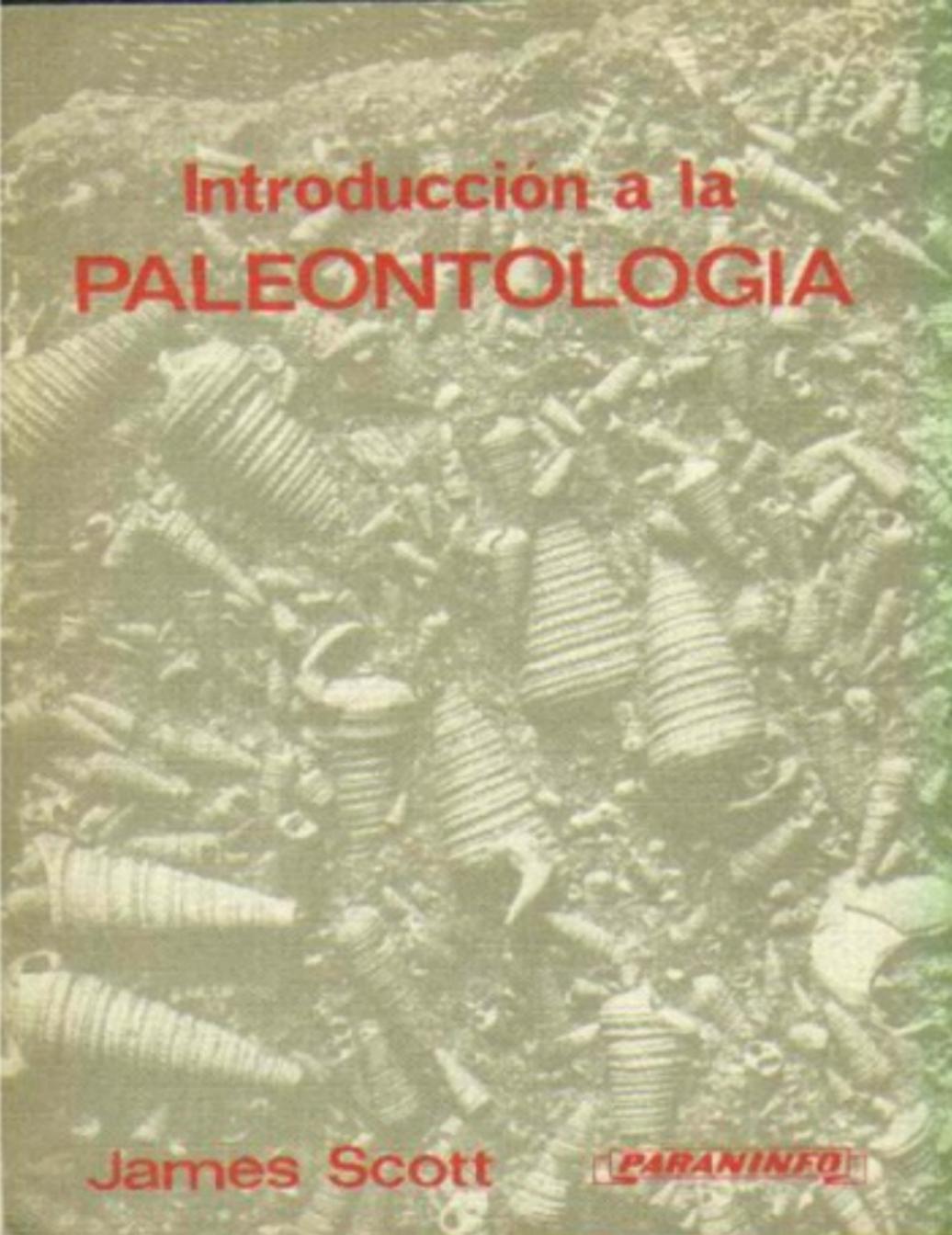


AAU

AMERICAN ANDRAGOGY
UNIVERSITY





Introducción a la
PALEONTOLOGIA

James Scott

PARANINFO

James Scott

Introducción a la PALEONTOLOGÍA

Traducido por

GUILLERMO MELÉNDEZ HEVIA

Licenciado en Ciencias Geológicas

Prólogo y revisión por BERMUDO MELÉNDEZ

Catedrático de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid

Ilustraciones de SHEILA SCOTT

© JAMES SCOTT

Título original inglés: PALEONTOLOGY AN INTRODUCTION, publicado por Kahn & Averill, London

ISBN-0-900707-22-4 (edición inglesa)

ISBN-84-283-0709-1 (edición española)

Depósito Legal: Z-774-75

ÍNDICE

ÍNDICE 2

Indice de Ilustraciones 4

Prólogo 6

Prólogo 6

1 - Los fósiles 7

UNOS CUANTOS CONCEPTOS TÉCNICOS 9

NATURALEZA DE LOS FÓSILES 10

1. Fosilización del material original 10
2. Sustitución o alteración del material original 11
3. Por impregnación mediante sales minerales 11

4. Impresiones y otras huellas 11

ALGUNOS EJEMPLOS INTERESANTES DE FOSILIZACIÓN 12

INTERPRETACIONES ERRÓNEAS DE LOS FÓSILES 12

LOS NOMBRES DE LOS FÓSILES 13

DISTRIBUCIÓN DE LOS FÓSILES 14

2 - Evolución y ambiente 15

CONCEPTO DE EVOLUCIÓN 15

LA EVOLUCIÓN DEL CABALLO 17

LOS CONCEPTOS DE HOMOLOGÍA Y HOMOMORFÍA 18

IMPERFECCIONES EN EL REGISTRO FÓSIL 20

EL PASO EVOLUTIVO DE REPTILES A MAMÍFEROS 21

LA EVOLUCIÓN DEL OÍDO 23

“ESLABONES PERDIDOS” Y “FÓSILES VIVIENTES” 25

INTERPRETACIÓN DE UN AMBIENTE PRETÉRITO, EN FUNCIÓN DE LOS FÓSILES 26

ISÓTOPOS DEL OXIGENO 27

LAS PLANTAS 28

LAS POSICIONES DE LOS FÓSILES 29

LOS HÁBITATS PASADOS Y ACTUALES 31

OTRAS INFORMACIONES APORTADAS POR LOS FÓSILES 32

3 - Los primeros comienzos 34

LA ATMÓSFERA PRECÁMBRICA 34

LOS FÓSILES DEL PRECÁMBRICO 35

TRANSICIÓN AL CÁMBRICO 37

LA VIDA EN EL CÁMBRICO 37

4 - La vida en el mar 42

LA VIDA EN LOS ARRECIFES Y EN LA LAGUNA INTERNA 42

AMÉRICA CENTRAL, COMO LAZO DE UNIÓN Y BARRERA, PARA LA VIDA MARINA
47

LA VIDA EN LOS MARES PROFUNDOS 48

LOS MOLUSCOS 49

CEFALÓPODOS 51

PELECIPODOS (BIVALVOS) 53

GASTERÓPODOS 55

OTROS FÓSILES MARINOS DE INTERÉS 56

LOS CORALES, Y SU INFORMACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LA TIERRA 59

5 - La primera vida no marina 60

LAS PLANTAS DEL DEVÓNICO 60

CLASIFICACIÓN DE LOS PECES 60

LOS PECES DEVÓNICOS: SU ORIGEN 60

LOS AGNATOS 61

LOS PLACODERMOS 62

TIBURONES Y RAYAS 63

LOS PECES ÓSEOS 63

SARCOPTERIGIOS 63

EL ORIGEN DEL HUESO Y DE LOS DIENTES 64

RESUMEN DE LA VIDA EN EL DEVÓNICO 65

EL PERIODO CARBONÍFERO 65

EL BOSQUE CARBONÍFERO 66

LA DERIVA CONTINENTAL 67

LA FAUNA DEL CARBONÍFERO 69

EL PÉRMICO 70

6 - El mundo mesozoico 71

LA SITUACIÓN EN EL TRIÁSICO 71

LA SITUACIÓN EN EL JURÁSICO Y CRETÁCICO 72

LOS CEFALÓPODOS 74

LOS REPTILES MESOZOICOS 76

OTROS VERTEBRADOS MESOZOICOS 81

LOS INSECTOS FÓSILES 82

EL FINAL DE LA ERA SECUNDARIA 82

OTRAS EVIDENCIAS DE VIDA EN EL MESOZOICO 84

7 - La Era Cenozoica 85

INFORMACIÓN APORTADA POR LOS INVERTEBRADOS Y LAS PLANTAS DEL Terciario 85

LAS AVES Y LOS MAMÍFEROS DEL Terciario 87

CLASIFICACIÓN DE LOS MAMÍFEROS 90

LOS PRIMATES 90

LOS QUIRÓPTEROS 91

LOS ARTIODÁCTILOS 91

LOS PERISODÁCTILOS 91

OTROS MAMÍFEROS UNGULADOS 92

LOS DESDENTADOS 93

LOS CETÁCEOS 93

LOS PROBOSCIDEOS 94

LOS CARNÍVOROS 94

LOS ROEDORES 95

OTROS ÓRDENES DE MAMÍFEROS 96

PALEOGEOGRAFÍA DE LA ERA Terciaria 96

AUSTRALIA 98

SUDAMÉRICA 98

ANTÁRTIDA 98

RUTAS DE MIGRACIÓN FILTRANTES 99

OTROS PUENTES INTERCONTINENTALES 99

VERTEBRADOS NO MAMÍFEROS 99

EL ÁREA SARMATIENSE 99

8 - La Era Cuaternaria 102

LOS MAMÍFEROS 106

EL HOMBRE FÓSIL 109

PUENTES INTERCONTINENTALES E ISLAS EN EL CUATERNARIO 110

LA ÉPOCA RECIENTE 111

Glosario de términos técnicos 112

Bibliografía fundamental 114

OBRAS DE DIVULGACIÓN 114

OBRAS SOBRE EVOLUCIÓN Y SOBRE EL HOMBRE FÓSIL 115

PUBLICACIONES DEL MUSEO BRITÁNICO DE HISTORIA NATURAL 115

OBRAS FUNDAMENTALES DE PALEONTOLOGÍA Y GEOLOGÍA 115

OTRAS OBRAS SOBRE EL TEMA PUBLICADAS POR PARANINFO 115

Prólogo

La Paleontología es una ciencia notablemente compleja, que abarca todos los problemas relacionados con los seres vivos, referidos a épocas pasadas, en su sentido más amplio y, al mismo tiempo, sus implicaciones geológicas, toda vez que los fósiles asociados a las rocas sedimentarias, constituyen el elemento básico para determinar su edad geológica.

Además la Paleontología es una Ciencia clave en el estudio de la evolución de los seres vivos, a cuyo proceso proporciona la documentación adecuada; por lo que su estudio es fundamental para aclarar cuál ha sido la sucesión real de los seres en los tiempos geológicos.

Por todo ello, no resulta tarea sencilla resumir en una obra elemental, como la que presentamos, las diferentes materias implicadas en esta Ciencia, y esto es lo que ha conseguido con notable éxito el Dr. J. Scott, en esta "Introducción a la Paleontología", donde el lector va siendo informado sucesivamente, de las diferentes cuestiones, tanto desde el punto de vista geológico como biológico.

Sin embargo, estas cuestiones no se exponen en una serie monótona e inarticulada, sino que van siendo tratadas progresivamente, a medida que van surgiendo al tratar otros temas de mayor

amplitud.

Un acierto indudable de esta introducción a la Paleontología, es el presentar los diferentes grupos de fósiles en un orden geológico histórico que, para el principiante, tiene la enorme ventaja de proponerle una sucinta "historia de la vida", que resulta más lógico y mejor encadenado en el tiempo, haciendo notar de paso, las relaciones mutuas entre los diferentes seres vivos contemporáneos en una determinada época, lo cual le da base para plantear y resolver numerosos problemas paleobiológicos, paleoecológicos, biogeográficos, bionómicos, etc., sin olvidar los temas evolutivos y de filogenia, que están tratados brevemente pero con la necesaria precisión.

En definitiva, resulta una obra amena, sencilla, pero con rigor científico, de alta divulgación, que la hace especialmente adecuada, para quienes deseen tener una idea clara y sucinta de los problemas implicados en la Paleontología y del papel de esta Ciencia en el marco general de las llamadas Ciencias Naturales.

Por otra parte, es una obra muy adecuada para quienes vayan a estudiar luego, con más profundidad, la Paleontología, es decir, como primera lectura para los estudiantes tanto de Ciencias Biológicas como Geológicas y, especialmente, para los alumnos de los últimos Cursos del Bachillerato y para primer Curso de las Facultades de Ciencias.

La edición española se ha enriquecido con algunas notas aclaratorias, a cargo del traductor, destinadas principalmente a los lectores que no estén al tanto de ciertas cuestiones que sólo los estudiosos están en condiciones de comprender, con lo que el texto se hace asequible en su totalidad, aun a los no iniciados. En la Bibliografía, se han conservado las citas originales de obras Clásicas en inglés, especialmente las publicaciones del British Museum Nat. Hist., pero la edición española se ha completado con otras obras en francés y de autores españoles, o traducidas al castellano, a las que el lector puede tener fácil acceso.

B. meléndez

1 - Los fósiles

“Háblale a la Tierra y ella te enseñará” (JOB, 12.8)

La Paleontología es la ciencia que estudia los fósiles, y los fósiles son restos de los seres vivos que han poblado la Tierra en épocas pretéritas. Aunque el Homo sapiens (el hombre), apareció sobre la Tierra mucho después de la desaparición de los Dinosaurios, es capaz de determinar la edad de las rocas que contienen sus restos, mediante el estudio de los fósiles, lo cual puede llevarse a cabo, aun en el caso de que las rocas hayan perdido su disposición horizontal primitiva, apareciendo plegadas o dislocadas por los movimientos internos de la Tierra. Por ejemplo, los

restos de hombres fósiles, se sitúan constantemente sobre las rocas que contienen restos de Dinosaurios, y de aquí se deduce, que estas últimas rocas, son de una edad anterior a las que contienen fósiles humanos.

Esta última observación, nos lleva a uno de los conceptos básicos de la Paleontología, a saber, que las rocas de la misma edad, contienen los mismos tipos de fósiles. Si quisiéramos conocer la edad de una roca, cuantitativamente, entonces los fósiles solos no bastan y tendríamos que recurrir a otros métodos, como la radiactividad mineral. Los fósiles, en general, se utilizan para determinar las edades relativas, y suelen ser bastante precisos para este propósito; las edades relativas son muy útiles para determinar la edad geológica de los terrenos: un geólogo que trabaje fuera de su territorio, partiendo del reconocimiento de los fósiles contenidos en la roca expuesta, puede determinar con gran aproximación la edad de la roca que aflora en la superficie: las rocas que contienen fósiles humanos son de edad cuaternaria; si contienen restos de Dinosaurios son mesozoicas, y así sucesivamente.

Sin embargo, constantemente surgen problemas. Ciertos fósiles son más característicos que otros, en lo que a relacionar edades geológicas se refiere, o puede darse el caso de que la roca no contenga fósiles, o quizás los contenga, pero sólo pueden ser identificados por un especialista. Estos problemas, que acosan continuamente al geólogo, se suelen resolver mediante la utilización de un servicio internacional de información, que está muy desarrollado, y rara vez son insolubles. Los fósiles también pueden estudiarse consultando publicaciones monográficas, o enviándolos a un especialista para su estudio e identificación.

La Paleontología no es una ciencia fría y muerta, sino un elemento de trabajo constantemente empleada por el geólogo, para profundizar sus conocimientos sobre la Tierra, y puede decirse, sin exagerar, que en el interior de la Tierra hay tesoros fabulosos. Por ejemplo, el petróleo se encuentra utilizando una combinación de métodos, entre los cuales, la Paleontología y su moderna rama, la Micropaleontología, es uno de los más importantes. La presencia de petróleo en el subsuelo, se establece estudiando la estructura de las rocas de la corteza terrestre, y esta estructura, se determina conociendo previamente la edad geológica de las rocas. Este método, está ilustrado en la Figura 1, en la que se describen: (a), la secuencia de fósiles encontrados, de más antiguos (en la parte inferior) a más modernos (en la parte superior), que el geólogo debe establecer, como un estudio preliminar al más detallado de la región; (b), los afloramientos locales, tal como se presenten en la superficie, donde las rocas aparecen, en parte claramente visibles, al descubierto, y en parte cubiertas por derrubios y por la vegetación; y (c), las predicciones geológicas sobre la estructura de los materiales en profundidad, basadas en las consideraciones de (a) y (b). La secuencia de fósiles, ha permitido al geólogo establecer las relaciones de edad de las rocas, observando al propio tiempo, que los estratos A, B, C y D no se continúan de forma ininterrumpida, como cabría esperar, y que, por lo tanto, han debido ser fracturados por movimientos internos de la Tierra que han originado una falla, la cual al desplazarse, ha permitido el paso del petróleo observado en la superficie, ya que este fluido, puede rezumar a través de la roca fracturada de la falla, y posiblemente, la arenisca del estrato B, dado que es permeable, podría servir de almacén al petróleo.

Figura 1. — Proceso general de la prospección petrolífera.

No es necesario que exponamos aquí detalles sobre la geología del petróleo; lo que se trata de resaltar, es que el estudio de los fósiles ha contribuido a esclarecer la estructura de los materiales del subsuelo.

Asimismo, el agua, el hierro, el carbón, y muchos otros recursos y materias primas naturales, serían mucho más difíciles de obtener, a no ser por la información que aporta la Paleontología. El paleontólogo, por otra parte, no es el único que aporta datos para un estudio geológico: los mapas topográficos y geológicos tienen la misma importancia y, en realidad, hay un verdadero ejército de profesores, investigadores, directores de Museos, y otras muchas personas, que contribuyen al conjunto de conocimientos, sobre los que se basan los geólogos para obtener sus deducciones.

Independientemente de todo este trabajo, del estudio de los fósiles surgen, en ocasiones aparentemente por casualidad, indicios y datos sobre la Historia de la vida y en la Tierra, lo cual es propiamente el objetivo de este libro.

UNOS CUANTOS CONCEPTOS TÉCNICOS

Antes de profundizar en el estudio de la Paleontología, es necesario conocer algunos términos de uso corriente. Los hemos reducido al mínimo posible, y se han definido en lenguaje vulgar, para que no resulte demasiado engorroso al lector que no esté iniciado en estos estudios.

Calcáreo, compuesto por carbonato cálcico (CaCO_3). Los compuestos calcáreos se presentan en una gran variedad de formas, como por ejemplo, la caliza.

Géneros y especies: el nombre de un fósil u organismo vivo, puede expresarse vulgarmente, por ejemplo, el “Mamut lanudo”, o científicamente, en este caso *Mammuthus primigenius* (1). *Mammuthus* es el nombre del género, el cual constituye un grupo de individuos, de los que un subgrupo es la especie *Mammuthus primigenius*. De esta forma, varias especies se agrupan en un género. *Homo sapiens* es el nombre de nuestra especie; las otras especies, pertenecientes también al género *Homo*, parecen haberse extinguido hace ya mucho tiempo.

Reino, Phylum, Clase, Orden, Familia: son las unidades normalmente utilizadas en la clasificación. Reino, es la unidad más amplia, en nuestro caso, Animalia (Reino animal), del cual una subdivisión en el Phylum o “Tipo” Chordata (Cordados, animales que poseen notocordio o “cuerda dorsal”); a continuación, la Clase Mammalia (Mamíferos), y dentro de éstos, el Orden

Primates (Simios, Antropomorfos, Hombres), que a su vez contiene la familia Homínidos (Homínidos), en la que finalmente se incluye el género Homo con la especie Homo sapiens en nuestro caso.

Columna estratigráfica, representa la Historia geológica o parte de ella, esquemáticamente, mediante una serie de divisiones convencionales, tal como aparece en la Figura 2.

Plancton, forma el conjunto de organismos acuáticos que flotan y son llevados a la deriva por las aguas, como las medusas, ciertas algas y multitud de microorganismos.

Nécton, es el conjunto de animales que nadan libremente en el agua, con autonomía y facultad de desplazarse, como los peces, los tiburones, las ballenas, *etc.*

Béntos, forma el conjunto de organismos que viven sobre el fondo del mar, fijos sobre él o con facultad de desplazarse, como los cangrejos, la mayoría de los Moluscos, Equinodermos, Gusanos, *etc.*, y también las algas.

Algas, son plantas marinas y otros vegetales inferiores, a menudo unicelulares, bentónicas o planctónicas.

Aéreos, son los seres vivos que normalmente necesitan el aire atmosférico para respirar.

Terrestres, son los seres vivos que normalmente pueblan los continentes.

Todo esto, en términos generales, porque puede haber algunas excepciones; por ejemplo, algunos peces son tan pequeños, que no pueden nadar contra corriente y son arrastrados por el oleaje o las corrientes marinas, junto con el plancton.

NATURALEZA DE LOS FÓSILES

Para cualquiera suele resultar un momento memorable cuando encuentra su primer fósil, aunque el entusiasmo subsiguiente puede quedar ligeramente empañado, al enterarse de que el fósil encontrado, en muchos casos, no es más que un “molde” (2), a pesar de lo cual, estos fósiles son igualmente válidos para su estudio, lo mismo que las simples huellas e impresiones dejadas por antiguos seres vivos. La mayoría de los fósiles, son conchas de animales inferiores marinos; los huesos y cráneos de grandes Vertebrados, son mucho más raros. No obstante, muchos fósiles conservan el material original que perteneció al animal vivo, y no es raro encontrar, por ejemplo, huesos de Vertebrados que conservan la estructura y composición originales.

Unas cuantas semanas de trabajo en el campo, en sitios adecuados, con la ayuda de una guía geológica o acompañado por alguien que conozca el terreno, permitirán encontrar una gran

cantidad de fósiles a cualquier aficionado. Por otra parte, los fósiles, no tienen preferencia para ser encontrados por una determinada persona, de forma que, un principiante, puede hacer un hallazgo importante, lo mismo que un paleontólogo experto, siempre que sepa de antemano dónde ha de buscarlo.

La fosilización puede realizarse de varias formas:

- a) conservando el material original;
- b) por sustitución de la materia original por otra distinta;
- c) por impregnación;
- d) conservando la impresión o huella de un organismo (o de sus partes esqueléticas duras) en la roca.

1. Fosilización del material original

Son raros los organismos perfecta y completamente conservados. Un ejemplo de esto serían los Mamuts congelados, hallados en Siberia, que son especies extinguidas de Proboscídeos, parecidos a los elefantes, que aparentemente han quedado conservados para siempre entre los hielos. Los primeros cadáveres de estos Mamuts fueron exhumados por los perros y lobos al excavar en la tierra, en busca de carroñas; estos “fósiles” no sólo han conservado el pelo y la carne aún intactos, sino que, en algunos casos, incluso la hierba de que se alimentaban, estaba aún medio triturada entre los molares del Mamut.

Con mayor frecuencia, la materia original de las conchas y esqueletos de animales marinos, se ha conservado en los fósiles incluidos en las rocas, los cuales, excepto por falta de la carne y partes blandas, están casi inalterados. Tales fósiles pueden ser de cualquier edad geológica, aunque son más frecuentes en los terrenos más modernos.

Como acabamos de ver, una de las principales condiciones para la fosilización, es la presencia de partes esqueléticas duras en el animal. Así, un animal cualquiera, un caballo pongamos por ejemplo, después de muerto pronto queda reducido a su esqueleto, por la acción de diferentes animales que se alimentan de carroñas (buitres, perros, larvas de insectos, etc.), y por acción de ciertas bacterias que destruyen en las partes orgánicas blandas. Y aún el mismo esqueleto, puede reducirse eventualmente a polvo, por efecto de la meteorización. Tal suele ser el destino de la mayoría de los animales muertos sobre el continente; pero si el caballo se hubiese enterrado en una ciénaga o hubiese quedado cubierto por el polvo o la arena acarreados por el viento, o bien,

por poner otro ejemplo, si hubiésemos considerado un animal marino, que después de muerto quedase cubierto por sedimentos, entonces, una vez destruidas las partes orgánicas blandas, las partes esqueléticas habrían quedado preservadas, pudiendo llegar a fosilizar.

La conclusión de todo lo que antecede, es que sólo una pequeña parte de los seres vivos existentes en un determinado momento, son susceptibles de fosilizar y que, incluso en este caso, no vamos a encontrar necesariamente una selección completa de seres vivos, que sea representativa de la fauna en cuestión. Así, en el caso del caballo, no hay ninguna garantía de que hubiese de caer en la ciénaga ni de que, en consecuencia, se haya conservado fósil. Este desequilibrio en la documentación fósil de la vida del pasado, junto con los efectos destructivos del transcurso del tiempo, queda bien reflejado en la comparación que hace el Profesor ager refiriéndose a los paleontólogos que estudian la vida de tiempos pasados, los cuales no disponen de “los habitantes de una ciudad, sino únicamente de los cadáveres enterrados en el cementerio, y esto, sólo después de haber sido saqueados por los ladrones de tumbas”.

2. Sustitución o alteración del material original

Este es, probablemente, el tipo de fosilización más frecuente. Una vez que las partes esqueléticas han quedado enterradas, y han llegado a incorporarse a la corteza terrestre, tarde o temprano, por lo general, son afectadas por el agua que penetra y circula por grietas y fisuras de las rocas, empapándolas y disolviendo a su paso ciertos componentes solubles (3). Este agua, también entrará en contacto con el fósil contenido en la roca, haciendo que el material que formaba la concha recristalice o sea sustituido por nuevos minerales llevados hasta allí en disolución por el agua. De este modo, una concha ordinariamente formada por carbonato cálcico, puede ser reemplazada, por ejemplo, por sulfuro de hierro, en forma de pirita o de marcasita, la primera estable en contacto con la atmósfera y la segunda inestable. Ambas formas de sulfuros de hierro, tienen un hermoso color bronceado, que hace a tales fósiles mucho más apreciados por los coleccionistas, pero desgraciadamente, los fósiles de marcasita se alteran rápidamente, a menos que sean tratados y barnizados, poco después de extraerlos de la roca que los contenía.

La alteración de la sustancia original, no implica necesariamente su reemplazamiento por un material distinto. Así, por ejemplo, la transformación de la madera para formar carbón, no precisa de ningún aporte extraño, sino simple pérdida de oxígeno, hidrógeno y también parte del carbono que formaban los hidratos de carbono (celulosa, lignina, etc.).

3. Por impregnación mediante sales minerales

Las partes duras de un organismo, pueden conservarse a veces con increíble detalle, si el agua que lo empapa después de muerto, o la que se infiltra a través de la roca que lo contiene, lo impregna aportando minerales que van rellenando sus poros. Como puede comprenderse, sólo los materiales porosos, sus susceptibles de este tipo de fosilización: la madera y las esponjas, pueden ser dos buenos ejemplos. La impregnación de la madera por ópalo da lugar a auténticos bosques petrificados, en los que algunos de los árboles aún permanecen erguidos, en su lugar de crecimiento.

4. Impresiones y otras huellas

Si la roca que contiene el fósil, es particularmente porosa, una concha incluida en ella puede llegar a disolverse por completo, por efecto del agua que circule a través de la roca. De esta forma, quedará una cavidad donde anteriormente estuvo el fósil, pero la roca puede aún conservar la impresión del exterior de la concha en la superficie de la cavidad, o un molde del interior de la misma concha. De esta forma, podemos encontrar moldes externos o internos de los fósiles, los cuales, aunque no sean más que impresiones dejadas por las conchas, son aún fósiles en cierto sentido, y pueden aportar casi tanta información como los verdaderos fósiles.

Podemos citar otros ejemplos: se han encontrado huellas del paso de animales en el barro, evidentemente conservadas antes que la lluvia o la erosión las borrara. Ciertas huellas encontradas en Estados Unidos, indican que un Dinosaurio caminó sobre el barro bajo una tormenta de lluvia, se detuvo y volvió a caminar de nuevo poco después. También pueden encontrarse tubos de habitación o madrigueras de animales acuáticos o terrestres, como prueba indirecta de su existencia: los llamados “tirabuzones del diablo”, por los primeros colonos que los descubrieron en Norteamérica, han sido identificados como el relleno endurecido de las madrigueras con trazado espiral de ciertos Roedores, que habían sido exhumadas por la erosión, al destruir los terrenos más blandos que las rodeaban. Otras pruebas indirectas de vida, las constituyen los excrementos de estructura espiral de ciertos animales marinos, denominados Coprolitos; los gastrolitos o piedras estomacales de ciertos Reptiles, que debían ser utilizados para triturar los alimentos resistentes, del mismo modo que los que se encuentran en la molleja de las Aves; los “cordones de arena” o tubos formados en las playas por ciertos Gusanos perforadores, etc., etc.

ALGUNOS EJEMPLOS INTERESANTES DE FOSILIZACIÓN

Pese a que el rápido enterramiento y la presencia de partes esqueléticas duras, son las condiciones normales para la fosilización, hay algunas excepciones a esta regla. Entre los fósiles, se encuentran gusanos y medusas, conservados bajo condiciones favorables, y en el fondo de la cueva de Wakulla Springs, en Florida (U.S.A.), se han conservado inalterados huesos de Mastodonte, cubiertos por 25 m. de agua. Pero en general, la regla se cumple.

Bien conocido es el ámbar, un mineral ligero de color dorado, que debe su origen a la resina rezumada por ciertas Coníferas, endurecida y fosilizada. Se encuentra, por lo general, en las costas del Mar Báltico, y en Lituania, existe un Museo de ámbar. Muy apreciado ya por el hombre prehistórico, como una piedra preciosa, se ha encontrado en algunas tumbas de la época Micénica en Grecia (2.º milenio a. de C.). Más interesante quizás, para el paleontólogo, sea la presencia de insectos conservados con todo detalle, incluso los pelos microscópicos de su cuerpo,

en el interior del ámbar: evidentemente, quedaron atrapados en la resina, y allí fueron embalsamados con toda delicadeza.

Es raro que la piel de un animal se conserve lo mismo que sus huesos; sin embargo, en algunos casos ocurre así, como en Starunia (Ukrania), donde se encontró el cuerpo de una hembra de Rinoceronte lanudo, del período Pleistoceno, conservado por hidrocarburos naturales y sal, cuya piel incluso conservaba las cicatrices de heridas sufridas en luchas. Los habitantes de Salzkammergut (Austria), refieren cómo en el siglo XVIII se encontró el cuerpo de un hombre en una de las minas de sal gema, vestido con ropas que nadie pudo reconocer; probablemente se trataba de un hombre de la edad del hierro (de los últimos siglos a. de C.), que habría muerto en las minas, quedando conservado por la sal.

En el Museo de Copenhague, se conserva el cuerpo de un hombre hallado en una turbera y perfectamente momificado por efecto del agua ácida que impregna la turba. Su piel no está arrugada, como en las momias egipcias, sino materialmente “curtida” y ennegrecida por la turba, conservando un aspecto auténticamente humano, que produce una fuerte impresión en el que lo contempla.

INTERPRETACIONES ERRÓNEAS DE LOS FÓSILES

Antes de que la Paleontología fuese una ciencia, desconociendo el verdadero valor y significado de los fósiles, ocurría con frecuencia que eran descritos por un artista y no por un científico. En una ocasión, cierto esqueleto fósil fue descrito como el “Homo diluvii testis”, es decir, un hombre “testigo del diluvio”, aunque luego se pudo ver, que se trataba simplemente de una salamandra gigante fósil (4). Sin embargo, esta ciencia, progresó rápidamente, y ya a principios del siglo XIX, los fósiles eran correctamente interpretados y se describían con una exactitud aceptable.

No fue nada fácil desarraigar la idea de que los fósiles eran simples *lusus naturae*, es decir, “juegos de la naturaleza”, llegando incluso a pensar, algunos, que podrían ser “inventos diabólicos”, permitidos por el Creador, para desconcertar a los hombres.

La Biblia, tomada al pie de la letra, dio motivo a innumerables controversias, por ejemplo, cuando se calculaba en unos 4.000 años, el tiempo de la Creación, escalonada en los 6 días del Génesis, lo cual estaba en evidente desacuerdo con los millones de años deducidos por los geólogos, o cuando la teoría de la evolución, se enfrentó con la pretendida creación inmediata de los animales y vegetales; y por último, al sugerir que, el mismo hombre, habría sido el resultado de la evolución de ciertos Primates (5).

Como es natural, los Paleontólogos no están libres de equivocaciones, como todos los humanos. Por ejemplo, los Graptolitos se denominan así, por su semejanza con “piedras escritas” (del

griego graptos, escrito, y lithos, piedra). De hecho, para los primeros investigadores, estos fósiles eran estructuras inorgánicas, análogas a la “textura gráfica” de ciertas pegmatitas, en las que tiene lugar la formación de cristales de cuarzo rodeados por feldespatos, lo que da a la roca, un aspecto muy característico de “escritura cuneiforme”. Sin embargo, los Graptolitos sabemos ahora que son los esqueletos de pequeños organismos coloniales, marinos, ya extinguidos.

Quizás la más famosa y tragicómica historia, sea la del Profesor Johann behringer, profesor de Medicina en la Universidad de Würzburgo (Alemania), a principios del siglo xviii. Este digno profesor, tuvo la mala ocurrencia de publicar descripciones de ciertas “piedras figuradas”, que habían sido preparadas por sus alumnos, con objeto de jugarle una mala pasada, y colocadas hábilmente en los sitios donde él acostumbraba a recoger fósiles. behringer los consideró, de buena fe, como auténticos fósiles, y cuando se enteró de su verdadera naturaleza, hubo de emplear mucho tiempo en volver a comprar los ejemplares de su propia publicación, en un esfuerzo para salvar su prestigio. Pocos profesores de Paleontología, se salvan de tales jugarretas de los estudiantes, aunque esperamos que no lleguen a publicarlos. Casi tan conocida y famosa como la catástrofe de behringer, fue la falsificación de Pilttdown, una hábil asociación de un cráneo humano y una mandíbula de chimpancé, que engañó a numerosos expertos durante muchos años (6).

LOS NOMBRES DE LOS FÓSILES

Pensamos que es oportuno hacer algunas indicaciones relativas a la nomenclatura de los fósiles, muchos de los cuales, requieren un notable esfuerzo en su pronunciación, como por ejemplo, Bdelloceras, Quenstedticeras, Tschernyschewia, y Stoliczkaia, aunque posiblemente, mis colegas de Europa central y oriental, no estén de acuerdo conmigo en este extremo (7), mientras que otros llevan nombres loablemente descriptivos, como Titanites giganteus, o llevan un nombre derivado de su lugar de procedencia, como Hongkongites.

Algunos de los nombres antiguos, resultan melodiosos y evocativos, como Venus, Chione, Astarte, Leda, pero por desgracia, no es posible continuar esta eufonía, con el verdadero diluvio de nuevos nombres. Idealmente, el nombre adjudicado debe indicarnos algo acerca del fósil a que se refiere; así, por ejemplo, Conomitra parva, nos indica que se trata de un fósil cónico, en forma de “mitra” y pequeño. El latín y el griego nos proporcionan un vocabulario útil para este propósito, pues por una parte, son lenguas aún muy difundidas, y por otra, siendo lenguas muertas, no están sujetas a las vicisitudes y preferencias de los idiomas modernos, con sus implicaciones nacionales.

DISTRIBUCIÓN DE LOS FÓSILES

Los fósiles se encuentran en la mayoría de las rocas sedimentarias, exceptuando las más antiguas. Estas últimas, denominadas precámbricas (8), pueden considerarse, con algunas raras excepciones, como completamente azoicas, es decir, sin fauna. De las demás rocas, las sedimentarias, es decir, las depositadas sobre el terreno o bajo el agua, por procesos naturales de sedimentación, contienen —por lo general— fósiles, al menos en ciertas regiones, aunque esto no siempre puede ser cierto. Si la roca se ha alterado químicamente, por efecto del calor y las presiones sufridas, tiene lugar un proceso llamado metamorfismo que, al provocar su recristalización, destruye los fósiles. Sin embargo, los fósiles más resistentes, pueden soportar un cierto grado de metamorfismo, aunque a menudo, presentan una fuerte distorsión, que indica la enorme presión sufrida por la roca que los contiene.

Las rocas ígneas, que por lo general se han formado al consolidarse un magma fluido, a elevada temperatura, no pueden, lógicamente, contener fósiles; pero puede ocurrir que ciertos restos orgánicos (conchas, vegetales, etc.), queden cubiertos por las cenizas procedentes de una erupción volcánica, cuando ésta forma un tipo especial de sedimento.

Geográficamente, los fósiles suelen presentar una extensa distribución. Una de las razones que movieron a realizar la expedición de Scott al Polo Sur, en 1911-1912, fue la de realizar investigaciones geológicas en el interior de la Antártida, y efectivamente, se encontró madera fósil, evidencia de que en otros tiempos, la Antártida fue una región cubierta de vegetación.

Hay rocas, en el Norte de Canadá, donde ahora se caza el oso polar, que contienen sales, las cuales parecen haber cristalizado en zonas lagunares o en albuferas, bajo condiciones climáticas de calor y sequedad, muy distintas de las actuales. En algunos de los picos más altos, de los Alpes y del Himalaya, encontramos rocas que contienen fósiles de animales marinos, lo cual nos indica que tales sedimentos, se depositaron bajo el mar.

De hecho, toda la evidencia que nos proporcionan los fósiles, se reduce a poner de manifiesto, que la faz de la Tierra no ha permanecido estática en el tiempo; que el clima ha cambiado y que las montañas no han sido siempre como ahora, ya que los materiales que las forman, se depositaron en el fondo del mar.

2 - Evolución y ambiente

“A este principio, según el cuál, cualquier pequeña variación, siempre que sea útil, se conserva, le he denominado selección natural” (charles darwin. Origen de las especies, Capítulo 3).

La teoría de la evolución se refiere, tanto a la Neontología como a la Paleontología, y nos ocuparemos de ella después de establecer algunas cuestiones preliminares de carácter general.

CONCEPTO DE EVOLUCIÓN

El concepto de evolución, en Biología, se basa en lo siguiente:

- a) En los seres vivos, se observa que ocurren toda una serie de variaciones en la estructura y en el aspecto general de los organismos.
- b) Algunas de estas variaciones, que suelen aparecer espontáneamente, han llegado a ser hereditarias, perpetuándose en las generaciones siguientes.
- c) Aunque la mayoría de estas variaciones pueden ser perjudiciales, algunas de ellas son beneficiosas.
- d) La evolución, presupone la supervivencia de los organismos más idóneos. Cualquier grupo de seres vivos, aislado geográficamente, o de cualquier otra forma, que presente variaciones beneficiosas, tendrá ventaja sobre otros grupos de los mismos organismos que hayan sido menos favorecidos, y los primeros, tenderán a reproducirse y a sobrevivir, con más éxito que los otros.
- e) La consecuencia del apartado d), es la evolución de uno de los grupos que se desarrollan, más idóneo que los demás, el cual está mejor adaptado que los que le rodean; así pueden aparecer nuevas especies, más resistentes y mejor adaptadas al medio ambiente.

Podríamos preguntarnos, por qué razón, siendo cierto el apartado e), llegan a extinguirse la mayoría de los grupos de animales y vegetales. Para explicar su extinción, pueden darse varias razones, pero quizás la más sencilla, sea que el ambiente varía con más rapidez que la evolución de los grupos hacia formas mejor adaptadas; y por ambiente, entendemos, no sólo el medio inorgánico (temperatura, salinidad, humedad, etc.), sino también el medio orgánico: especies rivales, predatoras, parásitos y animales de rapiaña, *etc.* Se comprende que, con tantas variables en competencia, ocurran tales extinciones, aunque la adaptabilidad de los seres vivos es de tal categoría, que son raras las extinciones en los grupos más desarrollados.

En realidad, casi todos los grupos principales de animales y vegetales, han sobrevivido desde su primera aparición en las rocas que contienen fósiles, desde el Cámbrico (véase la Figura 2), aunque, naturalmente, el destino de los grupos menores dentro de los mayores, ha variado considerablemente a lo largo de toda la historia geológica.

Figura 2. — La escala geológica en millones de años, con sus principales divisiones estratigráficas.

LA EVOLUCIÓN DEL CABALLO

Un excelente ejemplo paleontológico de la evolución, lo encontramos en la historia fósil del caballo, el cual, en sí mismo, ya tiene algo de “curiosidad paleontológica”, por ser uno de los pocos supervivientes (el rinoceronte es otro), de un orden de Mamíferos mucho más diversificado en épocas anteriores, denominado Perisodáctilos. El caballo, se apoya sobre una pezuña formada sobre el dedo central del pie, en contraste con los Artiodáctilos (la vaca, el antílope, el búfalo, el ciervo), que caminan sobre una pezuña dividida en dos partes, formada sobre los dedos 3.º y 4.º del pie.

El caballo fue en un principio, de pequeña talla y de aspecto análogo al de un perro; vivía en los bosques, alimentándose de hojas, pero más tarde, pasó a ser el animal de gran talla, habitante de las llanuras, que se alimenta de hierba, que es el actual.

Aunque sus fósiles se encuentran, por lo general, en América, donde tuvo lugar su evolución, el caballo desapareció de allí provisionalmente, a finales de la era Terciaria, para volver de nuevo cuando los europeos los llevaron otra vez, desde su nuevo hogar en el viejo mundo.

La Figura 3 nos muestra la evolución del caballo y de sus extremidades. Obsérvese cómo el dedo central se ha desarrollado a expensas de los otros, resultando de dicho desarrollo y de la atrofia de los dedos laterales, así como de la modificación de la pezuña, una mejor adaptación a la carrera en las ásperas llanuras. Otro cambio menos aparente, es la modificación de la dentadura: los primeros representantes de la familia de los Équidos (o caballos), tenían unos dientes con la corona muy baja, adecuados para alimentarse de la vegetación forestal; pero con la transición del bosque a la llanura, hubieron de adaptarse a un nuevo tipo de alimentación, los pastos herbáceos, que por su contenido en sílice, desgastaban excesivamente su dentadura, resultando inadecuados los molares de corona baja. De esta forma, se desarrollaron, en el curso de la evolución, molares de corona mucho más alta, capaces de soportar mejor el desgaste producido por el continuo masticar de la hierba.

LOS CONCEPTOS DE HOMOLOGÍA Y HOMOMORFÍA

El concepto de homología no implica, en sí mismo, la evolución, y de hecho, este fenómeno era conocido mucho antes de que Darwin y Wallace establecieran su teoría de la evolución. Pero también es verdad, que la homología de los órganos, se comprende mejor dentro del marco de la evolución biológica: es la condición según la cual, dos o más organismos, poseen órganos que pueden parecer diferentes a primera vista, pero que en realidad poseen una semejanza estructural básica, que revela un origen común, o bien (si se prefiere prescindir de toda alusión evolutiva), que están relacionados con un tipo estructural común. De esta forma, la mano del hombre, el ala del murciélago y la aleta de la foca, son homólogas, como se demuestra mediante el estudio de sus esqueletos, que están organizados de la misma forma (Figura 4), con los mismos huesos, dispuestos análogamente en la mano, en el ala y en la aleta. De esta comparación, se llega a poder establecer un modelo general, el llamado “arquetipo” (9).

Figura 3. — Evolución del caballo, representada por tres de sus etapas. El sentido de la evolución, se entiende de izquierda a derecha.

Sin embargo, es más adecuado considerar la homología, como un resultado de la evolución a partir de una estructura primitiva, que se ha ido modificando al adaptarse a funciones definidas. Así, la evidencia fósil, en relación con estas estructuras esqueléticas modernas —aunque desgraciadamente discontinua— sugiere con fuerza que todas las extremidades de los Mamíferos, derivan de la extremidad presente en un tipo primitivo de Mamífero. Esta parece haber sido bastante similar a nuestra propia mano, pudiendo decirse que la mano del hombre es, esencialmente, un órgano primitivo, y que su maravillosa capacidad de movimiento y destreza, no depende de ninguna modificación importante del órgano original, sino más bien de una falta de ésta.

Figura 4. — Ejemplos de homología y homomorfia.

La homomorfia es una condición según la cual, dos o más organismos parecen similares, o poseen órganos que parecen similares, pero que tienen orígenes diversos o se relacionan con diferentes arquetipos. Así, el Delfín, el Ictiosaurio y el Tiburón (Figura 4), son muy parecidos: los tres son alargados, tienen apéndices en forma de aletas, una aleta dorsal y aleta caudal análogamente constituida. Sin embargo, en este caso, son homomorfos, debido a que sus estructuras internas son diferentes en cada uno de ellos: esto se debe al hecho de que, los delfines derivan de los primitivos mamíferos terrestres, el Ictiosaurio de los primitivos reptiles también terrestres, y el Tiburón es un pez.

Por supuesto, que la homomorfia es un concepto relativo, porque todos los Vertebrados terrestres, descienden de antepasados pisciformes, y de hecho, también es una hipótesis aceptable, que todos los animales descienden de organismos sencillos; pero la homomorfia se refiere, por lo general, a antepasados más inmediatos, que han sufrido modificaciones en cierto modo convergentes.

Aunque este fenómeno presente un gran interés, en relación con la evolución, para los paleontólogos puede resultar a veces un inconveniente, ya que en ocasiones, ciertos fósiles agrupados bajo un mismo nombre, después de un examen más detallado resultan pertenecer a varios tipos, no relacionados entre sí, y por lo tanto, hay que darles nombres distintos.

IMPERFECCIONES EN EL REGISTRO FÓSIL

La razón de la mayor parte de la confusión existente en los nombres de los fósiles, está en que sólo fosilizan las partes esqueléticas duras de los organismos, y casi nunca sus partes blandas.

Los Conejos y los Roedores son homomorfos por la circunstancia de tener los dientes igualmente cortados en bisel, pero un estudio más detallado de estos animales, revela que nos encontramos ante dos órdenes completamente distintos de Mamíferos, llamados Lagomorfos y Roedores, respectivamente. Los esqueletos de estos dos órdenes de Mamíferos, presentan suficientes diferencias para poder distinguirlos con facilidad, pero, ¿qué ocurriría con las conchas marinas, en las que a parte de su forma general, presentan pocos caracteres que permitan distinguir una de otra? La homomorfia está, en realidad, muy difundida en la literatura que se refiere a los moluscos bivalvos, y si bien es cierto que el conocimiento de los estados evolutivos, ayuda mucho a esclarecer alguno de estos casos, no lo es menos que aún existen muchos ejemplos de fósiles que nos presentan problemas de difícil solución.

La falta de documentación fósil, puede presentar otros aspectos. Fácilmente se comprende el papel desempeñado por los animales necrófagos terrestres y acuáticos, por cuya causa, rara vez se conservan la carne o la materia vegetal. Los mismos huesos, son roídos, la madera se pudre, las conchas se desintegran y, en conjunto, nada llega a fosilizar, a no ser que se produzca su rápido enterramiento. Sólo así puede quedar un organismo adecuadamente protegido, para que no tenga lugar su destrucción completa.

Por si todo esto no fuese bastante, hemos de contar con que muchos fósiles se pierden al ser disueltos por el agua que circula constantemente a través de las rocas de la corteza terrestre; en otras ocasiones, al quedar sometidos a temperaturas elevadas, son transformados, perdiendo así su identidad orgánica, y finalmente, cuando las rocas son erosionadas por los agentes de la dinámica terrestre, se pierden irremisiblemente los fósiles que contenían.

Por otra parte, hay que recordar, que el martillo del geólogo sólo tropieza con una pequeña parte de las rocas fosilíferas existentes en la Tierra. La mayoría de tales rocas, si no se encuentran sumergidas bajo el mar, son inaccesibles, por estar a gran profundidad en la corteza terrestre; en consecuencia, los geólogos sólo conocen una pequeña parte de las rocas, incluso de las más comúnmente explotadas. Así, no debe extrañarnos, ya que el registro fósil resulta tan discontinuo, que existan aún muchas lagunas en nuestro conocimiento de los fósiles, y que aún queden muchas cuestiones sin resolver en Paleontología.

A pesar de todo, es cierto que disponemos de una notable cantidad de información, procedente de las rocas fosilíferas de todo el mundo, y que la documentación conseguida sobre la evolución, a base de los fósiles, es bastante completa. Para ilustrar esto último con un ejemplo, consideraremos la evolución de los Mamíferos a partir de los Reptiles.

EL PASO EVOLUTIVO DE REPTILES A MAMÍFEROS

Actualmente, es realmente fácil distinguir un mamífero de un reptil. Los mamíferos, por lo general, tienen pelo, la temperatura de su sangre se mantiene uniformemente caliente, dan a luz a las crías y las amamantan con leche. Los reptiles, por el contrario, carecen de pelo y presentan el cuerpo cubierto de escamas, la temperatura de su sangre depende de la del ambiente, ponen huevos y no amamantan a las crías.

Además, con objeto de que estas diferencias puedan ser apreciadas por los paleontólogos, estos criterios deben ampliarse al esqueleto: los mamíferos presentan la mandíbula inferior formada por un solo hueso, el dentario (en realidad, está formada por dos huesos, unidos en su punto medio), una abertura única, en el cráneo, para la nariz, un conjunto de tres huesecillos en el oído medio (martillo, yunque y estribo), y dos o más raíces en los dientes yugales. También presentan diferenciada la dentición en incisivos, caninos, premolares y molares, y un paladar secundario, que separa las cavidades bucal y nasal. Estas y otras estructuras características, sirven para distinguir los mamíferos fósiles de los reptiles.

Figura 5. — Evolución de la mandíbula en el tránsito de Reptil a Mamífero (los dibujos no están a escala).

Por otra parte, cada una de estas características, tiene su significado. El paladar secundario, tiene por objeto permitir al mamífero respirar mientras come, mientras que el reptil, cuyas aberturas nasales se abren directamente en la cavidad bucal, sólo puede respirar entre dos bocados; la sencillez de la mandíbula inferior en los mamíferos, implica su mayor fortaleza y la hace apta

para masticar: en la Figura 5, puede verse cómo, el número de huesos de la mandíbula de los reptiles, ha ido reduciéndose, en el transcurso de la evolución, hasta quedar reducidos a uno solo en los mamíferos.

Para la mayoría de los mamíferos y reptiles fósiles, todo esto está bastante claro, pero cuando nos paramos a considerar el grupo de los Reptiles Sinápsidos, empiezan a surgir complicaciones. Cuanto más de cerca se examinan estos reptiles, tanto más paradójicos resultan. En cierto modo, el grupo en conjunto, se desarrolló prematuramente, en el Pérmico y Triásico. En los períodos sucesivos, Jurásico y Cretácico, en vez de ser sus descendientes, los mamíferos, los animales terrestres predominantes, fueron los reptiles los que proliferaron extraordinariamente, y los dinosaurios llegaron a dominar en todas partes, quedando los sinápsidos y mamíferos relegados a un lugar muy secundario, con el resultado de que los mamíferos quedasen reducidos a unas criaturas pequeñas y casi desapercibidas. Quizás si los Sinápsidos hubiesen tenido más éxito, la historia de los vivientes habría sido muy diferente: posiblemente el aire habría estado habitado por murciélagos (que son mamíferos), en vez de aves (descendientes de los reptiles), y el mismo hombre, podría haber surgido y desaparecido hace ya mucho tiempo.

Pero todo esto son meras especulaciones. La documentación fósil de los Sinápsidos, muestra una tendencia precoz a la diferenciación dentaria: Dimetrodon, a parte de poseer una cresta o “vela” dorsal, probablemente formada por la piel, soportada por espinas (de significado muy dudoso) (10), presenta la dentición diferenciada en “incisivos”, “caninos” y “molares”, al menos, en la mandíbula superior. Posteriormente, los Sinápsidos desarrollaron un paladar secundario, y una mandíbula inferior en la que uno de sus huesos (el dentario), predomina sobre los otros, destinado a formar el único elemento óseo de la mandíbula de los mamíferos, mientras los demás huesos van reduciéndose. Asimismo, adquieren una disposición más esbelta en la marcha, con el cuerpo erguido, gracias a la estructura de sus extremidades anteriores y posteriores, opuestas a la postura de los demás reptiles, más tendida y con la articulación del codo dirigida hacia fuera (11).

El verdadero problema que plantea la historia de los Sinápsidos, es que no es posible decidir con exactitud, donde acaban los reptiles y donde comienzan los mamíferos. El “gran salto” previsible entre reptiles y mamíferos, parece quedar reducido a una serie de “escalones” imprecisos, más que a una aventurada y decisiva “zancada”. Los rasgos mamiferoides característicos, aparecen independientemente en más de un grupo de Sinápsidos. Cabe preguntarse si los últimos sinápsidos eran reptiles muy avanzados o mamíferos primitivos, y la decisión resulta extremadamente difícil. Probablemente, la indicación más precisa de que estamos en presencia de mamíferos, sea la de poseer sangre caliente, pues esta es la clave de la vida tan activa, característica de los mamíferos. Parece que podría identificarse esta condición, con la presencia de paladar secundario, toda vez que, un animal de sangre fría puede dejar de respirar mientras engulle el alimento, mientras que tal cosa resultaría muy difícil para un animal de sangre caliente, que tiene una mayor necesidad de oxígeno. Pero el caso es que el paladar secundario está ya desarrollado en ciertos sinápsidos, que por otra parte, conservan varias características reptilianas.

En los Ictidosaurios, grupo de fósiles asignados provisionalmente a los últimos Sinápsidos, la

transición de reptil a mamífero viene indicada por la circunstancia de que el único carácter que permite atribuirlos a los reptiles, es la reducción de los huesos de la mandíbula inferior que no es completa. Un paso más, podría decirse, y ya estamos en los mamíferos; y, efectivamente, los mamíferos propiamente dichos, se empiezan a encontrar a continuación, en el límite entre los períodos Triásico y Jurásico.

LA EVOLUCIÓN DEL OÍDO

El oído fue, originalmente, un órgano del equilibrio, función que aún conserva, pero con una serie de modificaciones que permiten percibir vibraciones del exterior, esto es, oír. En los peces, el equilibrio se controla mediante ciertos huesecillos (otolitos), situados en cámaras repletas de líquido: cualquier desequilibrio hace sentir al pez el movimiento del otolito sobre la superficie interna, sensible, de la cámara, y su cerebro registra el desequilibrio, que seguidamente puede ser corregido. Tal como puede verse en la Figura 6, existe también en el pez un huesecillo especial, el hio-mandibular, también llamado columelar, que conecta el oído interno con el interior del cráneo, y sirve para transmitir las vibraciones del agua, pasando por el cráneo, hasta el oído interno.

Figura 6. — Evolución del oído medio en los Vertebrados.

En los Anfibios, el oído posee ya una caja de resonancia adecuada, porque la audición en el aire, requiere un sistema de audición más sensible que en el agua, y la simple transmisión por los huesos del cráneo no sería suficiente. En los Reptiles sinápsidos (Ambulátiles), persiste la misma estructura que en los Anfibios, pero intervienen en la audición dos pequeños huesecillos, el articular y el cuadrado, que forman a su vez parte de la articulación de la mandíbula con el cráneo: estos huesecillos, se sitúan en las proximidades de la caja de resonancia del oído, ayudando probablemente a la audición (12).

Por último, el desarrollo más completo de la estructura del oído medio, se puede ver en los Mamíferos, especialmente en el hombre: el estribo, homólogo del hio-mandibular de los Peces y Anfibios, queda en contacto con el oído interno, pero la transmisión del sonido se hace, desde el tímpano, mediante el martillo y el yunque, que son los homólogos del articular y el cuadrado de los Reptiles.

Nuestro oído es mucho más complicado que el de los peces, sin duda alguna, pero los estudios sobre su evolución, demuestran que los huesecillos existentes en el oído medio, no son más que los huesos mandibulares de nuestros antecesores, adaptados a una nueva y más elevada función.

“ESLABONES PERDIDOS” Y “FÓSILES VIVIENTES”

Las cuestiones más interesantes, desde el punto de vista paleontológico, en materia de evolución, son las que se relacionan con grupos biológicos extinguidos, o que se suponen extinguidos: esta última reserva, es necesaria por la propia experiencia sobre el Coelacanto (Figura 23), un pez perteneciente al grupo de los Crosopterigios, que se suponía extinguido a la vez que los Dinosaurios, al final del Cretácico, y se ha encontrado vivo en 1938.

El principal interés de este descubrimiento, radica en el estudio de su esqueleto, porque los Crosopterigios se llaman así, por sus “aletas lobuladas”, que presentan un lóbulo o base carnosa, en cuyo interior los huesos están dispuestos de tal forma, que preconizan la estructura de las patas de los Anfibios, es decir, el quiridio que luego se encuentra en todos los Vertebrados terrestres y aéreos. En realidad, fue un solo grupo de estos Crosopterigios (13), el que se adaptó a la vida sobre tierra firme, a finales del Devónico y principios del Carbonífero, comenzando a respirar el aire atmosférico, y dando origen de tal manera a los Anfibios. Los demás peces (la mayoría son Actinopterigios), no lograron abandonar el medio acuático, aparte de algunos que pueden respirar fuera del agua, temporalmente, como los Dipnoos actuales.

En Paleontología evolutiva, las cuestiones rara vez quedan completamente zanjadas, y aunque con frecuencia es posible conocer detalles convincentes de la evolución, en un reducido número de fósiles, rara vez se pueden enlazar estos datos parciales para formar una serie evolutiva completa, que suponga una progresión, a través de cambios sucesivos. Más pronto o más tarde, aparece una laguna en la sucesión: tal vez no se han encontrado los fósiles más significativos, o si se han encontrado, no están completos, o la evolución fue tan rápida en ese momento preciso, que los fósiles no muestran todos los estados intermedios.

Este problema es particularmente enojoso, cuando se trata del origen de los grupos mayores, como por ejemplo, los Peces. Sin embargo, en algunas ocasiones, algún hallazgo afortunado de estos “eslabones perdidos”, puede servir para completar líneas evolutivas que de otra forma resultarían discontinuas.

Uno de estos descubrimientos afortunados fue el del Archaeopteryx, un auténtico reptil-ave, del que sólo se conocen dos ejemplares. En el adjunto cuadro, se comparan las características de Archaeopteryx con las que son propias de los Reptiles y de las Aves.

COMPARACIÓN ENTRE REPTILES, ARCHAEOPTERYX Y AVES

REPTILES :

ARCHAEOPTERYX :

AVES:

1) Larga cola, vértebras independientes, en general.

Larga cola con vértebras independientes.

Cola corta, con vértebras unidas.

2) Huesos macizos, en general.

Huesos macizos.

Huesos huecos.

3) Extremidades anteriores análogas a las posteriores.

Extremidades anteriores, parecidas a las posteriores y de igual longitud.

Las alas son las extremidades anteriores profundamente diferenciadas de las posteriores.

4) Cavidad craneal pequeña.

Cavidad craneal amplia.

Cavidad craneal amplia.

5) Por lo general, tienen dientes.

Tiene dientes.

No tienen dientes.

6) No tienen plumas.

Tiene plumas

Tienen plumas.

7) Área de inserción para los músculos pectorales más bien reducida.

Área de inserción para los músculos pectorales reducida.

Área de inserción para los músculos pectorales muy desarrollada.

En este cuadro, puede comprobarse que según los caracteres 1, 2, 5 y 7, el *Archaeopteryx* se asemeja a los Reptiles, mientras que por los caracteres 4 y 6 (que consideramos como los más importantes), se asemeja a las Aves, y por lo que respecta al carácter 3, ocupa una posición intermedia. En realidad, el *Archaeopteryx* (Figura 7), no debía ser buen volador; probablemente planeaba (como los Pterodáctilos y otros auténticos Reptiles voladores), más que volar como las verdaderas Aves. La estructura de sus extremidades posteriores sugiere que podría trepar por los árboles, y de hecho, se supone que el medio arbóreo, con sus condicionamientos de agilidad y ligereza, debe haber sido el precursor del medio aéreo. En definitiva, que los *Archaeopteryx*, se encuentran a medio camino evolutivo entre los Reptiles y las Aves.

INTERPRETACIÓN DE UN AMBIENTE PRETÉRITO, EN FUNCIÓN DE LOS FÓSILES

Resultaría de gran utilidad para el paleontólogo, que cualquier grupo de animales o plantas fósiles, fuese un indicador seguro del clima y demás condiciones ambientales del pasado, pero por desgracia, tal cosa pocas veces resulta posible. Si, por ejemplo, un futuro paleontólogo, dijese de todos los tigres, que fueron habitantes de la jungla tropical, tendría que hacer la salvedad de que, el más corpulento de todos, el “tigre de Manchuria”, habitó el SE de Siberia, donde existe un clima nada tropical: en realidad, este tigre se encuentra tan al Norte como la ciudad de Irkutsk, a una latitud de 53 °N.

Si describiésemos los *Limulus* actuales, que viven en las costas, como habitantes de “aguas marinas someras”, tal cosa no serviría de gran ayuda cuando quisiéramos interpretar su historia: En el Devónico, los *Limulus* eran principalmente marinos, en el Carbonífero, habitaban de preferencia las aguas dulces; en el Mesozoico, también poblaban abundantemente las aguas dulces, pero algunos se adaptaron a vivir en las aguas salobres de los estuarios; y ahora, han vuelto a ser marinos.

Sin embargo, algunos grupos sí que nos proporcionan una información segura: así, por todo lo que sabemos, ningún Cefalópodo (pulpos, calamares, etc.), puede vivir en aguas dulces. Por tanto, la presencia de Cefalópodos fósiles, es una indicación segura del medio marino.

Figura 7. — Reconstrucción del *Archaeopteryx*.

Entre esta maraña de datos, unos fidedignos y otros dudosos, el paleontólogo tantea, con vistas a la reconstrucción del pasado, tarea que, afortunadamente, se suele simplificar con el aporte de datos que no proceden precisamente de los fósiles. Así, las huellas de gotas de lluvia o las grietas de retracción por sequedad, pueden conservarse en la superficie de una capa de arcilla,

proporcionando un buen indicio sobre el clima de aquella época. Los cristales de sales formados por evaporación en los lagos salados, sugieren un clima árido o semiárido. Las cenizas volcánicas, depositadas junto con los fósiles, nos indican la proximidad de volcanes.

ISÓTOPOS DEL OXIGENO

Es posible llegar a conocer las temperaturas de los mares antiguos, a partir de las proporciones de los isótopos de oxígeno, que forman parte del material constitutivo de los fósiles. De los dos principales isótopos del oxígeno presentes en la atmósfera (y por lo tanto, también disueltos en los mares y lagos), el más común es el 0-16, mientras que el 0-18 está presente sólo en la proporción de 1/500. Como quiera que la concentración de iones $\text{CO}_3^{=}$ presente en el agua del mar, que contienen ambos isótopos del oxígeno, varía con la temperatura, y puesto que tales iones pasan a formar parte de las conchas, en forma de CO_3Ca , se comprende que la determinación cuantitativa de los isótopos del oxígeno en el carbonato cálcico de los fósiles, nos dará una medida exacta de la temperatura del agua del mar cuando se formó la concha.

El análisis de las temperaturas del mar en épocas pasadas, se basa en el razonamiento anterior aunque, por supuesto, para simplificar el método, no se han tenido en cuenta algunas dificultades que suelen presentarse; por ejemplo, la recristalización de las conchas fósiles, es un fenómeno muy frecuente que falsea los resultados, porque el agua que circula por la corteza terrestre, no tiene la misma proporción de isótopos del oxígeno que la del mar donde se formó la concha. Sin embargo, teniendo en cuenta todos estos factores, se pueden llegar a obtener algunas deducciones muy importantes: así, del estudio de los Belemnites del Jurásico de Gran Bretaña, se ha deducido que la temperatura media del mar, en aquella época, era aproximadamente de 18°, siendo así que, en la actualidad, los mares que rodean las Islas Británicas, tienen una temperatura que oscila entre 8° y 12°.

Los Belemnites son fósiles que se encuentran corrientemente en los sedimentos de edad mesozoica y pertenecieron a ciertos Cefalópodos —los Belemnoides— actualmente extinguidos. Estos animales tenían el aspecto de un calamar, y de hecho, estaban muy próximos a estos Cefalópodos actuales; ambos eran Dibranquiales. El “Belemnite”, tal como aparece fósil (Figura 8), constituye la parte más resistente del esqueleto interno de estos Cefalópodos y tiene forma de una bala. En sección transversal presenta una estructura fibroso-radiada, y a la par concéntrica, bastante parecida a la de un tronco de árbol cortada transversalmente. La estructura radial, se debe al desarrollo radial de los cristales de calcita que lo forman, y la estructura concéntrica, se debe probablemente (como en el tronco del árbol), al crecimiento anual, según las estaciones del año. Del estudio y dosificación cuidadosa de los isótopos del oxígeno, en estos anillos concéntricos, en los Belemnites del Jurásico de Gran Bretaña, en el supuesto de que no hubiesen realizado migraciones a gran escala, se deduce una variación estacional de 6° para la temperatura del mar, y que estos animales vivían unos 3 ó 4 años.

Figura 8. — Estructura de la concha de un Belemnites: A, sección longitudinal; B, sección transversal, donde se pone de manifiesto la estructura característica, radial y concéntrica.

LAS PLANTAS

Otra fuente de información, lo constituyen las plantas fósiles, ya que en la actualidad, es evidente la clara relación existente entre las plantas y el medio ambiente. Viajando desde el polo al ecuador, se cruza, en primer lugar, la tundra o desierto frío; a continuación, los bosques de Coníferas, después los bosques templados; tal vez, a continuación, crucemos una zona de desiertos cálidos, y finalmente, la selva tropical.

Siempre que estemos en presencia de plantas fósiles, relativamente recientes, de forma que aún tengan representantes actuales, se pueden hacer deducciones muy útiles sobre las condiciones ambientales de tales plantas fósiles; pero con otras más antiguas, tropezaremos con mayores dificultades, aunque pueden establecerse ciertos hechos básicos. Así, en el estudio de las plantas fósiles del Eoceno de Inglaterra, se halló que un 73 % de las plantas actuales, con las que pueden relacionarse, se encuentran en la flora de Indonesia, lo cual sugiere, que en aquella época, la región londinense tuvo una flora análoga a la jungla tropical de la región indonésica, en vez del bosque templado que ahora existiría, si no hubiese sido destruido por el hombre.

Tiene especial interés, el conocimiento de los bosques carboníferos de finales del Paleozoico. La mayoría de las plantas que lo formaban, están ya extinguidas, y no es fácil sacar conclusiones tajantes sobre su ambiente; pero se supone, por ejemplo, que la ausencia de anillos de crecimiento anual, en las plantas arbóreas del Carbonífero, indica ausencia de variación climática estacional, lo cual demuestra una notable alteración del clima, ya que en la actualidad, en estas regiones, los árboles forman anillos anuales de crecimiento, de acuerdo con la sucesión de veranos e inviernos. Sin embargo, también cabe la posibilidad de que la falta de anillos de crecimiento anual, en las plantas paleozoicas, fuese debida a un estado evolutivo más primitivo.

La abundancia de raíces y otros fósiles vegetales, asociados al carbón, nos demuestra que, ciertamente, estamos en presencia de un auténtico bosque, y el polvo negro carbonoso asociado al carbón, que le hace tan sucio, puede ser un indicio de incendios forestales. El gran desarrollo de la vegetación, en la que abundan las plantas arbóreas de más de 30 m. de alto, indica claramente la existencia de lluvias abundantes, pero no es fácil decidir si se trata o no de un clima tropical. Sobre este particular, es interesante hacer notar que, al Oeste de Patagonia, con clima frío, donde los glaciares llegan hasta el mar, se desarrolla un bosque tan denso, en sus niveles inferiores, como la selva tropical húmeda del Amazonas, y que en Alaska, los bosques se asientan sobre los glaciares, nutriéndose de los depósitos morrénicos acumulados sobre el hielo.

LAS POSICIONES DE LOS FÓSILES

En muchas ocasiones, se pueden obtener ciertas deducciones ambientales, a partir de la posición que tienen los fósiles en los estratos.

Al encontrar una capa de carbón, el geólogo, que sabe que el carbón se ha formado a partir de materia vegetal comprimida y transformada, busca las raíces de las plantas que le dieron origen, y si las encuentra atravesando el estrato situado inmediatamente debajo de la capa de carbón, puede deducir, lógicamente, que el carbón está “in situ”, es decir, que los vegetales se acumularon y luego se han transformado en carbón, en el mismo sitio donde crecían en vida. Sin embargo, algunos tipos de carbón pueden haberse originado a partir de materia vegetal previamente transportada. El carbón “cannel”, cuyo nombre deriva del vocablo inglés “canwyll” que designa un tipo especial de candela o antorcha, debido a que arde con una llama parecida a la de una lámpara, es un ejemplo de lo que acabamos de indicar, y puede contener restos de peces, porque al parecer, se formó en un lago, mientras que el carbón normal se forma en regiones pantanosas, análogas a las turberas. En la costa de la Isla de Wight, existe un conjunto caótico de troncos de árboles fósiles, del Cretácico, que evidentemente fueron arrastrados y acumulados por la corriente de un río de aquella época, y ahora van quedando al descubierto por la acción erosiva del mar.

Los fósiles de Invertebrados, debido a su menor tamaño y facilidad de transporte, se suelen encontrar alejados del lugar que ocuparon en vida. De hecho, aparte de los corales, suele ser muy difícil encontrar sus fósiles en el mismo sitio donde vivieron y murieron.

Sin embargo, estos fósiles transportados (14), pueden proporcionarnos cierta información sobre las circunstancias de su enterramiento. Por ejemplo, los Belemnites, quedan a menudo orientados con el eje longitudinal en una dirección preferente, que debió ser la de la corriente, cuando fueron depositados y enterrados en el fondo del mar.

También del examen detenido de los mismos fósiles, se pueden obtener deducciones sobre el ambiente en que vivían los animales correspondientes. Esto se puede apreciar claramente en el caso de los Moluscos Bivalvos (almejas, mejillones, ostras, etc.). En general, pueden deducirse tres formas diferentes de vida para estos Moluscos, de acuerdo con sus características anatómicas reflejadas en las conchas, tal como aparece en el cuadro adjunto.

CARACTERES DE LOS PELECIPODOS

MODO DE VIDA :

CARACTERES ANATÓMICOS DE LAS CONCHAS:

Activa

Tienen dientes en la charnela

son: inequilaterales equivalvos isomiaros

Sedentarios (cementados)

Charnela con dientes atrofiados o ausentes

son: equilaterales inequivalvos anisomiaros o monomiaros

Sedentarios (fijos mediante el biso)

Charnela con dientes atrofiados o ausentes son: de forma variable anisomiaros o monomiaros

Enterrados o perforando las rocas

Charnela con dientes atrofiados o ausentes

son : inequilaterales equivalvos anisomiaros o isomiaros

La terminología empleada en este caso, corresponde a la forma y al interior de la concha (Figura 9): la condición de “equilátera” o “inequilátera”, se refiere a la simetría de la concha, mientras que “equivalvo” o “inequivalvo”, se refiere a las dos conchas similares o distintas. Los términos terminados en “miaría”, se refieren a las impresiones dejadas por los músculos aductores en el interior de las conchas. Los Pelecípodos o Bivalvos, suelen tener dientes en la charnela, que son salientes de la concha, mediante los cuales, las dos valvas se articulan y encajan perfectamente; también poseen poderosos músculos que mantienen cerrada la concha, para impedir que pueda ser fácilmente abierta por otros animales, como las estrellas de mar, que se alimentan de estos moluscos.

Los Pelecípodos de vida activa, viven sobre el fondo del mar y en ocasiones ligeramente enterrados en el cieno o en la arena, respirando mediante una corriente de agua que circula entre sus valvas entreabiertas. Los sedentarios cuyas conchas están cementadas sobre las rocas del fondo marino (ostras y otros análogos), tienden a desarrollarse, como los organismos sedentarios, igualmente en todas direcciones, por lo que sus conchas son equiláteras, pero por estar fijos por una de sus valvas, la otra funciona como la tapadera de una caja, resultando conchas inequivalvas, con la valva superior más pequeña que la inferior. Algunos Pelecípodos de vida también sedentaria, como los mejillones, se fijan a las rocas mediante unos filamentos proteínicos que reciben el nombre de “biso”, como los tirantes de una tienda de campana: estos

Pelecípodos pueden ser asimétricos (inequilaterales), por la posición excéntrica del biso, aunque también pueden ser más o menos simétricos. Por último, los Pelecípodos que viven enterrados en los sedimentos del fondo del mar, o que perforan las rocas, deben su forma asimétrica o inequilateral, al hecho de que precisan una forma alargada para poder enterrarse o penetrar en el agujero de la roca.

De esta forma, se puede deducir el modo de vida y el ambiente en que vivía un Pelecípodo, en función de sus características morfológicas. En ocasiones, los fósiles de moluscos perforadores se pueden encontrar en los propios agujeros o galerías donde habitaban; los que vivieron cementados sobre las rocas del fondo del mar, pueden encontrarse unidos a dichas rocas, y si están separados de ella, pueden, en algunos casos, conservar la impresión de la roca como una cicatriz en el área de fijación.

Figura 9 — Significado de algunos términos, usados en la descripción de los Pelecípodos o Bivalvos, (m impresiones musculares; d, dientes de a charnela) Nótese que las dos valvas son simétricas (cuando son equivalvas), respecto a un plano sagital.

De la posición de las conchas en los estratos, se puede obtener alguna información adicional, como por ejemplo, el transporte sufrido por las mismas, que se manifiesta en el porcentaje de conchas que presentan la convexidad hacia arriba o hacia abajo, y el de conchas abiertas o cerradas. Las corrientes de agua, tienden a colocar las conchas con la convexidad hacia arriba, en la posición más estable (más hidrodinámica). Por otra parte, como los músculos sólo pueden cerrar las conchas al contraerse, la apertura se efectúa mediante un ligamento elástico, que actúa cerca de la charnela, pasivamente, cuando los músculos se relajan. Cuando el animal muere, los músculos se descomponen y el ligamento, más resistente, produce la apertura de las dos valvas. De esta forma, la proporción de conchas cerradas y abiertas, nos proporciona un indicio sobre la rapidez con que fueron enterradas, ya que un enterramiento tardío, será motivo de que casi todas las valvas estén abiertas.

LOS HÁBITATS PASADOS Y ACTUALES

La determinación del hábitat de organismos fósiles, a partir del correspondiente a sus parientes más cercanos que viven actualmente, no es tarea fácil, y la dificultad aumenta, proporcionalmente a la edad geológica de los fósiles. La interpretación de las especies fósiles que aún tienen representantes actuales, es relativamente sencilla, pero pocas especies actuales se encuentran fósiles más allá del Pleistoceno. En la Era Terciaria, encontramos con frecuencia

géneros que tienen especies actuales, pero no resulta fácil determinar cuál puede haber sido la variación de hábitat, para las especies anteriores que sólo se conocen fósiles.

Consideremos el caso de los elefantes, actualmente representados por dos especies, *Elephas maximus*, el elefante indio, y *Loxodonta africana*, el elefante africano; ambos viven en ambientes tropicales, como la sabana y la jungla. Cabría esperar, que las especies fósiles próximas, lógicamente, hubiesen vivido en hábitats parecidos; sin embargo, esto no es cierto, especialmente refiriéndonos al mamut, el *Elephas primigenius* (ahora denominado *Mammuthus primigenius*), que vivió en la tundra ártica. Es evidente, que los representantes del género *Elephas* (en sentido amplio), han tenido y tienen una gran variedad de hábitats.

En algunas ocasiones, además, ciertas especies pueden variar sus necesidades ecológicas, y de hecho, de otra forma, no se comprende cómo habría tenido lugar su evolución. Tenemos un famoso ejemplo de este cambio, en un pequeño caracol acuático, *Potamopyrgus jenkinsi*, que hasta finales del siglo XIX vivía en los estuarios y actualmente puebla los ríos: este cambio de hábitat, de agua salobre a dulce es muy notable, por cuanto ha sucedido en menos de un siglo. Cambios como éste, pueden haber afectado a muchos animales: la mayoría de los tiburones son marinos, pero en ocasiones, pueden encontrarse en las aguas continentales, por ejemplo, en el Lago Nicaragua. También las ballenas que se encuentran en los lagos de China, probablemente han remontado los grandes ríos que desembocan en el Pacífico. Entre los Invertebrados, recordemos los casos del “cangrejo de los cocoteros”, que trepa por el tronco de los árboles, en la región indo-pacífica, el cual muere por asfixia si se le priva del aire atmosférico, y los *Ditiscus* (escarabajos acuáticos), que normalmente viven en el agua. Sin embargo, a pesar de tales anomalías, suele ser posible, con un conocimiento exacto de los hechos, llegar a deducir el hábitat en que vivieron las especies fósiles.

Un ejemplo clásico de la deducción de las condiciones del medio ambiente, en función de los fósiles, lo constituye el estudio de los Mamíferos fósiles del “Great Basin”, situado en las tierras altas de la Cordillera Americana, al NE de California. De esta región, se han estudiado unos 20.000 fósiles de Mamíferos, número que tiene gran importancia, porque en los estudios de este tipo, al disponer de mayor número de fósiles, estadísticamente, los resultados obtenidos son más seguros. Se observa una notable desaparición de los Perisodáctilos (del tipo del caballo), y una reducida invasión de los Desdentados (como el Perezoso, etc.), durante la Era Terciaria: este último fenómeno es debido a la reapertura del istmo de Panamá, a finales del Terciario, después de un largo período (desde el Eoceno al Plioceno inferior), de aislamiento por el mar entre Norte y Sur América. Por otra parte, los datos obtenidos del estudio de los fósiles, muestran que, durante el Terciario, se desarrolló una tendencia, parcialmente invertida durante el Cuaternario, hacia una mayor sequedad ambiental en el Norte del “Great Basin”, con el consecuente aumento de las diferencias entre las temperaturas extremas. La tendencia general, fue la transformación del bosque en sabana y de ésta en pradera: sólo sobrevivieron, sin grandes alteraciones, durante este período, las comunidades establecidas en las márgenes de los ríos. Cuál haya sido la causa de esta progresiva sequía, es otra cuestión, pero una posible explicación, puede residir en la elevación del macizo montañoso hacia el Oeste, que fue causa de la progresiva escasez de lluvia

en el “Great Basin”, mientras en el Cuaternario, la inversión del proceso, se debió seguramente al enfriamiento general y aumento de la humedad, consecuencia de las glaciaciones.

OTRAS INFORMACIONES APORTADAS POR LOS FÓSILES

Pocas veces se encuentran fósiles con indicaciones sobre las causas de su muerte. Cerca de mi propia ciudad de Portsmouth (Inglaterra), se encontraron no hace mucho algunos huesos humanos de Sajones, que debieron ser asesinados, porque uno de ellos tenía un clavo metido en el oído. Retrocediendo a tiempos más remotos, podemos referirnos a los peces del Oligoceno de Rumania, que murieron con las bocas abiertas, por lo que, al parecer, perecieron asfixiados debido a las condiciones del agua contaminada, y es de notar, que cerca de esta localidad, se encuentra el campo petrolífero de Ploesti.

Las pruebas de carnivorismo en los fósiles, no son frecuentes, salvo por la estructura de la dentición. Los dientes son muy buenos fósiles, debido a que están formados por dentina recubierta de esmalte, y pueden interpretarse en relación con la clase de alimentación que corresponde a sus poseedores. De esta forma, podemos distinguir los dientes agudos y largos de los animales carnívoros (león, tiburones); los que tienen coronas planas, propios de los herbívoros (caballo); los de superficie rugosa, que corresponden a comedores de moluscos (rayas), y los dientes puntiagudos de los insectívoros (musarañas). Muchos mamíferos, como el hombre, poseen diversas clases de dientes, para abarcar una dieta variada, y sólo algunos, como los Roedores, tienen dientes de crecimiento continuo.

En el hombre, una vez que se forma la segunda dentición, cualquier pieza que se pierda, se pierde para siempre, lo cual contrasta con lo que ocurre en los elefantes: a parte de sus “colmillos”, que son dientes muy modificados, en su mandíbula se forman continuamente nuevos molares, de modo que cuando uno se desgasta y cae, otro nuevo viene a reemplazarle (15).

Finalmente, es fascinante, aunque sea muy raro, encontrar marcas dejadas por los dientes de un carnívoro, en un hueso fósil, lo cual es una clara indicación de muerte violenta.

En algunas ocasiones, en los fósiles, se pueden encontrar indicios de otras funciones fisiológicas, a parte de la alimentación. Así, por ejemplo, la presencia de esqueletos de pequeños Ictiosauros, en el interior del cuerpo de otro mucho mayor, nos indica que estos reptiles marinos del Mesozoico eran vivíparos, es decir, que sus crías nacían y ya vivas, en vez de poner huevos, como es normal en los Reptiles.

Algunos Cefalópodos paleozoicos, cuyas conchas están excepcionalmente bien conservadas, conservan bandas de coloración diversa, que deben corresponder a la coloración del animal vivo, tal como ocurre actualmente con la concha del Nautilus. En estos Cefalópodos, la parte superior

de la concha, bien iluminada por la luz solar, presenta una brillante coloración, mientras que su parte inferior, que vista por otros animales marinos se proyecta contra la superficie brillante del mar, es de tonos pálidos; está claro que los Cefalópodos paleozoicos, a los que nos hemos referido, nadaban con el ápex de la concha en posición horizontal, y en otros casos, con la concha colocada hacia arriba, lo que concuerda notablemente con su posición durante la natación deducida por otras consideraciones.

3 - Los primeros comienzos

“Y dijo Dios: engendren las aguas” — John Milton, El paraíso perdido.

LA ATMÓSFERA PRECÁMBRICA

El origen de la vida es un problema de difícil e incierta solución. Los fósiles claramente identificables comienzan en el Cámbrico; es cierto que también los hay en el Precámbrico, pero son raros, suelen estar mal conservados y por lo general es difícil correlacionarlos con las clasificaciones vigentes. Por otra parte, aún los fósiles más sencillos del Precámbrico, lo único que demuestran es la existencia de seres vivos en una etapa muy temprana de la historia de la Tierra, y de esta forma, no estamos más cerca de descifrar el origen de la vida, de lo que podríamos estarlo del origen del lenguaje, estudiando la literatura más antigua conocida.

Hay sin embargo, ciertos indicios que, unidos a una serie de conjeturas (si bien en algunos casos bastante razonables), pueden servir de base a una hipótesis sobre el origen de la vida. El primer paso que hay que dar, para tratar de responder a una cuestión de este tipo, es decidir dónde hay más probabilidad de encontrar estos indicios, y si consideramos el origen de la vida, debemos considerar también el medio ambiente en el que apareció. ¿Estuvo la Tierra más caliente en la Era Arcaica, o estaba cubierta por glaciares? — ¿Abundaban los volcanes? — El mar, ¿era salado? — La atmósfera, ¿era como la actual? — Todas estas cuestiones, son realmente dudosas, y nosotros aquí, sólo trataremos de la última.

Se ha escrito una novela de ciencia-ficción, en la que, como consecuencia de una guerra nuclear, la Tierra cambia de órbita, pasando a otra más elíptica (de mayor excentricidad) que la que tiene ahora, de manera que, cada vez que pasaba cerca del Sol, perdía parte de la atmósfera por efecto de la atracción solar, y en consecuencia, el aire se iba enrareciendo progresivamente, hasta que los supervivientes de la guerra nuclear, se fueron asfixiando lentamente. Esto, por supuesto, es una fantasía, pero los datos geológicos disponibles, nos hacen pensar en una atmósfera igualmente irrespirable, en el pasado.

Existen unos conglomerados precámbricos, depositados por una corriente de agua, que han estado en contacto directo con la atmósfera o con sus gases disueltos en el agua, que presentan ciertas diferencias con respecto a los conglomerados actuales; la principal diferencia está en los minerales que contienen: En ambos hay granos de cuarzo, pero mientras los conglomerados modernos contienen óxidos de hierro, los del Precámbrico contienen pirita (sulfuro de hierro), que ha sido, evidentemente, transportado por el agua en forma de granos de tamaño análogo al de los del cuarzo, hasta su actual situación. En la actualidad, la pirita es moderadamente estable en la atmósfera, pero nunca forma parte de las rocas sedimentarias, porque el oxígeno del aire o

el disuelto en el agua, altera los sulfuros y provoca la formación de óxidos de hierro. Según esto, los conglomerados precámbricos se deben haber formado en aguas carentes de oxígeno: estas condiciones se pueden dar en aguas estancadas, pero las aguas corrientes (como las que depositaron los conglomerados), inevitablemente llevarían en disolución el oxígeno atmosférico, por lo que, los conglomerados piritosos sugieren la existencia de una atmósfera carente de oxígeno.

La existencia de una atmósfera carente de oxígeno, tiene importantes implicaciones, a parte de la incapacidad de los animales para respirarla. La estratosfera, situada por encima de la troposfera hasta una altura de 50 km., contiene en su parte superior una zona donde se concentra el ozono (forma alotrópica, especial, del oxígeno, O₃), que aunque muy rarificado, es de vital importancia para nosotros, puesto que nos protege de los rayos ultravioleta, que emite constantemente el Sol. Una pequeña parte de estos rayos ultravioleta, ciertamente, atraviesan la capa de ozono, y son la causa de que se ponga morena la piel, pero si toda la radiación de este tipo, atravesase la atmósfera, moriríamos quemados en poco tiempo. El oxígeno, por otra parte, mediante descargas eléctricas, es el productor del ozono, de tal manera que, una atmósfera carente de oxígeno, dejaría pasar fácilmente los rayos ultravioleta hasta la Tierra. Esto nos lleva aparentemente a una paradoja: si los rayos ultravioleta son letales, y si no había oxígeno que respirar, ¿cómo pudo la vida, tal como la conocemos actualmente, haber existido? La respuesta tiene dos partes:

— En primer lugar, la vida anaerobia (que se desarrolla sin necesidad de consumir oxígeno), es bien conocida, incluso actualmente: ciertos ambientes carentes de oxígeno libre, son ricos en bacterias anaerobias, las cuales se desarrollan a base de ciertos compuestos que contienen oxígeno únicamente en estado combinado, como p. ej., los sulfatos.

— En segundo lugar, las radiaciones ultravioletas, aunque sean letales para nosotros, son un importante activador de las reacciones químicas. Se han llevado a cabo una serie de experiencias con radiación ultravioleta y descargas eléctricas (que bien pudieron tener lugar en forma de rayos o relámpagos en la atmósfera primitiva), y se ha comprobado que estos agentes dan lugar a la formación de moléculas orgánicas bastante complejas, a partir de simples compuestos inorgánicos (dióxido de carbono, amoníaco, agua, metano).

De hecho, nadie ha creado aún vida por este procedimiento, pero en la inmensidad del tiempo geológico, la vida bien pudo haberse originado mediante estos procesos, actuando sobre sustancias químicas formadas naturalmente.

El siguiente paso, sería la formación de oxígeno libre a partir de su estado combinado, del mismo modo que lo hacen las plantas en la fotosíntesis, probablemente por la acción de algas (muchas de ellas unicelulares), y a continuación se formaría el ozono, que protegería a la Tierra de los rayos ultravioleta, haciendo posible el desarrollo de la vida, tal como ahora la conocemos, incapaz de resistir las radiaciones ultravioleta que anteriormente llegaban a la Tierra.

Ahora se nos presenta otra pregunta: ¿cuándo ocurrió todo esto? La edad de las rocas que no

contienen fósiles es muy difícil de calcular, pero las rocas que nos han proporcionado evidencia de una atmósfera carente de oxígeno, vienen seguidas por otras, de tipo más moderno, cuya edad se estima en unos 1.000-2.000 millones de años, es decir, aproximadamente de una edad triple que el Cámbrico, y este punto puede ser un momento crucial, puesto que marca el límite entre la vida anaerobia y la aerobia, como un rasgo muy característico de la historia de nuestro planeta.

LOS FÓSILES DEL PRECÁMBRICO

Antes de considerar el período Cámbrico, con su abundante y variada fauna, es necesario conocer los restos fósiles del Precámbrico, en cuanto sea posible.

Estos restos, pueden ser fósiles de los mismos organismos, o bien simplemente, proporcionarnos pruebas de la existencia de otros que no han fosilizado. Esta evidencia indirecta, incluye ciertas calizas que han sido consideradas como producto de la acción de Algas u otros organismos de este tipo, cuya edad corresponde al Precámbrico inferior —algunas especies de *Rhodesia* son con seguridad de hace 3.000 millones de años— pero se extienden hasta el Paleozoico inferior (16).

Los fósiles más convincentes, análogos ya a los organismos actuales, y de mayor antigüedad, proceden de los yacimientos de hierro de la formación “Gun Flint” del Canadá, cuya edad, difícil de determinar con exactitud, está probablemente comprendida entre 1.000 y 2.000 millones de años. Su conservación es excelente, y se trata de algas microscópicas, silicificadas durante su fosilización (impregnadas por sílice); algunos de estos fósiles parecen ser realmente algas, mientras que otros podrían ser quizás hongos. Si realmente se trata de algas, podemos deducir que ya realizaban la fotosíntesis y que descomponían el dióxido de carbono, desprendiendo oxígeno libre, con lo que aportarían el elemento indispensable para la vida animal.

Figura 10. — Fósiles precámbricos de *Edicara* (Australia), en la parte superior, y algunos representantes actuales de animales análogos a ellos, en la parte inferior. (Los dibujos no están a escala.)

Quizás no tan antiguos como los de “Gun Flint”, pero más variados, son los fósiles de las rocas precámbricas de la región de *Edicara* en Australia. Al contrario de los de “Gun Flint”, los fósiles de *Edicara* son impresiones de animales de cuerpo blando, claramente visibles a simple vista, que parecen haber vivido en aguas someras de fondos arcillosos, quedando luego recubiertas por arena muy fina, la cual, al endurecerse, ha formado una arenisca o cuarcita muy dura en la que se conservan las impresiones. La arcilla se ha transformado en sericita, una sustancia micácea,

que al disgregarse por acción de la intemperie, deja al descubierto las impresiones de las cuarcitas, en la superficie de los bloques que se desprenden por las laderas de las montañas de Edicara. Estos fósiles, sólo pueden describirse con imprecisión: algunos tienen aspecto de “medusas”; otros tienen cierto parecido con “gusanos”, y algunos son completamente distintos a cualquier tipo de organismo actual. De hecho, ninguno puede relacionarse con seguridad a un grupo de animal definido, pero es posible establecer ciertas analogías: en la Figura 10, aparecen los principales fósiles precámbricos (Dickinsonia, Spriggina, Rangea), comparados con algunos organismos actuales con los que posiblemente estén relacionados. También tiene interés el hecho de que las supuestas formas de “gusanos” de Edicara, como Spriggina, se asemejen, tanto a los gusanos actuales, como a ciertos Trilobites del Cámbrico inferior.

TRANSICIÓN AL CÁMBRICO

Ya en el Cámbrico, los fósiles comienzan a aparecer en cantidad suficiente, para poderlos encontrar, con relativa facilidad, en cualquier parte del mundo. En realidad, el Cámbrico inferior es más bien pobre en fósiles, pero a base de una búsqueda intensiva a escala mundial, se ha conseguido descubrir una rica fauna bien diversificada, mientras que las rocas del precámbrico, que están situadas inmediatamente debajo de ellas, no suelen contener fósiles.

La diferencia entre las faunas del Cámbrico y del Precámbrico, sin embargo, no se refiere únicamente a su abundancia: mientras que los fósiles de Edicara (y los de otras localidades precámbricas, p. ej., en África austral), son de organismos de cuerpo blando, cuyas únicas partes duras son pequeñas cerdas o espiculas microscópicas, formadas en los tejidos blandos para darles mayor consistencia, en el Cámbrico encontramos, desde sus comienzos, fósiles con partes esqueléticas duras. También existían, naturalmente, gusanos y otros organismos de cuerpo blando, del mismo modo que en el Precámbrico, pero estos fósiles son insignificantes y escasos, en comparación con los que poseen esqueletos resistentes.

Una diferencia más profunda, entre los fósiles cámbricos y precámbricos, es que estos últimos son extraños, imprecisos y difíciles de relacionar con los grupos modernos, mientras que los del Cámbrico son, por lo general, fáciles de relacionar con los actuales. De hecho, todos los grandes grupos de organismos fosilizables, excepto los Briozoos y los Vertebrados, se pueden seguir desde el Cámbrico (véase la Figura 11).

¿Cuál fue la causa de este extraordinario aumento de fósiles? — Las rocas que contienen los fósiles de Edicara, no parecen ser muy diferentes de las que contienen los del Cámbrico; es posible que el principio de este período, coincidiese con la aparición de conchas y caparazones duros, pero no es fácil comprender, porqué tantos grupos independientes de animales, desarrollaron a la vez tales esqueletos duros, en el Cámbrico inferior, a menos que, tal vez, ciertos de estos animales “inventaran” el tipo de alimentación carnívoro, obligando a los demás a seguir

el juego y protegerse adecuadamente.

También es posible que la atmósfera se haya enriquecido lentamente en oxígeno, y que en el Precámbrico, hayan existido pequeñas comunidades de animales, agrupadas allí donde hubiera vida vegetal suficiente para proporcionarles el oxígeno necesario, y a que la escasez de vegetales habría significado una menor liberación de oxígeno que se combinaría rápidamente con el hierro y otros elementos químicos en el mar precámbrico. El comienzo del Cámbrico pudo ser, bajo este punto de vista, el comienzo de un período en que habría ya oxígeno suficiente disuelto en el agua, para completar la oxidación de los compuestos químicos en solución, y dejar aún suficiente oxígeno libre para que la vida animal se extendiera en los mares. Una etapa en la que, el contenido del agua en oxígeno, aumentase rápidamente hasta sobrepasar la cantidad requerida para la oxidación de los elementos químicos oxidables, podría explicar la aparentemente repentina aparición de tantos grupos de animales en el Cámbrico.

LA VIDA EN EL CÁMBRICO

Al margen de lo que se pueda especular, sobre el origen de los seres vivos que por primera vez aparecen en el Cámbrico, la abundancia de grupos de animales ampliamente diversificados, y estructuralmente bastante avanzados, nos viene a indicar que debió existir una larga historia precámbrica, para la mayoría de tales grupos, que es la que pretendemos investigar. Por otra parte, la vida en el Cámbrico parece haber estado restringida al mar y, de hecho, hasta al Silúrico y el Devónico los seres vivos no se aventuraron en el “inhóspito mundo” no marino, que presentaba peligros tan graves como el hielo en invierno, la sequía en verano, impetuosas corrientes fluviales y el extraño ambiente terrestre y subaéreo.

Figura 11. — Distribución de los principales grupos de fósiles en los tiempos geológicos.

Es interesante revisar los grupos de organismos representados en el Cámbrico, y aunque resulte quizás un tanto fastidioso, comprobar que la vida se nos presenta ya como un hecho consumado, en el sentido de que la mayoría de los grupos más importantes estaban ya establecidos en los comienzos de este período, podemos en cambio comprobar cómo fue una época de “experimentación inicial”, y a que muchos subgrupos del Cámbrico se extinguieron o quedaron muy reducidos, mientras que en el Ordovícico ya se logró la estabilización de otros muchos que todavía existen en la actualidad, y que ya son menos “exóticos”, en comparación con los tipos normales actuales.

Los seres vivos presentes en el Cámbrico son los siguientes:

Reino Planicie (Vegetales): están representadas por calizas cuyo origen se debe a la actividad de ciertas Algas; algunas de estas estructuras se encuentran también en el Precámbrico.

Reino Protista: son organismos unicelulares; Protozoos y otros organismos análogos, cuyos caracteres los sitúan entre Vegetales y Animales. Los esqueletos microscópicos de estos organismos, se conocen desde el Cámbrico inferior.

Reino Animalia (Animales):

Phylum Brachiopoda: estos Invertebrados, de aspecto parecido al de los Moluscos Bivalvos, son todavía actuales, aunque están muy reducidos, en comparación con su desarrollo en el Paleozoico; son fósiles comunes en el Cámbrico.

Phylum Arthropoda: Clase Trilobites: muy comunes en el Cámbrico, pero se extinguen al final del Paleozoico. De otros Artrópodos, se conocen algunos elementos representativos, pero no son frecuentes.

Phylum Mollusca: Los representantes primitivos de este grupo (Gasterópodos y Pelecípodos), se conocen desde el Cámbrico, si bien son bastante escasos.

Phylum Echinodermata: los primeros representantes de este Phylum, se encuentran en el Cámbrico: Edrioasteroideos, Cystoideos, *etc.*

Phylum Porifera: las primeras Esponjas aparecen en el Cámbrico, y los Arqueociátidos son exclusivos de este período.

Phylum Coelenterata: las medusas, a pesar de su carencia de esqueleto, presentan un notable registro fósil, ya desde el Precámbrico. Los Corales, se empiezan a encontrar en el Ordovícico, pero sus antecesores se pueden situar en el Cámbrico.

Phylum Chordata (Cordados y Vertebrados): Los Vertebrados propiamente dichos, no se conocen fósiles hasta el Ordovícico; pero si los Graptolitos son —como se ha pretendido— Pterobranquios, que están relacionados con los Cordados primitivos, puede considerarse que empiezan en el Cámbrico. Ciertos fósiles extraños, agrupados bajo el nombre de Calcicordados (ver más adelante, Figura 14), que han sido asignados a los Cordados y a los Equinodermos (Carpoideos), también son cámbricos.

Figura 12. — La vida en el Cámbrico: distribución de los principales grupos de fósiles y sus posibles relaciones, indicadas por líneas de puntos.

La Figura 12, nos presenta esquemáticamente estos datos, sobre la vida en el Cámbrico, y en ella, el grosor de las columnas correspondientes a cada grupo, viene a representar la abundancia de fósiles en cada época.

Así pues, con ciertas garantías, se ha podido establecer a grandes rasgos el conjunto del mundo de los seres vivos en el Cámbrico, que ya comprende los grupos más importantes (Phylla), aunque los grupos menores (Clases) comprendidos en los mismos, sean bastante distintos de los que nos son familiares. Estas diferencias son más acusadas en la fauna del Cámbrico medio hallada en las pizarras de Burgess (Canadá).

Las circunstancias del descubrimiento de los extraños fósiles de las pizarras de “Burgess Pass”, han sido descritas por Me. Alester en “Historia de la vida” (Prentice Hall), de donde transcribimos el siguiente pasaje:

“Al cruzar un agreste paso de montaña, cerca de Field en la Columbia Británica (Canadá), Walcott y sus acompañantes tropezaron con unas lajas de pizarra negra que contenían Trilobites del Cámbrico medio, e impresiones de otros fósiles de cuerpo blando, del tipo de los gusanos; las investigaciones subsiguientes revelaron que los fósiles procedían de diversos estratos de pizarra, que afloraban parcialmente en el escarpado talud de la montaña. En los veranos siguientes, Walcott volvió a la localidad con gran acompañamiento, logrando excavar unos 8 m. en la roca, para recoger los fósiles, la mayoría de los cuales se encontraron en unos estratos de 1 m. de espesor. Los estudios preliminares llevados a cabo por Walcott, revelaron que las pizarras contenían más de un centenar de especies de Invertebrados de cuerpo blando, bien preservados, junto con gran cantidad de Trilobites (que tienen caparazón) y Esponjas. Dominan, sobre todo, los Artrópodos: Trilobites y representantes de otras 4 Clases primitivas, carentes de caparazón”.

Causa envidia ver que alguien tropiece con fósiles como estos. Los Artrópodos presentan, ciertamente, una extraordinaria variedad de formas, lo que demuestra que este Phyllum había alcanzado una notable diversidad, incluso en las primeras etapas de su historia. La Figura 13 muestra 4 fósiles de las pizarras de Burgess, tomados más o menos al azar, para demostrar la diversidad de formas existentes.

Los Trilobites, que se desarrollaron durante el Paleozoico, forman un grupo completamente extinguido, pero en el Cámbrico y en el Ordovícico, presentan una gran variedad y amplia dispersión, comparables a las que presentan actualmente los Crustáceos. Son particularmente notables sus ojos que, aunque rudimentarios o ausentes en algunos casos, son en general compuestos, como los de las moscas, y es probable que, a parte del hecho de que los Trilobites vivían bajo el agua, tuvieran una visión del mundo similar al percibido por las moscas.

Figura 13. — Fósiles de las pizarras de Burgess (Columbia Británica, Canadá), del Cámbrico medio.

Las rocas del Cámbrico son abundantes en conchas misteriosas, cuyas afinidades son dudosas. Entre estas, están los Calyptomátidos p Hyolithes, calcáreos, de forma cónica, que a veces parecen estar divididas en el interior e incluso parece que poseían unos órganos en forma de aletas externas; en ocasiones se encuentra también un opérculo. Estas conchas son comunes en las pizarras del Cámbrico, pero su posición dentro del Reino Animal es muy dudosa.

Se conocen también otras conchas cónicas del Cámbrico; unas son calcáreas mientras que otras están formadas por fosfato cálcico, pudiendo ser extraídas de la roca que las contiene con un ácido débil. Con frecuencia resulta más sencillo llegar a conocer la forma de vida de los animales correspondientes a tales conchas, que averiguar lo que realmente eran.

4 - La vida en el mar

“Aprende a navegar del pequeño Nautilus, despliega el fino remo y aprovecha el viento favorable” — pope.

LA VIDA EN LOS ARRECIFES Y EN LA LAGUNA INTERNA

Los que viven en las proximidades de los mares de coral —Mar Rojo, Océano Indico, Mar Caribe y Pacífico austral y occidental— tienen el privilegio de poder observar la vida marina en todo su esplendor. En muchos aspectos, la vida en los continentes parece estar en decadencia; sin embargo, por lo que se refiere a los océanos, la vida es todavía muy floreciente. La gran barrera de arrecifes de Australia (de 1.600 Km. de longitud, por 25-28 Km. de anchura), edificada en su totalidad por Corales y Algas calcáreas, es realmente enorme, con relación a cualquier otra formación de arrecifes pasada o actual. Por otra parte, los arrecifes presentan una gran variedad de vida: desde los pequeños moluscos bivalvos que perforan conductos en la misma roca formada por el coral, pasando por los organismos que forman el arrecife o viven sobre él (corales, algas calcáreas, estrellas y erizos de mar, gasterópodos, pelecípodos, etc.), hasta los peces y el plancton flotante, que indirectamente están relacionados también con el arrecife, por depender de él para su alimento y reproducción y por otros lazos menos visibles.

Es un hecho significativo, que muchos de los llamados “arrecifes de coral” actuales, estén formados por un material que no procede de los Corales. Aproximadamente la mitad del arrecife, con frecuencia, es el producto de las Algas calcáreas; por otra parte, los arrecifes de tiempos pasados, contienen una proporción de coral incluso menor, pudiendo a veces ser los Corales, meros organismos accesorios, que vivían en la superficie del arrecife, como los árboles en la sabana, o incluso no existir verdaderos corales en el arrecife.

Podríamos entonces preguntarnos: ¿qué es, pues, un arrecife? Se ha sugerido que el nombre deriva del antiguo vocablo escandinavo “rif”, cadena de rocas o escollos, que posteriormente vino a significar una “barra” resistente situada a flor de agua, con frecuencia formada por los corales. En el contexto de este libro, el término “arrecife” significa cualquier formación rocosa formada “in situ” bajo el agua, por organismos vivos; el término in situ, implica la exclusión de los bancos formados por conchas que han sido acumuladas por el oleaje o por las corrientes.

Con el propósito de ilustrar diversos tipos de arrecifes, tomaremos algunos ejemplos de épocas pretéritas —Silúrico del Canadá, Pérmico de Inglaterra, Jurásico de Alemania— comparándolos con los arrecifes modernos.

La serie de rocas de la formación de Niágara (Canadá), que corresponden al Silúrico, son un excelente ejemplo de formaciones recifales paleozoicas, que también se encuentran en Gran Bretaña, en Suecia y en otros lugares (17).

Los arrecifes del Niágara, en la región de los grandes lagos, se han desarrollado sobre un fondo marino de aguas someras, y probablemente se iniciaron a partir de pequeñas precipitaciones de carbonato cálcico sobre conchas y otros restos duros, desarrollándose posteriormente para formar sus propias bases sólidas y creciendo así progresivamente. Sin duda, las condiciones marinas fueron favorables para el desarrollo de los Corales en el Silúrico medio, y dejaron de serlo más tarde, cuando desaparecen las formaciones recifales. La primera fase de la construcción de un arrecife, donde puede observarse, parece haber tenido lugar en aguas relativamente profundas, y se inicia por un tipo especial de corales ya extinguidos, los Tabulados. Posteriormente, cuando el arrecife alcanzó el límite donde se deja sentir la acción del oleaje, desempeñan un importante papel, en la construcción del mismo, los Estromatopóridos, que también eran Celentéreos, actualmente extinguidos, y los Corales pasaron a ser menos importantes.

Los Estromatopóridos tienen forma variable; son estructuras calcáreas compactas y duras, del tamaño de un puño, de un balón de fútbol o mayores. Presentan una micro estructura complicada y, evidentemente, albergaron en vida colonias de pólipos, más o menos, como las actuales colonias de corales. Estos Estromatopóridos, junto con otros organismos, forman la estructura inicial, resistente al oleaje, del arrecife, sobre la cual se desarrolló ésta cuando el agua somera y turbulenta, en esta fase intermedia, favoreció su formación. Posteriormente, en la fase final, se completó la formación del arrecife, continuando los Estromatopóridos gran parte del trabajo de construcción, pero sobre el arrecife pululaban una gran cantidad de organismos: Trilobites, Moluscos, Esponjas, y otros menos familiares, que se han conservado fósiles en gran cantidad.

Las calizas recifales del Silúrico medio de Wenlock, en Inglaterra, formadas en condiciones muy parecidas a las de Niágara, contienen los siguientes fósiles:

Phylum Brachiopoda: representado por multitud de formas; algunas conchas se encuentran en

posición de vida, pero la mayoría muestran señales de haber sido arrastradas por las corrientes.

Phylum Bryozoa: colonias de Briozoos, muy abundantes.

Phylum Arthropoda: fragmentos de caparzones de Trilobites.

Phylum Mollusca: son todavía escasos, pero tanto los Pelecipodos como los Gasterópodos se encuentran fósiles, y van siendo más frecuentes a medida que transcurre la era Paleozoica.

Phylum Echinodermata: los Crinoides son muy abundantes, aunque la mayoría de las veces, sólo se conservan fósiles sus tallos, que son muy comunes en todo el Paleozoico.

Phylum Porifera: también se encuentran restos de Esponjas, asociados a estos sedimentos.

Phylum Chordata: los restos de Peces son todavía raros en el Silúrico, pero los Graptolitos son muy abundantes (18).

Una vez que los arrecifes han alcanzado su completo desarrollo, constituyen un elemento importante de las formaciones del Silúrico, en aguas someras y turbulentas, como lo atestiguan los abundantes fragmentos de fósiles asociados. Luego los arrecifes desaparecen por completo, siendo sustituidos por “bosques de Crinoides”, que se desarrollan sobre los arrecifes sumergidos; ahora encontramos grandes acumulaciones de los tallos de estos Crinoides, formando calizas en las que a veces aparecen ejemplares completos, superpuestos al arrecife. Posteriormente, todo quedó enterrado por sedimentos, y sólo restan los arrecifes, como mudos testigos —a la manera de las colinas formadas por los nidos de Termitas sobre la llanura— de la floreciente vida que albergaron.

En Norteamérica, los arrecifes del Silúrico medio presentan una distribución general en forma de gran “V”, con el vértice en la parte central de Estados Unidos y los brazos abiertos hacia el Norte, llegando hasta las Islas del Canadá, del Ártico y El Labrador; parece posible que estos arrecifes deban su distribución, a las corrientes marinas de aquella época, que tal vez estaban condicionadas por los vientos dominantes (los cuales, por supuesto, habrían sido completamente diferentes de los vientos actuales).

En Inglaterra, los arrecifes parecen estar relacionados con el Macizo de Midland, que en aquella época era una zona de aguas someras, y con el área de Gales, que correspondía a otra da aguas profundas y, por tanto, poco adecuada para el depósito de calizas recifales. El límite entre estas dos áreas aparece fuertemente fracturado, y el juego de las fallas, con tendencia a formar áreas de fuerte levantamiento y de subsidencia, puede haber afectado considerablemente a la formación de los arrecifes.

En la Isla de Oesel, en el Mar Báltico, los depósitos del Silúrico superior contienen fósiles de Peces: relativamente buenos en las formaciones continentales, y fragmentarios (probablemente

transportados), en los sedimentos marinos. Los primeros restos de Peces fósiles, se han encontrado en el Ordovícico de Rusia y de Norteamérica; estos últimos son fragmentarios y parecen haber sido transportados desde regiones próximas del continente. Aparentemente, los Peces, al contrario que el resto de los animales, empezaron poblando las aguas continentales, y posteriormente se desarrollaron en el mar: decimos “aparentemente”, porque en realidad, sabemos muy poco de los antecesores de los Peces, y hasta que no los conozcamos mejor, no sabremos si los fósiles de Peces, encontrados hasta ahora, son realmente los más primitivos.

La solución al problema, debe encontrarse en las rocas del Cámbrico, Ordovícico, Silúrico y Devónico. Entre los fósiles de estos períodos, se encuentran en ocasiones restos de unos organismos que, aunque tienen placas de calcita como las de los Equinodermos, por otra serie de caracteres resulta muy difícil encajarlos en ellos. Jefferies, en 1967, ha puesto de manifiesto que estas características especiales, pueden compararse con ciertos rasgos anatómicos de los Peces primitivos, y ha propuesto para este grupo, el nombre de Calcicordados (Figura 14), como nuevo sub-phylum dentro del Phylum Chordata. De esta manera, los Vertebrados se relacionarían con los Equinodermos, por medio de estos extraños fósiles del Paleozoico inferior; y quizás pudiera ser cierto que los Calcicordados hayan sido los antecesores de los Vertebrados. La Figura 14 nos muestra un ejemplar de *Cothurnocystis*, como representante de los Calcicordados, con sus placas de calcita y sus hendiduras en forma de “U”, junto con una hipotética reconstrucción del animal en vida: si realmente las hendiduras de *Cothurnocystis*, son homologas de las hendiduras branquiales de los Peces, en tal caso deben tener estos organismos, alguna relación con los Vertebrados. El problema del origen de los Vertebrados está lleno de dificultades, y no es fácil decidir cuál de las formas “primitivas” actuales, como los *Balanoglossus*, los *Anfioxus* o los *Pterobranquios*, está realmente relacionada con las verdaderas formas originarias de los Vertebrados, sin introducir eslabones extinguidos como los Calcicordados o los *Graptolitos*.

Considerando otro período del Paleozoico, el Pérmico, podemos también estudiar sus formaciones recifales en diversas localidades. El arrecife más extenso que se conoce en este período, es el que ocupa la región de Texas y Nuevo México, donde la interpretación de la discutida geología regional, no fue tarea fácil, debido a la dificultad en la interpretación cronológica de los fósiles. En el otro extremo del mundo, la Isla Timor en Indonesia, se ha hecho famosa por la abundancia de fósiles de los períodos Pérmico y Triásico. La vida en el mar, en esta región, era entonces tan abundante como lo pueda ser ahora, y aún se acrecienta más esta semejanza, por la presencia de materiales volcánicos entre los fósiles.

En el Norte de Europa, durante el Pérmico, existió un brazo de mar que unía Groenlandia con Inglaterra y Alemania, el llamado Mar de Zechstein, que debía ser cálido, a juzgar por las formaciones recifales que se encuentran en Inglaterra, las cuales se continúan, al compás de la regresión marina entonces acaecida, por formaciones salinas que de muestran una intensa evaporación: gran parte de Inglaterra debió tener en esta época carácter desértico, y sus condiciones climáticas debieron ser, en cierto modo, las que imperan actualmente en la región del Golfo de Aden. Por otra parte, se puede observar, por el contenido en fósiles de los arrecifes, que la fauna se fue empobreciendo poco a poco, a medida que se iba secando el Mar de

Zechstein: la variedad de organismos disminuye hacia el final de la serie de calizas, quedando sólo los organismos más resistentes, como los Moluscos, con mayor capacidad de adaptación al medio que los Braquiópodos. En la secuencia estratigráfica, se puede observar el cambio sufrido, desde un mar cálido con arrecifes ricos en Braquiópodos, Moluscos, Briozoos, Algas calcáreas, etc., pasando por etapas intermedias, hasta la regresión completa del mar, con formación de lagunas costeras eventuales habitadas sólo por los Invertebrados más resistentes y, finalmente, depósitos salinos y desérticos, sin rastro de vida. Este proceso se repitió varias veces antes de la desaparición completa del Mar de Zechstein.

Figura 14. — Estructura de Cothurnocystis, un representante de los Calcicordados.

El estudio de los fósiles contenidos en las canteras y en los farallones de los arrecifes del Jurásico, revela un profundo cambio en las faunas asociadas a los arrecifes. Los Corales son, en este periodo, más importantes que en el Paleozoico, tanto los constructores del arrecife como los que viven asociados; los Moluscos son más numerosos y los Equínidos más frecuentes; sin embargo, los Crinoides son más escasos. Por supuesto, los Trilobites ya se habían extinguido. Las esponjas también contribuyen, a veces, a enriquecer la fauna de los arrecifes.

En Baviera (Alemania), algunas de estas formaciones del Jurásico superior corresponden a depósitos en la laguna interior del arrecife, formados por calizas “litográficas”. Estas calizas deben su nombre al uso que se les daba, para fabricar planchas de imprenta, por la finura de su textura; aún se llama “litografía”, en algunas ocasiones, a la técnica de impresión.

La caliza litográfica es famosa por los fósiles magníficamente conservados que contiene en su interior. Pertenecen a organismos que cayeron en las aguas tranquilas de la laguna, y quedaron enterrados en sedimentos que, por esta razón, no han sufrido los efectos de las corrientes o el oleaje ni de la bioturbación. Entre los Celentéreos, lo más notable son las impresiones de medusas, que posiblemente penetraron en la laguna arrastradas por la corriente de marea. Se encuentra también un gusano muy bien conservado, Eunicites, del que no sólo se ha preservado la impresión del cuerpo, sino sus partes blandas y las pequeñas mandíbulas en el extremo correspondiente a la boca. Asimismo, se encuentran filamentos apelotonados, que parecen indicar los excrementos expulsados por gusanos cavícolas, como los que se encuentran actualmente en las playas.

También se encuentran muchos Invertebrados provistos de concha. Entre éstos, tiene especial interés un Belemnóide (un animal extinguido, parecido al calamar), que no sólo ha conservado fósil su concha interna, en forma de proyectil (Figura 8), sino incluso la bolsa de tinta y la impresión de las partes blandas, incluidos los tentáculos: la bolsa de tinta es un órgano característico de estos Cefalópodos, y está tan bien conservado, que su contenido puede ser, una vez humedecido, utilizado de nuevo como auténtica tinta.

Otro grupo notable de Cefalópodos, son los Ammonites; uno de ellos ha dejado la marca de su contorno sobre la caliza, y en su proximidad puede verse la impresión dejada por la base de la concha cuando cayó al fondo de la laguna con el animal dentro, lo cual demuestra que estos cefalópodos nadaban con la concha arrollada hacia arriba y la abertura hacia abajo, tal como ya se suponía por el estudio hidrostático de la concha, con la cámara de habitación hacia abajo y las cámaras de gas hacia arriba para facilitar la flotación. El Nautilus actual, nada en esta misma posición, y al parecer, las conchas de los Ammonites, sólo quedaron descansando sobre uno de sus flancos, después de caer al fondo del mar.

El fósil más famoso de todos los encontrados en la caliza litográfica, es *Archaeopteryx*, el Ave-Reptil conocido sólo por dos ejemplares encontrados en el mismo yacimiento. Estos extraños animales, con dientes como los Reptiles, pero con plumas como las Aves; sin duda, murieron sobre la laguna o cerca de ella, y se conservaron completos en el cieno del fondo, que ahora encontramos transformado en caliza litográfica. Sobre el significado paleontológico de estos fósiles, véase el Capítulo 2.

Además de estos fósiles, en las calizas litográficas se han encontrado gran número de Insectos (Hemípteros, Himenópteros, Odonatos, Coleópteros, etc.), algunos de gran tamaño, representados por formas parecidas a las actuales. Se han hallado también Crustáceos y *Limulus*, algunos tan bien conservados, que parece que van a saltar fuera de la roca. La abundancia de fauna es tan grande en este yacimiento, que nos proporciona una visión muy real de la fauna de entonces, en una laguna costera limitada por un arrecife: los Insectos volando sobre la laguna (algunos quizás algo extraños y primitivos, pero perfectamente reconocibles y pertenecientes a los grupos actuales); los *Archaeopteryx* planeando y deslizándose entre los árboles, helechos arborescentes y plantas del tipo de las Cicadáceas; Crustáceos en las charcas junto a la laguna, Ammonites, Belemnites y Peces Ganoideos con escamas relucientes, nadando en las aguas soleadas, mientras al otro lado del arrecife se extendía el mar germánico. Sin embargo, virtualmente faltaban los Mamíferos y las Aves —salvo los *Archaeopteryx*—, no había hierba ni flores: un mundo silencioso y monótono alterado sólo por los graznidos de los Reptiles y los colores apagados de la vegetación. Quizás *Archaeopteryx* podría “cantar”, aunque con las mandíbulas provistas de dientes, parece poco probable.

Consideremos ahora los arrecifes actuales: sus condiciones, en especial las de los “arrecifes de coral” son muy restringidas: la temperatura del agua varía, por lo general, entre 15 y 29° (aunque toleran eventualmente temperaturas más bajas), y siempre es más idóneo un fondo del mar firme, para su edificación. Otras condiciones requeridas son, corrientes marinas que suministren plancton como alimento para los pólipos constructores del arrecife, y luz intensa, para que puedan vivir las algas unicelulares simbióticas de los pólipos, con su función clorofílica. La necesidad de luz implica, lógicamente, que las profundidades superiores a 50-70 m., son excesivas (por falta de luz), para el desarrollo del arrecife, el cual tiene condiciones óptimas hasta los 30 m. de profundidad. Por otra parte, el agua debe ser clara y de salinidad normal.

Por supuesto, que hay otros muchos Corales no recifales, que pueden vivir a grandes

profundidades y en mares cuya temperatura rebase los límites fijados, pero en los arrecifes de coral, por lo general, se cumplen las condiciones enunciadas. Por otra parte, los Corales no son los únicos constructores de arrecifes; las Algas calcáreas también depositan grandes cantidades de caliza, y los Corales pueden quedar relegados a segundo lugar respecto a ellas, o incluso pueden faltar, pero en términos generales, los Corales son los agentes constructores de la mayoría de los arrecifes actuales.

Otros Calentéreos, incluidos por los no especialistas como “corales”, son las Gorgonias, las Acroporas, las Tubiporas, *etc.* La caliza porosa que forma el arrecife, suele ser perforada por innumerables organismos que viven asociados al arrecife: Gusanos, Pelecípodos, Crustáceos, Gasterópodos, Anémonas y erizos de mar, que anidan en los huecos dejando salir sólo sus erizadas espinas que apuntan como flechas hacia cualquiera que roce su sensible cuerpo. Los Crinoides viven aún asociados a los arrecifes, aunque son menos abundantes que en el pasado; los Braquiópodos se han retirado a una existencia más humilde, en aguas menos pobladas, mientras que los Moluscos se han desarrollado enormemente, quizás a expensas de los mismos Braquiópodos. Por supuesto que los Ammonites y Belemnites han desaparecido, pero los Peces aún continúan, y algunos Mamíferos merodean por los alrededores del arrecife.

AMÉRICA CENTRAL, COMO LAZO DE UNIÓN Y BARRERA, PARA LA VIDA MARINA

Podría esperarse una profunda diferencia entre las faunas marinas del Mar Caribe y del Pacífico tropical, pues no parece probable que animales como los Gasterópodos o las Estrellas de mar, hayan emigrado de un lado a otro de Centroamérica (el llamado istmo de Panamá), bien fuese rodeando por el Cabo de Hornos o por el Océano Ártico; tal sería el caso, como si los lagartos hubiesen pasado de la India a China, atravesando la Cordillera del Himalaya.

Sin embargo, los géneros de algunos grupos de animales, incluidos los Crustáceos y los Equinodermos, presentan un alto grado de semejanza a ambos lados, atlántico y pacífico, de Panamá; esta peculiaridad se acentúa más cuando se estudian las especies, comprobándose que el parecido es poco acentuado entre las especies más modernas, y como quiera que no han podido emigrar alrededor de todo el continente suramericano, parece más probable que, la semejanza que presentan los géneros, al Este y al Oeste de Panamá, sea debido a que esta región estuviese cubierta por el mar en el pasado. Los géneros se extenderían a través del istmo inundado, y cuando éste emergió del mar, los géneros quedaron los mismos a ambos lados, aunque se desarrollaron nuevas especies distintas a cada lado del istmo (la formación de nuevas especies, requiere menos tiempo en su evolución, que la formación de géneros nuevos). Resulta significativo que las especies comunes a ambos lados del istmo, sean las más antiguas, tanto como el istmo mismo; y que muchas especies sean gemelas, es decir, que estén íntimamente relacionadas entre sí, como si acabasen de diferenciarse. Estas observaciones, pueden ampliarse también a otros grupos de animales, como los Moluscos y los Peces.

En consecuencia, podemos concluir que Panamá ha estado cubierto por el mar con anterioridad a la época actual; los datos geológicos apoyan esta misma idea, y en definitiva, sabemos que Norte y Suramérica han estado separadas por un mar somero desde el Eoceno hasta el Plioceno superior, y que sólo en época relativamente reciente, han quedado unidas por el Istmo de Panamá. Esto explica la presencia de una fauna aislada y extraña, en Suramérica, durante el Terciario, que fue invadida repentinamente, desde el Norte, en el Plioceno superior. Como suele ocurrir en los casos de invasiones faunísticas, procedentes de áreas geográficas amplias, hacia otras más reducidas (en este caso, Norteamérica pertenece al conjunto Eurasia-África, conectada a través del estrecho de Behring, que con frecuencia formó un istmo durante el Terciario), la mayoría de los supervivientes de este intercambio faunístico, fueron los procedentes del área mayor; en el caso de Panamá, los Tigres-sable, Mastodontes, Mapaches, Caballos, Pécaris, Ratones y Ciervos, invadieron el área desde el Norte, mientras que los Armadillos y Perezosos lo hicieron desde el Sur.

Resulta interesante especular lo que ocurriría si, como bien pudiera suceder, desapareciese el Istmo de Suez, quedando invadido por el mar. La rica y variada fauna marina del Océano Índico, podría entonces invadir libremente el Mediterráneo a través del Mar Rojo, con lo que grandes y brillantemente coloreados Moluscos y Corales, se extenderían hacia el Norte. Por otra parte, el Mediterráneo es casi un lago confinado entre continentes; su fauna es pobre y escasa, comparada con la rica y exótica del extremo Oriente, de forma que, la desaparición del Istmo de Suez, sería causa de la entrada de numerosa fauna nueva en el Mediterráneo, mientras que el intercambio en sentido contrario sería mucho menor.

LA VIDA EN LOS MARES PROFUNDOS

El mar puede dividirse, a grandes rasgos, en tres regiones (Figura 15): la plataforma continental, que se extiende hasta los 200 m. de profundidad, aproximadamente; el talud continental, que llega hasta los 3.000 ó 4.000 m.; y el fondo oceánico, que puede llegar hasta los 10.000 ó 12.000 m. Esta distribución de regiones es debida, a que los bordes de los continentes, tal como se nos aparecen, pocas veces coinciden con sus verdaderos límites, y estos se encuentran en realidad, lejos de la costa, a unos 200 m. de profundidad, descendiendo a continuación el perfil del continente, con relativa rapidez, hasta la zona abisal, una región en que las extensas llanuras, están excavadas por profundas fosas o surcos, y surcadas por elevadas montañas submarinas.

La mayor parte de la vida, está concentrada en la plataforma continental. La luz solar no penetra más allá de los 100 m., en condiciones muy favorables, pues hacia los polos, la turbidez del agua y el pequeño ángulo de incidencia de la luz, disminuyen mucho su penetración; ésta es la región en que se desarrollan las algas y los corales, y también el plancton animal o vegetal puebla esta región, el último por razón de la función clorofílica. La fauna bentónica, que vive en el fondo del mar, está formada por Crustáceos, Moluscos, Equinodermos, etc.; a 200 metros de profundidad,

la vida empieza a escasear, y la luz (si aún queda algo), es de un color azul-frío. Más allá de esta profundidad, las corrientes marinas son raras, las temperaturas son bajas, y reina la oscuridad; el fondo del mar es fangoso y blando, muy pocos seres vivos se aventuran en estas profundidades. En las grandes profundidades abisales, a más de 5.000 m., sólo hay fango y limos, y el agua es muy fría; el agua de las regiones polares, debido a su mayor densidad, penetra en estas regiones extendiéndose sobre el fondo oceánico, donde las temperaturas son próximas a los 4°, incluso en las regiones ecuatoriales.

En estas profundidades, la sedimentación suele ser muy lenta; los ríos depositan la mayor parte de los materiales arrastrados, sobre la plataforma continental o en sus proximidades, y aquí sólo se deposita el polvo meteórico y las cenizas volcánicas transportadas por el viento. Los dientes de los tiburones, que caen al fondo, quedan allí sin enterrar durante siglos; también se encuentran nódulos minerales acumulados sobre el fondo oceánico, y los restos de la desintegración de millones de organismos planctónicos, acumulados lentamente. En esta región donde domina la oscuridad, sólo viven a tientas unos cuantos grupos de seres vivos; la mayoría son ciegos, algunos son fosforescentes, su color suele ser blanco o negro, en algunas ocasiones de tonos rojizos y brillantes. Sus tejidos blandos, están mal adaptados para realizar una potente acción muscular; horribles peces con enormes mandíbulas y dientes como agujas, esperan una presa para clavarlos en ella. Se trata de una zona que, aunque va siendo bastante conocida por las exploraciones oceanográficas, es aún geológicamente mal conocida; pocos fósiles pueden realmente atribuirse con seguridad a esta región, y las mismas rocas abisales, son muy poco fosilíferas o no afloran en superficie con frecuencia.

Figura 15. — Regiones faunísticas consideradas en el mar.

LOS MOLUSCOS

Los Moluscos, como los Vertebrados, han invadido todos los ambientes posibles para ellos; los hay marinos, lacustres, fluviales y terrestres; algunos caracoles pueden sobrevivir en condiciones extremas de sequía, algunas babosas pueden enterrarse en el suelo y ciertos Pelecípodos perforan las rocas calizas. Sin embargo, no hay Moluscos adaptados al vuelo, a menos que se consideren como tales, los “calamares voladores”, que se deslizan sobre las olas, en forma análoga a la de los “peces voladores”. Probablemente hay más especies de Moluscos, que de cualquier otro grupo de animales, a parte de los Artrópodos. Además, los Moluscos han sido siempre muy apreciados por el hombre: 4.000 conchas de la especie *Cypraea maneta* se valoraron a un chelín cada una, en al India de la época Victoriana; una sarta de 25 a 40 conchas en forma de colmillo de elefante, de la especie *Dentalium indianorum*, valían el equivalente al precio de un esclavo, en el Noroeste de Canadá. Asimismo, las conchas se han utilizado para

fabricar cuentas, por los Indios, en Norteamérica, y para hacer cuchillos y puntas de anzuelos para pescar, en las Islas del Pacífico. Las ostras del género *Pinctada*, han proveído de perlas a la humanidad, durante siglos, y también de nácar; *Ostraea*, la ostra comestible, ha servido de alimento desde la Edad de Piedra.

La Paleontología nos demuestra que, como la mayoría de otros grupos animales, los Moluscos aparecieron en el Cámbrico; que ya estaban diversificados en los principales grupos en el Ordovícico, y que, a partir del Devónico, han estado adaptados a los diversos medios marinos y no marinos.

Si consideramos las tres clases principales de Moluscos (Figura 16), no es fácil encontrar en ellos nada de común: los Gasterópodos tienen una concha que por lo general, está arrollada en espiral helicoidal; los Cefalópodos suelen tener concha interna, aunque en el pasado, dominaron los que tenían concha arrollada en espiral plana, como el *Nautilus*, en cuyo interior se alojaba el animal; y los Pelecípodos o Bivalvos, tienen, naturalmente, dos conchas.

Figura 16. — Las tres clases principales de Moluscos.

El estudio de ciertos Moluscos “primitivos” actuales, junto con el estudio embriológico de algunos de ellos, ha sugerido la idea, desde hace mucho tiempo, de que los moluscos primitivos, deben haberse asemejado al “arquetipo” teórico, es decir, a una forma provista de todos los órganos básicos de un Molusco, con una concha única, a manera de capuchón. Tiene por lo tanto, gran interés para los zoólogos, conocer los datos que la Paleontología nos pueda ofrecer sobre los fósiles de Moluscos más antiguos, por su posible coincidencia con este “arquetipo”.

Hasta hace poco, no era fácil contestar concretamente a esta cuestión: los Cefalópodos más antiguos conocidos (Cámbrico superior), presentaban ya una concha curvada, con la estructura usual en los Cefalópodos: con tabiques que dividen la concha en cámaras y un sifón que las une entre sí. Los primeros Pelecípodos, de estructura normal, proceden del Cámbrico medio; sin embargo, entre los primitivos Gasterópodos, además de conchas normales, arrolladas en espiral, encontramos otras cónicas rebajadas, del tipo de las “lapas” (*Patella*), algunas de cuyas formas, llegan hasta la actualidad. Las *Patellas* actuales, no son, lógicamente, formas primitivas, sino simplemente conchas inicialmente arrolladas en espiral, que luego adoptan la forma “pateliforme”. Muchos Gasterópodos fósiles presentan esta misma disposición, con la protoconcha arrollada en espiral, pero ¿y las formas del Cámbrico? ¿eran realmente pre-helicoidales, primitivas? Es curioso que, en el Cámbrico, junto a conchas helicoidales se encuentran numerosas conchas cónicas, pateliformes, y aunque no es fácil determinar la estructura de los órganos del animal que no se han conservado fósiles, el estudio detallado de las impresiones musculares en el interior de la concha, dio como resultado comprobar que, al menos en algunas formas, el cuerpo del gasterópodo estaba en un estado pre-helicoidal, es decir, que no

había sufrido aún la torsión característica de estos moluscos.

Estos deben ser, por lo tanto, los Moluscos realmente primitivos, y en vista de su estructura especial, han sido incluidos en una nueva Clase, la de los Monoplacóforos. Como confirmación de esto, se han encontrado ciertas conchas de las referidas, que muestran un adelgazamiento en su línea media, y también se ha encontrado una secuencia de conchas, en la que por progresiva acentuación de este carácter, se pasa de la condición univalva a la de los bivalvos. Sólo falta encontrar alguna forma intermedia que sirva de enlace entre los Monoplacóforos y los Cefalópodos primitivos, y tendremos un cuadro muy completo de los Moluscos, con los Monoplacóforos que vienen a ocupar el lugar del “arquetipo” entre los fósiles.

Por eso, fue una sorpresa cuando se encontró un Monoplacóforo vivo en una fosa oceánica, cerca de las costas de México, en 1957. El hallazgo de *Neopilina* corresponde sin duda a un “fósil viviente”: tiene concha pateliforme, y en toda su anatomía no se observa ningún indicio de torsión. Aún hubo más sorpresas cuando se estudió con detalle su anatomía: las investigaciones iniciales pusieron de manifiesto la repetición de algunos órganos, por ejemplo, tenía 5 pares de branquias. Esta repetición de órganos no es rara en los moluscos, pero teniendo en cuenta la situación primitiva de *Neopilina*, esta disposición segmentaria de ciertos órganos, dio base a pensar si tal estructura no sería indicio de un estado evolutivo “anélido/artrópodo” anterior. Los zoólogos siempre han discutido el origen de los Moluscos; sería por tanto muy interesante, poder enlazar, mediante una serie de fósiles, los Artrópodos con los Moluscos, pero incluso entre los materiales más antiguos del Cámbrico, los restos fósiles de ambos Phylum muestran características que ya los diferencian claramente. Sin embargo, suele ocurrir a menudo, que los fósiles más antiguos, no son precisamente las formas más primitivas, aunque puede establecerse una cierta relación entre ellas.

Una vez que aparecieron los Moluscos, se les presentaron seis posibilidades distintas de vida; podían vivir sobre el fondo del mar (o de un lago), excavar en el fondo, arrastrarse por su superficie, nadar, flotar dejándose arrastrar por las corrientes o salir del agua pasando a tierra firme.

CEFALÓPODOS

Los Cefalópodos se han desarrollado en el mar, y en su mayoría escogieron la natación, de manera que, las demás formas de vida han quedado reservadas a los Gasterópodos y Pelecípodos. Quizás no sea correcto decir que son “nadadores”, pero lo cierto es que su concha, cónica y dividida en cámaras llenas de aire, ya sea recta o curvada o arrollada, está asociada por lo general, a un hábito principalmente nadador. En la mayoría de los grupos antiguos, la concha es externa y el animal se aloja en la última cámara de la concha. Durante su desarrollo, en sucesivas etapas, se van formando nuevos tabiques que forman nuevas cámaras de gas,

alojándose siempre el animal en la última cámara.

Figura 17. — Interior de la concha del Nautilus, en sección sagital.

Una característica importante de los Cefalópodos, es la existencia de un tubo endurecido o sifón, que va desde la última cámara al ápice (o parte inicial) de la concha, atravesando todas las cámaras intermedias. Este órgano, que se adapta como un cable al interior de la concha, parece que sirve, entre otras cosas, para regular la presión interna del gas dentro de las cámaras. Sólo un único género de estos antiguos Cefalópodos, sobrevive en la actualidad; se trata del famoso Nautilus (Figura 17), que habita en el Suroeste del Pacífico. Se ha observado que el Nautilus, pasa gran parte del día sobre el fondo del mar, pero que durante la noche asciende, nadando con el cuerpo hacia abajo y la concha hacia arriba, en la forma tradicional de los Cefalópodos, manteniendo su gran concha en posición estable por estar llena de gas; en contra de lo que se creía, el Nautilus no nada ni navega por la superficie del mar.

Aunque la mayoría de los Cefalópodos antiguos, tenían concha del tipo de la del Nautilus y su misma forma de vida, a finales del Paleozoico empezaron a aparecer formas totalmente diferentes, los Dibranquiales, que son los más abundantes en la actualidad. Los más característicos fueron los Belemnites, muy abundantes en los mares mesozoicos, cuyos esqueletos internos en forma de “proyectil” (Figura 8), llegan a ser tan abundantes en los sedimentos, que la roca formada no es más que una masa compacta de “belemnites” (este término se emplea lo mismo para la parte conservada de su esqueleto, que para el animal completo).

Del estudio de la evolución de los Belemnites, se deduce que proceden de los Nautiloideos (probablemente en el Carbonífero), por un proceso mediante el cual, estos cefalópodos fueron recubriendo su propia concha con los tejidos blandos de su cuerpo; un órgano residual de esta evolución, lo podemos ver en las pequeñas cámaras vestigiales del esqueleto de los Belemnites, que se suelen conservar en el interior de la parte ensanchada de su concha, y que ésta era interna, se puede reconocer por las impresiones que, sus partes blandas, han dejado sobre el Belemnites. Del estudio de los Cefalópodos actuales, se deduce que, el esqueleto interno, permite al animal una mayor libertad de movimientos en el agua, sin la incómoda concha externa del Nautilus.

Ciertos calamares pueden salir del agua, saltando como los peces voladores y pueden recorrer, a veces, varios metros antes de volver a caer en el mar de nuevo: muchos calamares son predadores, persiguiendo sus presas como los peces. El pulpo tiende a ser más sedentario y prefiere esperar su presa acechando en su cueva en vez de nadar y atraparlas, pero su velocidad de desplazamiento, una vez en movimiento, es muy notable. En los pulpos, la concha ha sufrido un proceso de reducción, hasta llegar a desaparecer por completo. Otra característica especial,

dentro del mismo grupo de los pulpos, la presenta el Argonauta, que aunque no tiene verdadera concha, la hembra puede segregar una frágil concha, a manera de “cáscara de huevo”, para proteger la puesta, que a primera vista le da el aspecto de un Ammonites, si bien, esta concha se ha formado de manera completamente diferente a la de los Ammonites.

Figura 18. — Estructura de los Ammonites: a la izquierda, exterior de la concha; a la derecha, en sección sagital.

Los otros Cefalópodos son los Nautiloideos y los Ammonoideos, que incluyen el ya mencionado Nautilus. Los Ammonoideos constituyen un grupo extinguido de Cefalópodos que, durante la época de su desarrollo, desde el Devónico hasta finales del Cretácico, llenaron materialmente los sedimentos, de conchas de forma espiral, los llamados “Ammonites” (Figura 18), que debido a su enorme proliferación, fácil reconocimiento y escasa dispersión de las especies, constituyen excelentes “fósiles de zona”, es decir, que a partir del estudio de los Ammonites que contenga una roca, es posible deducir con precisión su edad geológica. Claro que muchas rocas, no contienen Ammonites: es posible que no se formasen en el mar, o que sus conchas se hayan destruido por las aguas de infiltración, o que no hubiese Ammonites en aquel lugar, en el momento de su formación; pero en conjunto, los Ammonoideos, siendo, como eran, animales buenos nadadores de vida libre, se suelen encontrar fósiles con gran frecuencia, y están ampliamente distribuidos. El descubrimiento de un Ammonites constituye una experiencia inolvidable; a parte de la emoción producida por tratarse de un grupo de animales extinguidos, estas conchas presentan una gran belleza estructural, en la perfección matemática de su arrollamiento espiral.

Con frecuencia, los Ammonites alcanzan gran tamaño, y algunas veces se encuentran ejemplares del tamaño de una rueda de carro. El autor de este libro, durante una estancia en la Isla de Wight (Inglaterra), con unos compañeros, encontró un ejemplar conservado en arenisca ferruginosa, que pesaba más de 100 Kg. y medía unos 45 cm. de diámetro. El trabajo necesario para conseguir elevar el fósil hasta lo alto del farallón del que se había desprendido, no fue menor que el que costó convencer a la tripulación del Ferry, de que tal objeto podía pasar como “equipaje de mano” (y por lo tanto, más barato), en vez de facturararlo como “carga” (que habría necesitado un elevado sobreprecio). Sin embargo, este ejemplar, resulta pequeño en comparación con algunos del Cretácico superior, del género Pachydiscus, que pueden alcanzar hasta 2,5 m. de diámetro.

Algunos Ammonites triásicos y cretácicos, presentan curiosas formas de arrollamiento en sus conchas: son los llamados “heteromorfos” (de forma distinta), y parecen estar peor dotados a la natación. Los estudios realizados en un recipiente de agua, con modelos de conchas, convenientemente lastradas para simular las condiciones del animal vivo, parecen indicar que estos Ammonites “heteromorfos” estaban mejor adaptados a la vida epibentónica, como los

Gasterópodos, o quizás flotando, como las medusas, de acuerdo con la relación peso/capacidad de movimiento (véase la Figura 19).

PELECIPODOS (BIVALVOS)

Los Pelecípodos o Bivalvos (del latín, “dos puertas”), son animales subacuáticos, generalmente epibentónicos, que se arrastren sobre el fondo, respirando el oxígeno disuelto en el agua y alimentándose de las partículas microscópicas que ésta lleva en suspensión, que son retenidas por las branquias, y expulsan luego el agua sobrante. Aunque todos sean acuáticos, esto no quiere decir que hayan de ser todos marinos; algunos son dulceacuícolas. La forma de la concha es muy variable, según las especies, y aunque a veces sufre una cierta regresión, nunca se llega a perder por completo, como en ciertos Cefalópodos (en el pulpo) o en algunos Gasterópodos (babosas). Estos moluscos, están adaptados a tres formas principales de vida (véase la Figura 9 y el texto que la acompaña). La adaptabilidad de la concha de estos moluscos, se observa claramente en *Tridacna*, la “almeja gigante”, que ha abandonado la posición normal de estos animales (con la charnela hacia arriba y abierta hacia abajo), debido a que, a diferencia de la mayoría de los Pelecípodos, además de alimentarse de partículas microscópicas retenidas por las branquias, se alimenta de hidratos de carbono sintetizados por algas simbiotes, que se alojan en la parte del manto situada en la región dorsal del animal. De esta forma, *Tridacna* precisa abrir sus valvas hacia arriba, para que penetre la luz solar imprescindible para la fotosíntesis del alga simbiote, pero ha sido sólo la concha la que ha efectuado el giro de 180°, quedando el cuerpo del molusco en posición normal, de tal manera que la movilidad de la concha con relación a las partes blandas del cuerpo del animal, es realmente muy notable.

Figura 19. — Posición biológica supuesta para diversos Ammonoideos vivos. Los Ammonites de la parte superior, de conchas normales, nadan libremente. Los dos de la parte inferior, « heteromórficos », corresponden a los géneros *Turrilites* (izquierda), y *Crioceras* (derecha); ambos debían ser bentónicos.

Se cuentan muchas historias de personas, a las que estas enormes “almejas” atraparon un pie, quedando allí cogidas hasta que se ahogaron o hasta que el molusco, a fuerza de mover la concha, excitado por la presencia de un cuerpo extraño, termina por seccionar el pie entre los bordes de las dos valvas. Según nos cuenta Darwin: “Permanecemos mucho tiempo en la laguna (en el Lagoon de Keeling), examinando los campos de coral y las almejas gigantes, en las que, si alguien metiese la mano, no sería capaz de sacarla mientras el animal estuviese vivo.”

Pectén, es una forma muy familiar, con aspecto de cenicero, y ha sido tomada como símbolo por la Shell Oil Company (uno de sus fundadores era coleccionista de conchas, de las que ha tomado el nombre y el emblema); constituye un raro ejemplo de un Bivalvo que puede “nadar”: al encontrarse amenazado por una estrella de mar u otro animal marino, puede cerrar bruscamente las dos valvas y desplazarse “nadando a reacción” un cierto trecho, para escapar del peligro, aunque el animal prefiere permanecer tranquilo, sobre el fondo del mar, tumbado sobre la valva más convexa. Tanto Pectén como Lima, son muy notables por sus órganos sensibles a la luz.

Brechites es un extraño tipo de Pelecípodo, que vive constantemente metido dentro del conducto perforado por él mismo en las rocas calcáreas. Ciertas especies de Ehippodonta tienen sus valvas constantemente abiertas 180°, envueltas por los tejidos blandos de su cuerpo, viviendo adosadas a la pared de la cueva habitada por cierto Crustáceo australiano, donde están perfectamente protegidas.

Los Pelecípodos fósiles han sido ampliamente estudiados, debido a su aspecto atractivo, pero sólo recientemente han adquirido mayor importancia como indicadores paleoecológicos y para determinar las condiciones de sedimentación. Con ciertas excepciones, no son buenos fósiles de zona. A veces pueden formar verdaderos “bancos” o capas de conchas fosilizadas, como ocurre en Dorset (Inglaterra), donde hay un “banco de Ostreidos” de más de 3 m. de espesor, que puede ser detectado durante más de 10 km.; en realidad se trata de una masa compacta de ostras fósiles, y estratos de este tipo, son corrientes en todo el mundo.

GASTERÓPODOS

Los Gasterópodos, bien conocidos en todas partes por los “caracoles de jardín”, comprenden un número de especies mucho mayor que los Pelecípodos o los Cefalópodos, y tal vez sorprenda saber, que hay muchos más caracoles en el mar que sobre la tierra. No han llegado a ser realmente numerosos, hasta la Era Terciaria, y es raro que formen lumaquelas (capas masivas de conchas), pero en muchas formaciones del Terciario, presentan una asombrosa variedad de especies. Análogamente a los Pelecípodos, también los Gasterópodos se encuentran a veces en sedimentos de agua dulce, y también —cosa que no ocurre con los Pelecípodos— pueden encontrarse en formaciones estrictamente continentales, junto con Reptiles, Mamíferos y otros animales que pueblan la superficie terrestre.

La transición del medio acuático al terrestre, es un proceso interesante por sí mismo y merece especial mención. Los Gasterópodos, como la mayoría de los animales, se han originado en el mar. La temperatura constante, la abundancia de alimento y el ambiente acuático, son tres factores vitales para que se desarrolle la vida primitiva; sin embargo, las branquias de los Gasterópodos, pueden adaptarse a funcionar en agua dulce o incluso en el aire, llegando a

formar, en este último caso, una especie de pulmón rudimentario. Es curioso que, mientras muchos Gasterópodos marinos se han adaptado a vivir en las aguas dulces, la transición al medio aéreo no ha tenido que realizarse necesariamente a partir del medio dulceacuícola, y en ocasiones, se ha producido por una migración directamente desde el mar. Ciertos Gasterópodos, incluidos los que normalmente viven en el mar, pueden resistir durante varias horas expuestos al aire libre y al sol, durante la bajamar, lo cual supone, en realidad, un paso en la evolución de estos animales hacia la vida en un ambiente puramente terrestre. Ampullarius es un Gasterópodo realmente “anfíbio”, pues, puede respirar indistintamente en el aire o en el agua. Algunos Gasterópodos continentales han llegado a tener adaptaciones extremas, y viven en ambientes desérticos, donde sólo pueden sobrevivir los camellos y el hombre; así, ciertas especies de *Helix*, viven en el desierto de Argelia, donde las temperaturas pueden alcanzar los 43°. Por otra parte, *Bithynia* durante la primavera, se encuentra en los lagos de los Pirineos, mientras que *Limnaea peregra geisericola*, prefiere el agua de los géiseres de Islandia.

Al contrario de lo que podría pensarse, los ríos y los lagos no constituyen barreras para los Gasterópodos dulceacuícolas o terrestres: las corrientes permiten la dispersión de los primeros, mientras las plantas flotantes o las épocas de sequía, permiten a los segundos hacer lo mismo. *Helix aspersa*, el caracol de huerta común, tiene una distribución geográfica mundial, aunque fue llevado por el hombre fuera de Europa.

Otra curiosa pieza de la anatomía de los Gasterópodos, es el opérenlo, una pieza calcárea que, a modo de tapadera, situada en la parte posterior del gasterópodo, encaja perfectamente y permite cerrar la abertura de la concha, como una pequeña puerta, cuando el animal se retrae en el interior de la concha. Cabría esperar que el opérenlo fuese característico de los Gasterópodos terrestres, que tienen que invernar o estivar, durante ciertas épocas del año, para aislarse así de las condiciones ambientales adversas; sin embargo, es muy raro encontrarlo entre los Gasterópodos Pulmonados, siendo en cambio característico de otros grupos de Gasterópodos marinos; incluso cuando existe el opérenlo, no suele encajar exactamente en la abertura de la concha. Algunos Pulmonados, en cambio, segregan una fuerte membrana o “epifragma”, que les sirve para cerrar la concha, como el opérculo. La Isla de Jamaica, se caracteriza por ser uno de los pocos lugares, en que el número de Gasterópodos terrestres operculados, excede al número de Pulmonados.

El estudio de los Gasterópodos se ha fomentado mucho por la natural belleza de sus conchas helicoidales, y en las últimas décadas también se ha desarrollado la investigación sobre estos moluscos, con objeto de obtener algún resultado práctico, aunque en general, cunda el desaliento, al comprobar su relativamente escaso valor estratigráfico, es decir, que pocas veces son útiles para determinar la edad geológica de una roca, y por otra parte, la extraordinaria proliferación de especies, dificulta enormemente los resultados.

OTROS FÓSILES MARINOS DE INTERÉS

El encabezamiento de este apartado, es más bien optimista, en el sentido de que ya llevamos muchas páginas dedicadas al estudio de “diversos fósiles marinos”, sin llegar siquiera a describirlos, pero ciertamente, en este complejo material paleontológico, es posible escoger algunos ejemplos significativos.

Los Insectos fósiles son raros en los sedimentos, porque su sistema de respiración traqueal, tan efectivo en el medio aéreo, les impide, en general, vivir en el agua; los escarabajos acuáticos, por ejemplo, tienen que llevar consigo una reserva de aire, pues en otro caso se ahogarían, y tienen que salir periódicamente a renovarla, del mismo modo que las ballenas. Sin embargo, hay otros muchos Artrópodos, que viven en el mar y que se encuentran fosilizados en los sedimentos. Los Trilobites constituyen un famoso grupo, ya extinguido, limitado exclusivamente al Paleozoico; los cangrejos y las langostas, se encuentran fósiles desde el Mesozoico, mientras los pequeños Ostrácodos, abarcan desde el Paleozoico hasta la actualidad.

Los Ostrácodos constituyen un grupo muy interesante, debido a que, no sólo son eminentemente útiles al paleontólogo, sino que también son un buen ejemplo de las dificultades de entendimiento entre palaeontólogos y zoólogos. Son de pequeño tamaño, normalmente no pasan de 1 mm., con aspecto de quisquilla o de camarón, poseen una concha bivalva de aspecto parecido a la de un Pelecípodo en vías de desarrollo. En condiciones favorables, aparecen en normas cantidades y todos son exclusivamente acuáticos, viviendo por lo general próximos al fondo del mar o del lago, donde encuentran su alimento. Cuando mueren, sus conchas quedan enterradas por millones en los sedimentos, y de esta manera, pasan a ser “microfósiles”, en el sentido de que se necesita un microscopio para estudiarlos correctamente, si bien se pueden ver a simple vista, los de mayor tamaño. Poseen tres ventajas fundamentales, que les confieren especial interés para el paleontólogo:

- 1, suelen ser muy numerosos, fáciles de encontrar, y pueden estudiarse estadísticamente;
- 2, por lo general, son buenos indicadores de las condiciones del medio ambiente donde vivieron;
- 3, también pueden ser útiles para determinar la edad geológica de los sedimentos donde se encuentran.

De hecho, ya existe el término “ostracodólogo”, para designar al especialista en estos crustáceos, pero se presenta una gran dificultad, por el hecho de que sólo fosilice la concha, ya que los zoólogos prefieren clasificarlos atendiendo a los caracteres de sus partes blandas, mientras que los paleontólogos tienen que utilizar las características de las conchas. Para todo trabajo paleontológico, es necesario utilizar una clasificación de fósiles, fácil de comprender y de aplicar. Así, cuando se trata de interpretar un ambiente, a partir de ciertos Ostrácodos que están íntimamente relacionados con un tipo actual, es preferible que el especialista en Ostrácodos actuales, tenga el mismo criterio de clasificación que el paleontólogo; de no ser así, será difícil que lleguen a un acuerdo sobre formas que de hecho son algo diferentes. Sin embargo, ya se

viene prestando la debida atención a este problema, y las dificultades van siendo superadas.

Los Foraminíferos son otro grupo de microfósiles que presentan las mismas ventajas de los Ostrácodos, y que ha sido estudiado aún con mayor intensidad que éstos, debido a su gran utilidad para resolver problemas en la geología del petróleo. Durante muchos años, estos pequeños organismos unicelulares, de esqueletos asombrosamente complicados, y que ocasionalmente son lo suficientemente grandes para poderse ver a simple vista, han sido el objeto de una intensiva investigación, llevada a cabo mediante los importantes recursos de las Sociedades petrolíferas. Los Foraminíferos son, en su mayoría, marinos o de aguas salobres; muchos de ellos viven en el fondo del mar, pero algunos, especialmente desde el Cretácico, han pasado a la vida planctónica, formando los “cienos de foraminíferos”, un tipo especial de sedimentos compuesto en gran parte por los esqueletos de millones de estos organismos, y que después de compactados, forman las calizas y las margas. La “creta” del Noroeste de Europa, famosa por formar los blancos acantilados de Dover, y la tierra de cultivo de los viñedos de la Campaña, es una roca de edad cretácica formada por la acumulación de estos microfósiles, en su mayor parte.

Los Foraminíferos son sensibles a los cambios de temperatura, por lo cual pueden utilizarse como indicadores de temperatura y profundidad del mar (las aguas más profundas, en general, son más frías). Además, tienen gran importancia como indicadores ambientales en mares antiguos: arrecifes, líneas de costa, etc., donde se formaron sedimentos que pueden contener o ser fuente del petróleo.

Los Equinodermos constituyen un amplio e importante grupo de fósiles: Asteroideos (estrellas de mar), Equínidos (erizos de mar) y Crinoides (lirios de mar), están ampliamente representados, sobre todo los dos últimos, como fósiles. Las “estrellas de mar”, tienen especial interés por sus características predatorias; son el principal enemigo de la mayoría de los Pelecípodos de pequeño tamaño, por su habilidad para abrir las conchas, por el método de mantener en tensión sus músculos aductores durante mucho tiempo.

Los Equínidos son pequeños organismos con el cuerpo erizado de espinas, cuya agudeza es bien conocida por los pies de los bañistas en los mares cálidos, mientras que los Crinoides son pacíficos organismos, con aspecto de plantas, que con frecuencia pasan su vida arraigados al fondo del mar.

Figura 20. — Algunas formas características de Equinodermos. Nótese cómo, en los Equínidos o «erizos de mar», las radiolas se desprenden después de muertos, fosilizando separadas del caparazón.

Las características de los Equinodermos, que los individualizan como Phylum independiente de los demás, en el mundo animal, son, su simetría penta-radiada (a diferencia de los animales

activos, que tienen simetría bilateral), su esqueleto formado por placas calcáreas, cada una formada por un cristal único de calcita, su hábitat exclusivamente marino, *etc.* Es curioso, sin embargo, que algunos Equinodermos exclusivamente paleozoicos, sean menos característicos, y que, de hecho, la proliferación de nuevos grupos (algunos abortivos), en aquella época, nos haya dado algunas sorpresas. Por ejemplo, los Calcicordados (véase la Figura 14 y el texto correspondiente), incluyen formas análogas a los Equinodermos, exclusivamente paleozoicos, cuyas partes blandas, reconstruidas por las impresiones dejadas en el esqueleto, han dado lugar recientemente a una interpretación más acorde con la anatomía de los Cordados, a pesar de su apariencia general que los aproxima mejor a los Equinodermos. ¿Fueron realmente, los Calcicordados, el anillo de unión entre nuestro propio Phylum y los Equinodermos? Bien podría haber sido así. La Figura 14 nos presenta algunas características de estos Calcicordados, de acuerdo con los modernos puntos de vista; pueden parecer muy distintos de los peces, pero no hay que olvidar, que ciertos organismos actuales, enteramente parecidos a gusanos, presentan suficientes analogías anatómicas con los Vertebrados, como para poder incluirlos en el Phylum Chordata, a pesar de que para cualquier pescador, no pasarían de ser simples “gusanos”.

En el otro extremo de la escala animal, tan lejos de los Cordados como es posible, sin descender a los organismos unicelulares, encontramos los Poríferos o esponjas. La mayoría de las esponjas son marinas; la “esponja de baño” común (que ahora se va sustituyendo por otras artificiales), corresponde a un tipo que no fosiliza, pero muchas esponjas contienen una trama de finas espículas de calcita o de sílice, en sus tejidos, y ciertos tipos, incluso presentan estas espículas unidas en una red esquelética rígida, aunque ésta no tenga siempre la misma forma definida que el esqueleto de otros animales. Las esponjas, tienden a ser de modesto tamaño en nuestras latitudes, pero en otras regiones, suelen ser más grandes, adoptan formas variadas de vasija y están vivamente coloreadas; se encuentran a diversas profundidades, pero son más abundantes sobre la plataforma continental de los mares cálidos. Su valor paleontológico es más bien escaso, pero es frecuente que su presencia tenga efectos secundarios: la formación de nódulos de sílex o pedernal, puede estar relacionada con la abundancia de esponjas síliceas en el mar, cuando se formaron los sedimentos, pues las espículas, por ser tan finas, se disuelven fácilmente (de la misma forma que los granos de azúcar se disuelven en el agua con más facilidad que un bloque de mayor tamaño), y seguidamente se precipita la sílice formando nódulos.

Figura 21. — Braquiópodos. A la izquierda, la concha vista por la parte superior; obsérvese un plano de simetría, que divide por mitad las dos valvas. A la derecha, el animal en posición de vida, se fija al fondo marino por el pedúnculo. (Compárese con la Figura 9.)

Los Braquiópodos (véase la Figura 21), son considerados por los Biólogos como un “grupo menor” de animales, pero desde el punto de vista paleontológico, casi ocurre lo contrario, pues en las rocas paleozoicas y, hasta cierto punto, también en las del Mesozoico, estas conchas bivalvas son muy abundantes. Sin embargo, sólo son “bivalvos” en apariencia, porque desde el punto de

vista zoológico y paleontológico, su verdadera naturaleza es completamente distinta a los verdaderos Moluscos Bivalvos, y aunque las distinciones zoológicas, impresionen poco al recolector de fósiles, sí debe apreciar el característico “foramen peduncular” (Figura 21), que es un orificio situado en el vértice de una de las valvas, por donde sale al exterior el pedúnculo musculoso que sirve para fijar al Braquiópodo al fondo del mar, en forma análoga al “biso” de ciertos Pelecípodos. No todos los Braquiópodos poseen este “foramen”; el mundo animal elude constantemente las definiciones precisas.

LOS CORALES, Y SU INFORMACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LA TIERRA

Ya hemos hablado de la naturaleza y de la historia de los grandes arrecifes marinos, y de la parte que en ellos juegan los Corales; pero para completar su conocimiento, hay que mencionar los corales solitarios, y a la información obtenida por el estudio de las bandas de crecimiento de los corales.

Los corales solitarios, están mucho más extendidos que los arrecifes de coral: mientras estos últimos sólo prosperan en los mares cálidos, tropicales y a escasa profundidad (véase la página 70), los primeros pueden encontrarse a otras latitudes y profundidades, y a distintas temperaturas. Se han encontrado corales que viven más allá de las costas de Noruega, por encima de los 69° de latitud Norte, y también se han extraído corales de los fondos abisales, donde reina la oscuridad más absoluta.

La mayoría de los corales modernos, requieren una base firme para sustentar sus pesados esqueletos, y tienden a evitar los fondos marinos cenagosos. Sin embargo, algunos corales han adoptado ingeniosas formas de supervivencia en tales fondos: la Calceda del Devónico medio, que tiene forma de “zapatilla” (del latín calceolus, zapatilla), vivía tumbada horizontalmente, sobre el mullido fondo del mar.

La observación de la concha de cualquier Molusco, Gasterópodo o Pelecípodo, nos revela la existencia de líneas de crecimiento, concéntricas, dispuestas alrededor del punto donde se inicia el desarrollo de la concha. Si el animal ha pasado por un período de crisis, o de escasez de alimento o de condiciones adversas, las líneas de crecimiento aparecen muy apretadas; por el contrario, cuando están normalmente espaciadas, denotan condiciones óptimas para su desarrollo, aunque existen otros factores que condicionan la formación de la concha. Estas observaciones, sirven para reconstruir, en cierta forma, las condiciones ambientales en las que se ha desarrollado el molusco, a partir de las líneas de crecimiento de su concha.

Esta circunstancia, también ha sido observada en los corales, puesto que, en su exterior, también presentan líneas de crecimiento, y la historia del coral, puede interpretarse mediante el estudio de su epiteca, que es la capa calcárea que recubre exteriormente el polípero. Los corales se

alimentan normalmente de plancton, y se comprende que, al menos en parte, sus fluctuaciones en el océano, estén relacionadas con las fases de la luna, ya que probablemente, la luz de la luna, es un factor importante en este proceso. En las líneas de crecimiento de la epiteca, se observan ciclos de crecimiento diario, mensual y anual, y un estudio detallado de estos ciclos, pueden darnos la clave para determinar la edad del coral. Lo más notable de todo esto, es que estos principios, se han aplicado a los corales fósiles, y, por ejemplo, encontramos en los corales del Devónico ciclos anuales que tienden a tener 400 días en vez de 365, lo cual significaría que, en aquella época, el día tenía sólo 22 horas. En otros términos, parece que la Tierra se ha ido retrasando en su movimiento de rotación; como la cumbre que se desgasta lentamente por acción del viento, la Tierra ha debido retrasarse por la fricción de las mareas, que constantemente fluyen sobre las costas en todo el mundo.

5 - La primera vida no marina

“Y el desierto se alegrará, y florecerá como la rosa.” isaías, 35:1.

LAS PLANTAS DEL DEVÓNICO

Se ha podido lograr un cuadro, notablemente preciso, de lo que era la vida terrestre en el Devónico medio, gracias a la feliz circunstancia de haberse conservado una turbera silicificada, en Rhy nie (Escocia). Esta turbera, no sólo contiene plantas que están aún muy próximas a sus ancestrales marinas, sino que también nos ha proporcionado algunos Artrópodos, entre ellos, los Insectos más antiguos que se conocen. Las plantas son, en su mayoría, tallos delgados y erectos que se yerguen sobre los rizomas, y la presencia de estomas (poros reguladores de la humedad), permite asegurar que eran aéreas; aunque de pequeña talla, parecen haber sido muy numerosas. Su buen estado de conservación, se debe a un tipo especial de impregnación en sílice, probablemente debido a que las aguas de la turbera estaban sobresaturadas de sílice, procedente de la actividad volcánica en regiones próximas. Su estado de conservación es tan perfecto, que las secciones delgadas de los tallos revelan la estructura celular y la presencia de hongos. Como dato curioso, se puede añadir que en la actualidad existe una planta muy simple, *Psilotum*, que presenta un cierto parecido con las plantas devónicas de Rhy nie, aunque quizás no esté directamente relacionado con ellas. El Devónico fue una época en la que las plantas fósiles experimentaron un gran avance en su evolución; por alguna razón desconocida, aparecieron nuevos tipos de plantas. No es nuestra intención describirlas todas aquí, pero si es interesante hacer notar que aún no habían empezado a desarrollarse claramente las plantas con semillas, y que los vegetales con tallos leñosos y porte arbóreo, empezaban entonces a desarrollarse. Los

bosques estaban formados, principalmente, por helechos, y la presencia de lechos de carbón, en Rusia y otros lugares, indica que la vegetación estaba ya muy desarrollada hacia finales del Devónico.

Los grupos de Invertebrados, no revelan ningún cambio significativo en su distribución, en el Devónico; en cambio, los Vertebrados, experimentan un notable avance evolutivo al final de este período. Los peces de agua dulce, en los ríos y lagos del Devónico inferior, comenzaron, no sólo a invadir la tierra firme, dando lugar a los Anfibios, sino que también se desarrollaron ampliamente en el mar.

CLASIFICACIÓN DE LOS PECES

Clase Agnatos — Peces sin mandíbulas.

Clase Placodermos — Peces acorazados, con mandíbulas.

Orden Arthrodiros.

Orden Antiarquidos.

(otros órdenes de menor importancia).

Clase Condrictios (Tiburones y rayas).

Clase Osteictios (Peces óseos: los más frecuentes en la actualidad).

Subclase Acantódidos (exclusivamente fósiles).

Subclase Actinopterygios (con aletas radiadas).

Subclase Sarcopterigios.

Orden Dipnoos (Peces pulmonados).

Orden Crosopterigios (con aletas lobuladas).

Sub-orden Coelacántidos (incluido Latimeria).

Sub-orden Rhipidistios (antecesores de los Vertebrados terrestres).

LOS PECES DEVÓNICOS: SU ORIGEN

Los primeros restos conocidos de Peces, son fragmentos de su armadura o escudo cefálico, encontrados en sedimentos del Ordovícico, que presentan indicios de haberse formado en las proximidades de la línea de costa. Sin embargo, no es absolutamente seguro si estos primeros peces, eran realmente marinos o más bien continentales, cuyos restos, en este último caso, habrían sido arrastrados por corrientes fluviales hasta el mar. La existencia en el mar en la actualidad, de ciertos organismos primitivos, relacionados con los Vertebrados, como los *Batanoglossus* y los *Anfioxus*, parecen indicar vagamente que su origen fue marino.

LOS AGNATOS

El más primitivo, aunque no el primer “pez” del que se tiene buena documentación es *Jamoytius kerwoodi*, del Silúrico superior de Escocia. Carece de armadura externa y parece haber tenido esqueleto cartilaginoso, por lo cual, su conservación es realmente afortunada; presenta algunos caracteres muy primitivos, que parecen indicar claramente, cierta relación con los Cordados primitivos del tipo del *Anfioxus*, que vive actualmente en nuestros mares.

Podemos fijarnos en dos características notables de estos “peces” primitivos: en primer lugar, carecen de mandíbulas y sólo tienen una simple boca en forma de orificio por la que ingieren su alimento; en segundo lugar, están protegidos por escamas y placas óseas. El primer carácter es el que da nombre a la clase Agnatos (sin mandíbulas), e implica que estos animales eran, probablemente, comedores de fango; la segunda es la principal razón por la que se encuentran fósiles, puesto que su esqueleto interno debía ser cartilaginoso y no ha fosilizado: este material, aunque es lo suficientemente resistente para formar un esqueleto, no lo es en cambio, para poder fosilizar (los tiburones y las rayas tienen también esqueleto principalmente cartilaginoso). Por otra parte, estos peces estaban cubiertos por una armadura de placas y un escudo óseo, este último recubriendo su cabeza.

Figura 22. — Algunos Peces primitivos paleozoicos.

Los Agnatos se desarrollaron desde el Ordovícico hasta el Devónico, y comprenden representantes actuales que, por no tener armadura ósea, no se conocen fósiles. Los primitivos Agnatos no parecen haber sido marinos, y al parecer, todos los peces devónicos (como veremos más adelante), y los Vertebrados terrestres posteriores, deben descender de ellos. Los Agnatos modernos (*Lampreas* y *Mixines*), son famosos por una circunstancia especial, por haber causado la muerte del Rey Enrique I de Inglaterra (fallecido en 1135), que tiene fama de haber muerto

de una indigestión de lampreas.

La pregunta que surge inmediatamente es: ¿cómo se formó la armadura ósea de estos peces? Ya hemos hecho mención de los Calcicordados con su esqueleto formado por placas calcáreas y sus posibles relaciones con los Cordados; más adelante nos referiremos al posible origen del hueso, como una reserva de calcio-fósforo en el organismo. Sin duda, existieron animales predadores, tanto en el mar como en agua dulce, entre los Invertebrados, que pudieron haber hecho necesaria la presencia de una armadura protectora para estos primitivos Vertebrados: los Euryptéridos, Artrópodos gigantes de agua dulce y marinos, que llegaron a tener 2 m. de largo, con aspecto de escorpiones y provistos de mandíbulas, debieron ser competidores formidables, de los que había que defenderse.

Por lo que al mar se refiere, cualquier pez del Devónico debía sufrir la competencia directa de los Cefalópodos, que si eran como los actuales, serían también carnívoros y estarían armados de tentáculos prensiles. A pesar de todo, los Peces han sobrevivido a los rigores de todos los tiempos, si bien de diferentes formas.

LOS PLACODERMOS

En el Devónico inferior, los Agnatos debieron originar un grupo nuevo de peces, los Placodermos, también cubiertos de placas óseas como la mayoría de los Agnatos (del griego plakós, placa y derma, piel), pero con la diferencia de que estaban provistos de mandíbulas. Estas mandíbulas parece que se originaron como un recurso para poder alimentarse de presas de mayor tamaño, ya que están formadas por los huesos correspondientes a los primeros arcos branquiales de los Agnatos, al tiempo que se desarrolla cierta granulosidad en la superficie de la armadura, para formar los dientes en la región de las mandíbulas. De hecho, la distinción entre “exoesqueleto” (o armadura) y “endoesqueleto” (o huesos de las mandíbulas), de estos peces y de sus descendientes, se refleja también en nuestra estructura, ya que los dientes constituyen el “exoesqueleto” (o lo que aún queda de él), y el “endoesqueleto” está formado por las mandíbulas. En realidad, la dentina de nuestros dientes, se puede encontrar ya en el otro extremo de la serie evolutiva, formando la armadura de los Agnatos paleozoicos.

De esta forma, armados de mandíbulas, los Placodermos se diversificaron en las aguas dulces continentales del Devónico, apareciendo dos grupos principales: Artrodios y Antiárquidos. Los Artrodios tenían una armadura masiva que les cubría la cabeza seguida de otra, articulada, que protegía la región escapular, y estructuras muy peculiares en las mandíbulas. En nuestras mandíbulas, como en las de la mayoría de los Vertebrados, los dientes se insertan sobre los huesos de las mandíbulas, pero en los Artrodios, son simples proyecciones de las placas óseas que forman las mandíbulas, por lo general, en forma de cuña incisiva en la parte anterior, y de lámina cortante en la parte posterior. Estos Peces, que presentan una clara tendencia a adaptarse

a la vida en el mar, en el Devónico superior, llegan a alcanzar en algunos casos enorme tamaño: *Dinichthys* llegó a alcanzar unos 10 m. de longitud y, a juzgar por el enorme tamaño de sus mandíbulas, debió haber sido un competidor formidable para otros tipos de peces. Los Antiárquidos, por el contrario, se caracterizaron por el tamaño reducido de sus mandíbulas y por tener la coraza ventral plana, lo que hace suponer que vivían arrastrándose por el fondo del mar, como muchos peces actuales, que presentan el mismo aspecto y que también viven sobre el fondo marino.

TIBURONES Y RAYAS

Probablemente, a partir de los Placodermos surgieron los dos grandes grupos de peces que, en contraste con los Placodermos y sus antecesores los Agnatos, persisten en su mayor parte hasta la actualidad. Son los Peces cartilagosos (Tiburones y Rayas) y los Peces óseos; estos últimos, constituyen la mayoría de los peces que pueblan actualmente los mares y los ríos.

Del grupo de los Tiburones, como cabría esperar, después de haber visto lo que ocurre con los precedentes grupos de peces que tenían esqueleto cartilaginoso, no ha quedado una documentación fósil muy precisa. Sin embargo, podemos decir que el grupo es, en su casi totalidad, marino, al menos desde su aparición en la documentación fósil, en el Devónico medio. Parece como si la calcificación del esqueleto interno de los Placodermos, que suele ser incompleta, se hubiese detenido completamente o incluso sufriese una regresión con la aparición de los primeros tiburones y, aunque es cierto que los dientes de estos Selaceos, en perfecto estado de conservación, constituyen la obligada introducción del principiante en el mundo de los peces fósiles, no lo es menos que rara vez se encuentra algo más que dientes, constituyendo el único resto que nos muestra donde estaba el tiburón, al desprenderse de sus mandíbulas y caer al fondo del mar.

LOS PECES ÓSEOS

Con los Peces óseos, la situación es completamente diferente, pues contamos con una buena documentación fósil de su historia, debido a que su esqueleto interno suele ser casi siempre fosilizable. Parece que, en sus comienzos, los Peces óseos eran de agua dulce, y que no pasaron al hábitat marino hasta finales del Paleozoico.

Desde sus comienzos, nos encontramos con dos grupos diferenciados: Actinopterigios y Sarcoperigios; los primeros enormemente diversificados y muy numerosos en todas las épocas; algunos incluso, como el “caballito de mar” o el “pez piedra”, se parecen muy poco a lo que

puede llamarse “pez”. Un tercer grupo, relativamente menos importante, el de los Acanthopteros, exclusivamente paleozoico, se caracterizaba por unas espinas óseas situadas en la parte anterior de sus aletas, que forman láminas cortantes.

SARCOPTERIGIOS

Desde el punto de vista evolutivo, los Peces pulmonados y los Coelacántidos, son mucho más importantes, porque pertenecen a este grupo, los que dieron origen a los Anfibios. Los Peces pulmonados, de los que quedan tres grupos actuales, viven en los lagos tropicales, y cuando estos se secan en la estación cálida, quedan semienterrados en el fango y aletargados, respirando el aire mediante un pulmón rudimentario. La presencia de este órgano en tales peces, pueden pareceros extraña, pero de hecho, también en los Actinopterigios existe un saco aéreo o “vejiga”, que funciona como órgano hidrostático, y el “pulmón” de los Peces pulmonados es, sin duda, un órgano homólogo a esta vejiga. De hecho, se han encontrado estos “sacos aéreos” en grupos de peces tan antiguos como los Antiárquidos, y en relación con esto, no hay que olvidar que también ciertos Gasterópodos han adquirido la facultad de respirar el aire atmosférico (véase la página 83). Por otra parte, en el Coelacántido *Latimeria*, es donde encontramos los datos más interesantes, en relación con la transición de Peces a Anfibios, que tuvo lugar en el Paleozoico.

Los Coelacántidos constituyen un grupo de Peces Sarcopterigios, que se creía extinguido desde el Cretácico, hasta que se encontró un primer ejemplar vivo, apenas a 80 m. de profundidad, del género *Latimeria*, junto a las costas de Madagascar en 1938. El rasgo más característico de estos peces, es que presentan las aletas “lobuladas” en vez de “radiadas” (véase la Figura 23), es decir, que poseen un lóbulo carnoso, formado por huesos y músculos, en la base de sus aletas, en su unión con el cuerpo del pez, las cuales se mueven precisamente por las contracciones de este lóbulo, mientras que en los Actinopterigios, la aleta forma una simple prolongación de la piel, con una serie de “espinas” o radios que la mantienen tersa, y sólo existe una pequeña base de sustentación.

Figura 23. — El « Coelacanto » (*Latimeria chalumnae*).

Aunque ambos tipos de peces óseos, y consiguientemente también algunos Placodermos, tuvieron las mismas probabilidades de sobrevivir en las lagunas desecadas de los continentes en el Devónico superior, respirando mediante sus sacos aéreos, los que poseían aletas lobuladas, los Crosopterigios, tenían una notable ventaja con relación a los demás, puesto que podían arrastrarse mediante sus aletas musculosas, desde una laguna desecada a otra, lo cual les permitía encontrar

finalmente agua, mientras que sus rivales, morirían cuando la sequía se prolongase más de lo normal. Así se desarrollaron y vivieron los primeros Anfibios, durante parte del Devónico superior o quizás durante más tiempo, a consecuencia de la mayor tendencia del pez, a volver al agua, más que a salir de ella.

En realidad, no fueron los mismos Coelacántidos los que dieron el paso definitivo hacia la tierra firme, sino los Rhipidistios, un grupo de peces muy próximos a ellos (19); y si bien ocurre que cierto pez Actinopterygion, el “saltador del fango”, puede verse actualmente trepando por las raíces de los manglares, utilizando sus aletas de estructura “radiada” a modo de patas (aunque tiene que volver periódicamente al agua, para renovar el agua en sus branquias), también lo es, que este nicho ecológico ha sido ya definitivamente ocupado por los Anfibios. Latimeria, el famoso “fósil viviente”, tiene de todas formas el interés de que, con sus aletas lobuladas, nos muestra claramente el proceso evolutivo que dio origen a las extremidades de los Anfibios.

EL ORIGEN DEL HUESO Y DE LOS DIENTES

Antes de continuar con la historia de los primeros Vertebrados terrestres, nos vamos a referir a ciertas teorías sobre el origen del hueso y de los dientes de los Vertebrados. Aunque el origen del hueso no ha podido ser explicado satisfactoriamente, se ha sugerido que su función inicial fue la de servir como reserva de calcio y de fósforo, puesto que el hueso es una asociación de tejido orgánico con fosfato cálcico. Los animales necesitan calcio para el crecimiento y para la actividad muscular; sin embargo, debe mantenerse en una determinada concentración en el medio interno, ya que una excesiva cantidad de calcio en el organismo, puede causar enfermedades o incluso la muerte. El fósforo es un elemento necesario para la síntesis de las proteínas y para otros procesos bioquímicos. Por lo tanto, los peces tienen que asimilar compuestos de calcio y de fósforo para cubrir sus necesidades, y al propio tiempo deben acumular reservas de estos elementos, que pueden ser escasos en el medio ambiente, especialmente en las aguas dulces; y no cabe duda de que el hueso constituye una buena reserva de estos elementos.

Es importante anotar que los Peces acorazados primitivos tenían una “armadura” formada por un tipo de hueso especial, análogo a la dentina de nuestros dientes, que es un material compacto, formado por fosfato cálcico sin células asociadas, por lo cual resulta difícil que pase en disolución a la sangre. En cambio, el hueso, que está formado por una estructura celular además del fosfato cálcico, puede intercambiar con facilidad los elementos vitales calcio y fósforo, por lo cual, representó sin duda una notable ventaja para los Vertebrados, la aparición de verdaderos huesos, ya que de esta forma, se incrementó notablemente la reserva de calcio y fósforo, al aumentar su disponibilidad.

Tal vez piense el lector, la próxima vez que tenga dolor de muelas, que no hay ninguna razón

fisiológica clara, para que nuestros dientes deban ser sensibles al dolor. Pues bien, parece probable que la razón de la presencia de canales nerviosos que atraviesan la dentina, esté en que son un resto del exoesqueleto, perforado por conductos nerviosos, de los Peces acorazados paleozoicos del cual derivan, y cuya función era, sin duda, mantener la sensibilidad a través de esta coraza, que de otro modo sería insensible.

Ya en el Carbonífero, esta primera etapa de la evolución de los Vertebrados se hace más lenta. Los Anfibios, que aparecen por primera vez en el Devónico superior, se adaptaron rápidamente al medio ambiente, conservando algunos, hasta la actualidad, el movimiento sinuoso del cuerpo al andar, que denota su procedencia a partir de los peces. Además, el cráneo de los Anfibios primitivos, es casi igual al de los Crosopterigios.

Claro que los Anfibios, no se han independizado por completo del medio acuático, pero sus descendientes, los Reptiles, que aparecen en el Carbonífero superior, resuelven este problema, cubriendo los huevos mediante un cascarón, de la misma forma que las Aves.

Por lo que a los Peces se refiere, el complejo grupo de los Placodermos se extingue en el Carbonífero, quedando desde entonces pobladas las aguas, principalmente por los Peces óseos y (en los mares), también por los Condrictios o Peces cartilagosos.

RESUMEN DE LA VIDA EN EL DEVÓNICO

En resumen, parece que, hasta el final del Devónico, no aparecen los Vertebrados terrestres, aunque los Peces presentaban ya un gran desarrollo y estaban muy diversificados.

Por lo que se refiere a la fauna de Invertebrados continentales, era más bien escasa, pero las aguas dulces empezaron a poblarse de Moluscos bivalvos y Gasterópodos, probablemente, emigrados del mar; algunos bivalvos eran de gran tamaño, como Amnigenia, que se parece mucho al Anodonta de nuestros ríos. Los Euryptéridos, provistos de enormes pinzas, poblaban también los ríos y lagunas, y los efectos de las épocas de sequía, que caracterizan el final de este período, han quedado patentes en diversos yacimientos, donde gran cantidad de peces primitivos, perfectamente conservados, se han preservado materialmente “empaquetados”, en la misma posición en que murieron, enterrados en el fondo de los lagos desecados.

La tierra empieza a poblarse de las primeras plantas arbóreas, antecesoras de las que formarían los bosques que, en el Carbonífero, darían origen a los grandes depósitos de hulla; y al parecer, giraba sobre sí misma con un período de sólo 22 horas.

EL PERIODO CARBONÍFERO

En este período nos encontramos con uno de los contrastes más notables, en el estudio de la Geología histórica: la coexistencia de grandes bosques, de dimensiones equivalentes a los actuales de la región del Amazonas, en el hemisferio boreal, franjeados por mares en los que se desarrollaba una variada y rica fauna marina, mientras que en el hemisferio austral se desarrollaba una época glaciaria sobre un área tan amplia como la Antártida en la actualidad, que ha dejado los típicos sedimentos glaciares.

EL BOSQUE CARBONÍFERO

Antes de dar una explicación a esta paradoja climática, haremos un breve resumen de la vida en el Carbonífero.

Durante el Carbonífero superior, época en la que se formaron la mayor parte de los depósitos de hulla en el hemisferio Norte, la flora continental se había desarrollado enormemente, tanto en variedad como en tamaño. El bosque hullero estaba formado principalmente por Pteridofitas: Licopodios y Equisetos gigantes, Heléchos arborescentes, Pteridospermas y las primeras Gimnospermas (véase la Figura 24):

Licopodios (del griego *lycos*, lobo y *podós*, pie), plantas caracterizadas por la disposición espiral de sus hojas; están representadas actualmente por *Lycopodium*, una pequeña planta herbácea, pero en el Carbonífero, llegaron a ser árboles (*Lepidodendron* y *Sigillaria*), hasta de 30 m. alto.

Equisetos (del latín *equus*, caballo, y *seta*, pelo, cerda), son plantas con las hojas dispuestas en verticilos, representadas ahora por la “cola de caballo”, que comprenden también los Calamites del Carbonífero, que alcanzaron unos 20 m. de altura.

Figura 24. — Un Anfibio gigante, en el bosque carbonífero, que se desarrollaba en una ciénaga. En primer término, un tronco de *Lepidodendron*, licopodio gigante; detrás, un Calamites con su característica ramificación verticilada, y varias hojas de helechos.

Heléchos, plantas con hojas típicamente compuestas y dentadas, que, como todas las Pteridofitas, se reproducen por esporas en vez de semillas (20).

Pteridospermas (del griego *Pteris*, helecho y *sperma*, semilla), son plantas actualmente extinguidas, con hojas del tipo de las de los helechos, pero que tenían semillas.

Gimnospermas (del griego *gymnos*, desnudo, y *sperma* semilla), son plantas en las que la semilla está situada al descubierto, sobre una hoja modificada; están representadas actualmente por las Coníferas (pinos, abetos, etc.).

Sin duda, existieron en estos bosques otras muchas plantas, que se desarrollaron profusamente: Algas en las lagunas, Líquenes sobre los troncos y ramas de los árboles, Hongos sobre los troncos podridos, Musgos y otras plantas herbáceas en las márgenes de los arroyos y manantiales, pero al no ser leñosas, no fosilizaron o sólo dejaron una leve huella. Lo más espectacular de estos bosques, que dieron origen al carbón, es la enorme altura de sus árboles, que corrientemente llegaban a 30 metros, lo cual resulta aún más impresionante, si se compara con los descendientes actuales de estas plantas que, a parte de las Gimnospermas, son plantas herbáceas. La acumulación de los restos de estas plantas que componían el bosque hullero, y su posterior compresión, es la que ha dado lugar a la formación del carbón que encontramos ahora, y la presencia de troncos enraizados en la roca subyacente al carbón, nos indica que éste se ha formado, en su mayor parte, in situ, es decir, en las mismas zonas donde crecían las plantas.

No sólo es posible enumerar los tipos de plantas que formaban estos bosques, sino que también es posible reconstruir un cuadro preciso de sus relaciones mutuas. Por ejemplo, del estudio de millares de plantas fósiles procedentes de la cuenca carbonífera del Sur de Gales, se ha llegado a la conclusión de que, mientras los Calamites (un equiseto gigante) y Cordaites (una Gimnosperma), están más o menos uniformemente distribuidos en toda la serie estratigráfica, en la parte más baja de la serie, que corresponde a la época más húmeda, predominan las Licopodiáceas, en tanto que en la parte más alta, correspondiente a la época más seca, predominan las Pteridospermas y los Heléchos. El mismo carbón, se puede clasificar en varios tipos según su origen: la hulla “grasa”, rica en materiales bituminosos, deriva directamente de los restos vegetales, mientras que el llamado “boghead”, una variedad menos común, que arde con una llama aceitosa, se formó por acumulación de esporas, algas, semillas, etc., en lagunas abiertas.

Ocasionalmente pueden encontrarse nódulos calcáreos, a los que se suele dar el nombre de “tacañas”, que contienen restos de plantas fósiles perfectamente conservados, incluso con su estructura celular. Del estudio microscópico de estas plantas, que en ciertos casos contienen cristales de minerales que no han deformado las células vegetales, se deduce que estas plantas, aún vivas, debieron sufrir una cierta mineralización: al parecer, vivían en zonas pantanosas, cuyas aguas contenían sales minerales que fueron mineralizando lentamente las plantas, con lo cual resultaban más frágiles, y se favorecía su caída sobre el área cubierta por el agua, donde algunos fragmentos quedaron preservados en una matriz calcárea que forma los nódulos de carbón referidos. El tamaño alcanzado por las plantas, nos demuestra que el clima era favorable para su desarrollo, y la presencia de moluscos bivalvos de agua dulce, que frecuentemente están asociados a los yacimientos de carbón, parece indicar que las zonas pantanosas estaban muy próximas a los bosques.

LA DERIVA CONTINENTAL

No toda la Tierra estuvo cubierta por estos bosques exuberantes, durante el período Carbonífero. A parte de las áreas oceánicas, en las formaciones continentales encontramos materiales de color rojo, que indican condiciones climáticas de tipo desértico, los cuales aparecen, en algunos casos, a continuación de los depósitos de carbón; y también encontramos indicios de otros ambientes distintos. En los continentes del hemisferio Sur, la flora presenta un notable contraste con los frondosos bosques del hemisferio Norte, estando representada por plantas especiales, de las cuales *Glossopteris* (una planta de afinidades dudosas, que se reproducía por semillas), es la más característica. La abundancia de tales plantas en Sudamérica, Australia, África del Sur, Antártida y en la India, que contrasta con su casi nula aparición en los países nórdicos, nos confirma la teoría de la deriva continental, que concuerda con la presencia de sedimentos glaciares en los mismos continentes, durante el Paleozoico superior (véase la Figura 25).

Figura 25. — Esquemas demostrativos de la deriva continental. Las áreas marcadas en negro, corresponden a los bloques estables; las áreas rayadas, son zonas adicionales, que temporalmente han correspondido o corresponden a tierras emergidas.

Una investigación detallada sobre las glaciaciones en el Paleozoico superior, nos revela la existencia de estrías, en las rocas subyacentes, que por sus direcciones, indican como origen de todas estas glaciaciones, una región que actualmente está cubierta por los océanos, a no ser que se coloquen los referidos continentes, unos junto a otros, como en un rompecabezas. Dichas estrías, marcan las direcciones según las cuales, se movían los casquetes de hielo, y parecen indicar que el hielo provenía de zonas oceánicas, lo cual es muy improbable, pues el hielo se desliza por gravedad sobre los continentes. La única solución posible, es admitir que los continentes australes formaban, en el Paleozoico superior, una masa continental única, tal como se indica en la Figura 25. Por otra parte, la distribución actual de los sedimentos glaciares en estos continentes es tan amplia, que resulta imposible situar el polo Sur en un lugar adecuado, suficientemente próximo a todas las áreas donde se desarrollaron los glaciares, a no ser que admitamos que el área en cuestión, se ha ido fraccionando y separándose sus partes, por la deriva continental, desde el Paleozoico superior. Pero si estos continentes, se consideran independientes de los del hemisferio Norte, agrupándolos entre sí, las áreas consideradas quedan unidas, dibujando un casquete glaciar único, que se extendió desde Suramérica en el Carbonífero inferior, sobre la Antártida, Sudáfrica y la India en el Carbonífero superior, llegando hasta Australia en el Pérmico, con lo cual, las zonas cubiertas de hielo, estarían limitadas por regiones de clima frío, donde se habría desarrollado la flora de *Glossopteris*.

A este “supercontinente”, se le ha llamado Gondwana, y resulta tentador suponer que las

variaciones en la distribución del hielo en dicho continente, durante el Paleozoico superior, se debieron a la deriva de Gondwana con relación al polo Sur, y que la situación actual en el hemisferio Sur, se debe a la fragmentación de dicho continente durante el Mesozoico. Esta es la teoría de la deriva continental, que ya va siendo generalmente admitida por los geólogos, con algunas raras excepciones (por ejemplo, el Profesor Belousov, de la U.R.R.S., que no se muestra partidario de dicha teoría).

Los continentes nórdicos, que en aquella época debían formar un continente único conocido por "Laurasia", probablemente estaban situados más cerca del ecuador durante el Carbonífero, lo cual habría favorecido el desarrollo de los grandes bosques hulleros. Tal vez pueda encontrarse difícil de aceptar la deriva continental, debido a que el fondo de los océanos, debajo de los sedimentos, está formado por roca sólida, pero esta dificultad puede superarse si se considera que, incluso las rocas más resistentes, pueden adquirir cierta plasticidad, sometidas a las elevadas presiones existentes en el interior de la Tierra, deformándose cuando estas condiciones actúan en la inmensidad de los tiempos geológicos (21). Del mismo modo que el hielo de los glaciares, aparentemente rígido se desliza por las laderas al cabo de centenares de años, también la corteza terrestre, en apariencia tan dura, puede deslizarse con cierta rapidez a lo largo de millones de años; los pliegues que aparecen en los estratos de las rocas, en muchas zonas de la corteza terrestre, nos demuestran que esto es una realidad. La prueba definitiva de la deriva continental, consistiría en medir directamente el desplazamiento real de los continentes, y parece que, mediante métodos modernos de gran precisión, es posible realizar tales medidas, tanto entre continentes, como en relación con la posición de la Luna. Una de las derivas continentales más rápidas, que debe haber disminuido, sin embargo, en la actualidad, parece ser el desplazamiento de la India con relación a la Antártida, a partir del Carbonífero: una distancia aproximada de 6.000 Km. en unos 270 millones de años, lo que viene a ser una velocidad de 2,5 cm. al año, que puede ser una velocidad medible.

LA FAUNA DEL CARBONÍFERO

Como en esta época aún no habían aparecido las Aves, los bosques del Carbonífero debieron ser notablemente silenciosos. Los aires estaban poblados por libélulas que alcanzaban hasta 1 m. de envergadura, mientras otros Insectos parecidos a cucarachas, corrían por el suelo. Otros animales que poblaban los continentes, no necesariamente los bosques, eran los Vertebrados: Anfibios, Reptiles y Peces. Algunos Anfibios, como Eogyrinus, llegaron a alcanzar 5 m. de largo, y en general, eran muy abundantes; por su parte, los Reptiles son todavía escasos y sólo se han encontrado en el Carbonífero superior; los Peces de agua dulce, eran principalmente Peces óseos, conocidos como Paleoniscoides, mientras en el mar predominaban los Seláceos.

EL PÉRMICO

En algunos sitios, por ejemplo en Gran Bretaña, a los estratos carboníferos se superponen otros de areniscas estériles pertenecientes al Pérmico, que se caracterizan por sus coloraciones rojizas, de la misma forma que las rocas del Carbonífero están caracterizadas por la presencia de carbón. Estos colores rojos, de las areniscas y margas, denotan la presencia de una vegetación muy escasa o la falta total de vegetación en esta época.

Sin embargo, la fauna era muy parecida a la del Carbonífero, lo cual justifica la inclusión de este período dentro del Paleozoico. Los Anfibios continúan como en el Carbonífero; en cambio los Reptiles eran mucho más abundantes: Seymouria era una forma de transición entre los Anfibios y los Reptiles, hallada en la localidad de Seymour (Texas), que presenta una notable combinación de caracteres de ambos grupos, aunque, como en el caso del Ornitorrinco, parece ser una forma residual de las auténticas de transición, más bien que una forma de transición en sí misma, puesto que su situación en el Pérmico inferior, es posterior a los Reptiles del Carbonífero. También del Pérmico eran los Cotilosaurios, un grupo de Reptiles primitivos, del cual se piensa que derivaron todos los demás.

Los Anfibios son poco más que peces adaptados a la vida aérea, y están obligados a volver al agua, durante cierto tiempo, en su ciclo vital aunque sólo sea para poner sus huevos. Es sabido que el Axolote mejicano se puede transformar en un animal terrestre, que respira el aire atmosférico, cuando se le suministra una dosis masiva de la hormona tiroxina en estado larvario, mientras que normalmente, conserva branquias externas en estado adulto. En cambio, los Reptiles son auténticos animales terrestres, excepto cuando se han adaptado secundariamente a la vida acuática, como los Ichthyosaurus y ciertas serpientes marinas. Algunos Reptiles conservan los dientes palatinos, que son propios de los Peces y Anfibios. Finalmente, de los Cotilosaurios, derivaron los representantes pérmicos de los Reptiles Synápsidos, que fueron los antecesores de los Mamíferos.

Los cambios acontecidos en los seres vivos al final del Pérmico, no afectaron profundamente a los Reptiles; por su parte, la flora del Carbonífero evolucionó durante el Pérmico hacia un nuevo régimen en el que predominan las Gimnospermas, por lo cual, la transición al Triásico no se marca como un profundo cambio de la flora. En cambio, en el mundo de los Invertebrados, el final del Pérmico coincidió también con la extinción de muchos grupos importantes: todos los Trilobites, muchos grupos de Cefalópodos, Equinodermos, Corales, etc., desaparecieron completamente por lo cual, el Triásico marca el comienzo de una nueva Era, el Mesozoico.

En realidad, varios grupos de Reptiles se extinguieron en esta época, pero los grupos más importantes persisten y dan lugar a una nueva expansión de estos Vertebrados en el Triásico. Por ahora desconocemos las causas de esta extinción masiva de grupos de animales, pero parece que coincidió con un descenso temporal del nivel del mar a escala mundial; en el próximo capítulo haremos alguna consideración, sobre esta extraña interrupción de la historia de la vida.

6 - El mundo mesozoico

“Se llega a la conclusión de que, en el Jurásico, el Océano Ártico no estaba cubierto de hielo, y sus aguas eran al menos, tan cálidas como en las actuales zonas templadas.” arkell (Jurassic Geology of the World, 1956).

El comienzo de la Era Mesozoica se caracteriza por una nueva expansión del mundo animal, pero se trata de un mundo muy distinto del que había existido hasta entonces. Los Corales están representados por nuevos tipos, muchos de ellos aún actuales, capaces de formar grandes colonias destinadas a ser un factor más importante en la formación de arrecifes que durante el Paleozoico. Los Crinoides y los Braquiópodos, disminuyeron en importancia, pero en cambio, los Moluscos progresan rápidamente. Uno de los tipos principales, entre los nuevos Moluscos mesozoicos, fueron los Ostreidos, que con sus conchas cementadas, llegan a ser unos de los fósiles más frecuentes en las rocas post-paleozoicas, y los Ammonoideos evolucionados. La historia de los Ammonoideos es muy compleja, pero baste decir que los Goniatites de pequeño tamaño, forma redondeada y suturas sencillas (22), aparecieron en el Devónico, siendo sustituidos en el Triásico por los Ceratites de mayor tamaño y suturas más complejas; finalmente, los Ammonites, de suturas complejas, adquirieron una gran preponderancia en el Jurásico y en el Cretácico. La Figura 26 ilustra esquemáticamente lo que acabamos de decir y en la parte de la izquierda, el grosor de la columna en negro, indica la abundancia relativa de estos fósiles.

Entre los Vertebrados hubo algunos cambios importantes en la situación general, a pesar de las extinciones que se produjeron durante la crisis paleozoico-mesozoica. Por otra parte, aparecieron dos grupos, de poca importancia en el Mesozoico, pero que estaban destinados a adquirir enorme importancia en el futuro: los Mamíferos y las Aves.

En las plantas, la flora paleozoica se fue reemplazando lentamente por la de Cicadofitas, análogas a las modernas Cycas, que son plantas de tallos reducidos, leñosos, muy duros, de crecimiento muy lento (unos 16 cm. cada siglo en algunas especies), con hojas parecidas a las de las palmeras, que salen directamente del tronco.

LA SITUACIÓN EN EL TRIÁSICO

En el Triásico, los peces Actinoptergios comienzan a colonizar el mar, ignorando a los grupos rivales que habrían de quedar en segundo término, como ocurre en la actualidad.

En los continentes, sin embargo, la situación fue bastante distinta de la actual, siendo los Reptiles

los Vertebrados terrestres de mayor importancia, especialmente los Arqueosaurios (Dinosaurios y otros), los que alcanzaron mayor desarrollo manteniendo su preponderancia hasta finales del Cretácico, durante un lapso de unos 100 millones de años. Estos reptiles, que se desarrollaron extraordinariamente durante el Mesozoico, en el Triásico están representados por algunas formas primitivas, como los Phytosaurios, morfológicamente muy parecidos a los Cocodrilos (con hocico alargado, dientes puntiagudos, pequeños orificios nasales y patas cortas), si bien no son sus antecesores, aunque probablemente ocuparon su mismo nicho ecológico, de acuerdo con el principio según el cual, cuando existe un hueco que deba ser colonizado, provisionalmente lo ocupará el grupo disponible mejor preparado, en tanto que no aparezca el más adecuado, que luego lo ocupará definitivamente. De acuerdo con este principio general, encontramos entre los peces Actinopterigios del Triásico, géneros como Colobodus que presenta el aspecto del bacalao; Dollopterus y Thoracopterus, parecidos a los peces voladores; Cleithrolepis y Bobastrania, semejantes al pez-sol; Saurichthys y Birgeria, análogos a los lucios. Probablemente eran ecológicamente equivalentes, aunque no existiese entre ellos ninguna relación evolutiva. Los Coelacántidos triásicos, por otra parte, se parecen al moderno Latimeria, con el que ciertamente estaban genéticamente relacionados.

Por lo que se refiere a los Invertebrados, el Triásico se caracteriza por el desarrollo de bancos de Ostreoides y por la expansión de los Ceratiles; estos últimos, ilustrados en la Figura 26, fueron Ammonoideos de suturas medianamente complejas, notables por su gran variedad en formas y tamaño. De hecho, esta expansión de los Ammonoideos, después de que casi se habían extinguido a finales del Pérmico, sólo es comparable con la que experimentarían a continuación de su decadencia al final del Triásico. Esta curiosa tendencia a la decadencia, que presentan ciertos Ammonoideos, parece ser una característica general del grupo, y esta aparición y desaparición súbita de ciertos grupos de Ammonites, a lo largo de la Era Mesozoica, resulta ser un criterio muy importante para determinar la edad geológica de las rocas estudiadas. En el Treatise of Invertebrate Palaeontology de R. C. Moore, se incluyen 30 zonas de Ammonites para el Triásico; unas 45 para el Jurásico y 36 para el Cretácico; cada una de estas zonas, viene caracterizada por las especies de Ammonites que un especialista puede identificar, determinando así la edad geológica de la roca que las contiene.

LA SITUACIÓN EN EL JURÁSICO Y CRETÁCICO

Entre los Vertebrados, el mundo de los Reptiles estaba dominado por los Arqueosaurios, incluidos los Pterosaurios o Reptiles voladores; los Cocodrilos acuáticos; los Ornitopelvíanos, herbívoros y los Sauripelvíanos, con algunas formas gigantescas. En el mar, los Plesiosaurios y los Ictiosaurios; Tortugas primitivas, Lagartos y Serpientes que inician su desarrollo. Además, aparecen los grupos de Vertebrados de sangre caliente, que se desarrollan a partir de dos grupos distintos de Reptiles; las Aves, que comienzan en el Jurásico, y los Mamíferos, que surgen confusamente en el final del Triásico, llegando a estar claramente diferenciados en el Cretácico. Sin embargo, no

parece que estos nuevos Vertebrados constituyeron una seria amenaza para los Reptiles; no más que los murciélagos, actualmente, para las Aves. Vista la situación en el Cretácico, podría parecer que los Reptiles se mantendrían en su posición dominante para siempre; sin embargo, no ha sido este el caso, y en la actualidad, los Reptiles están en franca regresión.

El mundo de las plantas cambió radicalmente durante el Cretácico. Hasta entonces la flora mesozoica comprendía una gran variedad de plantas análogas a las Cicadáceas, Coníferas, Ginkgos y Heléchos. Las Cicadáceas y las hemos indicado anteriormente; las Coníferas son bien conocidas en la actualidad (pinos, abetos, etc.), y el Ginkgo, que encontramos en algunos jardines y parques, es un resto de un antiguo grupo de Gimnospermas ya casi extinguido; fue muy abundante en el pasado, pero actualmente tan sólo sobrevive en los jardines de los templos en el Japón, de donde se ha exportado a todo el mundo, como árbol ornamental.

Esta flora de Gimnospermas, se sustituyó bruscamente por la de Angiospermas, plantas con flores, que aparentemente se extendieron con gran rapidez, desde Groenlandia a todo el resto del mundo. La hierba es, por supuesto, una Angiosperma, una Gramínea, tan familiar para nosotros, que sería inconcebible un mundo en el que no existiese: pues bien, antes del Cretácico superior aún no había aparecido. La flora fósil del Cretácico de Groenlandia, incluye además, otras muchas plantas, muy parecidas a las actuales: la magnolia, el plátano, el “árbol del pan”, el roble, todos ellos están allí representados por géneros análogos a los actuales. Es muy difícil explicar este repentino desarrollo de las plantas con flores: los Insectos pueden haber contribuido a este desarrollo, aunque ya existían desde el Paleozoico (23). Tampoco coincide este desarrollo de las Angiospermas, con la desaparición de los Dinosaurios, ni con el excepcional descenso del nivel del mar, que ocurrió al final del Cretácico, el cual pudo haber favorecido la expansión de las plantas terrestres, en zonas anteriormente cubiertas por el mar.

Figura 26. — Desarrollo y evolución de los Ammonoideos.

Con respecto a los Invertebrados, en el Mesozoico se desarrolló una abundante fauna de Moluscos y Corales, cuya distribución geográfica nos lleva a suponer que los polos terrestres no eran tan fríos como en la actualidad, o que estaban situados en una zona oceánica, por lo que no nos han dejado huellas glaciares de aquella época. Esta cuestión está aún sin resolver, pero de cualquier manera, parece muy probable que, en el Mesozoico, la Tierra tuviese un clima templado y uniforme. En los mares cálidos se desarrollaron unos Moluscos bivalvos, característicos del Cretácico, principalmente los Rudistas, un tipo de bivalvos, a veces de gran tamaño (pueden llegar a tener 2 m. de altura), que por lo general viven cementados a las rocas del fondo del mar, formando grandes colonias o “bancos”, en ocasiones de gran extensión. En su mayoría, están limitados a zonas próximas al actual Trópico de Cáncer, en el hemisferio Norte, y si consideramos que su gran tamaño y su abundancia, indican una temperatura alta para el agua del mar donde vivían, resulta que esta región, bien pudo corresponder a la zona ecuatorial del

Cretácico. También se han encontrado Rudistas, ocasionalmente, en localidades más al Norte, como en Inglaterra, pero en general, se encuentran en sedimentos que corresponden a las cadenas montañosas de los Alpes y al Himalaya, zonas ocupadas entonces por el Mar de Tethys, cuyos sedimentos, al plegarse, dieron origen a estas cadenas montañosas, y esta zona, estaba muy próxima al ecuador en aquella época.

LOS CEFALÓPODOS

La clasificación general de los Cefalópodos es como sigue:

Clase cephalopoda

Subclase Nautiloidea (Tetrabranquiales)

Subclase Ammonoidea

Orden Goniatitina (“Goniatites”).

Orden Ceratitina (“Ceratites”).

Orden Ammonitina (“Ammonites”).

Subclase Coleoidea (Dibranchiales)

Orden Belemnnoidea (“Belemnites”).

— Otros Ordenes.

De todos los fósiles característicos del Jurásico y del Cretácico, los “Ammonites” y los “Belemnites”, son probablemente los más familiares para los aficionados y para los estudiantes. Los Belemnites eran Cefalópodos parecidos al calamar, cuyo esqueleto, en parte, estaba formado por una pieza cónica en forma de bala o de proyectil (véase la Figura 8), formado por calcita fibrosa. Siendo interno su esqueleto, estaba recubierto por las partes blandas que han dejado ciertas impresiones sobre la superficie de los “belemnites”, y de ellas se deduce, que estos Cefalópodos debieron haber sido buenos nadadores, al estilo de los calamares y las sepias.

Los Ammonites son fósiles muy apreciados por los coleccionistas, incluso por los aficionados que no tienen suficiente base científica, debido a su gran belleza y a su forma espiral; los moldes

fosilizados en pirita y en calcita, bellamente coloreados son especialmente cotizados. Pero los datos teóricos, que aportan estos fósiles, sobre la historia del Mesozoico, son sin duda, mucho más importantes para el estudiante de cualquier Departamento de Paleontología.

Ya hemos explicado, cómo la estructura del Ammonites coincide con la que es propia de los Cefalópodos, y cómo, del mismo modo que los Goniatites y los Ceratites, son muy útiles como “fósiles de zona”. En efecto, los Ammonites presentan las cuatro propiedades requeridas por un fósil de zona:

- a) debe ser fácil de reconocer,
- b) debe haber evolucionado rápidamente,
- c) debe tener una amplia dispersión geográfica, y
- d) debe ser abundante.

Los Ammonoideos pueden ser identificados, a menudo, incluso a partir de un fragmento, puesto que la forma, tanto de la sección de la espira, como de la concha, su ornamentación y la sutura de sus tabiques, son muy característicos y se continúan y repiten en toda la concha; evolucionan con rapidez en sus diferentes líneas evolutivas; se encuentran asimismo en todo el mundo, desde el Devónico hasta el Cretácico, y con frecuencia son muy numerosos en los yacimientos. Sus inconvenientes comparados con los de otros fósiles, son en realidad escasos, pero también deben ser mencionados: algunos evolucionan lentamente; también pueden presentar fenómenos de homomorfismo, cuando agotadas todas las posibles variantes de forma en un grupo, algunos tipos, muy separados en el tiempo y alejados evolutivamente, pueden llegar a ser muy semejantes en apariencia. Por otra parte, están limitados a los sedimentos marinos (aunque no en todos), y en algunos casos, pueden llegar a ser notablemente escasos, por razones que no siempre están suficientemente claras.

Las “zonas” determinadas por los Ammonites, son en algunas ocasiones muy exactas, y en algunas localidades, donde la sedimentación ha sido muy lenta, puede ocurrir que, una “zona”, representada en un sitio por un gran espesor de sedimentos, unos cuantos kilómetros más allá, aparezca condensada en unos pocos centímetros de espesor. En tales casos, la secuencia de estratos condensados, puede contener Ammonites que han sido cortados por una superficie de erosión existente dentro de la misma roca, y existe el peligro de que, algunos Ammonites hayan podido ser extraídos por la erosión, del sedimento aún no completamente consolidado, y depositados en otros sedimentos más modernos, dando de esta forma, una información falsa sobre la edad geológica de la roca que los contiene. Sin embargo, esta contingencia puede salvarse, por el aspecto erosionado típico, que presentan tales fósiles llamados “alóctonos”.

Las “zonas” de Ammonites se nombran utilizando el nombre específico de la especie que se ha escogido como característica de la zona. Así, por ejemplo, *Psiloceras planorbis*, caracteriza la zona “Planorbis” del Jurásico inferior. Esto no quiere decir, que un geólogo que, casualmente, se detenga en un afloramiento poco conocido, vaya a encontrarse ejemplares de *Psiloceras planorbis* si da la casualidad de que allí aflora la zona de “Planorbis”: rara vez ocurre tal cosa, aunque de hecho, si la roca que está al descubierto se formó en el mar, y no se trata de un sedimento en aguas muy profundas o muy someras, bien podría encontrar dicho fósil, pero lo más probable es, que encuentre antes otros fósiles de Ammonites asociados a él, sin que llegue a encontrar el *Psiloceras planorbis*. En estos casos, a menos que se trate de un especialista en Ammonites, el geólogo, antes de emitir un juicio, deberá esperar hasta haber consultado la bibliografía adecuada, o mejor aún, con un especialista en la materia. Una vez hecho esto, ya puede emplear el método llamado de la “asociación faunística”: si los fósiles A, B, C, D, E y F, se encuentran junto con la especie “Z”, en un lugar determinado, siendo “Z” el fósil característico de zona, la aparición en otra localidad, de los fósiles A, C, E y F, es un fuerte indicio de que corresponde a la misma zona “Z”. Los fósiles A, B, C, etc., pueden ser Ammonites, pero también puede tratarse de otros fósiles, aunque en tal caso, por lo general, si no se trata de Ammonites, los fósiles suelen ser más difíciles de utilizar en Estratigrafía, y muchos de ellos, son prácticamente inútiles, por haber sufrido una evolución muy lenta o por otras causas.

Hay que mencionar también a los Ammonites que no sirven para determinar con precisión la edad geológica. Entre estos están los llamados “enanos lisos”, ciertamente de concha lisa, de pequeño tamaño y sin características especiales, que son casi iguales, cualquiera que sea su edad geológica. Tenemos también las formas “desarrolladas”, que corresponden a Ammonites bentónicos, probablemente mejores reptadores que nadadores, y que son menos útiles para establecer “zonas” que las forman normales. En general, los Ammonites debían ser buenos nadadores, como los peces, lo cual se ha podido comprobar, indirectamente, con el estudio del moderno Nautilus, el cual, si bien no es un verdadero Ammonites, debe estar muy relacionado con ellos. Este Cefalópodo, permanece durante el día en el fondo del mar, nadando y desplazándose “a reacción”, como los calamares y los pulpos, sin utilizar sus tentáculos para moverse, sino únicamente para atrapar las presas de las que se alimenta. La concha, que está llena de gas, le sirve como órgano hidrostático, para poder subir a la superficie durante la noche, pero no la utiliza para flotar indefinidamente. El hecho de que, tanto el Nautilus como los Ammonites, fuesen buenos nadadores, contribuye mucho a su gran dispersión geográfica, lo cual los hace muy útiles como fósiles de “zona”, ya que un animal, que nada o flota en el mar, tiene más probabilidades de presentar una amplia distribución geográfica, que uno que se arrastra por el fondo, el cual encontrará constantemente barreras ecológicas importantes.

Esta analogía del Nautilus con los Ammonites, es importante para poder interpretar la progresiva evolución de sus tabiques. Un Cefalópodo, con una concha llena de gas, que desciende a grandes profundidades o asciende a la superficie con rapidez, es probable que explote o que quede aplastado, por la enorme diferencia de presión que ha de soportar, a menos que tenga una concha muy resistente. Los primeros Ammonoideos, de suturas muy parecidas a la del Nautilus, estaban en desventaja, puesto que la sutura, siendo la línea de unión del tabique con la concha, formaba

una débil sujeción de ambos, por lo que la concha podría romperse fácilmente. En la evolución que, desde entonces se observa, pasando por los Ceratites hasta los Ammonites, asistimos fundamentalmente a una creciente complicación de la sutura, es decir, del borde del tabique, lo cual proporciona una estructura mucho más fuerte a la concha, del mismo modo que una viga es más resistente que una simple varilla de hierro. Quizás resulte, entonces, un tanto extraño, que los Ammonites se extinguieran para siempre, en el transcurso del Cretácico, mientras que el Nautilus ha persistido hasta hoy; sin embargo, hay que tener en cuenta, que la presión del agua está muy lejos de haber sido el único factor ecológico que haya contribuido a la extinción de los Ammonites.

LOS REPTILES MESOZOICOS

La clasificación de los Reptiles es la siguiente (véase la Figura 27):

clase reptilia

Subclase Anapsida.

Orden Chelonia (Tortugas).

Orden Cotylosauria.

(— otro Orden).

Subclase Lepidosauria.

Orden Squamata (Lagartos, serpientes).

Orden Rhynchocephalia.

(— otro Orden).

Subclase Archosauria.

Orden Thecodontia.

Orden Crocodilia (cocodrilos).

Orden Pterosauria (reptiles voladores).

Orden Saurischia \

(Dinosaurios).

Orden Ornitischia /

Subclase Euryapsida (Plesiosaurios, etc.).

Subclase Ichthyopteria (Ictiosaurios).

Subclase Synapsida (reptiles mamíferoides; Ambulátiles).

Ya es sabido que los Dinosaurios son los grandes reptiles del Mesozoico, que corresponden a dos grandes órdenes: Saurischia y Ornitischia, también llamados “Sauripelvianos” y “Ornitopelvianos”, por tener la estructura de la pelvis, análoga a la de los lagartos y a la de las aves, respectivamente. Esto puede parecer una diferencia trivial, toda vez que otros reptiles, como las Tortugas y las Serpientes, presentan modificaciones en sus esqueletos, de acuerdo con sus propias necesidades. Las serpientes tienen un número casi indefinido de vértebras y carecen de extremidades pares). Sin embargo, es una diferencia esencial, que permite distinguir estos dos órdenes de Arqueosaurios, tal como puede verse en la Figura 28.

Los Ornitopelvianos eran herbívoros, y presentan una gran variedad de especializaciones: *Hypsilophodon* era del tamaño de un mono, y los largos dedos de sus extremidades sugieren que tendría también alguna forma de vida arborícola, como la mayoría de los monos; *Iguanodon*, que fue el primer Dinosaurio reconocido como tal, era un gran Reptil que tenía el pulgar de las extremidades anteriores, terminado en una fuerte espina —una de las primeras representaciones de este animal, no sabiendo qué hacer con esta espina, nos lo presenta con la susodicha espina sobre la nariz, como si fuese un cuerno nasal.

Figura 27. — Reptiles mesozoicos distintos de los Arqueosaurios, incluyendo a *Sphenodon* que es una forma actual.

Los Hadrosaurios tenían aspecto de patos, y probablemente vivían de la misma forma que éstos; ciertos fósiles encontrados en Norteamérica, han conservado la piel fosilizada junto con el esqueleto, y se puede ver claramente, una membrana interdigital, que los hace aún más semejantes a los patos, aunque parece que los dedos de las patas posteriores estaban libres. En cierta ocasión, se sugirió que los diferentes tipos de crestas óseas que aparecen en los cráneos de los hadrosaurios, podrían indicar un dimorfismo sexual, es decir, que estas crestas serían privativas de los machos; sin embargo, esto no parece ser cierto, puesto que un estudio más

detallado de estos fósiles, puso de manifiesto que los dos tipos diferentes, con cresta y sin ella, eran de distinta edad geológica, lo cual haría muy problemática la reproducción de tales reptiles.

Los Stegosaurus se caracterizan por su cerebro muy pequeño, posiblemente compensado por la existencia de un centro nervioso adicional, al nivel de la cintura pelviana; estos reptiles parecen haber resuelto el problema de su defensa personal, mediante una doble serie de placas dorsales y un conjunto de espinas en la cola; los Ankylosauros en cambio, tenían una armadura ósea protectora, de tal manera que su aspecto debía ser parecido al de un Armadillo gigante, que se completaba por la cola en forma de maza. Triceratops tenía un cráneo parecido al de un Rinoceronte, pero con tres cuernos, aunque el cuerno de este animal está formado por una formación cutánea, análoga al pelo, mientras que los cuernos del Triceratops eran óseos.

Figura 28. — Estructura de la pelvis en los Dinosaurios, en relación con su clasificación en Saurisquios (izquierda) y Ornitisquios (derecha).

Los Saurópodos o Sauripelvianos fueron tanto herbívoros como carnívoros, y presentan una notable tendencia a la estación bípeda, adaptándose algunos a la carrera hasta el punto de tener huesos huecos, como las Aves, con objeto de eliminar el peso superfluo, si bien es más probable que los movimientos de tales reptiles fuesen bruscos y rápidos, en vez de lentos y prolongados, como los de un Avestruz.

Los grandes Dinosaurios carnívoros, también eran bípedos, pero más robustos que los anteriores. A este grupo pertenecen los mayores carnívoros que han existido en la Tierra, incluido el Tyrannosaurus, cuyas mandíbulas, de más de 1 m. de longitud, estaban armadas de dientes de 15 cm., y en cambio, sus patas delanteras, muy reducidas, eran aparentemente inútiles. Los Saurópodos herbívoros, no eran menos impresionantes, pues comprendían los animales terrestres de mayor tamaño que han existido: Diplodocus tenía casi 30 m. de largo, con una larga y delgada cola en forma de látigo; Apatosaurus (= Brontosaurus) medía unos 22 metros de largo, y pesaba aproximadamente 30 Tm.; Brachiosaurus, aún más corpulento, tenía 26 m. de largo y pesaría unas 50 Tm.

Las vértebras de estos enormes reptiles, estaban parcialmente huecas, para aligerar, en parte, el peso que gravitaba sobre sus patas; de todas formas, para algunos Dinosaurios, su peso parece que les impediría andar sobre tierra firme, por lo que se ha supuesto que vivían sumergidos en el agua, conservando la cabeza fuera, gracias a su largo cuello serpentiforme. Una simple relación matemática puede ilustrarnos sobre el problema que supondría para los grandes Dinosaurios, soportar su peso: una diminuta pulga, puede saltar a una altura varias veces superior a la suya, mediante sus frágiles patas, mientras que un elefante, necesita unas patas como columnas, para sostener su peso. Considerando la pulga, si cada una de sus dimensiones se dobla, su volumen (y por lo tanto, su peso), se multiplica por 8, mientras que el área de la sección de sus patas, sólo se

multiplica por 4 (y por lo tanto, su resistencia). Según esto, las terribles arañas devoradoras de hombres, de las películas de ciencia-ficción, difícilmente impresionarán a un científico, pues sabe que las patas de tales arañas se romperían bajo su propio peso.

Así, pues, los grandes reptiles, necesitarían para vivir un ambiente acuático, para reducir de esta forma, el peso de sus cuerpos. Como prueba de esto, podemos ver que los orificios nasales de *Brachiosaurus*, ocupan una posición superior, al parecer, con objeto de que el animal pudiese respirar mientras estaba sumergido bajo el agua, como los hipopótamos y los cocodrilos. Sin embargo, se han encontrado pisadas de estos dinosaurios en el Cretácico de Paluxy River (Texas, EE.UU.), por lo que, al parecer, estos enormes animales, podían caminar por tierra firme, sobre sus patas, a pesar de su enorme peso (sin ayuda del agua), sin derrumbarse; por otra parte, la presión del agua sobre el cuerpo de un animal, a una cierta profundidad, le impide respirar por sus orificios nasales, y además, el dinosaurio no habría tenido necesidad de salir del agua para respirar, puesto que podía respirar utilizando su cuello a manera de “snorke!” (24), estando en inmersión. Parece pues, por lo tanto, que los cuadros que nos presentan a estos dinosaurios como animales acuáticos, deben aceptarse con ciertas reservas.

Además de los Dinosaurios, había otros Arqueosaurios. Los Cocodrilos formaron un grupo preeminente en el Mesozoico y aún persisten en la actualidad, con caracteres primitivos, como la armadura de placas óseas dorsales. Se conocen fósiles desde el Jurásico y al parecer eran marinos; algunos de tamaño notablemente pequeño, no más de 30 centímetros. Los cocodrilos modernos, atrapan sus presas mediante un ataque rápido, agarrándola con sus poderosas mandíbulas y sumergiéndola en el agua para ahogarla; con este objeto, poseen un paladar secundario en la parte superior de la boca, lo cual les permite respirar manteniendo las mandíbulas y el resto del cráneo bajo el agua; en cambio, los del Jurásico, no tenían el paladar secundario bien desarrollado, aunque es posible que estuviese formado sólo por tejidos blandos. *Phobosuchus* del Cretácico tenía un cráneo de 2 m. de largo, y posiblemente alcanzaba 15 m. de longitud total, siendo así que, la longitud máxima de los cocodrilos actuales, viene a ser de unos 11 m.

Figura 29 — Evolución y radiación de los Arqueosaurios. (Los dibujos no están hechos a escala.)

Ciertos Arqueosaurios, los Pterosaurios, conquistaron el medio aéreo, desarrollando alas formadas por un repliegue cutáneo sujeto al cuarto dedo de las extremidades anteriores muy desarrollado, si bien, las reconstrucciones de sus esqueletos, parecen indicar mayor tendencia a planear que a volar batiendo las alas como los murciélagos o las aves. Las grotescas mandíbulas y los enormes ojos, contribuían a darles un aspecto exótico; *Pteranodon*, que alcanzaba una envergadura de más de 8 m., poseía una gran cresta post-craneal. Otros Arqueosaurios que también conquistaron el medio aéreo, desarrollaron alas cubiertas de plumas, dando así origen a las Aves (véase la Figura 7). De todo lo que antecede, se deduce que los Arqueosaurios

invadieron prácticamente todos los hábitats posibles, aunque no tuvieron demasiado éxito en el medio marino, sin duda porque ya estaba ocupado por otros reptiles, principalmente por los Ictiosaurios y los Plesiosaurios.

Los Ictiosaurios tenían forma de delfín, con mandíbulas reptilianas, y nadaban principalmente mediante movimientos del cuerpo y de la cola; las extremidades, en forma de aletas, les debían servir más bien como órganos de dirección. Sus ojos eran muy grandes y tenían un anillo de placas escleróticas. Algunos fósiles se han encontrado en perfecto estado de conservación, y han permitido comprobar que eran vivíparos, lo cual les hace doblemente independientes de la vida terrestre.

Los Plesiosaurios, por el contrario, nadaban batiendo las extremidades en forma de aletas y tenían una cabeza pequeña en el extremo de un cuello largo y flexible. En el estómago de algunos plesiosauros fósiles, se han encontrado cierto número de piedras pulimentadas, que debieron ser ingeridas por estos animales, con el propósito de ayudar a triturar los fragmentos de comida más duros. Otros reptiles marinos fueron los Mosasaurios o grandes lagartos marinos del Cretácico, y las modernas serpientes marinas. Las Serpientes u Ofidios son, en conjunto, más frecuentes en la Era Terciaria que en el Cretácico y, al parecer, derivan de los primitivos lagartos.

Nos quedan por considerar tres grupos importantes de reptiles mesozoicos: los Quélonios (tortugas), los Synápsidos (reptiles “mamíferoides” o Ambulátiles) y los Rincocéfalos. Los Quélonios, aunque nos resulten familiares, son en muchos aspectos unos reptiles extraordinarios. Su estructura esquelética es, fundamentalmente, la misma de cualquier reptil; pero protegiendo el cuerpo, por encima y por debajo, poseen una coraza o “armadura” de placas óseas recubiertas por otro conjunto exterior de placas córneas, que no suelen coincidir con las anteriores, ya que esto haría más débil la “armadura”. Este caparazón exterior, es el que se utiliza en joyería y en ciertos trabajos ornamentales de artesanía. Podemos preguntarnos, cómo se ha llegado a formar este caparazón de las tortugas y, en general, su esqueleto completo: Los primeros Quélonios que se pueden reconocer como tales, proceden del Triásico, como Triassochelys, y se asemejan a sus antecesores, los Cotilosaurios; incluso tienen dientes, que se pierden en los posteriores, y existen dudas respecto a si estas primitivas tortugas, podrían ocultar la cabeza, las extremidades y la cola, debajo del caparazón, pero lo que si es cierto, es que el caparazón aparece ya claramente formado, y que el esqueleto interno estaba unido a él. Los Quélonios posteriores han sido muy numerosos y variados: algunos han alcanzado grandes dimensiones, como Testudo atlas del Plioceno, que medía casi 3 m. de largo; algunas tortugas se han adaptado al ambiente acuático e incluso a la vida en el mar, aunque lógicamente, siguen respirando el aire como los demás reptiles. Los Quélonios no han sido desplazados ni sustituidos por la aparición de los Mamíferos, a partir del Cretácico, como ha ocurrido con otros grupos de Reptiles.

Los Rincocéfalos tienen cierta importancia, por comprender una especie actual, el famoso Sphenodon o “tatuara”, que vive en las islas próximas a Nueva Zelanda. El grupo es principalmente mesozoico; su único representante actual, auténtico “fósil viviente”, es un animal

de pequeño tamaño, parecido a un lagarto, y aún conserva en la parte superior del cráneo, una abertura u “ojo pineal”, que es un órgano sensible a la luz, heredado de los peces primitivos; viene a ser como un “ojo” adicional a los dos normales.

Los Reptiles Sinápsidos forman un amplio grupo que se desarrolló principalmente en el Permo-triásico con formas primitivas como Dimetrodon, el famoso reptil que tenía una cresta dorsal en forma de “vela”, cuya función no está suficientemente aclarada, y al final del Triásico, los Ictiosaurios, grupo de Reptiles cuyas relaciones con los Mamíferos presentan un gran interés, y que ya fueron estudiados en el Capítulo 2.

Resumiendo la historia de los Reptiles en el Mesozoico, podemos decir que llegaron a conquistar los tres medios ambientales básicos de la tierra, el mar y el aire. Sin embargo, esta conquista no fue probablemente tan radical como la de los Mamíferos en la actualidad, porque los Reptiles, al no tener (o sólo en muy pequeño grado) regulación térmica interna, se vuelven lentos y débiles con las temperaturas bajas, mientras que los mamíferos y las aves pueden sobrevivir normalmente. Sin embargo, la estructura de las costillas en ciertos Sinápsidos sugiere cierta capacidad para la respiración rítmica, lo cual podría significar ya un principio de regulación térmica interna, asociada normalmente a los mamíferos y a las aves y, puesto que los reptiles son los antecesores indudables tanto de unos como de otros —y también del hombre—, bien puede decirse que fueron los responsables del desarrollo actual de todos los Vertebrados terrestres actuales. Muchos de los reptiles eran de gran tamaño; el tamaño medio de los Arqueosaurios es de 5 a 7 m. Algunos eran de forma muy extraña; del estudio de los esqueletos, se puede llegar a deducir el modo de vida de la mayoría de los reptiles, pero algunos eran realmente extraños: por ejemplo, es muy difícil comprender el modo de vida de *Tanystropheus*, con su largo cuello serpentiforme, cuyas vértebras son tan diferentes de las del resto del cuerpo, que inicialmente fueron descritas como pertenecientes a un animal distinto. También resulta difícil comprender cómo podrían levantar el vuelo ciertos reptiles voladores, si es que alguna vez se posaban en el suelo, con sus débiles y cortas extremidades posteriores, o más bien permanecían en la posición de los murciélagos con la cabeza hacia abajo, colgados de una roca o de una rama; tal vez, como los Albatros, se posaban en el suelo lo menos posible.

Y no podemos dar por terminado el tema de los reptiles mesozoicos, sin mencionar siquiera a los Profesores norteamericanos Marsh y Cope, del siglo XIX, cuya rivalidad en las excavaciones en busca de Dinosaurios, debió regocijar a los paleontólogos de su época, llegando, como de hecho ocurrió, desde publicar cartas insultantes uno a otro, hasta batallas campales entre los partidarios de cada uno de ellos, en los yacimientos de fósiles.

OTROS VERTEBRADOS MESOZOICOS

A pesar de todo, los Reptiles no fueron los únicos Vertebrados que se desarrollaron en el

Mesozoico; a parte de los Peces y Anfibios, aparecen las Aves y los Mamíferos. Ya hemos tratado sobre el origen de las Aves en el Capítulo 2, y a partir de su aparición, fueron desplazando lentamente a los Reptiles durante el Cretácico. Las Aves son muy conservadoras en lo que se refiere a la estructura del esqueleto, conservando muchas características reptilianas, con ligeras modificaciones; también es interesante señalar, que ya en el Cretácico, existió un ave de alas atrofiadas, *Hesperornis* que no podía volar en absoluto.

Los Mamíferos no fueron tan rápidos en su evolución como las aves y tardaron más en establecerse. Aparecen en el Triásico superior o en el Jurásico inferior (según lo que entendamos por “Mamífero”), y los siguientes restos que se han encontrado proceden ya del Jurásico superior, aún insignificantes en comparación con sus vecinos los Reptiles; es de lamentar, que los curiosos ovíparos australianos, *Platypus* (Ornitorrinco) y *Echidna*, no tengan, prácticamente, antecesores fósiles, aunque se supone que, por su estructura en parte reptiliana, debieron originarse en el Triásico. El resto de los Mamíferos, puede distribuirse en dos grupos básicos: los Marsupiales o Mamíferos con “bolsa”, como los Canguros, y los Placentados, que tienen placenta, dentro de la cual se desarrolla la cría completamente, hasta el momento de su nacimiento, característica de la mayoría de los Mamíferos actuales, incluido el hombre. Ambos datan del Cretácico superior, con predominio probablemente de los Marsupiales, en aquella época.

Una ojeada a los Mamíferos del Mesozoico medio (que nos sirve también para resaltar la escasez de sus restos fósiles, por el escaso desarrollo de los Mamíferos en el Cretácico inferior), nos llevaría al Jurásico superior, época a la que corresponden los yacimientos de la Isla de Purbeck, en Inglaterra: eran de pequeño tamaño, de menos de medio metro de longitud; algunos parecen haber sido carnívoros, y uno de ellos, presenta una dentición análoga a la de los Roedores; es probable que pudiesen trepar a los árboles, sin duda, con objeto de roer la corteza y los frutos. A ciencia cierta, no se sabe si estos animales ponían huevos, aunque la estructura de su esqueleto, parece indicar que ya habían superado esta etapa evolutiva. El lecho fosilífero asociado a este yacimiento, se denominó con notable optimismo “capas de Mamíferos”, para confusión de los pocos expertos en trabajos de campo, ya que no se han vuelto a encontrar restos de Mamíferos desde 1856. Ninguno de los Mamíferos fósiles de esta época, se puede incluir en los tres grupos de Mamíferos actuales, y sólo uno de ellos, característico por su dentición parecida a la de los Roedores, sobrevivió hasta comienzos de la Era Terciaria; todos eran de pequeño tamaño, sin duda, para pasar inadvertidos a los terribles Dinosaurios carnívoros.

LOS INSECTOS FÓSILES

Notemos en primer lugar, que aunque los Vertebrados fósiles son muy numerosos, referidos al número de especies —hay casi tantas especies de Vertebrados fósiles como actuales—, son realmente los Invertebrados los que por regla general se encuentran fósiles, debido al gran

número de individuos que comprenden. Según esto, cabría esperar que los Insectos, que exceden en número de especies actualmente a cualquier otro grupo biológico, fuesen igualmente abundantes como fósiles. Sin embargo, pese al duro caparazón que los recubre, su pequeño tamaño y su fragilidad, disminuyen notablemente su capacidad de fosilización, y por ello, probablemente el número de especies de Insectos fósiles, en una determinada época de la Historia de la Tierra, no refleja su abundancia y diversidad, sino que más bien es consecuencia de su escasa probabilidad de fosilizar, por lo que es muy raro que los encontremos en los yacimientos. Los caracteres evolutivos básicos de los Insectos, debieron manifestarse ya en el Paleozoico, y luego, en el Mesozoico, probablemente, estos caracteres no hicieron más que desarrollarse.

EL FINAL DE LA ERA SECUNDARIA

Cuando echamos un vistazo al conjunto de la vida en la Era Mesozoica, la primera cuestión que se nos plantea es ésta: ¿por qué la vida, tan próspera en esta época, vino a tener un final tan catastrófico, al final del Cretácico? Podríamos decir, para abreviar, que nadie conoce la respuesta a esta pregunta. Cuando se trata de interpretar conchas o huesos fósiles, es relativamente fácil responder a un problema concreto planteado, mediante la investigación directa; pero el problema de la extinción masiva, no se presta a una descripción o investigación directa, porque intervienen en él demasiados factores, como son las interrelaciones de unos animales con otros, las variaciones climáticas, etc., que han dejado muy pocas huellas, para poder responder a una cuestión tan fundamental. Por poner un ejemplo, se puede exponer el caso del caballo (*Equus*), que vivió en Norteamérica durante el Cuaternario antiguo, se extinguió posteriormente y volvió a extenderse ampliamente, cuando fue de nuevo importado por los colonizadores: se trata de un fenómeno difícil de explicar, a pesar de ser tan reciente.

Hay un gran número de teorías, sobre la extinción de los Dinosaurios, algunas tan extravagantes, como la que pretende que murieron de “estreñimiento”, a causa del cambio de vegetación, y a que en el Mesozoico abundaban los helechos, bien conocidos por sus propiedades laxantes, que son mucho más escasos en el Terciario. Pero si nos atenemos a los hechos, tal como se conocen, cualquier solución debe tener en cuenta los siguientes puntos:

a) Aunque es cierto que los Dinosaurios se extinguieron al final del Cretácico, no ocurre lo mismo —al menos exactamente— con otros grupos de Reptiles: algunos ya se habían extinguido con anterioridad, como es el caso de los Ictiosaurios, mientras que otros sobreviven en el Terciario, y muchos grupos llegan hasta la actualidad (Lagartos, Tortugas, Cocodrilos, Rincocéfalos). Sin embargo, los Pterosaurios y los Plesiosaurios, sí se extinguieron junto con los Dinosaurios.

b) Las Aves y los Mamíferos, en cambio, no se extinguieron al final del Cretácico, y se desarrollaron ampliamente en el Terciario.

c) En el mar, sólo fueron afectados algunos grupos de Invertebrados: los Ammonites, Belemnites y Rudistas, pero otros Moluscos bivalvos, los Gasterópodos, Nautiloideos, Equinodermos, Corales, Braquiópodos, Briozoos, etc., sobrevivieron, y los Peces tampoco fueron muy afectados por esta crisis del Cretácico superior.

d) Los vegetales no presentan profundos cambios en esta época; para entonces, ya había tenido lugar la gran expansión de las Angiospermas o plantas con flores.

A pesar de todo, la súbita desaparición de tantas formas de vida, casi al mismo tiempo, requiere una explicación.

En relación con estos cambios, resulta del mayor interés al estudio de las secuencias de sedimentos, depositados en esta época: con frecuencia se puede comprobar que los sedimentos neríticos, de plataforma continental, pasan a ser claramente continentales, o que desaparecen de las series estratigráficas, perdiéndose por completo. De esta forma, resulta que una secuencia de sedimentos marinos, completa, en el tránsito del Cretácico al Terciario, es de gran valor para la investigación (puesto que los fósiles continentales suelen ser raros y pocas veces permiten una datación precisa); pero tales secuencias, suelen estar formadas por sedimentos de gran profundidad, donde los fósiles son también escasos. A pesar de todo, se conocen algunas series bastante completas, de materiales de plataforma, que reflejan una sedimentación continua, en las que puede estudiarse esta variación biológica, por los fósiles que contienen.

Los mismos problemas del tránsito del Mesozoico al Terciario, los encontramos en el paso del Paleozoico al Mesozoico, y los que han estudiado las escasas secuencias estratigráficas marinas, en el Permo-Triásico, hacen notar los repentinos cambios que experimentan los grupos biológicos mayores.

Cualquier hipótesis que pretende explicar esta “crisis” que tiene lugar, en el tránsito de una a otra Era, debe tener en cuenta los hechos que hemos mencionado, y por lo que se refiere a la crisis Cretácico-Terciario, ninguna explicación parcial resulta convincente; parece como si el desarrollo de los Mamíferos en el Terciario, hubiese tenido como objetivo, llenar los “vacíos” dejados por los Reptiles, sin que propiamente llegase a establecerse una “lucha” o competencia entre ambos grupos de Vertebrados, de la que hubiesen triunfado los Mamíferos.

Posiblemente, un proceso originado en el interior del globo terráqueo, fue causa de que los fondos oceánicos —al menos en ciertas zonas— se hundiesen ligeramente, provocando así, un desplazamiento de las aguas, desde las plataformas continentales a estas zonas, lo cual provocaría la extinción de la fauna que se desarrollaba sobre la plataforma; aunque no se comprende bien, cómo pudo afectar este fenómeno a la vida que se desarrollaba en los continentes.

En general se tiende a considerar al universo estático, pero no tenemos ninguna garantía de que esto sea cierto. Por ejemplo, la explosión de una supernova (una estrella que, repetidamente, aumenta su luminosidad al explotar), dentro de nuestra galaxia, pudo originar radiaciones de efectos letales, similares a los que tendría una guerra nuclear, aunque ciertamente, estas

radiaciones se debilitarían al atravesar la masa de agua. La última explosión de una supernova en nuestra galaxia, tuvo lugar en el año 1604, afortunadamente bastante alejada de nosotros, pero no tanto que no pudiese ser observada a simple vista; y la supernova de 1054, registrada en el lejano Oriente, fue visible incluso a la luz del día. Es posible, por lo tanto, que otras supernovas más cercanas a la Tierra, hayan expuesto a nuestro planeta a la acción de partículas subatómicas, varias veces, a lo largo de la Historia Geológica. Los Astrónomos que han estudiado la distribución del hidrógeno en nuestra galaxia, han podido detectar la presencia de una gran masa de este gas, viajando por las proximidades de la Tierra a 50 km./segundo, que aparentemente sería el resto de la explosión de una supernova ocurrida hace 30 millones de años; el hidrógeno puede haberse enrarecido extraordinariamente, durante el tiempo que ha tardado en llegar hasta nosotros, pero la luz (que nos habría llegado apenas después de unos 30.000 años), y las partículas subatómicas (que habrían llegado poco después), pueden haber llegado a ser realmente muy intensas; por otra parte, el tránsito del Cretácico al Terciario, ocurrió hace 60 ó 70 millones de años. Nuestro objeto ha sido, simplemente, hacer notar que, mientras las radiaciones que ahora recibimos del espacio exterior, son muy débiles y no parece que ejercen ningún efecto apreciable sobre la vida en la Tierra, no podemos asegurar que esto haya sido siempre así en el pasado.

OTRAS EVIDENCIAS DE VIDA EN EL MESOZOICO

Con cierta frecuencia leemos noticias de fósiles significativos del Mesozoico. Una de estas ocasiones, fue el descubrimiento de un “nido” con huevos de Dinosaurios, en el Desierto de Gobi (Mongolia), por la expedición del Prof. R. C. Andrews, algunos de los cuales contenían incluso restos del embrión de un Reptil, Protoceratops, al parecer relacionados con los famosos dinosaurios de tres cuernos, Triceratops.

Otro ejemplo de este tipo, fue el descubrimiento en unas areniscas, en Alemania, de huellas de un gran Reptil, junto a otras más pequeñas atribuidas a un Insecto; y algo más adelante, en el mismo rastro, la siniestra presencia de sólo unas huellas, las grandes.

7 - La Era Cenozoica

“Un camello es un caballo proyectado por un comité” anón.

La Era Cenozoica se divide, un tanto arbitrariamente, en dos partes: La Era Terciaria y la “Era Cuaternaria”; esta última comprende aproximadamente los dos últimos millones de años, y el principal interés en estudiarla por separado, radica en la gran extensión que cubren sus sedimentos, aunque sean poco potentes. Su duración es comparable a la de un par de zonas de Ammonites en el Jurásico. En cambio, la Era Terciaria, que precede a la Cuaternaria, tiene una duración de unos 70 millones de años; el Cenozoico, en conjunto, puede considerarse como la “Era de los Mamíferos”.

La crisis sufrida por los seres vivos mesozoicos, al final del Cretácico, y a fue considerada en el Capítulo anterior, así como los problemas que plantea esta crisis; nos queda ahora por estudiar el desarrollo de la vida subsiguiente, en el Cenozoico.

Uno de los fenómenos más característicos del Cenozoico, es el apreciable, si bien desigual, descenso de la temperatura, en el transcurso de esta Era. La explicación de este fenómeno, por ahora, no se conoce en forma adecuada, pero es algo que se puede observar repetidamente, en los diferentes estudios llevados a cabo en el Cenozoico, y que culmina con las glaciaciones del Cuaternario.

INFORMACIÓN APORTADA POR LOS INVERTEBRADOS Y LAS PLANTAS DEL Terciario

Después de la extinción de los Ammonites y Belemnites, los únicos Cefalópodos que continúan habitando el mar, durante el Cenozoico, a parte de los últimos representantes de los Nautiloideos, son los Dibranquides (Calamares, Sepias, Pulpos, etc.), en cierto modo descendientes de los Belemnites. Sin duda, estos Cefalópodos nos habrían proporcionado un interesante ejemplo de desarrollo evolutivo, pero la tendencia a la reducción de la concha, es tan pronunciada, que su registro fósil es muy escaso, comparado con el de otros Moluscos. Es tal la abundancia de Pelecípodos y Gasterópodos, que cabría preguntarse si no debería llamarse con propiedad, el Cenozoico, la “Era de los Pelecípodos y Gasterópodos”. Estos Moluscos, parece que han alcanzado su mayor tamaño en la actualidad, de tal manera, que el tamaño y la variedad de las modernas especies indo-pacíficas, desanimaría a cualquier coleccionista de conchas que disponga de un espacio limitado para almacenarlas. Se conocen más de 120.000 especies de estos Moluscos (actuales y fósiles), en su mayoría cenozoicos, en comparación con sólo unas 60.000

especies de Vertebrados. Sólo los Insectos y las plantas, los exceden en número de especies: aproximadamente se conocen unas 250.000 especies de plantas y 800.000 especies de Insectos, y constantemente se están describiendo nuevas especies.

La evolución de los Pelecípodos y Gasterópodos, se puede seguir bien en los fósiles, aunque resulte difícil apreciar una tendencia evolutiva general dentro de estos grupos. Los Rudistas se extinguieron al final del Mesozoico, pero en tamaño con estos bivalvos, rivalizan las Tridacnas gigantes, que pueden llegar a tener 1 m. de largo y pesar más de 100 Kg. (incluyendo las partes blandas). Los Pelecípodos adultos, nunca han tenido éxito en la vida planctónica, pero en cambio, ciertas regiones del océano actual, están materialmente plagadas de Gasterópodos planctónicos: los Pterópodos (que se alimentan de algas) y los Heterópodos (carnívoros), estos últimos, se alimentan con frecuencia de los primeros. Así se pueden formar acumulaciones de las conchas de estos moluscos, cuando muerto el animal, caen al fondo del mar, y aunque son frágiles y pequeñas, en condiciones favorables pueden fosilizar. Sin embargo, en su conjunto, los Pelecípodos y los Gasterópodos son bentónicos, es decir, que viven arrastrándose sobre el fondo del mar, excavando los sedimentos o fijos sobre las rocas del fondo, y suelen estar confinados en ambientes particulares, por lo cual, no son útiles en gran escala, para los estudios estratigráficos, aunque siempre proporcionan datos de utilidad, para los estudios ecológicos locales. Ambos grupos, proporcionan datos complementarios sobre ecología, por cuanto ciertas formas se han adaptado a la vida en las aguas continentales, y los Gasterópodos, incluso a la vida aérea, como es el caso de los caracoles de huerta. Los yacimientos de Gasterópodos continentales in situ, son poco frecuentes; lo corriente es encontrarlos en sedimentos lacustres o fluviales, a donde fueron transportados por las aguas corrientes superficiales.

Los Artrópodos aparecen ocasionalmente fósiles con sus variadas formas; los Crustáceos (cangrejos y langostas), se encuentran en sedimentos marinos, mientras los Insectos son a veces frecuentes en los sedimentos continentales. Los Ostrácodos, pequeños Crustáceos con caparazón bivalvo, son muy numerosos e importantes en los sedimentos, tanto marinos como continentales, y son muy útiles para los micropaleontólogos, como fósiles guía, tanto en estratigrafía como en ecología. En ciertos aspectos, pueden suplir con ventaja a los Foraminíferos, seres unicelulares que, pese a la simplicidad de su organización, pueden segregar caparazones de ornamentación y forma muy variadas, pudiendo llegar a sobrepasar los 12 cm. de diámetro, algunas formas gigantes como los Nummulites. Las pirámides de Egipto, están construidas principalmente con calizas terciarias ricas en Nummulites, que pueden verse a simple vista; Herodoto, en el siglo v antes de Cristo, y a hace notar su presencia. Las recientes investigaciones en Micropaleontología, se han ocupado del estudio del llamado “nannoplanton”, formado por los restos fósiles de ciertos microorganismos planctónicos, que con frecuencia aportan valiosos datos estratigráficos, si bien han de ser estudiados mediante técnicas especiales y con auxilio de un potente microscopio.

Los Corales han sido buenos constructores de arrecifes durante el Cenozoico, pero se han ido restringiendo, cada vez más, a las áreas del Caribe y de la región Indo-pacífica, debido en parte a la transformación de muchas regiones marinas en continentales, a consecuencia de la orogenia alpina. Los Equinodermos presentan una distribución más uniforme, pero también muestran una

cierta tendencia a desplazarse hacia latitudes más bajas, con el transcurso del tiempo.

El progresivo enfriamiento del clima, queda bien reflejado en las plantas: en el Eoceno, las palmeras florecían en latitudes análogas a la de Londres (51° N); al final del Mioceno habían desaparecido ya de Alemania central (50° N), y en los comienzos del Plioceno, del Sur de Alemania (48° N); en la actualidad sólo crecen en latitudes inferiores a los 40° N. Por supuesto, que pueden crecer, con cierta dificultad, en latitudes más altas, pero ya no germinan allí, si no es en condiciones artificiales, en invernaderos.

Además de este enfriamiento progresivo experimentado por el clima, tuvo lugar otro importante acontecimiento, durante la Era Terciaria: la desaparición del Mar de Tethys y la formación de cadenas montañosas llamadas “alpinas”. Este mar, se extendía, durante el Mesozoico, desde lo que ahora es Indonesia, por las regiones del Himalaya, el Cáucaso y los Alpes, hasta el Atlántico, con una parte adicional, correspondiente a Centroamérica (25). El actual Mediterráneo, es un pequeño resto de este gran océano, y es curioso comprobar, que estas cadenas montañosas, que comprenden las cimas más altas del mundo, están formadas en parte, por materiales que, por la fauna fósil que contienen, se puede demostrar que han estado bajo el nivel del mar hace relativamente poco tiempo. Por ejemplo, en los Alpes, en la región del Mont Blanc, donde concurren las fronteras entre Francia, Italia y Suiza, el estudio de los fósiles contenidos en los estratos, nos ha llevado a las siguientes conclusiones :

- 1) Las rocas sedimentarias que forman los Alpes, presentan con frecuencia, clara evidencia de haberse formado en el mar, a bastantes metros de profundidad.
- 2) La edad geológica de los sedimentos que formaron estas rocas, abarca desde los comienzos del Mesozoico, hasta mediados de la Era Terciaria.
- 3) Los movimientos orogénicos, responsables de las estructuras alpinas, parece que alcanzaron su máxima intensidad ya en el Cenozoico.
- 4) Gran parte de estas montañas “alpinas”, están formadas por conjuntos de rocas sedimentarias que, una vez levantadas por los movimientos orogénicos, se han deslizado “por gravedad”, como si se tratase de grandes “balsas”, en ocasiones, de muchos kilómetros cúbicos.

Esta información, ha sido elaborada, después de numerosas investigaciones llevadas a cabo por los geólogos. Los fósiles, no sólo se utilizan para determinar la cronología de los procesos que han tenido lugar en los Alpes, sino también, para llegar a conocer la geografía de los mares de esta región, en un momento dado. Así, por ejemplo, el Terciario inferior o Paleógeno, se caracteriza por la presencia de Nummulites (Foraminíferos gigantes, y a extinguidos), mientras que la profundidad del mar y la distancia a la costa, puede deducirse de los datos aportados por diversos fósiles: Ostrácodos, Foraminíferos, Moluscos, Corales, Algas calcáreas, etc. A partir de estos elementos de información, podemos deducir que los Alpes se fueron levantando progresivamente, y fueron emergiendo del Tethys, el cual se fue reduciendo lentamente, hasta quedar convertido en un conjunto de cuencas y fosas, perfectamente comparables, por ejemplo,

a las que existen en la región de Indonesia, si bien los Alpes, no presentan un volcanismo tan intenso. También se puede comprobar, cómo estas estructuras se fueron desplazando hacia el Norte, al correr del tiempo, hasta que al final del Paleógeno, el Macizo Alpino había emergido prácticamente en su totalidad, del mar de Tethys, quedando flanqueado únicamente, por el Norte y por el Oeste, por un estrecho brazo de mar, que es todo lo que quedaba del antiguo mar alpino. Todos estos cambios, fueron consecuencia de los movimientos orogénicos, que provocaron el levantamiento de los grandes macizos montañosos que vemos en la actualidad.

De todas maneras, ni el levantamiento de estas montañas, ni el progresivo enfriamiento del clima, fueron un hecho sin precedentes en la Historia de la Tierra y, por lo tanto, lo que verdaderamente caracteriza la Era Terciaria, como un período distinto de los demás, fue la enorme expansión de los Mamíferos.

LAS AVES Y LOS MAMÍFEROS DEL TERCIARIO

Aunque la Era Terciaria se suele llamar corrientemente “Era de los Mamíferos”, bien podría llamarse también “Era de las Aves” o incluso —como ya indicamos— la “Era de los Gasterópodos”. Sin embargo, las Aves han dejado muy pocos restos fósiles, debido a su frágil estructura, al contrario de los Mamíferos, que poseen fuertes huesos y además, están adaptados a la vida en tierra firme.

En la actualidad, las Aves que han perdido la capacidad de volar, ocupan áreas muy restringidas, como el Kiwi de Nueva Zelanda o el Casuari de Australia, donde la competencia de los Mamíferos es prácticamente nula. Otras, como el Avestruz africano, o el Ñandú suramericano, utilizan su gran velocidad en la carrera, para escapar de los Carnívoros (algunos Emús, pueden alcanzar hasta 60 km./hora). Sin embargo, en el Terciario, ciertas Aves llegaron a estar en situación netamente dominante sobre los Mamíferos, como Phororhacos, un Ave corredora del Mioceno de Patagonia, que alcanzaba cerca de 2 m. de altura, tenía un pico ganchudo, parecido al del Águila, pero de 30 cm. de largo, y debió ser un animal terrible (Figura 30).

A pesar de todo, los Mamíferos se establecieron firmemente a partir del Eoceno, y a mediados de la Era Terciaria, ciertos Mamíferos primitivos, análogos a los Rinocerontes, como *Boluchitherium* e *Indricotherium*, alcanzaron el récord de tamaño para los Mamíferos terrestres: unos 6 m. de alzada, más o menos como el *Tyranosaurio*, aunque no eran carnívoros como este último (Figura 31). A partir del Eoceno, los Mamíferos se han desarrollado ampliamente, en la mayoría de los hábitats terrestres, y con éxito algo menor en el aire y en el agua. Su tamaño varía, desde unos pocos centímetros en las Musarañas enanas, hasta los 35 metros de longitud que mide la Ballena azul, que es el animal más grande que se conoce, tanto fósil como actual.

Figura 30. — Phororhacos, un Ave gigante con alas atrofiadas, del Mioceno de Patagonia, de 2 m. de altura.

Figura. 31. — Indricotherium, un Mamífero ungulado, gigantesco, del Oligoceno, de 6 m. de alzada.

CLASIFICACIÓN DE LOS MAMÍFEROS

La clasificación de los Mamíferos, se puede resumir de la siguiente forma:

Clase mammalia

Subclase Prototheria.

Orden Monotremata (Platypus, Echidna).

(—Otros órdenes).

Subclase Metatheria.

Orden Marsupialia (Canguro, Opossum).

Subclase Eutheria.

Orden Primates (el hombre, los monos).

Orden Insectívora (el erizo).

Orden Chiroptera (los murciélagos).

Orden Artiodactyla (la ganadería, en general).

Orden Perisodactyla (el caballo).

Orden Condylarthra (extinguidos).

Orden Edentata (el perezoso).

Orden Cetácea (las ballenas).

Orden Proboscidea (los elefantes).

Orden Carnívora (los gatos, los perros; las focas).

Orden Rodentia (las ratas y los ratones, las ardillas).

Orden Lagomorpha (los conejos).

(— Otros órdenes).

LOS PRIMATES

En muchos aspectos, el grupo de los Primates, Orden de Mamíferos al cual pertenece el hombre, es un grupo primitivo. Esto se puede ver, por ejemplo, en la dentición diferenciada y poco especializada, al contrario de lo que ocurre en otros Mamíferos como los Carnívoros y los Roedores; y en sus extremidades que conservan los cinco dedos, sin haber perdido ninguno, como ocurre en los caballos y en las vacas, por ejemplo. El cuerpo de un Primate adopta posición más o menos erguida y, en cierto modo, es conservador si lo comparamos con el de una ballena o el de un armadillo. Por otra parte, los fósiles de Primates, se encuentran en zonas muy restringidas, probablemente debido a su carácter arborícola y a su preferencia por el clima cálido: los suelos de los bosques, en las regiones cálidas, son ambientes húmedos, en los que la materia orgánica se descompone rápidamente, por lo cual, los huesos tienen escasas posibilidades de fosilizar, en comparación con lo que ocurre en los ríos o pantanos.

Esta vida arborícola de los Primates, es la que ha condicionado la conservación de las hábiles manos y de los excelentes ojos de los grandes Primates, ya que ambas son condiciones esenciales para la vida arborícola. En “El mundo perdido” de Conan Doyle, el profesor Challenger pregunta al Sr. Malone, si el hombre-mono que había visto podía “cruzar su pulgar sobre la palma de la mano”; una pregunta, cuya importancia podría pasar desapercibida al lector poco entendido: sin embargo, probablemente el profesor trataba de descubrir si el extraño ser, era en realidad un Primate, pues de poder cruzar los cuatro pulgares sobre las palmas de las extremidades, se habría tratado de Primate primitivo, del tipo de los monos; en cambio, el hombre, que es una forma más especializada, recientemente adaptada a caminar erguido, no tiene oponibles los dedos de los pies.

En los comienzos de la Era Terciaria, los únicos Primates existentes eran los Prosimios, un grupo de animales trepadores, primitivos, que en la actualidad están representados por los Lemúridos de los que sólo quedan algunos supervivientes en Madagascar. Mediada la Era Terciaria, ya se habían diferenciado tres tipos principales de Primates, a partir de los Prosimios: los monos sudamericanos, los monos del viejo mundo (Eurasia) y los Antropomorfos (Póngidos y Homínidos), notables estos últimos, por su elevada capacidad craneal. La historia de los

Antropomorfos en el Terciario (26), está mal documentada, pero a juzgar por los restos hallados de *Dryopithecus*, una forma de reducida capacidad craneal, de la que se han encontrado otros restos fósiles en el Terciario superior, podría ser una forma de transición que posiblemente caminaba en posición erguida o semi erguida, característica que luego encontramos en los Póngidos (gorila, chimpancé) y en los Homínidos. La historia posterior de los antecesores del hombre, la trataremos al estudiar el Cuaternario.

LOS QUIRÓPTEROS

Los Quirópteros se alimentan generalmente de Insectos, y estructuralmente se asemejan mucho a los Insectívoros, con los que sin duda deben estar muy relacionados, aunque, igual que ocurre con las ballenas, y a presentan una clara adaptación a su forma especial de locomoción a principios del Terciario, donde no es frecuente encontrar formas de transición, y a que *Galeopithecus* es demasiado moderno para que pueda considerarse como tal. La reducida pelvis de los murciélagos, se parece curiosamente a la de los Reptiles voladores; lógicamente estos animales rara vez se posan en el suelo, prefiriendo colgarse de las rocas o de las ramas; pero no es fácil comprender cómo podrían adoptar la misma posición los reptiles voladores, con sus alas más débiles: el ala del murciélago está formada por una membrana dérmica que se extiende sobre cuatro dedos, en contraposición con el ala de un reptil volador, que sólo comprende el cuarto dedo modificado, a partir del cual se extiende una membrana dérmica.

La mayoría de los grupos de Mamíferos tienen representantes actuales, y sólo algunos grupos importantes se han extinguido; la diversidad de mamíferos es tan considerable, que resulta difícil establecer un esquema general de su evolución, tal como podría hacerse, por ejemplo, en el caso de los Ammonoideos. A principios de la Era Terciaria, la mayoría de los Mamíferos están representados por formas de pequeño tamaño y poco especializadas, que presentan relaciones confusas con el tronco basal de los Insectívoros. En cambio, al final del Terciario, estos mismos grupos son más numerosos y en ellos aparecen formas de mayor tamaño y extrañas, aunque en la actualidad, muchos grupos parecen haber alcanzado un estado estacionario o estar ya en vías de extinción, como ocurre con los caballos, vacas, las ballenas, los osos y, en general, todos los carnívoros.

LOS ARTIODÁCTILOS

Los Ungulados comprenden, como es sabido, dos principales órdenes actuales: los que presentan pezuñas compuestas por un número par de dedos, dividida en dos partes, que constituy en el grupo

de los Artiodáctilos, y los de pezuña formada por un número impar de dedos, que son los Perisodáctilos. Los primeros son aún muy numerosos (ganado vacuno, ciervos, gacelas, etc.), pero en cambio los Perisodáctilos están extinguidos en su mayoría, quedando únicamente los caballos y los rinocerontes, auténticas reliquias de lo que fue un grupo muy diversificado.

Los primitivos Artiodáctilos del Eoceno vienen a ser animales pequeños y poco evolucionados, que apenas se distinguen —salvo en pequeños detalles— de los Insectívoros y de los Primates. De ellos descienden, por una parte, los cerdos e hipopótamos, y por otra los Rumiante (ganado vacuno, etc.). Mediado el Terciario, aparecen los “cerdos gigantes”, como por ejemplo *Dinohyus* de más de 3 m. de longitud; los Rumiante, por su parte, dan lugar a los camellos parecidos a gacelas y a jirafas, antes de que aparezcan los camellos actuales, tal como los conocemos. Algunos Artiodáctilos desarrollan una enorme cornamenta, como *Synthetoceras*, que por su aspecto, diríase que desciende del *Triceratops*.

LOS PERISODÁCTILOS

Por el contrario, los Perisodáctilos sólo comprenden en la actualidad, el caballo, el tapir y el rinoceronte, porque el hipopótamo, a pesar de su nombre que en griego significa “caballo de río”, es más bien un “cerdo de río”. En el Eoceno, existieron muchos grupos de Perisodáctilos, entre ellos, los Titanoterios, de tamaño parecido al de un elefante, aunque con capacidad craneal muy reducida; al parecer, estos ungulados alcanzaron demasiado pronto gran corpulencia, desarrollando grandes cuernos, y no pasaron del Oligoceno. Por su parte, los Équidos presentan una interesante y clara evolución, de la que tenemos una excelente documentación fósil (véase el Capítulo 2 y la Figura 3), la cual comienza con *Hiracotherium*, herbívoro de pequeña talla (unos 25-30 cm. de longitud), que a juzgar por los dedos de sus extremidades, vivía sobre un suelo blando, quizás en los bosques, el cual, con el transcurso del tiempo, daría lugar al actual *Equus* de las llanuras.

Los rinocerontes presentan la particularidad de incluir al mamífero terrestre más corpulento que jamás ha existido, el *Baluchitherium*, que como los grandes Dinosaurios, tenía las vértebras parcialmente huecas, con objeto de aligerar su peso. Los rinocerontes más primitivos, no tenían cuernos; algunos parece que se adaptaron al ambiente fluvial, como los modernos hipopótamos, mientras que otros, también primitivos pero más esbeltos, tenían aspecto de caballos, si bien estas formas, no parece que hayan tenido éxito evolutivo y se extinguieron precozmente.

OTROS MAMÍFEROS UNGULADOS

Además de los principales grupos de Ungulados que hemos tratado, existieron otros órdenes, y a extinguidos, que parecen derivar en conjunto, de los Condilartros del Eoceno, como los Perisodáctilos, que también derivan de ellos. En general, los Ungulados son herbívoros, pero a parte de esto, tienen pocos caracteres comunes. Los Condilartros muestran su carácter primitivo en su dentición, con molares de coronas rebajadas, con los que no podrían comer una vegetación dura, ni siquiera hierba, lo cual también debió ocurrir a los Titanoterios algunos ni siquiera habrían alcanzado el estado “ungulado”, y sus extremidades parecen sugerir, en algunos casos, una posible adaptación al medio arborícola. Sin embargo, los otros órdenes derivados de ellos, muestran una rápida tendencia a la especialización: *Uintatherium*, llegó a alcanzar el tamaño de un elefante, pero con una grotesca cornamenta.

En Sudamérica, protegidos de los ataques o de la competencia de otros grupos de mamíferos, gracias a que la región de Panamá estuvo cubierta por el mar, se desarrollaron numerosos grupos de Ungulados, todos ellos muy extraños y extinguidos en la actualidad. Aunque estos Ungulados no siempre estaban provistos de pezuñas, la homomorfia o parecido, entre estos grupos y los Mamíferos del viejo mundo (Eurasia), aparece casi siempre, como resultado natural de las exigencias del medio ambiente, para ciertos tipos de mamíferos. Así, los equivalentes a los “rinocerontes”, “hipopótamos”, “elefantes” y “caballos” en Sudamérica, aparecieron todos, con independencia de las formas correspondientes del viejo mundo que nos son familiares.

Ocurre con frecuencia, que el potencial evolutivo de un grupo de animales, es proporcional al área donde se desarrolla, y así ocurrió, que los tipos del “viejo mundo” (incluyendo en esta denominación a Norteamérica, pero no Australia), pronto desplazaron a los de Sudamérica, cuando se formó el istmo de Panamá, durante el Plioceno; aunque algunos animales sudamericanos sobrevivieron a la competencia y llegaron a invadir parcialmente Norteamérica. Es curioso que algunos grupos sudamericanos no son exclusivos del “nuevo mundo” en el Terciario antiguo, lo cual sugiere que se trata de supervivientes en un área que les ha servido de refugio, más bien que de formas originales de Sudamérica.

Entre los Ungulados sudamericanos más notables, se encuentra el *Toxodon*, del cual dijo Darwin con asombro: “Parece mentira, de qué forma tan maravillosa están reunidos los caracteres de diferentes órdenes, en la actualidad tan bien individualizados, en diferentes puntos de las estructuras de *Toxodon*”. En efecto, la cabeza y el cuerpo se asemejan a los del hipopótamo, mientras que los dientes se parecen a los del rinoceronte en la forma, pero son de crecimiento continuo como en los Roedores. *Astrapotherium* es otro animal extraño: viendo su esqueleto, parece como si alguien hubiese pensado en diseñar un gran animal del aspecto de un rinoceronte, en la parte delantera, pero como si luego, hubiese perdido todo interés en su obra, añadiéndole una parte trasera con una pelvis y unas extremidades ridículamente pequeñas; se desconoce su forma de vida. Más fácil de interpretar es el *Thoatherium*, parecido a un caballo, del que se puede decir que aventajó al *Equus* en su evolución, puesto que sus extremidades, con un solo dedo, habían perdido todo vestigio de los dedos laterales; sin embargo, no puede considerarse como un “supercaballo”, porque sus tobillos no eran lo suficientemente fuertes, como para mantener una carrera prolongada.

LOS DESDENTADOS

Este orden incluye a los animales más típicos de Sudamérica, que comprenden, entre los más conocidos, al “perezoso” y al “armadillo”; poseen dientes muy reducidos en número que pueden faltar por completo, y a menudo están provistos de largas garras. El “perezoso”, cuyos torpes movimientos le dan un aire pausado, incluso cuando es perseguido por un jaguar, debe estar relacionado con los perezosos gigantes, como el *Megatherium* (Figura 32), que llegaron a alcanzar hasta 6 m. de largo, y tenían un esqueleto particularmente masivo. También los Desdentados acorazados, como el “armadillo”, presentaron una tendencia al gigantismo; *Glyptodon*, con su enorme armadura ósea, presenta un chocante homomorfismo con las tortugas, y como llegaba a tener 3 m. de largo, presentaría sin duda el aspecto de un tanque viviente.

Figura, 32. —*Megatherium*, un « perezoso » gigante de finales del Terciario, de la Pampa argentina.

LOS CETÁCEOS

Las ballenas tienen una larga historia, bien documentada, tal como cabría esperar por tratarse de animales marinos, aunque desgraciadamente, las primeras etapas de su adaptación al medio marino, a partir de animales terrestres, nos es desconocida. Los primeros fósiles conocidos, que proceden del Eoceno, presentan ya en su estructura general, un estado avanzado de adaptación al medio acuático, aunque el cráneo y la dentición, sean más semejantes a los de otros mamíferos terrestres contemporáneos que a los de sus descendientes: los primeros Cetáceos, como la mayoría de los mamíferos terrestres que luego invadieron el mar, eran carnívoros, y algunos poseían temibles mandíbulas y dientes, con una longitud total de unos 20 m. Las marsopas pertenecen a este grupo, pero las focas son Carnívoros (que consideraremos seguidamente), y los manatí corresponden a un tercer orden, Sirenios, cuyos representantes del Eoceno muestran caracteres inequívocos de su origen terrestre, como son las extremidades posteriores bien desarrolladas.

LOS PROBOSCIDEOS

Los elefantes ocupan un lugar importante entre los mamíferos cenozoicos, aunque hoy día sólo estén representados por los elefantes africano e indico. Los “colmillos” de los elefantes, son en realidad dientes incisivos, y en los Proboscídeos se ha producido, en el curso de su evolución, un notable desarrollo de los “colmillos”, hasta llegar a la forma ligeramente arqueada que presentan en la actualidad los elefantes (Figura 33). No es fácil interpretar debidamente los diferentes tipos de “colmillos” que han tenido los Proboscídeos, pero al menos en algunos casos, han debido usarse para excavar la tierra en busca de alimento, más o menos, como hacen los cerdos, cuando escarban con el hocico para desenterrar las raíces.

LOS CARNÍVOROS

Este orden incluye a la mayoría de los mamíferos carnívoros del Cenozoico: focas, leones marinos, osos, pandas, gatos, perros, hienas, comadrejas y civetas, pertenecen a este grupo. Las focas, al contrario de las ballenas y los Ictiosaurios (que emplean o empleaban la cola para nadar), nadan batiendo el agua con sus extremidades, como debían hacerlo los Plesiosauros, y a que su cola es demasiado débil y reducida para poder utilizarla con este objeto. Al contrario de las ballenas, que se encuentran fósiles desde el Eoceno medio cuando ya están adaptadas a la vida acuática, la historia de las focas no se puede seguir más allá del Mioceno: se conocen fósiles carnívoros más antiguos, pero siempre tropezamos con la misma dificultad, al no encontrar fósiles que están a medio camino de adaptación entre los medios terrestre y acuático, quizás porque la evolución fue muy rápida como consecuencia de un cambio ambiental tan profundo.

Los osos, que comprenden los carnívoros actuales de mayor tamaño (el oso de Kodiak, llega a medir 3 m. de largo), tienen un origen distinto, pero ciertas consideraciones estructurales, indican que están relacionados con los perros. Los Cánidos tienen una larga y bien documentada historia, especialmente en Norteamérica, incluyendo algunas formas de gran tamaño.

También los Félidos tienen su propia historia, que en general, se puede resumir diciendo que las formas primitivas tenían el aspecto de los tigres-sables, con un par de enormes caninos (a veces crenulados), boca que podía abrirse ampliamente y poderosas garras. Los Félidos, tal como actualmente se presentan, se han desarrollado en época reciente y, aparentemente (si es correcta esta interpretación), derivan de los tigres con dientes de sable, dándose aquí la extraña circunstancia de que, una estructura esquelética, después de haberse desarrollado, parece haber entrado en regresión, para mantener el equilibrio en la competición del grupo biológico; en tales casos, la solución suele ser el reemplazamiento de las formas superespecializadas, por nuevos tipos derivados directamente del tronco primitivo. Sin embargo, pueden proponerse otras interpretaciones de la historia evolutiva de los Félidos.

Figura 33. — Diversificación evolutiva de los Proboscídeos. Las flechas no representan exactamente, el curso de la evolución, sino sólo en términos generales.

LOS ROEDORES

Los Roedores constituyen el orden más numeroso de Mamíferos, y el que ha tenido más éxito. Se caracterizan estos animales por la presencia de un par de incisivos en el extremo anterior de cada mandíbula que, al revés de lo que nos ocurre a nosotros, crecen continuamente durante toda la vida del animal, para compensar el desgaste consiguiente a la propensión de estos animales a estar royendo constantemente. La pérdida de uno de los dientes en estos animales, al quedar el contrario sin su opuesto contra el que poder roer, puede ocasionar la muerte del animal, al crecer en forma de arco que le llega a penetrar en el cerebro. El Roedor fósil de mayor tamaño fue *Eumegamys*, sudamericano, cuyo cráneo medía 60 cm. de largo, y actualmente, el “capybara” también sudamericano, mide casi metro y medio, de longitud total. Las ratas y los ratones, se encuentran fósiles desde el Oligoceno, y han progresado no sólo a causa de su número, sino también por su resistencia vital, que les permite sobrevivir en las más adversas circunstancias. Estos son los únicos mamíferos placentados, además del Dingo (perro salvaje, introducido por el hombre), que han llegado hasta Australia, por sus propios medios, atravesando el mar posiblemente sobre troncos flotantes.

OTROS ÓRDENES DE MAMÍFEROS

Los Lagomorfos, que comprenden las liebres y los conejos, que se parecen superficialmente a los Roedores, tienen una larga historia en el Terciario. El *Orycteropus* o “cerdo hormiguero”, con su aspecto rastrero, pertenece al Orden Tubulidentados, que tiene escasos representantes fósiles. *Arsinoitherium*, es un animal gigantesco provisto de un doble cuerno, que procede del Oligoceno de Egipto, no se puede clasificar en ningún grupo conocido de Mamífero, y ha sido necesario crear para él un Orden especial, el de los Embrítápodos.

PALEOGEOGRAFÍA DE LA ERA TERCIARIA

Ya hemos mencionado la emersión del Istmo de Panamá, y la formación de las cadenas montañosas; nos queda ahora por considerar el significado de los “puentes intercontinentales” (es

decir, istmos), y su función durante la Era Terciaria.

No puede haber duda sobre la existencia de tales “puentes”: una ojeada a un mapa del globo terráqueo, nos muestra un par de ejemplos actuales en los de Panamá y Suez. Un estudio más detallado, nos puede revelar análogamente, la existencia de otro istmo en época reciente, entre Alaska y Siberia, ya que el Mar de Behring es muy somero. Otros ejemplos menos aparentes, los podemos encontrar en Australia e Indonesia, donde, aunque las aguas son mucho más profundas, es probable que no haya sido así en el pasado, por la inestabilidad de la corteza terrestre en esta región; lo mismo ocurre en el Estrecho de Gibraltar, y en otras regiones. Gran parte de la evidencia indirecta, de la existencia de tales “puentes” en el pasado, procede de la comparación entre las faunas actuales a ambos lados de una extensión cubierta por el mar; por desgracia, se ha intentado postular la existencia de tales estructuras, a base de datos poco seguros, y así la existencia de estos “puentes” ha venido a ser una especie de “panacea” para explicar la distribución geográfica de ciertos grupos biológicos de otra forma inexplicable. La confirmación de la existencia real de tales “puentes intercontinentales”, debe estar avalada por los fósiles, cuando se encuentren; pero antes de entrar en la discusión del papel desempeñado por estos “puentes” en Paleontología, es necesario hacer algunas consideraciones generales.

La distribución de ciertos animales, por ejemplo los Tapires, en regiones geográficamente muy alejadas (en este caso, Sureste de Asia y Centro y Sudamérica), podría sugerir, a primera vista, la existencia de un puente transpacífico en épocas pretéritas (véase la Figura 34); sin embargo, una explicación más probable, resulta de la existencia de fósiles de Tapires en Norteamérica, en Europa y en China, lo cual es indicio de que, originalmente, los Tapires se extendían por todo el mundo, y últimamente han quedado restringidos a ciertas regiones. La misma explicación podría ser válida para la presencia de Marsupiales en Australia y Sudamérica.

Una segunda categoría de consideraciones, que deben ser tenidas en cuenta, proceden de la teoría de la deriva continental (véase la Figura 25). En la última parte de la Era Cenozoica, los desplazamientos continentales ya se habían realizado, ocupando los continentes aproximadamente su posición actual, pero en épocas más antiguas, hay que tener en cuenta estos desplazamientos. Así, por ejemplo, la presencia de Trilobites del género *Olenellus* en el Cámbrico de Escocia y de Terranova, sugiere que Eurasia y Norteamérica estaban unidas en aquella época, y que el Océano Atlántico, con su profundidad actual, se formó con posterioridad al período Cámbrico. Sin embargo, las pruebas paleontológicas de la deriva continental, son más sugestivas que convincentes, y a que con frecuencia, se pueden encontrar otras explicaciones: por ejemplo, los animales marinos que viven en aguas someras, pueden haber emigrado aprovechando ciertas regiones donde el agua sea menos profunda, y como éste, pueden aducirse otros casos análogos.

Afortunadamente para los paleontólogos partidarios de la deriva continental, esta teoría se basa en pruebas más firmes, que han sido aportadas por los geofísicos, principalmente en estos últimos años. De acuerdo con los datos obtenidos, Australia parece que se ha desplazado hacia el Norte y hacia el Este, y por su parte, la India se ha desplazado hacia el Norte. Las estrías de origen

glaciar, marcadas sobre los cantos rodados del Carbonífero en la India, indican que deben proceder de un punto situado donde actualmente se encuentra el ecuador, lo cual sugiere que la India estuvo en otro tiempo situada al Sur del ecuador actual, y de hecho, una de las ideas fundamentales de la deriva continental, es que África, India, Australia, Antártida y Sudamérica, formaron a finales de Paleozoico un supercontinente austral, al que se ha dado el nombre de Gondwana.

Figura 34. — Distribución geográfica de los Tapires, en el Cenozoico y en la actualidad.

AUSTRALIA

El aislamiento geográfico de Australia durante el Cenozoico, y el de Sudamérica en la mayor parte de este período, ha repercutido en las faunas de Mamíferos, que ahora encontramos fósiles. En cambio, Norteamérica y África, nunca han estado aisladas por completo de Eurasia, de manera que, efectivamente, pertenecen a una misma unidad biogeográfica.

Por su parte, Antártida también ha estado aislada durante el Cenozoico, y la extrema glaciación sufrida a finales de este período, ha servido para acentuar aún más su aislamiento, añadiendo una nueva barrera ecológica a la barrera geográfica que ya existía.

Australia contiene una rica fauna de Marsupiales (Mamíferos con bolsa marsupial): Canguros, Wombats, Koalas, etc., que debe ser una reliquia de la fauna mesozoica o del Cenozoico más antiguo. Desgraciadamente, en Australia, no se han encontrado suficientes fósiles para que podamos conocer la historia evolutiva de los Marsupiales, pero teniendo en cuenta la fauna actual, es evidente que:

1. Aparte de los murciélagos, algunos Roedores y los Mamíferos introducidos por el hombre, Australia carece virtualmente de Placentados.
2. Los Marsupiales que pudieron alcanzar Australia, cuando este continente estaba unido al resto del mundo, en el Mesozoico, se han diversificado, originando tipos semejantes a los Placentados, pero con bolsa marsupial: el lobo marsupial (*Thylacinus*), el ratón marsupial (*Tarsipes*), el hormiguero marsupial (*Myrmecobius*), etc.
3. Sólo allí quedan Mamíferos ovíparos (*Platypus*, *Echidna*), que probablemente son restos de una fauna aún más primitiva que los Marsupiales.

Hay que advertir que estas peculiaridades de la fauna australiana, son también válidas para Nueva Guinea y otras islas del Este de Indonesia. Por otra parte, aunque no existen Mamíferos

ovíparos (Monotremas), fuera de esta región, en cambio, algunos Marsupiales existen en otras regiones (véase más adelante), y de hecho, los Marsupiales eran comunes en todo el mundo, durante el Paleoceno, antes de que fuesen reemplazados por los Placentados, por lo cual, parece que Australia ha debido estar unida al resto del mundo mediante un “puente intercontinental”.

SUDAMÉRICA

Sudamérica, quedó aislada desde el Eoceno hasta finales del Plioceno, y cuando se formó el istmo de Panamá, contenía una mezcla de Mamíferos marsupiales y placentados, que se habían desarrollado durante el Cenozoico. El Opossum, que vive en Norte y Sudamérica, es uno de los pocos Marsupiales supervivientes de esta fauna. Es curioso, cómo el último carnívoro marsupial sudamericano, se asemeja al “tigre de dientes de sable”, con sus enormes caninos, mientras en Eurasia y Norteamérica, también se desarrollaron los auténticos “dientes de sable”, y que todos se extinguieran, seguramente como consecuencia de la desaparición de sus presas corpulentas de piel gruesa.

Generalmente se acepta que la formación del istmo de Panamá, fue la causa de la desaparición de la fauna sudamericana y, además, tenemos evidencia fósil de la llegada de Placentados venidos del Norte, durante el Cuaternario, y de la simultánea extinción de la fauna autóctona. Pero es curioso observar, que también se extinguieron algunas especies venidas del Norte, de manera que, actualmente, Sudamérica presenta una fauna de Mamíferos más bien reducida, si la comparamos, por ejemplo, con la fauna africana.

La invasión de Mamíferos, a través de Centroamérica, no fue sólo de Norte a Sur, y así ocurre que, algunas formas oriundas de Sudamérica, como el Armadillo, el Puercoespín, el Perezoso, también han invadido parcialmente Norteamérica.

ANTÁRTIDA

El continente antártico, aunque estuvo unido con los otros continentes australes, mediante “puentes” a finales del Paleozoico, parece haber estado aislado desde entonces, y no ha llegado a recibir faunas de mamíferos terrestres.

RUTAS DE MIGRACIÓN FILTRANTES

Se ha observado en el Pacífico Sur, que cuanto más al Este de Australia se encuentra una isla, contiene menor número de Mamíferos y de Aves, aunque la latitud y el clima sean los mismos. Esto es una consecuencia natural del conocido principio de “filtro”, según el cual, existe una barrera que ciertos animales pueden cruzar y otros no son capaces de hacerlo. Así, el desierto del Sahara es un “filtro”, porque sólo ciertos animales pueden cruzarlo, y de la misma forma, la densa jungla, los océanos y cualquier ambiente uniforme, puede actuar como “filtro” y “hacer de criba” para ciertos animales. Algunos mamíferos pueden atravesar estos “filtros” mejor que otros, siendo los Roedores un notable ejemplo de esto último.

OTROS PUENTES INTERCONTINENTALES

El estrecho de Behring ha emergido en varias ocasiones, en el transcurso del Cenozoico, y a través de él han cruzado numerosos Mamíferos: elefantes, caballos, buey moscado, bisontes, *etc.* La península del Sinaí y el estrecho de Gibraltar, son otros buenos ejemplos de tales “puentes”, y de esta forma, parece que África ha estado menos influida por el aislamiento, que Sudamérica y Australia.

VERTEBRADOS NO MAMÍFEROS

Comparado con los Mamíferos, el resto de los Vertebrados, se nos muestra notablemente conservador durante el Cenozoico. Es verdad que las Aves muestran una gran diversificación a lo largo de esta Era, pero se trata de un grupo estructuralmente muy sencillo, con pocas variaciones en su esqueleto, si se compara con los Mamíferos y, además, son todavía muy parecidas a los Reptiles, salvo que tienen sangre caliente y están cubiertas de plumas. Por otra parte, el esqueleto de las Aves es notablemente delicado, y su fosilización es difícil, por lo que sus fósiles son escasos.

Entre los Reptiles, las Tortugas y los Lagartos se han desarrollado progresivamente a lo largo del Cenozoico, y los restos de Cocodrilos suelen ser frecuentes en los sedimentos de agua dulce. Las Serpientes también se han desarrollado en el Cenozoico; se conoce un fósil de 20 m. de largo en el Eoceno; pero las serpientes venenosas no aparecen hasta el Mioceno.

Ocasionalmente se encuentran restos de Anfibios, y los Peces que actualmente constituyen todavía un grupo en expansión, son frecuentes entre los restos fósiles. Corrientemente se encuentran escamas y vértebras; los dientes de Seláceos suelen ser hermosos fósiles muy

apreciados por los coleccionistas: *Carcharodon megalodus*, del Mioceno, tenía dientes de hasta 12 cm., y posiblemente alcanzaría 15 m. de largo, que es un tamaño impresionante para un pez carnívoro.

EL ÁREA SARMATIENSE

Un notable ejemplo de la importancia de los fósiles, cuando se trata de reconstruir la geografía en épocas pasadas, lo encontramos en la historia del área sarmatiense (Hungría, Mar Negro, Mar Caspio, Mar de Aral), durante el Terciario moderno y el Cuaternario. Tal como se indica en la Figura 35, durante el Mioceno, la mayor parte de este área era una extensa cuenca lagunar, salvo las montañas recientemente surgidas de los Alpes, de los Cárpatos y del Cáucaso; es decir, que toda el área estaba ocupada por un gran lago de agua salobre (con salinidad menor que la del mar libre, pero superior al agua dulce), en la que las montañas actuales formaban islas o penínsulas. La evidencia necesaria para esta interpretación, nos la han proporcionado los fósiles, ya que, cuando las aguas salobres ocupan una cierta extensión, se desarrolla en ellas una fauna con características especiales, y como quiera que el área sarmatiense ha sido una de las regiones donde los lagos de agua salobre han adquirido mayor extensión y han durado más tiempo, la fauna que allí se ha desarrollado, tuvo tiempo de evolucionar y originar tipos peculiares, que sólo se encuentran en esta región.

Figura 35. — El área « Sarmatiense » (Helveciense - Vindoboniense), en la región del Mediterráneo, estuvo cubierta, en gran parte, por lagos de agua salobre.

A lo largo del Mioceno, se abrieron vías de comunicación entre este gran lago salobre y el Mediterráneo, por el Norte de los Alpes y por el área del Bósforo, dando como resultado, el que ciertas influencias marinas se dejen notar, al Norte de los Alpes en el Mioceno medio, y que sólo en el Mioceno superior, llegasen estas influencias hasta una zona tan alejada como la región de Viena. Durante esta época, la fauna sarmatiense se caracteriza por la presencia de Moluscos de agua salobre, y ocasionalmente, en las formaciones continentales, estratos con restos de Mamíferos. Al final del Mioceno, como consecuencia de la tendencia general al levantamiento y emergencia de esta parte de la cuenca del Tethys, las áreas lacustres del sarmatiense europeo, se fueron restringiendo, al mismo tiempo que sus faunas se diferenciaban entre sí.

Los Moluscos son muy frecuentes en los estratos sarmatienses, en los que encontramos un gran número de ejemplares, pero escasas especies distintas, lo cual ocurre frecuentemente en los medios salobres, donde abunda el alimento, pero la salinidad es una barrera infranqueable para la

mayoría de las especies marinas o de agua dulce. La Cuenca Panónica (Hungría), quedó aislada, transformándose poco a poco en una cuenca de agua dulce; en cambio, las áreas situadas más al Este, llegaron a ser muy ricas en fauna salobre. Durante el Plioceno, también la región oriental quedó aislada, evolucionando hacia un gran lago de agua dulce, en el que han persistido algunas especies antiguas adaptadas a las nuevas condiciones ecológicas. En el área Panónica, también durante el Plioceno encontramos sedimentos lacustres de agua dulce, y en la región Dácica (Rumania), encontramos unas condiciones similares. El área Pontica (el actual Mar Negro), estaba ocupada por un lago salobre como el actual Mar Caspio; otro lago similar ocupaba la región Egea, y el actual Mar Caspio, estaba ocupado por una cuenca salobre con ciertas peculiaridades.

Durante el Cuaternario, el área Panónica ha quedado virtualmente seca, quedando sólo el Lago Balatón, como una reliquia de la gran extensión cubierta por agua dulce en el Terciario, que puede aún observarse en cualquier mapa topográfico: las llanuras de Hungría, corresponden a la antigua área ocupada por el lago panónico, mientras que las cadenas montañosas que las circundan, marcan las antiguas líneas de costa. El Danubio atraviesa estas montañas por las Puertas de Hierro, penetra en la Cuenca de Rumania, que corresponde a otra área desecada, y finalmente desemboca en el Mar Negro, donde las condiciones salobres han vuelto a establecerse como resultado de la invasión marina, durante el Cuaternario, a través del Estrecho del Bósforo. Sin embargo, la fauna actual del Mar Negro, deriva principalmente de la del Mediterráneo, ya que la antigua fauna sarmatiense desapareció, en su mayor parte, como consecuencia de la invasión marina, llegando a ser ahora el agua, incluso más salada que la media general de los océanos. En la actualidad, en el Mar Negro, sólo viven los peces que frecuentan las aguas superficiales, pues las zonas profundas, a más de 2.300 m., son inhabitables a causa de las emanaciones de gas sulfhídrico debidas a la acción de ciertas bacterias que reducen los sulfates.

El Mar Caspio es el gran superviviente de la antigua área Sarmática; es una región de grandes contrastes, donde la parte septentrional se hiela en invierno, mientras la región meridional llega a ser tan calurosa en verano, que la intensa evaporación del agua provoca depósitos de sal. Condiciones semejantes, encontramos también en el Mar de Aral. El Mar Caspio, es todavía la mayor extensión cubierta por el agua, que queda del gran lago sarmatiense, aunque su superficie se encuentra a más de 30 m. por debajo del nivel del Mediterráneo; su fauna es una reliquia de la fauna sarmatiense, aunque actualmente empobrecida con relación a lo que fue en tiempos anteriores.

El antiguo Lago Egeo fue ampliamente invadido por el Mediterráneo, y sus sedimentos y yacimientos de fósiles lacustres han sido trastornados por los últimos movimientos orogénicos, encontrándose desde 1.600 metros sobre el nivel del mar hasta muy por debajo del mismo. Por supuesto, que Grecia se encuentra aún comprendida en el área sísmica que corresponde a estos fenómenos tectónicos.

Sería muy interesante terminar estas observaciones sobre el Área Sarmatiense, exponiendo las razones por las que se han producido estos cambios paleogeográficos, pero desgraciadamente, las

explicaciones de los fenómenos que tienen lugar en las zonas profundas de la corteza terrestre, entran todavía en el terreno de las hipótesis, y como quiera que se trata de cuestiones que no están directamente relacionadas con la Paleontología, es preferible limitar nuestra exposición a la evidencia fósil sobre los cambios de salinidad.

8 - La Era Cuaternaria

“¿De qué seno sale el hielo?” — job. 38:29.

La Era Cuaternaria difiere de la Terciaria, principalmente, por la existencia de enormes glaciares que cubrieron extensas regiones de globo terráqueo. El desarrollo de la vida en esta Era, no es una simple prolongación de la del Terciario, sino que tiene especial interés por una serie de circunstancias:

- a) la gran talla de los Mamíferos;
- b) la existencia de especies ahora extinguidas, pero que fueron contemporáneas de los primeros hombres;
- c) la aparición del hombre;
- d) las reacciones de los seres vivos, ante las repentinas y profundas fluctuaciones del clima en esta Era.

Antes de tratar con detalle estas cuestiones, debemos considerar el caso que ha llegado a ser clásico, de las variaciones de las faunas de Moluscos en el Mar Báltico (véase la Figura 36), y de su reacción ante los acontecimientos que tuvieron lugar durante e retroceso de la última glaciación. Durante ésta, en las épocas de máximo rigor del clima todo el Noroeste de Europa estuvo cubierto por una enorme capa de hielo, 1 embargo, en los últimos años, el hielo fue disminuyendo, como consecuencia de la elevación de la temperatura ambiente, que continúa en la actualidad, y las siguientes observaciones corresponden a las últimas etapas de este retroceso del hielo.

1) Durante una de las últimas fases de la regresión glaciar en Escandinava, se formó un lago de origen glaciar donde ahora está situado el Mar Báltico, que se fue llenando de agua procedente de la fusión del hielo, hasta que desbordó por el Sur de Suecia comunicando con el Mar del Norte. En el Suroeste de Suecia, se han encontrado morsas y osos polares fósiles; estas especies viven actualmente en Spitzberg, en Groenlandia y en las regiones árticas de la U.R.S.S.

2) En la fase del Mar de Yoldia, aproximadamente 8.000 años antes de Cristo, encontramos en el Suroeste de Suecia, yacimientos de estos Moluscos, característicos de aguas salobres y más frías que las actuales, aunque no tanto como en la fase ártica anterior. El Mar de Yoldia ocupó gran parte del área báltica, uniéndose al Mar del Norte y al Atlántico, a través de la región meridional

de Suecia, y caracterizándose por la presencia del Molusco bivalvo *Yoldia*, al que debe su nombre.

3) En la fase de *Ancylus*, el Báltico volvió a ser un gran lago poblado por este Gasterópodo de agua dulce al que debe su nombre. Este cambio fue consecuencia del levantamiento de Escandinavia, ocasionado por el deshielo del casquete glaciario que la cubría: el levantamiento de la corteza terrestre, es más lento que la fusión del hielo, de forma que aquél se produce con cierto retraso, y Escandinavia aún se está elevando en la actualidad, a razón de 1 cm. por año. En la costa suroeste de Suecia, se encuentran fósiles de moluscos marinos, que indican una temperatura del Atlántico similar a la actual.

4) El Mar de *Littorina* ocupaba, aproximadamente, la misma extensión que actualmente ocupa el Báltico, y su nombre se debe a este Gasterópodo que actualmente vive en las costas atlánticas. La invasión del mar en el lago de *Ancylus*, se debió a la elevación del nivel general del océano, a causa del aumento de volumen de agua por la fusión de los glaciares, que fue más rápido que la elevación de Escandinavia al disminuir la presión del hielo. El deshielo debió producirse como consecuencia de la elevación de temperatura media, en una época aproximadamente 5.000-2.000 a. C. cuando la temperatura era de unos 2° C. superior a la actual, y el nivel del mar estaba más elevado. El género *Littorina* se encuentra fósil en regiones más internas del Báltico que en la actualidad lo cual nos indica que el Mar de *Littorina* era más salado que el Báltico actual; además, otras especies de Moluscos, que aún persisten en el Báltico, eran entonces de mayor tamaño, como corresponde a un ambiente más marino, lo cual se puede comprobar actualmente, observando que las conchas del Atlántico son también mayores que las del Báltico. Por otra parte, ciertas especies de Moluscos, hoy frecuentes en las costas de las Islas Británicas y Escandinavia, vivían más al Norte, en Spitzberg, durante esta época de clima más benigno.

Figura 36. — Historia geológica reciente de la región del Báltico.

5) Hoy, después de sucesivas variaciones de su salinidad, el agua del Báltico es menos salina que en la época de *Littorina*, siendo de carácter más marino en aguas de Dinamarca, y casi de agua dulce en las bahías del interior, de forma que, en su parte Norte, se congela durante el invierno.

Los cambios climáticos durante el Cuaternario, se ponen de manifiesto de muy diversas maneras; una de ellas, es la historia del Mar Báltico que acabamos de referir, y con frecuencia encontramos datos análogos que proceden del estudio de los Moluscos fósiles, aunque estos datos suelen ser indirectos. También el estudio de los Mamíferos fósiles, puede darnos indicaciones precisas, y de hecho, todos los fósiles pueden considerarse como indicadores de estos cambios ambientales durante el Cuaternario. La conclusión general a la que se llega, es que, durante el Cuaternario, el hielo se extendió periódicamente en amplias áreas (véase la Figura 37), y que ahora se encuentra en una fase de retroceso, aunque aún existen extensiones importantes

cubiertas por el hielo, en Antártida, Groenlandia y otras regiones, sin que se pueda asegurar si el hielo volverá o no, a ocupar la extensión que anteriormente tuvo.

Figura. 37. — Cronología y acontecimientos del Cuaternario e historia del hombre.

Posiblemente resultará una sorpresa para el principiante, saber que la mayor parte de Canadá estuvo cubierta de hielo, que el Atlántico Norte estuvo invadido por témpanos flotantes, entre las Islas Británicas y Norteamérica; que el actual glaciar del Ródano, en los Alpes, tuvo entonces una longitud de 160 Km. (actualmente tiene apenas 13 kilómetros), llegando hasta Lyon, y que las montañas de Australia y Tasmania también tuvieron sus correspondientes glaciares.

Los fósiles no suelen probar la existencia del hielo, pero en cambio, aportan datos sobre cambios ambientales, en la forma que ahora veremos, y la existencia de grandes glaciaciones se puede deducir de la presencia de fósiles que acusen estos cambios ambientales:

1. La temperatura del agua fría se puede calcular a base del estudio de las proporciones de isótopos del oxígeno en los fósiles (véanse las páginas. 39-40).
2. La distribución de especies y subespecies no extinguidas, conociendo sus condiciones ecológicas actuales, proporciona datos sobre el clima.
3. La distribución de géneros (y ocasionalmente, de grupos sistemáticos de mayor categoría), no extinguidos, condicionada por la latitud geográfica, también proporciona datos sobre estas condiciones en el pasado (véase la página 136).
4. Los procesos de atrofia y otros trastornos fisiológicos, ocurren como consecuencia de los cambios ambientales.

Sin embargo, se tropieza con muchas dificultades, cuando se trata de interpretar los cambios de temperatura mediante el estudio de los fósiles; entre otras:

- A) Los fósiles pueden ser transportados y de nuevo sedimentados, quedando asociados a rocas de edad geológica distinta de la suya propia;
- B) rara vez se encuentran los fósiles en el mismo sitio donde vivían los organismos: los restos vegetales flotan, las conchas son frecuentemente arrastradas por las corrientes litorales, los cadáveres de vertebrados terrestres pueden ser arrastrados hasta el mar, y sus huesos pueden depositarse en un ambiente que no les corresponde;
- C) las especies pueden cambiar de ambiente, aunque esto no ocurra con frecuencia (véase la página 38), y a que normalmente, un cambio ambiental provoca la aparición evolutiva de nuevas

especies.

Además, la evidencia de cambios de temperatura, puede no ser siempre un indicio de la existencia de una glaciación, puesto que,

- a) una glaciación se produce cuando simultáneamente tienen lugar, un descenso de la temperatura y un aumento de las precipitaciones, pero no por un simple enfriamiento del clima; así ocurre, que siendo Siberia más fría que Islandia, los glaciares están más desarrollados en esta última, por tener un clima más húmedo, mientras que en Siberia es más seco);
- b) El descenso de la temperatura del agua del mar, puede ser consecuencia de un descenso en el nivel del mar, que hace aflorar obstáculos que impiden la circulación de las corrientes de agua templada; o bien por una elevación del nivel del mar, que puede dar origen a la apertura de estrechos que dejan pasar las corrientes frías;
- c) el agua fría es más densa y, por lo tanto, se acumula en los fondos oceánicos, por lo cual, la temperatura del agua del mar puede descender, si el mar se hace más profundo, aunque el clima permanezca constante.

De todo lo que antecede, resulta sorprendente que los fósiles puedan, a pesar de todo, usarse como indicadores de temperaturas en épocas pasadas; sin embargo, mediante un trabajo paciente, y con un amplio conocimiento de los hechos, el paleontólogo puede llegar a conclusiones, a base de considerar simultáneamente todo el conjunto de pruebas. Estas conclusiones, rara vez se basan en el estudio de una sola especie, ya que sería probable cometer graves errores; en cambio, si se consideran muchas especies fósiles, pueden deducirse varias conclusiones sobre el medio ambiente en que vivían.

Además, existen otros indicios que no proceden de los fósiles, como son las estrías glaciares o los depósitos de sal, y de todo ello resulta que las glaciaciones periódicas, durante el Cuaternario, se pueden considerar como definitivamente establecidas, y aunque pueden existir variaciones locales, que complican la cuestión, en líneas generales, el proceso está suficientemente claro. Así, por ejemplo, en los Alpes han existido 4 glaciaciones principales, mientras que en las Islas Británicas sólo ha habido 3. La Antártida, aunque ahora estemos en un período interglaciar, sigue cubierta por un casquete de hielo, de manera que allí no han existido propiamente períodos interglaciares, y puede darnos un ejemplo, de cómo pueden faltar ciertos indicios de glaciares durante el Cuaternario.

En realidad, los principios antes mencionados, pueden aplicarse a la Era Cenozoica en conjunto, y es interesante comprobar cómo va descendiendo la temperatura, a partir del Eoceno, como si fuese preparándose para las próximas glaciaciones del Cuaternario. Un libro de Paleontología no es lugar adecuado para discutir las causas de las glaciaciones o de su periodicidad; basta decir que hay numerosas hipótesis sobre este asunto, que varían, desde el pretendido enfriamiento del sol, hasta la deriva continental y los efectos causados por las corrientes oceánicas. Por su parte, los fósiles son tan mudos para esclarecer estas cuestiones, como elocuentes para demostrar las

consecuencias de las glaciaciones.

LOS MAMÍFEROS

Desde el punto de vista evolutivo, los Mamíferos del Cuaternario son simplemente la continuación de los de la Era Terciaria, pero vale la pena hacer algunas observaciones adicionales, sobre algunos muy divulgados, bien sea por su gran tamaño o por sus especiales relaciones con el hombre. El gran tamaño de los Mamíferos del Cuaternario, es un asunto difícil de interpretar: ante todo, no es fácil decidir lo que debe entenderse por “gran tamaño”, pues aunque muchos Mamíferos cuaternarios han sido de mayor talla que sus antecesores terciarios, esta tendencia al aumento de tamaño es más bien confusa, y en conjunto, la talla media de los Mamíferos del Cuaternario, puede haber disminuido respecto a los del Terciario, debido a la preponderancia de los Roedores: el mayor Mamífero terrestre que ha existido, el *Baluchitherium*, corresponde al Terciario. De todas formas, es sorprendente, cómo existen tantos Mamíferos que tengan parientes gigantes en el Pleistoceno, pero lo cierto es que los Mamíferos de pequeño tamaño, también pueden sobrevivir en climas fríos y, en cualquier caso, el frío intenso es sólo una característica temporal y variable del Cuaternario. De todas formas, podemos indicar los siguientes ejemplos de Mamíferos gigantes cuaternarios:

Entre los Marsupiales, el *Diprotodon* era parecido al *Wombat* actual, pero del tamaño de un rinoceronte, tan grande, que sus huesos se confundieron con los de un elefante.

Entre los Primates, el gigantesco “hombre-mono” *Meganthropus* del Pleistoceno de Java, pero los restos fósiles encontrados son muy incompletos, y podría tratarse simplemente de un individuo especialmente corpulento de *Homo* (*Pithecanthropus*) *erectus*.

Entre los Artiodáctilos destaca el Alce irlandés, *Megaceros* (Figura 38), que era un ciervo gigante provisto de las mayores astas conocidas, que podían llegar a medir hasta cerca de 4 m. de envergadura. Que el hombre primitivo lo llegó a conocer, es evidente por las pinturas rupestres de *Cognac* (Francia), que datan probablemente del año 15.000 a. C., y se encuentra desde Irlanda hasta Siberia. El Alce americano y su congénere europeo, son la misma especie *Alces alces*, mientras que el Alce irlandés, pertenece al género *Megaceros* y propiamente no es un “Alce”. El Bisonte americano que vivió durante el Pleistoceno, llegó a tener cuernos de más de 3 m. de envergadura.

Los Desdentados, mamíferos con dentición reducida, que se han desarrollado principalmente en Sudamérica, comprenden, entre otros, *Glyptodon*, una especie de Armadillo gigante, que llegó a tener 3 m. de largo y debió ser uno de los mayores animales acorazados post-mesozoicos; un género afín, *Doedicurus*, tenía la cola en forma de maza, notablemente similar a la de los *Ankylosauros* del Cretácico. *Megatherium*, el Perezoso gigante (Figura 32), llegó a alcanzar 6 m.

de largo, un tamaño similar al de ciertos Dinosaurios; otro perezoso gigante, *Grypotherium*, se encontró en una caverna de Patagonia, y las condiciones del yacimiento sugieren que estos animales pudieron haber sido criados en rebaños por el hombre, y sacrificados para alimentarse con su carne, hace algunos siglos.

Figura 38. — El Alce irlandés» (*Megaceros*), cuya cornamenta llegaba a medir casi 4 m. de envergadura.

Entre los Proboscídeos, el “Mastodonte” americano, no era excesivamente grande, para lo que es corriente entre los elefantes; el “Mamut” (*Mammuthus primigenius*), tampoco era mayor que los elefantes actuales, pero tenía la piel cubierta de largo pelo, parecido al “yak”, con una enorme cabeza y colmillos descomunales y retorcidos (Figura 39). En cambio, el “Elefante antiguo”, *Palaeoloxodon antiquus*, llegó a medir más de 4 m. de altura, mientras que los mayores elefantes africanos apenas alcanzan 3,4 m.; un ejemplar hallado en Inglaterra, midió 4,18 m., y no era todavía adulto (27).

Los Carnívoros comprenden varias formas importantes: el famoso “oso de las cavernas”, *Ursus spelaeus*, sólo era algo mayor que los osos actuales; el “tigre de dientes de sable”, *Smilodon*, tampoco era mayor que los tigres actuales, y sus patas cortas y fuertes sugieren que se trata de un animal que cazaba al acecho, en vez de atacar a sus presas como los felinos actuales. En el Pleistoceno inferior del viejo mundo, vivió un Guepardo gigante, *Acinonyx jubatus*, del que descienden los guepardos actuales que, aunque no muy grandes, son los animales terrestres más veloces.

Los Roedores no han sido nunca muy grandes, pero *Eumegamys* del Pleistoceno de Sudamérica, bien pudo alcanzar la talla de un buey, o en tono caso, un tamaño mayor que el mayor roedor actual, el Capybara, que mide más de un metro de largo.

Figura 39. — El «Mamut» (*Mammuthus*), el famoso elefante lanudo del Pleistoceno, contemporáneo del hombre primitivo.

No debe extrañar que hayamos omitido muchas formas de la lista anterior; los caballos y las ballenas, presentan actualmente su mayor tamaño, y otros órdenes de Mamíferos, desarrollaron sus formas gigantes en el Terciario. En cambio, los felinos que se desarrollaron notablemente en la línea evolutiva de los “dientes de sable”, han sido reemplazados en la actualidad por otros que no están directamente emparentados con ellos, y que tienen una talla similar.

Más sorprendente que la talla desacostumbrada de los Mamíferos cuaternarios, es el hecho de que se hayan extinguido en la actualidad, sin que existan razones convincentes para ello, pues

aunque la acción predatora del hombre puede haber influido en algunos casos, no ha sido éste el único factor.

Los camellos y los caballos, son oriundos de Norteamérica, y se extendieron por el Viejo Mundo, atravesando el “istmo de Behring” que reemplazó al actual estrecho durante gran parte del Cuaternario, desarrollándose aquí cuando ya se había establecido el hombre; sin embargo, se extinguieron en Norteamérica, y ya no existían cuando llegaron los primeros pobladores, siendo introducido posteriormente el caballo por los colonizadores, tanto en Norte como Sudamérica, desarrollándose de nuevo en su propio ambiente. Es indudable que el hombre ha cazado los caballos para alimentarse, como lo demuestra el haberse encontrado miles de esqueletos, al pie de un acantilado de 300 m. en Francia, a donde eran conducidos por los cazadores para despeñarlos, y existen muchos ejemplos de extinciones de especies, que se han debido claramente al hombre, sobre todo entre ciertas Aves que no vuelan: las plumas del “Moa”, un Ave de Nueva Zelanda parecida al Avestruz, se encontraron adornando las empalizadas de los poblados nativos, por los primeros exploradores blancos, aunque nunca pudieron ver un “Moa” vivo. El “Dodo” desapareció de su último refugio en la Isla Mauricio, en pleno siglo XVII, como consecuencia de la llegada a dicha isla, de marinos europeos, que no tenían otra cosa mejor de qué alimentarse. El último lobo, en Inglaterra, fue cazado en el año 1743.

Sin embargo, algunos Mamíferos se extinguieron al principio del Pleistoceno, cuando los hombres eran poco numerosos y demasiado primitivos para que pudiesen ejercer cualquier tipo de influencia en las condiciones ecológicas del ambiente; actualmente se trabaja en el estudio de diversos factores que han podido influir en la extinción de grupos biológicos: factores climáticos, geográficos, relaciones predador/presa, y simple competencia entre tipos biológicos semejantes, con el triunfo de los mejor desarrollados.

Desde nuestro punto de vista, resulta especialmente interesante la prueba de la coexistencia del hombre primitivo, con animales ya extinguidos o relegados a otros ambientes lejanos. Por ejemplo, en la caverna de Kent, en Inglaterra, existen dos accesos: en uno de ellos se encuentran pruebas de la presencia del hombre paleolítico, mientras en la otra entrada encontramos los típicos huesos roídos y fragmentados por las hienas, junto con restos de estas mismas hienas y de un refugio de lobos. No suele ser fácil establecer la contemporaneidad exacta de sucesos en Paleontología, pero se ha pretendido que, las gruesas capas de carbón encontradas en una galería, que separa las partes de esta cueva ocupadas por el hombre y por las bestias, son el resto que ha quedado de una barrera de fuego, establecida por el hombre, para mantener a las hienas y los lobos en el exterior, mientras ellos habitaban la cueva, facilitándoles tal vez, una reserva de caza, cuando el alimento escasease en invierno. Todo esto puede parecerse a una existencia horriblemente precaria, pero de cualquier forma, resulta evidente que el hombre, las hienas y los lobos, vivieron simultáneamente en este tranquilo rincón de Inglaterra, durante el Pleistoceno.

La prueba definitiva de la coexistencia del hombre con los mamíferos ya extinguidos, nos la proporcionan las cuevas con pinturas rupestres en Francia y en España, de finales del Pleistoceno, en las que se pueden reconocer, ejecutadas por una mano maestra, imágenes del

Mamut y del Rinoceronte lanudo, junto a otras especies aún no extinguidas, pero que ya no se encuentran en estas regiones, como son el Bisonte, la Hiena y el Reno, aunque sin duda eran familiares a los artistas del Paleolítico en Francia y en España. Actualmente, el Bisonte sólo se encuentra en Europa oriental, la Hiena ha quedado relegada a Asia y África, y el Reno ha emigrado hacia el Ártico.

EL HOMBRE FÓSIL

La documentación fósil humana es realmente decepcionante. Sus fósiles son escasos y sus comienzos resultan difusos; continuamente se publican trabajos en los que se discute la nomenclatura y la datación de los fósiles humanos, pero en resumen, se puede concluir que la historia del género Homo coincide aproximadamente con la Era Cuaternaria, y que la especie Homo sapiens queda limitada al Pleistoceno superior y a la época reciente, a pesar de que últimamente se ha sugerido, que el género Homo podría haber estado presente en el Plioceno superior de Kenia.

Los cambios estructurales acaecidos en los Primates, que dieron origen al hombre, son los siguientes:

- 1) incremento de la capacidad craneal, en términos generales, desde 500 ce. a 1.500 ce., en forma progresiva;
- 2) desarrollo del mentón, hasta originar la mandíbula cuadrada del hombre moderno;
- 3) adquisición progresiva de la posición erguida del cuerpo;
- 4) reducción del tamaño de los caninos;
- 5) tendencia hacia la vertical, en el perfil facial, como consecuencia del desarrollo de la frente;
- 6) disminución de los arcos superciliares, que ocupan la posición de las cejas.

Estas y otras modificaciones estructurales en el hombre, reflejan la tendencia a caminar erguido, correr y trepar, indicando el abandono de la vida en la selva, y una adaptación mental, creciente, a las peculiaridades de la vida social.

El estudio del hombre fósil es por sí mismo una empresa bastante difícil y no se consigue precisamente facilitarlo, con la intervención de ciertos bromistas. El llamado “hombre de

Pittdown” de Sussex (Inglaterra), con el que estaban obsesionados los libros de texto de los años 40, se demostró que era una asociación fraudulenta de la mandíbula de un chimpancé con un cráneo humano, ni siquiera tan antiguo como se pretendía. Por otra parte, se ha dicho del hombre de Neanderthal, que caminaba en posición encorvada, lo cual contribuye a su apariencia bestial en las reconstrucciones, cuando la realidad es que, esta falsa apariencia se debe a que uno de los esqueletos estudiados, estaba afectado de osteoartritis; de hecho, lo más probable es que caminase erguido como nosotros. Se ha observado que el cráneo de Homo (Pithecanthropus) erectus, aunque tiene un volumen bastante menor que el nuestro, muestra en su interior el “centro del lenguaje” ligeramente desarrollado, lo cual sugiere una cierta capacidad para entenderse con sus compañeros, y de esta forma se iniciarían los primeros avances sociales.

Tanto el Homo neanderthalensis, como el Homo sapiens, hicieron uso del fuego, enterraban a sus muertos y cazaron al rinoceronte lanudo, al oso de las cavernas, al mamut y a otros animales contemporáneos.

En conjunto, los acontecimientos del Pleistoceno, estuvieron poco influenciados por el desarrollo humano, debido a que, como eran cazadores y se alimentaban de la caza que podían capturar, su desarrollo estaba frenado continuamente por el peligro de morir de inanición. La situación debió ser parecida a la de Norteamérica o África, antes de la llegada del hombre blanco: tribus dispersas de cazadores, prácticas de religiones animistas y escasa supervivencia por la elevada mortalidad infantil y las frecuentes muertes (28), en un país a menudo rebosante de caza. Ejemplos de la abundancia de grandes mamíferos durante el Pleistoceno, nos lo proporcionan los yacimientos de esta época, que suelen ser ricos en Mamíferos fósiles, pero que casi nunca contienen restos humanos. En el yacimiento de alquitrán de Rancho La Brea en Los Ángeles (California), no sólo abundan los restos de elefantes y otros herbívoros, sino también del tigre con “dientes de sable”, que sin duda los cazaba, y de buitres que se alimentarían de sus carroñas: Teratornis, un buitre del Pleistoceno de Los Ángeles ha sido, sin duda, el ave voladora de mayor tamaño conocida.

PUENTES INTERCONTINENTALES E ISLAS EN EL CUATERNARIO

La fauna de Mamíferos de Eurasia y África, ha sido probablemente la más variada. Muchos Mamíferos pasaron a Norteamérica, atravesando el “Istmo de Behring”, cuando fue practicable durante el Pleistoceno, y algunos han penetrado por el Istmo de Panamá procedentes de Sudamérica. En cambio, Australia y otras islas, sólo han recibido penetraciones esporádicas de Mamíferos durante este período, dando como resultado, la aparición de faunas endémicas. El destino de los animales confinados en las islas, puede ser muy diverso, debido a múltiples factores. En Malta, por ejemplo, anteriormente unida a Sicilia por un istmo de tierra firme, y por intermedio de ésta con Europa, en ciertas cuevas se han encontrado fósiles de elefantes e hipopótamos enanos; sin duda sus antepasados eran de tamaño normal, pero fueron

disminuyendo de tamaño, posiblemente por escasez de alimento, cuando Malta quedó convertida en isla. En otras islas, sin embargo, el proceso ha sido contrario, llegando a originarse formas gigantes, por ejemplo, las “aves-elefante” del Cuaternario de Madagascar o las “Moas” de Nueva Zelanda, que llegaron a medir más de 4 m. de altura, extinguidas hace sólo unos siglos, y aún persisten las tortugas gigantes de las Islas de los Galápagos.

LA ÉPOCA RECIENTE

Con la última retirada de los hielos, el período pleistoceno deja paso a la época actual, aceptándose comúnmente para el comienzo de esta época, unos 9.000 años a. C. Así entramos en la época histórica cuando el hombre, liberado de las restricciones impuestas por la vida de cazador, empezó a labrar la tierra y a multiplicarse sobre la Tierra, hasta llegar al estado de civilización que ahora conocemos. En esta época, la Paleontología cede el paso a la Arqueología, y así termina el objeto de este libro.

Posiblemente sea este el momento oportuno para volver al principio y relatar la Historia de los descubrimientos de fósiles y de su interpretación. Los primeros hallazgos conocidos de fósiles, relacionados intencionalmente con el hombre, están asociados a restos muy antiguos de *Homo sapiens*; el “hombre de Cro-Magnon” (hace 10.000 a 30.000 años), coleccionaba, al parecer, cristales de ciertos minerales y fósiles de Ammonites. Los indios de las llanuras de Norteamérica, recogían fósiles que conservaban en bolsas especiales, usándolos como “medicina”; algunos, los perforaban y ensartaban, formando una especie de rosario de cuentas. Algunos huesos del Mamífero gigante del Oligoceno, *Brontotherium*, fueron hallados por los Pieleros Rojas que los atribuyeron a “caballos del trueno”, suponiendo que correspondían a ciertos animales que descendían a la Tierra con los truenos de las tormentas; precisamente, el nombre de *Brontotherium* (del griego bronte, trueno, y ther, animal), hace alusión a esta leyenda. Los nativos de Siberia, conocían hace ya mucho tiempo, los cuernos fósiles del ya extinguido Rinoceronte lanudo, denominándolos “grifos”, aludiendo a una supuesta asociación con el gran “pájaro grifo” de la mitología.

Sin duda, el hombre primitivo ignoraba lo que fuesen los fósiles, coleccionándolos simplemente por su especial atractivo. Aunque los griegos y los romanos, conocían la existencia de los fósiles, en la región mediterránea, y en ocasiones llegaron a identificarlos correctamente, no llegaron a darse cuenta, realmente, de su verdadero significado. Fue necesario llegar hasta Leonardo da Vinci, en el siglo XV, para encontrar las primeras interpretaciones correctas; este científico, no sólo comprendió que los fósiles hallados en las colinas del Norte de Italia, eran moluscos marinos, sino que también se dio cuenta de que debieron llegar hasta estos parajes, cuando el Mediterráneo cubría, en épocas pretéritas, lo que ahora era tierra firme, y fue entonces cuando empezó a surgir la verdadera Paleontología. También se dio cuenta de que los fósiles hallados en el Este de Europa, indicaban la existencia de un gran mar, del cual son restos el Mar Caspio, el

Mar Negro y los lagos de Hungría; ahora sabemos que estaba en lo cierto, y que se refería simplemente al área sarmatiense (véase la Figura 35). Incluso llegó a sugerir que el Mar Mediterráneo y el Mar Rojo, debieron estar unidos en otros tiempos, a través del Sinaí, como un barrunto del Tethys.

Leonardo da Vinci, naturalmente, se adelantó mucho a su época, por lo que se refiere al pensamiento científico, pero con el tiempo, sus ideas fueron poco a poco admitidas por todos los científicos, y las teorías que un día estuvieron en boga, de que los fósiles eran como minerales que se formaban en las rocas, fueron finalmente reemplazadas por el concepto de fósil, que hemos presentado en este libro.

Glosario de términos técnicos

AGNATOS. Clase de Peces carentes de mandíbulas, por ejemplo, la Lamprea.

ALGAS. Clase de vegetales, que incluye las “algas marinas”.

AMMONITES. Nombre con que corrientemente se designa a los Ammonoideos mesozoicos.

AMMONOIDEOS. Subclase de la Clase Cefalópodos, de concha tabicada, en los que la sutura de unión de los tabiques con la concha se presenta ondulada. Según el grado de complejidad de la sutura, se dividen en los tres Ordenes: Goniatites, Ceratites y Ammonites.

ARQUEOSAURIOS. Subclase de Reptiles, en su mayor parte extinguidos, que comprende los Ordenes: Dinosaurios, Cocodrilos. Pterosaurios, *etc.*

ARTRÓPODOS. Tipo de animales Invertebrados, que tienen esqueleto externo, articulado, formado por quitina; p. e}., los Insectos, los cangrejos, las arañas y los Trilobites.

BELEMNITES. Nombre dado a ciertos fósiles formados por calcita fibrosa, en forma de bala o dardo, que corresponde a parte del esqueleto interno de los Belemnoideos. También se da este nombre al animal completo.

BELEMNOIDEOS. Orden de la Clase Cefalópodos, que comprende animales parecidos a los calamares, con esqueleto interno, formado por “Belemnites”.

BENTOS, BENTONICO. El “Bentos” es el conjunto de seres vivos que habitan el fondo del mar; bentónico es todo lo referente al bentos.

BIVALVOS. Clase de Moluscos, también llamados Pelecípodos y Lamelibranquios, que se caracterizan por poseer dos conchas o “valvas” unidas por la charnela; p. ej., los mejillones, las ostras y las almejas.

BRAQUIOPODOS. Tipo de Invertebrados marinos, que también tienen dos “valvas” como los Pelecípodos, pero en posición dorsal y ventral, mientras que en los moluscos ocupan posición lateral (derecha e izquierda).

BRIOZOOS. Tipo de Invertebrados, que comprende pequeños animales coloniales y acuáticos (casi todos marinos), de aspecto “musgoso” (en griego, bryos, musgo). Generalmente tienen una envoltura calcárea que fosiliza.

CALCÁREO. Que está formado por carbonato cálcico (calcita o aragonito).

CALCICORDADOS. Tipo de animales, exclusivamente paleozoicos, que presentan afinidades con los Equinodermos y con los Cordados.

CEFALÓPODOS. Clase de Moluscos, marinos, con la cabeza rodeada de tentáculos. Entre los fósiles, se encuentran los Nautiloideos, los Ammonoideos y los Belemnites.

CELENTÉREOS. Tipo de animales Invertebrados, que incluye a las medusas y los corales, caracterizados por su estructura sencilla y simetría radiada.

CLASE. Una división sistemática de los seres vivos, incluida en el “Tipo” o “Filum”, p. ej., la Clase Mammalia (Mamíferos).

CORDADOS. Filum que incluye a los Vertebrados, caracterizado por la presencia de “cuerda dorsal” o notocordio.

CRINOIDES. Clase de Equinodermos con apariencia como de una planta, con un tallo, un cáliz esférico y brazos en la parte superior.

CROSOPTERIGIOS. Subclase de Peces óseos, caracterizado por presentar un lóbulo carnoso en la base de las aletas.

ESPECIE. Entre los seres vivos actuales, es el conjunto de individuos que normalmente son interfecundos; en Paleontología, conjunto de fósiles que muestran suficientes semejanzas entre sí, para poder darles el mismo nombre.

EQUINODERMOS. Tipo de Invertebrados, caracterizado por la simetría pentarradiada y esqueleto formado por placas calcáreas.

EQUINOIDEOS, EQUINIDOS. Clase de Equinodermos, caracterizada por el cuerpo esférico, cuyas placas forman un caparazón erizado de espinas.

FILUM. División sistemática de categoría superior: Cordados, Moluscos Artrópodos, etc., forman los filums Chordata, Mollusca, Arthropoda, etc.

FORAMINIFEROS. Organismos unicelulares, cuyos caparazones, calcáreos, son muy frecuentes

entre los microfósiles.

GASTERÓPODOS, Clase de Moluscos, generalmente con la concha arrollada en espiral, vulgarmente llamados caracoles.

GENERO. División sistemática que incluye varias especies afines, por lo general relacionadas evolutivamente.

GRAPTOLITOS. Tipo de organismos coloniales, extinguidos (paleozoicos), cuyo esqueleto formaba estructuras en forma de varilla dentada.

HOMEOMORFO, HOMOMORFO. Propiedad de los seres vivos o de sus fósiles, que muestran notable parecido en la forma, aunque no estén directamente relacionados entre sí; p. ej., el delfín y el ictiosaurio.

HOMOLOGO. Propiedad de los seres vivos o de sus fósiles, que por sus semejanzas acusadas, indica que poseen antecesores comunes; por ejemplo, la mano humana, la aleta de una foca y el ala de un murciélago.

MARSUPIALES. Mamíferos primitivos, cuyas crías completan su desarrollo en una bolsa que existe en el cuerpo de la hembra; p. ej., el canguro.

MOLUSCOS. Tipo de animales Invertebrados, actuales y fósiles, que se caracterizan por su cuerpo blando cubierto por una concha de carbonato cálcico; comprenden los Pelecípodos (Bivalvos), Gasterópodos y Cefalópodos.

MONOTREMAS. Subclase de Mamíferos primitivos que se reproducen por huevos; p. ej., el Ornitorrinco (*Platypus*).

NECTON. Conjunto de los seres vivos que nadan libremente en el agua; generalmente se trata de grandes animales, como los peces y los calamares.

ORDEN. Categoría sistemática en que se subdivide una Clase; p. ej., el Orden Primates (los Monos, los Póngidos y el hombre).

OSTRACODOS. Pequeños Crustáceos provistos de un caparazón bivalvo, parecido al de los verdaderos Bivalvos o Pelecípodos, apenas visibles a simple vista.

PELECÍPODOS. Clase de Moluscos, caracterizados por su concha formada por dos piezas, articuladas entre sí. También se llaman Lamelibranquios y sencillamente Bivalvos.

PIRITA. Mineral de color dorado, cuya composición es sulfuro de hierro, y suele cristalizar en cubos. Con cierta frecuencia se encuentra en los fósiles.

QUITINA. Sustancia de consistencia córnea, que forma el exoesqueleto de los Artrópodos. Es un

hidrato de carbono de estructura compleja.

RECIFAL. Sinónimo de “arrecifal”; referente a los arrecifes, que son formaciones rocosas construidas por los Corales y otros organismos marinos.

TIPO. Categoría sistemática superior de los seres vivos, equivalente a Filum, p. ej., Moluscos, Artrópodos, *etc.*

TRILOBITES. Clase del Tipo Artrópodos, exclusivamente paleozoicos, que se caracterizan por tener el cuerpo dividido en tres regiones (cefalón, tórax y pigidio), y en tres partes por dos surcos longitudinales.

VERTEBRADOS. Animales Cordados, provistos de columna vertebral; p. ej., los Peces, Reptiles, Mamíferos.

ZONA. División estratigráfica que comprende un cierto número de estratos, caracterizada por la presencia de un “fósil guía” o por un conjunto de fósiles, que no se encuentran por debajo ni por encima de ella.

Bibliografía fundamental

La bibliografía complementaria que puede recomendarse, en Paleontología, depende fundamentalmente de cuales sean las intenciones del lector. La mayor parte de la bibliografía está en inglés o en francés, pero actualmente, ya disponemos de una buena base de obras fundamentales en castellano, unas originales y otras traducidas, cuya lista daremos seguidamente.

Como obras de divulgación, sobre temas paleontológicos, especialmente sobre las vicisitudes del hallazgo de fósiles y cuestiones históricas, pueden verse las obras de R. moore, *Hombre, tiempo y fósiles*, las de H. wendt y la de A. senet, *El hombre a la busca de sus antepasados*, que se leen como una novela.

Si se trata simplemente de ampliar algunas cuestiones, como la evolución, el estudio de los Dinosaurios que siempre resulta apasionante, o cuestiones de índole general, pueden consultarse manuales (alguno ya traducido al castellano), como los de Colbert, Kurtén, Termier, y para ampliación del gran tema de la evolución con todas sus implicaciones, puede acudirse a la obra *La Evolución*, editada por la B.A.C., que reúne 30 artículos de diferentes especialistas.

Los lectores que conozcan suficientemente el Inglés, pueden acudir a las publicaciones del Museo Británico de Historia Natural; una obra muy interesante, aún para principiantes, es la del Prof. D. V. ager, *Paleoecology*, y para estudios más profundos, recomendamos la obra *Paleontología* (en dos volúmenes), del Prof. B. meléndez; la obra clásica del Profesor J. piveteau *Traite de Paléontologie* (en 7 tomos) y el *Treatise on Invertebrate Paleontology*, dirigida por R. C. moore,

que tendrá 27 volúmenes.

Para Vertebrados fósiles, deben consultarse las obras del Profesor A. S. romer, y en lo referente al hombre fósil, aunque la literatura es ya muy abundante, recomendamos especialmente las obras del Profesor crusafont, del Dr. E. aguirre, del P. bergounioux, del Prof. von koenigswald, *etc.*

En el campo más amplio de la Geología, que resulta inseparable de la Paleontología si ha de obtenerse una visión general de la Historia de la Tierra, recomendamos la obra Geología de los Prois. meléndez y fúster, que permitirá al lector tener una idea concisa sobre los procesos geológicos y sobre los acontecimientos que se han sucedido en el transcurso del tiempo, hasta llegar a la época actual; la génesis del carbón, del petróleo, de las rocas sedimentarias en general, son temas de gran importancia en Paleontología.

Cuando se trate de identificar fósiles recogidos en el campo, deben utilizarse publicaciones relativas a la región donde se esté trabajando, ya que las especies fósiles varían mucho de una localidad a otra, y las publicaciones generales no resultan útiles, excepto para ciertas especies que tienen una gran dispersión geográfica. Por lo general, cuanto más próxima esté la localidad donde se han recogido los fósiles, del sitio donde se encontraron los que aparezcan representados en los libros, mayores posibilidades habrá de identificarlos correctamente. Para las Islas Británicas, las publicaciones del Museo Británico de Historia Natural, sobre fósiles del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, son esenciales; en Francia, las Guías geológicas regionales.

OBRAS DE DIVULGACIÓN

cayeux, A. — Tres mil millones de años de vida. Enciclopedia Horizonte (Barcelona).

colbert, E. H. — El libro de los Dinosaurios. EUDEBA, (Buenos Aires).

furón, R. — La distribución de los seres vivos. Nva. Colección LABOR (Madrid).

kurtén, B.—Introducción a la Paleontología. El mundo de los Dinosaurios. Biblioteca para el hombre actual; Ed. Guadarrama (Madrid).

moore, Ruth. — Hombre, tiempo y fósiles. Ed. Labor (Madrid).

olivier, G. — El hombre y la evolución. Nva. Col. LABOR (Madrid).

piveteau, }. — De los primeros Vertebrados al hombre. Nva. Col. LABOR (Madrid).

termier, H. y G. — Trama geológica de la Historia Humana. Nva. Col. LABOR (Madrid).

senet, A. — El hombre a la busca de sus antepasados. Ed. Caralt (Barcelona).

wendt, H. — Antes del diluvio. La novela del mundo de los fósiles. Ed. Noguer (Barcelona).

— Tras las huellas de Adán. Ed. Noguer (Barcelona). Pequeña Biblioteca Daimón: Fósiles (Madrid, Barcelona). Bruguera — Libro color: Animales prehistóricos (Barcelona).

— El hombre fósil.

— La Arqueología.

OBRAS SOBRE EVOLUCIÓN Y SOBRE EL HOMBRE FÓSIL

aguirre, E. — El origen del hombre. Biblioteca Salvat de grandes temas

(Barcelona). bergounioux, F. — La Prehistoria y sus problemas. Taurus Ed. (Madrid).

— Origen y destino de la vida. Id., id.

burton, M. — Origen y Evolución de la vida animal. Ed. Daimón (Barcelona).

crusafont, meléndez, aguirre. — La evolución. B.A.C. (Madrid). (Segunda edición).

crusafont paio, M. — Evolución y Ascensión. Cuadernos Taurus (Madrid).

— Origen, evolución y singularidad del hombre. Cuadernos Taurus (Madrid).

koenigswald, G.H.R.v. — Los hombres prehistóricos. Ed. Omega (Barcelona).

leonardi, P. — La evolución biológica. Ed. FAX (Madrid).

templado, J. — Historia de las teorías evolucionistas. Ed. Alhambra, Exedra (Madrid).

PUBLICACIONES DEL MUSEO BRITÁNICO DE HISTORIA NATURAL

oakley, & Muir-Wood. — The Succession of Life through Geological time.

swinton. — Fossil Amphibians and Reptils.

le gros clark — History of the Primates.

swinton. — Fossil Birds. British Cenozoic Fossils. British Mesozoic Fossils. British Palaeozoic Fossils.

OBRAS FUNDAMENTALES DE PALEONTOLOGÍA Y GEOLOGÍA

ager, D. V. — Principles of Peleocology. — McGraw-Hill Book Co.

aubouin, brousse et lehman. — Précis de Géologie (2 vols.). Dunod (París).

dunbar, C. O. — Geología Histórica. Cia. Ed. Continental (México).

meléndez B. — Paleontología (2 tomos). Ed. Paraninfo (Madrid).

— Fichero de Paleontología Estratigráfica. Id., id.

meléndez B. y fúster, J. M. — Geología (3.a Ed.). Id., id.

R. C. moore (Ed.). — Treatise on Invertebrate Paleontology. (27 vols.). Geol. Soc. of America (New York).

piveteau, J. y colaboradores (7 tomos). — Traite de Paléontologie. Masson et Cié. Ed. (París).

romer, A. S. — Vertebrate Paleontology (3.a Ed.). Univ. of Chicago Press (Chicago y Londres).

romer, A. S. — Anatomía Comparada (Vertebrados). Ed. Interamericana (México).

stokes, W. L. — Historia de la Tierra. Ed. Aguilar (Madrid).

swinnerton, H. H. — Elementos de Paleontología. Ed. Omega (Barcelona).

termier, H. et G. — Paléontologie Stratigraphique. Masson et Cie Ed. (París).

woodford, A. O. — Geología Histórica. Ed. Omega. Cuides Géologiques régionaux, colección dirigida por ch. pomerol. — Ed. Masson et Cié., París.

OTRAS OBRAS SOBRE EL TEMA PUBLICADAS POR PARANINFO

astier. — Geofísica aplicada a la hidrología.

bayly. — Introducción a la petrología.

ducros y lajerowicz bonneteau. — Problemas de cristalografía.

griffiths y king. — Geofísica aplicada para ingenieros y geólogos.

guillemot. — Geología del petróleo.

kreiter. — Exploración y prospección geológica.

lozano calvo. — Introducción a la geofísica.

meléndez. — 60 modelos cristalográficos (15.a edición).

orellana. — Prospección geoeléctrica por campos variables.

— Prospección geoeléctrica en corriente continua.

paraninfo. — Mapa geológico de España y Portugal.

parasnis. — Geofísica minera.

— Principios de geofísica aplicada.

philips. — Introducción a la cristalografía.

rath. —> Cristalografía.

scott, J. — Paleontología.

suárez, M.a R. — Fundamentos de geología.

taton. — Topografía subterránea.

todd. — Hidrología. Agua subterránea.