



LEANDRO
SEQUEIROS

LA
EXTINCIÓN
DE LAS
ESPECIES
BIOLÓGICAS.

Elaboración
histórica de un
paradigma científico

La extinción de las especies biológicas.

**Elaboración histórica
de un paradigma
científico**

LEANDRO SEQUEIROS SAN ROMÁN

Córdoba, octubre de 2010

La extinción de las especies biológicas.
Elaboración histórica de un paradigma científico
LEANDRO SEQUEIROS SAN ROMÁN
Córdoba, octubre de 2010

CONTENIDOS

PRESENTACIÓN	5
PRIMERA PARTE: EL MARCO	
CIENTÍFICO: LAS IDEAS	
SOBRE EL HECHO Y LAS	
CAUSAS DE LA EXTINCIÓN.....	
1. El hecho de la extinción	19
2. Los datos de la paleontología	31
3. Las causas de la extinción	43
4. Las ideas en las culturas míticas.....	51
5. La extinción en la tradición bíblica.....	54
SEGUNDA PARTE: LA CONSTRUCCIÓN	
DE UN PARADIGMA CIENTÍFICO.....	
6. Las tradiciones clásicas	63
7. El paradigma diluvista	73
8. La degeneración de la Tierra	91
9. La superación del diluvismo: Buffon ...	105
10. El debate Cuvier –Lamarck	115
11. Lyell y Darwin	129
12. G.G. Simpson	145
TERCERA PARTE: UN INTENTO	
DE SÍNTESIS FINAL	159

PRESENTACIÓN

Este trabajo es una reelaboración del Discurso de Ingreso en la Academia de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales de Zaragoza hace unos diez años.

Los contenidos no han dejado de tener actualidad para los interesados en la biología evolutiva. La escasa difusión social de estos textos hace que las propuestas no hayan sido apenas recogidas por nadie.

Esto me ha incitado a volver sobre el asunto y presentar este material.

En el mes de octubre de 1975 llegaba el que les habla a esta Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza para ocupar, interinamente durante un año, según se me dijo, una plaza de profesor de Paleontología en la entonces recién nacida Sección de Geología de esta Universidad. De eso hace más de un cuarto de siglo.

Era entonces un joven doctor cargado de ilusiones en un país que iba a iniciar su camino de apertura intelectual y cultural y que creía que ésta debía pasar también por las aulas y los laboratorios universitarios. Esta estancia interina, que estaba prevista para un año, se prolongó durante ocho.

Algunos de los presentes fuimos testigos y protagonistas entonces, en plena efervescencia del regreso a la democracia¹, del doloroso pero apasionante proceso de ver nacer un nuevo centro universitario como fue la Sección de Geología de la Facultad de Ciencias. Uno de sus impulsores más entusiastas, el Dr. Félix Arrese, ya no está con nosotros pues nos dejó prematuramente víctima de una grave enfermedad. Otros muchos continúan con entusiasmo su tarea un cuarto de siglo después.

En 1998, el actual Catedrático de Paleontología de la Universidad de Zaragoza, que ostenta la medalla número 12 de la Academia (ocupada anteriormente por el profesor Pedro Ferrando) leyó su discurso de ingreso en la Academia, disertando sobre "*Los fósiles y el pensamiento paleontológico. La interpretación histórica de los fósiles*". El discurso de contestación corrió a cargo del Excmo. Sr. D. Horacio Marco Moll, Presidente de la Academia.

Continuando el tema del profesor Liñán, he elegido para este discurso de ingreso en la Academia el siguiente: "*La extinción de las especies biológicas. Construcción de un paradigma científico*". En él pretendo desarrollar, de forma sintética y necesariamente

¹ Una reflexión sobre esos años puede completarse en: SEQUEIROS, L. (1999). Paleontología y paleontólogos en Zaragoza (1975-1985): la edad de la inocencia. En: J. A. GÁMEZ Y E. LIÑÁN, (edit.). *25 años de Paleontología aragonesa*. VI Jornadas Aragonesas de Paleontología en Ricla. Institución Fernando el Católico (CSIC), Zaragoza, 19-43.

incompleta, cómo el pensamiento científico construye sus propias representaciones del mundo elaboradas racionalmente a partir de los datos empíricos. Las tesis más sobresalientes en la filosofía de la ciencia actual (disciplina a la que los avatares del destino ha ido encaminando mis pasos vacilantes) se pueden hacer ejemplo vivo en el muchos procesos naturales.

Pero entre ellos hay un fenómeno natural que tiene características muy peculiares. Es uno de los más problemáticos y acuciantes de la actualidad: el de la grave crisis de biodiversidad. Este nos señala hacia un proceso natural que lleva aparejado el que el ritmo actual de extinción de las especies biológicas se haya acelerado vertiginosamente en el siglo XX. Todo esto contiene consecuencias imprevisibles para el equilibrio de la biosfera y por consiguiente para la supervivencia de la humanidad.

La ocasión de este discurso viene motivada por la celebración entre los días 26 de agosto y 4 de septiembre de 2002 de un acontecimiento de gran importancia para el futuro del planeta Tierra. La que ha sido denominada por la prensa la **Cumbre de la Tierra sobre Desarrollo Sostenible**, convocada por la ONU, reunió en la ciudad sudafricana de Johannesburgo a más de 60.000 participantes de 180 países, así como miles de representantes de ONGD de todo el mundo que celebraron un Foro Paralelo.

La **Cumbre** abordó cinco problemas clave: agua, energía, salud, agricultura y biodiversidad² entrelazadas sobre el tapiz de la lucha contra la pobreza y la defensa del medio ambiente. La Conferencia se ha apodado como *Río+10*, dado que tiene lugar como prolongación de la Cumbre de Río de Janeiro del año 1992³

La prensa se hizo amplio eco de este gran acontecimiento en el que EEUU intentó boicotear los resultados de la Cumbre. Los datos que aquí nos interesan son los referentes a la problemática de la *biodiversidad*, tema ya ampliamente tratado en la Cumbre de Río.

Pero ahora se añaden nuevos datos que muestran la ceguera de muchos de los gobiernos de los países ricos respecto a los peligros del modelo económico que propugnan.

Desde la Cumbre de Río (en 1992) hasta el año 2002, se han destruido unos 90 millones de hectáreas (casi el doble de la superficie de España) de bosques del mundo.

La deforestación es la primera amenaza a la *biodiversidad*, ya que los bosques albergan a las dos

² Un resumen de los objetivos y temas puede encontrarse en EL PAÍS-DOMINGO, 26 de agosto de 2002, pág. 1-3. Y en toda la prensa nacional e internacional de esos días. Para el tema de la biodiversidad, ver EL PAÍS, 31 agosto 2002, pág. 26-27..

³ Más datos sobre la Cumbre de Río, se encuentra en: L. SEQUEIROS (1997) *Educación para la solidaridad. Proyecto didáctico para una nueva cultura de relaciones entre los pueblos*. Editorial Octaedro, Barcelona, 170 pág.

terceras partes de las especies vivientes. La tasa de deforestación en África es la más alta del mundo, con un 7% de sus masas arbóreas destruidas durante la década de los noventa.

La pérdida de la biodiversidad es un concepto íntimamente relacionado con la llamada ***extinción de las especies biológicas***. Contrariamente a lo que mucha gente cree, la desaparición irreversible de las especies biológicas ha sido un hecho normal a lo largo de la dilatada historia de la vida sobre el planeta.

Es más: la moderna paleobiología apunta que la extinción de las especies ha sido un elemento determinante en la dinámica de los biosistemas antiguos. Esto hace que los procesos de extinción sean, entre otras cosas, facilitadores del proceso de la evolución biológica, uno de los paradigmas más polémicos y fascinantes de la historia del pensamiento geobiológico.

Precisamente, en mayo de 2002 ha fallecido prematuramente (con 60 años) de cáncer uno de los científicos, filósofos y divulgadores más brillantes de finales del siglo XX: el norteamericano Stephen Jay Gould.

La historia del pensamiento biológico, geológico y paleontológico⁴ muestra que el hecho de la *extinción* de

⁴ Agradezco muchas de estas ideas a: LIÑÁN, E., (1998) *Los fósiles y el pensamiento paleontológico. La interpretación histórica de los fósiles*. Discurso de Ingreso en la Academia de Ciencias de Zaragoza (30 de noviembre de 1998), 1-38. También me he apoyado en: SEQUEIROS, L. (2001) "Paleontología". En: *Enciclopedia de España*. Barcelona,

las especies biológicas no fue fácilmente aceptado por los naturalistas hasta la época ilustrada. Y tiene su razón de ser: dentro de una cosmovisión religiosa del mundo ¿cómo un Dios todopoderoso pudo "crear" especies que fracasan y son desaparecen para siempre? ¿Es que no estaban bien construidas? ¿Se equivocó Dios al crearlas?

El filósofo Leibniz repitió muchas veces que un Dios providente y sabio no iba a dejar que fracasasen las especies y se extinguieran. Pero en el siglo XVIII, los naturalistas empezaron a desenterrar restos fosilizados de organismos del pasado que no tenían representantes actuales. Así, el hallazgo de las osamentas de grandes mamíferos en América hizo pensar en la existencia de gigantes bíblicos que había muerto en el diluvio. Más tarde, se interpretaron como huesos de mastodontes y de desdentados que ya no tenían ningún representante actual.

En 1825 se encontraron los primeros dientes de dinosaurios que no se podían asimilar a ningún animal vivo. Las pruebas eran tan abrumadoras, que el eminente anatomista y paleontólogo Georges Cuvier se vio obligado a admitir, como veremos, que los huesos fósiles eran restos de animales extinguidos de la faz de la

tomo 16, 7578-7579. SEQUEIROS, L. (2001) Los fósiles "hablan") qué aporta la Paleontología al conocimiento del planeta Tierra?. En: J. A. GÁMEZ Y E. LIÑÁN (edit.). *La Era Paleozoica: el desarrollo de la vida marina*. Memorias de las VII Jornadas Aragonesas de Paleontología de Ricla. Institución Fernando el Católico (CSIC), Zaragoza, 27-59.

Tierra. Había podido constatar científicamente el hecho de la extinción.

La angustia existencial de los viejos naturalistas creyentes llevó a buscar respuestas a estas preguntas que armonizasen las creencias religiosas en la creación y los datos empíricos que suministraba, sobre todo, la paleontología. Y estas respuestas se hicieron luminosas cuando en el siglo XVII, y sobre todo en el siglo XVIII, se introduce la solución del Diluvio Bíblico, esgrimido como hecho científico explicativo de las extinciones históricas de los seres vivos.

Como veremos, las disputas entre diluvistas y no diluvistas fueron mucho más allá de la ciencia introduciéndose en los entresijos de la filosofía y de la teología. Lejos de estar hoy respondidas todas las preguntas, los naturalistas, biólogos, geólogos y paleontólogos, geneticistas y biólogos del desarrollo, especialmente, están en proceso de construcción de sólidos paradigmas científicos de gran poder explicativo.

Pero no adelantemos acontecimientos. Siguiendo el hilo conductor de la historia de las ideas sobre la naturaleza asistiremos a los conflictos de teorías científicas sobre el hecho, las causas, los mecanismos y el futuro de las ***extinciones biológicas***.

PRIMERA PARTE: EL MARCO CIENTÍFICO.

LAS IDEAS ACTUALES SOBRE EL HECHO Y LAS CAUSAS DE LA EXTINCIÓN DE LAS ESPECIES

Antes de sumergirnos en la historia del pensamiento científico sobre las *extinciones biológicas* nos ha parecido conveniente presentar el *marco científico* general, el escenario en el que se presentan hoy las ideas sobre el hecho y las causas de la extinción de las especies.

La historia reciente de la biosfera muestra que en los últimos siglos se ha registrado una extinción creciente de las especies⁵ de animales y plantas. La

⁵ Desde la especie tipológica de Linneo hasta hoy, pasando por Ch. R. Darwin, la palabra y el concepto ha evolucionado mucho. Aunque no es objeto de este trabajo, puede consultarse: GIORDAN, A., HOST, V., TESTI, D. Y GAGLIARDI, R. (1988) *Conceptos de Biología*. 2 vol. Edit. Labor-MEC. Barcelona. GONZÁLEZ DONOSO, J.M. Y SEQUEIROS, L. (1989) Los ritmos evolutivos y su problemática

realidad de la brutal extinción actual de especies es mucho más dura y peligrosa.

La Cumbre de Johannesburgo (agosto-septiembre de 2002) ha hecho especial hincapié el que uno de los cinco graves problemas que condicionan el futuro de la humanidad es el de la pérdida de la biodiversidad.

Pero, como veremos, fueron muy escasos los ecos que estos problemas tuvieron en el mundo filosófico y teológico. Hasta el momento, se han considerado más como problemas de los ecologistas que de los humanistas, filósofos, políticos y teólogos.

Los ecologistas, los biólogos, los paleontólogos y otros estudiosos de los fenómenos vitales, acuden (acudimos) con frecuencia a la expresión "**la extinción de las especies**".

La palabra "extinción" (según el Diccionario) alude a "desaparición", "pérdida", "muerte", "exterminio"... La expresión "**la extinción de las especies**" ha sido utilizada en sentidos muy diferentes por naturalistas, biólogos, geólogos, paleontólogos y ecólogos a lo largo de la historia del pensamiento biológico y geológico.

La publicación hace dos años del último libro de divulgación del Dr. Walter Álvarez⁶ ha vuelto a despertar

biocronológica. En: AGUIRRE, E. (1989) *Paleontología. Nuevas Tendencias*. CSIC, Madrid, páginas 109-120. AYALA, F. J. (1999) *La teoría de la evolución. De Darwin a los últimos avances de la genética*. Temas de Hoy, Madrid, 215 pág.

⁶ WALTER ÁLVAREZ (1998) *Tyrannosaurus rex y el cráter de la*

la curiosidad por los problemas de la "extinción de las especies".

Desde el ámbito filosófico, se describe la **evolució**n de muchas maneras: como un paradigma totalizador⁷, un programa lakatosiano de investigación⁸, un imaginario social⁹, un sistema cultural. Dentro del campo de la moderna paleontología de la paleobiología (tal como hizo Stephen Jay Gould) surgen posturas científicas mucho más humanistas.

No solo dedican su tiempo a investigar sobre los procesos naturales, sino que su mayor interés se apoya en las implicaciones sociales de la ciencia, lo que se ha

muerte. Crítica, Barcelona, 201 pp. Para una panorámica general, tiene interés la síntesis de hace diez años de ALBRITTON, Jr., C.C. (1989) *Catastrophic Episodes in the Earth History*. Chapman and Hill, London, 221.

⁷ KUHN, T. S. (1975) *La estructura de las Revoluciones científicas*. FCE, México.

⁸ LAKATOS, I. edit.: *Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Grijalbo, Barcelona (1984), 158 pág. LAKATOS, I. (1993) *La metodología de los programas de investigación científica*. Alianza Universidad, Madrid, 316 páginas. LAKATOS, I. Y MUSGRAVE, A. (1975) *La crítica y el desarrollo científico*. Grijalbo, Barcelona, 348 pág.

⁹ Hoy los sociólogos intentan hacer visible la cultura a través del análisis de los imaginarios sociales. Estos se definen como aquellas **representaciones** colectivas que rigen los sistemas de identificación y de integración social y que hacen visible la invisibilidad social. Los imaginarios sociales tienen una función primaria que se podría definir como la elaboración y distribución generalizada de instrumentos de percepción de la realidad social construida como realmente existente.

dado en llamar la tríada **CTS** (Ciencia-Tecnología-Sociedad)¹⁰. Las recientes investigaciones en ciencias de la Tierra hacen que en la actualidad tenga un carácter emergente un nuevo paradigma, al que denominan con el inapropiado (y provisional) nombre de **"neocatastrofista"**¹¹.

Pero ¿cómo se ha ido construyendo social y culturalmente la imagen de la extinción? ¿Qué elementos científicos y extracientíficos están presentes en la emergencia de las ideas biológicas y geológicas sobre el hecho y las causas de la Extinción de las especies?

Históricamente, el problema de la Extinción de las especies está ya en el primer capítulo de la Biblia. Pero el planteamiento "científico" racional, sin pretensiones de implicaciones religiosas, no se establece hasta los tiempos de Georges Cuvier, a finales del siglo XVIII e

¹⁰ Sobre el fenómeno CTS recomendamos la lectura de: ALONSO, A., AYESTARÁN, I., URSÚA, N. (1996) *Para comprender Ciencia-Tecnología y Sociedad*. EDV, Estella, 310 pág.; AYARZAGÜENA, M., DOMINGO, T., HERRANZ, Y. y RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, A. (1996) *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Noesis, Madrid 204 pág.; también SEQUEIROS, L. (1980) *Educación Ambiental para profesores Andaluces*. CEP de Úbeda, 124 pág.; SEQUEIROS, L. (1997) *opus cit.*

¹¹ Ver entre otros, AGER, D.V. (1993) *The new catastrophism. The importance of the rare event in geological history*. University Press, Cambridge.

inicios del XIX. En el siglo XVII, el problema de la extinción se consolida como **paradigma**¹².

En este trabajo se ha optado por diferenciar varias "fases" en el desarrollo de las ideas sobre la extinción y que tipificamos bajo el concepto de **paradigmas**. El autor es consciente de la imprecisión del término, hoy sometido a críticas¹³. Sin embargo, tiene valores de operatividad y funcionalidad que se han considerado de interés.

Desde nuestro punto de vista, el modelo de cambio científico, filosófico y teológico de la extinción de las especies se acomoda bastante a las ideas de "cambio revolucionario de los paradigmas". Escribe Kuhn¹⁴: "Una vez que ha alcanzado el *status* de paradigma, una teoría

¹² Se opta en este trabajo, desde el punto de vista epistemológico, por unos presupuestos cercanos a las tesis de T.S. KUHN (1975) *opus cit.* Tampoco está ausente este trabajo de las ideas de Lakatos (ver LAKATOS, I.(1993) *opus cit.* y su modelo de los "programas de investigación").

¹³ El concepto de "paradigma" kuhniano es difícil de definir. Tal vez sea éste uno de los puntos flacos de la propuesta de Kuhn. Margaret Marterman, (en LAKATOS, I. y MUSGRAVE, A., 1975, *opus cit.*), reconoce un total de 22 definiciones de paradigma en *La estructura de las Revoluciones científicas*. El mismo Kuhn era consciente de la imprecisión del concepto. En *Segundos pensamientos sobre paradigmas* (publicado en castellano en 1978) aboga por sustituir ese concepto por la expresión "*matriz disciplinar*" como conjunto de generalizaciones simbólicas, modelos explicativos y ejemplos compartidos por una comunidad científica en su trabajo para describir una situación problemática del mundo natural o social.

¹⁴ KUHN, T. S. (1975) *opus cit.*, pág. 128.

científica se declara inválida sólo cuando se dispone de un candidato alternativo para que ocupe su lugar. Ningún proceso descubierto hasta ahora por el estudio histórico del desarrollo científico se parece en nada al estereotipo metodológico de la demostración de falsedad, por medio de una comparación directa con la naturaleza".

1. El hecho de la extinción de especies biológicas actuales

Hoy hay 4.000 especies en peligro de extinción. El 25% de las especies actuales se encontrarán en peligro de extinción en el próximo cuarto de siglo (hacia el 2025).

De todas las épocas, la mayor velocidad de extinción se localiza entre 1850 y la actualidad. Hay hábitats tropicales especialmente vulnerables hoy: en Costa de Marfil se ha perdido el 79% de la biodiversidad, en Etiopía, Filipinas y Madagascar, también el 79%. Pero en VietNam se ha perdido el 80%, y en Birmania el 71%.

"Un informe De ADENA alerta sobre el riesgo de extinción de diez especies endémicas en la UE". Este titular, leído en la prensa diaria en enero de 2000¹⁵ nos pone en guardia sobre el problema actual de la biosfera: la situación de peligro de extinción de muchas especies

¹⁵ EL PAÍS, viernes 28 de enero de 2000, pág. 32. Estas especies son: el zapatito de dama (una orquídea), la mariposa de los pantanos, el mejillón de agua dulce, el salmón atlántico, una codorniz, la tortuga boba, la marsopa común, la foca monje, el lince ibérico y el oso pardo.

animales y vegetales así como la alarma ante la posibilidad de desaparición de otras muchas.

Según los datos de los científicos (como el informe FUNGESMA-2001) cada 15 minutos desaparece una especie biológica en el planeta Tierra, y en los últimos 300 años se ha multiplicado por mil la tasa de extinción. La biodiversidad del planeta, garantía del equilibrio y pervivencia de los ecosistemas, disminuye de manera alarmante.

Cientos de animales y plantas han desaparecido o se encuentran en un grave peligro de extinción. El alce gigante de los países nórdicos, el dodo y la paloma viajera, entre otros, han desaparecido totalmente y solo nos quedan los relatos de los viajeros y los huesos secos conservados.

El bisonte americano se libró de la extinción cuando quedaban unos pocos cientos de ejemplares vivos de una población que había llegado a contar con cuarenta millones. Durante un solo quinquenio (1870-1875) los cazadores de búfalos mataron a razón de dos millones y medio por año.

La composición global de la biosfera: la diversidad específica

Los científicos han resaltado el valor de la preservación de la diversidad biológica¹⁶.

Se han aducido tres razones diferentes a favor de la preservación de la diversidad de la biosfera¹⁷. La primera de ella se refiere a los beneficios tangibles que podemos sacar de nuestro entorno: comida, materias primas, medicamentos.

La segunda razón es menos tangible en el sentido tradicional, pero no menos importante: es el mantenimiento del entorno físico, con su circulación de gases, productos químicos y humedad. Está relacionada con la salud crónica del entorno global del que nuestra especie y las demás dependen para su supervivencia.

La tercera razón para preservar la biodiversidad estriba en el placer estético que los humanos sienten percibiendo la diversidad alrededor.

El más evidente de las razones (y que es la que cobra más valor entre los ciudadanos) es la primera: los

¹⁶ La Cumbre de Río de 1992, dedica uno de los Convenios firmados a la preservación de los habitats naturales (sobre todo en áreas tropicales) para salvar la diversidad. Es el "Convenio sobre la Biodiversidad". Precisamente, cuando se escriben estas páginas (septiembre de 2002 se está discutiendo en Johannesburgo, la aprobación de unos documentos sobre Desarrollo sostenible.

¹⁷ LEAKEY, R. Y LEWIN, R. (1997) *La Sexta Extinción*. Edit. Temas. Madrid, pág. 138 ss; LUDEVID ANGLADA, M. (1997) *El cambio global en el medio ambiente*. Marcombo, pág. 38 ss.

beneficios para la especie humana. Hasta hace sólo diez mil años, los humanos vivían en grupos pequeños como cazadores y recolectores.

Hace menos de diez mil años, los humanos empezaron a producir comida elaborada¹⁸, es decir, a practicar la agricultura y la ganadería. En la actualidad, hay unas 20 especies vegetales que proporcionan el 90 por ciento de la comida (vegetal) que digieren los estómagos humanos de todo el mundo.

Los estudiosos de la ecología hablan de tres medidas de diversidad biológica. La primera de ellas, denominada **diversidad alfa**, refleja la cantidad de especies que hay dentro de una comunidad ecológica. La **diversidad beta** compara la composición de especies que hay en comunidades vecinas diferenciadas para algunas características físicas, por ejemplo, la altura. La llamada **diversidad gamma**, la tercera medida, comprende comunidades esparcidas en un radio geográfico más amplio y, por tanto, puede abarcar regiones separadas entre sí por muchos kilómetros y con hábitats parecidos¹⁹.

Pero ¿cuántas especies existen en la actualidad? El cálculo de la biodiversidad actual no es fácil de hacer. Casi todas las estimaciones están entre cinco millones y cincuenta millones, y algunas suben hasta cien

¹⁸ Ver a este propósito: SEQUEIROS, L. (2000). *Antropología filosófica. Material de apoyo a las clases*. Facultad de Teología de Granada.

¹⁹ LEAKEY, R. Y LEWIN, R. (1997) *opus cit.*, pág. 110 ss.

millones²⁰. El motivo de esta incertidumbre es que se conoce bastante poco de los ecosistemas de muchas áreas tropicales.

Lo que sí se puede decir es que el 85% de las especies "registradas" (es decir, estudiadas e identificadas) vive en el dominio terrestre, y la mayor parte, unas 850.000, son artrópodos (es decir, insectos, arácnidos y crustáceos). Casi todas las especies de artrópodos son insectos y de ellos, una gran parte son coleópteros (escarabajos)²¹.

Casi todas las 300.000 especies vegetales que conocemos son plantas con flor. Se han identificado unas 69.000 especies de hongos y casi la misma cantidad de organismos unicelulares.

Los vertebrados no tienen una alta diversificación: hay un total de 40.000 especies de animales con vértebras, de los que 4.000 son mamíferos, 9.000 son aves y el resto, reptiles, anfibios y sobre todo peces²². Se puede decir que los animales grandes, y en especial los vertebrados, son los más estudiados y que el catálogo está casi completo (aunque a veces se "descubre" alguna especie nueva). Sin embargo, los organismos de tamaño pequeño y los que forman

²⁰ LEAKEY, R. Y LEWIN, R. (1997) *opus cit.*, pág. 124.

²¹ El biólogo J. B.S. Haldane ironizaba sobre este hecho: "No sé si existe Dios; lo que sí puedo decir, es que si existe le gustan los escarabajos".

²² Ver WILSON, EDWARD. O (1992). *The diversity of Life*. Harvard Univers. Press. USA.

poblaciones reducidas y muy especializadas a un hábitat, están muy poco conocidos. Entre estos están los insectos.

El ecólogo británico Carrington Williams llevó a cabo en 1964 una de las primeras estimaciones del número de especies de insectos. Llegó a la cifra de tres millones haciendo muestreos locales y extrapolando los resultados.

Más tarde, Terry Erwin, del Smithsonian, calculó en 1982 que el número de especies de insectos debía ser de 30 millones, la mayoría en las pluvisilvas (selvas lluviosas) tropicales.

La pauta más chocante de la diversidad de la vida es su distribución desigual.

Por decirlo esquemáticamente, la diversidad es máxima alrededor del ecuador y mengua de manera gradual conforme subimos de latitud, es decir, a medida que se viaja hacia los polos.

Etiquetado como "gradiente latitudinal de la diversidad de especies", este rasgo de genio de la naturaleza lo conocen los biólogos desde hace muchos años. Este ha inspirado muchas hipótesis que han dado lugar a la "Teoría Ecológica"²³.

También tiene muchas consecuencias para la biología de la conservación: la destrucción de un kilómetro cuadrado de hábitat en los trópicos pone potencialmente en peligro por lo menos diez veces más

²³ MARGALEF, R. (1980) *La biosfera: entre la Termodinámica y el juego*. Omega, Barcelona, 236 páginas.

especies que la destrucción de un hábitat equivalente en las regiones templadas, donde la biodiversidad es menor.

La "**sexta extinción**"

Pero ninguna acción tan devastadora sobre la biodiversidad como la ejercida por la especie humana en los últimos cientos de años. Leakey y Lewin (1997) denominan la "**sexta extinción**" a esta acción, en paralelismo con las cinco grandes etapas de extinción masiva de seres vivos que estudian los geólogos y los paleontólogos.

El *Homo sapiens* no es, evidentemente, la única especie biológica que ha impactado sobre el equilibrio de la biosfera.

La aparición de organismos fotosintetizadores hace unos tres mil millones de años, comenzó a transformar la atmósfera, elevando relativamente sus niveles de oxígeno y llegando a cotas muy próximas a las actuales²⁴. Todas las especies animales y vegetales construyen sus sistemas a expensas de los materiales elementales. Pero ninguna como la especie humana como gran "depredadora" y "destructora de la llamada realidad natural"²⁵.

²⁴ AGUIRRE, E. coord. (1989) *Paleontología. Nuevas tendencias*. CSIC, Madrid. DEVILLERS, C. y CHALINE, J. (1980) *La Teoría de la Evolución*. Akal. AYALA, F.J. (1999) *La teoría de la evolución*. Temas de Hoy.

²⁵ El concepto y contenidos de la "realidad natural" es hoy fuente de

La capacidad humana para devastar el mundo natural hasta el punto de causar extinciones de fauna y flora importantes se consideró durante mucho tiempo como un fenómeno relativamente reciente.

En el siglo XIX, los biólogos pensaban que la marabunta de colonizaciones europeas del siglo XVII en adelante había dejado por todo el mundo un rastro de destrucción de la armonía de la naturaleza.

Muchos sostenían que los colonos anteriores, como los polinesios diseminados por el Pacífico, eran inocentes, e idealmente "ecologistas". Sin embargo, modernamente se ha puesto de relieve que el afán depredador se inició mucho antes.

El caso de América del Norte es paradigmático: en el Pleistoceno estaba cubierta por hielo en sus dos terceras partes. Pero en las zonas templadas, y extendiéndose hacia Sudamérica, vivía una rica fauna de elefantes, mastodontes, perezosos gigantes, gliptodontos, leones, osos y otros grandes mamíferos.

Hace unos doce o diez mil años, en América había unas 57 especies de grandes mamíferos. Las últimas glaciaciones extinguieron muchas de ellas. Pero modernamente se ha estudiado el impacto de los primeros humanos que ocupan el continente hace unos 11.500 años. Los arqueólogos llaman "hombre de Clovis"

controversia en la Filosofía de la Naturaleza. Para mayor información, ver mis apuntes: SEQUEIROS, L. (2002) *Filosofía de la Naturaleza y Filosofía de la Ciencia. Materieles de apoyo (fotocop.)*. Facultad de Teología de Granada, páginas 2-24.

a esos primeros pobladores del Nuevo Mundo, debido a que en 1927 se descubrieron en Nuevo México, en la localidad de Clovis, los restos de sus poderosas armas de piedra.

Se ha calculado que 350 años después de su entrada en América del Norte, los grupos primitivos sumaban ya 600.000 individuos y se habían extendido hasta el Golfo de México. Antes de celebrar el primer milenio en América, la población de Clovis había alcanzado el extremo sur del continente y sumaban ya varios millones. Esta expansión de norte a sur, dejó un rastro de destrucción ambiental. Muchas especies de grandes mamíferos fueron diezmadas.

El mensaje en Australia es también patente: antes de la llegada de los humanos había criaturas parecidas al rinoceronte, al perezoso gigante, y muchos marsupiales y aves exóticas. De las 50 especies de animales grandes que había hasta hace más de 60 mil años sólo sobrevivieron cuatro, todas canguros. Algunos opinan que fueron los primeros pobladores los que llevaron a cabo este exterminio, tanto o más que los cambios climáticos.

De modo sintético²⁶ se puede afirmar que la acción de los humanos sobre la realidad natural puede adoptar tres modalidades diferentes: la primera, es la llamada explotación directa, como la caza. Desde las colecciones de mariposas hasta el exterminio de los elefantes para la obtención de marfil o de los

²⁶ LEAKEY, R. Y LEWIN, R. (1997), *opus cit.*, pág. 252 ss.

rinocerontes para obtener el cuerno de supuestos efectos afrodisíacos, el deseo humano de tener ha puesto en peligro muchas especies biológicas.

La segunda modalidad de intervención negativa de los humanos en la biosfera se produce ocasionalmente cuando se introducen especies foráneas en ecosistemas nuevos, de forma deliberada o casualmente. Así, la introducción del cangrejo americano en las marismas del Guadalquivir, produjo (y sigue produciendo) una grave crisis ecológica al ser más agresivo que el cangrejo autóctono y producir impactos más perjudiciales sobre el ecosistema.

La tercera modalidad, tal vez la más importante, se refiere a la destrucción sistemática (en aras de un mal pretendido "progreso") de ciertos hábitats naturales o la fragmentación de éstos. El caso más conocido es el que se está produciendo en Brasil, con las talas masivas de árboles y la construcción de carreteras transamazónicas. En la construcción del AVE Madrid-Sevilla se produjeron protestas por el hecho de que se ha roto en dos un rico ecosistema natural mediterráneo.

La población humana se ha extendido de manera espectacular en la historia reciente. De 500 millones de humanos que vivían en 1600, se pasó a mil millones en 1800²⁷. En 1940 la población llegó a tres mil millones, y

²⁷ Sobre la problemática de la población, ver SEQUEIROS, L. (1998) El "Primer Ensayo sobre la Población" de Thomas R. Malthus (1798) dos siglos más tarde: ¿hay un retorno al malthusianismo?. *Proyección*, Granada 190, 187-200.

en octubre de 1999 se dobló esta cantidad: ya somos más de seis mil millones. En los próximos 50 años volverá a duplicarse.

Si se quiere mantener el modelo de desarrollo actual²⁸, los recursos quedarán pronto agotados. En la actualidad, lo humano consumimos el 40 por ciento de la productividad primaria neta (PPN) del planeta, es decir, el 40 por ciento de la energía total contenida en los procesos fotosintéticos de todo el mundo.

La tasa actual de extinción de las especies biológicas

Pero ¿tan importante ha sido el proceso de la extinción biológica? ¿Tan destructora ha sido la acción humana sobre la biosfera? Unos cuantos datos pueden ser iluminadores para este propósito: se calcula que la tasa de extinción de especies en la biosfera actual es entre mil y diez mil veces más intensa y rápida que la que se producía antes de la intervención humana²⁹. Se ha evaluado (Leakey y Lewin, 1997) que la tasa de extinción de especies de aves y mamíferos, entre el año 1600 y el 1975 ha sido entre cinco y cincuenta veces más elevada que la habida a lo largo de la mayoría de los eones de nuestro pasado evolutivo.

²⁸ Para estos temas de desarrollo, ver: SEQUEIROS, L. (1997) *opus cit.*, Octaedro, Barcelona, 174 páginas.

²⁹ JACOBSON, H. y otros (1990) *A framework for Research....* Internat. Council for Science. París.

Además, se prevé que esa tasa aumente unas cuarenta a cuatrocientas veces más de lo "normal". Otros datos³⁰ muestran que entre 40 y 400 especies se extinguen diariamente en la biosfera. La presión sobre el equilibrio dinámico del planeta está ocasionando unos problemas irreversibles. En los últimos 12.000 años se ha perdido aproximadamente el 50% de la diversidad total de la biosfera. Cada año desaparecen unas 40.000 especies. Hoy hay una conciencia creciente de lo que supone la pérdida de la biodiversidad. Esta conciencia de la **extinción** es relativamente reciente y se ha "construido" con dificultad a lo largo de la historia del pensamiento biológico.

Como consecuencia de todo lo dicho en este capítulo, se ha puesto de manifiesto que el planeta Tierra sufre un grave problema de extinción de especies biológicas que incide (o incidirá) decisivamente en el futuro del equilibrio físico-natural de la biosfera. Algunos indican que la crisis climática actual³¹ (con fenómenos imprevistos, como tornados, sequías, etc.) podría obedecer al cambio climático producido por el desajuste provocado por la acción humana sobre la biosfera.

³⁰ EHRLICH, P. R. Y EHRLICH, A.H. (1987) *Extinción*. Biblioteca científica Salvat, Barcelona, nn 97-98, 182 y 190 pp.

³¹ Sobre estas cuestiones, ver: SEQUEIROS, L. (1998) De la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (1992) al fracaso de la Conferencia de Kioto: claves para comprender mejor los problemas ambientales del plante. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, AEPECT. 6(1), 3-12.

2. Los datos aportados por la paleontología sobre la extinción de las especies

La paleontología muestra que en el pasado han existido unos 20 acontecimientos de mayor densidad de extinción, y de ellos hay cinco momentos en los que la extinción de especies (sobre todo marinas) ha sido superior al 65% del total. Son los momentos de las **Cinco Grandes Extinciones**³².

Se han propuesto diversos modelos para representar las extinciones de especies, tanto la extinción gradual o **extinción de fondo**, como los momentos de mayor densidad de extinción (lo que se suele denominar la **extinción en masa**).

En otro lugar³³ he mostrado como la paleontología, como ciencia cuya racionalidad estriba en incorporar la dimensión del tiempo geológico³⁴, ilumina

³² LEAKEY, R. Y LEWIN, R. (1997) *opus cit.*

³³ SEQUEIROS, L. (1994) La evolución y el Medio Ambiente: la visión de un paleontólogo. En: DOMÍNGUEZ, E., GONZÁLEZ, A. J. y NAVARRO, M. (edit.) *Medio ambiente: un ensayo integrado desde distintos puntos de vista*, ENRESA, Córdoba, pág. 296-316 y 333-334.

³⁴ COVENEY, P. Y HIGHFIELD, R. (1992): *La flecha del Tiempo. La organización del desorden*. Plaza y Janés, Barcelona, 488 páginas. GOULD, S.J. (1992) *La flecha del Tiempo. Mitos y metáforas en el*

algunos de los aspectos de los conceptos biológicos de la extinción.

Estas aportaciones de la paleontología al debate sobre el Medio Ambiente se refieren a cuatro aspectos fundamentales: en primer lugar, desde el punto de vista de la paleontología evolutiva, y por ello desde la Biología evolutiva, el paradigma que mejor expresa hoy los datos del registro fósil es el **Paradigma evolutivo**. Todos los sistemas biológicos evolucionan, cambian de forma irreversible a lo largo del tiempo. La capacidad de carga de todo sistema biológico (población, ecosistema, genoma) es grande y tiene una respuesta flexible a las modificaciones del medio ambiente³⁵.

En segundo lugar, los paleontólogos postulan que los cambios biológicos no son siempre graduales y continuos (como quiso hacernos ver un darwinismo reduccionista). Los procesos evolutivos tienen frecuentes cambio de "ritmo" evolutivo, tal como ponen de manifiesto los defensores del equilibrio intermitente (o puntuado)³⁶. Cuando la carga sobre el sistema supera

descubrimiento del tiempo geológico. Alianza Universidad, Madrid, 232 páginas.

³⁵ SUEIROS, L. (1999) "El Sentido de la Evolución" de G.G. Simpson (1949). Cincuenta años de debates entre biología, filosofía y teología. *Proyección*, Granada, 193, pág. 137-154.

³⁶ ELDREDGE, N. Y GOULD, S.J. (1972) Punctuated equilibrium: an alternative to phyletic gradualism. In. SCHOPF, T.J.M. edit.: *Models in Paleobiology*. Freeman, Cooper & Co, San Francisco, pp. 82-115. GOULD, S.J. (1982) El equilibrio "puntuado" y el enfoque jerárquico de la evolución. *Revista de Occidente*, Madrid, 18-19 (monográfico),

su capacidad, se produce una "crisis" biológica³⁷ de consecuencias imprevisibles. Esta puede desembocar en la extinción total o global de uno o muchos taxones, o a la emergencia contingente de nuevos fenotipos que antes no eran viables.

En tercer lugar, la adecuada interpretación del registro fósil muestra que a lo largo de los tiempos geológicos siempre existieron procesos de extinción de especies biológicas. En unas ocasiones, esta extinción refleja el normal reemplazamiento de unas especies por otras (la llamada **extinción de fondo**), mientras que en otras, los momentos de extinción se concentran asimétricamente (el efecto es lo que se denomina **extinción en masa**).

La cuarta aportación de la paleontología evolutiva al debate biológico y filosófico de la extinción de las especies se refiere a los efectos de las extinciones. La paleontología muestra que las extinciones no siempre han sido un elemento negativo para la biosfera. Incluso algunos autores como Raup³⁸, hablan de que *"la extinción es una bendición"* y se pregunta si es un problema de *"bad luck or bad genes"* (mala suerte o malos genes). Dicho de modo caricaturesco -y

páginas 121-148.

³⁷ RAUP, D. M. (1981) Introduction: what is a crisis?. In: NITECKI, edit. *Biotic crises in ecological and evolutionary Time*. Academic Press, Londres, pág: 1-12.

³⁸ RAUP, D. M. (1991) *El asunto Némesis. Una historia sobre la muerte de los dinosaurios*. Alianza Editorial, (1991), 243 pp.

parafraseando al economista Francis Fukuyama - los dinosaurios "creían" que con su crisis había llegado "el fin de la historia"³⁹.

Sin embargo, hoy sabemos que su extinción favoreció, de alguna manera, la radiación de los mamíferos. Gracias a que hay extinción, hay evolución.

La detección de la extinción a partir del registro geológico

Los paleontólogos están muy acostumbrados a percibir la extinción de las especies. Precisamente, esos ritmos de extinción, cuando lateralmente se extienden muchos kilómetros, pueden ser un elemento muy interesante de correlación geológica. Y estos fenómenos de correlación permiten "datar" (fechar) la edad de formaciones rocosas a muchos kilómetros de distancia. Con las debidas cautelas, necesarias para la correcta interpretación de los datos, los paleontólogos parecen haber llegado a un consenso en algunos puntos:

1. Los datos del registro fósil muestran que los fenómenos de extinción de especies y de taxones superiores han sido un hecho muy frecuente a lo largo de los tiempos geológicos.

2. Los paleontólogos no consideran siempre negativo el hecho de la extinción de las especies. Más

³⁹ FUKUYAMA, F. (1992) *El fin de la Historia y el último hombre*. Planeta, Barcelona, 474 pág.

aún: en estos últimos años renace un gran interés por las extinciones ya que parece que la extinción ha jugado un papel importante en el proceso de la evolución. Puede ser considerada "una bendición". La llamada "selección de especies"⁴⁰ ha podido ser una poderosa fuerza creadora de diversidad evolutiva.

3. No existe un único *patrón de extinción* en el mundo del pasado. El registro geológico permite inferir diversos modelos teóricos de extinción, contrastables con datos empíricos. Por su relevancia para el tema que nos ocupa nos referiremos en especial a este punto.

Los "modelos" de extinción

Se han propuesto desde la paleontología⁴¹ diversos modelos de extinción de especies, basados más en consideraciones teóricas o de extrapolación biológica que sobre los datos del registro paleontológico. Cuando se habla de extinción desde el punto de vista paleontológico nos referimos (evidentemente) a las

⁴⁰ STANLEY, S.M. (1986): *El nuevo cómputo de la Evolución. Fósiles, genes y origen de las especies*. Siglo XXI, Madrid, 272 pág.; STANLEY, S.M. (1987): *Extinction*. New York, Scientific American Books.

⁴¹ SANZ, J.L. Y BUSCALIONI, A. (1989). Extinción y Registro Fósil. En: AGUIRRE, E. coord. *Paleontología. Nuevas tendencias*. CSIC, Madrid, pág. 297-316. También: AGUSTÍ, J. edit. (1996) op. cit. Un resumen en SEQUEIROS, L. (1996) La Extinción de las Especies biológicas. Implicaciones didácticas. *Alambique*, Edit. Graó, Barcelona, 10, pág. 47-58.

extinciones de especies o de otros grupos biológicos presentes en un momento dado en el registro fósil, que muestran un ámbito geográfico extenso y cuya desaparición el registro fósil parece inferir su desaparición real en el espacio y en el tiempo.

Los paleontólogos han creado una compleja terminología teórica para designar las diferentes situaciones. Así, se definen como *pseudoextinciones* aquellas desapariciones de fósiles debidas a alteraciones estratigráficas o tafonómicas, o aquellas que tienen ocurrencia puntual (extinción local, extinción virtual, extinción ocasional...) o evolutiva (extinción filética).

Pero hay otros conceptos que tiene mayor importancia por cuanto se refieren a imágenes (modelos) que pretenden describir una realidad siempre fuera de las posibilidades de la observación directa, y que se postulan como elementos explicativos. Los dos conceptos más útiles son los de **extinción de fondo** (*background extinction*) y el de **extinción en masa** (*mass extinction*).

A) La extinción de fondo

En 1973, el biólogo evolucionista Leigh Van Valen⁴² propone una nueva ley evolutiva: la *Hipótesis de la Reina Roja* (tomada de Alicia en el País de las Maravillas): en la naturaleza todo tiene que estar en continuo movimiento para que todo se mantenga. Así,

⁴² VAN VALEN, L. (1973). A new evolutionary Law. *Evolut. Theory*. n1 1, pág.1-30.

dentro de un grupo taxonómico ecológicamente homogéneo, la extinción sucede estocásticamente (de forma aleatoria) con una tasa constante. Es decir: la probabilidad de extinción de un taxón ni aumenta ni disminuye durante su duración.

B) La extinción en masa: modelos y patrones

Los paleontólogos detectan empíricamente la existencia de períodos de extinción en masa (en los cuales son muchas las especies que desaparecen simultáneamente en lapsos de tiempo relativamente cortos).

Los paleontólogos ha propuesto una serie de modelos teóricos para describir estos procesos. En la bibliografía se presenta un gran número de modelos teóricos para explicar las llamadas "extinciones en masa". Por su simplicidad y mayor aceptación elegimos el propuesto por Kauffman (1987)⁴³, que sugiere tres modelos para la extinción en masa.

Según Kauffman, estos son los Modelos de extinción de acuerdo con la pauta seguida por los taxones (líneas verticales) dentro de la organización de las tres hipótesis principales de extinción en masa. **EX** representa el nivel de máxima pérdida taxonómica o el

⁴³ KAUFFMAN, E. G. (1987). The dynamics of marine mass extinctions. En: *Actas III Jornadas de Paleontología*. Bilbao, páginas 143-180. También en SANZ, J.L. Y BUSCALIONI, A. (1989). *pus cit.*, Madrid, pág. 297-316.

nivel de extinción de ciertos taxones característicos. **EX-1, EX-2**, etc, definen los niveles de extinción escalonada ("stepwise") como los componentes de una única extinción masiva.

a) La llamada **Extinción catastrófica** (*Catastrophic mass extinction*) afecta a los organismos más diversos tanto genética como ecológicamente en un fenómeno (*evento*) de alcance planetario. No existe gradiente ecológico ni evolutivo. Todos se extinguen a la vez. El caso más relevante es el del impacto meteorítico finicretácico.

b) **Extinción escalonada en masa** (*Stepwise mass extinction*) Sugiere que el fenómeno se produce a través de una serie de pasos discretos, en intervalos de tiempo que pueden oscilar entre acontecimientos (eventos) casi instantáneos (catastróficos) hasta de corta duración (menos de 100.000 años). Según Kauffman (1987, *opus cit.*) muchas de las crisis bióticas C/T se ajustan a este modelo.

c) **Extinción gradual** (*Graded mass extinction*): se muestra como una aceleración de la tasa de extinción de fondo producida por cambios del entorno relativamente rápidos. Esta hipótesis supone un gradiente ecológico que afectaría primero a los organismos ecológicamente especializados y luego a los más versátiles y resistentes.

El registro geológico como fuente de información de la vida y la extinción en el pasado

Pero ¿qué fiabilidad tiene el registro geológico? ¿Qué información suministra sobre la vida del pasado y sobre todo, sobre las extinciones? De acuerdo con las estimaciones realizadas por los paleontólogos David Raup y Steve Stanley⁴⁴, el número de especies descritas hacia 1975, de acuerdo con las fuentes informáticas realizadas por J.J. Sepkoski⁴⁵, hay tabuladas unas 250.000 especies de animales y plantas fósiles.

A los profanos, esta cantidad puede parecer enorme y se puede tener la impresión de que el conocimiento de la vida del pasado es muy grande. Pero ¿qué significa este número en proporción al número de organismos vivos? ¿Qué significa en comparación con toda la historia de la biosfera?

Hacia los años setenta, se suponía que el número de especies vivas era de 1.500.000, de las cuales casi un millón son insectos⁴⁶. Esto supone que el volumen global

⁴⁴ RAUP, D. V. Y STANLEY, S. M. (1978) *Principles of Palaeontology*. 20 edición, Freeman, San Francisco, 481 páginas.[Edición española: *Principios de Paleontología*. Editorial Ariel, Barcelona, 1979].

⁴⁵ SEQUEIROS, L.(1984): Fósiles y Evolución: ¿tienen valor las puebas paleontológicas?. *Razón y Fe*, Madrid, , n1 1028, pp.504-512.

⁴⁶ GUTSCHICHK, R.C. (1979) *Fossil Record*. In: FAIRBRIDGE, R.W. Y JABLONSKI, D. edit.: *The Encyclopedia of Palaeontology*. Academic Press, New York, 886 páginas; SEPKOSKI, J.J.,

de especies fósiles conocidas, distribuidas a lo largo de los 600 millones de años del Fanerozoico, es sólo de 16% si se compara con las especies vivas. Hoy sabemos que son, sin duda, muchas más como veremos más adelante.

Raup y Stanley han calculado de modo "conservador" el número total de especies que han existido desde el inicio del Fanerozoico hasta hoy si suponemos una serie de constantes: como son el ritmo de reemplazamiento y la densidad de la biosfera⁴⁷.

Este modelo de equilibrio, realizado con ayuda de ordenadores, ha permitido estimar qué cantidad de información sobre los ecosistemas del pasado se ha perdido a lo largo del proceso de evolución y fosilización.

Los cálculos han tenido en cuenta la vida media de una especie a lo largo del tiempo. Evidentemente, no todas las especies biológicas han tenido una vida media igual. Así, para los equinodermos (especies de evolución lenta) se estima un ritmo de reemplazamiento de 6 millones de años, mientras que para los ammonites del Jurásico (con especies de evolución rápida) el ritmo es de 1 a 2.2 millones de años. Por ello, se usó un cálculo ponderado para todos los animales y plantas fósiles,

BAMBACH, R.K., RAUP, D.V., VALENTINE, J.W. (1981). Phanerozoic marine diversity and the Fossil Record. *Nature, USA*, vol. 293, pp. 435-437.

⁴⁷ HARLAND, W.B. edit. (1967) *The Fossil Record*. Geological Society of London, 827 pág.; SIGNOR, P.W. (1978) Species Richness in the Phanerozoic: an investigation of sampling effects. *Paleobiology, USA*, vol.4, núm 4, pp. 394-406.

obteniéndose una vida media de 2.7 millones de años para las especies fósiles.

Mediante un sencillo cálculo⁴⁸, se puede evaluar el número de especies distintas que han existido desde el Cámbrico hasta la actualidad, suponiendo una diversidad media en cada momento de 1.500.000 especies a lo largo de 600 millones de años: ***1.500.000 x 600.000.000 de años / 2.700.000 años por especie = 333.000.000 de especies***

Comparadas con los fósiles, sólo conocemos el 0,075 por ciento. Pero hay más: según las estimaciones actuales, en el planeta hay actualmente unas 40 millones de especies vivas, de las que solo conocemos el 3%. Aplicando el algoritmo anterior, los datos se disparan: 40.000.000 especies x 600.000.000 años / 2.700.000 años= 8.888.888.888 (Es decir, casi 8 mil 900 millones de especies). Las 250.000 especies fósiles conocidas solo representan el 0,0028 %. Es decir, de acuerdo con los restos fósiles sólo conocemos una mínima parte de la vida que existió. Pero hay otra conclusión aún más importante: si hoy existen unos cuarenta millones (en las estimaciones más generosas), y si hubo casi nueve mil millones, esto quiere decir que casi todas las especies que han existido se han extinguido para siempre sin dejar rastro. Es decir, la paleontología muestra que la extinción es lo normal, la realidad necesaria para todas las especies animales y vegetales.

⁴⁸ SEQUEIROS, L. (1984) *opus cit.*, página 509.

3. Las causas de la extinción de las especies biológicas

El registro geológico muestra que la **extinción biológica** ha sido un hecho frecuente a lo largo del período Fanerozoico. Es más: la extinción de las especies ha sido el proceso normal. Incluso algunos lo relacionan con la evolución, en el sentido de que la extinción es el motor de la evolución.

Esto no puede ser en absoluto un argumento exculpatorio de la situación actual de quiebra de los grandes ecosistemas. Pero ¿por qué se extinguen las especies? ¿Hay alguna causa privilegiada que explique de manera satisfactoria las causas de las extinciones? ¿Hay un solo mecanismo que las explique?. En esta primera parte de este trabajo, se pretende que el lector que no esté familiarizado con el paradigma actual de la biología evolutiva (que es básicamente **neocatastrofista**) se sitúe dentro del marco científico actual sobre la extinción de las especies. Este marco servirá para poder interpretar y situar históricamente las diversas interpretaciones que los naturalistas, filósofos y teólogos han propuesto para el fenómeno de la extinción.

Causas naturales de la extinción de las especies biológicas

¿Qué sabemos de las causas que producen a lo largo del tiempo la extinción de las especies? En este punto los expertos no se ponen de acuerdo. Y es normal.

En primer lugar, son muchos los tipos de causas que se pueden invocar.

Y en segundo lugar, en la mayor parte de los casos, habrá que invocar una sinergia de causas, puesto que la relación causa-efecto es casi imposible de determinar. Sobre todo, si se opta, como se ha postulado en el capítulo 1, por una concepción sistémica de la biosfera, en la que los procesos se desarrollan bajo el prisma de la complejidad y las teorías de las catástrofes.

El profesor D.V. Raup⁴⁹, de la Universidad de Chicago, una de las autoridades en estas materias, alude repetidamente a la pregunta: ***¿malos genes o mala suerte?*** Evidentemente, en muchos casos, la extinción de una especie se debe más bien a la concurrencia de diversos factores desgraciados más que a la mala programación genética.

En estos procesos intervienen elementos internalistas (que residen en el interior del patrimonio compartido de una población) y también externalistas (procesos que son externos a la población, y que tiene que ver no solo con los cambios climáticos, como

⁴⁹ RAUP, D.V. (1991) *El asunto Némesis. Una historia sobre la muerte de los dinosaurios*. Alianza Editorial, 243 pág.

pensaba Charles Lyell⁵⁰. Para la mayoría de los autores modernos las causas primordiales que determinan el fenómeno de la extinción son de tipo ambientalista, es decir, generadas por cambios físico-químicos y/o bióticos del entorno⁵¹. No obstante, para grupos de organismos muy particulares habrá que invocar causas de tipo internalista.

Se ha escrito mucho en estos últimos años sobre las "causas" de la extinción de especies en el pasado. No solo lleva a ello el interés por la investigación de la historia del planeta Tierra.

Existe también un interés ecológico relativo a la situación actual. Se pretende indagar sobre las causas que motivaron las extinciones de fauna y flora en el pasado, con el deseo de poder extrapolar esos procesos para explicar (y sobre todo, predecir) las extinciones actuales.

La literatura científica y los debates generados han sido muy amplios y estamos aún muy lejos de conseguir un consenso entre los paleontólogos, biólogos, ecólogos, geólogos y geofísicos. Posiblemente, la extinción es un proceso sinérgico en el que intevienen

⁵⁰ CABEZAS OLMO, E. (1999) La Teoría del Clima y su función dentro del sistema uniformitarista de Charles Lyell. *Llull*, Zaragoza, 22, pág. 37-49. CABEZAS OLMO, E. (2002) *La Tierra, un debate interminable. Una historia de las ideas sobre el origen de la Tierra y el Principio de Uniformidad*. Prensas Universitarias de Zaragoza, 204 pág.

⁵¹ SANZ, J.L. Y BUSCALIONI, A. (1989) *opus cit.*, 297-316.

muchos elementos entrelazados que actúan sistémicamente.

En un intento de síntesis de las ideas más aceptadas, puede decirse que las causas que pueden provocar un proceso de extinción biológica y que afectan a áreas geográficas amplias son las siguientes⁵²:

<ul style="list-style-type: none">*Causas terrestres: son causas que se originan en el planeta:*Vulcanismo a gran escala*Grandes fugas de gas del manto terrestre*Descensos rápidos del nivel del mar*Episodios de falta de oxígeno en los mares*Cambios rápidos de temperatura*Glaciaciones*Radiación e inversiones del campo magnético terrestre	<ul style="list-style-type: none">*Causas que están fuera de la Tierra (cósmicas o extraterrestres):*Erupciones solares violentas*Proximidad de una Supernova*Estrellas cercanas*Desplazamiento a través del plano de la Galaxia*Impactos de meteoritos y asteroides*Tormentas de meteoritos y cometas
---	--

La extinción gradual (o extinción de fondo) ha sido explicada por fenómenos de causas esenciales, como glaciaciones, ciclos trasgresivos y regresivos de los océanos y movimientos de placas continentales. Estos procesos no son repentinos en sentido estricto. No

⁵² SEQUEIROS, L. (1996) *opus cit.*, 47-58.

tienen un carácter imprevisto y rápido. La extinción escalonada en masa puede ser explicada a partir de mecanismos causales mayores, incluso extraplanetarios y/o a cambios extraordinariamente rápidos de parámetros climáticos y oceánicos (temperatura, circulación de las aguas...).

Últimamente, los geólogos han centrado su interés en los grandes fenómenos de extinción en masa, sean del tipo que sea. Las hipótesis que se han propuesto son muchas, siendo la del impacto de asteroides y/o cometas la más aceptada, a la par que la más criticada⁵³.

La vuelta al catastrofismo (o paradigma neocatastrofista) se origina a partir de un polémico trabajo científico realizado sobre una delgada capa de arcillas en el límite Cretácico-Terciario cerca de la ciudad italiana de Gubbio⁵⁴.

El premio Nobel de origen hispano, Louis Álvarez, junto con su hijo, el geólogo Walther Álvarez y un amplio grupo de técnicos y científicos estudiaron los aspectos geoquímicos de las arcillas de Gubbio que se sitúan en el

⁵³ Ver a este respecto, RAUP, D.V. (1991) *opus cit.* ; SEQUEIROS, L. (1986) Catastrofismo y extinción de especies. *Razón y Fe*, Madrid, n1 1047, pág.86-92; SEQUEIROS, L. (1990) Paleontología, catástrofes y extinciones en masa. *Razón y Fe*, Madrid, 221, 1095, pág. 54-62. ALBRITTON, Jr. C.C. (1989) *Catastrophic Episodes in Earth History*. Chapman and Hill, 221 pág.

⁵⁴ ÁLVAREZ, L.W., ÁLVAREZ, W., ASARO, F. Y MICHEL, H.V. (1980) Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary Extinctions. *Science*, 208, 1095-1108.

límite entre el Cretácico y el Terciario, hace 65 millones de años.

Para sorpresa de todos, en estas arcillas encontraron una concentración anómala de Iridio, un metal que no se suele encontrar en la superficie terrestre.

Debido a su gran masa, en la consolidación del planeta se hundió a gran profundidad. Esta acumulación de Iridio les llevó a postular la hipótesis sugestiva de que se trataba de Iridio extraterrestre. Y que había llegado a aquel lugar hace 65 millones de años, al impactar contra la Tierra un asteroide o un cometa.

Este impacto habría producido una serie de procesos climáticos de gran envergadura, y que finalizó con un invierno nuclear (el ocultamiento de la luz solar durante mucho tiempo debido a una capa de polvo eyectado a la estratosfera por el impacto extraterrestre). Tal ocultamiento solar llevó consigo, no solo un descenso de la temperatura, sino también el colapso de los procesos fotosintéticos del zooplancton marino y una destrucción en cascada del ecosistema oceánico.

La vulnerabilidad de las especies biológicas a la extinción

La cuestión de la vulnerabilidad diferencial de los taxones a la extinción y la selectividad de las extinciones entre grupos diferentes de organismos fue formulada por David Raup, como ya se ha citado, con la frase"

"Extinction: bad genes or bad luck?". Diversos estudios han mostrado que los hábitats fragmentados y depauperados en biodiversidad suelen albergar a especies de pequeño tamaño, generalistas ecológicos y con amplia capacidad de dispersión⁵⁵. Las características de las especies y grupos taxonómicos que ***incrementan el riesgo de extinción*** serían los siguientes:

1) Los de tamaño corporal grande, que suelen estar relacionados con una baja densidad poblacional, con un crecimiento (tanto a nivel individual como poblacional) lento y con la especialización ecológica. No obstante, se producen excepciones, pues el tamaño grande en los vertebrados terrestres se suele correlacionar con un mayor rango de distribución biogeográfica y también se observa que entre las especies estrechamente relacionadas, con hábitos similares, la de mayor tamaño suele ser la más abundante, debido a ventajas competitivas.

2) Por el contrario, la riqueza específica de los grupos biológicos relacionados evolutivamente (*clados*) no parece desempeñar un papel significativo en la supervivencia frente a las extinciones en masa, según estableció Jablonski estudiando la extinción de bivalvos

⁵⁵ MCKINNEY, M.L. (1997) Extinction vulnerability and selectivity: combining ecological and paleontological views. *Annual Rev. of Ecology and Systematics*, vol. 28, pág. 495-515.

y gasterópodos durante la crisis biológica del final del Cretácico.

3) Las especies de nivel trófico alto (por ejemplo, los hipercarnívoros), lo que conduce por lo general a un tamaño poblacional pequeño y el consiguiente riesgo de endogamia (por ejemplo, en los perros salvajes del Pleistoceno inferior).

4) Las especies con un grado elevado de especialización ecológica suelen mostrar características propias de estrategia *k* (colonizadora), una amplitud de nicho estrecha, una baja tolerancia, viven en hábitats especializados, y presentan un rango biogeográfico restringido.

5) Las de capacidad de dispersión escasa, también son vulnerables. Tal es la de las larvas no planctónicas en los invertebrados marinos. Esto se ha estudiado para las larvas de moluscos del Ordovícico.

6) El estudio de la supervivencia diferencial de distintos grupos de microfósiles en el tránsito Cretácico-Terciario ha mostrado que las especies de foraminíferos planctónicos y nanofósiles que desaparecen son predominantemente aquellas que habitan en latitudes bajas. De manera similar, se ha comprobado en la extinción Permotriásica que las familias de braquiópodos articulados que sobreviven son predominantemente las que vivían en regiones extratropicales y lo mismo acontece para las familias de gasterópodos y bivalvos en la extinción del Cretácico.

4. Las ideas sobre la extinción de las especies biológicas en las tradiciones culturales míticas

Muchas tradiciones culturales se han preocupado por el hecho de la extinción de las especies biológicas en todos sus aspectos: desde la defensa de los gigantes y los animales míticos e imaginarios, hasta las interpretaciones mágicas de los fósiles y las posiciones fundamentalistas de los "creacionistas bíblicos" americanos actuales.

Puede parecer una mezcla heterogénea de posturas. Pero todos ellos coinciden, a mi entender, en partir de interpretaciones no racionales de los datos de la realidad, y de hacer intervenir en sus planteamientos prejuicios culturales de muy diverso tipo: prejuicios ideológicos, sociales y religiosos.

La extinción de las especies en las culturas míticas antiguas: Israel, Egipto y Mesopotamia

El planteamiento científico de la extinción de las especies no está presente en las tradiciones míticas antiguas. Pero sí existe curiosidad por las "piedras con

forma de animal" a las que se atribuyen propiedades mágicas. Será el camino seguido posteriormente por los naturalistas.

Sí tiene interés que en las antiguas culturas mediterráneas circulaba la opinión de que los mares habían ocupado lo que ahora es tierra firme. Ello pudo dar lugar a las leyendas sobre antiguas inundaciones generales (los primitivos "Diluvios").

La narración bíblica del Diluvio (uno de los imaginarios que más han influido en las interpretaciones medievales, renacentistas y barrocas de la geología y de la extinción), pudo tener su origen en la Épica Babilónica de Gilgamesh.

Las tablillas de arcilla recuperadas de la gran biblioteca de Assurbanipal (668-633 aC) en Nínive habla de las aventuras de Gilgamesh⁵⁶. Este aparece en el mito como semidios, hijo de una diosa y un padre humano. De su madre heredó la belleza, la fuerza y la inteligencia y de su padre, el carácter mortal.

La tragedia del relato se desarrolla entre los deseos de la madre y la mortalidad de la humanidad. En un momento, Gilgamesh relata una historia relativa a un diluvio universal.

⁵⁶ SANDERS, N.K. (1976) *The Epic of Gilgamesh. An English Version with an introduction*. Penguin Books, Ltd. London. Albritton, Jr. C.C. (1989) *Catastrophic Episodes in Earth History*. Chapman, Londres, pág.1.

La extinción en los mitos de las culturas primitivas

Desde épocas muy antiguas se han conocido lo que hoy llamamos "fósiles", inventándose leyendas sobre sus propiedades. La idea de que los dientes de tiburón eran lenguas de serpientes petrificadas no estaba compartida por otros autores⁵⁷.

Así, Plinio el Viejo (23 a 79 dC), cuya *Historia Natural* fue durante años un libro de consulta obligado, pensaba que lo que llamamos ahora dientes de tiburón caían del cielo durante los eclipses de Luna, y contaba que los magos las creían útiles en las empresas amorosas.

Estrabón, en sus descripciones geográficas, nos cuenta que Janto, teniendo en cuenta los hallazgos de conchas marinas lejos del mar, interpretó que las tierras habían surgido de los océanos⁵⁸.

Herodoto habla de las ideas que mantenían los sacerdotes egipcios, que pretendían que su patria estuvo en otro tiempo cubierta por el mar, tal como lo atestiguaban las conchas encontradas en las piedras de las pirámides. La "extinción" de estos seres vivos en otro tiempo tendrían una explicación: al retirarse los mares

⁵⁷ Ha sido desarrollado ampliamente por LIÑÁN, E., (1998) *Los fósiles y el pensamiento paleontológico. La interpretación histórica de los fósiles*. Discurso de Ingreso en la Academia de Ciencias de Zaragoza (30 de noviembre de 1998), 1-38.

⁵⁸ MELÉNDEZ, B. (1947) *Paleontología*. Paraninfo, Madrid., pág. 86.

de donde estuvieron en la antigüedad, se conservarían los esqueletos que llegan hasta nosotros. Sin embargo, estas explicaciones quedan olvidadas cuando el maestro Aristóteles niega que tengan alguna relación con seres vivos.

5. La extinción de las especies en la tradición bíblica

La tradición bíblica ha tenido un gran peso en el desarrollo de las ideas sobre la extinción de las especies. Hasta el siglo XVIII, los filósofos y naturalistas que han tratado la problemática de la extinción estaban muy influidos por el pensamiento religioso cristiano, bien católico como protestante. Y en ambos casos la presión, tanto de la Inquisición y sus brazos seculares como fue la Universidad de La Sorbona, como los controles de los medios protestantes, influyeron de modo decisivo en la libertad de pensamiento.

El paradigma que se ha ido construyendo históricamente en occidente sobre la extinción biológica ha estado determinado por el pensamiento bíblico. Las ideas de la Biblia sobre el Diluvio Universal y el exterminio de animales, plantas y humanos han sido dominantes en el pensamiento racional y científico.

Pero, ¿cuándo la humanidad se plantea de modo racional y crítico algún tipo de problema que hoy se pueda asimilar a la extinción biológica?

Desde nuestro punto de vista, la filosofía griega no tenía aún posibilidad intelectual de plantearse el problema de la extinción en el sentido moderno que hoy se le da a este término. Sus conocimientos sobre la naturaleza se reducían a la descripción de los seres vivos. Por ello no nos extraña la ausencia casi total de textos que hablen sobre la posibilidad de que "desaparezca" un grupo amplio de organismos.

El relato bíblico del Diluvio

Los historiadores de las ciencias de la Vida y de la Tierra no dudan en resaltar que las ideas bíblicas sobre el Diluvio Universal pertenecen ya al inconsciente colectivo de la humanidad y han determinado decisivamente las concepciones naturales, sociales, morales y religiosas de las culturas occidentales de los filósofos naturales y de los científicos.

Durante veinte siglos, la doctrina del Diluvio Universal ha tenido una fuerza de "dogma" para muchos científicos. Posiblemente, es una de las representaciones no científicas del mundo que más han retardado la construcción racional y científica de los procesos naturales del planeta⁵⁹.

⁵⁹ CAPEL, H. (1985) *La física sagrada. Creencias religiosas y teorías científicas en los orígenes de la Geomorfología española*. Ediciones del

El Diluvio significa la apertura de la bóveda celeste (Gén. 7, 10s). De este modo, las aguas de arriba se mezclan con las de abajo, creando una nueva confusión que engendra muerte (Gén. 7, 18-24), contrarrestando la creación primera, en la que Dios sacó la vida de la faz de las aguas primitivas (Gén.1,1-12).

Uno de los problemas más importantes de estos relatos (contenidos en los capítulos 1 a 11 del Génesis) es el de la fuentes. Se observa que hay claros duplicados: se cuentan dos veces la corrupción de los hombres (6,5 y 6,11-12); la decisión divina de aniquilarlo (6,7 y 6,13); el mandato de entrar en el arca (6,18-21 y 7,13); la edad de Noé (7,6 y 7,11); la entrada en el arca (7,7 y 7,13); el comienzo del diluvio (7,10 y 7,11); la muerte de los seres vivos (7,20 y 7,22 ss); la promesa de no destruir la Tierra (8,21b-22 y 9,11)⁶⁰.

Además de estos duplicados hay una clara diferencia entre el número de animales que deben entrar en el arca: al principio Dios ordena salvar una pareja de

Serbal, Barcelona, 223 pag.

⁶⁰ VON RAD, G. (1972) *Teología del Antiguo Testamento*. Edición de Luis A. Schökel, Sígueme, Salamanca, 2 vol.; VON RAD, G. (1977) *El libro del Génesis*. Sígueme, Salamanca, 539 pag. ; PARROT, A. (1955) *Déluge et Arche de Noé*. Cahiers d Archeologie Biblique, Neuchatel, n1 1, 63 pp.; ARNALDICH, L. OFM (1958) *El Origen del Mundo y del Hombre según la Biblia*. Rialp, Madrid, pág.405-472; CASTEL, F. (1987) *Comienzos. Los once primeros capítulos del Génesis*. Verbo Divino, Estella, 155 pág., sobre todo, pág. 101-126; MARTÍN JUÁREZ, M.A. OSA (1990) El diluvio y la Torre de Babel. *Nuevos Horizontes*, El Escorial, n1 5, pág. 55-81;

animales de cada especie (6,19s; 7,15s); y más adelante (7,2s) distingue entre animales puros (siete parejas) e impuros (una sola). También parece haber dos cronologías. Estos datos llevaron a aceptar dos tradiciones básicas: Yahvista (J) y Sacerdotal (P). Pero ambas no bastan para explicar el texto actual; por eso se admiten otros añadidos.

Los naturalistas y los filósofos naturales, así como los teólogos hasta el siglo XVIII han interpretado literalmente los textos del Diluvio. De modo que eliminar la idea del Diluvio de la Ciencia fue un trabajo muy difícil, no exento de condenas. Evidentemente, estos textos expresan la reflexión religiosa de los israelitas a partir de su propia experiencia.

La creencia en el Diluvio como castigo divino que tiene como consecuencia de extinción selectiva de todas las formas de vida que no habían estado incluidas en el Arca, está profundamente arraigada en la conciencia de las religiones antiguas del ámbito judío y mesopotámico. El mito del Diluvio castigador, como veremos más adelante, ha tenido un gran influjo en el desarrollo de las ideas occidentales sobre la geología y, en concreto, sobre las ideas en torno a la extinción de las especies.

La narración del Diluvio sugiere ciertas claves de lectura que han pasado con gran fuerza a la tradición cultural de occidente y que se mantienen, a veces, en el inconsciente colectivo de la humanidad:

a) La primera de estas claves de lectura se refiere a la creencia (muy generalizada) de que de las manos de Dios salió un mundo terminado, perfecto ("perfecto"

viene de *perficere*). Leibniz dirá que es el mejor de los mundos posibles. Por tanto, los animales y plantas que hoy existen son los descendientes de los que fueron creados al principio de los tiempos perfectos (adaptados al medio, diríamos hoy). Estos conceptos están hoy sujeto a una honda relectura científica, filosófica y teológica desde el paradigma evolucionista. Pero, históricamente, han influido mucho, hasta el punto de hipotecar el desarrollo de la geología durante varios siglos.

b) La segunda clave de lectura se basa en la creencia de que Dios es el único que puede "crear" (entendido este verbo como "sacar algo de la nada", el un momento inicial de la historia) (Gn 1,20-27). Ese Dios ha puesto sus leyes en el mundo. Cualquier alteración del orden y jerarquía del cosmos creado, sólo es posible mediante una intervención milagrosa del creador. Teológicamente, el concepto de "creación" está en revisión y no se refiere sólo a un acto puntual y milagroso de Dios⁶¹.

c) La tercera clave que puede ser aclaratoria es esta: este mundo ha sido creado para que los humanos dominen la Tierra. Pero por la humanidad entra en el mundo el desorden (el mal, la violencia, el pecado, la transgresión a las leyes naturales). Esta transgresión ofende al creador y éste decide destruir su obra ya que es el dueño de todo. El Diluvio es, por tanto, un castigo

⁶¹ SEQUEIROS, L. (1992) Las raíces de la Humanidad: ¿evolución o creación?. *Cuadernos Fe y Secularidad*, Sal Terrae, Santander, n1 19.

ejemplarizante de Dios. Las catástrofes y la muerte son consecuencia de la libertad pecadora del hombre (Rom. 6,5-11). Entre los filósofos naturales y los teólogos hay un debate apasionado sobre el origen "natural" o "milagroso" del Diluvio⁶², sobre el poder destructor del hombre sobre la naturaleza y sobre la bondad del Dios castigador del Diluvio.

d) La cuarta clave de lectura tiene más relación con el objetivo de este trabajo: la extinción de las especies. Para el autor bíblico (lo cual ha sido luego seguido por filósofos y teólogos) el Diluvio es la causa de la extinción de los animales "antediluvianos" y además, a lo largo de la historia de la Tierra, solo ha habido un momento histórico de exterminio selectivo (de "extinción" diríamos hoy) de animales, plantas y humanos: el Diluvio Universal. El tiempo geológico se divide en dos eones: "antes" del Diluvio y "después" del Diluvio. Evidentemente, estos conceptos, que tuvieron mucha fuerza en la construcción de las Ciencias de la Tierra, están hoy en revisión, dados los avances en exégesis y los avances en los conocimientos geológicos.

e) En quinto lugar, la última clave de interpretación se refiere al discutido texto del Gn 6, 1-7,

⁶² VERNET, J. (1975) *Historia de la Ciencia Española*. Instituto de España, pág. 193-194; SOLÉ SABARÍS, L. (1984) Raíces de la Geología española. *Mundo Científico*, 9, pág. 1018-1032; CAPEL, H. (1985) *opus cit.*, Ediciones del Serbal, Barcelona; SEQUEIROS, L. (1998) El franciscano granadino José Torrubia(1698-1761): entre los fósiles, el Diluvio Universal y los Gigantes. *Proyección*. Granada, 188 (45), 39-50. .

que abrió la puerta a la consideración de la posibilidad de los "gigantes" anteriores al Diluvio⁶³. Sobre los gigantes hubo una gran cantidad de debates, como hemos visto al tratar de los "mitos" y veremos a propósito de la paleontología del siglo XVIII.

⁶³ El debate sobre los "gigantes", cobró en España una gran importancia en el siglo XVIII, a partir del descubrimiento por Pedro de Cieza, en América de huesos de gran tamaño. Entre los clásicos, el autor de más interés es el franciscano granadino José Torrubia (1698-1761) tanto en su *Aparato para la Historia Natural Española* de 1754, como especialmente en su debatida *La Gigantologia Spagnola vindicata* (Nápoles, 1760).

SEGUNDA PARTE: LA CONSTRUCCIÓN DE UN PARADIGMA CIENTÍFICO

La segunda parte de este trabajo, la más extensa de las tres, pretende a la luz de la historia del pensamiento científico, esbozar la evolución constructiva del paradigma científico actual sobre la problemática del hecho y las causas de las extinciones biológicas, pasadas y actuales.

6. Las tradiciones "clásicas" sobre la extinción de las especies: los orígenes del paradigma diluvista

Los autores que han tratado la historia de las ciencias de la vida y de las ciencias de la Tierra (como Ellenberger, Adams, Ruse, Rudwick, Giordan, Buffeteaut, Gould, etc) coinciden en afirmar que durante más de veinte siglos que se impuso un solo pensamiento hegemónico entre los filósofos naturales de occidente sobre la problemática de la evolución de las especies y la extinción biológica. Tal vez, ni siquiera pueda denominarse, usando terminologías kuhnianas, como "preparadigmas" a las opiniones dispersas que los autores mantienen⁶⁴.

Por ello, en este discurso se agrupan bajo el epígrafe ambiguo de "tradiciones clásicas" aquellas doctrinas científicas, filosóficas y teológicas que siguen el patrón más establecido. Desde nuestro punto de vista (y ello es discutible, por supuesto) postulamos que durante

⁶⁴ SEQUEIROS, L. (2000). Teología y Ciencias Naturales. Las ideas sobre el Diluvio y la extinción de las especies biológicas hasta el siglo XVIII. *Archivo Teológico Granadino*, 63, 91-160.

más de veinte siglos (desde Aristóteles hasta el siglo XVIII) han concurrido tres grandes corrientes de opinión, tres tradiciones, que en muchos casos se solapan.

Estas tradiciones son: en primer lugar, la tradición filosófica que arranca de la época ateniense (fundamentalmente de Aristóteles) y que pasa al mundo musulmán y posteriormente ese traducen al latín mediada ya la Edad Media. Esta filosofía tradicional (por lo general aristotélica) aporta un sustrato epistemológico importante mediante la interpretación de la Naturaleza (*Physis*)⁶⁵ como un principio metafísico que garantiza la firmeza, el orden y la estabilidad de la realidad.

La segunda tradición que interviene en la construcción de las ideas filosóficas y teológicas sobre el cambio biológico y la extinción radica en el occidente cristiano a través de la tradición bíblica (sobre todo en lo que se refiere a las ideas del Diluvio como castigo destructor). El Diluvio se mantiene- como veremos- como un imaginario social de gran poder explicativo y que resultó ser un obstáculo epistemológico que retrasó en varios siglos el conocimiento científico sobre la naturaleza⁶⁶. Por último, la tercera tradición que

⁶⁵ Ver a este respecto: SEQUEIROS, L. (2002) *Filosofía de la Naturaleza y Filosofía de la Ciencia. Materiales de apoyo para las clases*. Facultad de Teología de Granada.

⁶⁶ Muchas de estas ideas están en LIÑÁN, E., (1998) *Los fósiles y el pensamiento paleontológico. La interpretación histórica de los fósiles*.

interviene en la construcción de estas ideas es la desarrollada a partir del origen de las rocas y la interpretación de los fósiles⁶⁷.

Desde mi punto de vista, tal vez sea la interpretación que los naturalista y filósofos antiguos han hecho de los "fósiles" la que más ha hecho progresar el conocimiento científico de la vida en el pasado, sus posibles cambios y, sobre todo, lo que llamamos la "extinción" de las especies biológicas.

La filosofía aristotélica sobre los fósiles

¿Cuál es la opinión de la filosofía clásica sobre el fenómeno de la extinción de las especies biológicas?
¿Existe realmente un planteamiento "científico" correcto?

Discurso de Ingreso en la Academia de Ciencias de Zaragoza (30 de noviembre de 1998), 1-38. También: SEQUEIROS, L. (2001) "Paleontología". En: *Enciclopedia de España*. Barcelona, tomo 16, 7578-7579. SEQUEIROS, L. (2001) Los fósiles "hablan" ¿qué aporta la paleontología al conocimiento del planeta Tierra?. En: J. A. GÁMEZ Y E. LIÑÁN (edit.). *La Era Paleozoica: el desarrollo de la vida marina*. Memorias de las VII Jornadas Aragonesas de Paleontología de Ricla. Institución Fernando el Católico (CSIC), Zaragoza, 27-59.

⁶⁷ Para más información sobre este asunto, Ver: ÁLVAREZ, R., BERJILLOS, P., GARCÍA DE LA TORRE, E., PEDRINACI, E. Y SEQUEIROS, L. (1996): *Los materiales terrestres: rocas, minerales, piedras figuradas, metales y minas. Fundamentación didáctica y desarrollo para el aula en Educación Secundaria*. Memoria final de Investigación. Consejería de Educación y Ciencia, Junta de Andalucía, 145 pag.; PEDRINACI, E. y SEQUEIROS, L. (1999) Conocer los archivos del planeta. *Alambique*, Edit. Graó, Barcelona, n1 22, pág.7-20.

La llamada Escuela Aristotélica se caracteriza por una visión estática de la realidad. **Aristóteles** (384-322 aC) inició el estudio y la ordenación de las innumerables formas de animales y plantas⁶⁸. Su discípulo Teofrasto continuó la obra del maestro.

En la biología de Aristóteles no hay cabida a la "extinción" de las especies en el sentido que hoy se le da a este término. Los seres vivos, por su "propia naturaleza" son corruptibles pero tienden a perpetuarse en la descendencia, heredando los hijos las cualidades de los padres. Hay una línea recta de descendencia, según la cual no hay posibilidad de modificación del curso "natural" de las cosas.

La obra biológica de Aristóteles, con sus aciertos y errores, representa una cima del pensamiento humano que ha influido amplia y largamente en la historia cultural de la humanidad⁶⁹.

Kearney⁷⁰ sistematiza la "tradición organicista aristotélica" considerando que la realidad (la physis) está ordenada jerárquicamente por su propia naturaleza, y cada cosa ocupa el lugar que le corresponde sin poder

⁶⁸ Para una revisión de las ideas biológicas de Aristóteles, ver: MARCOS, A. (1998) Invitación a la biología de Aristóteles. : *En*: ARANA, J. edit. Los filósofos y la biología. *Thémata*, Sevilla, n1 20, pág.25-48.

⁶⁹ El naturalista Charles R. Darwin, al final de sus días (tal como escribe en la Autobiografía) reconoce: "nadie como el viejo Aristóteles".

⁷⁰ KEARNEY, H. (1970) *Orígenes de la Ciencia Moderna, 1500-1700*. Biblioteca del Hombre Actual, Guadarrama, Madrid, 158 pág.

salir de él (no puede actuar contra natura). En este kosmos ordenado y jerárquico no cabe la posibilidad de extinción de los seres vivos.

La herencia cultural bíblica y aristotélica: las ideas medievales sobre las especies y su extinción

La cultura de la antigüedad acabó por deshacerse con la invasión de los bárbaros y el derrumbamiento del Imperio Romano, dividido en una mitad oriental y otra occidental cuyas tradiciones culturales y científicas son divergentes.

La mitad oriental sobrevivió durante más de mil años con una cultura y unas formas de vida eminentemente conservadoras. La cultura bizantina, cuyo principal vehículo de expresión fue la lengua griega, no fue creadora. Su mayor mérito estriba en haber conservado la literatura antigua.

Cuando Bizancio sucumbió a los turcos, se produjo un éxodo de sabios y de libros hacia occidente, lo cual contribuyó a preparar la Revolución Científica y el Renacimiento.

El Imperio Romano occidental se desmembró en una serie de pequeños estados, ocupados por las diversas tribus "bárbaras". La insegura situación interna de tales estados contribuyó a la destrucción de la prosperidad material y la cultura se deterioró rápidamente. El único poder que constituyó un lazo

común entre los hombres fue la Iglesia, que actuó a la vez como fuerza y como aglutinante cultural.

Como es lógico, la concepción cristiana de la vida hizo de la Teología la ciencia suprema, que fue cultivada con intensidad por los Padres de la Iglesia simultáneamente con los estudios bíblicos. Mientras tanto, se descuidaron los estudios científicos. Ello dio lugar a que durante este período se consolidase la filosofía clásica que, en el occidente cristiano, se amalgamó con la Teología.

Por otra parte, muchos medievales siguen creyendo en la "*vis plastica*" de la Tierra, que actúa como fluido misterioso creador de piedras de formas animales. Más tarde, transforman este concepto en "*Virtus divina*" que encaja mejor con la idea bíblica de la Creación.

Así, **Alberto Magno** (1196-1280) creía en la *fuerza plástica* o formativa de la Tierra para producir estas piedras. Alberto no tiene inconveniente en ampliar las viejas ideas de la *generación espontánea* hasta las rocas, y que en la tierra las piedras dan lugar de forma espontánea a formas animales. De este modo, "salvaba las apariencias", proponía una interpretación razonable que no contradecía el modelo interpretativo dominante de la creación única.

Las ideas medievales en el ámbito cristiano sobre los seres vivos y sobre la extinción de las especies están lastradas con el peso de las ideas bíblicas sobre el Diluvio Universal. Se reconocía como una "verdad" científica (ya que lo decía la Biblia) que, al inicio de los tiempos, Dios había creado a todos los seres vivos uno a

uno en el quinto día de la creación (Génesis, 1, 20-25) y por último, en el día sexto, al ser humano (Génesis, 1, 26-31). Los teólogos defendían, por tanto, la existencia de un fenómeno extraordinario (el Diluvio) provocado por Dios, que anegó y exterminó a los animales y también a los humanos indeseables (como son los Gigantes).

De la cronología bíblica se hizo un dogma. Según estas tradiciones, desde la Creación hasta el nacimiento de Cristo el tiempo transcurrido era de 4.000 años según cálculos más restringidos, y de 5.500 años según los datos más amplios. Como puede verse, las ideas sobre la extinción son prácticamente inexistentes y solo las alusiones al Diluvio son significativas.

Las ideas "diluvistas" en la época de la Revolución científica

La época de la llamada Revolución Científica se caracteriza por dos movimientos culturales simultáneos aparentemente contradictorios: la restauración del saber clásico y el inicio de la metodología experimental en la construcción del conocimiento sobre la naturaleza.

La observación directa de los animales y plantas que llevan a la publicación de enciclopedias del mundo natural (como las de Gesner y Aldrovandi) y la llegada a Europa de nuevos conocimientos traídos de ultramar, entre otros, colaboraron a la emergencia de un pensamiento más libre y documentado sobre la realidad natural.

La imagen anquilosada de la naturaleza, dominante durante siglos, va siendo sustituida por una imagen más racional y ajustada a las observaciones directas.

En la época renacentista, comienzan a desarrollarse algunas interpretaciones alternativas sobre los fósiles. Estos serán el hilo conductor de una reflexión sobre la extinción: ¿cómo explicar que antes hubiera animales que hoy no existen?

Tal vez sea **Leonardo da Vinci** (1452-1519) uno de los primeros que tienen la audacia de interpretar los restos fósiles como restos de animales del pasado. Esta idea, francamente renacentista, inspirada en clásicos griegos y latinos, y afirmada por sus observaciones personales, la expone con toda claridad.

Uno de los autores que se hizo clásico, Michele **Mercati** (1541-1593)⁷¹ sostiene los puntos de vista medievales sobre los fósiles y en una lámina que se ha hecho clásica, figura una cabeza de tiburón junto a un par de dientes a los que llama *glossopetrae* y llama la atención para no confundirlos con auténticos dientes a pesar de su similitud.

Esta era la opinión más seguida. Así, uno de los naturalistas más conocidos del siglo XVI, Georg Bauer (más conocido por su nombre latinizado, **Agricola**

⁷¹ Mercati es el autor del *Catálogo de la Colección del Vaticano* hecha bajo los auspicios del Papa Sixto V (1574) y publicado posteriormente por Lancisi en 1719.

(1494-1555), en su *De Natura Fossilium* de 1546), sostiene que muchos "fósiles" (objetos enterrados) a los que da denominaciones Plinio, son minerales especiales. Considera las *glossopetrae* como porciones de agua endurecida, y en cambio, la hojas y restos vegetales, peces fósiles, se habrían transformado en piedra por la acción del *sucus lapidescens* o de cierta *materia pinguis*, existente en el terreno y en el agua.

La fidelidad a los clásicos y la dificultad para interpretar los restos como fósiles de animales del pasado, impidió una interpretación biológica de los mismos y consiguientemente, estaban incapacitados para reconocer en ellos animales "extinguidos". El debate de las "petrificaciones" ocupaba todo el interés de los naturalistas.

Quien intuyó que muchos de estos "fósiles" pertenecían a especies animales extinguidas fue el ceramista francés **Bernard Palissy** (1510-1589). Fue uno de los primeros en poseer una colección de fósiles y realizó atinadas observaciones sobre los yacimientos y los estratos de la cuenca de París. Sin embargo, sus ideas fueron ridiculizadas por unos y atacadas violentamente por otros, por lo que acabó su vida en la hoguera acusado de hereje hugonote.

7. La construcción científica, filosófica y teológica del paradigma diluvista

Durante la segunda mitad del siglo XVII, las ideas antiguas, de inspiración aristotélica, sobre las piedras figuradas, van quedando desfasadas ante las nuevas evidencias. Se va a ir abriendo paso con celeridad una concepción elaborada del diluvismo que no podemos por menos de denominar "*paradigma diluvista*".

El diluvismo científico, como conjunto de teorías explicativas del origen biológico de los fósiles acudiendo al Diluvio Universal se constituye como un paradigma de gran poder explicativo.

Hay una construcción social de explicaciones racionales sobre la naturaleza de los fósiles, basada en observaciones y generalizaciones empíricas. Este paradigma abrirá la puerta, a final del siglo XVIII a unas teorías más elaboradas de la extinción de las especies⁷².

⁷² SEQUEIROS, L. (2000). Teología y Ciencias Naturales. Las ideas sobre el Diluvio y la extinción de las especies bilógicas hasta el siglo XVIII. *Archivo Teológico Granadino*, 63, 91-160.

La palabra "*fósil*" se designó durante mucho tiempo todo cuerpo extraído del suelo. Con el tiempo se restringió al finales del siglo XVIII, a los restos de seres vivos conservados en las rocas. Había triunfado la idea "científica" de la interpretación de los fósiles.

Pero hasta entonces, los pensadores y naturalistas que se dedicaron a la problemática de los fósiles dedicaron sus esfuerzos a responder a una primera cuestión fundamental: aquéllos fósiles que presentaban semejanza con los seres vivos, bien se tratase de conchas o de osamentas, ¿habían pertenecido realmente en otros tiempos a seres vivientes, hoy desaparecidos, "extinguidos", antes de ser petrificados de una manera o de otra? ¿No se trataba más bien de objetos curiosos, "juegos de la naturaleza", productos de procesos inorgánicos misteriosos que tenían lugar en el seno de la tierra?

Va a ser el hallazgo de grandes osamentas petrificadas lo que suscitará un debate apasionado sobre su interpretación, siendo la más extendida la interpretación gigantista.

Los mitos sobre los gigantes y su extinción

Los gigantes están presentes en la mayoría de las mitologías y han desempeñado a menudo un papel importante en la construcción de imaginarios sociales⁷³.

⁷³ Ver, entre otros: BUFFETEAU, E. (1992) *Fósiles y hombres*, Plaza y Janés, , pp.24 ss; CAPEL, H. (1985) *opus cit.*, páginas 51-59;

Para los griegos, se trataba de los hijos de Gea, la Tierra, y fue precisamente con la ayuda de esta diosa como pudieron rebelarse con las dioses del Olimpo, para ser finalmente vencidos por estos con ayuda de los humanos.

Lejos de ser relegados a la categoría de fábulas paganas, los gigantes fueron incorporados a la tradición judía y son mencionados en la Biblia, siendo el gigantismo una característica común a los personajes perversos, como Goliat.

Esta persistencia de los imaginarios de gigantes a través de los siglos y las culturas, tiene raíces psicológicas y simbólicas. En la antigüedad, Empédocles cita la presencia en Sicilia de cráneos de gigantes con un solo ojo. Hoy se interpretan como cráneos de elefantes del final del Terciario.

Pero lo más interesante es indagar las causas de su extinción. Uno de los restos más famosos encontrados en el siglo XVII, lo fue por Jacobo Tissot, en 1613, cerca del castillo de Chaumont, en una cantera de arena. El citado Tissot publicó un folleto titulado: *"Historia verídica del gigante Teotobocus, rey de Teutones y Cimbrios, muerto por Mario, Cónsul Romano, 105 años*

PELAYO, F. (1996) *Del Diluvio al Megaterio. Los orígenes de la paleontología española*. CSIC, Cuadernos Galileo de Historia de la Ciencia, 310 pág.; PELAYO, F. (1999) *El Orden Natural y los Gigantes. La Gigantología Spagnola Vindicata (1760)* de José Torrubia. *Temas Geológico-Mineros*, ITGE, Madrid, 26, II, páginas 685-716.

antes de la venida de N.S., el cual fue enterrado cerca del castillo de Chaumont, en el Delfinado".

Otro resto de gigante clásico es el citado por Scheuchzer (*Physica Sacra*, 1713). Describe y figura lo que llamó *Homo Diluvii testes*. Describe minuciosamente las condiciones del hallazgo aplicando al fósil calificativos pintorescos como: "*un rarísimo recuerdo de aquella maldita raza humana del mundo primitivo*" y "*la triste osamenta de un antiguo pecador*" y también: "*impío pecador ahogado en el Diluvio Universal*". Según demostró el naturalista Georges Cuvier años más tarde, se trata del esqueleto de un anfibio.

También en el siglo XVII, un hombre tan erudito como el jesuita Athanasius Kircher (1601-1680), en su *Mundus Subterraneus* de 1663⁷⁴, empezó a expresar cierto escepticismo sobre la existencia de los gigantes. Sin embargo, el franciscano granadino fray José Torrubia⁷⁵ supuso un hito muy importante en el debate

⁷⁴ SEQUEIROS, L. (2001) *El Geocosmos teológico de Athanasius Kircher*. Lección Inaugural, curso 2001-2002, Facultad de Teología de Granada, 115 pág.

⁷⁵ Una síntesis actualizada de su pensamiento, con mucha bibliografía, en: SEQUEIROS, L. (2001) *El Aparato para la Historia Natural Española* (1754) del franciscano granadino fray José Torrubia (1698-1761): aportaciones postridentinas a la Teología de la Naturaleza. *Archivo Teológico Granadino* 64 (2001) 59-127. Y también: SEQUEIROS, L. (1998) El franciscano José Torrubia y los fósiles de Aragón. *Naturaleza Aragonesa*, n.º 3, pág. 14-21; SEQUEIROS, L. (1998) El franciscano granadino José Torrubia (1698-1761): entre los fósiles, el Diluvio Universal y los Gigantes. *Proyección*. Granada, 188

sobre la existencia y la extinción de los gigantes. En el *Aparato para la Historia Natural Española* (Madrid, 1754) incluyó un capítulo completo (el capítulo X) a la interpretación de los grandes huesos petrificados que supuestamente creía ser de gigantes anteriores al Diluvio.

Sus argumentos se basaban en las relaciones de los cronistas de Indias, que comentaban los hallazgos de enormes huesos fósiles y describían a los supuestos gigantes como patagones.

Torrubia cita para apoyar su opinión a los cronistas Pedro de Cieza de León (1518-1560), Francisco Hernández (1517-1587), el jesuita José de Acosta (1540-1600), Juan de Torquemada y Bartolomé Leonardo de Argensola (1562-1633), así como a su contemporáneo Lorenzo Boturini (1702-1751).

La disertación de Torrubia tuvo mucho eco en Europa. Prueba de ello, son las traducciones al otras lenguas muy pocos años después (ver Pelayo, 1999). Los debates y las cartas que se entrecruzan, animaron al polémico granadino a componer un libro más completo dedicado solo a los gigantes. Este se publicó en Nápoles en 1760 bajo el título: *Gigantologia Spagnola vendicata*. Estos gigantes se habrían extinguido todos en el Diluvio Universal.

(45), 39-50. SEQUEIROS, L. (1998) Tercer centenario del nacimiento de José Torrubia (1698-1761): viajero, naturalista y paleontólogo. *Rev.Española dePaleontología*, 13 (2) 287-290.

A pesar de su erudición, al P. Torrubia se le escaparon muchos datos⁷⁶. También en España, el erudito Antonio León Pinelo aportó alegaciones a favor en su libro *El Paraíso en el Nuevo Mundo* (1655). Al discutir el lugar del Paraíso y el poblamiento del Nuevo Mundo, defiende la tesis de que sólo dicho continente había estado poblado antes del Diluvio universal. Esgrime argumentos bíblicos para mostrar que los gigantes vivieron en América y luego se ahogaron en el Diluvio.

Los mitos de animales fantásticos y su extinción

La atribución de huesos de vertebrados a animales fantásticos ha sido relativamente frecuente en la historia de la paleontología⁷⁷. En una de las plazas de la ciudad de Klagenfurt, capital de la provincia austríaca de Carintia, se alza un monumento insólito: junto a una estatua de Hércules, se ve un monstruoso cuadrúpedo alado, cuya cola en forma de serpiente se enrosca, formando numerosos pliegues.

⁷⁶ CAPEL, H. (1985) *opus cit.*, páginas 54 y ss.

⁷⁷ BUFFETEAUT, E. (1992) *Fósiles y hombres*, Plaza y Janés, pp.39-67; PEREDA, X. Y BARDET, N. (1998) El arca de Noé de los seres extraordinarios. Una aproximación a las manifestaciones excéntricas de las ciencias naturales.: Criptozoología y Futurozoología. En: MOLINA, E., CARRERAS, A. Y PUERTAS, J. edit. *Evolucionismo y racionalismo*. Univ.de Zaragoza, pág.315-326.

Esta criatura, que presenta todos los atributos clásicos del dragón de las leyendas medievales europeas, es obra del escultor Ulrich Vogelsang, que la realizó en 1590.

Para esculpir la cabeza del monstruo, el artista se inspiró en el "cráneo de dragón", que se conserva en el museo de la ciudad. Como demostró el paleontólogo Otto Abel, se trata en realidad del cráneo de un rinoceronte lanudo del cuaternario, que fue encontrado alrededor de 1335, en una cantera que se denomina "cantera del dragón". En la Europa medieval hay una gran cantidad de leyendas de antiguos dragones⁷⁸.

En el siglo XVII aquellas leyendas de dragones encuentran un eco en la incipiente literatura "científica". Así, por ejemplo, en las publicaciones de la Kaiserliche Leopoldnische Akademie aparecen, en los años 1672 y 1673, artículos escritos por J. Paterson Hain y por Heinrich Vollgnad sobre las osamentas de dragones encontradas en las cavernas de los Cárpatos y Transilvania.

El artículo de Hain contiene un dibujo de un "cráneo de dragón", en el que se reconoce fácilmente el cráneo de un oso de las cavernas.

⁷⁸ En la ciudad de Jaén se cuenta también la leyenda del "Lagarto" o dragón mitológico escondido entre las peñas cercanas y que secuestró a una doncella y que fue abatido dándole de comer forraje con una bomba escondida.

A menudo los huesos fósiles fueron atribuidos igualmente a otra criatura fabulosa de las leyendas europeas: al unicornio⁷⁹.

Si bien el mito de unicornio ha debido tener probablemente su origen en las defensas de los Mamuts y también del rinoceronte de la India, con su único cuerno, muchos otros animales exóticos, desde ciertos antílopes de Arabia hasta el narval de los mares polares, se han visto involucrados, con el curso del tiempo tal como lo advirtió en el siglo XVI, Ambroise Paré (1509-1590).

El gran éxito de las leyendas de los unicornios se han debido, sin duda, a las propiedades curativas que su cuerno tenía. Otto von Guericke en el siglo XVIII publicó libros con muchas láminas de estos animales fantásticos (dragones alados, unicornios, serpientes..).

En China tuvieron gran influjo los "dientes de dragón" y los "huesos de dragón" muy usados en medicina tradicional. Según el paleontólogo G.H.R. von Koenigswald, que hizo descubrimientos muy interesantes entre los boticarios chinos, algunos de estos restos (fósiles de mamíferos o de reptiles) provenían de las "tierras amarillas" neógenas del norte de China.

De un modo general, se puede decir que las leyendas y las explicaciones populares relativas a la extinción de grandes animales mitológicos (como los dragones o los unicornios) presentan a veces

⁷⁹ ZIEGLER, B. (1984) *Keine Geschichte der Paläontologie*. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, serie C, n1 19, pág.10-12.

características comunes a través del espacio y del tiempo.

Cuando los paleontólogos comenzaron a descubrir las riquezas fósiles del Oeste americano, a lo largo del siglo XIX, tuvieron la oportunidad también de conocer las leyendas que contaban las tribus amerindias. Allí donde abundaban los antiguos volcanes, la desaparición de los antiguos monstruos se debía a que habían sido tragados por la furia de las bocas de fuego.

Por otra parte, si los monstruos habían vivido en zonas pantanosas, la alusión a un Diluvio o a una inundación devastadora, solía ser la explicación más normal. En definitiva: la acción de la naturaleza manifestada de forma catastrófica era la explicación más normal para la desaparición de tales animales mitológicos.

Al margen de las disciplinas científicas existe hoy (ya en el siglo XXI) lo que puede denominarse como "manifestaciones excéntricas de las Ciencias Naturales". Por citar solo los casos más significativos, la búsqueda de animales ocultos y misteriosos (la *Criptozoología*) o los seres extraordinarios surgidos de la mente humana (la *Parabiología*).

Los criptozoólogos piensan que en algunos lugares de la Tierra (cuevas, lagos, fondos marinos, selvas, altas montañas...) persisten aún animales fantásticos del pasado. Son los que siguen la pista del Yeti, el monstruo del lago Ness, el Mokele-mbembe y otras quimeras. Los parabiólogos especulan sobre los

rinogrados, la formación de numulosferas o el origen de las microcriaturas orientales.

Los criptozoólogos defienden que detrás de cada enigma zoológico se esconde una especie por descubrir o que se supone extinta. Para legitimar sus propósitos, crearon en 1982 la *International Society of Cryptozoology*, con sede en Tucson (Arizona). La lista de "criptoespecies" crece cada día, y en la actualidad han catalogado unas 150.

Entre las mismas se dan cita félicos desconocidos, marsupiales supuestamente desaparecidos, gigantes pulpos y serpientes de mar, monstruos acuáticos, dinosaurios, pterosaurios y otros reptiles, mamuts supervivientes en Siberia, grandes homínidos salvajes y gigantes (como el Yeti...).

Respecto a la Parabiología, esta surgió por casualidad. En 1950, el fisiólogo alemán Gérolf Steiner publicó un libro cuyo objetivo era ayudar a los alumnos a entender la evolución biológica. Imaginó unos seres extraños, los *rinogrados*, que tenían la facultad de desplazarse sobre sus apéndices nasales, e inventó todo un mundo nuevo con estas hipótesis.

En nuestra época, algunos chiflados han adoptado la parabiología como una doctrina de tipo religioso. El mayor exponente es el japonés Chonousuke Okamura, director del llamado Laboratorio Fósil Okamura. Entre 1975 y 1977, Okamura obtuvo una gran cantidad de muestras de caliza de la era primaria de la montaña Nagaiwa, cerca de la ciudad de Ofunado (Iwate, Japón). Preparó una serie de láminas delgadas y las examinó con

ayuda del microscopio. A tamaño microscópico "redescubrió" una serie de especies extinguidas, de tamaño comprendido entre uno y cinco mm. Allí había plantas, peces, invertebrados, vertebrados, dinosaurios, e incluso (*microseres humanos*!).

También había dragones miniaturizados. Según Okamura, la formación de los fósiles de Nagaiwa tuvo lugar hace unos 400 millones de años, debido a un gran seísmo que sacudió la región. Debido a las sacudidas, los microvertebrados terrestres cayeron al agua y atrajeron la atención de los dragones y otros organismos marinos. Todos estos seres quedaron sepultados por enormes coladas de barro. Con el tiempo, se hicieron carbonato cálcico.

Evidentemente, todos estos organismos forman parte de leyendas y la comunidad científica no presta en modo alguno atención a los mismos. Pero conviene citarlos como la pervivencia de interpretaciones mitológicas de las extinciones del pasado.

De "glossopetras" a restos de seres vivos del pasado

Desde 1558, el célebre naturalista **Conrad Gesner**⁸⁰ (1516-1565) había estado llamando la

⁸⁰ Gesner era natural de Zurich y amigo de Zwinglio, autor de la *Historia Animalium* (ELLENBERGER, F. (1989) *op.cit.*, páginas 138-139; RUDWICK, M.J.S. (1987) *El significado de los Fósiles*. Blume, Barcelona, páginas 1-45)

atención sobre las semejanzas entre las *glossopetras* (piedras figuradas con aspecto de lengua) y los dientes de tiburón, presentando también ilustraciones en apoyo de sus argumentos.

Esta interpretación fue corroborada de modo firme a lo largo del siglo XVII por diversos autores que trabajaban en Italia.

El primero en hacerlo fue **Fabio Colonna**⁸¹ (1567-1650), quien en 1616 publicó una obra conocida como *De Glossopetris*, en la que afirmaba que las "lenguas petrificadas" eran en realidad dientes de escualos, que se encontraban mezclados con frecuencia con otros restos de organismos marinos.

Sin embargo, aún se mantiene prudente a la hora de aventurar alguna hipótesis de cómo llegaron hasta allí. Pero el camino al "diluvismo científico" se va a abrir pronto.

Los excelentes argumentos de Colonna no llegaron, sin embargo, a gozar de la adhesión general. Así que medio siglo más tarde, la demostración tuvo que ser llevada a cabo de nuevo por el danés **Nicolás Stensen** (más conocido como Niels Stenon)⁸².

⁸¹ Fabio Colonna era napolitano, botánico y zoólogo de talento, miembro de la Academia dei Lincei, en la que se reunían personajes con "ideas modernas". Galileo pertenecía a la misma. Fue autor de la memoria titulada *Fabio Columna Lyncei de Glossopteris Dissertatio...* (ELLENBERGER, F. (1989), op.cit., pág. 160-161).

⁸² Niels Stensen (Nicholas Stenon) (1638-1686) era danés y luterano. Se traslada a Italia, donde investiga los yacimientos de fósiles de la Toscana. Posteriormente se hizo católico en 1667 y llegó a ser Obispo de

El *Prodromo* (publicado en 1669) es la introducción a una gran obra que no realizó nunca en el que intenta una reconstrucción geológica de la región de Toscana.

Para ello, propone una serie de "principios" que han pasado ya a la Geología, como es el *principio de superposición de los estratos*. Por anatomía comparada, muestra que los dientes de los tiburones actuales son idénticos a las "glossopetras", por lo que defiende la naturaleza orgánica de éstas.

Parece ser que encontró algunas dificultades para armonizar sus descubrimientos con la geología bíblica. En esos años se realizó su conversión al cristianismo, por lo que decidió dejar para siempre la investigación científica dedicándose desde entonces a la Teología.

Las ideas de Colonna y Stenon sobre las glossopetras tuvieron cada vez más adeptos conforme finalizaba el siglo XVII. En terminología Kuhniana, el paradigma se iba consolidando al ser mantenido por una comunidad científica cada vez más numerosa.

Münster y de Hamburgo. El Papa Juan Pablo II los beatificó el 23 de octubre de 1988 (ver *l'Observatore Romano*, 24 de octubre de 1989). Su obra más conocida es *De Solido intra Solidum Naturaliter Contento dissertationis prodromus* (Florencia, 1669). Ver: ELLENBERGER, F. (1989), *opus cit.*, 194-218; BUFFETAUT, E. (1991), *opus cit.*, pág. 53-54. Hay una excelente edición bilingüe de las obras de STENON: SCHERZ, G. editor (1969) *Steno, Geological Papers*. Odense University Press, con una magnífica introducción y comentarios críticos a las obras de Stenon.

Algunos años después de la publicación del *Prodromus* de Stenon sobre la anatomía del tiburón, el pintor y naturalista siciliano **Agostino Scilla** (1639-1700) publicó un libro titulado *La Vana Speculazione disingannata dal Senso* (1670), en el que hacía uso del sentido común para combatir las falsas especulaciones, tan difundidas en la época, sobre el tema de los organismos marinos petrificados encontrados en tierra firme.

En esta obra se oponía a la idea de que se hubieran formado por una *vis plastica* de la naturaleza. En su opinión no podían ser otra cosa que restos de seres vivos. Sus razonamientos se apoyaban en los fósiles terciarios del sur de Italia y de Malta.

La consolidación del *paradigma diluvista*.

Las hipótesis diluvistas son muy antiguas aunque hasta el siglo XVIII no forman parte del discurso de los filósofos naturales. En el marco de la cronología bíblica (de la que Ussher es un ejemplo, pero no el único) el Diluvio bíblico va a comenzar a tener importancia para explicar el fenómeno de los fósiles y también la aparente "extinción" de ciertos organismos (como los *cuernos de Ammon*⁸³, los ammonites, que no tenían representantes

⁸³ Sobre la historia de la investigación sobre los *cuernos de Ammon*, ver: SEQUEIROS. L. y otros (1998) Historia del conocimiento de los Ammonites (Moluscos fósiles) del Jurásico de España. *Llull, Sociedad*

actuales). Si se encontraban restos de organismos marinos en el interior de la tierra o en la cima de las montañas, era porque habían sido transportados por las aguas del Diluvio bíblico, que habían cubierto incluso las altas montañas.

Desde este *paradigma emergente*, **el paradigma diluvista**, los fósiles y las rocas que los contenían habían sido formados por el Diluvio, por lo que no era necesario recurrir a la acción misteriosa de la *vis plastica* para explicarlos.

El Diluvio se convertía así en un "deus ex machina" que tenía gran poder explicativo para el origen biológico de los fósiles y de las **extinciones** de fauna, sin tener que contradecir por ello a la Biblia ni a la Teología de la creación de una obra perfecta salida de las manos de Dios sabio y todopoderoso.

Visto así, **el paradigma diluvista** marcaba un avance significativo (una auténtica *revolución científica*) con respecto a aquellas explicaciones que no veían en los fósiles más que meros *juegos de la naturaleza*. Al menos, durante cierto tiempo, el Diluvio, considerado como el único y el mayor de los acontecimientos catastróficos del pasado remoto era suficiente para explicar muchas de las observaciones que se realizaban.

Un conocimiento mejor de la naturaleza, reforzado por los fósiles, fue poniendo en evidencia a final del siglo XVIII las insuficiencias del paradigma

diluvista. Pero aún así, muchos naturalistas siguieron viendo hasta finales del siglo XIX que el Diluvio era un acontecimiento geológico de gran importancia para explicar la extinción de las especies.

Hasta finales del siglo XVII, la explicación diluvista estuvo particularmente de moda entre los eruditos ingleses, la mayor parte de los cuales eran miembros de la *Royal Society*, que se interesaba mucho por la historia de la Tierra.

Muchos de ellos elaboraron lo que se ha dado en llamar "Teorías de la Tierra"⁸⁴. Aquellas obras tenían como finalidad ofrecer una reconstrucción de la Historia antigua ("geológica", si nos adelantamos a la expresión) del globo terráqueo.

Pero, por lo general, se trataba de simples especulaciones (tal vez, uno de los más eximios representantes de esta tendencia científico-imaginativa sea el jesuita **Athanasius Kircher**, al que dedicamos un espacio más adelante).

Estas especulaciones estaban basadas en una exégesis del libro del Génesis antes que de deducciones obtenidas de la observación rigurosa de la Naturaleza. Debido a su base bíblica, aquellos ensayos otorgaban,

⁸⁴ ELLENBERGER, F. (1994) *Histoire de la Géologie. II*. Vuivert, París, dedica una buena parte de este volumen (entre las páginas 12 a 68) a exponer diversas "Teorías de la Tierra", propuestas en el siglo XVII. También dedica mucho espacio a ello, ADAMS, F.D. (1938) *The Birth and Development of the Geological Sciences*. Dover, New York, sobre todo, páginas 329-488.

como es lógico, un gran espacio al Diluvio universal, que estaba considerado como el acontecimiento más importante de la Historia de la Tierra después de la Creación.

Con estos autores está situado el marco epistemológico, científico, filosófico y teológico del que podría denominarse el ***paradigma diluvista***, que tuvo un gran impacto e influencia en la construcción de las primeras Teorías de la Tierra.

8: El "*paradigma de la degeneración de la Tierra*": las hipótesis de la "decadencia" del mundo como explicación científico-teológica de la extinción de las especies.

Desde la época de la filosofía clásica griega se han enfrentado dos poderosas concepciones del mundo (también los denominamos, con matices diferenciadores, dos poderosos sistemas culturales, dos poderosos imaginarios sociales, dos poderosos paradigmas): una de ellas es optimista y la otra es pesimista.

Ambas concepciones son totalizadoras de la realidad, y cooperan decisivamente en la construcción de los imaginarios simbólicos humanos. Estos inciden en las concepciones sobre el ser humano, la religión, el conocimiento y por ello de la vida sobre la Tierra. Ambas concepciones están muy arraigadas en el mundo clásico. Pero fue el pensamiento cristiano quien las alimentó.

La visión cristiana tradicional del mundo es necesariamente optimista. Según la teología católica, si el mundo ha sido "diseñado" por el Creador para morada de los humanos, es natural que sea "bueno" (Génesis 1,4; 1,10; 1,12; 1,18; 1,22; 1,25; 1,31...), bello y apto para la

vida humana. E incluso para algunos, como Leibniz, el mejor de los mundos posibles. La aceptación de un plan diseñado por el mismo Dios, de la teleología y de una visión optimista eran así aspectos generalmente entrelazados.

Pero ésta no era la única interpretación posible. Existía también junto a ella -y frente a ella- una visión pesimista. Según esta concepción del mundo, la Tierra y la humanidad, salidas perfectas de las manos de Dios, estaban sometidas a una profunda decadencia o degradación.

La entrada del pecado original destruyó el orden establecido por Dios y el mundo inició un camino descendente. La concepción pesimista, sobre todo, constituyó y constituye un paradigma global de interpretación del mundo que servirá de hilo conductor para explicar el fracaso de las especies biológicas, nacidas perfectas de las manos de Dios.

La visión pesimista del mundo está presente también en la epistemología oculta de muchos filósofos naturales del siglo XVII que consideran que, desde el pecado original, el género humano y toda la naturaleza creada han ido derivando hacia situaciones más decadentes y degeneradas. A finales de siglo, la tesis de la decadencia de la Tierra tras el Diluvio universal se formula de manera explícita y se postula como "verdad científica" experimentalmente comprobada. Para los autores que la defienden, la Tierra postdiluviana está sometida a un proceso de decadencia que le lleva lenta pero imparablemente a un estado de ruina.

Fue en Gran Bretaña y en Europa continental donde más claramente se elaboran, entre 1680 y 1710 las ideas que darán lugar a lo que aquí he dado en denominar al ***paradigma de la degeneración de la Tierra***, debido a los efectos punitivos del Diluvio. Este pasa a ser el inicio de un proceso irreversible de ruina y destrucción.

Ya se expresó con anterioridad que el debate sobre el Diluvio se convirtió en un problema científico de primera magnitud. Pero ahora se añade un factor más: el Diluvio es el inicio de un proceso irreversible de decadencia, ruina y destrucción de la Tierra debido a los pecados que cometidos por los hombres se derraman a la Creación entera.

Desde este punto de vista, la desaparición de especies biológicas (tal como atestiguan los fósiles) no es solo un proceso ligado al Diluvio universal. A esta concepción se añade a creencia de que la decadencia y degeneración de toda la naturaleza conduce también a que determinados animales y plantas sean víctimas del proceso de destrucción paulatina del mundo.

De este modo, se salva uno de los problemas que algunos naturalistas observaban: la desaparición de especies en épocas postdiluvianas, como sucederá con el descubrimiento de los restos de grandes Mamuts⁸⁵.

En Gran Bretaña, el deseo de conciliar la Biblia y las nuevas teorías sobre la Tierra originadas por la revolución científica, dio lugar en las últimas décadas del

⁸⁵ COHEN, C. (1994) *Le destin du Mammouth*. Seuil, París, 348 pág.

siglo XVII a varias interpretaciones "racionales" del relato bíblico, las cuales tuvieron una gran trascendencia en la Europa del siglo XVIII.

Los filósofos, los científicos y los teólogos naturales de la *decadencia*

En Inglaterra y en Europa, las ideas de la ***degradación, decadencia y ruina*** del mundo tras el Diluvio estuvieron presentes en los trabajos de los *filósofos naturales*⁸⁶ (sobre todo, estudiosos de los fósiles, considerados ahora vestigios de la ruina) que proyectaron sus ideas teológicas sobre el estudio de la naturaleza.

Una de las síntesis pesimistas más influyentes es obra del clérigo **Thomas Burnet**⁸⁷, que escribe en latín

⁸⁶ Los filósofos que se dedicaban al conocimiento de la realidad material fueron llamados hasta el siglo XIX *físicos* y, sobre todo, *filósofos naturales*. De este modo, se diferenciaban de los *filósofos especulativos* o *metafísicos*. Estos términos los utilizó Sir Isaac Newton en los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* de 1687. La palabra "científico" no se generaliza hasta el siglo XIX [SEQUEIROS, L. (2002) *Las imágenes de la naturaleza. Introducción a las ciencias*. Material de apoyo a las clases. Facultad de Teología de Granada (fotocop.)]

⁸⁷ Sobre la interesante figura científico-teológica de Thomas Burnet, pueden consultarse: GOULD, S.J. (1992) *La flecha del Tiempo, Mitos y metáforas en el descubrimiento del tiempo geológico*. Alianza Universidad, Madrid, páginas 39-78; ELLENBERGER, F. (1994) *opus cit.*, páginas 115-116; CAPEL, H. (1985) *opus cit.*, Barcelona, 223 páginas. RUDWICK, M.J.S. (1987) *opus cit.*, Blume, Barcelona, páginas

su *Telluris Theoria Sacra* (*Teoría Sacra de la Tierra*), publicada en 1681, cuyo título ya es revelador. En ella describe (y expresa en una conocida lámina que ya se ha hecho clásica), un cosmos presidido por el Pantocrator, alrededor del cual se organizan varias etapas del mundo.

En especial, las ideas de Burnet y, sobre todo, las de Woodward tuvieron mucha influencia sobre los filósofos naturales del continente europeo.

Para John **Woodward** (1665-1728), autor de *Essay toward a Natural History of the Earth*, publicada en 1695, los fósiles eran restos de animales antediluvianos.

Los puntos esenciales de su Teoría de la Tierra (y por ello, sus ideas sobre las extinciones de especies biológicas en el pasado) son:

a) los fósiles tienen un origen natural (no son *piedras figuradas* ni *glossopetras*).

b) los fósiles se han acumulado en el Diluvio.

c) La estructura interna del globo explica perfectamente el origen de las aguas del Diluvio.

d) Después del Diluvio todo ha sido degradación y destrucción. El *Essay* de Woodward tuvo una gran difusión por Europa. Se hicieron reediciones en inglés en 1702 y 1723; una traducción al latín en 1704, hecha por J.J. Scheuchzer; una traducción al francés en 1735, al italiano y al alemán.

De acuerdo con las teorías de tipo de las de Woodward, los fósiles serían así preciosos "testigos" del Diluvio, que testimoniarían, si fuera preciso, la realidad de este fenómeno capital, tanto desde el punto de vista religioso como desde el punto de vista científico.

Pero su amplio conocimiento de los fósiles recogidos en sus colecciones le obligaba a dar alguna explicación al hecho de que había fósiles son representantes actuales: los *cuernos de Ammón*, tan abundantes en sus vitrinas, ya no existen. ¿Cómo explicar su extinción?

Este problema no le preocupaba: considerando lo poco que se sabe de las faunas de aguas abisales, resulta "muy razonable", concluía, "que no existe especie alguna de animales con concha que haya existido y hoy haya perecido".

La física sagrada y las ruinas del Diluvio en Francia y Suiza

La tesis de la ruina de la Tierra debido al Diluvio no apareció solamente en Inglaterra. En el continente, muchos protestantes fervorosos vieron aquí una confirmación científica de la lectura fundamentalista de la Escritura.

Entre ellos sobresalen tres figuras que tendrán mucho influjo en la construcción de un "preparadigma" geológico en el siglo XVIII: los hermanos suizos germanófonos **Johann Jakob Scheuchzer** (1672-1733)

y **Johann Scheuchzer** (1684-1738) y el francés de familia hugonote **Louis Bourget** (1678-1742)⁸⁸. De ellos, el más interesante para este trabajo es el primero de ellos. Ellos son los que van a elaborar lo que se ha dado en llamar una "**Física Sacra**" o **Historia Natural de la Biblia**, una visión racional, científica de la Tierra, sin acudir a razones sobrenaturales.

Uno de los más entusiastas defensores de la visión de Woodward fue el médico de Zürich **Johann Jakob Scheuchzer**. A la luz de la teorías de Woodward, la vasta colección de fósiles acumulada por Scheuchzer adquiriría un valor nuevo: si los fósiles eran realmente los restos de seres vivientes enterrados en las capas de sedimentos durante el Diluvio, se convertían en testigos irrefutables de la veracidad de la Sagrada Escritura, con lo que no se podía poner en tela de juicio el hecho de que el entusiasmo paleontológico del médico de Zürich tuviera motivos religiosos.

La primera relación de sus fósiles (*Piscium querellae et vindiciae...*) fue publicada en el año 1708. En este libro los peces se quejan de su suerte al morir en el Diluvio universal, que desnaturalizó las aguas de los mares, y otros murieron cuando se retiraron las aguas del Diluvio a su lugar actual.

Por tanto, Scheuchzer reconoce el hecho de la extinción y desde el punto de vista teológico los considera víctimas de un Diluvio enviado como castigo

⁸⁸ Sobre estos tres filósofos y teólogos naturales, ver: ELLENBERGER, F. (1994) *op.cit.*, pág.124-134.

de los pecados de los hombres. Queda, pues, a salvo la sabiduría de un Dios creador. A este trabajo sobre peces siguió otro sobre plantas e insectos destruidas por el Diluvio: el *Herbarium diluvianum...*, publicado en el año 1709.

Pero Scheuchzer no era un diluvista convencional. Sigue las ideas de Burnet y debe incorporarse a los seguidores del ***paradigma de la degradación de la Tierra*** tras el Diluvio. Para él, la disposición de las montañas actuales no se debe al azar; necesitan un arquitecto que las dispusiera. "Las leyes mecánicas de la Naturaleza no bastaban aquí. Ha sido necesaria una fuerza divina como en la primera creación de la Tierra" - escribe. Posteriormente, los ríos y los mares van desgastando esas montañas dispuestas por Dios. En la interpretación de Scheuchzer, la Tierra se convierte así en una ruina y "todas las rocas dan testimonio del Diluvio".

Su hermano Johann Scheuchzer orientó sus investigaciones geológicas en otra dirección. Estaba interesado en la formación de la montañas. Desde este punto de vista, intuyó muchos elementos de la tectónica alpina y nos legó unas preciosas láminas descriptivas de las rocas retorcidas, en las que los pliegues, fallas y estructuras tectónicas eran bien visibles. Impregnado por el imaginario social de la ***degradación*** de la Tierra, maldita por Dios tras el pecado original, interpreta esas

estructuras como consecuencia de la ruptura de la corteza de la Tierra en el Diluvio⁸⁹.

Aceptación del paradigma de la *degradación de la Tierra*

Durante la primera mitad del siglo XVIII persistían aún diversas interpretaciones sobre el carácter más o menos milagroso del Diluvio y sobre su universalidad.

Pero pocos cuestionaban que el Diluvio hubiera tenido unos efectos muy importantes sobre la superficie del Globo. A través del debate del Diluvio, la Tierra había adquirido una historia.

No existía un acuerdo unánime si esa historia había conducido a la **decadencia** o había que tener una visión más optimista. Por lo general, los autores protestantes eran pesimistas y por ello partidarios de la **decadencia** de la Tierra.

Los católicos solían mantener posiciones más optimistas. Éstos fueron fieles a la tradición *diluvista*, según la cual el Diluvio existió realmente con carácter universal, pero había sido un acontecimiento históricamente definido. Así, José Torrubia, al hablar del Diluvio en su *Aparato* (1754) insiste en que éste fue un

⁸⁹ Ver el excelente estudio de ADAMS, F.D. (1938) *The birth and development of the Geological Sciences*. Dover Publicat., New York (1938), 506 páginas. También se encuentran datos en ELLENBERGER, F. (1994) *op. cit.*

castigo divino debido al pecado de los hombres. Pero no abre el camino a la degradación.

Torrubia postula que el mar en el Diluvio cubrió toda la Tierra incluso "Nuestro pico de Tenerife, que está tenido por el monte más alto del Mundo", y también se anegó "Nuestra América". Discute después sobre el origen de tanta agua concluyendo que "en el caso se precisa la intervención de milagro"⁹⁰:

"En conclusión: el *Diluvio* se celebró con agua milagrosa venida de la mano de Dios, sin salir de sus senos la de los *Abismos*, ni mover de su centro la de los Mares. En aquel archiportento todo el Globo se anegó. Se anegó el Mar, y se anegó la tierra".

En esta opinión se desmarca claramente de los geólogos "protestantes" de la época -fustigados en el *Aparato* - que opinaban que el Diluvio se podía explicar acudiendo a razones puramente "científicas". Igual censura contra los herejes merece la opinión del Censor de la obra de Torrubia, fray Gerónimo de Salamanca, que antecede a la edición del *Aparato*. El alegato de Torrubia a favor del Diluvio termina con un largo párrafo en el capítulo XXXV y último rebatiendo a Buffon, al que descalifica de un plumazo⁹¹:

⁹⁰ J. TORRUBIA (1754) *Aparato para la historia natural española*, (Facsimil de la Sociedad Española de Paleontología, 1994), pág. 179.

⁹¹ SEQUEIROS, L. (2001) *opus cit.*, Arch.Teol.Granadino; J. TORRUBIA. *Aparato*, 1754, pág. 202.

"He aquí a lo que viene a parar la razón con que un tan célebre hombre ataca nuestra conclusión. Todo el vigor de su argumento se reduce a decir que el Diluvio fue sobrenatural, y a calificar por desvanecimiento y orgullo loco el discurrir con razones físicas de sus efectos. El fenómeno de los cuerpos marino-montañosos es naturalísimo; pues ¿por qué para explicar una cosa tan natural se ha de recurrir al Diluvio, que fue milagroso?. Esa es una Teología física, es una mezcla ridícula de ideas de hombres, y de milagros del Omnipotente. Así se explica contra nosotros esta Caballero (Buffon)".

A lo largo del siglo XVIII los testimonios que se reunían sobre la historia de la Tierra eran ya tantos, que fue preciso abandonar la antigua concepción de la Tierra estática y aceptar la idea del cambio en la superficie terrestre.

La necesidad de contar con el Diluvio, por razones religiosas, obligaba, sin embargo, a una concepción catastrofista en la que la inundación desempeñaba un papel fundamental en la transformación del relieve.

Llegó a valorarse tanto este factor de cambio, que algunos consideraron el Diluvio como una "nueva creación". Así lo expresó claramente Antonio Ulloa en sus *Noticias Americanas* cuando afirma que "la total reforma del antiguo Mundo y su renovación, completa con el Diluvio universal, fue una segunda creación"⁹².

⁹² ULLOA, A. de (1772) *Noticias Americanas. Entretenimientos Physico-Históricos sobre América Meridional...*Madrid, pag.290. En CAPEL (1985) *op.cit.*, pág. 123.

La idea de una *nueva creación*, desposeída de sentido teológico, fue retomada ampliamente en el quico de los siglos XVIII y XIX por Georges Cuvier, como veremos.

La "decadencia de la Tierra"

Como conclusión de lo dicho, se puede afirmar que durante la segunda mitad del siglo XVIII, las ideas antiguas, de inspiración aristotélica, sobre las piedras figuradas, van quedando desfasadas ante las nuevas evidencias. Se va a ir abriendo paso con celeridad una concepción elaborada del diluvismo que no podemos por menos de denominar ***paradigma diluvista***.

El diluvismo científico, como conjunto de teorías explicativas del origen biológico de los fósiles acudiendo al Diluvio Universal se constituye como un paradigma de gran poder explicativo. Hay una construcción social de explicaciones racionales sobre la naturaleza de los fósiles, basada en observaciones y generalizaciones empíricas. Este paradigma abrirá la puerta, a final del siglo

A finales de siglo, la tesis de la decadencia de la Tierra tras el Diluvio universal se formula de manera explícita y se postula como "verdad científica" experimentalmente comprobada. Para los autores que la defienden, la Tierra postdiluviana está sometida a un proceso de decadencia que le lleva lenta pero imparablemente a un estado de ruina. Fue en Gran Bretaña y en Europa continental donde más claramente

se elaboran, entre 1680 y 1710 las ideas que darán lugar a lo que se ha convenido en denominar el ***paradigma de la decadencia*** de la Tierra, debido a los efectos punitivos del Diluvio. Este pasa a ser el inicio de un proceso irreversible de ruina y destrucción.

El debate sobre el Diluvio continúa siendo un problema científico de primera magnitud. Pero ahora se añade un factor más: el Diluvio es el inicio de un proceso irreversible de decadencia, ruina y destrucción de la Tierra debido a los pecados que cometidos por los hombres se derraman a la Creación entera.

Desde este punto de vista, la desaparición de especies biológicas (tal como atestiguan los fósiles) no es solo un proceso ligado al Diluvio universal. A esta concepción se añade a creencia de que la decadencia y degeneración de toda la naturaleza conduce también a que determinados animales y plantas sean víctimas del proceso de destrucción paulatina del mundo.

9. La superación del diluvismo: el debate Linneo- Buffon

El siglo XVIII marca un cambio radical en la orientación epistemológica, y por ello filosófica, científica y teológica de la Extinción de las especies. El universo religioso y "diseñado" (providente) construido teológicamente por los diluvistas y los partidarios de la "degradación" se desmorona.

El método experimental, el pensamiento libre que irrumpe en Europa con la Ilustración⁹³ y los viajes de los naturalistas por el mundo, generan una nueva "cultura", un nuevo imaginario social, una nueva imagen física del mundo. En definitiva, emerge un nuevo paradigma que entra en competencia con los antiguos paradigmas.

. En este nuevo paradigma, hay un elemento emergente que ya no se va a perder: la ciencia cobra su propia autonomía como conocimiento organizado

⁹³ Puede consultarse: SEQUEIROS, L. (2002) *Filosofía de la Naturaleza y Filosofía de la Ciencia*. Materiales de apoyo para las clases. Facultad de Teología. Granada (fotocop.). FERRONE, V. Y ROCHE, D. edit. (1998) *Diccionario Histórico de la Ilustración*. Alianza Editorial, 549 pág.

socialmente aceptado por una comunidad científica⁹⁴. La creación de la *Royal Society* (y otras sociedades científicas) no solo dignifica socialmente al naturalista, sino que construye una conciencia de la propia racionalidad del conocimiento experimental que ya no va a necesitar la Teología como guía de sus investigaciones.

Los imaginarios religiosos heredados del viejo régimen tendrán cada vez menos peso como vectores del pensamiento científico, que va siendo más laico (pero no necesariamente antirreligioso). Se produce la *secularización* del pensamiento, que tiene su punto álgido en Immanuel Kant⁹⁵ y en la autonomía humana y de la razón. La ciencia va adquiriendo su propia racionalidad.

Este punto va a ser de gran interés para romper los lastres del pensamiento tradicional. Sin embargo, los poderes religiosos, muy fuertes en esa época⁹⁶ siguieron condicionando el desarrollo del conocimiento. Asistimos a una verdadera revolución del pensamiento sobre la extinción que nos llevará hasta el siglo XIX: el ***paradigma diluvista*** y el ***paradigma de la***

⁹⁴ SEQUEIROS, L. (2000). Teología y Ciencias Naturales. Las ideas sobre el Diluvio y la extinción de las especies biológicas hasta el siglo XVIII. *Archivo Teológico Granadino*, 63, 91-160.

⁹⁵ SEQUEIROS, L. (2002) *Antropología filosófica. Materiales de apoyo a las clases*. Facultad de Teología. Granada.

⁹⁶ NEEDHAM, J. (1978) *Ciencia, Religión y Socialismo*. Crítica, Grijalbo, Barcelona, 414 páginas; DAMPIER, W.C. (1986) *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*. Tecnos, Madrid, 570 pág., y sobre todo, pág. 205-226.

degeneración de la Tierra pierden poder explicativo (sobre todo por las impregnaciones teológicas que arrastran) y van siendo sustituidos por un nuevo paradigma: el *paradigma catastrofista*, de carácter laico, pero no ateo.

Él llevará al debate entre **Neptunistas y Plutonistas**, que desembocará en una síntesis superadora: el *paradigma uniformitarista*, con Charles Lyell que apunta a un universo abierto, inacabado, con Charles Robert Darwin y el *paradigma evolucionista gradualista*.

Dos paradigmas en conflicto: el debate científico entre Linneo y Buffon

Mantenemos en este discurso, siguiendo el hilo del pensamiento epistemológico de T. S. Kuhn⁹⁷, que la ciencia (sobre todo a partir del siglo XVIII) no es obra del "sabio" sino de la comunidad científica. Pero hemos elegido dos personajes paradigmáticos: uno del antiguo régimen (Linneo) y otro innovador (Buffon) como representativos de una mentalidad que emerge con dificultad.

Linneo es creacionista en sus concepciones teológicas, fijista en cuanto a sus concepciones biológicas; y aristotélico en cuanto a sus convicciones epistemológicas. Se produce una colisión de paradigmas.

⁹⁷ KUHN, T.S. (1975) *opus cit.*, Fondo de Cultura Económica, México.

Buffon (nacido en 1707, el mismo año que Linneo) se sitúa en una posición diferente. Las condiciones ambientales van modificando los caracteres de los seres vivos.

En unos casos, los modifican "degenerándolos" cuando lo hacen de modo natural e incluso pueden llegar a desaparecer para siempre. Además, no es el Diluvio el único proceso generador de extinción. Los cambios climáticos, como veremos, han intervenido en este proceso sin tener por ello que hacer intervenir a Dios. Pero también las especies "mejoran" cuando interviene el ser humano con la domesticación.

Puede decirse que, con Buffon (como paradigmático) se diluye el paradigma de la "degeneración" del mundo, para iniciar un nuevo paradigma en el que la Tierra comienza a tener Historia, y a lo largo de los tiempos (que son largos) se van sucediendo las siete "*Épocas de la Naturaleza*".

La persistencia de un paradigma anacrónico: la obra científica de Karl Linné (Linneo)

La evolución histórica del pensamiento científico no sigue pautas ascendentes irreversibles. La historia de la ciencia muestra que el conocimiento de la naturaleza sigue en muchas ocasiones vericuetos complejos, retrocesos y reversiones impredecibles.

Se puede considerar una simplificación el pensamiento "progresivo" del avance científico. Esto ya

lo pusieron de manifiesto T. S. Kuhn, I. Lakatos y últimamente Larry Laudan. Tal es la aventura del pensamiento durante el siglo XVIII, en el que coinciden antiguos **diluvistas científicos**, junto a los partidarios de la **degradación**, los **creacionistas fijistas** (como Linneo) y la emergencia de ideas renovadoras, que se agrupan en torno a la escuela de Buffon.

Estas posturas "paradigmáticas" organizan el conocimiento sobre la extinción de las especies, interviniendo en el debate filosófico, teológico y experimental.

Particularmente interesante es el debate ideológico que tiene lugar en el siglo XVIII entre la que podría llamarse escuela linneana, creacionista y fijista, y la escuela de Buffon, que puede etiquetarse como **progresionista**. Para Linneo y Buffon, la Historia Natural es el ordenamiento sistemático de las entidades naturales.

Pero sus vidas van a estar marcadas por la divergencia. Linneo (1707-1778) se mantuvo, por motivos más religiosos que científicos fiel a la concepción *fijista* de la Naturaleza, emanada de su creacionismo fundamentalista. Sin embargo, Buffon, con una mente más abierta, defendía que los organismos cambian con el tiempo y se "extinguen" cuando no pueden sobrevivir⁹⁸.

⁹⁸ SLOAM, P.R. (1976). The Buffon-Linnaeus controversy. *Isis*, 67, pág. 356-375.

Linneo había rechazado la idea de extinción, por dos razones fundamentales:

1) la primera, es que si se aceptaba ésta, se podrían generar discontinuidades en la gran cadena (*Scala Naturae*) de los seres vivos, que reducirían esta secuencia ordenada de la creación a un caos informe.

Por otra parte, ¿cómo explicar el hecho de que una especie completa (todos los individuos de una especie) pudiera ser conducida a la extinción en un mundo ordenado por la divina providencia? ¿No sería eso indicio de un fracaso en la perfección de la organización del mundo?

2) La segunda razón era la llamada "*economía de la naturaleza*": Linneo y otros naturalistas reconocían una "lucha entre seres" en la que una especie se come a otra. Sin embargo, pensaba que todas estas relaciones ecológicas se ajustaban mutuamente estableciéndose un equilibrio general. En esa *economía* equilibrada de la naturaleza, la cantidad podría aumentar y disminuir pero ninguna especie llegaría a extinguirse.

El imaginario alternativo progresionista: las ideas sobre la extinción de las especies de Georges Louis Leclerc, conde de Buffon

El más ilustre contemporáneo de Linneo fue **George-Louis Leclerc** más conocido como conde de

Buffon (1707-1788)⁹⁹. Su trabajo fundamental fue el de componer una monumental *Histoire Naturelle* cuyos primeros volúmenes salieron en 1749. Pero ya en 1744, había escrito la *Theorie de la Terre*, donde desarrolla ideas "actualistas" sobre la formación de las montañas y sobre el origen de los fósiles.

Pero es en *Époques de la Nature*,¹⁰⁰ publicada en 1779, donde establece una serie de períodos de tiempo muy largos, a través de los cuales la Tierra habría llegado a la configuración actual.

Hasta *siete épocas diferentes* y sucesivas distingue Buffon: la formación a partir de un Sol incandescente y el progresivo enfriamiento de la Tierra, la condensación de las aguas que dan lugar a los océanos, la emersión de los continentes y el desarrollo de la vegetación, la aparición de los grandes animales terrestres, la separación de los continentes con grandes migraciones de plantas y animales y, por fin, la aparición de la humanidad.

Tal vez quepa el honor a Buffon haber utilizado por vez primera, con justificación científica, los conceptos relacionados con la extinción. En *Las Épocas de la Naturaleza* hemos encontrado algunos textos

⁹⁹ Para Buffon: la mejor biografía breve y actualizada: BELTRÁN MARÍ, A. (1997) Introducción a: G.L. Leclerc Buffon. *Las épocas de la Naturaleza* (1779). Alianza Universidad, Madrid, n1 872, pág. 11-138; YOUNG, D. (1998) *El descubrimiento de la Evolución*. Ediciones del Serbal, Barcelona, páginas 66-74.

¹⁰⁰ BUFFON, G. L. LECLERC (1997) *Las épocas de la Naturaleza* (1779). Edición y prólogo de Antonio Beltrán Marí. Alianza Universidad, Madrid, 429 pág

significativos. En la "*Tercera Época de la Naturaleza*" ("cuando las aguas cubrieron nuestros continentes") Buffon describe una situación en que el planeta, antes caliente, se va enfriando y puede recibir las aguas. Escribe:

"Ahora bien: en los comienzos del asentamiento las aguas sobre la superficie del globo, ¿no tenían éstas un grado de calor que nuestros peces y nuestras conchas existentes en la actualidad no habrían podido soportar? Y no debemos suponer que las primeras producciones de un mar aún en ebullición eran diferentes de las que hoy nos ofrece?. Este gran calor sólo podía adecuarse a conchas y peces de otra naturaleza.

Y en consecuencia, la existencia de *especies perdidas*, cuyos análogos vivos no se encuentran en parte alguna, debe retrotraerse a los primeros tiempos de esta época, es decir, desde los 30 mil hasta los 40 mil años después de la formación de la Tierra. Esta primeras especies, *ahora extinguidas*, sobrevivieron durante los 10 mil o 15 mil años que siguieron al tiempo en que las aguas acababan de asentarse". [94-95] (Las cursivas son nuestras).

Por tanto, considera que los organismos primitivos estaban "adaptados" a un mar caliente, y que desaparecieron cuando, al enfriarse, no pudieron soportar el cambio. Más adelante insiste en la misma idea:

"Los monumentos y vestigios marinos son más numerosos, más evidentes, pero los que yacen en la tierra son igualmente fidedignos, y parecen demostrarnos que las especies antiguas de animales marinos y vegetales

terrestres *se extinguieron*, o más bien dejaron de multiplicarse desde que la tierra y el mar perdieron el gran calor necesario a efectos de su propagación". [100]. (Las cursivas son nuestras).

Este texto es particularmente interesante, por cuando Buffon atribuye la extinción de los organismos a la pérdida de la capacidad reproductora debido al descenso de temperatura de las aguas del mar.

En la nota aclaratoria del mismo Buffon a la página [28] de su texto, confirma la extinción completa de ciertos grupos de animales exclusivamente fósiles, añadiendo a los *cuernos de Ammón* (ammonites), los *ortoceras*, y las *piedras numismales* (los numulites), los *belemnites* y las llamadas *piedras judaicas* (espinas de erizos de mar).

10. La extinción de las especies en el debate entre Lamarck y Cuvier

En los últimos años del siglo XVIII e inicios del siglo XIX tiene lugar la propuesta de un cambio de paradigma que tiende a sustituir al antiguo de la **degradación** de la Tierra. Hunde sus raíces en muchas de las ideas de Buffon.

La apuesta metodológica de Cuvier se ajusta bastante a la propuesta por Kuhn:

"La decisión de rechazar un paradigma es siempre, simultáneamente, la decisión de aceptar otro, y el juicio que conduce a esta decisión involucra la comparación de ambos paradigmas con la naturaleza y la comparación entre ellos"¹⁰¹

Cuvier, con su mente poderosa, fue capaz de elaborar una gran síntesis geológica y biológica en la que las extinciones de especies tienen un papel muy importante. Pero frente a Cuvier hay otro personaje, antagonista en la ciencia y fuera de ella, que es el representante de ideas antiguas, pero que posteriormente tuvo mucha importancia: Lamarck.

¹⁰¹ KUHN, T. S. (1975) *opus cit.* pág. 129.

La extinción y la regeneración de las especies: el *catastrofismo* de Georges Cuvier (1769-1832)

Las ideas difusamente transformistas y catastrofistas de Buffon van a ser recogidas medio siglo más tarde por **Georges Cuvier**¹⁰², profesor en el Jardín del Rey de París, (luego Museo de Historia Natural).

Se considera a Cuvier como el fundador de la moderna Paleontología, aunque fue un combativo *antitransformista*.

Pero sus investigaciones en anatomía comparada, que asimilaba los restos encontrados a los datos de la Zoología, hicieron de la ciencia de los fósiles una auténtica ciencia. Algunas de sus obras más importantes son: *Lessons d Anatomie comparée* (1800-1805), *Recherches sur les ossaments fossils*, que incluye el *Discours sur les révolutions de la surface du globe* (1812-1829). Años más tarde (1816-1829) ve la luz *Le Regne Animal distribué d après son organisation*.

¹⁰² Sobre la vida y obra de Cuvier se pueden consultar: un trabajo clásico sobre Cuvier es: COLEMAN, W. (1983) *La biología del siglo XIX. Problemas de forma, función y transformación*. FCE, México, pág. 37-40; PELAYO, F. (1991) *Las teorías geológicas y paleontológicas durante el siglo XIX*. Historia de la Ciencia y de la técnica AKAL, Madrid, n.º 40, 54 pág.; RUDWICK, M.J.S. (1987) *opus cit.*, páginas 131-142; ELLENBERGER, F. (1994) *Histoire de la Géologie. II*, pág. 211-217; YOUNG, D. (1998) *El descubrimiento de la Evolución*. Libros del Serbal, Barcelona, pág. 66-74.

Para adentrarnos en el pensamiento de Cuvier sobre las extinciones, será necesario acudir a su pensamiento sobre los fósiles.

El interés de Cuvier por éstos comenzó poco después de llegar a París en 1796. Ese año recibe el encargo de informar sobre unos restos fósiles gigantes que habían sido enviados desde Paraguay.

Describió cuidadosamente esta criatura¹⁰³ y la denominó *Megatherium*. Pertenecía al grupo de los perezosos, pero en su época no se conocían vivos perezosos de ese tamaño.

En la mente de Cuvier sólo cabían tres posibles hipótesis para explicar este fenómeno de desaparición: a) que las especies hubieran evolucionado; b) que las especies hubieran emigrado a otro lugar; c) Que las especies se hayan extinguido.

Cuvier rechazaba de plano la posibilidad de evolución biológica (o de ***transformación***, como le llamaba su colega Lamarck). Solo quedaban dos posibilidades y Cuvier se inclina por la extinción. Por tanto, aunque con reservas, su opinión era que el *Megatherium* se trataba de una **especie extinguida**. ¿Cómo llega Cuvier a la convicción "científica" de la existencia de especies *extintas*?

¹⁰³ Los autores suelen olvidar que fue un español, Juan B. Bru, quien dibuja, describe y reconstruye el Megaterio. Pero Cuvier se apropió de sus ideas y fue quien las difundió dejando a Bru en la oscuridad.

Es interesante seguir el hilo de su investigación, porque utiliza un método científico hipotético-deductivo de gran modernidad. Se trata de seguirle el hilo a la historia del *Megatherium*.

La bibliografía francesa y anglosajona suele atribuir a Cuvier la reconstrucción del Megaterio, aunque el mérito mayor corresponde a un científico valenciano, **Juan Bautista Bru**, "pintor y disecador" del Gabinete, fallecido en 1799.

El esqueleto del que fue descrito como *Megatherium*¹⁰⁴ fue descubierto a comienzos de 1787 en las orillas de río Luján, cerca de Buenos Aires, en la antigua provincia del Paraguay. Estos huesos fósiles, junto con los primeros dibujos y una somera descripción, fueron enviados a Buenos Aires. Desde allí, el virrey del Río de La Plata, marqués de Loreto, remitió estos materiales a Madrid, al Real Gabinete de Historia Natural.

Allí, el legado pasó a manos de Bru, además de encargarse de prepararlo y montarlo "sobre un pedestal grandioso en una sala de petrificaciones de este Real Gabinete" (Garriga, 1796, prólogo), lo describió. Las planchas que hizo Bru, junto con su descripción, pasaron

¹⁰⁴ PELAYO, F. (1996) *Del diluvio al Megaterio*. CSIC, Madrid, pp. 294 ss. Ver también: J.M. LÓPEZ PIÑERO (1988) Juan Bautista Bru (1740-1799) and the Description of the genus *Megatherium*. *Journ. of Hist. of Biology*, 21, 147-163; e ibídem. (1989) Juan Bautista Bru y la difusión por Cuvier de su obra paleontológica. *Arbor*, CXXXIV, nn. 527-528, pp. 79-99.

a París, al *Institut de France*. Esta institución encargó a Cuvier que hiciera un informe científico de los restos.

Este informe fue presentado en el *Institut* en la sesión del 10 de abril de 1796. En él, Cuvier se reafirmaba en su opinión inicial de que se trataba de un cuadrúpedo vivíparo del orden de los edentados situado entre los perezosos y armadillos. Propuso un nuevo género: *Megatherium*, y se podía considerar como un fósil.

Este informe de Cuvier sobre el Megaterio se hizo muy famoso entre los naturalistas y llegó a poder del ingeniero español José Garriga. Este decidió publicar la descripción y adquirió las láminas de Bru junto a la traducción española del informe de Cuvier, añadiendo más datos.

El resultado fue la obra titulada *Descripción del esqueleto de un quadrúpedo muy corpulento y raro, que se conserva en el Real Gabinete de Historia Natural de Madrid* (fue publicado en Madrid, en 1796).

En 1832, durante su estancia en el Río de la Plata, Charles R. Darwin encontró huesos de *Megatherium* y de otros mamíferos gigantes en el acantilado de Punta Alta. En cartas a sus familiares citaba al ejemplar existente en Madrid.

La reconstrucción que aparece en la figura de correspondiente del *Journal of Researches* (1845) está basada en la de Bru a través de las publicaciones de Cuvier.

Las láminas que reproducen los libros de paleontología, suelen estar tomadas de Cuvier.

Pero justo es reconocer los méritos que merece **Juan Bautista Bru**, el verdadero autor.

Del *Megatherium* a las ideas sobre la extinción

El encuentro con el *Megatherium* abrió a Cuvier las puertas al estudio de otras formas de mamíferos fósiles para las cuales no encontró analogía entre los seres vivos.

¿Cómo explicar esta desaparición?

Dado que para él era imposible la evolución, había que comprobar la emigración hacia otro lugar. Por ello, decidió resolver la cuestión de la *extinción* o de la *emigración* estudiando y clasificando a los elefantes, vivos y fósiles.

Como los elefantes son tan grandes, se podía pensar razonablemente que no quedaban por descubrir ninguna especie viva. Por tanto, si encontraba elefantes fósiles sin representantes actuales, esto indicaba que se habían *extinguido*.

Es más: acudiendo a las ideas de Buffon sobre las épocas de la naturaleza, las extinciones se "escalonaban" en el tiempo no acumulándose en una época de Diluvio Universal.

Con estos resultados quedó establecido que algunas especies habían llegado a *extinguirse*. Y esta extinción era episódica, intermitente. Esta ideas chocaban con la doctrina tradicional de que no había

habido extinción desde la creación divina de las especies, salvo la catastrófica del Diluvio Universal.

Puede afirmarse que, con Cuvier, el concepto científico de "*extinción*" se introduce en su sentido actual en la literatura científica. Pero la realidad del hecho de la *extinción* no le supuso a Cuvier terrores filosóficos o religiosos.

Como científico, necesitaba confirmar con datos sus intuiciones. Para ello dedicó muchos años a la realización de un detallado estudio de otros huesos fósiles de los depósitos de los alrededores de París. En las canteras de yesos de Montmartre descubrió algunos restos de mamíferos que en absoluto parecían tener representantes actuales.

En 1812, Cuvier había recogido tanto material que completó el volumen *Investigaciones sobre los Huesos Fósiles de Cuadrúpedos (Recherches sur les Ossements Fossiles de Quadrupèdes)*, que consta de cinco gruesos volúmenes y se publicó en París entre 1821 y 1824.

Aquí estribaba una de las discrepancias con su compañero de laboratorio y subordinado, Juan Bautista Monet, barón de Lamarck. Este no era capaz de aceptar la posibilidad de un mecanismo natural por el que una especie bien adaptada pudiera llegar a extinguirse, a excepción de los organismos más simples.

En este sentido, estaba influenciado por las ideas de Linneo de la economía de la naturaleza. En esa economía equilibrada, la cantidad de individuos de una

especie podría aumentar o disminuir, pero nunca extinguirse ésta.

Pero Cuvier fue más adelante: no solo reconoce el *hecho* de las extinciones episódicas (catastróficas) sino que también postula un mecanismo para explicar las *causas* de las mismas.

Con la prepotencia del sabio y del jefe, postulaba, defendía y pontificaba que las extinciones eran causadas por gigantescos desastres naturales que se extenderían rápidamente sobre parte del globo, y alterarían profundamente la economía de la naturaleza.

Quedaba así constituido un conjunto de conocimientos al que denominamos ***paradigma catastrofista***.

Durante los siglos XVIII y XIX se recurrió ampliamente a lo que algunos llaman "*catastrofismo metodológico*", un paradigma global de explicación de los fenómenos de extinción y aparición de especies sin necesidad de acudir a hipótesis transformistas¹⁰⁵.

Según los historiadores de la geología y de la paleontología, Cuvier recurrió a más investigaciones en la cuenca de París buscando pruebas de las causas que habían originado la extinción de las sucesivas especies de vertebrados.

Algunas de estas formaciones contenían huesos fósiles de vertebrados junto con conchas fósiles

¹⁰⁵ La más clásica es la obra de HOOYKAAS, R. (1970) *Catastrophism in Geology*. Nieuwe Reeks, Amsterdam.

pertenecientes a géneros típicos de agua dulce. En medio de estas formaciones había otras que albergaban conchas fósiles de organismos marinos.

Parecía que las formaciones de la Cuenca de París representaban depósitos alternos de agua dulce y salada y esto implicaba algún tipo de cambio en los niveles del mar.

Cuvier concluyó que las inundaciones recurrentes por el mar habrían sido el agente que causó las extinciones de los vertebrados terrestres.

La transición de una condición a otra parecía haber ocurrido de manera rápida. Esto condujo a Cuvier a proponer largos períodos de calma interrumpidos por intervalos de cambio súbito.

Estos cambios catastróficos, a los que llamó impropriamente "**revoluciones**", tenían que producirse por una causa natural. La observación de las rocas dislocadas en los Alpes indujo a Cuvier a proponer que, a lo largo del tiempo, había habido grandes convulsiones en el globo, que dieron lugar a hundimientos, elevaciones de montañas e invasiones del mar.

Cuvier estaba dispuesto a admitir que la última de estas violentas revoluciones se correspondía con la inundación descrita en el Génesis.

La persistencia de los paradigmas clásicos: Juan B. Lamarck

El antagonista más duramente combatido por Cuvier es Lamarck. Juan Bautista Pedro-Antonio Monet, caballero de La Marck, más conocido como **Lamarck**, nació en 1744 en Bazentin, al norte de Francia¹⁰⁶. Era, pues, 25 años más viejo que Cuvier.

Estudió en el Colegio de los jesuitas de Amiens. En 1809, publica la primera edición de la *Philosophie Zoologique*¹⁰⁷, donde expone sus ideas biológicas.

Propone la "transformación" lineal y siempre renovada que, a partir de la generación espontánea, da lugar a una *Scala Naturae* de mayor perfección impulsada por una fuerza interior de cambio y adaptación por el uso y desuso de los órganos.

Posteriormente, entre 1815 y 1822, publica los siete tomos de *Historia Natural de los Animales sin Vértebras*.

¹⁰⁶ Sobre la vida y obra de Lamarck, ver: RADL, E.M. (1931) *Historia de las Teorías Biológicas*. Revista de Occidente, Madrid, pág. 1-19; COLEMAN, W. (1983) *La biología en el siglo XIX: problemas de forma, función y transformación*. FCE, México, pág. 9-11, 118-121; RUDWICK, M.J.S. (1987) *opus cit.*, pág. 156-165, 169-171, 198-201, 274-278; YOUNG, D. (1998) *opus cit.*, Barcelona, pág. 87-97.

¹⁰⁷ Hay una versión resumida en castellano: LAMARCK (1971) *Filosofía Zoológica*. Presentación de Joan Senent Josa. Editorial Mateu, Barcelona, 223 páginas, con una extensa bibliografía. Ver: SEQUEIROS, L. (2001) La "biología" cumple dos siglos: pervivencia de las ideas de Lamarck. *Proyección*, Granada, 201, 121-140.

A Lamarck se le conoce- por contraposición a Cuvier- como "transformista" biológico. El hilo conductor de sus ideas es que la naturaleza ha ido produciendo, gradual y sucesivamente, y todavía lo hace, los diversos grupos de seres vivos. La creencia en la "generación espontánea" es para Lamarck algo incontrovertible.

Desde esta perspectiva, no tiene sentido en la mente de Lamarck hablar de "especies" ni de "extinciones". Es toda la materia viva como un gran flujo con conciencia que se "transforma", se "adapta" a las nuevas circunstancias por uso y desuso de los órganos. Esta transformación lamarckiana es siempre gradual, lenta, continua y progresiva.

Lamarck era deísta: consideraba a la naturaleza como un *poder* u *orden de cosas* con sus propias leyes, pero siempre sujetas al Supremo Hacedor. Sigue la opinión del siglo XVIII de que todos los seres vivos forman una *gran cadena* o *escala* desde los más sencillos a los más complejos¹⁰⁸; pero esta secuencia de organismos se consideraba solo en plan puramente morfológico, de ordenación en el espacio y no en el sentido de que tuviera continuidad en "el tiempo", es decir, que unos descendieran de otros. Lamarck, sin embargo, introduce la dimensión biológica de

¹⁰⁸ Desde el punto de vista filosófico, estas ideas las ha desarrollado recientemente el profesor GUSTAVO BUENO (1998) Los límites de la Evolución en el ámbito de la *Scala Naturae*. En: MOLINA, E., CARRERAS, A. Y PUERTAS, J. edit. *Evolución y Racionalismo*. Universidad de Zaragoza, páginas 49-88.

descendencia a la *Scala Naturae*, en cuya cúspide sitúa al hombre. Además no hay una sola cadena de seres, sino dos series separadas, los animales y los vegetales.

Lamarck mantenía una teoría del estado estacionario que luego recuperará Hutton y luego Lyell. En su pensamiento el tiempo no tiene principio ni fin. Todo está en proceso. Las especies no existen. Solo el flujo continuo de la vida que siempre está empezando. Por ello, son escasas las referencias de Lamarck a las especies extinguidas. Y dentro de su mentalidad es prácticamente imposible la extinción, pues la vida es un proceso siempre actuando y transformándose pero sin extinguirse lo que existía.

El pensamiento evolutivo de Lamarck se desarrolló durante el cambio de siglo, en el contexto de un vivo debate sobre la extinción. Tanto Cuvier como Lamarck estaban de acuerdo en que las migraciones podían ser, hasta cierto punto, la explicación de las diferencias entre las formas fósiles y las formas vivas. Pero discrepaban en la idea de extinción.

Para Lamarck, las especies de transforman. Para Cuvier, se extinguían.

Lamarck no era capaz de contemplar un mecanismo natural por el que una especie bien adaptada pudiera llegar a extinguirse, a excepción de los organismos más simples. En este aspecto estaba influenciado por la idea de Linneo de la "economía de la naturaleza". Linneo y otros naturalistas reconocían una "lucha entre seres" en la que una especie se come a otra. Sin embargo, pensaba que todas estas relaciones

ecológicas se ajustaban mutuamente estableciéndose un equilibrio general. En esa *economía* equilibrada de la naturaleza, la cantidad podría aumentar y disminuir pero ninguna especie llegaría a extinguirse.

La obra de Lamarck es una obra de transición y junto a intuiciones brillantes mantiene errores y concepciones anticuadas, como son las de la generación espontánea.

En esto chocó frontalmente con Cuvier, para el cual no existía transformación en los seres vivos, sino extinción catastrófica y nueva creación.

11. El hecho y las causas de la extinción de las especies desde Charles Lyell a Charles Robert Darwin

Corresponderá a dos grandes naturalistas de mediados del siglo XIX, Charles Lyell (1797-1875) y Charles Robert Darwin (1809-1882) impulsar una revolución científica que dará lugar al ***paradigma uniformitarista*** (Lyell) y al ***paradigma evolucionista gradualista*** (Darwin). Pero será necesario retomar las ideas desde más atrás.

Durante el siglo XIX se constituye el verdadero "paradigma" de la Geología moderna. Esta adquiere ya el estatuto de "ciencia formalizada" con la capacidad de tener un cuerpo de doctrina unificada asumida por la comunidad científica, una racionalidad propia, capacidad para elaborar sus propias hipótesis y mantener una metodología científica basada en unos principios similares a los que Galileo y Newton construyeron para la Física.

James Hutton, al establecer el principio del **actualismo** ("*the present is the key of the past*") permite a **Charles Lyell** años más tarde elaborar y perfeccionar este principio metodológico haciéndolo operativo: es el

uniformitarismo, regulador de un modo **gradualista** de hacer geología.

De este **paradigma uniformitarista** se trata en este capítulo en relación a la interpretación lyelliana de la extinción de las especies, ligadas al cambio periódico del clima de la Tierra¹⁰⁹.

El uniformitarismo de Lyell permitirá a su coetáneo el genial naturalista **Charles Robert Darwin**, elaborar y proponer una alternativa a la circularidad del estado estacionario del paradigma uniformitarista de Lyell: con Darwin se consolida una visión abierta del mundo, una visión "inacabada" del mundo que constituye lo que hemos dado en llamar el **paradigma evolutivo gradualista**¹¹⁰.

¹⁰⁹ Un estudio pormenorizado y preciso ha sido realizado por CABEZAS OLMO, E. (2002) *La Tierra, un debate interminable. Una historia de las ideas sobre el origen de la Tierra y el Principio de Uniformidad*. Prensas Universitarias de Zaragoza, 204 pág.

¹¹⁰ No es este el lugar para una visión a fondo de esta problemática. Pueden consultarse: CABEZAS OLMO, E. (1999) La Teoría del Clima y su función dentro del sistema uniformitarista de Charles Lyell. *Llull*, Zaragoza, 22, pág. 37-49; GOULD, S.J. (1977) *Eternal Metaphors in Palaeontology*. En: HALLAM, A. edit. *Patterns of Evolution*. Elsevier, Amsterdam.; GOULD, S.J. (1992). *La flecha del Tiempo. Mitos y metáforas en el descubrimiento del tiempo geológico*. Alianza Universidad, Madrid, 232 pág.

Es uno de los casos más claros, en nuestra opinión, de la sustitución de un paradigma, tal como describe Kuhn¹¹¹:

"La anomalía solo resalta sobre el fondo proporcionado por el paradigma. Cuanto más preciso sea un paradigma y mayor sea su alcance, tanto más sensible será como indicador de la anomalía y, por consiguiente, de una ocasión para cambiar de paradigma".

La ruptura con el catastrofismo: las extinciones en el *paradigma uniformitarista* de Charles Lyell

Hay ocasiones en que un "cambio de paradigma" se hace en muy pocos años. Tal ha sucedido recientemente con la Tectónica de Placas, que en muy pocos años trastocó la visión fijista de la dinámica continental de la Tierra.

Del mismo modo, la derrota de las ideas catastrofistas fue una batalla breve. En ella intervino de forma dominante un abogado metido a geólogo: **Charles Lyell**¹¹². Sus ideas científicas se contienen

¹¹¹ KUHN, T.S. (1975) *opus cit.*, FCE, México, página 111.

¹¹² Para una síntesis de la vida y obra de Lyell, ver: SEQUEIROS, L. PEDRINACI, E., BERJILLOS, P. Y GARCÍA DE LA TORRE, E. (1997) El bicentenario de Charles Lyell (1797-1875): consideraciones para Educación secundaria. *Enseñ. Ciencias de la Tierra, AEPECT*, 5(1), pág.21-31; SEQUEIROS, L. (1997) Charles Lyell (1797-1875) y el conflicto entre la nueva Geología y la religión. *Proyección*, Granada,

especialmente en los *Principles of Geology*¹¹³, obra paradigmática con que se abre la geología moderna. ¿Qué aportaciones introduce Lyell en el paradigma de la ciencia? ¿Cómo entiende la extinción de las especies? ¿Por qué su resistencia a aceptar las ideas evolutivas?

Se puede asegurar que hacia 1830 (cuando Lyell escribe su obra) gran parte de los geólogos británicos se inclinaban por las ideas diluvistas y catastrofistas de Buckland¹¹⁴.

Lyell fue un geólogo minucioso y honesto en sus observaciones y en sus conclusiones. Observó en sus viajes y en sus trabajos en la cuenca de París que las

188, pág. 39-50.; PELAYO, F. (1984) El catastrofismo y el actualismo en España. *Llull*, Zaragoza, 7, pág. 47-68; HALLAM, A. (1985) *Grandes Controversias Geológicas*. Edit. Labor, Barcelona, 180 páginas.; RUSE, M. (1979). *La revolución darwinista: la ciencia al rojo vivo*. Alianza Universidad, Madrid, 355 pág.

¹¹³ LYELL, Charles. *Principles of Geology, first edition*. John Murray, Londres, 1830-1833. Hay un reedición moderna de esta primera edición, publicada por la University of Chicago Press, 1990-1991, 584 + 330 páginas, con una introducción de Martin J.S. Rudwick.

¹¹⁴ Los orígenes de la filosofía uniformista y gradualista en la geología de Lyell, puede indagarse en SEQUEIROS, L. (1997) *Charles Lyell (1797-1875) y el conflicto entre la nueva geología y la religión*: Proyección, 185, 127-138. También: SEQUEIROS, L. (1981) *El método de los paradigmas de Kuhn interpela a las Ciencias Geológicas: notas para una geología sin dogmas*: Actas del I Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Univers. Complutense, Madrid, (1981), 437-444; SEQUEIROS, L. (1981). *La Evolución Biológica en Crisis. Razón y Fe*, Madrid, 204 (1981) 586-593.

especies fósiles desaparecían de las capas sedimentarias sin dejar descendientes.

Es más: observó que el porcentaje de especies sin representantes actuales con respecto al conjunto de la fauna fósil era mayor cuanto más antiguos eran los materiales que los contenían.

Para Lyell, este hecho significó la posibilidad de poder disponer de un "cronómetro" geológico para medir la antigüedad de las formaciones. Cuanto más diferían las especies de las actuales, más antiguos eran los sedimentos.

Pero Lyell nunca aceptó la posibilidad de **catástrofes o revoluciones** al estilo de Cuvier. Existían extinciones (al menos locales) pero estas se producían lentamente a lo largo de períodos de tiempo que se suponían extensos.

Eran los cambios climáticos los responsables de estas extinciones locales que obligarían a las especies a migrar buscando espacios más favorables para sobrevivir. Para Lyell no había dificultad en aceptar lo que hoy se denomina *extinción de fondo* (*background extinction*).

Es más: el hecho de encontrar en los mismos estratos, mezclados, huesos de animales que se suponían extinguidos por el Diluvio, junto con especies que tenían representantes actuales, significaba un golpe de gracia a las hipótesis catastrofistas. Si el supuesto Diluvio había aniquilado algunas especies, ¿por qué no había aniquilado a las demás?

No se tienen datos concretos al respecto. Pero parece que Lyell nunca aceptó la extinción total de una especie. Pensaba, que cuando en el lento cambio del clima volviese el clima anterior, las antiguas especies saldrían de sus refugios para volver a colonizar el antiguo espacio.

Pero el eslabón más débil de la cadena epistemológica de Lyell es el sentido filosófico y científico del principio del *equilibrio estacionario* (*steady stage*) aplicado a los procesos geológicos¹¹⁵.

En esto perdió el apoyo de amigos como Scrope, que pensaba que Lyell había ido demasiado lejos. Scrope reconocía que la continuidad de las leyes naturales no se rompe por el hecho de aceptar que la Tierra "ha pasado a través de numerosos estados progresivos de existencia". Lyell siempre negó esta posibilidad.

Esta situación provocó grandes polémicas en la Inglaterra de los años 1840, y propició muchas investigaciones sobre el terreno para ahondar en el conocimiento hacia el pasado de la vida. Las deseos de llegar a conocer lo que llamaba la "fauna primordial", parecía ser el argumento que podría zanjar el problema.

Si hay una fauna primordial, origen de toda la demás, ello mostraría la progresividad de la vida a lo largo del tiempo geológico. En los inicios de la década de 1840, los hallazgos fósiles habían permitido establecer una secuencia estratigráfica bastante detallada.

¹¹⁵ Estos aspectos los ha mostrado CABEZAS OLMO, E. (2002) *opus cit.*, Zaragoza, 204 pág.

En esta época, tanto el suizo Louis Agassiz como el polémico Robert Chambers, entre otros, ofrecían una visión "teológica" del registro geológico según la cual, la sucesión en la aparición de seres vivos, revelaba la existencia de un Plan Divino que conducía a la aparición del hombre. Chambers iba un poco más adelante: hablaba de que en el Plan Divino estaba el proceso de reproducción modificada por la que unas especies daban lugar a otras más perfectas.

Existía un evidente "progreso" en el curso de la vida sobre la Tierra. El mismo título del polémico libro de Chambers es todo un programa de investigación: *"Vestigios de la Historia Natural de la Creación"*. La Naturaleza y la Creación divina se enlazaban en un solo plan.

Los trabajos de Owen entre 1850 y 1860 apuntaban al progreso gradual dentro de cada grupo o arquetipo biológico: las formas más generalizadas o formas arquetipo eran gradualmente reemplazadas por diversas líneas de desarrollo que mostraban una especialización creciente.

En Alemania, Heinrich Bronn presentó en 1858 conclusiones similares. Con meticulosidad germánica, construyó complejas tablas de datos que resumían la manera en que los fósiles se distribuyen en las diversas formaciones rocosas.

A partir de estos datos fue capaz de mostrar que la extinción de las antiguas especies y la introducción de otras nuevas habían ocurrido continuamente desde el principio.

Para Bronn, no ha existido ninguna ocasión en la que todas las especies se hayan extinguido y hayan sido reemplazadas por un conjunto totalmente nuevo. El mundo vivo ha alcanzado gradualmente su condición actual a través de dos tendencias diferentes: por un lado, por el avance gradual en organización, de manera que las especies más modernas son más complejas que las primitivas, y por otro lado, por la adaptación de las especies a sus respectivos ambientes.

Si se consideran simultáneamente ambas tendencias, la historia de la vida se asemeja a un árbol en el que continuamente se abrieran nuevas ramas según se asciende y se paraliza o aborta el crecimiento de otras.

Bronn hablaba de la "fuerza creadora" de la naturaleza, una especie de ley irreversible e irrefrenable similar a las fuerzas físicas de la gravitación y de afinidad química. Sin embargo, no presentó las evidencias fósiles de la transformación de unas especies en otras.

Esta tarea le corresponderá a Darwin unos años más tarde. Darwin, como veremos, fue el gran transgresor que postulaba la posibilidad de cambios biológicos irreversibles que hacen que la naturaleza, como escribe el bioquímico y filósofo de la evolución, F. J. Ayala¹¹⁶, pueda ser considerada una entidad *inacabada*, siempre abierta y perfectible.

¹¹⁶ AYALA, F. J. (1985) *La Naturaleza Inacabada*. Biblioteca Básica Salvat, Barcelona.

La revolución darwinista: *el paradigma evolutivo gradualista*

En una carta a su maestro Henslow escrita en Río de Janeiro en mayo de 1832, **Charles Robert Darwin** insiste en que *"la geología y los animales invertebrados serán mis objetivos principales de investigación durante todo el viaje"*.

Este era el proyecto de trabajo asignado a Darwin por el capitán del *Beagle*, Robert FitzRoy: ya que el *Beagle* debía -entre otras misiones- buscar puertos seguros en América del Sur y en los arrecifes de coral del Pacífico¹¹⁷.

El itinerario intelectual que lleva del creacionismo al evolucionismo, del paradigma diluvista al paradigma evolucionista, tarda Darwin en recorrerlo cuarenta años.

Es un itinerario que pasa primero por la geología. En especial, los años que van desde 1836 a 1859, son decisivos en el cambio conceptual y metodológico de Charles Darwin respecto a la ciencia natural en general y la geología en particular.

¹¹⁷ Muchas de las ideas sobre Darwin proceden de: SEQUEIROS, L. (1996) Darwin como geólogo: sugerencias para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Enseñ. Ciencias de la Tierra, AEPECT*, 4(1), pág. 21-29; MOOREHEAD, A. (1980): *Darwin: la expedición del Beagle (1831-1836)*. Ediciones de Serbal, Barcelona, 240 pág.; HERBERT, S. (1986): Darwin, Geólogo. *Investigación y Ciencia*. Barcelona, n1 118, 80-87 (artículo traducido por de L.Sequeiros).

Sus cartas y el *Viaje de un Naturalista alrededor del mundo* (cuya primera edición es de 1839) son sus obras mas interesantes para valorar el viaje.

Todo confluirá en la publicación de *The Origin of Species by means of Natural Selection* (1859)¹¹⁸. Al volver de su viaje alrededor del mundo (1836), Darwin inicia a catalogación de los cientos de kilos de materiales enviados pacientemente a su maestro y amigo Henslow. Se va introduciendo en el mundo científico y especialmente en el círculo de los geólogos de tradición lyelliana. La geología va a centrar su interés en esta primera etapa de producción científica.

En 1837 Darwin conoce personalmente a Von Humboldt y a Charles Lyell. De esta fecha constan los primeros apuntes de *El origen de las especies*¹¹⁹ en los que relaciona los cambios biológicos con los geológicos.

En 1838 es nombrado Secretario de la Sociedad Geológica de Londres. La lectura de los trabajos geológicos juveniles de Darwin ponen de relieve que tres son los elementos geológicos que producirán en él un cambio conceptual y metodológico: Los fósiles, los volcanes y las islas de coral.

¹¹⁸ DARWIN, Ch.R. (1859): *The Origin of Species by means of Natural Selection*. Londres. (Hay numerosas traducciones al castellano: Ediciones Ibéricas, 1963; Círculo de Lectores, 1982; Bruguera, 1973, 1975, 1976, 1978; Edaf, Madrid, 1979, 1984; Akal, 1985; Espasa Calpe, 1987; Planeta Agostini, 1985....).

¹¹⁹ GRUBER, H.G. (1984): *Darwin sobre el hombre: un estudio psicológico de la creatividad científica*. Alianza Universidad, n1 390, 366 pág

Darwin, los fósiles y la extinción de las especies

En sus excursiones juveniles con Henslow por los alrededores de Cambridge y en especial por Gales, Darwin se puso en contacto con los fósiles. En aquella época eran interpretados según las ideas de Sedgwick como "restos del Diluvio Universal". Cuando en 1832 llega Darwin a Sudamérica se conocía muy poco sobre los fósiles de este gran continente. Medio siglo antes, se había descubierto el *Megatherium* en Argentina y había sido remitido al Museo de Ciencias de Madrid.

Al llegar a Punta Alta (en el Río de la Plata), Darwin descubre en unas gravas una gran cantidad de huesos: colmillos, garras, cráneos, caparazones... todos ellos sin representantes vivos (extinguidos) y de gran tamaño. Y algo que a Darwin llama la atención: están mezclados con lechos de conchas marinas.

En el *Viaje de un Naturalista* (1839) describe minuciosamente los fósiles y se pregunta: "¿cuál es pues la causa de la desaparición de tantas especies y hasta de géneros enteros?"

En sus debates con el capitán FitzRoy se manifiesta la confrontación entre dos paradigmas alternativos: FitzRoy cree a pie juntillas el relato de la Biblia. Darwin, por las evidencias, cree de mayor poder explicativo otras hipótesis: "El estudio de la geología del Río de la Plata y de la Patagonia -escribió más tarde- nos

permiten concluir que todas las formas que afectan las tierras provienen de cambios lentos y graduales".

En 1859, Charles Darwin publica, al fin, *El Origen de las Especies por la selección Natural*. En el capítulo XI, escribe:

"La antigua idea de que todos los habitantes de la Tierra han sido destruidos en períodos sucesivos por catástrofes, está ahora casi universalmente abandonada aun por aquellos geólogos, como Elie de Beaumont, Murchison, Barrande, etc., cuyas opiniones generales habían de llevarnos generalmente a esta conclusión. Por el contrario, con el estudio de las formaciones terciarias tenemos fundamento para creer que las especies y sus grupos desaparecen gradualmente uno después de otro, primero de un sitio, luego de otro, y finalmente de todo el mundo".

Y más adelante:

"La extinción de las especies se ha envuelto gratuitamente en el misterio más completo, y hasta algunos autores han llegado a suponer que así como el individuo posee una cantidad determinada de vida, así también las especies tienen duración definida. La teoría de la selección natural está basada en la creencia de que cada nueva variedad, y por último cada nueva especie, se ha producido y mantenido por tener alguna ventaja sobre aquellas con las cuales entra en competencia; de donde casi inevitablemente se sigue la consiguiente extinción de las formas menos favorecidas" (Charles Darwin, *El Origen de las Especies por la selección Natural*, 1859).

Con estas palabras, Darwin describe el hecho y las causas de la extinción de fondo dentro del modelo gradualista heredado de Lyell, con las correcciones impuestas por sus hipótesis sobre la Selección Natural.

Pero ¿cómo explicar el *exterminio repentino de familias y órdenes*, como él mismo dice? ¿Será necesario volver a invocar las catástrofes de Cuvier?

Darwin se refugia (al igual que Lyell) en la convicción de que el registro fósil es siempre incompleto y da la sensación (no real) de cambios bruscos que en realidad son simples lagunas de información o de no depósito:

"Con respecto al exterminio, repentino al parecer, de familias u órdenes enteros como el de los trilobites al terminar el período paleozoico, y el de los ammonites al terminar el secundario, tenemos que recordar lo que ya se ha dicho sobre los probables y grandes intervalos de tiempo transcurridos entre nuestras formaciones, y que en los dichos intervalos puede haber habido mucho, aunque lento exterminio" (Charles Darwin, *El Origen de las Especies por la selección Natural*, 1859).

Para Darwin, la consideración de la Selección Natural como "motor" de la evolución no puede separarse del hecho de la extinción.

La Selección supone, no solo la supervivencia de los más aptos, sino también la extinción de los no adaptados.

Cuando la selección natural actúa durante un largo período de tiempo, conducirá a la divergencia de

estructura entre los descendientes y también al hecho de la extinción. La acción combinada de la divergencia continuada y la extinción de las formas menos adaptadas producirá un patrón ramificado de especies y géneros.

Los autores¹²⁰ afirman que Darwin no reconoce en su verdadero valor, la importancia de la extinción en los procesos de la evolución. La extinción es una consecuencia necesaria e inevitable de la Selección Natural que guía el proceso evolutivo. El texto siguiente es muy clásico y refleja esta convicción:

"Las afinidades de todos los seres de la misma clase se ha representado a menudo mediante la figura de un gran árbol. Creo que esta imagen es muy justa en muchos aspectos. Las ramas verdes y las yemas representan las especies existentes; las ramas producidas en los años precedentes representan la larga sucesión de especies extinguidas. En cada período de crecimiento, todas las ramas intentan extenderse en todas direcciones y superar y matar a las otras ramas y brotes que las rodean, de la misma manera que las especies y los grupos de especies han vencido, en todo tiempo, a otras especies en la gran lucha por la existencia". (Charles Darwin, *El Origen de las Especies por la selección Natural*, 1859).

Para los teóricos de la evolución, el modelo de Darwin se incluye dentro de lo que se suele denominar la "evolución contingente", para diferenciarla del modelo de la "evolución programada" iniciada por Lamarck y continuada por Chambers.

¹²⁰ YOUNG, D. (1998) *opus cit.*, Barcelona, pp. 145-146.

La acción de la selección natural hace que la evolución y la extinción sea un proceso incierto y aleatorio. Al introducir este elemento de incertidumbre o contingencia en la biología, las ideas de Darwin y Wallace diferían radicalmente de las que habían existido antes.

La introducción de la contingencia en los procesos naturales fue mal acogida por los filósofos de la ciencia de la época. John Herschel la consideró "la ley del desorden" y entraba en contradicción con la cosmología determinista de Newton.

Será necesario acudir ahora a la crisis del darwinismo y su recuperación posterior hasta la construcción de la "Nueva Síntesis" o "Teoría Sintética" como consolidación del llamado ***paradigma evolucionista gradualista***.

12. La extinción de las especies biológicas en el pensamiento gradualista de la *Síntesis Moderna*: Georges Gaylord Simpson

El llamado "debate darwinista"¹²¹ llenó con sus polémicas una buena parte de los últimos 40 años del siglo XIX. Posteriormente llegó la crisis y posteriormente la recuperación. Resaltamos en este capítulo los aspectos más significativos de la construcción del ***paradigma evolucionista gradualista*** en sus aspectos relacionados con la problemática (el hecho y las causas) de las extinciones biológicas.

La expansión y evolución de las ideas darwinistas

Los historiadores de la biología coinciden en afirmar que hay una biología antes de Darwin y después de Darwin. A partir de su extensa se inicia la nueva

¹²¹ El debate darwinista fue muy virulento en Europa y América, porque en él se mezclaban elementos científicos y elementos religiosos. BOWLER, P.J. (1985) *El eclipse del darwinismo*. Labor Univers., Barcelona, 286 pág.; BOWLER, P.J. (1995) *Charles Darwin: el hombre y su influencia*. Alianza Universidad, Madrid, n.º 832, 271 pág.; YOUNG, D. (1998) *opus cit.*, Barcelona, pág.151-272.

Biología. Fueron Thomas H. Huxley (en Inglaterra), Ernst Haeckel y Fritz Muller (en Alemania) más darwinistas que el mismo Darwin.

Y fueron los impulsores y difusores de sus hipótesis por Europa y América, aunque con resultados desiguales. Desde el principio, el evolucionismo darwinista fue aliado del liberalismo, y se consideró una justificación científica natural de la libre competencia y la iniciativa privada, por un lado, y como estandarte de la biología materialista y atea por otro.

Engels y Marx acogieron muy bien las ideas darwinistas¹²² por cuanto apoyaban una concepción materialista (no vitalista) de la vida y la creación. Marx envió en 1867 a Darwin un ejemplar del *Das Kapital* que éste nunca llegó a leer.

Las ideas de Darwin chocaron con los elementos religiosos de su época debido a la tendencia materialista. Muchos científicos de fama nunca aceptaron el Darwinismo (Owen en Inglaterra, Agassiz en USA, Kölliker, von Baer y Wigand en Alemania, Pasteur en Francia...

Muchos creen que la entrada de las ideas de Darwin en el mundo de la ciencia y de la sociología fué sencilla. Todo lo contrario. Entre 1860 y 1900 tienen lugar los primeros debates sobre el evolucionismo darwinista.

¹²² TEMPLADO, J. (1976) *Historia de las Teorías Evolucionistas*. Alhambra, Exedra, Madrid, p.92, textos.

El eclipse del darwinismo (1900-1930)¹²³

Pero la verdadera "crisis" del darwinismo -y que produjo un eclipse de la teoría se produce por el avance de la genética -y sobre todo con la teoría cromosómica de la herencia de los caracteres adquiridos.

¿Cómo compaginar la existencia de la Selección Natural (que es un proceso gradual) con las Mutaciones (que son discontinuas)?

Pero la crisis de las ideas darwinistas se fue superando poco a poco. En terminología kuhniana, el paradigma darwinista fue atacado por otros paradigmas rivales que intentaban desplazarlo. Este hecho produjo una intensificación de las investigaciones que llevaron a purificar, reformular y enriquecer el conjunto de las ideas básicas de Darwin.

Entre los detractores de las ideas de Darwin está los **Lamarckistas y Neolamarckistas**: los que defienden la heredabilidad de los caracteres adquiridos (las modificaciones producidas por la modificación del medio de forma natural o artificial. Por otra parte, las ideas darwinistas son retomadas desde otras perspectivas. Así, aparece el llamado **Neodarwinismo**. ¿Cómo se formula?

¹²³ Una síntesis personal de estas ideas se pueden encontrar en mi trabajo: SEQUEIROS, L. (1986, publ. en 1991) Evolución de las Teorías de la Evolución (1859-1986). *Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza (SEPAZ)*, nº 1, pág. 3-24.

A finales de siglo XIX había aparecido el movimiento eugenésico que pretendía la mejora de la raza humana. Sus primeros éxitos se deben a Francis Galton (1822-1911), rico y aficionado a las matemáticas, primo de Darwin, y a Karl Pearson, filósofo positivista y matemático. Ambos aplicaron las técnicas estadísticas a la biología y abrieron una puerta al nacimiento del **Neodarwinismo** en los años 30.

El darwinismo hoy: la *Teoría Sintética o Nueva Síntesis*

Por los años 30 se introduce la genética de poblaciones en el pensamiento científico y aparece la llamada "Nueva Síntesis" o "Teoría Sintética de la Evolución".

Se suele considerar a **Theodosius Dobzhanski** (1900- 1975) como el "padre" de la nueva síntesis, junto con el ornitólogo **Erns Mayr**, el botánico **Stebbins** y el paleontólogo **G.G.Simpson**, entre otros. Junto a ellos trabajó un amplio equipo que confluyó en el Congreso de Princeton (enero de 1947) y la revista *Evolution*.

Llegan a una serie de acuerdos que serán la base de la nueva teoría: La concordancia general con el pensamiento de Darwin, la adición del concepto de mutación como causa del cambio orgánico, el rechazo de las ideas neolamarckianas de la herencia de los caracteres adquiridos en el soma y la aceptación de la paleontología como prueba de que la evolución es un

cambio histórico gradual de las frecuencias génicas en una población, regido por la Selección Natural.

Destacamos aquí, por su carácter emblemático, la figura de un gran paleontólogo: **George Gaylord Simpson** (1902-1985). Los historiadores de las Ciencias de la Evolución¹²⁴ coinciden en afirmar que la teoría del cambio orgánico -como inicialmente la denominó Charles Darwin en el *Origen de las Especies*- ha sido muy profundamente revisada, mejorada y enriquecida durante el siglo XX.

Tras una fase de crisis, que los historiadores denominan de eclipse del darwinismo, desde los años 30 a los años 1950, emergen los elementos básicos con la incorporación de las nuevas ciencias de la Tierra y de la Vida.

La que ha sido denominada *Nueva Síntesis* o *Teoría Sintética de la Evolución* es el paradigma dominante hoy en la Ciencias de la Evolución. En la

¹²⁴ Para saber más de este tema, ver: M. BLANCH (1982), Las Teorías de la Evolución, hoy: *Mundo Científico*, Barcelona, 12, 288-303; L. SEQUEIROS (1980), La Evolución biológica ¿problema resuelto?: *Razón y Fe*, Madrid, 186, 368-373; L. SEQUEIROS (1983) *La Evolución Biológica: historia y textos de un debate*: Cuadernos de .Historia de la Ciencia, SHCTAR, Zaragoza, 1 (1983), 1-68; SEQUEIROS, L. (1999) "El sentido de la Evolución" de Georges G. Simpson (1949). Cincuenta años de debates entre biología, filosofía y teología. *Proyección*, Granada, 193 (Junio), 137-154. L. SEQUEIROS (2002) *Filosofía de la Naturaleza y Filosofía de la Ciencia*. Material de apoyo a las clases. Facultad de Teología de Granada (fotocop.), (1999), 71-82 . TEMPLADO, J. *opus cit.*, Editorial Alhambra, colección Exedra, Madrid, (1984), 170 pp.

construcción de este tuvo un papel importante el paleontólogo G. G. Simpson. Para situarlo en su verdadera dimensión, será necesario hacer un poco de historia.

Las ideas de G. G. Simpson: la *Nueva Síntesis* sobre la extinción de las especies

Se han consultado tres trabajos de Simpson en los que hace alusión a la extinción de las especies. Estos tres textos, a pesar de la diferencia de fechas¹²⁵ son coincidentes en los planteamientos comunes de la filosofía de la *Nueva Síntesis*.

Simpson (y todos los representantes de la comunidad científica incluida en el ***paradigma evolucionista gradualista***) aceptan la existencia de un proceso de extinción y renovación continua de especies.

La extinción y la renovación pertenecen al núcleo de las tesis de la evolución gradual. Esta extinción es *inevitable* (SE, pág. 117), pero tiene unas pautas (patrones, "patterns") muy claras que pueden ser

¹²⁵ G.G. SIMPSON (1944) *Tempo and Mode in Evolution*: Columbia Univer.Press, New York; G.G. SIMPSON (1949) *El sentido de la Evolución*. (SE) EUDEBA, Buenos Aires, páginas 117-131.; G.G. SIMPSON, (1952). *Life of the Past. An introduction to Palaeontology*: Bobleday&Co, NY, (1952); (traducción española: *La vida en el pasado*: Alianza Editorial, Madrid, 74 (1967), 239 pp.); G.G. SIMPSON (1985) *Fósiles e Historia de la Vida*: Biblioteca Scientific American, Prensa Científica, Editorial Labor, Barcelona, 240 pp. (La edición americana es de 1982, pocos años antes de su muerte)

inferidas del registro fósil. Según se muestra con muchos ejemplos, la extinción puede adoptar tres modalidades (*Fósiles e Historia de la Vida*, pág. 126-127): la extinción local, la extinción total y la pseudoextinción.

Cuando en una comunidad biológica aparece (por evolución o migración) una población más "adaptada" a la supervivencia, que entra en competencia con otra anterior, la nueva puede desplazar a la anterior hasta llegar a hacerla desaparecer completamente. Esta extinción se realiza gradualmente a lo largo de varias generaciones y afecta solo, en principio, a una sola comunidad. Por ello, es una *extinción local*.

Sin embargo, puede darse un proceso de *extinción total* o *terminal*, cuando esa especie distribuida en poblaciones locales desaparece totalmente.

Tal fenómeno, como estudia Simpson, ocurrió con los ammonites y los dinosaurios, por ejemplo. Gradualmente desaparecen por selección natural con respecto a los peces óseos (emergentes al final del mesozoico) o con los respectos a los primeros mamíferos (que desplazan gradualmente a los dinosaurios).

En algunos casos, puede hablarse de *pseudoextinción*, cuando en un registro fósil se detecta una extinción aparente. Esta puede deberse a muchos factores (que ya puso de manifiesto Darwin): que no han podido fosilizar y por ello se ha perdido la información; que migraron de aquel lugar debido a condiciones adversas; o que el muestreo ha sido superficial y aún no se han encontrado. La pseudoextinción es un fenómeno mucho más frecuente de lo que puede parecer.

Para Simpson (y para la *Nueva Síntesis*) todos los procesos de extinción son lentos, graduales y continuos a lo largo del tiempo, pues así actúa la selección natural darwiniana. No hay lugar para procesos violentos o catastróficos. La Selección Natural actúa por reemplazamiento progresivo de unos taxones por otros, de un genoma por otro.

Por otra parte, el registro geológico muestra que los patrones temporales supervivencia de las especies, géneros y familias varían de unos grupos a otros. Estadísticamente, unas especies presentan una vida más corta que otras. Así, los ammonites tienen una rápida velocidad de reemplazamiento específico, mientras los gasterópodos son más persistentes. Pero al final, hay extinción.

Por supuesto, la visión gradualista y también materialista del proceso de extinción en el ***paradigma evolutivo gradualista***, excluye cualquier elemento "extracientífico" para explicar la extinción. Y entre ellos no solo se excluyen los elementos teológicos sino que también se excluyen los *teleológicos*. La batalla contra los idealismos que supone la teleología es una de las más fuertes de Simpson.

En la mentalidad de Simpson, los cambios climáticos existen. Pero son cambios de pequeña magnitud, entran en el sistema gradualmente y tiene menor poder explicativo que los procesos que estudia la genética de poblaciones. El escenario del cambio evolutivo y de la extinción de las especies contempla, como la pauta más fuerte, la variación al azar de la

frecuencia génica en el seno de una población, la aparición de nuevos caracteres adaptativos y la lucha por la existencia seguida de una selección natural de los menos aptos.

De igual modo, Simpson es muy tajante (SE, pág. 123 ss) en el rechazo a la hipótesis del "envejecimiento" genético para explicar la extinción.

En este sentido, rechaza las hipótesis del paleontólogo estadounidense Hyatt que, por los años 1890, defendía en el caso de los ammonites su extinción debido a los procesos de senilidad del grupo que, debido a la superespecialización, habían abocado a un callejón sin salida evolutiva.

Y concluye:

"La verdadera causa general de la extinción parece ser un cambio en la situación de la existencia, de la integración organismo-medio, que requiere de los organismos en cuestión un cambio adaptativo que estos son incapaces de realizar"¹²⁶.

¹²⁶ G.G. SIMPSON (1949) *El sentido de la evolución*. EUDEBA, B.A. pág. 127.

La crisis de las hipótesis de la Nueva Síntesis: ¿está apareciendo un nuevo paradigma alternativo?

No quedaría completo este trabajo sin no se dirige la mirada hacia las ideas de la evolución con posterioridad a Simpson. Su ensayo *El Sentido de la Evolución* fue publicado hace ya más de medio siglo. Hoy, las ciencias de la vida, y en especial la paleontología, han propuesto nuevos modelos explicativos.

Tal vez, el más sugerente ha ido tomando cuerpo desde hace unos 25 años¹²⁷. Los trabajos de campo referidos a los registros fósiles de invertebrados en zonas especialmente ricas en faunas del pasado han permitido contrastar nuevos modelos explicativos que han puesto en crisis algunos de los postulados más básicos de la Nueva Síntesis elaborada desde el Congreso de Princeton en 1947¹²⁸.

¹²⁷ L. SEQUEIROS (1984), Fósiles y evolución: ¿tienen valor las pruebas paleontológicas?: *Razón y Fe*, Madrid, 209, 504-512; L. SEQUEIROS (1987) Evolucionismo y creacionismo: la polémica continúa: *Razón y Fe*, Madrid, 212, 89-95; L. SEQUEIROS (1992) La evolución en entredicho: *Crítica*, Madrid, 795, 37-39.

¹²⁸ Para saber más de este tema, se puede consultar: S.J. GOULD (1980) Is a new and general theory of evolution emerging?. *Paleobiology*, 6 (1980) 119-130; S.J. GOULD (1980), *G.G. Simpson, Palaeontology and the Modern Syntesis*. In: E.MAYR y R. PROVINCE edit. (1980). *The Evolutionary Syntesis. Perspective on the Unification of Biology*. Harvard University Press, Cambridge, 153-172; N. ELDREDGE y S.J. GOULD (1972) *Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism*. In: T. J. M. SCHOPF editor, *Models*

De modo muy sintético, se puede decir que hoy el debate sobre el sentido de la Evolución se establece en tres planos de debate diferentes:

a) El plano del Gradualismo filético frente al equilibrio intermitente: Simpson, al igual que los demás integrantes de la Nueva Síntesis, son partidarios del modelo "gradualista". En 1972, dos paleontólogos (Niels Eldredge y Stephen Jay Gould¹²⁹) ponen en tela de juicio que todos los patrones de la especiación y evolución sean graduales. Estudiando linajes de trilobites postulan

in Paleobiology. Freeman, San Francisco, 1972, 82-115; N. ELDREDGE (1982) La macroevolución. *Mundo Científico*, 16(2), (1982); S.J. GOULD y N. ELDREDGE (1983) La adaptación biológica. *Mundo Científico*, 22(3), (1983), 214-223; M. de RENZI (1983), *El Neodarwinismo y las críticas impuestas a su reduccionismo radical por la paleontología y la biología del desarrollo*. En: A.DOU, editor, *Evolucionismo y cultura*, ASINJA, Bibl. de Fomento Social, Madrid, 57-77.

¹²⁹ Algunas de las obras más relevantes de Gould sobre estos temas son: ELDREDGE, N. y GOULD, S.J. (1972) opus cit., In. SCHOPF, T.J.M. edit.: *Models in Paleobiology*. Freeman, Cooper & Co, San Francisco, pp. 82-115. GOULD, S.J. (1970) Private thoughts of Lyell on progression and evolution. *Science*, USA, vol. 169, pág. 663-664. GOULD, S.J. (1977) Eternal metaphors in Paleontology. En: HALLAM, A.: *Patterns of Evolution*. Elsevier, Amsterdam, pág. 1-26. GOULD, S.J. (1977): *Ever since Darwin. Reflections in Natural History*. Pelican Books, GB. 285 pág. GOULD, S.J. (1991) *La Vida maravillosa: Burgess Shale y la Naturaleza de la historia*. Crítica, Col. Drakontos, Barcelona, 378 pág. GOULD, S.J. (1992) *La flecha del Tiempo. Mitos y metáforas en el descubrimiento del tiempo geológico*. Alianza Universidad, Madrid, 232 páginas.

un nuevo modelo de evolución: el de los *equilibrios intermitentes*¹³⁰.

La tesis fundamental es la afirmación de la posibilidad de que las pautas y patrones de la evolución no sean "graduales", sino de cambios intermitentes de ritmo evolutivo.

Para estos autores (y muchos paleobiólogos hoy) el proceso de la evolución no posee un ritmo lento, gradual y continuo de cambio como postulaba Darwin y los partidarios de la Nueva Síntesis.

Para ellos, las especies muestran (tal como se contrasta en el registro fósil) largos períodos de "parón morfológico" en el que no hay apenas cambios significativos, seguidos de breves períodos de cambio morfológico súbito en el seno de la población, de modo que la especiación es un proceso relativamente rápido.

Estos planteamientos han dado lugar a la emergencia de una nueva hipótesis explicativa de los procesos evolutivos y, en nuestro caso, de extinción biológica: lo que aquí denominamos como *paradigma evolucionista "neocatastrofista"*¹³¹

¹³⁰ SEQUEIROS, L. y GONZÁLEZ- DONOSO, J.M. (1989). *Los ritmos evolutivos y su problemática biocronológica: En:* E. AGUIRRE, coord. Paleontología. Nuevas Tendencias: CSIC, Madrid, 109-120; GOULD, S.J. (1993). *La Vida Maravillosa*. Edit. Crítica, colecc. Drakontos, Barcelona.

¹³¹ La palabra "neocatastrofista" la ponemos entrecomillada por cuanto no tenemos aún un concepto apropiado, y el "catastrofismo" nos retrotrae a una interpretación del mundo cerrada que no tiene nada que ver con las nuevas ideas.

b) El segundo plano de debate entre los biólogos evolutivos se establece entre los partidarios de un solo patrón evolutivo y los que postulan dos procesos: los de Macroevolución y los de microevolución.

Los procesos que afectan a los grandes linajes y dan lugar a grupos taxonómicos superiores (como puede ser una familia) y los procesos que afectan a las poblaciones locales y que dan lugar a la especiación.

Llama la atención la existencia de linajes con pocas familias pero con muchas especies y linajes con muchas familias y muy pocas especies. Y concluyen: "La macro y micro evolución están desacopladas". Siguen pautas evolutivas diferentes.

c) El tercer plano de debate se establece en torno al problema de la extinción de las especies¹³². Para el darwinismo clásico y la Nueva Síntesis, la extinción de las especies a lo largo del dilatado tiempo geológico es un hecho.

Pero es una extinción "de fondo", gradual y lenta, sin "catástrofes" ni "crisis biológicas" generalizadas. Datos de astrofísica muestran hoy que los ritmos de extinción de fauna y flora muestran ritmos catastróficos con una cierta periodicidad (unos 28 millones de años) que podría coincidir con el paso del sistema solar por las proximidades de la Nube de Oort y el impacto de

¹³² SEQUEIROS, L. (1996). La extinción de las especies biológicas. Implicaciones didácticas: *Alambique*, Barcelona, 10, 47-58; LEAKEY, R. y LEWIN, R. (1998) *La sexta extinción*: Temas de Hoy, Madrid.

asteroides sobre la piel de los planetas. El debate se establece entre los partidarios de la llamada Extinción gradual frente a los que defienden un modelo de extinción episódica.

Como puede suponerse, en 1949, cuando se escribe *El sentido de la Evolución*, no se debatían estos temas. Sin embargo, en sus últimos escritos¹³³, Simpson es crítico (e incluso sarcástico) en sus apreciaciones sobre estos nuevos conceptos aunque, como veremos más adelante, siempre dejó abierta, como buen científico, una posibilidad.

Es necesario destacar cómo, a sus 80 años, seguía con nitidez las líneas de las últimas publicaciones científicas de los "filósofos" de la paleontología: Stanley, Raup, Eldredge, Stephen Jay Gould, etc.

¹³³ Sobre todo en un trabajo de síntesis personal, cuando se había jubilado en la Universidad de Arizona, en 1982: *Fósiles e Historia de la Vida*: Biblioteca Scientific American, Prensa Científica, Editorial Labor, Barcelona, (1985), 240 pp. (La edición americana es de 1982)

TERCERA PARTE: UN INTENTO DE SÍNTESIS FINAL

La celebración en Johannesburgo, entre el 26 de agosto y el 4 de septiembre de 2002, de la llamada **Cumbre de la Tierra sobre el Desarrollo Sostenible**, ha sido la ocasión para elegir el tema de la *extinción de las especies biológicas*.

La Cumbre del 2002 ha querido ser una toma de conciencia crítica de toda la humanidad sobre lo que hemos hecho con el planeta Tierra desde la **Cumbre de Río** de 1992. Gran parte de los acuerdos de Río no se han llevado a cabo. Sobre todo en lo que se refiere a la preservación de la *biodiversidad*.

Por ello, me pareció de interés en este discurso de ingreso en la Academia, intentar una reflexión interdisciplinar sobre la *extinción de las especies biológicas* que tuviera en cuenta los modernos avances en ecología y en paleontología sobre la Extinción de las

especies y su papel en la explicación de la Evolución de la vida sobre la Tierra.

Desde un principio, se optó por un planteamiento interdisciplinar en el que cada disciplina (las Ciencias de la Vida y de la Tierra, la Filosofía y la Historia del pensamiento científico), dotada de su propia racionalidad y su estatuto epistemológico, aportase, de modo igualitario y desde sus propias categorías, los elementos básicos de la reflexión.

La historia de las Ciencias de la Vida y de la Tierra muestra que los conceptos relacionados con la extinción de las especies están atravesados e impregnados por aspectos filosóficos y sociológicos que han determinado muchos de los *paradigmas* que se han ido construyendo.

Por ello, en este trabajo se ha optado una diferenciación en fases del desarrollo de las ideas sobre la extinción desde el marco conceptual de los *paradigmas* kuhnianos (siempre teniendo en cuenta, como se ha dicho repetidas veces, la ambigüedad e imprecisión de esta herramienta conceptual).

Permítanme sistematizar ahora algunas de las conclusiones más importantes de esta reflexión, incompleta necesariamente, imprecisa en muchos puntos y abierta al debate libre como debe ser la ciencia:

Los autores que han tratado la historia de las ciencias de la vida y de las ciencias de la tierra (como Ellenberger, Adams, Ruse, Rudwick, Giordan, Buffeteaut, Gould, etc) coinciden en afirmar que durante más de veinte siglos la influencia aristotélica, a través de los

árabes, blindó una única explicación fijista y cerrada sobre la problemática de la evolución de las especies y la extinción biológica. Pero durante la segunda mitad del siglo XVII, las ideas antiguas, de inspiración aristotélica, sobre las piedras figuradas, van quedando desfasadas ante las nuevas evidencias. Se va a ir abriendo paso con celeridad una concepción elaborada del diluvismo que no podemos por menos de denominar aquí como ***paradigma diluvista***.

El diluvismo científico, como conjunto de teorías explicativas del origen biológico de los fósiles acudiendo al Diluvio Universal se constituye como un paradigma de gran poder explicativo. Hay una construcción social de explicaciones racionales sobre la naturaleza de los fósiles, basada en observaciones y generalizaciones empíricas. Este paradigma abrirá la puerta, a final del siglo XVIII a unas teorías más elaboradas de la extinción de las especies.

Desde el punto de vista de la filosofía de la cultura, debe reconocerse que la visión pesimista del mundo está presente en la epistemología oculta de muchos teólogos y filósofos naturales del siglo XVII. Estos consideran que, desde el pecado original, el género humano y toda la naturaleza creada han ido derivando hacia situaciones más decadentes y degeneradas.

A finales de siglo, la tesis de la decadencia de la Tierra tras el Diluvio universal se formula de manera explícita y se postula como "verdad científica" experimentalmente comprobada. Para los autores que la defienden, la Tierra postdiluviana está sometida a un

proceso de decadencia que le lleva lenta pero imparablemente a un estado de ruina.

Fue en Gran Bretaña y en Europa continental donde más claramente se elaboran, entre 1680 y 1710 las ideas que darán lugar a lo que aquí he convenido en denominar el ***paradigma de la degeneración de la Tierra***, debido a los efectos punitivos del Diluvio. Este pasa a ser el inicio de un proceso irreversible de ruina y destrucción. En estos años, la lectura "religiosa" y literal de la Biblia no tenía contradicciones importantes.

El debate sobre el Diluvio continúa siendo en el siglo XVIII un problema científico de primera magnitud. Pero ahora se añade un factor más: el Diluvio es el inicio de un proceso irreversible de *degeneración*, decadencia, ruina y destrucción de la Tierra debido a los pecados que cometidos por los hombres se derraman a la Creación entera.

Desde este punto de vista, la desaparición de especies biológicas (tal como atestiguan los fósiles) no es solo un proceso ligado al Diluvio universal. A esta concepción se añade a creencia de que la decadencia y degeneración de toda la naturaleza conduce también a que determinados animales y plantas sean víctimas del proceso de destrucción paulatina del mundo.

Será necesario dar paso a las ideas ilustradas y a la emancipación de la autonomía personal respecto a la religión para que `pueda ser posible emitir nuevas teorías sobre los orígenes de los fósiles y sobre su extinción.

Esta línea nos conducirá a las ideas de Georges Cuvier, verdadero revolucionario en el campo de las ideas paleontológicas, a pesar de negar tozudamente la posibilidad de cambio geológico en las especies.

El final del siglo XVIII marca un cambio radical en la orientación epistemológica, y por ello filosófica, científica y teológica de la Extinción de las especies. El universo religioso y "diseñado" (providente) construido teológicamente por los diluvistas y los partidarios de la "degradación" se desmorona.

El método experimental, el pensamiento libre que irrumpe en Europa con la Ilustración y los viajes de los naturalistas por el mundo, generan una nueva "cultura", un nuevo imaginario social, una nueva imagen física del mundo. En definitiva, emerge un nuevo paradigma. En este nuevo paradigma, hay un elemento emergente que ya no se va a perder: la ciencia cobra su propia autonomía como conocimiento organizado socialmente aceptado por una comunidad científica.

En los últimos años del siglo XVIII e inicios del siglo XIX tiene lugar la propuesta de un cambio de paradigma que tiende a sustituir al antiguo de la **degradación** de la Tierra. Hunde sus raíces en muchas de las ideas de Buffon. La apuesta metodológica de Cuvier se ajusta bastante a la propuesta por Kuhn: "La decisión de rechazar un paradigma es siempre, simultáneamente, la decisión de aceptar otro, y el juicio que conduce a esta decisión involucra la comparación de ambos paradigmas con la naturaleza y la comparación entre ellos".

El naturalista Georges Cuvier, con su mente poderosa, fue capaz de elaborar una gran síntesis geológica y biológica en la que las extinciones de especies tienen un papel muy importante. Pero frente a Cuvier hay otro personaje, antagonista en la ciencia y fuera de ella, que es el representante de ideas antiguas, pero que posteriormente tuvo mucha importancia: Lamarck.

Sin embargo, los poderes religiosos, muy fuertes en esa época siguieron condicionando el desarrollo del conocimiento. En esta tercera parte hemos asistido a una verdadera revolución del pensamiento sobre la extinción que nos llevará hasta el siglo XIX: el paradigma diluvista y el paradigma "degeneracionista" pierden poder explicativo (sobre todo por las impregnaciones teológicas que arrastran) y van siendo sustituidos por un nuevo paradigma: el ***paradigma catastrofista***, de carácter laico, pero no ateo. Él llevará al debate entre **Neptunistas y Plutonistas**, que desembocará en una síntesis superadora: el ***uniformitarismo*** de Charles Lyell, que apunta a un universo abierto, inacabado, con Charles Robert Darwin y el ***paradigma evolucionista gradualista***.

Se ha mostrado que el ***paradigma evolucionista gradualista*** necesitó el soporte metodológico de Lyell. Pero éste nunca aceptó la posibilidad de **catástrofes o revoluciones** al estilo de Cuvier. Existían extinciones (al menos locales) pero estas se producían lentamente a lo largo de períodos de tiempo que se suponían extensos. Eran los cambios climáticos los responsables de estas

extinciones locales que obligarían a las especies a migrar buscando espacios más favorables para sobrevivir.

Charles Darwin acepta la extinción de las especies sin dificultad. Esa extinción se realiza a lo largo de muchos millones de años como un proceso lento, gradual y continuo y tiene ámbito universal. Darwin, por tanto, rechaza la existencia de grandes convulsiones o revoluciones al estilo de Cuvier. Para Darwin, la consideración de la Selección Natural como "motor" de la evolución no puede separarse del hecho de la extinción.

La Selección supone, no solo la supervivencia de los más aptos, sino también la extinción de los no adaptados. Cuando la selección natural actúa durante un largo período de tiempo, conducirá a la divergencia de estructura entre los descendientes y también al hecho de la extinción. La acción combinada de la divergencia continuada y la extinción de las formas menos adaptadas producirá un patrón ramificado de especies y géneros.

Para los teóricos de la evolución, el modelo de Darwin se incluye dentro de lo que se suele denominar la "evolución contingente", para diferenciarla del modelo de la "evolución programada" iniciada por Lamarck y continuada por Chambers. La acción de la selección natural hace que la evolución y la extinción sea un proceso incierto y aleatorio. Al introducir este elemento de incertidumbre o contingencia en la biología, las ideas de Darwin y Wallace diferían radicalmente de las que habían existido antes. La introducción de la contingencia en los procesos naturales fue mal acogida por los filósofos de la ciencia de la época. John Herschel la

consideró "la ley del desorden" y entraba en contradicción con la cosmología determinista de Newton.

Se ha mostrado que el modelo de Darwin tuvo muchas dificultades y muchos oponentes. Faltaba una base científica de genética, paleontología, y matemáticas. Será una tarea del siglo XX poner a punto un armazón conceptual sólido que defina lo que llamamos el ***paradigma evolucionista gradualista***. La *Nueva Síntesis*, que se inicia por los años 40 capitaneada por Theodosius Dobzhanski tiene en George Gaylord Simpson un sólido paleontólogo que construye las bases conceptuales de este paradigma. La extinción y la renovación pertenecen al núcleo de las tesis de la evolución gradual. Esta extinción es *inevitable*, pero tiene unas pautas (patrones, "patterns") muy claras que pueden ser inferidas del registro fósil.

Para Simpson (y para la *Nueva Síntesis*) todos los procesos de extinción son lentos, graduales y continuos a lo largo del tiempo, pues así actúa la selección natural darwiniana. No hay lugar para procesos violentos o catastróficos. La Selección Natural actúa por reemplazamiento progresivo de unos taxones por otros, de un genoma por otro.

Por supuesto, la visión gradualista y también materialista del proceso de extinción en el ***paradigma evolutivo gradualista***, excluye cualquier elemento "extracientífico" para explicar la extinción. Y entre ellos no solo se excluyen los elementos teológicos sino que también se excluyen los *teleológicos*.

La batalla contra los idealismos que supone la teleología es una de las más fuertes de Simpson.

Por último, los trabajos basados en el registro fósil realizados por Stephen Jay Gould, fallecido en mayo del año 2002, postulan que los procesos de diversificación filética, evolución biológica y extinción de las especies se acomodan más a un modelo denominado de *equilibrio intermitente* (*punctuated equilibria*) que sugieren que emerge un paradigma que podríamos denominar ***paradigma evolucionista "neo-catastrofista"***.

Tal como se ha podido ver en el desarrollo de las páginas que anteceden, se postula la posibilidad de establecer, a partir del análisis de las ideas sobre la extinción de la especies biológicas, varios "paradigmas" en sentido kuhniano.

Se resumen a continuación:

PARA-DIGMA	DESCRIPCIÓN del imaginario social subyacente
Para-digma diluvista	El Diluvio universal bíblico es una verdad científica intocable, pues la Biblia es palabra de Dios. Este Diluvio llega como castigo divino contra la humanidad. Como resultado, desaparecen los animales y plantas "antediluvianos". Se discute si el Diluvio es un fenómeno natural o un milagro de Dios.
Para-digma de degeneración de la Tierra	Se mantienen muchas de las tesis anteriores. Pero se muestra que Dios maldijo a toda la Creación y por ello, el pecado original afecta a humanos y a toda la naturaleza. Aunque esta tiene "leyes naturales" sin embargo, desde entonces "degenera". Es una visión pesimista del mundo.
Para-digma catastrófica	Sostiene que el Diluvio universal no fue el único episodio de extinción de animales y plantas. A lo largo del tiempo geológico (que es más largo que el Bíblico, pues los "días" bíblicos pueden ser "épocas de la Naturaleza" (Buffon) ha habido diversos momentos de revoluciones que dan lugar a episodios "catastróficos" de extinción tras los que hay una re-creación)

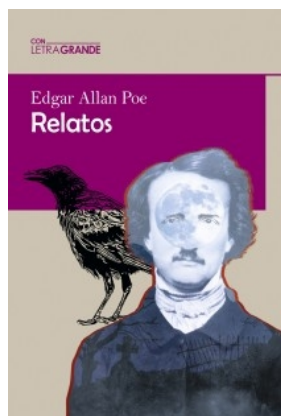
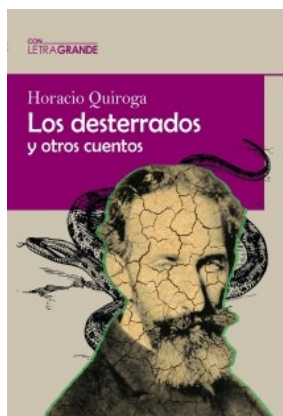
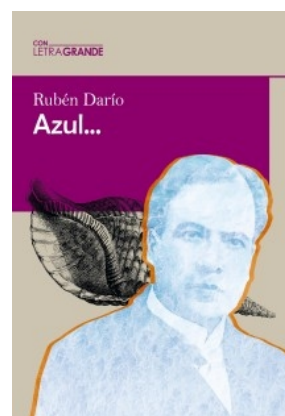
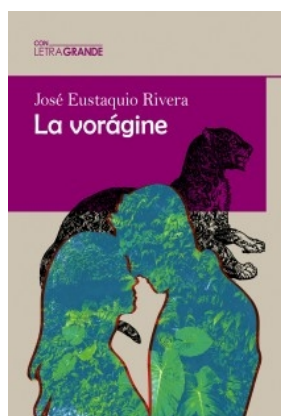
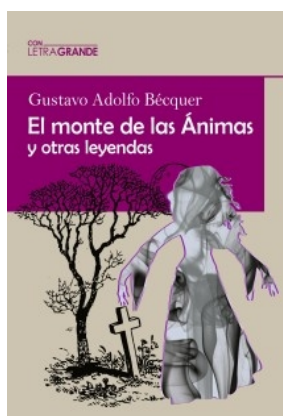
<p><i>Para- digma unifor- mitarista</i></p>	<p>Ni se afirma ni se niega la posibilidad del Diluvio. Lo que se afirma es que las causas que hoy actúan han actuado de la misma manera y con la misma intensidad en el pasado. El mundo está sujeto a las leyes naturales rígidas que lo mantienen en un estado estacionario (<i>steady stage</i>). Hay un majestuoso ciclo del tiempo (Hutton) o un proceso de cambio lento, gradual y continuo que no tiene dirección definida (Lyell). Existe la extinción de fondo como una consecuencia de los cambios climáticos que hacen desaparecer especies.</p>
<p><i>Para- digma evolucio- nista gradua- lista</i></p>	<p>La naturaleza tiene leyes, pero esto no impide que la naturaleza viva y no viva esté sujeta a cambios lentos graduales y continuos que tienen una clara progresividad (se discute si tienen dirección determinada). Es la Selección Natural el único mecanismo explicativo del cambio irreversible o evolución. La extinción es una consecuencia de la inadaptación de algunas variaciones a la supervivencia en la lucha por la existencia.</p>

<p><i>Para- digma evolucio- nista "neo- catastro- fista"</i></p>	<p>No se niega la existencia de regularidad en la naturaleza que puede ser descrita por los científicos en leyes, teorías y principios. Pero hay un elemento de "azar" (la contingencia de la realidad) que hace que el fenómeno de la evolución innegable de la vida (entendida como sistema o biosfera) esté sujeto a factores contingentes que producen extinciones, no solo de fondo sino también se producen extinciones en masa (con gran poder destructor y constructor). La Selección Natural darwiniana no lo explica todo. Se postulan diversos mecanismos que irrumpen como impactos desde fuera del sistema tierra.</p>
---	---

El que les habla es consciente de que aún permanecen mucho puntos en la penumbra. El futuro puede abrir muchas puertas a la reflexión interdisciplinar libre, de modo de que los científicos y las instituciones científicas (como esta digna *Academia*) sean capaces de trabajar en equipo y con ilusión y con sentido de servicio a la comunidad humana. Y termina este discurso de Ingreso en la Academia de Ciencias de Zaragoza con un texto de aquel buscador infatigable de un puente cognitivo entre la ciencia, la filosofía y la religión: *"Lo que más me apasiona en la vida es poder colaborar en una obra y una realidad más duradera que yo mismo"*. (Escrito en el frente de Verdún, en 1916).

¿Conoces nuestro catálogo de **libros con letra grande**?

Están editados con una letra superior a la habitual para que todos podamos **leer sin forzar ni cansar la vista**.



Consulta [AQUI](#) todo el catálogo completo.

Puedes escribirnos a pedidos@edicionesletragrande.com