

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XVII JORNADAS  
VOLUMEN 13 (2007)

Pío García  
Luis Salvatico  
Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



# La geología y la imagen dinámica de las costas en la historia

Ana Laura Monserrat\*

## Introducción

La imagen de las costas que proyecta la geología es intrínsecamente dinámica. Actualmente el área que estudia los fenómenos físicos ambientales que afectan la zona costera trata constantemente la idea de cambio. Los ambientes costeros son típicamente afectados por cambios rápidos, pero también cambian de posición a través de los siglos, llegando incluso a chocar una costa con otra o a generarse dos bordes continentales a partir de la apertura de un valle tectónico. Quien se dedique al estudio de la dinámica de las costas, sin importar la escala temporal a la que se aboque, deberá comprender que la "tierra firme" es una ilusión y desterrar cualquier concepto estático al respecto.

La historia de la geología no ha escapado al enfoque historiográfico liberal. Uno de los más claros ejemplos es la *Historia de la Geología* que presenta Cailleux (1964) como una acumulación progresiva de conocimiento científico, donde el progreso triunfó salvando tropezos de *numerosas ideas erróneas* (p. 5). El punto de vista de otros historiadores presenta a Geología como una ciencia cuyo complejo desarrollo amerita indagaciones de mayor profundidad historiográfica<sup>1</sup>. Sobre el análisis de estudios historiográficos que intentan alejarse de los anacronismos, a continuación se propone que la construcción de la interpretación actual del paisaje costero se realizó a partir de la adopción de una imagen dinámica de la naturaleza, y que dicha adopción no ocurrió como un proceso acumulativo lineal, ni gradual. Para ello, se analiza la imagen de la naturaleza en la historia de las ciencias de la Tierra y cómo ésta actuó sinérgicamente en particular con el estudio de las costas.

## Primeros intentos de ruptura del concepto de relieve estático: la ira del Creador

En la antigüedad se advierten evidencias de avances y retrocesos del mar. La concepción griega del tiempo permite plantear ciclos de movimiento oceánico. Aristóteles, por ejemplo, señala que el mar invadió sitios hoy desprovistos de sus aguas<sup>2</sup>. En la Edad Media, en cambio, la noción dinámica terrestre aparenta sumergirse en el silencio<sup>3</sup>. La interpretación escolástica de la obra de Aristóteles extirpa toda necesidad de tiempo cíclico y de equilibrio dinámico de su sistema. Pero más tarde, la Revolución Científica y la posibilidad de interpretación personal de la Biblia que ofrece el protestantismo, alienta la curiosidad de los pensadores del siglo XVII<sup>4</sup>. Las ideas organicistas bullen en la sociedad científica, pero finalmente la necesidad de explicación del relieve del planeta logra abrirse camino de la mano de un mecanicismo incipiente.

El clérigo inglés Thomas Burnet es ampliamente reconocido en su época tras la publicación de su libro *Teoría Sagrada de la Tierra* en 1680, donde intenta explicar la historia del planeta apoyando sus teorías sobre dos tipos de pruebas. Las Pruebas Naturales son las Causas y los Efectos, evidenciados respectivamente a partir de la razón y la observación del mundo natural.

\* Laboratorio de Geología Marina y Dinámica Costera- CONICET- FCEyN-UBA Grupo Historia de la Ciencia - CEFIEC- FCEyN-UBA

Pero más completa y particularmente se ocupa de las Pruebas Sagradas, es decir las emergentes de las Sagradas Escrituras, con las cuales *toda explicación debe concordar*<sup>5</sup>. Aunque la historiografía anacrónica lo sepultó en la tumba de los villanos (debido, principalmente, al carácter místico y especulativo de su obra vista desde la actualidad), Burnet fue más allá de lo meramente especulativo. Para él, los libros sagrados constituían *pruebas* y basarse en ellas lo eximía de la especulación. Por otra parte, excepto en el último volumen de su obra (donde él se declara explícitamente especulativo ya que debe abandonar las pruebas naturales para indagar acerca del futuro<sup>6</sup>), utiliza herramientas mecanicistas para dilucidar los textos sagrados. Burnet une razón y observación para estudiar la historia de la Tierra y concluir que el mundo ha quedado en ruinas tras sufrir violentos cambios; para ello toma la forma irregular de la costa como prueba:

Si el Mar hubiera sido dibujado alrededor de la Tierra en figuras y bordes regulares, podría ser una gran belleza para nuestro Globo, y nosotros podríamos, razonablemente, concluir que es obra de la primera Creación, o de la primera producción de la Naturaleza; pero encontrando por el contrario todas las marcas de desorden y desproporción en ello, podemos de la misma razonable manera concluir que no pertenece al primer orden de las cosas, sino que fue algo sucedáneo, cuando la degeneración de la raza humana y los juicios de Dios destruyeron el primer mundo, y la Creación se subordinó a alguna clase de Vanidad.<sup>7</sup>

Exponiendo un punto de vista mecanicista ingenuo, deja ver también la influencia medieval, agustiniana, en su idea de belleza. La costa debería ser regular, sería más bello. Si fuera perfectamente lineal sería obra directa del creador. Pero la imperfección de su forma evidencia que la costa es obra de la ira de Dios. A primera vista Burnet reconcilia la idea dinámica del mundo con la historia propuesta por el cristianismo, donde el tiempo es lineal, direccional y continuo, aunque existe cierto carácter cíclico en su historia del mundo<sup>8</sup>.

Podemos pensar que la indagación de Burnet es ingenua, pero al ubicarla en el contexto en que se realizó sería justo admitir que desencadena preguntas de gran relevancia histórica e incluso abre camino a los futuros mecanicistas. La *Teoría Sagrada de la Tierra* contribuye a la idea de cambio histórico en la formación del planeta, donde en la forma de la costa se puede encontrar la evidencia de cambio pretérito. Por ello esta explicación dinámica de la generación del relieve que ofrece el siglo XVII impide presentar la historia de la geología como un proceso gradual desde lo estático a lo dinámico.

### **La necesidad de lo catastrófico sobre un núcleo estable**

Cien años después de la publicación de *Telluris Theoria Sacra*, el protestantismo rige en los epicentros de pensamiento científico. El empirismo de Bacon se encuentra en auge y el mecanicismo clama por explicaciones newtonianas que den cuenta de la forma de la Tierra. Pero aún parece no haber testimonios de mecanismos de formación y desarrollo que permitan formular un sistema de teorías coherente, excepto para el punto de vista algunos audaces.

James Hutton da a conocer su *Teoría de la Tierra* en 1785 en la Royal Society de Edimburgo<sup>9</sup>. Aunque la interpretación personal de la Biblia es ampliamente admitida entre los protestantes, las ideas reinantes en el ámbito filosófico se inclinan hacia explicaciones más adaptables al modelo bíblico del mundo. Es por ello otro amante de la geología, Werner, y no Hutton quien adquiere fama en la segunda mitad del siglo XVIII.

La audacia de Abraham G. Werner le permite a este geólogo alemán proponer una clasificación estratigráfica de la Tierra que lo lleva a la fama internacional. Probablemente esta estratigrafía es la primera hipótesis geológica contrastable de pretensión universal, ya que se plantea en una escala global<sup>10</sup>.

Werner expone también la idea poco original sobre el origen del relieve por precipitación de material a partir de un Fluido Universal. Para sus seguidores, llamados "neptunistas", los océanos representan migajas de un antiguo océano que cubrió el mundo entero. Para ellos, gran parte de esa solución acuosa había ido a parar fuera del planeta, quedando descubiertos los sectores donde, fortuitamente, material acumulado por precipitación había adquirido mayor espesor. Así, la forma de los continentes es resultado de la contingencia. De allí la línea irregular de la costa. No hacían falta catástrofes ni el juicio del Creador para Werner, pero sí para sus seguidores.

Pero los años en que la efervescencia del Fluido Universal tiene efecto pasan rápidamente. Para los detractores del neptunismo la visión de un planeta producto del naufragio, del enojo de un dios judeocristiano, es inaceptable. Sin embargo, la idea de catástrofes universales aún tiene un as en la manga, del que trataremos seguidamente.

#### **La pacífica unión entre estabilidad y dinamismo: el uniformismo**

Con la escuela que Werner había iniciado, los geólogos habían comenzado a salir al campo a buscar huellas del pasado. Nicholas Desmarest en la misma época enfrentaba al neptunismo impulsando al "vulcanismo"; había aconsejado *ir y ver* las geoformas en el terreno para desmentir las ideas de Werner. Pero las mismas manifestaciones se interpretan de diferentes formas. Un neptunista mira la costa y ve el precipitado universal, no encuentra un orden, los bordes costeros le parecen aleatorios. Un vulcanista ve precipitados entre coladas volcánicas, y aunque existe una relación entre la ubicación de los volcanes y la línea de costa, sus ojos no están preparados para verla. Pero aun aceptando catástrofes, ambos filósofos naturales ven en el corazón de la Tierra algo tan sólido y estable como es posible imaginar.

En esa misma época, Hutton propone en cambio un modelo dinámico de planeta. Para él, violentas convulsiones en pequeña escala espacial, diferentes de una Catástrofe Universal, conmocionan la geografía continuamente al punto de elevar el relieve para generar cadenas montañosas. La noción del mundo como máquina que presenta Hutton explicaría también por qué Geikie lo considera como aquél que introdujo las ideas newtonianas en el campo de las ciencias de la Tierra. Sin embargo tanto las condiciones externas como las internas desfavorecen su fama<sup>11</sup>.

La cumbre de la filosofía catastrofista llega un siglo después, justo después de la Revolución Francesa, de la mano de Georges Cuvier. Su sistema de teorías implica direccionalidad en el tiempo. Postula periódicas catástrofes universales durante las cuales la fisonomía del mundo cambia violentamente, como también los seres que lo habitan. Cuvier puede interpretar las páginas en blanco que no narra la paleontología, pero no puede imaginar el mecanismo por el cual se desatan las catástrofes. Bautizado como *catastrofismo* por William Whewell en el año en que muere Cuvier, 1832, su análisis parece ser nada especulativo, y se basa además en numerosos datos empíricos<sup>12</sup>.

La comunidad científica del naciente siglo XIX está de acuerdo en que la línea de costa ha sufrido cambios a lo largo de la historia de la Tierra. La geología muestra que el mar estuvo en el

pasado donde hoy no está, como lo había advertido Aristóteles 23 siglos antes. Ahora bien, cabe preguntarse *cómo* ocurrió la variación en el nivel del mar. Pudo haber ascendido el terreno o descendido el mar; a su vez, ese movimiento pudo ser lento o violento. Hutton había propuesto un episódico ascenso del terreno, pero para llegar a construir este mundo de esa manera, el Creador habría necesitado una cantidad de tiempo "indefinida". A partir de las Sagradas Escrituras no podría otorgarse una edad a la Tierra que superase los 6000 años. Valía entonces pensar, razonablemente, en explicaciones alternativas.

En 1830 Cuvier encuentra un rival cuya elegancia retórica lo posiciona a su altura. Charles Lyell, quien rescata las ideas de Hutton, publica un libro que modifica la forma de ver el mundo de los geólogos. En *Principios de Geología* (1831), Lyell ofrece una manera de ver la Tierra a partir del gran supuesto uniformista, al cual integra dentro de un sistema de teorías que le gana terreno a los catastrofistas. Si no existen ciertos estratos en el registro geológico no es debido a catástrofes universales sino a los continuos ciclos de acumulación y erosión que barrieron las evidencias del pasado. Dios no actúa violentamente en pulsos de creación: su Plan perfecto implica ausencia de evolución progresiva, no hay direccionalidad porque el mundo es perfecto hoy, y siempre lo fue. Toda la Creación es continuamente modelada por el Creador, pero siempre es perfecta. El final de *Principios de Geología* sintetiza esta visión de Lyell:

Como geólogos, aprendemos que no es la sola condición presente del globo la que ha sido ajustada en beneficio de miríadas de criaturas vivientes, sino que muchos estadios previos también han sido adaptados a la organización y hábitos de previas razas de seres. La disposición de los mares, continentes e islas, y los climas, han variado; del mismo modo las especies han cambiado; y aun más, han sido todas así modeladas en tipos análogos a las plantas y animales existentes como para indicar, en su totalidad, una armonía perfecta de diseño y unidad de propósito.<sup>13</sup>

Desde el punto de vista uniformista es entonces posible pensar la historia de la Tierra como un continuo suceder de acontecimientos ordinarios, analizables a partir de los acontecimientos actuales. Los procesos geológicos se vuelven vulnerables a la investigación. Pequeñas son las causas que subyacen tras cada geoforma. Ahora el geólogo ve en la costa la manifestación más clara de la evolución uniforme, adireccional, del paisaje. Luego, el mundo de Lyell, que prescindía de catástrofes y de direccionalidad teleológica, invade definitivamente con Darwin el terreno de lo vivo. La contingencia, las causas actuales y los cambios graduales dialogan entre ambos sistemas de teorías en el mismo idioma.

Con la nueva forma de ver el mundo que surge del uniformismo también florece la geomorfología, disciplina que se encargará de ahora en más de la dinámica de costas. Lyell había sentado las bases para que los geólogos de todo el mundo estudiaran las formas del terreno sin recurrir a otras causas más que las empíricas. La evolución del paisaje costero que Gulliver relata en su libro *Topografía de la línea de costa* en 1899, hace uso intensivo del concepto lyellano de ciclos geológicos. Cada recodo del terreno es una punta de iceberg que cuenta la historia del relieve a quien esté dispuesto a interpretarlo de ese modo. Los bordes continentales descubren detalladas narraciones verosímiles acerca de un dinamismo intrínseco de la naturaleza. La acumulación de cambios a lo largo de milenios genera los diversos paisajes, siempre en constante ajuste, siempre en evolución oscilante entre diferentes estados de perfección. Para la segunda

mitad del siglo XIX ya es indiscutible que los bordes continentales son el producto del lento ascenso de las cordilleras y su continua erosión. Ya no hace falta recurrir al misterio de la violencia divina. La idea de dinamismo cobra con el uniformismo un rostro más benévolo.

### **Dinamismo más profundo: los bordes costeros se mueven**

Ante el naciente siglo XX la vieja teoría de un mundo que se va enfriando se vuelve ridícula. Pero la línea de costa no parece ser solamente producto de procesos graduales que actúan por contingencia. Por un lado, existe una inquietante congruencia de formas entre continentes separados por enormes océanos; ello se corresponde con una regularidad inesperada en la distribución de las cadenas montañosas. Por otra parte, el nivel del mar parece haber variado en magnitudes inexplicables. Si los océanos no siempre estuvieron allí, si hay un orden en las formas costeras, entonces hay causas que no hemos tomado en cuenta. Cuando la historia de la Tierra parece mostrarse desnuda frente a la ciencia, la estabilidad del conocimiento tambalea ante las dudas. Ahora el geólogo está listo para ver algo más en las costas que solo cambios superficiales, graduales y contingentes.

Edward Suess inicia, a finales del siglo XIX, una línea de trabajo que a partir de conceptos prácticamente olvidados da nacimiento a una teoría revolucionaria. Atribuye el descenso del nivel del mar a la subsidencia de las cuencas oceánicas y el ascenso al relleno parcial de las mismas. Distingue los componentes de la corteza e infiere que éstos se han movido verticalmente en el interior del planeta para ubicarse a diferentes profundidades según su densidad. Piensa un mundo que se arruga mientras se va enfriando. Mientras tanto, en la otra mitad del mundo, el geógrafo y geólogo norteamericano F. B. Taylor observa la forma de la costa pensando piezas móviles de un rompecabezas. Pero en Estados Unidos, el grupo de científicos más influyente en la materia en ese momento elabora teorías dentro de un marco teórico que hacen llamar "Tierra Ultrasólida"<sup>14</sup>. Las ideas de Taylor no pueden germinar en ese contexto filosófico. Sin embargo, la idea de movimiento horizontal del terreno no tarda en volverse inevitable.

Cuando el astrónomo y meteorólogo alemán Alfred Wegener en 1912 expone una teoría de deriva continental la comunidad científica se resiste sistemáticamente<sup>15</sup>. No resulta cómodo volver a la incertidumbre de causas desconocidas. La estabilidad de una dinámica sólo superficial tiembla y no se deja caer sino hasta medio siglo después. Aquí sí parece haber sido necesario derribar un concepto arraigado de estabilidad, del interior de la Tierra, para alcanzar una escala global en el análisis de las geoformas.

Las líneas de costa pueden encajar muy bien entre sí, pero no es evidente el mecanismo por el cual un territorio incommensurable, hasta entonces aparentemente inmóvil, puede trasladarse, quebrarse, unirse. Pero luego las ideas de Suess ensamblan inesperadamente con las de Wegener<sup>16</sup> cuando, tras nuevas exploraciones del fondo oceánico, llega el modelo de explicación esperado<sup>17</sup>. La tectónica de placas surge así para dar cuenta del esperado mecanismo. En tanto sistema de teorías, afecta a toda la geología, incluso a ramas que permanecían hasta entonces inconexas<sup>18</sup>. Aunque la dinámica de costas se ocupará de estudios de escala generalmente más local, actualmente sólo adquiere sentido en el contexto de la tectónica de placas.

Tras la silueta de la línea de costa se escondía la sorpresa más grande de la geología. El planeta entero es dinámico. La ciencia nos trae de la mano de la geología un concepto que la

naturaleza nos susurra desde el principio de la historia: nada es estático. Tal vez Burnet, en sus meditaciones, había sentido ese murmullo.

### Agradecimientos

Al grupo de historia de la ciencia del Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA por su apoyo y asesoramiento, especialmente al Lic. Onna por su valioso aporte y al Prof. Boido. Al Dr. Codignotto y a N. M por la lectura crítica de una versión previa del trabajo y por la anécdota de la nota 11.

---

### Notas

<sup>1</sup> Por ejemplo Hallam, 1985, especialmente p. 155-170

<sup>2</sup> Trevor, 2003; p. 8

<sup>3</sup> Jacob, 1999; p. 130.

<sup>4</sup> Gould, 1992, p. 23.

<sup>5</sup> Burnet deja ello explícito en su libro, en la sección *Review of the Sacred Theory of the Earth*.

<sup>6</sup> Gould, 1992.

<sup>7</sup> "If the Sea had been drawn round the Earth in regular figures and borders, it might have been a great beauty to our Globe, and we should reasonably have concluded it a work of the first Creation, or of Nature's first production; but finding on the contrary all the marks of disorder and disproportion in it, we mayas reasonably conclude, that it did not belong to the first order of things, but was something succedaneous, when the degeneracy of Mankind, and the judgments of God had destroy'd the first World, and subjected the Creation to some kind of Vanity." Burnet (1692), capítulo 10, p 101-102.

<sup>8</sup> Gould, 1992.

<sup>9</sup> En 1795 la presenta en su libro.

<sup>10</sup> Álvarez Oviedo, 1998.

<sup>11</sup> Gould, 1992.

<sup>12</sup> *Ibidem*.

<sup>13</sup> "As geologists, we learn that it is not only the present condition of the globe which has been suited to the accommodation of myriads of living creatures, but that many former states also have been adapted to the organization and habits of prior races of beings. The disposition of the seas, continents, and islands, and the climates, have varied; the species likewise have been changed; and yet they have all been so modeled, on types analogous to those of existing plants and animals, as to indicate, throughout, a perfect harmony of design and unity of purpose." Lyell (*op. cit.*, Book III. Concluding Remarks).

<sup>14</sup> Hallam, 1985.

<sup>15</sup> En las aulas de la Universidad de Buenos Aires algunos profesores aún sostenían en la década del 60 que *los continentes no son criaturas que se llevan de la mano a orinar*.

<sup>16</sup> Tanto el concepto de isostasia de Suess como el de deriva continental de Wegener fueron necesarios para el desarrollo de la Tectónica de Placas (véase Hallam (1985), capítulo *La deriva de continentes*, p 109-154).

<sup>17</sup> Hallam 1985, pág 141

<sup>18</sup> Para un análisis detallado véase Álvarez Oviedo, 1998.

### Bibliografía

Álvarez Oviedo, E. 1998. La contrucción de la Geología como ciencia. Un análisis desde la teoría de cierre categorial. El Basilisco. 2º Epoca. N°23, p3-30.

Burnet, T. 1691. *Sacred Theory of the Earth*. 2º edition. Printed by R. Norton for Walter Kittleby. St. Paul Church-Yard. London. 412p (título original. *Theiluris Teoria Sacra*, 1680)

Cailleux, A. 1964. *Historia de la Geología*. EUDEBA. Buenos Aries. 104p. (título original. *Histoire de la géologie*, 1961)

Capel, H.1985. *La Física Sagrada*. Ediciones del Serbal. España. 223 p.

- 
- Gould, S. J. 1992. *La Flecha del Tiempo. Mitos y metáforas en el descubrimiento del tiempo geológico*. Ed. Alianza Universidad. Madrid. 232p. (título original: *Times's Arrow, Time's Cycle. Myth and Methaphor in the Discovery of Geological Time*. 1987)
- Hallam, A. 1985. *Grandes controversias geológicas*. Ed. Labor. Barcelona. 180p.
- Playfair, J. 1802. *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*. Dover Publication, Inc. New York. 528p.
- Lyell, Ch. 1831. *Principles of Geology*. John Murray, Albemarle Street. London. 398p y apéndices.
- Gulliver, F. P. 1899. *Shoreline Topography*. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol 34. Nº8. 258p.
- Trevor, P. 2003. *Perilous Planet Earth. Catastrophes and catastrophism through the ages*, Cambridge, Cambridge University Press. 555p.