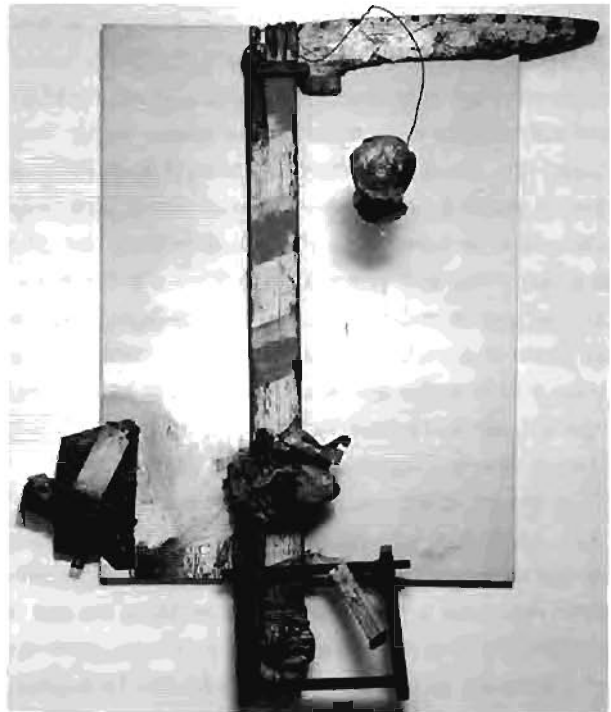


**Daniel Bernoulli**

# Tiempo profundo:

# Hutton descubre la geología



En su libro *Time's Arrow, Time's Cycle*, Stephen Jay Gould cita a Freud, quien confirma que la ciencia moderna ha desterrado al hombre del centro del universo. A partir de Copérnico, la Tierra dejó de ser el centro del universo, desde Darwin, nosotros somos únicamente un eslabón más en la larga cadena de la evolución, y desde Freud sabemos que ni siquiera somos los dueños de la propia casa. Gould recuerda también que Freud no se refirió al descubrimiento del tiempo geológico, del tiempo profundo, pero, sin embargo, éste representa un paso importante —entre las revoluciones de Copérnico y de Darwin— en la disolución de la visión antropocéntrica del universo. Hoy en día, unos doce mil millones de años nos separan del Big Bang, del origen de nuestro universo, y entre 4.56 y 4.45 mil millones de años del nacimiento de nuestro sistema solar y de la Tierra. Para nosotros, esta profundidad temporal es tan inconcebible que sólo se la puede ilustrar haciendo comparaciones. La metáfora más impresionante se la debemos a John Mc-Phee, quien hace una comparación entre la edad de la Tierra y la definición histórica de la yarda inglesa, es decir la distancia de la punta de la nariz del rey hasta la punta de su mano extendida; un rasguño de lima en la punta del dedo mayor borraría la historia humana.

En tanto que relacionamos los cambios de los paradigmas del espacio, la posición del hombre y su conciencia con los nombres de Copérnico, Darwin y Freud, el descubrimiento del tiempo geológico, del "tiempo profundo", se asocia mucho menos con una persona concreta. Antes que con otros, este descubrimiento se relaciona con James Hutton, de quien se celebró en 1997 el segundo centenario de su muerte. Al comienzo de los tiempos modernos, el principio del mundo se ubicó, fiel a la tradición bíblica, en un pasado no tan distante y el hombre vivía en una tierra joven, no mucho más vieja que él mismo. Según los cálculos del prelado anglicano Ussher en el siglo XVII, Dios había creado el mundo el 23 de octubre de 4004 a.C. El progreso de la física en los siglos XVII y XVIII, puso en evidencia que, para explicar la evolución de la Tierra, se necesitaban espacios temporales más amplios.

Al comienzo del siglo XVIII, el representante de una ortodoxia reformada, Johann Jakob Scheuzer, pudo interpretar los grandes pliegues del lago Umer como testimonios del diluvio, pero cosmólogos como Buffon concluyeron, a partir de consideraciones físicas, que para la evolución de la Tierra se tenían que suponer espacios temporales mucho más grandes. En 1778, Buffon calculó la edad de la Tierra en unos 75,000 años y vaticinó su muerte por frío después de 93,000 años más.

Así se iban extendiendo, en el transcurso del siglo XVIII, el tiempo y el espacio. Nadie abordó el problema de manera tan radical como Hutton, quien habla del "indefinite space of time", del "espacio de tiempo indefinido". Por eso es considerado decididamente como el descubridor del tiempo geológico y, sobre todo en la tradición anglosajona, por motivo de sus descubrimientos fundamentales, como el fundador de la geología moderna.

### James Hutton

James Hutton fue un representante típico de la ilustración escocesa en la que a finales del siglo XVIII, Edimburgo se convirtió en el centro espiritual de Europa, la Atenas del Norte. Hutton nació en 1726 en Edimburgo, hijo de un exitoso hombre de negocios que le heredó, entre otras cosas, dos fincas. Se interesó por la química, estudió medicina, pasó dos años en París y obtuvo su doctorado en Leyden, pero nunca practicó su profesión. El desarrollo de un método para producir cloruro de amonio a partir de hollín le proporcionó la independencia económica. En 1754 se hizo cargo de la hacienda de su padre y vivió la vida de un gentleman rural que, en el año 1768, cambió por la de un "caballero del ocio" en Edimburgo, donde frecuentó hasta su muerte (1797) el Oyster Club, un círculo de intelectuales, del cual fue uno de los fundadores, y la Sociedad Filosófica. Formaba parte de un grupo al cual pertenecían el filósofo David Hume, el economista Adam Smith y el químico Joseph Black (descubridor del ácido carbónico)



co) y desempeñaba un papel destacado en la vida intelectual de Edimburgo.

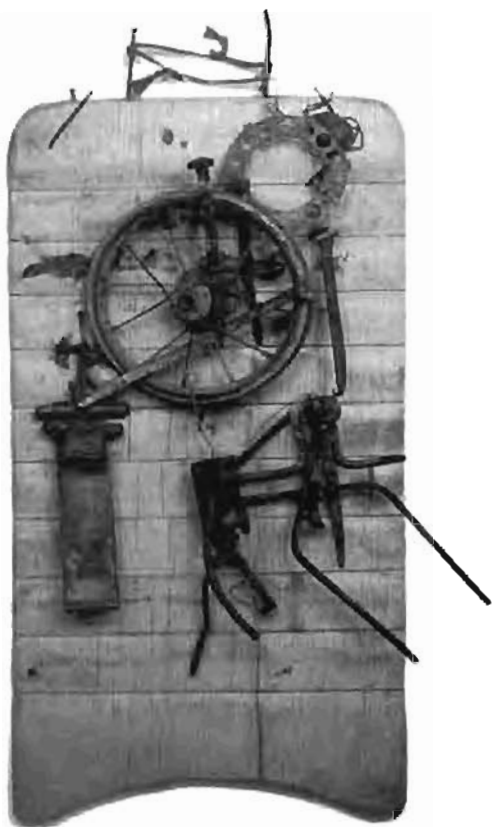
Se describe a Hutton como una persona sencilla, amable, pero vivaz y de vena humorística, sin una huella de egoísmo o vanidad. Poco más tarde, Robert Louis Stevenson hace un retrato menos agradable: "vestido como un cuáquero y pareciendo estar a la vez en buena condición y falta de recursos, se preocupaba más por los fósiles que por las jóvenes damas". Durante su vida en Edimburgo, Hutton desarrolló su *Theory of the Earth* (Teoría de la Tierra), que se publicó en los últimos años de su vida (1788, 1795) y una parte como obra póstuma en 1899. Hutton escribió con un estilo complicado y ampuloso y, muchas veces, su obra fue calificada de oscura e ilegible (Gould lo llama un "lousy writer"). Consecuentemente no se leyeron sus textos originales y el impacto de sus teorías tan sólo se impuso después de su muerte, cuando fueron divulgadas en el libro de John Playfair *Huttonian Theory of Earth* (1802).





## Los dibujos perdidos

Las observaciones y los conceptos de Hutton se presentan con mucha más claridad que en sus textos, en una serie de representaciones gráficas conocidas como *Los dibujos perdidos*. Estos dibujos y acuarelas, realizados bajo su supervisión, son producto de sus viajes entre 1785 y 1788, durante los cuales Hutton buscó pruebas para confirmar sus tesis. Una parte de estos dibujos estaba destinada a ilustrar su *Teoría de la Tierra*, pero sólo dos se publicaron en la edición de 1795, la mayoría quedó reservada a los tomos ulteriores. Los originales permanecieron mucho tiempo inadvertidos entre otros papeles y recién aparecieron en 1968. En algunas representaciones se combina con genialidad la topografía con la geología subyacente, otras son esbozos de yacimientos importantes u observaciones minuciosas de detalles. No sólo nos seducen por la precisión de la observación y la claridad de los conceptos que ilustran, sino también por la elegancia de su hechura y su encanto dieciochesco.



## El ciclo de los minerales

El interés de Hutton por la tierra tiene su raíz en el hecho de haber sido un gentleman rural y en su preocupación por el suelo. Su observación de la erosión, que disminuye la tierra cultivable, parecía estar en contradicción con la concepción deísta que se tenía entonces de la naturaleza como una creación perfecta para beneficio del hombre. La solución de esta paradoja originó y motivó la teoría de Hutton. La erosión, como la habían también observado los precursores de Hutton, iba reduciendo el planeta a la ruina. Por eso Hutton postuló la formación de nuevos suelos fértiles por el surgimiento de tierras nuevas. Para explicar este fenómeno, Hutton examinó procesos que ocurrían en el interior de la tierra, en particular el calor allí reinante y la penetración violenta de granitos fundidos. Con esa teoría, Hutton creó un concepto dinámico del ciclo de los minerales. La erosión, sobre todo la causada por el flujo de las aguas, destruye las piedras de los continentes y conduce sus escombros al mar, donde se depositan en estratos horizontales. Con el crecimiento de las capas, los sedimentos sueltos al principio, se solidifican y en parte se funden. El mismo calor subterráneo rompe las piedras y las levanta, de modo que se forman nuevos continentes.

Este ciclo en movimiento perpetuo de la máquina terrestre de Hutton corresponde a un equilibrio dinámico, a un *steady-state* de la tierra, como lo supone también Wegener en su teoría del desplazamiento de los continentes y en su versión moderna llamada la tectónica de las placas telúricas, que ha surtido sus efectos al menos durante los últimos dos mil quinientos millones de años: al borde de las placas comprimidas como las que existen en los Alpes o a lo largo de los Andes, las piedras penetran en el interior de la tierra, se metamorfean y se funden en magma granítico que se endurece, sube a la superficie y, nuevamente, queda sujeto a la erosión para quedar después otra vez disponible para nuevos sedimentos. Si esta concepción de la formación de las montañas y la erosión era acertada se deberían encontrar en la naturaleza testimonios de dichos procesos antiguos.

En los primeros libros sobre Hutton se lo considera como un científico inductivo que elaboró los elementos de su teoría partiendo de sus observaciones de campo. Pero como lo demostró Gould en su libro, comenzó sin duda alguna a partir de su concepto de la renovación cíclica de la tierra y buscó conscientemente pruebas para demostrarla. Se puede comprobar que hizo muchas de sus observaciones importantes tan sólo después de haberla formulado. No realizó ninguno de sus descubrimientos por casualidad y es revelador que tituló uno de los capítulos más importantes de su teoría como "La teoría confirmada a partir de observaciones hechas con el propósito de elucidar el tema". Así logró por medio de una bien meditada estrategia de búsqueda

da, descubrir la "disconformidad", uno de los elementos fundamentales de su argumentación. Una "disconformidad" es una superficie de erosión fósil, un hueco temporal que separa los ciclos de Hutton. La reproducción de Hutton de la "disconformidad" cercana a Jedburg muestra cómo los escombros de erosión y la roca no rugosa de menor edad se superponen en una frontera cortante y discordante con la roca rugosa de mayor edad del macizo caledonio. Playfair comenta:

Qué más clara evidencia podría haber de la diferente formación de estas rocas y del largo intervalo que separó a su formación. La mente parecía ensancharse vertiginosamente en su lejana búsqueda en el abismo del tiempo.

La reproducción de Hutton se volvió uno de los iconos de la geología, "valorada y reproducida desde siempre como un parteaguas en el conocimiento humano" (Gould).

### Plutonistas y neptunistas

Su teoría dinámica y, sobre todo, su interpretación de los granitos y basaltos como piedras magmáticas convirtieron a Hutton, particularmente después de su muerte, en el protagonista de una controversia histórica, la querrela entre plutonistas y neptunistas que dominó el fin del siglo XVIII y el principio del siglo XIX. Como consecuencia del redescubrimiento de los volcanes de la Auvergne, se conoció en Francia a finales del siglo XVIII la naturaleza volcánica de los basaltos.

Este descubrimiento, así como las observaciones de Hutton de que el granito proviene de piedras más viejas demostrando con ello que el granito no es la piedra más antigua, significaron una contradicción manifiesta con el dogma de una corteza terrestre estática sobre la cual todas las piedras, incluso granitos y basaltos, se formaron como resultado de la cristalización de la solución salurada de un océano primario. Tal teoría prevaleció sobre todo en Alemania. En este concepto neptunista, el granito era, como también lo fue para Goethe, la roca primitiva por excelencia y todas las otras piedras estaban depositadas encima en una secuencia exactamente definida. Al contrario, los plutonistas escoceses demostraron ya en los primeros años del siglo XIX, con experimentos petrológicos, la fundición y cristalización del granito y del basalto.

### El ciclo de los tiempos

La metodología de Hutton fue la del llamado actualismo. El pensamiento actualista se remonta al siglo XVIII y, en sus comienzos, al siglo XVII. Como el geólogo sólo puede observar en el presente la relación entre los



procesos geológicos y sus resultados, y la estimación del tiempo geológico sólo puede basarse en las rocas, es obvio que se debe reconstruir el pasado por comparaciones fundadas en la actualidad:

Debemos leer las actas del tiempo pasado en el estado presente de los cuerpos naturales. Y para hacer esta lectura no tenemos nada más que las leyes de la naturaleza dictadas por la ciencia del hombre por medio de un razonamiento inductivo (*Teoría de la Tierra*, 1795).

La consecuencia del actualismo: la lentitud de los procesos observados que se suceden en un ciclo indefinido y repetitivo, exige espacios temporales ilimitados: "Para la naturaleza el tiempo es interminable y también es nada" (1788). La tierra de Hutton es una máquina impulsada por su calor interior. La máquina no tiene historia y en ella se repiten, como en el ciclo anual, los procesos siempre iguales de erosión, transporte, sedimentación, petrificación por presión y temperatura, eventual fundición y formación de las montañas. El comienzo de este proceso no se conoce, su fin no se puede prever. La teoría de Hutton concluye con las siguientes palabras: "No encontramos vestigios de un principio ni perspectivas de un final".

### La flecha de los tiempos

A la obra de Hutton le es propia una rara falta de historicidad. Aunque ha definido, como nadie antes, los criterios de las relaciones entre las edades relativas—"disconformidades" y contactos discordantes—para distinguir lo más joven y lo más viejo, no se dedicó al desarrollo temporal de la Tierra. En el tiempo de Hutton, los fósiles no representaban mojones temporales, sólo eran considerados como pruebas del surgimiento de sedimentos oceánicos antiguos y nada más. Su visión se basa en el ciclo de las piedras que siempre sigue destruyendo sus productos y con eso el origen de la Tierra no se puede reconstruir: "Si la sucesión de mundos está establecida en el sistema de la naturaleza, es inútil buscar algo superior en el ori-



gen de la Tierra". Una vez puesta en marcha por la "causa primaria", la creación, la máquina terrestre da el próximo paso según el engranaje de las leyes naturales, las "causas secundarias", resultantes de la anterior: la erosión sigue a la formación de las montañas compensándose por nuevas formaciones de montañas y así sucesivamente, sin fin, un cosmos newtoniano mecánico en movimiento cíclico.

El tiempo lineal, la historia, no existe en la obra de Hutton, en eso yace la paradoja (Gould) del descubrimiento del tiempo profundo. El mundo de Hutton era una máquina "de peculiar construcción, por medio de la cual se adapta a un cierto fin", concebida y destinada a darle a la vida y al hombre un hogar asegurado. Este concepto del mundo corresponde a un organismo que se regula por sí mismo como lo trazó James Lovelock hace poco en su hipótesis Gaia, por cierto con una perspectiva histórica, pero también refiriéndose a Hutton.

### Actualismo y teoría de las catástrofes

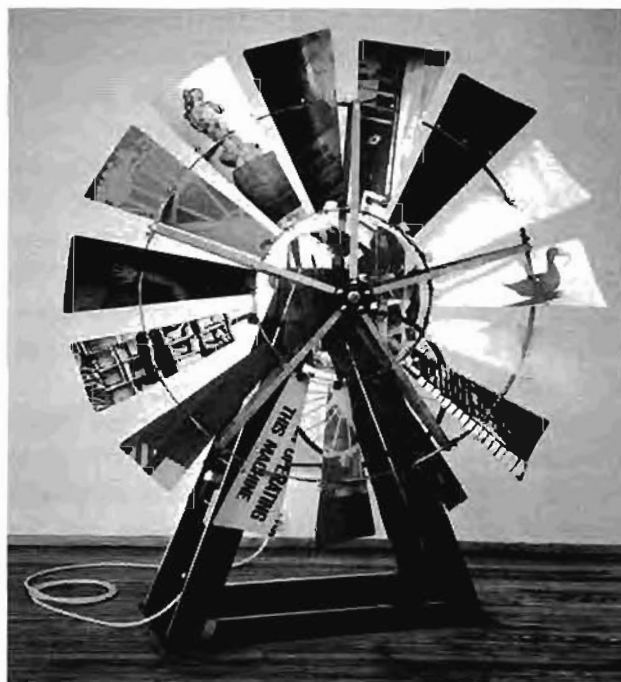
La querrela entre los plutonistas y neptunistas concluyó en los años veinte del siglo XIX, sobre todo porque había una evidencia contundente del origen magmático de los basaltos y granitos y porque la geología se dedicó a otros temas; comenzó a llenar con historia el "espacio indefinido de tiempo" de Hutton. En Francia, Cuvier hizo una distinción, al comienzo del siglo XIX, entre animales que viven hoy en día y los ya desaparecidos que pertenecían a otro mundo y que deberían haber muerto por una catástrofe, puesto que, de repente, desaparecieron de la historia geológica. Debido a que se encontraron varios de estos mundos, se tenía que suponer que hubo diferentes catástrofes con sus subsiguientes nuevas colonizaciones. Además, montañas como los Alpes no parecían compatibles con procesos lentos. Fuerzas gigantescas que no pueden observarse en nuestros tiempos debieron encimar las montañas en poco tiempo, lo que también Hutton había supuesto para los procesos formativos de las mismas.

Periodos largos con desarrollo continuo fueron interrumpidos por episodios de catástrofes. Las catástrofes

de Cuvier no encajaban bien en los cambios imperceptibles y graduales de la superficie terrestre tal como lo suponía el actualismo de Hutton y Playfair, pero tampoco Cuvier partió de periodos bíblicos (como se lo imputan sus adversarios), sino de espacios temporales muy amplios.

Es mérito de Cuvier y de sus sucesores haber introducido con el estudio de los fósiles un método para correlacionar los tiempos y ponerles fechas relativas a las capas geológicas. Con eso, la teoría de Cuvier contiene un componente histórico completamente ajeno a la máquina terrestre intemporal de Hutton la cual, sin embargo, convenía más a los neptunistas con su concepto de la sucesión temporal de la piedra original, el granito, que la teoría de los sedimentos sobrepuestos.

Así, a la controversia entre plutonistas y neptunistas siguió una nueva, la del actualismo con el catastrofismo. Y aquí se trataba menos del actualismo como método que de la oposición a un desarrollo gradual en pasos infinitesimalmente pequeños y a sucesos revolucionarios en la historia geológica. El nuevo actualismo, que se impuso a mediados del siglo XIX, combinó el "tiempo profundo" de Hutton con la noción de historia en el contexto de un desarrollo lento y gradual. Esto proporcionó las bases para la teoría de la evolución de Darwin, altamente marcada por el pensamiento actualista. Hasta muy avanzado el siglo XX, este actualismo gradual representó un axioma indiscutido de la geología y de la doctrina evolucionista: *natura non facit saltus*. Conforme a este principio, Hutton, los plutonistas y los representantes del actualismo son presentados como los héroes de la hagiografía geológica basada en los



Tiempo profundo: Hutton descubre la geología

*Principios de geología* de Lyell (1830-1833). Ellos sustituyeron los dogmas definidos religiosamente por la experiencia; por el contrario, los neptunistas, catastrofistas y Cuvier, figuran como los "chicos malos", la oscura reacción que obstaculizó el desarrollo del conocimiento.

### El actualismo hoy en día

En los *Principios de geología* de Lyell, la biblia del actualismo, y en el *Origen de las especies* de Darwin, el contraste bien marcado entre la fauna existente en el límite del cretáceo y del terciario (hace 65 mil millones de años) no se atribuye a un acontecimiento catastrófico, sino a una laguna en los estratos geológicos que representaba un largo tiempo no documentado, tal vez más largo que el tiempo que separa el principio del terciario de nuestros días. La catástrofe de una muerte masiva no pudo conciliarse con un cambio lento, gradual de la biósfera y la litósfera. A finales del siglo XX sabemos, sin embargo, que el lapso de tiempo que separa las capas cretáceas tardías de los estratos terciarios tempranos tiene sólo la extensión de miles de años —o tal vez menos— y todas las señales parecen comprobar que el cambio de la fauna se debió a una catástrofe, a un meteorito gigantesco. La geología está marcada por catástrofes. Al desarrollo relativamente lento con cambios graduales se sobreponen acontecimientos extraordinarios, en parte de tipo cósmico, que tienen como consecuencia la muerte masiva como la que ocurrió en la frontera entre el cretáceo y el terciario, así como saltos en la evolución.

¿Significa el "nuevo catastrofismo" la despedida del actualismo de Hutton? No en lo fundamental. Sucesos raros no son contrarios a un actualismo que supone para el pasado geológico la misma causalidad que para el presente. No son raros según su naturaleza, sino sólo a causa de su tamaño y existe una relación estadística entre su magnitud y su frecuencia. La consideración de periodos geológicos más extensos demuestra que las leyes de la física han permanecido iguales, pero la velocidad con la que se desarrollan estos procesos no es constante, sino que depende de los recursos energéticos de la Tierra. La Tierra no es un móvil perpetuo, depende de las leyes de la termodinámica y, por tanto, de un lento enfriamiento. La extrapolación temporal del estado presente de la Tierra tiene sus límites.

Hutton tenía razón: "no existe vestigio de un inicio". El reciclaje de la corteza terrestre en el ciclo de erosión, sedimentación, formación de montañas, metamorfosis y fundición ha destruido en la tierra todos los documentos de su tiempo temprano. Las montañas más viejas que conocemos tienen quinientos mil millones de años menos que la Tierra misma, cuya edad sólo podemos determinar indirectamente mediante las huellas conservadas en los meteoritos. Pero "la flecha del tiempo" y "el ciclo de los tiempos" determinan ambos el curso de la historia terres-



tre. Acontecimientos discretos e irreversibles influyeron durante mil millones de años en el curso de la evolución, la formación de la atmósfera, hidrósfera y litósfera. En episodios más breves (entre diez mil y cien mil años) vacilaciones cíclicas, sobre todo en los parámetros de la órbita terrestre, determinan el cambio de clima y, con eso, también la parte exógena del ciclo de Hutton: erosión, decomposición y sedimentación. Los cambios en la convección de la capa exterior terrestre producen la separación de continentes o la aglomeración de supercontinentes en un ritmo de cientos de millones de años. La Tierra revela en su desarrollo ciclos que siempre van repitiéndose, pero según un modelo con cambios permanentes.

Artículo tomado de la revista *Du*, octubre de 1997.  
Traducción de Paul Becker.

