



LA RAZÓN HISTÓRICA. Revista hispanoamericana de Historia de las Ideas. ISSN 1989-2659

## Nicolas Steno y la primera generación de conceptos geológicos.

**José Alsina Calvés**

*Licenciado en Biología (Universidad de Barcelona), Master en Historia de las ciencias y doctor en filosofía por la Universidad Autónoma de Barcelona (España).*

En muchas obras geológicas es común encontrar la expresión “Steno padre de la geología moderna”. En realidad Steno no es todavía un geólogo, sino un naturalista, pues la geología como disciplina estructurada no aparecerá hasta el siglo XIX. Sin embargo debemos a Steno la primera generación de conceptos geológicos, que van a vertebrar una tradición de investigación que será continuada por Buffon y que hará aportaciones fundamentales al posterior nacimiento de la geología.

### EL CONTEXTO

Nicolás Steno (1638-1686) nació en Copenhague, pero pasó gran parte de su corta vida en el norte de Italia y en Alemania. En 1666 se estableció en la Toscana, bajo la protección del gran duque Fernando II de Florencia. A partir del año 1673 abandonó la actividad científica, fue ordenado sacerdote y poco después obispo, y solamente escribió sobre temas teológicos. Pero su corto periodo de actividad naturalista fue muy fecundo: en 1667 publicó su monografía anatómica sobre el tiburón *Canis carcharia*<sup>1</sup> en la que defendía la tesis de que los fósiles denominados *glossopetrae* (piedras lengua) eran en realidad dientes fósiles de este tiburón, y donde para explicar la fosilización introdujo, por primera vez, el par conceptual sedimento – estrato.

---

<sup>1</sup> Nicolaus Stenonis, *Elementorum Myologiae Specimen, seu Musculi descriptio Geometrica, cui accedunt Canis Carcharia dissectum Caput, et Dissectus Piscus ex Canum genera*, Florentiae, 1667.

En 1669 publicó el *Prodromus*<sup>2</sup>, donde los conceptos acuñados, en el marco de una concepción particulada de la materia y a través de una metodología deductiva *more mathematico* se extienden a materias que, en términos modernos, serían la paleontología, la cristalografía y la estratigrafía. El *Prodromus* pretendía ser el anticipo de un tratado mucho más extenso que nunca llegó a publicarse.

Para el análisis filosófico de la obra de Steno y su contribución a la generación de conceptos geológicos es imprescindible considerar sus fundamentos cartesianos, tanto ontológicos como metodológicos. Steno parte de una concepción mecanicista y particulada de la materia, y utiliza una metodología deductiva *more mathematico*, de clara raíz cartesiana.

Para entender el rol jugado por la filosofía cartesiana en todo este proceso resulta esclarecedora la tesis de Turró [TURRÓ, 1985], según la cual ésta nace como oposición al paradigma renacentista de tipo neoplatónico. El pensamiento aristotélico medieval, especialmente en lo que respecta a la división entre *naturalia* y *artificialia*, fue superado por la realidad social, por el progreso de las técnicas artesanales. Según Turró, como respuesta a esta realidad, nació el paradigma renacentista, de inspiración neoplatónica y hermético- alquímica, que es descrito por el autor como un paradigma en el sentido kuhniano del término.

Nosotros pensamos que es más adecuado describir la situación a partir de la existencia de dos grandes tradiciones de investigación: la neoplatónica, dominante, y la neoaristotélica, heredera del averroísmo medieval, cuyo principal bastión es Padua. En los temas protogeológicos que nos ocupan, y más concretamente en el tema de los fósiles, el neoplatonismo estaría representado por Gesner<sup>3</sup>, y el neoaristotelismo por Goropius<sup>4</sup> y su teoría sobre el origen “in situ” de los fósiles en las rocas por una especie de *generatio equivoca*.

La aparición de la filosofía cartesiana no hay que verla únicamente como una respuesta a la crisis escéptica, sino también, y sobre todo, como la aparición de una nueva tradición de investigación, con una ontología, (el mecanicismo y la concepción particulada de la materia), y una metodología (el método deductivo *more matemático*). Solo en este contexto podemos entender las aportaciones de Steno.

Pero Steno no solamente recoge la ontología y la metodología cartesianas. En sus aportaciones se advierte la influencia de la “Teoría de la Tierra” que Descartes expone en *Los Principios de la Filosofía*.

---

<sup>2</sup> Nicolaus Stenonis, *De Solido intra Solidum naturaliter Contento Dissertationis Prodromus*, Florentiae, 1669.

<sup>3</sup> Las ideas de Gesner sobre los fósiles fueron expuestas en su libro *De Rerum fossilium, Lapidum et Gemmarum maxime, figuris et similitudinibus liber*, Tiguri, 1565.

<sup>4</sup> *Origenes Antwerpianae*, Amberes, 1569.

## LA “TEORÍA DE LA TIERRA” CARTESIANA EN *LOS PRINCIPIOS DE LA FILOSOFÍA*.

En la parte cuarta de su libro *Los Principios de la Filosofía*, Descartes nos expone su “Teoría de la Tierra”. Aunque los conocimientos geológicos del filósofo eran escasos y no hay nada que se parezca a la observación, este texto tiene importancia metodológica, y es indudable su influencia en Steno. Descartes empieza su digresión acentuando el carácter hipotético de la misma:

*..debo mantener aquí la misma hipótesis para explicar lo que aparece sobre la Tierra; de este modo, si muestro con evidencia, tal y como espero hacerlo, que es posible de esta forma ofrecer razones muy inteligibles y ciertas de todas estas cosas que se observan sobre la Tierra, y que no es posible hacerlo mediante alguna otra invención, tendremos argumentos para concluir que, aunque el mundo no se haya formado al comienzo de esta forma sino que haya sido creado directamente por Dios, todas las cosas que contiene son de la misma naturaleza que si hubiesen sido generadas de acuerdo con nuestra hipótesis.<sup>5</sup>*

Este párrafo no muestra únicamente cuidado en manifestar su ortodoxia religiosa, sino que es también (y sobre todo) una meridiana apología del método hipotético. No importa si lo que se nos va a exponer es *verdad* en el sentido dogmático y ontológico. Lo que importa es si mediante esta explicación podemos deducir cómo es la Tierra, *como si* esta se hubiera formado a partir de los principios expuestos.

Como principio último, Descartes remite al movimiento de las partículas de materia. Este genera tres elementos, que han sido descritos en capítulos anteriores de la obra, y también, y de forma más explícita en *El Mundo. Tratado de la Luz*<sup>6</sup>.

*Concibo el primer elemento – al que puede llamarse fuego – como el líquido más sutil y penetrante que hay en el mundo. Y, siguiendo lo que se ha dicho más arriba acerca de la naturaleza de los líquidos, imagino que sus partes son mucho menores y se mueven mucho más deprisa que los otros cuerpos.<sup>7</sup>*

*Concibo también el segundo – al que puede tomarse por el elemento del aire – como un líquido muy sutil en comparación con el tercero, pero comparándolo con el primero, es preciso atribuir a cada una de sus partes algún tamaño y figura, e imaginarlas casi redondas, como granos de arena y polen cuando están juntos<sup>8</sup>.*

*Además de estos dos elementos sólo admito un tercero, a saber, el de la tierra, del que juzgo que sus partes son tanto mayores y se mueven tanto más despacio, en comparación a las del segundo como estos en comparación a los del primero<sup>9</sup>.*

<sup>5</sup> *Los Principios de la Filosofía* (en adelante P.F.) IV, 1.

<sup>6</sup> Las citas que siguen son de la edición de *El Mundo. Tratado de la Luz*. (1989) de Salvio Turró, Ed. Anthropos, Barcelona (en adelante T.M.)

<sup>7</sup> T.M., V, p. 24.

<sup>8</sup> T.M., V, p. 25.

<sup>9</sup> Idem.

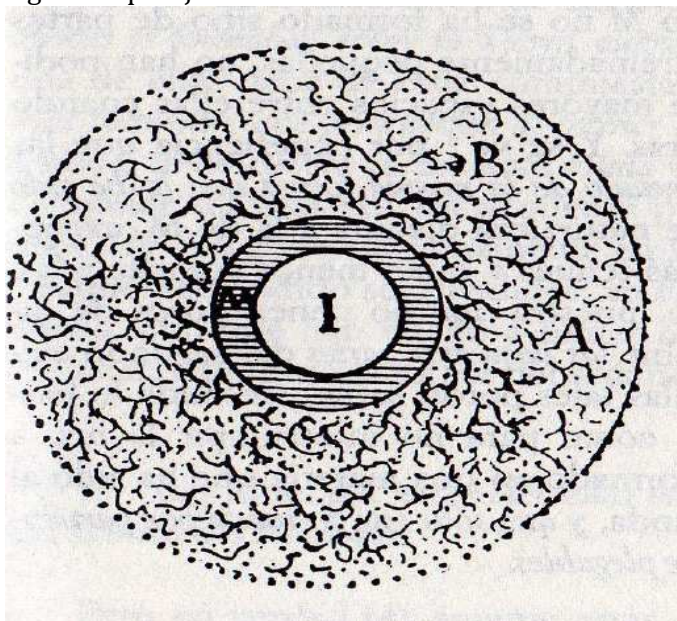
Observemos que aquí se nos presentan tres elementos básicos que componen el mundo, el fuego, el aire y la tierra. Pero la novedad es que las propiedades de estos elementos no vienen dadas por cualidades intrínsecas, como en la cosmovisión aristotélica, sino por la actividad y el tamaño de las partículas que los forman.

A partir de estas premisas Descartes va a “reconstruir” la historia de la Tierra, desde sus orígenes hasta el momento actual. Fiel al principio previamente enunciado: “*tengo intención de explicar los efectos por sus causas, no las causas por sus efectos*”<sup>10</sup> simula llegar a la geografía actual como una consecuencia lógica de todo lo que precede [ELLENBERGER, F., 1989; p. 184].

Pero la influencia cartesiana en Steno no se da solamente en los terrenos de la ontología (mecanicismo) y de la metodología (hipotético deductiva). Hay dos ideas protogeológicas que Descartes utiliza para explicaciones globales del globo terráqueo que Steno aplicará a más pequeña escala con éxito notable:

- 1 Como consecuencia de la actividad de las partículas se forman distintas capas o estratos en la Tierra.
- 2 En un momento dado la rotura y el hundimiento de algunas de estas capas origina valles y montañas.

A la primera cuestión dedica Descartes buen número de párrafos, que se inician con el siguiente pasaje:



*Si consideramos el estado de la Tierra, tal y como debió ser poco tiempo antes de descender hacia el Sol, podemos distinguir tres regiones muy diferenciadas. La primera de ellas, la más interior y que aparece marcada en el gráfico con I (ver figura), parece que sólo contiene*

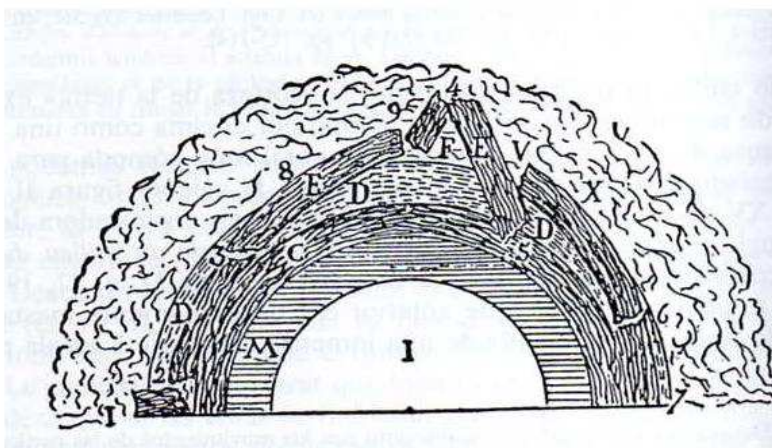
<sup>10</sup> P.F., III, 4

*materia del primer elemento que se mueve allí de igual forma que se mueve la materia que está ubicada en el Sol, y que no es de otra naturaleza<sup>11</sup>.*

*La segunda o región media, marcada en el gráfico con M (ver figura), está llena de un cuerpo muy opaco u oscuro muy sólido o compacto. (...) Y se ve por experiencia que las manchas del Sol, se han formado de la misma forma que lo ha sido este cuerpo M y que no son de naturaleza distinta a M<sup>12</sup>.*

A partir de esta situación inicial Descartes “reconstruye” todo el proceso de formación de la Tierra, deduciéndolo de la forma, tamaño y movimiento de las partículas. Éstas se depositan en diversas capas que interaccionan entre sí.

Al llegar a las etapas terminales (ver figura) nos encontramos con una capa exterior de aire, una corteza exterior, un vacío, una capa de agua y una corteza interior más profunda. El último suceso consiste en la rotura y hundimiento de esta corteza exterior. Ello origina montañas y valles en la superficie de la Tierra, y que parte de la capa de agua salga al exterior, originando los océanos. Posteriormente veremos que Steno, al reproducir la historia tectónica de la Toscana, utiliza un modelo semejante, aunque a escala menor.



## ONTOLOGIA Y METODOLOGIA CARTESIANA EN STENO

En el *Canis carcharia* Steno desarrolla la idea de la formación de los fósiles en sedimentos terrosos, “acumulados poco a poco” en un medio acuoso y convertidos posteriormente en estratos. En el *Prodromus* extiende estos conceptos de los fósiles a los cristales y a la

<sup>11</sup> P.F., IV, 3.

<sup>12</sup> P.F., IV, 4.



estratigrafía. Se fundamenta en una teoría particulada de la materia y utiliza un método deductivo.

Las innovaciones metodológicas se refieren a un proceso de razonamiento *more matemático*, de carácter deductivo, pero muy vinculado a la observación, de inconfundible sello cartesiano. Algunos autores [ELLENBERGER, F. 1989, pp. 213-215] han calificado al método de Steno de “síntesis inductiva”. Discrepamos profundamente de esta tesis<sup>13</sup>, y trataremos de demostrar que el método de Steno es básicamente deductivo.

Para demostrar que las *glossopetrae* eran en realidad dientes fósiles de tiburón, Steno se propuso demostrar en primer lugar que no existía evidencia alguna de su crecimiento en el interior de la roca; y aseveró que, por el contrario, a menudo mostraban signos de decadencia, lo que implicaba que no se estaban formando en el momento presente, sino que eran reliquias de un momento anterior [RUDWICK, M. 1987, p. 77].

Para atacar el problema Steno supone seis conjeturas, que son en realidad hipótesis de trabajo:

- I “La tierra de la que se extraen cuerpos parecidos a partes de animales, aparentemente hoy ya no los produce”.
- II. “Esta misma tierra no parece haber sido compacta cuando dichos cuerpos fueron transportados (o producidos) allí”.
- III. “Nada se opone a admitir que esta tierra hubiera estado en otros tiempos cubierta por las aguas”.
- IV .“Nada tampoco parece oponerse a creer que esta tierra había estado en otro tiempo mezclada al agua”
- V .“Y no veo nada que nos impida considerar la tierra como un *sedimento* del agua acumulado poco a poco”.
- VI. “Nada parece oponerse a que los cuerpos extraídos de la tierra, parecidos a partes de animales, sean considerados partes de animales” [ELLENBERGER, F. 1989, p. 198].

Entre estas conjeturas se introduce el primer concepto innovador: el sedimento. En el siglo XVII *sedimentum* era un término químico – médico. Los médicos hablaban del “sedimento” depositado por la orina. El término procede del latín *sedimen*, de igual sentido [ELLENBERGER, F. 1989, p. 198]. Ahora bien, cuando Steno introduce el término en la geología adquiere una gama de matices nuevos: la introducción de la idea temporal es el más importante, a nuestro juicio, de estos matices.

Al decirnos que *la tierra es un sedimento del agua acumulado poco a poco* se está dando un paso muy importante para entender que las formaciones geológicas no se produjeron todas de golpe en el momento de la Creación, sino que se han ido formando en el tiempo. Otra cuestión es el tiempo necesario para ello: cuál es el valor del *poco a poco*.

---

<sup>13</sup> A menos que se tome el término *inductivo* en un sentido muy genérico, para referirse a cualquier método que tenga que ver con la experiencia o la observación.

Otro concepto que aquí se apunta, aunque sin llegar a formularse, es el de *diagénesis*. Aunque el material orgánico que va a producir el fósil es anterior al sedimento, de hecho el sedimento forma, de manera simultánea al fósil y a la roca. Es más, *el fósil es de hecho parte de la roca*.

*Con estas conjeturas actuando como hipótesis, Steno pretende explicar unos hechos. Son los siguientes:*

1. Estas tierras son a veces bastante duras (toba) , a veces más blandas (arena, arcilla).
2. Son compactas, no sueltas.
3. En lugares diversos se observa que esta tierra está compuesta de estratos superpuestos uno sobre otro e inclinados sobre el horizonte.
4. Las tierras arcillosas pueden estar formadas de estratos de colores varios, con grietas perpendiculares, rellenas completamente de una materia de un color único.
5. En una tierra dada, dura o blanda, se hallan escondidos cuerpos varios.
6. En la arcilla son más abundantes en la superficie que en el seno de la tierra misma.
7. Son más blandos a medida que se va a la parte más profunda, donde se deshacen en polvo al mínimo contacto.
8. En terreno rocoso esos cuerpos son más frecuentes, en todas partes con la misma consistencia y fijados en el seno de la roca, tanto si es de cal como si es de yeso.
9. Tanto si son extraídos de un terreno duro como de uno blando, los “cuerpos parecidos a partes variadas de animales acuáticos” ( a partir de ahora cuerpos s.p.a.) son completamente parecidos, tanto unos a otros, como a las partes correspondientes de animales vivos.
10. Los mismos cuerpos son a veces sólidos como roca, a veces fácilmente reducibles a polvo.
11. En determinados parajes se encuentran numerosas conchas de ostras, soldadas en una sola masa [ELLENBERGER, F. 1989, p. 197].

Hay que señalar que, a pesar de que este pasaje pretende describir una serie de hechos de observación que hay que explicar, en un punto determinado se utiliza para introducir un importante elemento conceptual: el *estrato*<sup>14</sup>. Estos estratos, o capas de terreno, que Steno observa se han generado a partir de la sedimentación.

Entre sus “conjeturas”, que actúan como hipótesis, y los hechos de observación, encontramos una serie de relaciones lógicas de carácter deductivo. De las conjeturas la más importantes es la V: la tierra es un sedimento del agua lentamente acumulado. Es el concepto fundamental de todo su armazón teórico, con un gran poder explicativo, que enlaza, en primer término con la observación 3. De esta conjetura se deduce el concepto de estrato.

---

<sup>14</sup>En latín clásico (como derivado del verbo *sternere*, extender sobre el suelo, cubrir) significa cama, lecho, sus cobertores y también el enlosado de las calzadas. Nunca se había utilizado en el sentido que le da Steno. Plinio y Vitrubio llaman *corium* a la capa del suelo.

Las conjeturas I y II se ocupan de los cuerpos s.p.a y se relacionan con los datos 6,7,8 y 9. Estos cuerpos han llegado al sedimento antes de su compactación. Si se hubieran formado en terreno duro se habrían deformado, como las raíces de los árboles. La conjetura VI se refiere también a estos cuerpos, y remite a un principio lógico bastante obvio: nada se opone a considerar los s.p.a. como partes de animales.

La conjetura IV se remonta a la Escritura, aunque sin mentarla: al principio del mundo y durante el Diluvio las aguas cubrieron la totalidad del globo. Parece pues que estos serán los momentos en que los procesos de sedimentación tendrán lugar de forma generalizada, aunque posteriormente podrán también realizarse en cuencas concretas de sedimentación.

Steno enumera cuatro modos plausibles según los cuales los cuerpos sólidos pueden separarse del agua limpia:

- *Enfriamiento*: al cesar la agitación íntima debida a la “materia sutil” del calor, el líquido es incapaz de retener a los corpúsculos sólidos más grandes.
- *Evaporación*: afecta a las partes más ligeras del líquido: al modificarse la proporción entre disolvente y sólido disuelto, éste se deposita.
- *Confluencia de fluidos*: los sólidos contenidos en uno de ellos se precipitan al mezclarse con otros fluidos.
- *Transformación*: el agua puede convertirse en tierra [ ELLENBERGER, F., 1989, p. 199].

Sobre estos mecanismos propuestos hay varios aspectos a comentar. En primer lugar de qué manera se hace evidente la asunción, por parte de Steno, de una teoría corpuscular de la materia, al estilo cartesiano. Se muestra también como Steno recurre a sus conocimientos químicos y médicos: en la evaporación pone como ejemplos el agua salada y el tártaro de vino, y en la confluencia de fluidos el hecho de que un cambio de dieta pueda hacer que el *sedimentum* tenaz, ya depositado por la orina de una persona, pueda ser redisolto en orina nueva. En el último de los mecanismos, la transformación, afloran ideas de la teoría tradicional de los cuatro elementos.

Así pues cuando Steno empieza la redacción del *Prodromus*<sup>15</sup>, las innovaciones conceptuales más importantes se han ya elaborado en el *Canis Carcharias*. Sin embargo el planteamiento intelectual de esta segunda obra es totalmente distinto a la primera. El *Prodromus*<sup>16</sup> se articula en torno a un problema genérico o universal: *Dado un cuerpo dotado de una forma y producido según las leyes de la naturaleza, hallar en el cuerpo mismo las pruebas que establecen el lugar y el modo de su producción*<sup>17</sup>. Este planteamiento evidencia de forma notable el método deductivo en Steno. A partir de proposiciones abstractas y universales se llega a conclusiones concretas y particulares. No hay, sin

<sup>15</sup> Steno, N. (1669) *De Solido intra Solidum naturaliter Contento Dissertationes Prodromus*. Florencia.

<sup>16</sup> *Prodromus* significa resumen, precursor, nota preliminar. Pretendía ser la introducción de un tratado mucho más amplio que nunca llegó a publicarse.

<sup>17</sup> *Prodromus*, B.



embargo, ninguna concesión a la especulación gratuita y cada paso lógico se apoya en la evidencia experimental u observacional.

Aunque se evita cualquier discusión de tipo metafísico, para solucionar el problema planteado se postula una ontología de “partículas móviles” y un “fluido penetrante”. Aquí se pone otra vez de manifiesto que en la ontología de Steno la teoría corpuscular de la materia juega un papel fundamental. Por otra parte la actividad del fluido, tal como veremos, proporcionará un criterio para distinguir los cuerpos de origen orgánico de los de origen mineral.

Fiel al método deductivo, el razonamiento de Steno se basa en la elaboración de unas proposiciones generales, que actúan como hipótesis, de las cuales se deducen proposiciones de carácter más particular y corroborables por la experiencia.

La primera de estas proposiciones se formula así: *Si un cuerpo sólido está rodeado por todas partes por otro cuerpo sólido, se ha endurecido primeramente aquel que en el contacto mutuo expresa por su superficie las propiedades de la otra superficie*<sup>18</sup>. Por tanto cuando encontramos tierras o rocas que contienen minerales, cristales, conchas o huesos de animales dotados de una superficie lisa, estos cuerpos existían antes de que se compactara la materia que les rodea.

La segunda proposición nos dice que: *Si un cuerpo sólido es desde todos los puntos de vista semejante a otro cuerpo sólido, no solamente en lo que se refiere a las condiciones de superficie sino también a la organización interior de las partes o partículas, también es igualmente semejante a él en lo que se refiere al modo y lugar de producción*<sup>19</sup>.

De esta segunda proposición se deducen un conjunto de corolarios de importancia capital:

1. *Los estratos de la tierra son concordantes en lo que se refiere al lugar y modo de producción con los estratos que el agua turbia deposita.*
2. *Los cristales de roca de las montañas están en concordancia, en lo que se refiere al lugar y modo de producción con los cristales de nitro.*
3. *Los cuerpos que se extraen de la tierra, semejantes a partes de animales y plantas, han sido producidos según los mismos modo y lugar que las partes mismas de las plantas y animales [ELLENBERGER, F., 1989, p. 217].*

Un mismo principio teórico se aplica con eficacia a tres cuestiones distintas. Así los estratos del terreno concuerdan con los que se están produciendo en agua turbia, lo que nos dice que estos estratos *han sido producidos por la sedimentación de esta agua turbia*. Los "cristales de roca" concuerdan con los cristales de nitro, los cuales podemos ver cristalizar. Por tanto, los primeros *han cristalizado de forma idéntica*. Finalmente, los cuerpos semejantes a partes de animales o plantas *se han formado como parte de estos animales o plantas*.

---

<sup>18</sup> *Prodromus*, B.3.a.

<sup>19</sup> *Prodromus*, B.3.b.

La tercera proposición nos dice lo siguiente:

*Si un cuerpo sólido ha sido producido de acuerdo a las leyes de la naturaleza, ha sido producido por un fluido.*<sup>20</sup>

Aquí aparecen dos cuestiones de gran interés. Tenemos en primer lugar un elemento unificador de tres fenómenos tan distintos como la sedimentación, la cristalización y el crecimiento animal: la presencia de un fluido como elemento generador. Pero hay que añadir una distinción de gran importancia: tanto en el reino mineral como en el de los seres vivos existe un *fluido externo*. Únicamente en los seres vivos hay, además, un fluido interno<sup>21</sup>. Con esta distinción Steno rechaza de plano la teoría sobre el *crecimiento mineral*. Los cristales no crecen como los seres vivos, pues se forman a partir únicamente de un fluido externo<sup>22</sup>.

Steno ha ido delimitando una ontología conceptual para la geología. Los estratos, los cristales (minerales) y los cuerpos semejantes a las partes de animales y plantas forman esta ontología. Todos obedecen a la misma ley: haber sido producidos por un fluido. A partir de aquí Steno se irá ocupando de cuestiones relativas a los tres elementos componentes de esta ontología.

Comienza con los estratos, concepto que ya había sido esbozado en el *Canis Carcharias*. Nos dice que *los estratos de la tierra se deben a los sedimentos de un fluido*<sup>23</sup>, y a continuación realiza una cuidadosa descripción, por lo demás muy sintética, sobre los procesos de sedimentación que dan lugar a los estratos.

Resulta particularmente interesante la distinción entre *costra* y *sedimento*:

*La superficie superior de las costras es paralela a su superficie inferior, por muchas asperezas que tenga debido a las grandes prominencias, mientras que la superficie superior de los sedimentos es paralela al horizonte o muy poco inclinada sobre él*<sup>24</sup>.

Se ocupa a continuación de la materia de los estratos. Estos párrafos pueden considerarse una especie de texto fundacional de la estratigrafía: de la composición de los estratos deduce las circunstancias del momento y del lugar en que se formaron. En el primero de ellos hay una cita de Descartes<sup>25</sup>, lo que muestra que Steno no solo es deudor del filósofo de Turena en cuestiones metodológicas u ontológicas, sino que también extrae del mismo alguna idea geológica. Nos dice:

---

<sup>20</sup>*Prodromus*, B.3.c.

<sup>21</sup>*Idem*

<sup>22</sup>*Prodromus*, C.VI.2.a

<sup>23</sup>*Prodromus*, C.II.1

<sup>24</sup>*Prodromus*, C.II.1.e

<sup>25</sup>Concretamente de *Los principios de la Filosofía* (párrafos XXXVIII-XXXIX) donde Descartes se refiere a la "croust de la terre" o "corps E".

*Si en un estrato rocoso todas las partículas constituyentes han sido de la misma naturaleza y además, desligadas, no hay razón ninguna para negar que este estrato ha sido producido en el momento de la creación a partir de un fluido que entonces lo cubría todo: es también éste el modo como Descartes explica la producción de los estratos de la Tierra<sup>26</sup>.*

Pero este párrafo, además de relacionar el pensamiento de Steno con la *Teoría de la Tierra* cartesiana, tiene otro elemento de interés: si los estratos que tienen estas características descritas fueron los primeros en producirse es que posteriormente se han producido otros:

*Si en un determinado estrato se encuentran fragmentos de otro estrato, o partes de animales o de plantas, es seguro que no tienen porqué relacionarse con los que en el tiempo de la Creación se depositaron del fluido primero<sup>27</sup>.*

Hay pues estratos más antiguos y estratos más modernos. La idea de temporalidad, que en las *Épocas* de Buffon va a alcanzar su máximo desarrollo, empieza aquí a manifestarse. De todas maneras, las ideas de estrato y de sedimentación llevan, de forma inevitable, a la idea de sucesión temporal, a la inclusión de la historia en la geología. Era pura cuestión de tiempo.

Nos sigue diciendo Steno:

*En el momento en que se formaba uno de los estratos más elevados, el estrato inferior había adquirido ya una consistencia sólida.<sup>28</sup>*

*En el momento en que se ha formado un estrato cualquiera, o bien estaba circunscrito en sus lados por otro cuerpo sólido o bien cubría todo el globo de la tierra. De ello se deduce que en cualquier lugar de que se trate, en el que se observen los lados desnudos de los estratos, hay que, o bien buscar la continuación de estos mismos estratos, o bien hallar otro cuerpo sólido, el cual ha retenido la materia de los estratos impidiéndole fluir más lejos.<sup>29</sup>*

Los estratos se han formado, desde el más bajo al más alto: su continuidad vertical refleja la sucesión del tiempo, y las variaciones en la materia de los estratos y los cuerpos contenidos en los mismos nos cuestan su *historia*. Esto es lo que nosotros llamamos el *principio de superposición de los estratos*, y que, con pequeñas matizaciones, podemos encontrarlo en libros de texto de geología. La segunda proposición define nuestro *principio de la continuidad de los estratos*.

Fiel a su metodología deductiva, y pasando de lo general a lo particular y de lo abstracto a lo concreto, Steno culmina su obra con lo que en terminología moderna llamaríamos un

---

<sup>26</sup>Prodromus, C.II.2.a

<sup>27</sup>Prodromus, C.II.2.b

<sup>28</sup> Prodromus, C.III.3.b

<sup>29</sup> Prodromus, C.II.3.d.

*trabajo de campo*: la cuarta parte aparece dedicada a *Las mutaciones varias acaecidas en la Toscana*. Así nos dice:

*Cómo el estado presente de una cosa dada nos descubre el estado pasado de esta misma cosa, la Toscana [Etruria] presenta esto claramente con evidencia, más que nada por su ejemplo: en su cara [facies] de hoy las desigualdades que se ofrecen a la mirada contiene en ellas los indicios reveladores de diversas mutaciones que voy a revisar en sucesión inversa, yendo de las más recientes a la primera.<sup>30</sup>*

En este párrafo hay dos elementos que a nuestro entender son de capital importancia para la historia de la geología. En primer lugar se define el principio histórico, ya apuntado, que da sentido a la geología como ciencia: estudiar el estado actual de la Tierra para reconstruir su pasado. En segundo lugar, y por primera vez, se utiliza el concepto de *facies*, como aspecto de conjunto de un complejo sedimentario que, con pequeñas variaciones, se sigue usando en la estratigrafía actual.

En la tectónica de Steno no aparecen fuerzas transversales, sino verticales. La rotura y el hundimiento son los principales procesos invocados, y reflejan la influencia del esquema de Descartes<sup>31</sup>; sin embargo aquí estos principios se aplican no al conjunto del globo terrestre, sino a una región concreta. Constituye, por otra parte, una de las diversas aplicaciones concretas del “problema universal”: *Dado un cuerpo dotado de una determinada figura y producido según las leyes de la naturaleza, hallar en el mismo cuerpo las pruebas que establecen el lugar y su modo de producción.*

## ANÁLISIS EPISTEMOLÓGICO DE LA OBRA DE STENO

Existen diversos modelos filosóficos y propuestas metodológicas a la hora de analizar la producción de conocimiento y el cambio científico. Vamos a analizar la aplicabilidad de varios de estos modelos a la obra de Steno.

La obra de Steno inicia una tradición de investigación (en adelante TI), que va a continuarse en Buffon. Con esta afirmación, que posteriormente intentaremos probar, estamos rechazando la adscripción a otros marcos de desarrollo teórico, como son los paradigmas, o los programas de investigación. Veamos porque rechazamos estos marcos.

¿Por qué consideramos que la obra de Steno no inicia un paradigma en el sentido kuhniano del término?. El principal argumento para rechazar el paradigma es su carácter

---

<sup>30</sup> *Prodromus*, D.I.1.

<sup>31</sup> P.F., IV, 42-44

de “compromiso compartido”. Si afirmáramos de Steno inicia un paradigma estaríamos hablando de un conjunto de científicos, que trabajan en el seno de una comunidad más o menos estructurada, y que se adhieran de forma explícita o implícita a unos compromisos teóricos para la resolución de problemas. Vamos a ocuparnos primero de este perfil “sociológico” del paradigma.

Aunque la obra de Steno tiene continuadores y seguidores, no puede hablarse de que constituyan una “comunidad científica” en el sentido kuhniano del término. En el fondo topamos con el problema de la delimitación conceptual: no podemos hablar de una comunidad científica de geólogos cuando no existe aún la geología como disciplina definida. Steno, al igual que Buffon, trabaja en un marco teórico difuso, el de la historia natural, en el que va tomando cuerpo la geología como *disciplina posible*.

Otro aspecto que tiene que ver con el perfil sociológico del paradigma se refiere a la educación de los científicos: cuando un paradigma está vigente éste se refleja de forma nítida en los libros de texto a través de los cuales son iniciados los aspirantes a científico. Tampoco aquí encontramos ningún paralelismo con el caso de Steno. Aunque tuvo seguidores<sup>32</sup> no podemos considerar que sus obras, ni el *Canis Carcharia*, ni el *Prodromus*, fueran adoptadas en ningún momento como libros de texto (en cualquier sentido que demos a esta expresión), ni que inspiraran tampoco libros de texto que fueran utilizados en la formación intelectual de los futuros científicos.

Pero el término paradigma es utilizado por Kuhn en otro sentido: como logro o realización concreta que funciona como ejemplo en las investigaciones subsecuentes. ¿Podemos considerar la obra de Steno como un paradigma en este otro sentido?

Es indudable que Steno resuelve algunos problemas importantes de lo que será la futura geología, y lo hace a partir del par conceptual estrato-sedimento como concepto explicativo preferente, de gran potencia explicativa, que le permite explicar el origen de los fósiles (orgánico), de los sedimentos, de los cristales, y esbozar unos principios de tectónica.

Pero tampoco en este caso el término paradigma, en el segundo sentido kuhniano, nos parece adecuado. Steno tiene seguidores<sup>33</sup>, pero éstos lo que hacen es recibir y transmitir los conceptos, no aplicarlos a la solución de otros problemas geológicos o naturalistas. No podemos decir que la obra de Steno constituya un paradigma en el sentido de ejemplo de resolución de problemas.

El caso de Buffon es indicativo. Tanto en la *Teoría de la Tierra* como en *Las Épocas de la Naturaleza* es evidente su deuda con Steno, pero Buffon no soluciona problemas siguiendo a Steno, sino que lo hace con otros conceptos nuevos que él mismo ha acuñado (rotación cíclica de los océanos, enfriamiento de la Tierra). Los conceptos acuñados por Steno los

---

<sup>32</sup> Ver *Infra*

<sup>33</sup> Ver *Infra*

encontramos en Buffon, pero han sido desplazados de su lugar preferente y han sido substituidos por otros.

Diremos que un físico es newtoniano, o mejor, que participa en el paradigma newtoniano, si soluciona problemas físicos aplicando las tres leyes de Newton y el principio de la gravitación. Aquí no podemos hablar de un paradigma “steniano” en el mismo sentido.

En general, y como ya hemos comentado<sup>34</sup> el modelo de Kuhn de los paradigmas, tanto en el primer como en el segundo sentido de la expresión, resulta útil para el análisis de la estructura y la dinámica de ciencias relativamente consolidadas, pero muy poco para ciencias en vías de formación. Kuhn no niega el carácter científico de estas disciplinas embrionarias, pero no se ocupa de ellas, designándolas como ciencias *preparadigmáticas*.

En el caso de la geología el modelo de Kuhn puede empezar a ser útil a partir del siglo XIX, cuando Elie de Beaufort, y después Suess y Dana<sup>35</sup>, elaborarán la teoría contraccionista, la cual sí que actuará como paradigma en los dos sentidos del término: encontramos por una parte un conjunto de científicos, integrados en una comunidad científica, que asumen un conjunto de compromisos compartidos. Estos compromisos cohesionan entre sí a los miembros de esta comunidad.

Por otra parte en el seno de esta comunidad los geólogos resuelven problemas concretos (acertijos en la terminología kuhniana) según el modelo propuesto por los creadores del paradigma. En este momento puede hablarse de una comunidad geológica y de una “ciencia normal”.

Vamos a analizar a continuación porqué el modelo de Lakatos<sup>36</sup>, los programas de investigación, tampoco nos parece adecuado para el caso que estamos estudiando. Lakatos, al igual que Kuhn, considera la necesidad de tomar como unidades de estudio del cambio científico entidades de mayor envergadura y más comprensivas que las teorías: estas unidades en su modelo son los Programas de Investigación Científica (en adelante PIC).

Un PIC se caracteriza por la presencia de un *núcleo firme*, irrefutable por definición. La *heurística negativa* protege a este núcleo firme a través de una serie de *hipótesis auxiliares* que forman un *cinturón protector*. El cinturón protector de hipótesis auxiliares debe recibir los impactos de las contrastaciones y para defender el núcleo firme podrá ser ajustado y reajustado, e incluso, completamente sustituido [LAKATOS, 1982; pp. 66-67].

Un ejemplo clásico de PIC exitoso es el newtoniano. Su núcleo firme estaría formado por las leyes de Newton. Cuando apareció se encontraba inmerso en un océano de anomalías (o contraejemplos), pero con gran tenacidad, los newtonianos convirtieron cada uno de los contraejemplos en ejemplos corroboradores.

---

<sup>34</sup> Ver la Introducción

<sup>35</sup> Ver Capítulo Quinto

<sup>36</sup> Ver la Introducción.



Pero los PIC tienen además una *heurística positiva*, que consiste en un conjunto parcialmente estructurado, de sugerencias o pistas de cómo cambiar o desarrollar las “versiones refutables” del PIC y sobre cómo modificar y completar el cinturón protector. Así se van generando teorías en el seno de un PIC.

Un PIC es *progresivo* cuando la heurística positiva predomina sobre la negativa, cuando produce teorías que no solamente son capaces de explicar los hechos conocidos, sino de predecir otros nuevos. Es *regresivo* cuando se centra casi exclusivamente en la heurística negativa y produce solamente hipótesis *ad hoc*.

Vamos, pues, a aplicar el modelo de los PIC a la obra de Steno, y ver las dificultades con las que nos encontramos. Comenzaremos buscando su centro firme. Después buscaremos la heurística positiva y la negativa. A continuación, trataremos de ver si ha habido cambio de teorías en el seno del PIC y predicción de hechos nuevos.

Para buscar el centro firme nos centraremos en el *Prodromus*, pues consideramos que cuando Steno escribe este libro su modelo está ya maduro, y además su contenido tiene una aplicación más genérica: se refiere tanto a los fósiles como a los cristales, como a la interpretación de un relieve determinado, como el de la Toscana.

Tres proposiciones fundamentales podrían ser tomadas como centro firme:

1. *Si un cuerpo sólido está rodeado por todas partes por otro cuerpo sólido, se ha endurecido primeramente aquel que en el contacto mutuo expresa por su superficie las propiedades de la otra superficie*
2. *Si un cuerpo sólido es desde todos los puntos de vista semejante a otro cuerpo sólido, no solamente en lo que se refiere a las condiciones de superficie sino también a la organización interior de las partes o partículas, también es igualmente semejante a él en lo que se refiere al modo y lugar de producción*
3. *Si un cuerpo sólido ha sido producido de acuerdo a las leyes de la naturaleza, ha sido producido por un fluido.*

Constituyen sin duda el armazón teórico de más alto nivel de abstracción. A partir de aquí pueden deducirse otras proposiciones de carácter más particular, que se ocupen de fósiles, de estratos, de cristales, etc. Veamos el caso concreto de los fósiles.

En principio un fósil es semejante a “partes de animales o plantas”. La aplicación de la proposición 2 nos lleva a pensar que “ha sido producido según el mismo modo y lugar que las mismas partes de animales o plantas”, es decir, nos lleva a la identidad entre el fósil y las “partes de animales y plantas”. Pero el fósil aparece en el interior de una roca encajante. La aplicación de la proposición 1 nos lleva a pensar que el fósil existía antes que la roca que lo rodea.

La aplicación de la proposición 3 es más compleja, pues podemos hacerla a dos niveles:

- El fósil como “parte de animal o planta” se ha formado por acción de un fluido: el fluido interno que caracteriza a los seres vivos.
- El conjunto fósil – roca o fósil – estrato: se ha formado por acción de un fluido externo: el sedimento “acumulado poco a poco”.

La heurística positiva del modelo de Steno es potente: explica el origen de los fósiles, permite una datación relativa de los estratos e introduce elementos explicativos sobre el origen de las estructuras tectónicas y de los cristales. Además permite distinguir los seres vivos de los minerales.

Con respecto a la heurística negativa hay que tener en cuenta que uno de los elementos fundamentales del modelo de Lakatos es que los diversos PICs coexisten en el tiempo y compiten entre sí. Debemos pues analizar la existencia de otras explicaciones alternativas al problema de los fósiles, como competían con la explicación de Steno, y si el conjunto de todo ello puede ser analizado de forma satisfactoria recurriendo al modelo del PIC.

Aunque a veces se ha dicho que la oposición más representativa a la teoría orgánica de los fósiles de Steno sería la obra de Athanasius Kircher (1601?- 1680) , *Mundus Subterraneus* (1665), la figura más representativa en este sentido fue el médico y naturalista inglés Martín Lister (1638?- 1712) [RUDWICK, 1987, p. 90]. La obra de Kircher presenta al mundo bajo una imagen organicista y vitalista [SEQUEIROS, 2001; pp. 755-807] pero no se ocupa de los fósiles.

Inmediatamente después de su elección como miembro de la Royal Society en 1671, Lister remitió una carta a Oldenburg para su publicación en el *Philosophical Transactions*, donde comentaba el recién traducido *Prodromus* y exponía sus críticas al mismo<sup>37</sup>. Las críticas de Lister tenían gran peso: había publicado un magnífico catálogo ilustrado sobre conchas de moluscos, *Historia Conchyliorum* (1685-92), y anteriormente una *Historia Animalium Angliae* (1678). Veamos cuáles son sus argumentos.

Lister centra su argumentación en los fósiles “ingléses” con los que estaba más familiarizado (que corresponderían a estratos del Jurásico y del Carbonífero). Se refiere en primer lugar al problema de la materia, alegando que “en estas semblanzas de conchas no hay nada de conchas”. Está después el problema de la localización: para Lister el hecho de que los diversos estratos muestren fósiles diferentes es una prueba de que su origen no es orgánico. Si las conchas fósiles hubieran sido de origen orgánico y hubieran sido “arrojadas a tierra” deberíamos encontrar las mismas conchas en todos los estratos.

---

<sup>37</sup> Martín Lister, “A letter...confirming the observations in Num. 74, about musks scented insects; ... and on that of M. Steno concerning petrify'd schells”, *Philosophical Transactions*, vol. 6 (num. 76) pp. 2281-4 (22 oct. 1671).

El hecho de que determinados fósiles sean a menudo característicos de determinados estratos fue, posteriormente, la clave de la Paleontología histórica, pero para Lister resultaba un obstáculo insalvable [RUDWICK, obra citada, p. 91].

Pero la objeción más importante que Lister plantea se refiere al hecho que los fósiles “ingleses” presentan un parecido a conchas de moluscos, pero no son idénticos a ninguna de las especies de moluscos conocidos. Aceptar su origen orgánico implica aceptar la extinción de especies, algo que iba en contra de las ideas dominantes sobre la “plenitud de la naturaleza”. Más adelante veremos como John Ray (1627- 1705) trató de contestar a este problema.

A partir de aquí vamos a considerar dos cuestiones:

- ¿Podía la heurística negativa del PIC de Steno contestar de manera satisfactoria a estas objeciones?.
- ¿Podemos interpretar este debate como dos PICs en conflicto, o debemos buscar otros métodos de análisis?.

Steno podía contestar sin ningún problema al argumento de la materia: su ontología mecanicista le permitía explicar cómo la dinámica de partículas materiales en el seno de un fluido causaba una “sustitución” de la materia orgánica por materia mineral. También podía contestar a las otras argumentaciones, pero era algo más conflictivo. La superposición de los estratos y, por tanto, la introducción del elemento temporal en geología, podía explicar también el hecho de que en diferentes estratos aparecieran fósiles distintos.

De hecho, Steno no solamente podía explicar estar supuestas anomalías, sino que al hacerlo, podía explicar muchas otras cosas: el hecho de que en estratos sucesivos aparezcan fósiles distintos puede implicar que en las faunas (en este caso de moluscos) de ha producido un cambio o, al menos que unas especies han sido substituidas por otras. Siguiendo a Lakatos el PIC de Steno sería “progresivo”, pues no solamente soluciona las anomalías, sino que además tiene la capacidad de predecir otros hechos.

Pero Steno no hace nada de todo esto. No solamente no argumenta a favor de la extinción, sino que intenta ceñirse a una cronología de corta duración (unos 6000 años de antigüedad de la Tierra). Si hubiera desarrollado las posibilidades de sus argumentos Steno habría desarrollado una revolución completa en el pensamiento geológico [TOULMIN Y GOODFIELD, 1968, p. 88].

Cuando intentamos analizar porque Steno no hizo todo esto es cuando descubrimos la insuficiencia del modelo de los PIC. Las ideas religiosas de Steno, su deseo de no apartarse de la ortodoxia, y las ideas dominantes sobre “plenitud” y sobre una cronología de corta duración, elementos que según Lakatos son “externos”, explican la autocensura de Steno.

Pero además el debate citado tampoco puede considerarse como un conflicto entre PICs. Podemos más o menos acomodar las teorías de Steno al modelo de Lakatos, y presentarlas como un PIC, pero resulta imposible hacerlo con las ideas defendidas por Lister. Si lo intentáramos nos encontraríamos que en el “centro firme” del supuesto PIC se instalaría un fijismo biológico y geológico de clara raíz creacionista, un conjunto de elementos “externos” a la ciencia, incompatible todo ello con el modelo de Lakatos.

Por otra parte, si consideramos las ideas de Steno como un PIC nos resulta imposible incluir a las de Buffon en el mismo PIC. Tal como veremos más adelante<sup>38</sup> el “centro firme” que operaría en las ideas de Steno no puede ser el mismo que en las ideas de Buffon. Para ser más exactos deberíamos considerar la existencia de dos PICs en el pensamiento de Buffon, el que corresponde a la *Teoría de la Tierra* y otros diferente en *Las Épocas de la Naturaleza*.

Pero entre Steno, el primer Buffon y el segundo Buffon hay una continuidad. Esta continuidad, este “aire de familia”, que se mantiene a pesar de cambios substanciales, puede explicarse perfectamente si consideramos que forman parte de una misma Tradición de Investigación (TI) tal como las definió Larry Laudan<sup>39</sup>. Nosotros utilizaremos pues el modelo de la TI, pero con unas ampliaciones relativas a la generación y selección de conceptos extraídas de los modelos de selección natural, tal como se verá en el próximo apartado.

El modelo de la TI es mucho más flexible, no solamente por la no existencia de “centro firme”, sino porqué las “unidades de modelo” no son las TI, sino los problemas a resolver [ESTANY, 1990, p. 109].

La TI que inicia Steno actúa en un campo disciplinar difuso, en el de Historia Natural, pero sus fundamentos hay que buscarlos en la TI filosófica cartesiana<sup>40</sup>, es decir, una ontología mecanicista y una metodología deductiva *more mathematico*. A partir de aquí Steno generará una serie de conceptos que dotarán a su protogeología de una ontología propia: estrato, sedimento, fluido externo, fluido interno y fósil.

La crítica de Lister al modelo de Steno en lo que se refiere a su interpretación de los fósiles como restos de organismos podemos ahora considerarla como un conjunto de problemas conceptuales a los que debe enfrentarse. Recordemos que los problemas conceptuales eran aquellos que surgían en el seno de una teoría bien por contradicciones o incoherencias de la propia teoría, bien por conflicto con otras teorías o ideas comúnmente admitidas. Aquí nos encontraríamos con un ejemplo del segundo tipo.

Lister representa un conjunto de ideas que forman parte del arsenal conceptual y filosófico del siglo XVII. El fijismo geológico y biológico, la cronología de corta duración, y el principio de plenitud, que impide imaginar la posibilidad de la extinción de especies.

---

<sup>38</sup> Ver capítulos 4 y 5

<sup>39</sup> Ver la Introducción

<sup>40</sup> Ver *supra*

Las objeciones de Lister fueron puestas de relieve de forma más explícita, aunque menos ácida por John Ray (1627- 1705), uno de los naturalistas más prestigiosos del siglo XVII. Ray había publicado en 1673 *Observations*<sup>41</sup> obra en que recogía diversas observaciones realizadas en un viaje por el Continente (donde había conocido a Steno), y en la cual expone de forma muy equilibrada los argumentos a favor y en contra de las teorías orgánica e inorgánica del origen de los fósiles.

La argumentación de Ray versa continuamente sobre problemas conceptuales. Las distintas teorías sobre el origen de los fósiles son continuamente contrastadas con teorías filosóficas y religiosas. Ray, sin decirlo, está continuamente buscando la explicación a la cuestión de los fósiles que plantee menos problemas conceptuales.

Así la diferencia entre las especies vivientes y los fósiles implicaría que algunas especies se habían extinguido, lo cual no era aceptable desde el punto de vista del “principio de la plenitud”. Así, la solución al problema empírico: “los fósiles son restos de organismos”, generaba un problema conceptual. Por otra parte, la aparición de fósiles en colinas elevadas, también planteaba problemas conceptuales, incluso invocando al Diluvio.

Pero Ray muestra también que la explicación alternativa al origen de los fósiles, el considerarlos objetos inorgánicos (*lapida sui generis*) también plantea problemas conceptuales. Así, por ejemplo, si las conchas fósiles de bivalvos estaban articuladas del mismo modo que las de los bivalvos vivientes, parecía absurdo sugerir que aquella estructura no hubiera desempeñado la misma función en ambos casos. En este caso se planteaba un problema conceptual entre la explicación inorgánica y el enfoque funcional y teleológico del estudio de la naturaleza, del cual Ray era un buen representante, pero que estaba comúnmente admitido entre los naturalistas.

Ray intenta resolver el dilema proponiendo que las especies fósiles podían no estar en absoluto extinguidas. Dado que los organismos sometidos a disputa eran, en su mayoría, animales marinos, y las faunas marinas exóticas seguían siendo aún poco conocidas ésta era una conclusión perfectamente justificable. El posterior descubrimiento de algunos crinoideos con tallo, considerados fósiles, y del pez Celacanto, darían parcialmente la razón a Ray.

Pero lo realmente importante a señalar es que Ray plantea su hipótesis según el esquema que nos marca Laudan: solucionar el máximo número de problemas empíricos planteando el menor número posible de problemas conceptuales.

Vemos pues que el fijismo biológico y geológico, la cronología de corta duración, el principio de plenitud y el enfoque funcionalista y teleológico del estudio de los seres vivos son ideas comúnmente admitidas entre los naturalistas del siglo XVII. Estas ideas tienen un fundamento filosófico, metafísico y religioso, por tanto totalmente externalista en la

---

<sup>41</sup> John Ray, *Observations topographical, moral and physiological, made in through part of the low Countris, Germany, Italy nad France: with a catalogue of plants not native of England*, Londres 1673.

terminología de Lakatos. Pero estas ideas juegan un papel fundamental en la dinámica científica, tal como acabamos de ver, al menos en las etapas tempranas del desarrollo de una ciencia.

Resulta por tanto imprescindible utilizar una metodología historiográfica capaz de integrar estas cuestiones en la dinámica de la producción de conocimientos y del cambio científico. De las metodologías analizadas nos parece la de Laudan la más adecuada, aunque podamos ampliarla y mejorarla con el modelo de la selección natural, especialmente en lo que se refiere a la generación de conceptos, tal como veremos en el apartado siguiente.

## GENERACIÓN Y SELECCIÓN CONCEPTUAL

En el marco de una tradición de investigación (en adelante TI) [LAUDAN, 1986] en el trabajo de Steno van a generarse unos conceptos que serán claves para el desarrollo futuro de la geología. El papel de los conceptos en la dinámica del conocimiento científico ha sido destacado por diversos autores [THAGARD, 1992; TOULMIN, 1977], pero nosotros los utilizaremos desde un modelo de analogía entre la selección natural y la producción de conocimiento<sup>42</sup>. Estos conceptos aparecerán por “mutación”, “competirán” exitosamente para la solución de determinados problemas, serán “seleccionados” y pasarán a “generaciones” siguientes, es decir, serán recogidos e incorporados en las construcciones teóricas de otros autores posteriores.

Por otra parte los autores que han utilizado la analogía evolutiva para explicar la construcción de conocimiento [TOULMIN, 1977; HULL, 1988; RICHARDS, 1987; CAMPBELL, 1974] nunca han utilizado la identificación gen-concepto como hacemos en nuestra hipótesis<sup>43</sup>.

Los conceptos de “estrato” y de “sedimento”, estrechamente vinculados, parecen generarse juntos, cuando Steno escribe: *las capas del subsuelo son “estratos”, antiguos “sedimentos” sucesivos*. Sin embargo hay una relación lógica entre los dos conceptos que hace que el de sedimento sea anterior al de estrato: los sedimentos se convierten en estratos.

Con anterioridad a Steno el término *sedimentum* es químico – médico. Es utilizado sobretudo para referirse al sedimento depositado en la orina [ELLENBERGER, 1989, p. 198]. El concepto sufre una mutación conceptual y pasa a designar algo nuevo: la lenta acumulación de materiales terrosos en un medio acuoso. Steno distingue medio acuoso marino y de agua dulce, con que lo sienta las bases para la generación de un nuevo concepto: el de *facies* [GOHAU, 1990, p. 109].

---

<sup>42</sup> Ver la Introducción.

<sup>43</sup> Ver la Introducción



Los sedimentos depositados en el fondo del océano, o en ríos y lagos, con restos de seres vivos atrapados, se petrificaron y formaron las capas de roca con los fósiles en su interior [BOWLER, 1988, p. 84]. Estas capas, originadas a partir de los sedimentos, son designadas por Steno con un nombre completamente nuevo: son estratos (*strata*), expresión ya existente<sup>44</sup>, pero cuya introducción en geología (o protogeología) supone una revolución conceptual [ELLENBERGER, obra citada, p. 197].

Ha aparecido pues un par conceptual (estrato- sedimento). “Estrato” es un concepto nuevo, que aparece por *generación* conceptual; “sedimento” tiene su origen en un concepto médico: *sedimens* o residuo sólido de la orina, que sufre una *mutación* conceptual. La *recombinación* de ambos dará lugar al par conceptual “estrato-sedimento”. Veremos más adelante como estos conceptos permiten la resolución de distintos problemas empíricos y conceptuales. Constatemos ahora que las ideas de Steno fueron recogidas por la “selección natural” y pasaron a “generaciones” siguientes. Para ello hay que revisar como autores contemporáneos y posteriores recogen sus ideas.

Poco después de la publicación del *Canis Carcharia*, Henry Oldenburg, secretario de la Royal Society, incluyó un extracto de esta obra en una de las primeras ediciones de su revista, *Philosophical Transactions*<sup>45</sup>. Referencias directas a Steno las encontramos en Lister (1671); Ray (1673); Plot (1677, 1686); Woodward (1695); Harris (1697) y Arbuthnot (1697) [ELLENBERGER, obra citada, p. 204].

Ya en el siglo XVIII encontramos numerosas referencias a Steno, y/o a los conceptos acuñados por el mismo, en diversos autores franceses. Nicolas Boulanger parafraseó Steno<sup>46</sup>, mientras que el abate Pluche nos habló de la formación de valles por fractura y hundimiento, según el modelo de Steno<sup>47</sup>.

Louis Bourget, en 1729, mencionó el *Canis Carcharias* y el *Prodromus*, mientras que Hollman, en 1753, mencionó en *Prodromus* [ELLENBERGER, obra citada, p. 205]. Pero el autor que mejor expuso las ideas de Steno en Francia fue Nicolás Desmarests, en un artículo de la *Enciclopedia*<sup>48</sup>. La mayor parte del artículo lo formaban citas textuales traducidas del *Prodromus*, que se completaron con un resumen del *Canis Caracharias*.

Uno de los grandes herederos de las ideas de Steno fue sin duda Leibnitz, el cual influiría a su vez a Buffon. Escribió la *Protogea* en 1690, pero publicó únicamente un corto resumen en 1693<sup>49</sup>. El texto latino completo no se imprimió hasta 1749, y la versión francesa hasta 1859. El autor había conocido personalmente a Steno, y en la obra hay diversas menciones elogiosas a su persona y a sus ideas [ELLENBERGER, obra citada, p. 205].

---

<sup>44</sup> Ver nota 14.

<sup>45</sup> *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 2 (núm. 32), pp. 627-8, (10 feb. 1667/8)

<sup>46</sup> *Anecdotes de la Nature*, 1753, pp 521-522.

<sup>47</sup> *Le spectacle de la nature*, 1735, p. 535.

<sup>48</sup> *Encycl. Meth., Geogr. Phys.* . t. I, 1794, pp. 489-510.

<sup>49</sup> *Acta eruditorum*....pp. 40-42