobó que los fósiles eran del Cretácico y que, por lo tanto, los movimientos que elevaron y plegaron el Pirineo no podían haberse producido en este periodo, como sostenía Beaumont.

Siguió por la ladera norte de la cordillera hasta Bayona, en el País Vasco, y quedó impresionado por las series de *flych*, una rítmica alternancia de láminas de arcilla y areniscas, que se repetían monótonamente centenares de metros.

No acaba aquí la historia de los viajes de Lyell. Efectuó dos viajes a Alemania: el primero inmediatamente después de volver de España y el segundo en 1832 para contraer matrimonio con su prometida Elizabeth Horner, que se había trasladado a vivir a Bonn por razones familiares. A pesar del carácter personal de estos viajes los aprovechó para realizar observaciones geológicas, y para visitar museos y universidades.

Entre 1841 y 1853 realizó cuatro viajes a América del Norte, el primero de los cuales duró más de un año. Estos viajes le proporcionaron material para más de treinta artículos científicos, y para dos libros que tuvieron un éxito extraordinario, pero que no eran estudios geológicos, sino más bien libros de viajes.

En diciembre de 1853, al regresar del último viaje a América, Lyell partió hacia las islas del Atlántico. El objetivo era conocer los volcanes de Canarias y Madeira tanto para estudiar su estructura como para comprobar la relación de los fenómenos volcánicos y los movimientos de elevación de estas islas, que eran demostrables por la diferencia del nivel de los sedimentos marinos de las costas en relación con el nivel del mar actual.

Después de pasar casi dos meses en Madeira, Lyell llegó a Tenerife. Por indicación del subgobernador del distrito se puso en contacto con Pedro Maffiote, profesor de ciencias de la Escuela de Náutica y buen naturalista. Maffiote le acompañó en sus recorridos, le ayudó en la recolección de muestras y fósiles y se encargó del envío de estos a Londres. La correspondencia entre ambos y el intercambio de información sobre la geología de la isla se prolongó hasta 1866.

Los temas geológicos que aparecen en esta correspondencia son tan variados como interesantes: origen de los conos volcánicos, relación entre los sedimentos marinos y los depósitos volcánicos, restos de playas marinas por encima del actual nivel del mar, comparación de faunas de diversos sedimentos, etc.

Lyell prosiguió su viaje hacia Gran Canaria, la parte del viaje de la que poseemos menos información. Visitó después la isla de La Palma, que era uno de los principales motivos de su expedición, ya que precisamente a partir de este complejo volcánico, Von Buch había formulado su teoría sobre el origen de los conos volcánicos, con la que estaba en desacuerdo. De regreso a Tenerife ascendió al Teide, otro de los objetivos de su viaje, y dibujó magníficas panorámicas que ilustraron sus libros.

Las ideas y observaciones desarrolladas a lo largo de estos viajes proporcionaron a Lyell el material para la gran obra de su vida, los *Principios*, en sus diversas ediciones.

### **Los Principios de geología**

Tal como ya hemos señalado el primer volumen del libro apareció en 1830, y el segundo y el tercero se publicaron en los tres años siguientes. Su título completo ya indica que no se trata de un simple manual, sino de una obra dedicada a la presentación y defensa de un sistema: *Principios de geología que intentan explicar los cambios ocurridos anteriormente sobre la superficie de la Tierra, refiriéndonos a las causas que actúan en el momento presente.*

De los *Principios* puede decirse lo mismo que de *El origen de las especies* de Darwin: todo el libro constituye un único argumento. El volumen primero se inicia con un relato muy completo de la historia de la geología desde la antigüedad. Más adelante nos ocuparemos de la importancia de este relato histórico en la argumentación de Lyell. La columna vertebral del mismo era demostrar que la geología, en los últimos años, había visto frenado su progreso por los intentos de ponerla de acuerdo con las Escrituras y por la creencia de que las causas del pasado habían sido diferentes a las actuales.

En su libro Lyell pretendió socavar desde su raíz el punto de vista «progresionista» e insistió en la inadecuación de la escala del tiempo geológica. Pretendía cambiar las imaginaciones de aquellos geólogos que estaban preparados intelectualmente para admitir la inmensidad del tiempo geológico, aunque como hemos visto, ello no implicaba forzosamente aceptar el uniformismo tal y como Lyell lo entendía.

Lyell pretendía derivar su metodología actualista de la aceptación de la constancia de las leyes físicas. Esta creencia en el valor heurístico del método actualista derivaba directamente de Hutton, y fue adoptada sucesivamente por Playfair y Scrope, pero Lyell, con su propuesta uniformista de sistema estable y uniforme, iba mucho más allá, tal como veremos.

Por otra parte Lyell, al rechazar el progresionismo, atacaba el concepto de una Tierra que iba enfriándose paulatinamente. Sostenía que no existían pruebas de que la actividad ígnea y tectónica hubiera sido más intensa en épocas anteriores, ni de que el clima del mundo hubiera ido enfriándose de manera sistemática. La intensa actividad volcánica de Italia, del Macizo Central y de otros puntos había mostrado ser muy reciente, y había sido precedida por largos periodos de tranquilidad.

Lyell puso en evidencia que los terrenos más antiguos contenían más materiales graníticos y metamórficos únicamente porque se habían formado en profundidad y habían quedado al descubierto sólo después de importantes levantamientos y de haber sufrido erosiones; estas eran, probablemente, las rocas más antiguas.

Lyell insistió repetidamente en el fenómeno del levantamiento, porque, como ya hemos visto, su idea del levantamiento lento y gradual era una de sus concepciones más originales, y que se oponía, en su parte más fundamental, a las populares teorías de Elie de Beaumont. La gran amplitud del tiempo geológico, aunque no era negada por sus oponentes, le permite explicar lo que de una manera superficial podría considerarse como una prueba de acontecimientos catastróficos. Así interpretó el agudo contraste de fauna y la ruptura litológica entre el Cretácico y el Eoceno como resultado de un espacio de tiempo no contabilizado, quizá superior al que separa el Eoceno del momento actual.

Los *Principios* contienen también una interesante aportación sobre la estratigrafía del Terciario a partir de su contenido fosilífero, que constituye una de las aportaciones positivas más importantes de Lyell, sobre la que nos ocuparemos más adelante con mayor detalle.

## **Lyell reescribe la historia de la geología**

Charles Lyell fue un gran geólogo, pero era también un abogado notable, que dominaba las claves de la persuasión verbal. Para situar su posición en la historia de la geología, para resaltar su papel y minimizar los méritos de sus oponentes, a los que caricaturizó, empezó su libro con una introducción histórica, en la que manipuló una serie de hechos y de ideas. Si Lyell como geólogo merece admiración, su aportación a la historia de la geología fue más bien negativa. De alguna manera fue autor de su propio mito, y para ello tuvo que introducir una serie de errores históricos que todavía arrastran muchos geólogos.

Tal como ya hemos señalado, el primer volumen de los *Principios* empieza con cinco capítulos dedicados a la historia de la geología, cuyas lecciones tratan de establecer una adecuada aproximación a un estudio moderno de la Tierra. El gran objetivo de Lyell no era escribir un tratado que compendiará, de una manera sistemática, todos los conocimientos sobre la Tierra, sino introducir un apasionado y sencillo resumen de un argumento sólido y contundente.

A lo largo de toda la obra, incluida la introducción histórica, se trata el mismo tema, e incluso la disposición de las partes sugiere el desarrollo uniforme del resumen. La famosa frase de Darwin en la introducción de *El Origen de las Especies*: «todo el libro es un único argumento», podría aplicarse perfectamente al libro de Lyell.

La columna vertebral del razonamiento de Lyell era que para descubrir la verdad era preciso ceñirse a una determinada metodología, a la que no dio nombre, pero a la que se denominaría más tarde como «uniformitarismo», y a la que nosotros llamaremos uniformismo, por considerarlo un término más eufónico. La esencia de la uniformidad se introduce ya en el subtítulo del libro: «Un intento de explicar los primeros cambios en la superficie de la Tierra en referencia a causas que operan actualmente».

La proposición parece bastante simple: la ciencia es el estudio de los procesos; sin embargo los procesos del pasado son, en principio, inobservables. Solamente en la congelación de sus resultados se pueden encontrar evidencias de lo que ocurrió (fósiles, montañas, lavas, etc.). La única manera de comprender los procesos del pasado es comparar sus resultados con los fenómenos modernos que resultan de procesos que ahora podemos observar directamente. Así pues, el presente debe ser nuestra llave para el pasado.

Si la idea de uniformidad se restringiera a la simple presentación de un método, no encontraríamos en ella nada particularmente ilustrativo. Pero en realidad la uniformidad a la que se refiere Lyell es una idea mucho más compleja, donde se mezclan las bases de un método con una importante proposición sobre la esencia de la Tierra. Lyell mantuvo que todos los sucesos pasados, todos y cada uno, podrían explicarse por la acción de las causas que operan actualmente.

No hay antiguas causas que se hayan extinguido, ni nuevas causas que entren en funcionamiento. Es más, las causas del pasado han actuado desde siempre con la misma intensidad con que lo hacen ahora. No han aumentado ni disminuido con el tiempo. Ningún periodo primitivo ha disfrutado de ningún vigor original, ni se ha visto sujeto a ralentizaciones. En resumen, la Tierra siempre ha funcionado como lo hace ahora.

Lyell defendió su idea de la uniformidad en dos sentidos. Añadió al argumento lógico que hemos mencionado una justificación histórica enraizada en el pensamiento occidental. Paradójicamente, aunque su geología era «antiprogresista», sus argumentos históricos se fundamentaban en el progresismo positivista<sup>3</sup>.

En el relato histórico de Lyell las fuerzas de la oscuridad se despliegan para impedir cualquier progreso. Pero la mortecina llama de la verdad empieza a parpadear, y al final arderá con brillo para acabar con la superstición y la ignorancia. Las fuerzas de la oscuridad están representadas por aquellos hombres que ven en el pasado diferentes formas y causas que

---

<sup>3</sup> Aunque no lo cita de una manera específica, el pensamiento histórico de Lyell está muy influido por la obra de Comte, especialmente por la doctrina de los tres estados del espíritu humano. De una manera implícita Lyell viene a decirnos que su obra la geología abandona el estadio metafísico y entre en el positivo o científico.

en el presente; éstos hacen imposible cualquier forma de ciencia verdadera pues su único procedimiento es la vana especulación. La uniformidad es la fuente de luz, y el avance de la geología podría definirse como el lento pero ininterrumpido crecimiento de su aceptación. En palabras del propio Lyell:

«En el esquema del progreso de la geología encontramos la historia de un violento y constante enfrentamiento entre las ideas nuevas y las doctrinas de siempre, doctrinas sancionadas por la fe incondicional de muchas generaciones, y supuestamente apoyadas en la autoridad que brindan las escrituras.» (I, 30)<sup>4</sup>

Para entender el impacto de las ideas de Lyell, hay que admitir un factor que muchos científicos admiten de mala gana, especialmente si son de formación positivista<sup>5</sup>. Se supone que la verdad debe prevalecer por la «evidencia de los hechos», por los argumentos lógicos y por la documentación, y no por la fuerza de la retórica. Pero nunca entenderemos el triunfo de Lyell sin tener en cuenta su destreza verbal y sus capacidades como escritor y comunicador.

Charles Lyell demostró ser un gran escritor no sólo por el acierto en la elección de las palabras, sino también por su extraordinaria habilidad para desarrollar argumentos, encontrando siempre las analogías y las metáforas oportunas. Un buen ejemplo de sus habilidades retóricas lo encontramos en el capítulo 5:

«Las fuentes del prejuicio...están todas particularmente calculadas para producir la misma decepción, y para forzar la creencia de que el curso de la naturaleza en su más temprana edad, difería ampliamente de lo que ahora está establecido» (I, 80).

Es decir, todas las ideas «viejas» compartían el mismo prejuicio, que solamente se podía defender desde la especulación: que antiguamente en la Tierra operaban causas diferentes a las de ahora. Pero la observación empírica de la Tierra iba a hacer cambiar las cosas:

«Los primeros observadores pensaron que los monumentos que los geólogos se empeñan en descifrar pertenecen a un período en que la constitución física de la Tierra era totalmente diferente a la actual, y en el que, incluso, después de la creación de los seres vivientes, actuaban causas diferentes en género o grado a las que ahora forman parte de la economía de la naturaleza. Estas ideas se han modificado gradualmente, y algunas de ellas han sido totalmente abandonadas, en la misma proporción en que las observaciones se han multiplicado, y los signos de los primeros cambios se han interpretado adecuadamente... Algunos geólogos (ahora) infieren que nunca ha habido interrupciones en el orden uniforme de los procesos físicos» (I, 75).

Es evidente la caricatura de los catastrofistas y las falacias argumentativas de Lyell. Geólogos como Cuvier no se dedicaron a especular, sino que apoyaron sus ideas en numerosas observaciones y estudios empíricos. El propio Buckland realizó trabajos de campo. Además muchos catastrofistas no suponían que en el pasado hubieran actuado causas diferentes de las actuales, sino simplemente que habían variado de intensidad.

<sup>4</sup> En las citas de los *Principios de Geología* haremos constar el volumen (I, II o III) y la página.

<sup>5</sup> A pesar del sesgo positivista de las ideas de Lyell.

En contraste el propio Lyell no se privó, en ocasiones, de especular. Buen ejemplo de ello es cuando escribió acerca de los climas más templados en un futuro geológico:

«Entonces podría volver aquel género de animales cuya memoria se preserva en las viejas rocas de nuestros continentes. Podría reaparecer en los bosques el terrible iguanodonte, y en los mares el ictiosauro, y los pterodáctilos volverían a revolotear umbrías arboledas de grandes helechos» (I, 123).

En este pasaje de Lyell el «estudio empírico» brilla por su ausencia. Parece ser que esta peregrina teoría de la vuelta de formas extintas inspiró la caricatura de De la Beche, donde se veía a un profesor «ictiosauro» impartir una clase de paleontología sobre un cráneo humano a unos alumnos de su misma especie. El dibujo data de 1830, fecha de la aparición del primer tomo del libro de Lyell, por lo que es muy probable que fuera este el objeto de la broma<sup>6</sup>.

Pero si la versión de Lyell de la historia de este debate geológico estaba deformada, los estudios posteriores cayeron en simplismos aún peores. Se dio un nombre a cada uno de los extremos de la dicotomía: se llamó catastrofismo al extremo derrotado y uniformismo al vencedor. Estos nombres formaron una envoltura que cubría cualquier sutileza que aun quedara en estos conceptos.

La posición catastrofista resultaba cada vez más ridícula y caricaturesca. Así, por ejemplo, Lyell había reconocido que la escala temporal de 6000 años inspirada en el Génesis estaba en el siglo XIX totalmente obsoleta, y que prácticamente ningún científico la aceptaba. Pero textos de historia posteriores han difuminado esta afirmación, y han dado por supuesto que los geólogos catastrofistas de la época de Lyell seguían adheridos a la cronología bíblica.

Los catastrofistas –los malos del relato– se convirtieron en traficantes de milagros, con la Biblia como única fuente intelectual, y responsables de haber retrasado el desarrollo de la geología como ciencia madura. Pero, tal como hemos visto, las cosas no habían sido de esta manera. Muchos catastrofistas eran buenos científicos (el caso de Cuvier es paradigmático), que aceptaban la metodología actualista y una cronología de larga duración.

La idea de que el catastrofismo implica forzosamente la adhesión a la cronología bíblica es errónea, aunque sí que es cierta la afirmación contraria: una escala temporal de 6000 años implica alguna forma de paroxismo global como vía de cambio, pero la creencia en una o varias catástrofes no implica necesariamente un planeta joven. La Tierra podría tener miles de millones de años y concentrar sus cambios en momentos paroxísticos.

Por otra parte es evidente que la observación directa de los estratos y las discontinuidades geológicas nos lleva más bien a la idea de cambios bruscos que paulatinos, lo cual demuestra que es falsa la idea de que los catastrofistas, al menos considerados en conjunto, no realizaran observaciones de campo.

A pesar de todo ello la pirueta histórico-propagandística desarrollada por Lyell en el primer tomo de los *Principios* sigue todavía ejerciendo influencia en algunos trabajos de historia de la geología. La última biografía publicada sobre Lyell lleva un subtítulo muy significativo: *Lyell. El fin de los mitos geológicos*<sup>7</sup>. Sin menoscabo de la importancia de la obra de Lyell hay que afirmar sin vacilación que la geología había abandonado su época mítica muchísimo

<sup>6</sup> Se había pensado en un principio que el dibujo iba dirigido a Buckland, por la amistad existente entre ambos hombres, y porque este había estudiado los coprolitos (heces fósiles) del ictiosauro.

<sup>7</sup> Carmina Virgili (2003) *Lyell. El fin de los mitos geológicos*. Científicos para la historia. Ed. Nivola. Tres Cantos (Madrid).

antes, y toda la historia que hemos ido desarrollando en los capítulos anteriores es buena prueba de ello.

## Los múltiples significados de la uniformidad

La clave de la retórica «histórica» de Lyell se basa en una cierta ambigüedad en torno al término «uniformidad». Tal como hemos señalado, la columna vertebral de su razonamiento era que para obtener verdades en geología era preciso seguir las reglas de un método determinado. Sin embargo, bajo la etiqueta común de «uniformidad», Lyell unifica dos tipos diferentes de proposiciones: unos principios metodológicos acerca del procedimiento científico adecuado, y una relación de creencias sobre la manera en que se supone que realmente funciona el mundo.

Los principios metodológicos fueron aplaudidos por la comunidad científica, y la mayoría de los geólogos se adhirieron a ellos, incluidos los catastrofistas. Ahora bien, las creencias acerca de la esencia del planeta despertaron controversias, y realmente fueron aceptadas únicamente por una minoría de geólogos.

Lyell recurrió a un procedimiento embaucador, utilizando el artificio retórico más brillante de la historia de la ciencia, teniendo en cuenta el éxito obtenido. Etiquetó a todas las posibles versiones como «uniformismo», y dio por sentado que si la mayoría de los geólogos estaban de acuerdo con los principios metodológicos, sus ideas sobre la esencia del planeta Tierra debían ser ciertas. El éxito retórico de Lyell puede catalogarse como uno de los eventos geológicos más importantes del siglo XIX, pues estableció una historia «oficial», que englobaba, dentro de un método propio para el estudio de la Tierra, una visión restrictiva de la naturaleza del cambio geológico.

Rudwick<sup>8</sup> y después Gould<sup>9</sup> han establecido hasta cuatro significados diferentes del término «uniformidad» en la obra de Lyell:

- I. La Uniformidad de la ley. Las leyes de la naturaleza son constantes en el tiempo y en espacio. Asumir esta constancia nos proporciona la suficiente garantía para poder proyectar inferencias en un pasado inobservable. Esta interpretación de la uniformidad arranca de la propia posibilidad de la ciencia. Era compartida por todos los científicos y hacía de fundamento indiscutible del discurso de Lyell.
- II. La uniformidad de los procesos. Si se puede representar un fenómeno del pasado como el resultado de un tipo de proceso que actualmente sigue operando, no tenemos que recurrir a causas desconocidas o extinguidas para su explicación. Este principio recibió el confuso nombre de «actualismo», en referencia a la palabra afín en la mayoría de los idiomas continentales, donde «actual» significa *presente* y no *real*, como en la lengua inglesa. Por tanto, actualismo es la noción en la que debemos apoyarnos para explicar el pasado a través de las causas que actualmente están operando. Este principio era compartido por muchos de los rivales catastrofistas de Lyell, como el propio Cuvier, y no excluye, en principio, la existencia de fenómenos paroxísticos en geología, siempre que puedan explicarse por causas que estén actuando en la actualidad.

<sup>8</sup> M. J. S. Rudwick (1987) *El significado de los fósiles*. Ed. Blume. Madrid; pp. 235- 237

<sup>9</sup> S. J. Gould (1992) *La flecha del tiempo*. Ed. Alianza. Madrid; pp. 138-143

- III. Gradualismo o uniformidad en la proporción. El ritmo del cambio es generalmente lento, regular y gradual. Los fenómenos de gran envergadura, como la emergencia de las cordilleras, se producen por la acumulación, paso a paso, de insensibles e incontables cambios que se suceden a lo largo de un inmenso periodo de tiempo. Por supuesto que también se producen cambios abruptos, como terremotos, erupciones volcánicas o inundaciones, pero estas catástrofes son siempre estrictamente locales; además su frecuencia es constante: ni en el pasado ni en el futuro será diferente de la frecuencia con que aparecen en el presente. Lyell defendió esta tercera noción de uniformidad con sus eficaces estrategias retóricas: describió el progreso histórico para constatar que las ideas que se hacían persistentes acerca de un paroxismo universal no son más que vestigios de un pasado terrible, donde los hombres se abrazaban temerosos en espera de la caída del siguiente rayo. La gran esencia del progreso estaba en sustituir la idea de catástrofe por la de lentos cambios que se acumulan.
- IV. Uniformidad de estado o antiprogresismo. El cambio no solamente se da de manera majestuosa y uniforme a lo largo del tiempo y del espacio, sino que además no sigue ningún vector específico de progreso que se halle dispuesto en alguna dirección inexorable. La apariencia y el comportamiento de nuestro planeta siempre han sido como lo son ahora. El cambio es continuo, pero no lleva a ninguna parte. La Tierra se halla en equilibrio, es decir, en un dinámico estado uniforme. No ha habido un primer periodo donde las convulsiones fueran más intensas.

Los dos primeros significados de uniformidad son juicios metodológicos y no afirmaciones sobre la naturaleza de la Tierra. Desde el punto de vista de un geólogo resultaría absurdo visitar un afloramiento para observar la constancia de las leyes de la naturaleza o la vanidad de las causas desconocidas. El proceder científico consiste en asumir que las leyes de la naturaleza son constantes, y decidir la amplitud del rango que le queremos dar a las causas conocidas, antes de inventar cualquier forma de mecanismo desconocido. Entonces sí tiene sentido visitar el afloramiento.

En contraste, los otros significados que Lyell da al término uniformidad pertenecen a un estatus radicalmente diferente. Son afirmaciones teóricas sobre la naturaleza de la Tierra; son propuestas que en el terreno empírico pueden ser juzgadas como verdaderas o como falsas, independientemente de la validez de sus propuestas metodológicas.

Geólogos catastrofistas podían adherirse a la metodología de Lyell, sin aceptar sus conclusiones teóricas. Este fue el caso de Jean Louis Rodolphe Agassiz (1807-1873). Nacido en Suiza, estudió en París con Cuvier, y en 1848 fue nombrado profesor de la Universidad de Harvard, donde residió hasta su muerte. En esta ciudad creó el Museo de Zoología Comparada, y fundó, junto con otros colegas, la Academia Nacional de Ciencias en 1863.

Agassiz se entusiasmó con el método de Lyell, al que dedicó grandes elogios. Estaba de acuerdo en que cualquier investigación debía partir de los procesos actuales, y que debían agotarse todas las causas presentes antes de considerar causas exóticas o supuestamente extinguidas. La diferencia estaba en los juicios sobre las respuestas del planeta cuando se le aplicaba este método.

Lyell estaba convencido de que las causas actualmente operantes serían suficientes para explicarlo todo sobre el pasado. Agassiz vio en el actualismo un método de sustracción, en el que se identificaba la esencia inmutable dentro de las causas actuales, esclareciendo así aquellos fenómenos que requerían una explicación especial a través de procesos extraños a los actuales. Estuvo en desacuerdo con Lyell respecto a la interpretación de la *edad del*

*hielo*. Desarrolló y defendió la *teoría glacial* según la cual grandes masas de hielo se habían extendido por numerosas regiones de la Tierra y eran responsables de muchos fenómenos geológicos, sin detallar demasiado las causas de esta profusión de glaciares.

El verdadero debate entre Lyell y los catastrofistas fue en torno a una compleja cuestión sobre esencias, sin tener ningún enfrentamiento en cuanto a métodos de investigación. Las ideas de uniformidad esencial de Lyell en cuanto a proporción y a estado se combinaron para dar lugar a una poderosa visión de un planeta dinámico, en constante movimiento, pero cuya apariencia general era inmutable y compleja.

En principio no tenía porque haber una conexión lógica entre la uniformidad esencial de proporción y la de estado. Se podía combinar, como había hecho Hutton, la idea de no dirección con los periodos catastróficos de construcción. Pero en la visión de Lyell ambas uniformidades se unieron limpia y estrechamente. Gould<sup>10</sup> ha llamado «majestuoso ciclo de tiempo» a esta síntesis que hizo Lyell entre la uniformidad de proporción y la de estado, que es la esencia de su doctrina geológica.

Por su parte el catastrofismo impugna la noción de uniformidad de proporción, pero en principio es compatible con la de estado; sus acólitos habrían podido adherirse perfectamente a un paroxismo sin dirección. Pero en la práctica los geólogos catastrofistas también vincularon la uniformidad de estado con la de proporción, y negaron ambas. Todos estaban de acuerdo en que la forma predominante de cambio sustancial en los primeros tiempos del planeta había sido el paroxismo ocasional.

Estas catástrofes fueron consecuencia directa de una direccionalidad, fundamental e inherente, que también era responsable del progresivo incremento de la complejidad de la vida: el enfriamiento del planeta<sup>11</sup>. El vínculo entre catástrofes y dirección era tan estrecho que algunos historiadores de la ciencia han llamado a esta teoría «síntesis direccional».

La mayoría de los geólogos catastrofistas eran científicos serios. Sin embargo la retórica de Lyell marcó a sus oponentes como antiempíricos, dedicados a la especulación de sillón. Ahora bien, la lectura literal del registro geológico, entonces y ahora, es principalmente una historia de transiciones abruptas.

Si los sedimentos indican que los ambientes cambian del terrestre al marítimo, normalmente no encontramos una serie insensiblemente graduada de estratos, indicando mediante el tamaño del grano y el contenido de la fauna que los lagos y los ríos han dado lugar a océanos de profundidad creciente. En la mayoría de los casos los estratos marinos reposan directamente encima de las capas terrestres, sin signos de una transición suave.

El mundo de los dinosaurios no da lugar gradualmente al mundo de los mamíferos: desaparecen del registro, juntamente con la mitad de especies de los organismos marinos, en una de las mayores extinciones de la historia de la vida. Las transiciones de fauna, leídas literalmente, son casi todas abruptas.

En contra de lo que muchas veces se ha afirmado, la obra de Lyell no produce un cambio radical en las ideas geológicas. Inaugura, eso sí, una metodología nueva. Pero las ideas básicas de la «síntesis direccional» siguen siendo aceptadas por la mayoría de los geólogos. La revolución vendrá en el siglo siguiente, de la mano de Wegener y de los autores de la tectónica global.

<sup>10</sup> Obra citada, p. 149.

<sup>11</sup> Lo que demuestra la deuda intelectual del catastrofismo del siglo XIX con las ideas de Buffon, especialmente con las expuestas en *Las Épocas de la Naturaleza*.

## La estratigrafía del terciario

Los trabajos estratigráficos constituyen una de las aportaciones positivas más importantes de Lyell a la geología. Cuando en 1823 se trasladó a París, se puso en contacto con Constant Prevost, discípulo de Lamarck, que estaba estudiando los depósitos terciarios de esta zona. El objetivo principal de su trabajo no era establecer la estratigrafía, sino buscar las causas de la alternancia entre series marinas y continentales, pero para ello era necesario analizar detalladamente la sucesión de los materiales.

Lyell conocía ya el Terciario del sur de Inglaterra, y en su viaje de 1828 tuvo ocasión de estudiar las formaciones de este periodo del centro y sur de Francia, de Suiza y del sur de Italia. Pronto tuvo la idea de que estos materiales no eran todos contemporáneos, sino que abarcaban un tiempo considerable de la historia de la Tierra. A partir de aquí tenía sentido intentar clasificarlos.

Para ello Lyell recurrió a los fósiles. Cuando visitó las importantes colecciones de zoología del museo de Turín, comparó la fauna actual con la que había visto en las series terciarias antes estudiadas, y vio que muchas de las especies actuales existían ya en el Terciario. Lyell se dio cuenta de que el porcentaje de formas actuales respecto del total no era siempre el mismo, y a partir de aquí desarrolló su método de datación paleontológica, que describiremos después con detalle, y que conecta con sus ideas teóricas sobre el ciclo del tiempo.

En algunas formaciones, como en las de los alrededores de París, las formas actuales eran relativamente escasas, mientras que en las del valle del Ródano eran mucho más abundantes. Lyell pensó que este criterio podría servir para clasificar los materiales terciarios en distintas épocas o series, de más antiguos a más modernos, según la mayor o menor proporción de especies actualmente vivientes que contuvieran.

En el tercer volumen de los *Principios*, propuso dividir el Terciario en tres series: *Eoceno* (del griego *eos*, aurora), *Mioceno* (menos reciente) y *Plioceno* (más reciente). Estos nombres se siguen conservando en la actualidad, aunque se han añadido más series: *Paleoceno*, *Eoceno*, *Oligoceno*, *Mioceno*, *Plioceno*.

El *Oligoceno* data de 1854, cuando Berich comprobó que en algunos sitios, entre el *Eoceno* y el *Mioceno*, había una serie de materiales que no correspondían ni a una ni a otra época. El nombre procede de *oligos* (escaso), pero no se refiere al número de especies actuales que contenía, sino que era una serie que se encontraba raras veces, ya que generalmente entre *Eoceno* y *Mioceno* hay una interrupción sedimentaria, motivo por el cual Lyell no había tenido ocasión de reconocerlo.

El *Paleoceno* fue propuesto en 1874 por Schimper (de *palaios*, antiguo), y corresponde a la serie más inferior, situada entre el *Eoceno* y el *Cretácico*. Lyell había mencionado la existencia de esta serie cuando en 1846 estudió el Secundario y el Terciario de Alabama, pero no le había dado nombre. En la cuenca de París hizo notar repetidas veces que había una interrupción entre *Cretácico* y *Eoceno*, y este fue el motivo por el que no pudo identificar allí el *Paleoceno*.

## El método paleontológico de Lyell

El desarrollo, por parte de Lyell, de un método de datación basado en el porcentaje de formas de vida actuales entre los fósiles de una serie estratigráfica, fue la clave de su éxito en sus estudios estratigráficos. Pero este método hunde sus raíces en las concepciones teóricas de Lyell en torno al «ciclo del tiempo», lo que demuestra que en ocasiones las

creencias metafísicas de los científicos están conectadas directamente con sus aportaciones positivas.

Una de las principales objeciones a su sistema a la que Lyell tuvo que enfrentarse fue la evidencia paleontológica a favor del «progreso» de la vida. Pero Lyell argumentó, con gran audacia, que esta evidencia, que sus contemporáneos consideraban una de las proposiciones más firmemente establecidas en la paleontología, no era más que una ilusión.

En su línea de razonamiento, la aparición de los mamíferos posteriores a los reptiles, se debía simplemente a accidentes de preservación. La mayor parte de los mamíferos eran terrestres y, por consiguiente, no tenían muchas probabilidades de quedar preservados; además los mamíferos de Stonesfields podían ser interpretados como prueba de que también habían existido mamíferos en el Secundario.

En la misma línea de argumentación, Lyell afirmaba que el Secundario parecía la era de los reptiles simplemente porque la mayor parte eran formas marinas y, por consiguiente, era más fácil su preservación. Tan sólo para la especie humana aceptaba Lyell la interpretación convencional; pero al afirmar que el origen reciente del hombre era un acontecimiento nuevo solo a nivel «moral» negaba que esto fuera evidencia a favor de una interpretación progresiva.

Una vez refutados los argumentos contrarios, el siguiente paso para Lyell consistía en demostrar que los agentes actuales del cambio, geológicos y biológicos, eran sobradamente poderosos para haber logrado todos los efectos observados en el pasado, sin necesidad de postular sucesos ocasionales de mayor intensidad, ni la disminución global o gradual de su intensidad. Para su análisis de los procesos geológicos recurrió con frecuencia a los ejemplos de von Hoff, pero exponiéndolos de tal modo que se subrayara el equilibrio entre fuerzas opuestas.

Así los procesos de erosión se veían equilibrados por los de la sedimentación, y los de las erupciones volcánicas y de la elevación sísmica por los hundimientos sísmicos. De este modo argumentaba que el estado físico de la superficie de la Tierra era un equilibrio dinámico: los rasgos de la geografía física cambiaban continuamente, pero la Tierra, como un todo, podía haber permanecido esencialmente en el mismo estado.

Después había que aplicar el mismo modelo de equilibrio dinámico a los fenómenos de la vida. Pero antes Lyell tenía que empezar por establecer que las especies biológicas podían ser consideradas unidades reales, para poder estimar los cambios en el mundo vivo. Para ello sometió a crítica la teoría evolutiva de Lamarck, que, al negar la existencia real de las especies, atacaba su filosofía del equilibrio dinámico.

Lyell se inclinaba a la consideración de las especies como entidades estables, sobre unas bases intelectuales cuvierianas y ecológicas. Haber admitido que las especies eran irreales y que los organismos estaban en un estado de flujo constante habría minado la validez de su método. Por consiguiente era esencial demostrar que, aunque los individuos varían en forma y hábitos, existían límites reales a la variabilidad de una especie.

Habiendo establecido que las especies tenían una existencia real en la naturaleza, aplicó seguidamente su concepto de una geografía física en cambio continuo para demostrar que era inevitable que llevara a un modelo de variación perpetua de las circunstancias ecológicas. Esto, a su vez, implicaba cambios continuos en la abundancia local de ciertas especies, y podía llevar, en ocasiones, a la total extinción de algunas especies.

Pero si esta extinción fragmentaria de especies formaba parte del funcionamiento regular de la Naturaleza, tenía que considerar si existían medios para reparar estas pérdidas. Si el mundo vivo, como su entorno físico, estaba en un estado de equilibrio dinámico, la extinción de especies tendría que verse equilibrada por un proceso correspondiente de producción de nuevas especies.

En este punto del razonamiento, la motivación metafísica de su sistema se colocaba por encima de sus principios metodológicos: no consiguió evidencias actualistas de ningún tipo de la existencia de un proceso similar de producción de especies en el presente. Se vio obligado a rehuir la cuestión, afirmando que un acontecimiento tan infrecuente probablemente jamás hubiera sido observado en el breve espacio de la historia humana.

Pero aunque Lyell no pudo resolver el rompecabezas de la naturaleza exacta de la «creación» de especies, podía integrar el hecho indudable de que sucedía en un modelo de cambio orgánico paralelo a su modelo de cambio geológico. Tanto el mundo físico como el mundo de la vida se encontraban en un estado de estabilidad dinámica, con procesos opuestos en perpetuo equilibrio.

El estudio de los procesos actuales era, según Lyell, «el alfabeto y la gramática de la geología». Pero el objetivo era poder descifrar el «lenguaje» en que la naturaleza había escrito los registros del pasado, y, por consiguiente, entender la historia de la Tierra y de la vida. Sin embargo, para leer adecuadamente estos registros, era esencial aprender el lenguaje «correcto». Lyell argumentó que el registro fósil de los vertebrados terrestres, sobre el que se basaba el modelo «progresivo» de la historia de la vida, era de hecho muy poco fiable, debido a lo azaroso de la fosilización de estas formas de vida.

Propuso como alternativa a los moluscos marinos que, con su grado de preservación media mucho más consistente, suministraban la indicación más fiable del ritmo y naturaleza del cambio orgánico. Para Lyell los moluscos fósiles constituían «el carácter demótico en que la Naturaleza se ha complacido escribiendo todos sus documentos más curiosos», y se convirtieron en la base de su reconstrucción del Terciario.

Una vez establecida la posibilidad de un ritmo global de cambio en el mundo orgánico, los diversos depósitos Terciarios podían ser datados cuantitativamente con su «cronómetro natural» según el número de especies actuales que contuvieran. El grado de similitud, expresable de forma cuantitativa, entre la fauna de moluscos de un terreno Terciario con la fauna actual, permitía ordenar estos terrenos de más antiguos (menos similitud), a más modernos (más similitud).

Lyell distinguió cuatro periodos diferentes de tiempo Terciario<sup>12</sup> con depósitos conocidos, pero señaló la existencia de enormes periodos de tiempo entre ellos, carentes de representación alguna en ningún estrato descubierto. Este detalle destacaba el carácter fragmentario del registro fósil, y dejaba abundancia de tiempo para «diluir» la elevación, aparentemente repentina, de las montañas y las discontinuidades en las faunas descritas por Elie de Beaumont.

En esta línea de razonamiento, Lyell interpretaba, por ejemplo, la aparente discontinuidad en las faunas entre los últimos estratos Secundarios y los primeros del Terciario (es decir, entre las Gredas y el Eoceno) como resultado de un periodo de tiempo no registrado, más largo que el que separa el Eoceno del presente; así eliminaba limpiamente toda base para postular una súbita elevación de los Pirineos en el transcurso de tal intervalo.

El análisis profundo de la metodología y el razonamiento de Lyell demuestra la falsedad del mito autoconstruido, y repetido después hasta la saciedad, según el cual sus teoría se basaban únicamente en «hechos», mientras que las de sus oponentes catastrofistas eran puras especulaciones. Lyell, al igual que todos los científicos, no recolectó hechos al azar, sino que construyó un sistema a través de la interacción entre unos fundamentos metafísicos, unas propuestas metodológicas, y la observación; pero esta observación fue realizada a través del

<sup>12</sup> *Paleoceno* (al que no dio nombre), *Eoceno*, *Plioceno* y *Mioceno*.

tamiz de sus propias concepciones. Cuando los «hechos» no casaban con las mismas, eran reinterpretados.

Todo ello no quita un ápice de grandeza a su gran aportación a la geología. Sirvan estas observaciones para contrarrestar la beatería positivista que sigue impregnando muchas historias de la ciencia.