

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS,  
FISICAS Y NATURALES

---

# Métodos y resultados de la investigación paleontológica

DISCURSO

leído en el acto de su recepción

por el

EXCMO. SR. D. BERMUDO MELENDEZ MELENDEZ

Y

CONTESTACION

del

EXCMO. SR. D. SALUSTIO ALVARADO FERNANDEZ

EL DIA 18 DE ENERO DE 1978



MADRID

Domicilio de la Academia:

VALVERDE, 22.- TELEFONO 221-25-29

1978

Depósito Legal: M-904-1978

---

alco, artes gráficas. Jaspe, 34. Madrid-26

**DISCURSO**

del

**EXCMO. SR. D. BERMUDO MELENDEZ MELENDEZ**

**TEMA**

**METODOS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACION  
PALEONTOLOGICA**

*Excmo. Sr. Presidente,  
Excmos. Señores,  
Señoras y Señores:*

Quiero que mis primeras palabras sean de sincero agradecimiento a todos mis Compañeros y Miembros de esta Academia, que han hecho posible mi acceso a este recinto del saber, designación que constituye el máximo anhelo de todo científico, por la extraordinaria calidad de quienes la forman y de los que han pertenecido a ella desde su fundación.

Estas mismas consideraciones, me abruma por el temor de no estar a vuestra altura, al pensar que posiblemente habeis sobrevalorado mis méritos, al designarme para ocupar este prestigioso sillón de la Academia, teniendo en cuenta, además, que vengo a sustituir en él a mi querido maestro, compañero y amigo, D. Francisco Hernández-Pacheco, que tan alto puso el nivel de la investigación geológica en nuestra Patria, sin olvidar la memoria de mi también querido maestro el insigne Académico D. Eduardo Hernández-Pacheco, a quien debo mi iniciación en la Paleontología, y el estímulo que para mí supone contar ahora entre mis compañeros en esta Academia, al que también ha sido mi maestro D. Salustio Alvarado.

Permitidme ahora, un breve recuerdo a mi antecesor, como muestra de homenaje y afecto a quien tantos años fue mi compañero en la Universidad.

Mi amistad con D. Francisco data de 1933, cuando estaba haciendo oposiciones a la Cátedra de Geografía Física que desde entonces regentó hasta su jubilación. Y fue él quien influyó decisivamente en mi vocación de geólogo, al acompañarle —era yo entonces estudiante de Ciencias Naturales— en una memorable excursión geológica por Levante y Andalucía, en la que, al darme cuenta por obra de sus acertadas explicaciones, del extraordinario interés de los problemas geológicos en nuestra Península, decidió mi suerte como geólogo.

Su labor docente se centró principalmente en su Cátedra, pero durante muchos años, simultaneó esta labor con su colaboración en la Cátedra de Geología de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y

Puertos, mientras estuvo recogida por el también miembro de esta Academia D. Clemente Sáenz García, de quien todos guardamos tan grata memoria.

Vinculado desde el año 1929 al Museo Nacional de Ciencias Naturales, y al Consejo Superior de Investigaciones Científicas desde su fundación, desempeñó en ambos numerosos cargos, siendo nombrado finalmente, Consejero del C.S.I.C. y Director del Museo y del Instituto "Lucas Mallada", cargos que mantuvo hasta su jubilación, y en los que tuve ocasión de colaborar con él. También, desde 1958, fue Vocal de la Comisión Nacional de Geología, representando al C.S.I.C.

Académico de la Real de Farmacia desde 1949, ingresó en la de Ciencias el 26 de marzo de 1958, leyendo un memorable discurso sobre "Evolución del relieve peninsular en relación con las Obras Públicas", que tiene especial significación en su vida académica, por cuanto una de sus actividades más señaladas fué su colaboración con el Servicio Geológico de Obras Públicas.

Sus campañas de estudio en las antiguas Provincias Africanas de Ifni, Sáhara, Fernando Poo y Río Muni, dieron lugar a numerosas publicaciones científicas y justificaron sobradamente su nombramiento, en 1944, de Miembro del Instituto de Estudios Africanos.

Autor de casi un centenar de trabajos científicos de su especialidad, publicados en prestigiosas Revistas Nacionales y Extranjeras, algunos de extraordinaria importancia y galardonados con premios —por tres veces lo fue por esta Academia, caso nada frecuente—, su prestigio científico le hizo acreedor de numerosas distinciones honoríficas por parte de Sociedades Científicas y Entidades Culturales Nacionales o Extranjeras, destacando entre ellas las de Comendador con Placa de la Orden de Africa y de la Orden de Cisneros, y Comendador de las Ordenes de Mehdauia de Marruecos y de Instrução Publica de Portugal.

Sus extraordinarias dotes de Profesor y su excepcional calidad humana, dejaron profunda huella en la memoria de todos los que nos honramos con haber sido, ante todo, sus amigos.

Descanse en paz.

## METODOS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACION PALEONTOLOGICA

Las investigaciones de la *Paleontología*, la Ciencia que estudia los fósiles, se encuentran entre las más sugestivas y las que más apasionan al investigador, porque le llevan a lo desconocido, le revelan circunstancias y hechos acaecidos en épocas pretéritas, que distan de nosotros millones de años, y porque la materia de estudio son precisamente los seres vivos antecesores de los actuales. No olvidemos que una parcela de esta ciencia es la *Paleantropología*, que investiga también nuestros orígenes y las vicisitudes por las que ha pasado el desarrollo de la humanidad durante la Era Cuaternaria, lo cual confiere a esta Ciencia un especial interés, como todo lo que se refiere a nuestra propia Historia.

La investigación paleontológica, tiene bastante de común con la llevada a cabo por un detective: como éste, investiga los hechos acaecidos en el pasado, y sigue estrictamente el método inductivo, basándose en unos principios que ya fueron establecidos por el gran Naturalista Georges CUVIER a principios del siglo XIX.

En primer lugar, el *actualismo biológico*, en virtud del cual, se acepta que los seres vivos han sido siempre como los que actualmente conocemos, con sus mismas necesidades y sometidos a las mismas leyes biológicas, con las mismas funciones fisiológicas, etc.

Por otra parte, CUVIER, profundo conocedor de la *Anatomía comparada* de los Vertebrados, utilizó sagazmente sus conocimientos y sus reglas, para estudiar y reconstruir los fósiles de Vertebrados, principalmente mamíferos, procedentes de las canteras de Montmartre, que identificó con los correspondientes de la fauna actual, describiéndolos minuciosamente en su obra monumental "Histoire des ossements fossiles", que consta de 5 tomos de gran formato.

Esta fue la base de sus grandes éxitos, que le dieron tanto prestigio entre sus contemporáneos cuando, por ejemplo, pudo pronosticar que había encontrado un *Marsupial*, análogo a la *Zarigüella* americana, entre

los componentes de la fauna fósil de Montmartre, animal completamente desconocido en Europa, pero que él reconoció por su estructura general y por su dentición, confirmándolo luego, ante la mirada atónita de sus discípulos, cuando el ejemplar, debidamente preparado, mostró los huesos epipubis en la cintura pelviana, que son los más característicos de los Marsupiales.

Pero CUVIER fue más allá en sus investigaciones, estableciendo el principio de la *Correlación Orgánica*, verdadera piedra de toque de la Paleontología, que permite restituir a un fósil las partes no fosilizadas y completarlo como si se tratase de algo ya conocido, aún en el caso de que nos encontremos ante animales extinguidos hace muchos millones de años y sin equivalente en la fauna actual, como pueden ser los Dinosaurios, y estudiar también su biología, su fisiología, su comportamiento, etc., como si fuese un animal contemporáneo.

Precisamente, una de las equivocaciones más notorias de CUVIER, fue la de interpretar los dientes de *Iguanodonte*, el primer Dinosaurio que se encontró en Inglaterra, como si fuesen molares de Rinoceronte, de estructura parecida por corresponder también a un animal herbívoro, al faltarle el punto adecuado de comparación. Y es que, en estos casos, no bastan los argumentos de la Anatomía comparada, que necesita un "patrón" en la fauna actual, para poder reconstruir el fósil, cosa que no existe para los Dinosaurios.

La *Correlación orgánica* va más allá de la simple comparación anatómica, ya que permite reconocer, pongamos por caso, en un *Ictiosaurio* a un Reptil marino, por su forma hidrodinámica y sus extremidades transformadas en aletas, por la correlación previamente establecida entre estos caracteres y la vida en el mar libre, tomando como punto de comparación la estructura de los tiburones y de los delfines actuales.

Y en virtud del mismo principio, podemos distinguir los Dinosaurios herbívoros de los carnívoros, por su dentición adaptada a estos regímenes tróficos, comparándola con la de los Mamíferos herbívoros y carnívoros actuales, aunque no tengamos puntos de comparación en los mismos Reptiles.

Finalmente, cuando al concepto estático de la Paleontología, tal como la concebía CUVIER, vino a sustituir, al cabo de medio siglo, un concepto dinámico, evolutivo, por obra de DARWIN, esta ciencia sufrió una profunda transformación, incorporando a sus investigaciones un nuevo vector temporal, que planteó sus deducciones en términos completamente distintos y mucho más ajustados a la realidad.

La posibilidad de predecir cómo van a ser los fósiles que aún no se han encontrado, dónde se encontrarán y en qué terrenos, o lo que es lo

mismo, en qué época de la Historia de la Tierra, que es hoy día algo perfectamente tangible, sólo se puede hacer mediante una aplicación adecuada de ambos principios de *Anatomía comparada y evolución*.

Hasta qué punto son ciertas las deducciones paleontológicas, basadas en los principios de la *Anatomía comparada* y de la *Correlación orgánica*, se ha podido comprobar cuando luego se han encontrado fósiles más completos que, por ejemplo, tenían partes o estructuras no conservadas en los primeros ejemplares estudiados, y que habían sido previstas en función de estos principios.

Los *Pterosaurios* o “Reptiles voladores”, se conocían ya en tiempos de CUVIER, y a la vista de sus extremidades anteriores modificadas, con un dedo desmesuradamente largo —como en los murciélagos—, pensó que se trataba de animales voladores, al estilo de los Quirópteros, pues aunque la estructura no es exactamente la misma, ya que en estos mamíferos todos los dedos de la mano son largos, y contribuyen a mantener extendida la membrana del ala, CUVIER comprendió que la función del único dedo alargado en los *Pterosaurios*, debía ser la misma: mantener extendida una membrana que les serviría para volar.

Esta suposición se vio posteriormente confirmada, cuando en las clizas litográficas del Jurásico superior de Solenhofen (Baviera), se encontraron ejemplares que conservaban la impresión de la membrana alar.

Por otra parte, el vuelo, como función fisiológica en los Vertebrados, tiene sus exigencias, especialmente la necesidad de un aporte de energía muy considerable y continuo, durante el tiempo que dure el vuelo, y hay que tener en cuenta, que en el Cretácico de Norteamérica, se han encontrado fósiles de *Pteranodontes* en depósitos marinos muy alejados de la costa, lo cual supone que estos Reptiles volaban como las gaviotas o los albatros. Desde un punto de vista fisiológico, esto no es posible en un animal de sangre fría, ectotérmico: actualmente, los Vertebrados que vuelan —Aves y Quirópteros— son endotérmicos, y parece lo más probable que, si los *Pterosaurios* realmente volaban con cierta autonomía en el vuelo, como parece demostrado por su estructura y por las condiciones de yacimiento de sus fósiles, también debían ser de sangre caliente.

Finalmente, un descubrimiento sensacional, tuvo lugar en 1970, en el Jurásico de Los Urales (1), de un fósil de *Pterosaurius* maravillosamente conservado, en el que son visibles los más mínimos detalles anatómicos del esqueleto, y que conserva también la impresión de la piel cubierta de unas excrecencias parecidas al pelo de los Mamíferos. La presencia de esta cubierta protectora de la piel, considerada como una coaptación a la endotermia, ha venido a demostrar, una vez más, que



las deducciones paleontológicas eran exactas, y ahora cabe preguntarse, si en estas condiciones, los *Pterosaurios* deben seguir considerándose como Reptiles, o si más bien, representan otra "Clase" de Vertebrados.

Otro caso análogo al anterior, que sirve también de "control" para la fiabilidad de las deducciones paleontológicas, nos lo proporcionan los llamados "fósiles vivos", nombre reservado a ciertos animales actuales que apenas han variado en el curso de su evolución, conservando caracteres y estructuras similares a las de sus remotos antecesores, cuando se han encontrado *a posteriori*, es decir, cuando sólo se conocían fósiles hasta entonces, y al poderlos estudiar *in vivo* se ha comprobado que eran precisamente como los paleontólogos habían supuesto, hasta en muchos detalles anatómicos de estructuras que no habían fosilizado.

El caso más célebre y más divulgado de las últimas décadas, ha sido el famoso *Coelacanto* del que se han pescado numerosos ejemplares en aguas de las Islas Comores, cuya morfología externa coincide exactamente con la que ya se conocía por los fósiles del Cretácico, que eran los últimos conocidos: cuerpo rechoncho con la cabeza achatada, aletas lobuladas en su base y cola "gefirocerca" con un lóbulo central y dos laterales.

El primer ejemplar de *Coelacanto* fue pescado accidentalmente en la desembocadura del Río Chalumna (Africa del Sur), en 1938, y llamó notablemente la atención a Miss Kourtenay Latimer, directora del Museo de East London, que comunicó el hallazgo al ictiólogo Prof. Smith, pero cuando pudo llegar a estudiarlo estaba en tan malas condiciones, que apenas pudo comprobar por su morfología que se trataba, efectivamente, de un *Coelacanto*. El segundo ejemplar fue pescado en 1952, en aguas de las Islas Comores, pero a pesar de que, en esta ocasión, el mismo Prof. Smith se desplazó en avión, cuando llegó a sus manos el ejemplar estaba otra vez en malas condiciones para permitir un estudio detallado. A raíz de este segundo descubrimiento, el Prof. J. Millot, que acababa de fundar el Instituto de Investigaciones Científicas de Madagascar, organizó una campaña metódica de búsqueda, que dio como resultado la captura de una veintena de ejemplares, que han sido estudiados en el Laboratorio de Anatomía Comparada del Museo de Historia Natural de París, con la colaboración del Prof. J. Anthony (2).

Lo más interesante ha sido el estudio de su anatomía interna, tanto del esqueleto como sus vísceras, cuando los ejemplares pudieron ser convenientemente disecados. Una vez preparado el esqueleto completo, lo cual ocupó dos años de trabajo, se pudo comprobar, en general, una confirmación sorprendente de las reconstrucciones anteriores, basadas sólo en los fósiles; por ejemplo, la ausencia total de los cuerpos verte-

brales (3), que están sustituidos por un tubo fibroelástico que recubre al notocordio y sirve de inserción a los arcos neurales y hemales de las vértebras; el cráneo está dividido, como ya se suponía, en dos partes, (como en los embriones de los Vertebrados), anterior y posterior, unidas mediante una articulación intracraneal que comprende ligamentos de unión y un enorme músculo sub-craneal, que se extiende desde la región ótica hasta el para-esfenoides. Esta articulación transversal del cráneo, ya se conocía en los fósiles, y se suponía que era funcional, lo cual se ha confirmado ahora, por la presencia del músculo sub-craneal.

El encéfalo es muy pequeño en relación con la enorme cavidad craneal, que en su mayor parte está ocupada por tejido adiposo, y tiene una estructura muy sencilla, "primitiva", tal como aparece en los primeros estadios del desarrollo embrionario de los Vertebrados y como se suponía que debió ser en los *Crossopterigios* paleozoicos antecesores de los vertebrados terrestres: en los *Coelacantos* apenas ha debido evolucionar, porque ha conservado esta estructura sencilla, especialmente en el telencéfalo, cuya parte dorsal no muestra señales de pliegues.

La estructura del corazón también es notablemente primitiva, como se encuentra en el embrión de los Vertebrados, con sus 5 cavidades simétricas, situadas una a continuación de otra.

Existe en *Latimeria* un enorme órgano cilíndrico en posición ventral, relleno por tejido adiposo y rodeado por una fina cubierta de tejido conjuntivo, que se une a la parte ventral del esófago mediante un pedúnculo músculo-membranoso; puede admitirse que debe ser un "pulmón degenerado", ya que tiene la posición y la conexión del supuesto pulmón funcional de los *Crossopterigios* paleozoicos (*Rhipidistios*). En este mismo sentido se había interpretado un órgano que se ha encontrado fosilizado en un Coelacántido cretácico, *Macropoma* (sin duda porque estaba parcialmente calcificado), lo cual se ha confirmado ahora completamente.

El esqueleto de las aletas, presenta en la base un conjunto de 5 piezas que forman un eje esquelético, con algunas piezas radiales vestigiales. Esta estructura se aleja considerablemente de la que era propia de los *Crossopterigios* *Rhipidistios* paleozoicos (en la que se pueden reconocer los elementos básicos del quiridio), lo cual era de esperar, por la adaptación progresiva de los *Coelacantos* a la vida en el mar. En cambio, la cintura escapular está completamente liberada de su articulación con el cráneo, al contrario que en todos los demás peces (incluidos los *Rhipidistios*), y en posición análoga a la que tiene en los Tetrápodos, lo cual es un carácter decididamente progresivo.

En definitiva, que el Coelacanto, *Latimeria chalumnae*, ha resultado ser tanto en su morfología como en su anatomía interna, en algunos casos hasta detalles insospechados, tal como los paleontólogos habían pronosticado que debían haber sido estos peces, cuando aún se conocían sólo fósiles, y su estudio nos ha confirmado la existencia, en los Crossopterigios paleozoicos, de una serie de estructuras anatómicas, previstas en estos peces, como antecesores que fueron de los Vertebrados aéreos.

Con qué precisión se pueden hacer las reconstrucciones paleontológicas, se pone de manifiesto al haber podido llegar a describir con detalle un animal totalmente desconocido, sin equivalente en la fauna actual, del que sólo se tenían restos muy fragmentarios y parciales.

Nos referimos a los *Conodontocordados*, descubiertos hace cinco años, en el Carbonífero de Norteamérica, animales pisciformes desprovistos de esqueleto, de los que sólo se han conservado ciertas piezas microscópicas.

Desde mediados del siglo pasado, se conocían unos microfósiles exclusivamente paleozoicos, en forma de “dientes”, de “peine” o de “sierra”, a los que se dio el nombre convencional de *Conodontos*, y cuya interpretación ha sido, desde entonces, motivo de acaloradas controversias entre los paleontólogos.

Estos microfósiles, por otra parte, han sido minuciosamente estudiados, en las últimas décadas, debido a que han resultado ser muy importantes para estudiar la estratigrafía detallada del Paleozoico, y son especialmente útiles para el estudio de sondeos en las prospecciones petrolíferas. Se han llegado a establecer más de 2.000 “especies” de estos microfósiles, agrupadas en 150 “géneros” convencionales.

Desde luego, por su forma peculiar que no concuerda con el esqueleto de ningún organismo conocido, se aceptaba unánimemente que no eran organismos “autónomos” sino que debían ser partes constituyentes de algún animal desconocido, al que provisionalmente se dio el nombre de “Conodontofórido”, es decir, “portador de Conodontos”.

En diversas ocasiones se pretendieron identificar con mandíbulas de *Gusanos Anélidos* y con dientes de la rádula de *Gasterópodos* o *Cefalópodos*, pero el hecho de que estuviesen formados por fosfato cálcico, hizo pensar que más bien serían restos de algún *Cordado* primitivo, y se había intentado identificarlos —sin mayor éxito— con partes esqueléticas de *Peces Acanthódidos* o con dientes de la “lengua” de *Agnatos* como la lamprea.

Se llegó incluso a una situación casi conflictiva, entre los paleontólogos que se ocupaban del estudio de Invertebrados y de Vertebrados, pues mientras los primeros aseguraban que no podían ser restos de In-

vertebrados, los otros argüían lo mismo respecto de los Vertebrados.

De todas formas, del estudio morfológico de los *Conodontos*, de su estructura, composición química y de sus condiciones de yacimiento, se habían llegado a establecer una serie de características básicas, teóricas, del animal al que podían pertenecer estos microfósiles.

a) El animal en cuestión debería ser un *Metazoo* con simetría bilateral, por cuanto los *Conodontos* se encuentran por pares, derecho e izquierdo.

b) El organismo al que perteneciesen, debía estar íntegramente formado por tejidos orgánicos blandos, difícilmente fosilizables ya que los únicos restos que de él han quedado son los discutidos *Conodontos*.

c) Los *Conodontos* tienen estructura laminar y se han desarrollado creciendo de dentro hacia afuera; algunos aparecen rotos y reconstruidos, nunca desgastados, lo cual indica que no eran “dientes” en sentido estricto, y que debían estar recubiertos por un epitelio.

d) Debe tratarse de un *Deuterostomo*, toda vez que estos microfósiles están formados por fosfato cálcico, que nunca aparece asociado a los *Protostomos*, por lo que probablemente se trataría de un *Cordado*.

e) Los *Conodontos* se encuentran asociados, formando conjuntos definidos en los que intervienen distintos tipos —siempre los mismos y por pares—, cuya presencia simultánea debe tener un significado biológico concreto: probablemente se trataría de un órgano “filtrante”, destinado a retener las partículas orgánicas aportadas por la corriente de agua, que formarían el alimento del animal, como precisamente ocurre en muchos *Cordados* actuales.

f) El animal, en cuestión, debía ser marino y pelágico o planctónico, porque los *Conodontos* se encuentran siempre asociados a sedimentos marinos y aparecen unidos a una gran variedad de rocas sedimentarias, por lo que no parece que estuviesen ligados a un ambiente bentónico definido; es decir, que serían animales de vida libre y de gran movilidad, por lo cual lo más probable es que su cuerpo fuese alargado, hidrodinámico, provisto al menos de una aleta caudal, para poder nadar libremente.

g) Teniendo en cuenta que los *Conodontos* se encuentran fósiles, desde el Cámbrico superior hasta el Triásico, no era probable que se tratase de restos de auténticos peces, ya que estos no aparecen fósiles hasta el Silúrico, por lo que debía descartarse la hipótesis —sugerida por algún paleontólogo— de que fuesen partes esqueléticas de los arcos branquiales de peces, y sólo quedaba la posibilidad de que fuese un *Cordado* primitivo.

De esta forma, después de haber ido excluyendo sucesivas hipótesis, se había llegado a la conclusión de que, el animal desconocido, era marino, de vida libre y activa, con el cuerpo fusiforme provisto de una aleta caudal, micrófago, provisto de un sistema filtrante para retener las partículas alimenticias y, además, tenía que ser un *Cordado*, cuyas únicas partes duras fosilizables, serían los *Conodontos*. Este animal era puramente hipotético, porque ningún *Cordado* actual, incluido el *Anfioxus* (que sería lo más parecido), responde a estas características.

Así las cosas, por fin en 1973, se descubrieron los animales completos, portadores de *Conodontos*, que se han conservado fósiles como impresiones carbonosas sobre las calizas de grano muy fino, en el Carbonífero inferior de Montana (U.S.A.), (4). El animal en cuestión, ha resultado ser como ya estaba predicho: tiene forma alargada, de unos 7 cm. de largo, con una extremidad anterior donde se abre la boca, y otra posterior con aleta caudal; carece de segmentación y se asemeja a un *Anfioxus* de cuerpo más grueso y redondeado en vez de aguzado en sus extremos. Pero lo más interesante de este hallazgo, es que el animal cumple todas las condiciones previstas, y en su interior se han encontrado asociaciones de *Conodontos* que ya se conocían con anterioridad y a las que incluso se les había dado nombres, de tal forma que, los fósiles ahora encontrados, no sólo son como estaba previsto, sino que hasta tenían ya nombre dado *a priori*, pudiendo considerarse este hallazgo, con toda razón, como uno de los casos más notables, en que las predicciones paleontológicas se han cumplido al pie de la letra, en estos animales que ahora se llaman *Conodontocordados*, cuyo descubrimiento ha sido, sin duda, uno de los mayores éxitos de la Paleontología.

De todas formas, el problema de los *Conodontos* no se ha resuelto en su totalidad, porque ciertos tipos de estos fósiles, como los *Distacódidos* y *Belodóntidos*, que sólo tienen una cúspide, no se han encontrado asociados con otros tipos de *Conodontos*, y su interpretación sigue siendo un enigma.

En Paleontología, como en otras ciencias, no se debe ser triunfalista, porque con frecuencia, cuando se ha conseguido resolver un problema, surge otro, con él relacionado, cuya solución se escapa al investigador, que muchas veces tiene que volver a iniciar su trabajo.

## Paleofisiología de los Dinosaurios

Sin duda alguna, todo lo que se refiere al estudio de los Dinosaurios, reviste el mayor interés, por tratarse de unos animales tan espec-

taculares que, además, fueron los que predominaron en las faunas continentales, durante unos 150 millones de años, es decir, aproximadamente el doble del tiempo transcurrido desde la aparición de los primeros Mamíferos placentados.

Entre los diversos aspectos relacionados con la fisiología de los Dinosaurios, probablemente el que reviste mayor interés y ha suscitado mayores controversias, es el de la regulación térmica de su medio interno, es decir, el de su posible *homotermia*, por lo menos en un cierto grado.

La regulación de la temperatura interna en los Reptiles actuales, reviste una gran importancia, porque al no poseer un mecanismo fisiológico adecuado, como en los Mamíferos o en las Aves, su temperatura depende directamente de la ambiental. Cuando ésta desciende, aproximándose a los 0° C., su actividad disminuye considerablemente, volviendo al ritmo normal cuando la temperatura se eleva de nuevo; existe un nivel térmico óptimo, pasado el cual, los Reptiles acusan igualmente el exceso de temperatura y no lo pueden soportar cuando sobrepasa los 40° C. Esta falta de regulación térmica interna, la suplen con un comportamiento complejo frente a los cambios de temperatura; normalmente buscan refugio bajo tierra, a la sombra, en los huecos entre las rocas o en el agua.

Estos efectos son más sensibles en los climas en los que la fluctuación de temperatura es más acusada entre el verano y el invierno, donde pasan por un período de vida amortiguada en invierno (hibernación), o en verano (estivación), o entre el día y la noche, en las regiones desérticas, y los acusan más los Reptiles pequeños que los de mayor tamaño, en los que la masa actúa como amortiguador de los cambios de temperatura, al menos en la fluctuación diaria. Por ejemplo, un pequeño lagarto se calienta rápidamente al sol y se enfría enseguida a la sombra, por lo que su temperatura fluctúa constantemente, y esto afecta profundamente a su metabolismo y a su comportamiento. En cambio, un gran cocodrilo, se calienta lentamente al sol, porque su gran masa necesita más tiempo para elevar su temperatura al mismo nivel que el lagarto, y también se enfría mucho más lentamente, resultando que la temperatura del cocodrilo fluctúa mucho más lentamente, y su metabolismo se mantiene a un nivel más uniforme que el del lagarto.

Cabe suponer que los Dinosaurios tenían un comportamiento análogo al de los Reptiles actuales, y que tampoco disponían de un sistema regulador de la temperatura, en cuyo caso, su enorme masa, en comparación con la de los actuales, obraría como amortiguador ante los cambios de temperatura ambiental.

Tomando como base las experiencias realizadas en reptiles actuales, resulta que, un lagarto que pese medio kg., a pleno sol, aumenta su temperatura 1°C., en menos de un minuto y un cocodrilo que pese 30 kg., necesita 7 minutos para obtener el mismo resultado, en igualdad de condiciones. Extrapolando los resultados obtenidos, para los Dinosaurios, se llega a la conclusión de que un Brontosauo de 30 Tm., precisaría de dos a tres horas, para rebajar o elevar un grado su temperatura, resultando que mantendría su temperatura a nivel más uniforme que los Reptiles actuales, en igualdad de circunstancias. Además, es posible que los Dinosaurios se refugiasen en el agua, aparte de otras razones; también para buscar un ambiente que actuase como amortiguador de los cambios de temperatura, algo parecido a lo que ocurre actualmente con los cocodrilos que, por su gran masa, no podrían resistir temperaturas extremas fuera del agua.

Otro aspecto del problema, sugerido por COLBERT, de la tolerancia a los cambios de temperatura en los Dinosaurios, se refiere a que los lagartos actuales, evitan un excesivo calentamiento levantando el cuerpo, de forma que los rayos solares no incidan perpendicularmente sobre sus flancos o sobre el dorso, procurando que incidan lo más paralelos al cuerpo que sea posible; tal vez los Dinosaurios bípedos utilizarían esta misma técnica, que sería especialmente efectiva en los grandes *Carnosaurios* y *Hadrosaurios*, sugiriendo que tal vez por estas circunstancias, los Dinosaurios, gracias a su gigantismo, tuvieron tanto éxito durante muchos millones de años.

Sin embargo, no todos los paleontólogos están de acuerdo con estas deducciones, y llegan a la conclusión de que, los Dinosaurios, debieron disponer de algún mecanismo de regulación térmica interna, que amortiguase los efectos de las variaciones térmicas ambientales.

Partiendo de los mismos datos anteriormente consignados, resulta que, si la temperatura de un Dinosaurio descendía por debajo del umbral de actividad, necesitaría permanecer durante 2 ó 3 horas al sol, por cada grado que hubiese descendido su temperatura durante la noche, lo cual quiere decir, que tendría que emplear la mayor parte del día en calentarse. Aún así, el gradiente de temperatura entre la piel y su medio interno, sería muy considerable, y el torrente sanguíneo no sería capaz de rebajar este gradiente térmico en un tiempo razonable, por lo que parece muy improbable que un Dinosaurio de 30 Tm., pudiera conseguir una temperatura óptima uniforme, sólo mediante su exposición al sol.

En otro orden de ideas, la energía que debería gastar un Dinosaurio, especialmente los carnívoros que debieron ser los más activos, sería

enorme, y en estas condiciones, tendría que reposar inactivo, durante gran parte de su vida, hasta un porcentaje que resulta demasiado elevado para poder aceptarlo.

Por otra parte, también se han encontrado restos de Dinosaurios fósiles en paleolatitudes que, en el Cretácico, estaban próximas al círculo polar ártico de aquella época y, por lo tanto, demasiado frías para que pudiesen vivir Reptiles, a no ser que tuviesen un cierto grado de regulación térmica (5).

Independientemente de los argumentos anteriores, RICOLES, un especialista en paleohistología ósea, en un trabajo reciente (6), hace notar que la estructura de los huesos de los Dinosaurios se parece mucho a la de los Mamíferos y se diferencia netamente de la de los Reptiles ectotérmicos, interpretando esta circunstancia en el sentido de un metabolismo más activo en los Dinosaurios, que podría ser indicio de endotermia.

Las diferencias histológicas que encontramos entre los huesos de los grandes Mamíferos y Reptiles actuales, están relacionados con el ritmo de desarrollo individual, pues mientras los Mamíferos se desarrollan en unos pocos años, que suponen una pequeña parte de su vida, los Cocodrilos y Tortugas necesitan casi toda su vida para alcanzar el desarrollo completo. Estas diferencias son la consecuencia de los diferentes ritmos fisiológicos en los animales endotermos y exotermos. En los Reptiles, la zona periférica de los huesos largos, presenta una estructura compacta con acusadas marcas de un desarrollo cíclico, mientras que en los Mamíferos, el crecimiento en grosor del hueso es continuo, y presenta un gran desarrollo de los conductos de Havers. De los estudios llevados a cabo por RICOLES, se deduce que la estructura de los huesos largos en los *Therápsidos*, en los *Dinosaurios* y en los *Pterosaurios*, es equivalente a la de los Mamíferos, mientras que la correspondiente a los *Cotilosaurios*, *Pelicosaurios* y *Squamata*, es equivalente a la de los Cocodrilos y Quelonios.

Otro tipo de argumentos, con base paleoecológica, ha sido expuesto por BAKKER (7), al estudiar la ecología y dinámica de las poblaciones de Dinosaurios. La relación depredadores/presas en las comunidades de Reptiles actuales, difiere significativamente de la que corresponde a los Mamíferos, en función de las diferentes necesidades energéticas en los animales exo-y endotérmicos. El mayor lagarto actual, el Dragón de Komodo (*Varanus komodensis*), consume su propio peso en presas cada 60 días; en cambio, un Guepardo, necesita consumir una cantidad de carne, equivalente a su peso en sólo 10 días; en el León, este tiempo se reduce a 8 días, y en los Cánidos es menor de una semana. Es decir, que



los animales homotermos necesitan unas 10 veces más comida de la consumida por un animal poiquilotermo.

De aquí deduce, que una comunidad de animales endotérmicos, soporta un reducido número de carnívoros para que permanezca estable, es decir, sin aniquilar a los Mamíferos herbívoros. En cambio, en una comunidad de Reptiles ectotérmicos, puede existir un número mayor de carnívoros, sin que descienda peligrosamente la población, por ser menores sus necesidades alimenticias.

Pues bien, BAKKER demuestra que en las comunidades fósiles de Reptiles del Pérmico medio, existían muchos más depredadores que en las comunidades de Mamíferos, como las del Oligoceno y Mioceno, lo cual parece indicar que se trata de animales ectotérmicos; en cambio las comunidades de Dinosaurios del Jurásico y del Cretácico, arrojan una relación depredador/presa similar a la de los Mamíferos, lo cual puede interpretarse en el sentido de que eran comunidades de animales endotérmicos.

En resumen, parece que hay más argumentos en favor de la homotermia de los Dinosaurios que en contra. Resulta muy significativo el resultado del estudio de la estructura de los huesos, sobre todo, por tratarse de un argumento objetivo —dentro de lo que cabe—, pues todas las demás consideraciones adolecen de una cierta subjetividad. También es muy importante el argumento paleoecológico esgrimido por BAKKER, sobre los cambios sufridos en su estructura, por las comunidades de Dinosaurios durante el Mesozoico.

Sin embargo, la homotermia en los Dinosaurios no debió llegar a ser tan perfecta como en las Aves o en los Mamíferos, porque no disponían del aislamiento térmico que supone la presencia de plumas o pelo, como puede comprobarse, gracias a que en las momias de Hadrosaurios, se ha conservado fosilizada la piel, que aparece completamente desnuda, como en los Reptiles actuales. Tal vez poseían un panículo adiposo, debajo de la piel, como los Cretáceos o como los Sirenios, que funcionaba como aislante térmico, aunque sobre este punto, hasta ahora, no tenemos ningún indicio en los fósiles.

## La extinción de los Dinosaurios

La desaparición de los Dinosaurios, al final del Cretácico, debe considerarse en el marco general del proceso de extinción de los grupos biológicos, tanto de Invertebrados como de Vertebrados, aunque en el caso de los Dinosaurios resulta más espectacular, por tratarse de unos animales tan llamativos por sus características y por su tamaño colosal.

Si nos limitamos a los Vertebrados, los *Ostracodermos* se extinguieron en el Devónico, los *Placodermos* en el Carbonífero inferior, los *Estepocéfalos* en el Triásico, los *Plesiosaurios*, *Ichthyosaurios* y *Mosasaurios*, durante el Cretácico, y lo mismo ocurrió con los *Pterosaurios*; durante el Terciario, los *Titanotéridos* norteamericanos se extinguen en el Oligoceno, los *Astrapoterios* sudamericanos en el Mioceno, los *Litopternos* en el Pleistoceno, y ahora están a punto de extinguirse los *Proboscídeos*, los *Rinocerontes* y las *Jirafas*.

La extinción brusca, aparente, de los Dinosaurios, es en gran parte un efecto de la perspectiva temporal que, en una época distante 70 millones de años, nos hace que aparezcan como muy próximos, los acontecimientos que pudieron acaecer a lo largo de algunos millones de años.

Estadísticamente se puede comprobar, que cualquier grupo biológico recorre en su desarrollo evolutivo tres etapas sucesivas de *tipogénesis*, *tipostasis* y *tipolisis*, que para los Dinosaurios corresponden cronológicamente al Triásico, al Jurásico-Cretácico y al Cretácico. Además, en realidad, los Dinosaurios no se extinguieron todos “de golpe”, como a veces se ha pretendido, sino en etapas sucesivas, de la misma forma que acontece en otros grupos biológicos, aunque quizás en menos tiempo.

De una manera general, la extinción se produce cuando un grupo biológico ha alcanzado una excesiva especialización y está demasiado comprometido con un determinado ambiente; en estas condiciones, un ligero cambio ambiental, que muchas veces puede pasar desapercibido en el registro geológico, es la causa inmediata de la extinción del grupo, que ya no es capaz de adaptarse a las nuevas condiciones ecológicas impuestas.

Por otra parte, en esta última etapa de su evolución, los grupos biológicos presentan características especiales, anómalas, que preludian su extinción, y están numéricamente muy reducidos, siendo un hecho comprobado, que cuando las poblaciones descienden de un número crítico de individuos, están irremisiblemente condenadas a la extinción.

En efecto, los Dinosaurios presentan, al final del Cretácico, fenómenos de gigantismo muy acusados y notables hipertelias y distelias, que se suelen considerar como antecedentes a la extinción del grupo. Además, en las últimas etapas del Cretácico, los Dinosaurios son mucho más escasos que en épocas anteriores.

Una de las causas que siempre se ha invocado como causante de la extinción de los Dinosaurios, han sido los cambios ambientales acaecidos al final del Cretácico. La razón de estos cambios ambientales, hay que buscarla en las fases orogénicas “alpina” en Eurasia y “larámica” en Norteamérica, que ocasionaron un profundo cambio geográfico y

climático en las regiones afectadas; principalmente, la transformación de las regiones bajas y pantanosas en desérticas, áridas y montañosas, impropias para la vida de los Dinosaurios. Al mismo tiempo, el clima uniforme, tropical, del Mesozoico, va siendo sustituido por otro más variado, en que se van marcando diferencias estacionales, con una época fría invernal y una zonación climática cada vez más acentuada.

En estas condiciones, una pequeña variación de la temperatura media anual o estacional, un descenso en la humedad atmosférica, que pudo ser consecuencia de variaciones en la nubosidad media; si al mismo tiempo tuvo lugar una reducción de las zonas pantanosas, pudo ser fatal para animales de vida anfibia, de gran tamaño, que normalmente se refugiaban en el agua para amortiguar estos cambios ambientales, que al final del Cretácico parece que se fueron acentuando.

Otra causa aducida con frecuencia, puede haber sido los cambios de la vegetación. SWAIN (8), llama la atención sobre el hecho de que la desaparición de los Dinosaurios coincide a grandes rasgos, con el desarrollo de las Angiospermas, en el Cretácico superior, y puesto que la mayoría de los Dinosaurios gigantes se alimentaban de vegetales, es posible que el cambio de la vegetación tuviese en ellos efectos fisiológicos nocivos, pues se calcula que uno de estos animales consumiría por término medio unos 200 kg. de vegetales por día.

En la evolución de los vegetales, aparecen sustancias químicas que les sirven de protección, al disuadir de su consumo a los animales herbívoros, por su sabor desagradable o por sus efectos fisiológicos nocivos: estos compuestos son, principalmente, los *taninos* y los *alcaloides* que aparecen en las Angiospermas.

Los *taninos condensados* se encuentran ya en las Criptógamas y en las Gimnospermas; en cambio, los *taninos hidrolizables*, que son los más activos, sólo aparecen en las Angiospermas Dicotiledóneas, precisamente en el Cretácico. Estos compuestos, tienen sabor astringente, inhiben la actividad encimática y, tomados con exceso, causan lesiones hepáticas.

Los alcaloides que existen en los Licopodios y en las Gimnospermas, son muy distintos de los *alcaloides aromáticos* que son exclusivos de las Angiospermas; estos son de sabor amargo y muy tóxicos, causando efectos nocivos en el sistema nervioso, en la reproducción y sobre los factores hereditarios.

De esta forma, el desarrollo de las Angiospermas supone la incorporación de estos compuestos a la dieta de los Dinosaurios herbívoros, y como los Reptiles son menos sensibles que los Mamíferos a la acción de estos "venenos", es decir, que precisan concentraciones mucho mayores para acusar sus efectos y dejar de alimentarse de las plantas que los con-

tienen, bien pudo ocurrir que, con el cambio de la flora, los Dinosaurios ingiriesen cantidades letales de estos compuestos, que les ocasionaron lesiones orgánicas, especialmente relacionadas con las funciones reproductoras, antes de que provocasen en ellos la acción disuasoria necesaria para dejar de alimentarse de estas plantas. SWAIN piensa que estas lesiones orgánicas podrían acusarse en el desarrollo anormal de la glándula pituitaria y en el excesivo espesor de la cáscara de los huevos, comprobada en los fósiles, que podría haber impedido su eclosión.

*La competencia de los Mamíferos.*— También se ha sugerido la posibilidad de que, el desarrollo de los Mamíferos haya contribuido de alguna forma a la extinción de los Dinosaurios, pero no es fácil comprobar esta hipótesis con argumentos paleontológicos, toda vez que los Mamíferos son muy escasos en el Cretácico, y sólo cuando desaparecieron los Dinosaurios, ya en el Paleoceno, se desarrollan en gran escala, mediante una amplia radiación evolutiva, hasta llegar a adueñarse de la Tierra.

Son muy escasas las secuencias estratigráficas en las que exista continuidad en la sedimentación continental desde el Cretácico al Paleoceno, y por ello, no es fácil aclarar el problema de la sustitución de los Dinosaurios por los Mamíferos.

Una de estas secuencias, donde puede apreciarse el tránsito Cretácico-Paleoceno sin indicios de interrupciones en la sedimentación continental, la encontramos en algunas localidades del Oeste de Norteamérica. En los estratos de la parte inferior de la serie hay restos indiscutibles de Dinosaurios y de otros Reptiles cretácicos; luego aparece una zona de unos 7 m. de potencia carente de fósiles y por encima encontramos numerosos y variados fósiles de Mamíferos cenozoicos, sin que, en ningún momento, se encuentren asociados Dinosaurios con Mamíferos. En otras localidades de edad geológica algo anterior, por ejemplo, en el Desierto de Gobi (en Mongolia), encontramos una fauna muy compleja de Dinosaurios y algunos restos de Mamíferos, realmente escasos y muy pequeños (Multituberculados e Insectívoros primitivos), que no parecen haber competido eficazmente con los Dinosaurios.

También se ha pensado que los Mamíferos cretácicos se habrían alimentado a base de huevos de los Dinosaurios; es muy posible que, efectivamente, así ocurriese, de la misma forma que otros Reptiles e incluso Dinosaurios más pequeños se comían los huevos de los mayores, pero no parece probable que esto llevase a la extinción de los Dinosaurios. También ahora los huevos de las tortugas o de los cocodrilos, son buscados y comidos por numerosos animales, a pesar de lo cual las poblaciones de estos Reptiles no acusan una notable regresión. Es posible que todo esto controlase de alguna forma el desarrollo de las poblaciones de

los Dinosaurios, como ocurre actualmente con los cocodrilos, pero no es verosímil que contribuyese a su extinción.

En opinión de LAPPARENT, una consecuencia necesaria del aumento de tamaño de los Dinosaurios, fue su reducción en número. Hay una ley general, según la cual la densidad de población es más baja cuanto mayores son los animales, lo cual no se opone a que puedan existir rebaños con numerosos individuos, como ocurre con los elefantes o los hipopótamos. Los Dinosaurios no habrían escapado a esta ley y esto les hizo más sensibles a las consecuencias del aislamiento geográfico, porque sólo los vastos biotopos muy monótonos, permitirían a estos grandes animales formar rebaños bastante numerosos, para escapar a los efectos perniciosos de la consanguinidad, y probablemente esto ocurrió al disminuir las extensiones pantanosas, precisamente al final del Cretácico. Este proceso pudo ser fatal para los Dinosaurios, mientras que no tendría efectos sensibles en los Mamíferos y en los reptiles de menor tamaño, incluso en los cocodrilos, habitantes de los ríos.

Indudablemente, la extinción de los Dinosaurios es un fenómeno complejo, que no se puede explicar sólo por una causa determinada. La persistencia o la extinción de un grupo biológico es consecuencia de su equilibrio con el medio ambiente o de su ruptura en un momento determinado y, precisamente, el tránsito del Cretácico al Paleoceno fue una época de crisis y de ruptura del equilibrio biótico que había persistido durante el Mesozoico. Por eso, la extinción de los Dinosaurios y de otros grupos Reptiles, hay que comprenderla en el marco de esta transformación ambiental y biótica en la que, indudablemente, influyeron de alguna forma todas las causas anteriormente aducidas, y posiblemente otras que se nos escapan al no haber quedado registradas en los fósiles.

### **Paleoicnología (9)**

Esta parcela de la Paleontología, investiga las huellas dejadas por los animales, cuando caminan sobre terrenos blandos, que se pueden conservar fosilizadas en la superficie de los estratos. En muchos casos, estas huellas son los únicos indicios que han quedado de la existencia del animal que las originó, cuando las condiciones no son adecuadas para la conservación de restos esqueléticos fósiles, lo cual suele ocurrir, precisamente, en los ambientes donde mejor se conservan las huellas: regiones desérticas, terrenos desecados, playas, márgenes de lagunas, etc.

La simple comparación con las huellas dejadas por animales actuales, permite identificar las que encontremos fosilizadas, más o menos,

como un cazador reconoce al animal que persigue, por las huellas de su paso. Pero el caso más interesante, se nos presenta cuando se trata de animales desconocidos, de una época geológica en la que aún no existían animales como los actuales; entonces, mediante una serie de deducciones, basadas en criterios previamente establecidos, se pueden deducir las características del animal que originó las huellas, llegando incluso a establecer algo así como un “retrato robot” del mismo, que posteriormente puede permitirnos su identificación. El método no deja de ser parecido al que se sigue, para identificar a un delincuente por las huellas que ha dejado.

Entre los distintos criterios que pueden utilizarse, en esta interpretación de huellas, cuando se trata de Vertebrados, que suele ser el caso de mayor interés, podemos señalar los siguientes:

*Criterio osteológico.*— En la mayoría de los casos, se puede determinar fácilmente el número de dedos de la extremidad apoyada al caminar y, cuando los sedimentos son suficientemente finos, se puede determinar también la *fórmula falangeal* (10), ya que con frecuencia se aprecia la articulación digito-metapodial y los lóbulos correspondientes a cada falange; en algunos casos, se puede percibir la marca de los pliegues cutáneos articulares de las falanges, que aparecen desdobladas en las especies con dedos flexibles. Este método permite, por ejemplo, distinguir la huella de un Mamífero de la de un Reptil, pues la fórmula falangeal en los primeros es 2-3-3-3-3, mientras que en los reptiles, el número de falanges es mayor.

*Criterio dermatológico.*— Para poder apreciar las marcas dejadas por la piel, es necesario que los sedimentos que conservan las huellas, sean suficientemente finos, y en tal caso, se puede diferenciar la pisada de un Anfibio, de piel lisa o con papilas, de la de un Reptil cubierta de escamas, que dejan su impronta especialmente en los bordes de la huella; en los Mamíferos se puede apreciar la presencia de pelo en los bordes de la pisada o de la marca dejada por la cola, unas veces hirsuto y otras veces suave y liso; en las Aves pueden quedar huellas de las plumas, que se diferencian claramente de las dejadas por el pelo de los Mamíferos.

*Criterio miológico* (11).— Es un criterio que nos proporciona la *Anatomía funcional comparada*; a base del examen de la huella dejada por el autópodo en el suelo, deducimos si se trata de un animal digitígrado, plantígrado o semiplantígrado, así como el número de dedos que apoya al andar, al correr o al saltar. Con esta base, un estudio miológico comparado, puede darnos la clave para determinar la naturaleza y la posición anatómica de numerosos tendones o músculos del zeugópodo.

También se puede analizar el grado de separación o de aproximación de los distintos dedos, tanto en la marcha como en reposo, y la reducción de los dedos o su funcionalidad: la *entaxonia*, *mesaxonia*, *paraxonia* o *ectaxonia* (12) en las extremidades, en sus diversos grados, al apoyar en el suelo, respectivamente, los dedos: I (ó I-II), III(ó II-III-IV), III-IV y V (ó IV-V), de donde pueden resultar interesantes estimaciones sobre su grado de evolución, como ocurre, por ejemplo, en el caso de la evolución de los Equidos o de los Rumiantes durante el Terciario, acentuándose progresivamente la *mesaxonia* (en los Equidos) y la *paraxonia* (en los Rumiantes).

*Criterio cinematático.*— En cierto modo, es complementario del anterior, y se basa en el estudio de la disposición relativa de las huellas dejadas por las extremidades anteriores y posteriores, derechas e izquierdas: pies *varus* o *valgus* (13), según que se orienten hacia dentro o hacia fuera, *supinación* o *pronación*, tamaño de las huellas y tamaño relativo de las correspondientes a las extremidades anteriores y posteriores, posición alternante o pareadas, anchura de la pista (separación de las huellas derecha e izquierda), posible presencia de una huella central dejada por la cola; deduciéndose de todo ello la forma de progresión en la marcha, trote o galope, salto, paso de la semicuadrupedia al bipedialismo, posición de reposo, etc.

Este comportamiento, está en relación con las posibilidades corporales del animal: naturaleza y longitud del tronco, anchura de las cinturas pelviana y escapular, longitud relativa de las extremidades anteriores y posteriores; todo lo cual nos proporciona criterios válidos para apreciar su equilibrio global, su corpulencia, su vivacidad, etc.

*Criterio etológico* (14).— Está claro que el criterio cinematático proporciona datos de gran utilidad, sobre el comportamiento de los animales que detectamos por sus huellas, por lo que nos revela de sus reacciones, de su vivacidad, de sus titubeos, vacilaciones y movimientos bruscos durante la marcha, o de su posición de reposo, comportamiento que contrasta claramente, en los Mamíferos de sangre caliente, cuando se los compara con los Reptiles de sangre fría, pudiendo llegarse a ciertas conclusiones de tipo *neurológico*, *psicológico* y *angeiológico* (15), que nos permiten perfilar aún más las características del animal en cuestión: complejidad del cerebro, reacciones “reflejas”, homotermia, etc.

En otro orden de ideas, del estudio de la pistas asociadas a otras del mismo o de distinto tipo, se pueden obtener datos sobre la Bionomía de los animales: si se trata de individuos solitarios o si estamos en presen-

cia de un grupo numeroso, un “rebaño”, y de la composición del grupo; si todos los animales son adultos o si forman parte del grupo también animales jóvenes, que compartían con ellos la vida en común, existiendo tal vez un cierto aprendizaje.

El estudio de las huellas dejadas por los Dinosaurios, nos ha proporcionado una amplia información sobre su comportamiento; por ejemplo, aunque está demostrado que los grandes Saurópodos podían caminar fuera del agua, la mayoría de las veces lo hacían en aguas someras, ya que si no aparece la huella dejada por su larga cola, era debido, seguramente, a que flotaba en el agua. El análisis de las huellas dejadas por un “rebaño” de Saurópodos, demuestra que estaba formado por unos 20 individuos, en su mayoría adultos, a los que se unía un cierto número de “crías”, que parcialmente flotaban en el agua.

La asociación de pistas de animales distintos, puede tener un significado trófico: el cazador y su presa, animales carnívoros depredadores, junto a herbívoros de los que se alimentaban. Tal es el caso de las huellas de Dinosaurios, descubiertas cerca de Glen-Rose (Texas), actualmente expuestas en el Museo de Historia Natural de Nueva York, donde a las enormes pisadas “como pozos” de un *Brontosaurio*, se asocian, superponiéndose parcialmente, las tridáctilas de un gran Carnosaurio, probablemente un *Allosauro*, que sin duda le persiguió hasta darle caza. Este hallazgo vino a zanjar la cuestión, muy debatida, sobre si los grandes Carnosaurios atacaban a los Saurópodos, o si se limitaban a cazar otros Dinosaurios herbívoros de menor tamaño, principalmente Ornítópodos.

En escala más reducida, la asociación de huellas de pequeños cuadrúpedos que se superponen a otras pistas de Insectos, indican que se trata de animales insectívoros. Con frecuencia, el lugar de la comida se pone de manifiesto por las huellas del animal cazador en posición de reposo.

Uno de los casos más interesantes de investigaciones paleoicnológicas, corresponde a la realizada por el Dr. Paul ELLENBERGER de la Universidad de Montpellier (16), en las series terminales del Karroo de Sudáfrica (17), que corresponden al Triásico superior, pues ponen de manifiesto la presencia de Vertebrados superiores evolucionados, con formas numerosas e inesperadas, de los que apenas han quedado restos fósiles.

La formación de Karroo es famosa por los fósiles de “Reptiles mamíferoides”, que han permitido establecer con suficiente detalle, el paso evolutivo de Reptiles a Mamíferos. Por esta razón, el descubrimiento del Dr. ELLENBERGER tiene mayor significación, porque nos revela la existencia de una fauna complementaria de la ya conocida, muy nume-



rosa, sólo perceptible por las huellas. Comprende esta fauna, además de Cocodrilos y Dinosaurios (Ornitópodos, Saurópodos precoces, Therópodos), pequeños “Reptiles aviformes”, de los que luego hablaremos, y unos 60 tipos diferentes de pequeños y medianos “cuadrúpedos con porte de Mamíferos”, algunos ciertamente cubiertos de pelo.

### Los Reptiles mamiferoides

En total, el Dr. Ellenberger ha identificado una docena de grupos, de estos “mamiferoides”, a los que ha dado provisionalmente nombres convencionales, de acuerdo con las características de sus huellas:

*Dipodíscidos*, saltadores “a piés juntos”, con larga cola peluda;

*Eopenta* y *Eotetrapodíscidos*, corredores con 5 y 4 dedos, de fórmula falangeal 2-3-3-3-3, provistos de uñas y cola gruesa, peluda, carnívoros?;

*Aristopentapodíscidos*, semiplantígrados, caminan con el póllex levantado;

*Acropentapodíscidos*, de fórmula falangeal 2-3-3-3-3, con el póllex aparentemente oponible, como en los Primates, arborícolas?;

*Myopentapodíscidos*, con extremidades anteriores análogas a las de los topos, posiblemente “cavícolas”;

*Molapentapodíscidos*, saltadores, entomófagos, de cola velluda;

*Francipentapodíscidos*, con tendencia al bipendialismo, tienen el 5º dedo reducido que no apoyan en el suelo al andar;

*Nanopodíscidos*, cuadrúpedos minúsculos, con 4 dedos que presentan una cierta paraxonia;

*Embrithopentapodíscidos*, con tendencia al bipedialismo, huellas amplias como las que corresponderían a un Embrítópodo;

*Paraeopentapodíscidos*, con 5 dedos cortos y redondeados, semidigitígrados.

En resumen, la época que corresponde al Triásico superior en Sud-Africa, se nos ha revelado mucho más rica en pequeños y medianos “cuadrúpedos mamiferoides”, conocidos por sus huellas, de lo que podría pensarse por los raros hallazgos osteológicos realizados hasta ahora, aunque en esta época, ya se conocían los primeros fósiles de auténticos Mamíferos: *Docodontos*, *Triconodontos* y *Symetrodontos*.

Estos pequeños animales de los que algunos no eran mayores que una musaraña, son mucho más insignificantes que sus actecesores, los

Reptiles *Therápsidos* del Pérmico, animales en general corpulentos, que son los que han dado al Karroo, la justa reputación de que goza como conjunto de yacimientos fosilíferos.

En el Triásico medio-superior, y a pesar del progresivo dominio de los Dinosaurios, que ya se advierte en esta época, nos encontramos ante un despliegue evolutivo, auténtica explosión demográfica, de pequeños y medianos “para” o “proto-Mamíferos”. Tenemos pruebas formales, deducidas de la interpretación Paleocnológica, de las numerosas adaptaciones que ya exhibían, tanto en la vida normal como en su defensa o en la búsqueda y captura del alimento, en sus actitudes, en sus costumbres, llevando unos una vida comparable a la de los *ratones*, otros como las *ardillas*, como los *gerbos*, las *musarañas* o los *topos*, otros como pequeños carnívoros *Mustélidos*; algunos capaces de “coger” con las manos, gracias a la presencia de un pulgar que parece oponible a los otros dedos.

Un reducido número de estos “Mamiferoides”, mantiene la competencia con los Reptiles contemporáneos, mediante un ponderado aumento de tamaño (nunca llegan a ser mayores que un gato), y una mayor eficacia en la coordinación de los centros nerviosos; pero la mayoría, progresan precisamente, por su pequeño tamaño, que les permite pasar desapercibidos, en espera de su oportunidad, a finales del Cretácico, para desarrollarse cuando se produce la decadencia general de los Reptiles.

Por otra parte, la presencia de una fauna “mamiferoide” tan diferenciada, en el Triásico superior, nos hace pensar que el origen de los Mamíferos es, en realidad, mucho más complejo, y posiblemente más antiguo, de lo que suele pensarse habitualmente.

### Los Reptiles Proto-avianos

Junto a las huellas “Mamiferoides”, en los niveles superiores del Karroo, ha encontrado el Dr. ELLENBERGER (18), otras huellas de tipo “aviforme”, que presentan tres dedos hacia delante y un cuarto dirigido atrás (el *hállux*); los hallazgos de huesos son escasos y dispersos, y en algunos casos, los huesos están neummatizados, como en las Aves.

Por estas razones, ELLENBERGER ha dado, a los animales que originaron tales pistas, el nombre de “Proto-avianos”, dividiéndolos en tres grupos, que se diferencian por los caracteres que se pueden deducir de sus huellas:

*Lacunavianos*, procedentes de los niveles inferiores de la formación Stormberg, son al parecer, pequeños animales bípedos, con tres dedos filiformes en las patas y un cuarto dedo oponible; es probable que se

trate de animales arborícolas, que vivían en los bosques de helechos que crecían sobre las regiones pantanosas. Estos animales minúsculos, del tamaño de un “pájaro mosca”, poseían una cola delgada y caminaban a saltos sobre sus patas juntas, pero no volaban.

*Limnavianos*, contrastan vivamente con los anteriores y vienen a sustituirlos en el Keuper medio. Son bípedos de talla mediana a bastante grande, que ya no vivían al borde de las marismas (inexistentes en esta época), sino sobre islotes de los ríos o lagunas residuales, rodeadas por la estepas de loess rojo que invadieron esta región de Gondwana al final de Triásico. Sus patas tridáctiles con una membrana interdigital y hállex reducido, indican animales buenos nadadores; poseen metatarsianos muy largos, sobre los que se erguían para atravesar las zonas cubiertas de aguas someras, al mismo tiempo que les permitían “agacharse” para comer los pequeños animales pescados en la orilla de la laguna. Sus extremidades anteriores se extendían a ambos lados y han dejado sus huellas imprecisas, bastantes lejos de sus pisadas; la cola, delgada, sólo eventualmente tocaba en el suelo. Por sus adaptaciones ecológicas, estos animales recuerdan a las Aves que pueblan los bancos fluviales, pero no parece que pudiesen volar, y más bien representarían una línea evolutiva sin salida, ya demasiado especializada.

*Carnavianos*, más directamente relacionados con las Aves que los anteriores, habitan en las charcas desecadas con barro rojo, en medio del ambiente estepario que predominaba al final del Triásico. Presentan un hallux oponible en las patas, propio de los animales arborícolas, con los otros tres dedos musculosos y flexibles, provistos de faneras en su parte inferior, como en las Aves trepadoras; poseen garras ganchudas y membrana interdigital. Los miembros anteriores, parece que estaban provistos de un verdadero “abanico”, posiblemente de plumas, tal vez destinado a batir el aire durante su carrera hacia el agua, y se notan las marcas de una larga cola, distalmente trilobada, aparentemente con plumas.

Estos animales bípedos, cuyas patas debían ser como las de las Aves, dan la impresión de haber llegado tan lejos, en su evolución hacia estos Vertebrados, que incluso parece que tenían plumas, a juzgar por las marcas dejadas junto a sus pisadas. Por ello, ELLENBERGER, en una comunicación presentada en 1974 (18), proponía para designarlos los nombres de *Eopteryx* y *Eoornis*, cuando aún eran una pura conjetura, basándose sólo en las características de sus huellas.

Pues bien, casi al mismo tiempo, se descubría en el Triásico de la Sierra de Prades (provincia de Tarragona), un fósil que vino a demostrar lo acertado de las deducciones del Dr. ELLENBERGER (19), basadas exclusivamente en los principios de la interpretación paleoicnológica.

Se trata de un pequeño Reptil, de 15 cm. de largo, en el que destaca una cabeza completamente "aviforme"; no sólo en su aspecto, con un auténtico "pico" cónico y órbitas muy grandes en posición lateral, sino en su estructura, pero ambas mandíbulas poseen numerosos dientes, aunque el extremo de los maxilares debía estar guarnecido por un pico fuerte y puntiagudo. Las extremidades anteriores, más cortas que las posteriores, tienen 5 dedos terminados en garras; la estructura de la cintura pelviana demuestra que se trata de un animal corredor, y las extremidades posteriores, también provistas de garras, tienen los metatarsianos largos y poseen un 5º dedo reducido. La cola es fina y está acompañada de estrías laterales, que posiblemente representan plumas en vías de desarrollo.

En comparación con los *Archaeopteryx* del Jurásico superior, que eran más bien animales pesados con huesos macizos, este nuevo reptil, al que se ha dado el nombre de *Cosesaurus aviceps* (20), se nos presenta como un pequeño "Protoaviano" de huesos finos y ligeros, probablemente neumatizados, del tamaño de un pájaro, con pico, bípedo, que tenía dientes y una larga cola con plumas incipientes, que a pesar de sus apariencias arcaicas, parece estar más próximo a las Aves que las *Arqueornitas* del Jurásico, por su estructura más ligera y claramente "aviforme": comparado con los Protoavianos del Keuper y, a pesar de su edad Geológica más antigua (*Cosesaurus* procede del Muschelkalk, mientras los Portavianos del Karroo son del Keuper), encaja bien dentro de los *Carnavianos*, de los que podría ser un precursor.

Ocurre a veces en Paleontología, que un hallazgo casual, afortunado, viene a resolver o, por lo menos, a plantear bajo un nuevo enfoque, una cuestión que, hasta entonces, no estaba suficientemente aclarada; y este ha sido el caso de nuestro pequeño Reptil *Cosesaurus*.

El origen evolutivo de las Aves a partir de los Reptiles, era algo definitivamente establecido, gracias a un par de documentos excepcionales que constituyen los *Archaeopteryx* del célebre yacimiento de Solenhofen en Baviera, pero había un punto en el que los paleontólogos no estaban de acuerdo: no era seguro que estas Aves primitivas, probablemente trepadoras, fuesen las antecesoras de las Aves del Cretácico, que ya se nos presentan completamente diferenciadas en diversos órdenes, con netos caracteres de Aves modernas.

La existencia de estos Reptiles "Protoavianos" en el Triásico, confirmada por el hallazgo de *Cosesaurus*, plantea ahora el origen de las Aves en términos algo distintos de los anteriormente aceptados: estos Vertebrados pueden haber surgido a partir de los Reptiles Pseudosquios, en el Triásico, como consecuencia del desarrollo en varias líneas evolutivas, y las *Arqueornitas* pueden representar sólo una de estas lí-

neas, extinguida al final del Jurásico, sin relación directa con las Aves modernas, que posiblemente derivarán de otras formas más próximas a los “Aviformes” del Triásico.

## Paleontología y evolución

Cuando DARWIN propuso su teoría de la evolución de los seres vivos, a mediados del pasado siglo (21), utilizó argumentos de muy diversa índole, poniendo especial cuidado en los paleontológicos, pues hasta entonces se pensaba, siguiendo las ideas de CUVIER, que el estudio de los fósiles proporcionaba argumentos contrarios a la hipótesis evolucionista que había sido propugnada por LAMARCK.

DARWIN comprendió inmediatamente, que si la evolución era una realidad, tenía que haber dejado sus huellas en los fósiles, en el transcurso de los tiempos geológicos, y se las arregló para poner de manifiesto cómo los escasos conocimientos paleontológicos que entonces se tenían, eran favorables a su hipótesis, y que todos encajaban perfectamente en una concepción evolutiva de los seres vivos, proponiendo sus famosos “missing links”, *eslabones perdidos* que no se habían conservado fósiles —o que no habían sido hallados hasta entonces—, allí donde los argumentos de la morfología y anatomía comparadas, hacían prever su existencia.

Desde entonces, la Paleontología ha recorrido un camino muy largo y fructífero; se han realizado numerosos e importantísimos descubrimientos —muchos de ellos han materializado de alguna forma los “eslabones” previstos por DARWIN—, y en otras ocasiones se han obtenido nuevas interpretaciones de algunos fósiles ya conocidos, aplicando nuevas técnicas de investigación y, en definitiva, en muchas parcelas de la Paleontología (cuando los fósiles son abundantes), se ha logrado reconstruir algo así como un complejo “puzle” en el que van encajando una a una las nuevas piezas, a medida que se descubren nuevos fósiles, completando el cuadro evolutivo del conjunto, que termina por adoptar la forma de un gran “árbol filogenético” sucesivamente ramificado hacia arriba, desde los tiempos más remotos hasta la época actual.

Se ha dicho, con acierto, que la Paleontología nos ha suministrado la documentación que precisaba la teoría de la evolución biológica y, efectivamente, los sucesivos hallazgos de fósiles, no han hecho más que confirmar plenamente las suposiciones o hipótesis previamente establecidas a base de los datos suministrados por la Anatomía comparada, por la Embriología, por la Genética, etc., y en muchas ocasiones, nos ha permitido conocer etapas o aspectos insospechados de esa evolución, cuando nos ha revelado la existencia de grupos biológicos totalmente

extinguidos que, sin embargo jugaron un papel decisivo en la evolución de otros grupos, como por ejemplo, los *Ambulátiles* o Reptiles “mami-feroides”, que en el Triásico sirvieron de transición entre los Reptiles y los Mamíferos.

Además, tan real se nos presenta el proceso evolutivo, que puede afirmarse con toda propiedad, que cada nuevo fósil hallado tenía ya su sitio previsto en el gran árbol filogenético a que antes nos referíamos, y cuando se conoce con suficiente detalle la evolución de un determinado grupo biológico, cuando se han llegado a establecer las leyes que ha seguido el proceso evolutivo, es posible por un método análogo al de interpolación en una serie, de la que se conocen previamente algunos términos, predecir con gran exactitud cómo será el término fósil que falta; y en algunos casos incluso es posible extrapolar nuevos términos estableciendo los caracteres que debían tener sus antecesores. Por un método análogo, se puede deducir la edad geológica de esos fósiles teóricos que aún no se han encontrado, y hasta el lugar aproximado donde deben buscarse. Y cuando estas predicciones están bien fundadas, acaban por convertirse en realidad, si se buscan con perseverancia y en la forma adecuada.

Un descubrimiento que, en su día, causó enorme sensación, fue el de los primeros Mamíferos Placentados en el Cretácico de Mongolia, como consecuencia de las ideas teóricas del paleontólogo norteamericano W.D. WATTHEW.

Hacia el año 1920, habida cuenta de los conocimientos suficientemente detallados, que ya se tenían de los Placentados fósiles del Eoceno, llegó a ser perfectamente posible esbozar cómo sería uno de estos animales a finales del Mesozoico, aunque hasta entonces eran desconocidos. Serían de pequeño tamaño, como sus antecesores los *Pantoterios* del Jurásico, con patas cortas provistas de uñas, semiplantígrados, habitantes del bosque y en cierto grado arborícolas; el cerebro debía ser sencillo, con grandes lóbulos olfativos y liso; sin embargo, el cráneo sería proporcionalmente grande, con larga región facial y grandes ojos, sin la barra postorbital. La dentición debía ser completa, con tres incisivos, un canino, cuatro premolares y tres molares, típica de los Placentados pero estructuralmente análoga a la de los *Pantoterios* con molares inferiores tribosfénicos y los superiores triangulares; su régimen sería esencialmente insectívoro aunque probablemente comerían también gusanos, ciertas partes blandas de los vegetales, frutos y tubérculos.

Estos animales, puramente hipotéticos en aquella época, fueron encontrados en el Cretácico superior del Desierto de Gobi, en Mongolia, por las expediciones organizadas por el Museo de Historia Natural de

Nueva York (de 1922 a 1929), precisamente donde MATTHEW había indicado que debían encontrarse, como consecuencia de sus deducciones teóricas (22). Y los fósiles encontrados, eran exactamente como se había previsto.

Las primeras expediciones norteamericanas, dirigidas por el Dr. R. Ch. ANDREWS, director del American Museum of Natural History y por el Dr. GRANGER, después de grandes penalidades, hallaron en total 8 ejemplares incompletos de cráneos de Mamíferos, que permitieron reconstruir los de *Deltatheridium* y *Zalambdalestes* (un Insectívoro primitivo), en la localidad de Baïn-Dzak, (Shabarak Usu), en pleno desierto de Gobi; posteriormente se han realizado otras expediciones rusas (1946-49) y, sobre todo, las expediciones polaco-mongolas (1963-65), que son las que han tenido mayor éxito (23). Dirigidas por la Dra. Mme. Z. KIELAN-JAWOROWSKA, han conseguido encontrar en la localidad de Dalan-Zadgad, al oeste de Baïn-Dzak, además de numerosos Dinosaurios, hasta 25 ejemplares de Mamíferos Multituberculados y Placentados, con tres géneros nuevos de estos últimos, que vienen a confirmar los hallazgos norteamericanos.

La correspondencia entre el “grado de evolución” observable en un fósil, y su edad geológica es tan real, que resulta perfectamente posible determinar la edad geológica de un fósil que se encuentre por primera vez, aunque no esté asociado con otros fósiles ya conocidos, sólo por sus características, que le sitúan en un lugar preciso dentro de la serie evolutiva a la que pertenece. Citaremos, por vía de ejemplo, que STEHLIN, ya en 1916, a la vista de una especie entonces desconocida de *Pseudoloris*, procedente de un yacimiento, cuya edad no pudo ser determinada, opinaba que debía pertenecer, por sus caracteres evolutivos, al Eoceno superior (Bartoniense-Ludiense); pues bien, años más tarde, en 1939, el mismo paleontólogo dió a conocer el hallazgo de la misma especie en el Ludiense inferior de Euzet-les-Bains.

Y la recíproca también es cierta: los fósiles de una edad geológica determinada, en un grupo biológico concreto, *tienen que tener* una estructura que se puede conocer *a priori* con gran precisión al estar condicionada por su grado de especialización evolutiva.

Así, por ejemplo, los estudios del mismo paleontólogo STEHLIN, sobre las extremidades de los Artiodáctilos, le habían llevado a admitir que, análogamente a lo que ocurre en los *Oreodóntidos* norteamericanos, al menos una parte de las formas del Oligoceno europeo, debían poseer una extremidad anterior pentadáctila, aunque hasta entonces, sólo se habían descrito cuatro dedos en las extremidades de estos mamíferos. Este paleontólogo emprendió investigaciones en este sentido, y tu-

vo éxito al descubrir la existencia de un pulgar más o menos desarrollado en las extremidades de *Brachyodus borbonicus*, *Ancodon velaunus*, *Anthracotherium magnum*, *Propalaeocherus elaverensis*, así como en los *Cainotherium*; este dedo había sido anteriormente mal interpretado o no se había encontrado todavía en los fósiles estudiados que eran incompletos.

El gran éxito de la Paleontología ha sido, sin duda alguna, el estudio de los Vertebrados fósiles y de su secuencia en los tiempos geológicos. Estos animales se prestan muy bien a estos estudios, por tener un esqueleto fosilizable y muy característico, que refleja con todo detalle su anatomía y sus funciones biológicas; además, la mayoría de sus huesos, aisladamente, son suficientemente característicos para poder reconocer al animal completo, lo cual facilita enormemente la labor del Paleontólogo.

Salvando las etapas iniciales de su evolución, acaecida probablemente en el Paleozoico inferior, cuya documentación es muy escasa, sin duda a causa de que su esqueleto debía ser cartilaginoso y no ha fosilizado, a partir del Devónico, con los primeros Peces Crossopterigios, se puede decir que su evolución se ha realizado ante nuestra vista y ha quedado suficientemente documentada como para poder atestiguar su realidad.

Ya a finales del Devónico, aparecen los primeros Anfibios, como resultado de la adaptación al medio continental de ciertos Crossopterigios *Rhipidistios*; luego en el Carbonífero, tiene lugar la conquista definitiva de los continentes por los Reptiles, cuyos primeros representantes son prácticamente iguales a los Anfibios *Antrocosaurios*, pero sus huevos disponen de abundante vitelo nutritivo para que el embrión pueda desarrollarse por completo y está cubierto por una membrana amniótica que le permite respirar el aire atmosférico desde el primer momento.

A partir de este punto, se produce una notable bifurcación evolutiva, que ya se acusa en los Reptiles del Pérmico: los *Saurópsidos* darán lugar a la amplia radiación reptiliana del Mesozoico y a las Aves, mientras que los *Therópsidos* o *Ambulátiles* darán origen a los Mamíferos.

El paso evolutivo de Reptiles a Mamíferos supuso una profunda transformación de muchas estructuras en el cráneo, en la dentición y en las extremidades, además de un cambio fisiológico radical, para la adquisición de la homotermia, que es lo que les ha permitido la conquista de medios ecológicos vedados a los Reptiles.

Esta transformación se realiza durante el Triásico, en un grupo especial de Reptiles llamados por esta circunstancia "Mamiferoides", en los que sucesivamente van diferenciándose las estructuras características de los Mamíferos: formación del arco cigomático y del paladar secundario,



diferenciación de la dentición en incisivos, caninos y “molares”, estructura de la región occipital del cráneo y articulación mediante un doble cóndilo con la columna vertebral, aumento de la capacidad craneal con desarrollo correlativo de los hemisferios cerebrales; estructuras correlacionadas con la homotermia (piel cubierta de pelo, posición vertical de las extremidades), etc. Todas estas estructuras van apareciendo independientemente en distintos grupos de Reptiles mamiferoides, y se advierte su coincidencia en determinados grupos, que son los estructuralmente más avanzados.

Sin embargo, quedaba una estructura clave, que marcaba una notable discontinuidad, para la que hasta hace poco no se tenía una solución adecuada: la articulación de la mandíbula con el cráneo que, en los Reptiles incluidos los “mamiferoides” hasta entonces conocidos, se realizaba mediante los huesos *articular* (de la mandíbula) y *cuadrado* (de la base del cráneo), mientras que en los Mamíferos existe otra articulación, entre el hueso *dentario* (que forma la mandíbula) y el *escamoso* del cráneo, quedando liberados los dos huesos *articular* y *cuadrado*, que pasan a formar parte de la cadena de huesecillos que sirven para la transmisión del sonido en el oído medio, transformados en *martillo* y *yunque*. Esto último estaba bien establecido por el estudio del desarrollo embrionario, pero el paso evolutivo de una a otra estructura, había llegado a ser considerado como “imposible”, por algunos anatomistas de fama como VIALLETON.

A pesar de todo, los paleontólogos, ante la realidad tangible de las estructuras observadas en los fósiles de los Reptiles mamiferoides evolucionados, los *Ictidosaurios*, estaban convencidos del paso evolutivo entre unos y otros, y para salvar la discontinuidad aludida, y evitar que por la desaparición de la articulación reptiliana (*articular-cuadrado*), estos animales no pudiesen masticar, habían llegado a pensar que la articulación mamiferoide (*dentario-escamoso*) debía haber aparecido en el curso de la evolución antes de que se incorporasen a la función auditiva los huesos *articular* (*martillo*) y *cuadrado* (*yunque*), seguidos del *estribo* (*columelar* de los Reptiles).

No faltaron, en este caso, quienes hicieron ver la dificultad funcional de una tal estructura, con doble articulación de la mandíbula, y quienes aducían la improbabilidad de que una estructura tan peculiar y de tanta precisión, se hubiese llegado a originar por evolución “al azar”.

Sin embargo, una vez más, esta predicción paleontológica se ha cumplido; posiblemente no fue tan “azarosa” como se había pretendido, ya que era “necesaria” para la aparición de los Mamíferos, y el hecho es que, en los últimos años, se ha encontrado en el Triásico superior de

Sudáfrica, un cráneo fósil de *Ictidosaurio*, en el que coexisten ambas articulaciones, y al que por esta circunstancia, su descubridor el Dr. CROMPTON, ha dado el nombre de *Diarthrognathus* (24). Ambas articulaciones están situadas una junto a otra al mismo nivel y son enteramente funcionales, de suerte que la mandíbula no llegó a estar en ningún momento incapacitada para funcionar —cosa que VIALLETON consiraba inevitable— ya que la nueva estructura apareció antes de que llegase a ser indispensable, es decir, antes de que los huesecillos *articular* y *cuadrado* se incorporasen a la función auditiva, como habían supuesto los paleontólogos. Es más, precisamente, tal cosa fue posible, gracias a que previamente se había formado la otra articulación *dentario-escamoso* de la mandíbula.

\* \* \*

Soy consciente de que me he alargado en mi disertación más de lo que yo deseaba, y que he abusado bastante de vuestra benevolencia, por lo que os ruego me disculpeis si, llevado por mi entusiasmo de paleontólogo, os he llegado a cansar.

Creo que con los ejemplos expuestos, queda claro que las investigaciones paleontológicas tienen en la actualidad una base muy firme, en unos principios y unas leyes que permiten incluso hacer predicciones sobre fósiles que aún no se han encontrado, pero que terminan por encontrarse y resulta que son como estaba previsto, diríamos que *como tenían que ser*.

Cuando se trata de confirmar una ley empírica, como son las leyes paleontológicas, se las somete al control de la experiencia y esto es lo que se ha hecho, con resultado positivo. Pero ocurre, que entre las diferentes leyes paleontológicas, se cuenta también la de la *evolución de los seres vivos* en el tiempo geológico, y precisamente ha sido en función de esta ley general, como se pueden hacer las predicciones de mayor alcance, con lo cual al propio tiempo se ha demostrado experimentalmente, que la evolución de los seres vivos deja de ser una simple hipótesis para transformarse en una realidad perfectamente tangible.

En muchas ocasiones se ha pretendido que la evolución biológica era una hipótesis “indemostrable”, porque no se podía someter en su integridad a experiencias de laboratorio. Esto es verdad, pero también lo es que al cumplirse las predicciones basadas en dicha ley, hemos conseguido algo muy parecido a la demostración experimental, que consideramos tan válida como las experiencias del laboratorio.

Al llegar a este punto, pienso que hemos agotado las posibilidades de la investigación paleontológica sobre el problema crucial de la evolución. Establecido el hecho en sí mismo, como una ley biológica general, que afecta absolutamente a todos los seres vivos, hemos repasado brevemente el *cómo* y el *cuándo* se ha producido, proponiendo algunos ejemplos que consideramos significativos, pues la Paleontología se limita a investigar el devenir histórico del proceso.

Nos queda sin embargo, un último interrogante, el *por qué* de la evolución.

Reconozco que es muy tentador adentrarse en este tema, buscando una interpretación, una *causa* capaz de desencadenar y encauzar el proceso evolutivo, pero si tal hiciese, me saldría del tema estrictamente científico, que como paleontólogo me he impuesto. Yo por mi parte creo que en todo este proceso evolutivo ha habido una finalidad manifiesta, si juzgamos por sus resultados, y que no ha sido producto del simple azar, pero insisto en que esto es otro tema en el que ahora, ni podemos ni debemos entrar, porque se sale del marco de la investigación paleontológica, que es mi especialidad.

## NOTAS Y BIBLIOGRAFIA

- (1) El descubrimiento ha sido realizado por el investigador soviético Dr. SHAROV, en el Jurásico superior de Kazakistán (U.R.S.S.) en 1970.
- (2) J. ANTHONY: "Etat des connaissances anatomiques sur le Coelacanth *Latimeria chalumnae* Sm." *Publicaciones del Departamento de Paleontología*, nº 11. Facultad de Ciencias Univ. Complutense, Madrid, 1972.
- (3) El nombre de Coelacanto deriva de dos raíces griegas: κοίλος, hueco y ἄκωνθα, espina, aludiendo precisamente a la circunstancia de que, en los fósiles aparecía siempre hueca la columna vertebral, al no haber fosilizado los cuerpos de las vértebras.
- (4) W. MELTON y G. H. W. SCOTT: "Conodont bearing animals from Bear Gulch limestone, Montana".— *The Geol. of America Inc.*; Sp. p., 141, 1972.
- (5) En 1973, RUSSEL anunció el descubrimiento de *Hadrosaurios* en el Cretácico del Canadá; en una región que, durante el Cretácico, estaba próxima al círculo polar ártico de aquella época.
- (6) A. de RICQLES: "On bony histology of fossil and living Reptiles, with comment on its functional and evolutionary significance", in *Morphology and Biology of Reptils*, Linnean Society of London, 1976.
- (7) R. T. BAKKER: "Anatomical and ecological evidence of endothermy in Dinosaurs".— *Nature*, vol. 238, 1972.
- (8) T. SWAIN: "Angiosperm-Reptile coevolution", in *Morphology and Biology of Reptils*, Linnean Society of London, 1976. De este trabajo se ha publicado un resumen en la Revista *Las Ciencias*, tomo XLI, nº 1, (1976).
- (9) Del griego παλαιός, antiguo εἶχμιον, τὸ, huella, estudia las huellas y pistas del paso de animales en épocas pretéritas.
- (10) La fórmula *falangeal* expresa numéricamente el número de falanges de los cinco dedos de la extremidad de los Tetrápodos.
- (11) Del griego μῦς, μῦς, músculo.
- (12) Estos cuatro términos derivan de raíces griegas: ἐντός, dentro de; μέσος, en medio; παρα-, junto a; y ἔκτος, fuera de, referidas a ἀξων, ονος, eje, e indican la posición relativa de los dedos que el animal apoya al andar, con relación al eje de la extremidad.
- (13) Vocablos latinos que significan, respectivamente, *que tienen las piernas vueltas hacia dentro o hacia fuera*.

- (14) Del griego *'εθος, το*, costumbre; la *ethología* estudia las costumbres y el comportamiento de los animales.
- (15) Del griego *'αγγείον, -ον*, arteria, vena, se refiere a la estructura y funcionamiento del sistema circulatorio en los animales.
- (16) Paul ELLENBERGER: "L'explosion démographique des petits quadrupèdes à allure de Mammifères, dans le Stormberg supérieur (Trias), d'Afrique du Sud. Aperçu sur leur origine au Permien (France et Karroo)".— *Colloque Inter. C.N.R.S. n° 218*, París, 1973 (1975).
- (17) La formación de Karroo, que se extiende en la región de este nombre en Sudáfrica, abarca desde el Pérmico inferior hasta el límite del Triásico-Jurásico y está formada por depósitos continentales de una extraordinaria potencia. Los niveles donde se han encontrado estas pistas, corresponden a la formación Stormberg, que comprende parte del Triásico medio y el superior (Keuper).
- (18) P. ELLENBERGER: "Les Proto-Aviens du Stormberg (Trias Sud-Africain), et leurs pistes". *2ème Réun. ann. des Scienc. de la Terre*, Pont à Mousson, 1974.
- (19) P. ELLENBERGER y J. F. de VILLALTA: "Sur la présence d'un ancêtre probable des Oiseaux, dans le Muschelkalk supérieur de Catalogne (Espagne). Note préliminaire". *Acta Geol. Hispánica*, IX, 5. Barcelona, 1974.
- (20) El nombre de *Cosesaurus* deriva de dos raíces griegas: *κῶς*, en cierto modo, y *σαῦρος, ὄ*, lagarto; *aviceps*, deriva del latín *avis, ave*, pájaro y del griego *ὄψις, εως*, apariencia, por su aspecto de pájaro.
- (21) Ch. R. DARWIN: "On the origin of species by means of Natural Selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life", 1872. De esta obra se han publicado muchas traducciones en castellano, por ejemplo, "El origen de las especies por medio de la selección natural", Ed. Grijalbo, S. A., México, 1957.
- (22) W. K. GREGORY y G. G. SIMPSON: "Cretaceous mammal skulls from Mongolia". *Amer. Mus. Novitates*, 225; 1926.
- (23) de RICQLES: "La Paléontologie de terrain. Des Mammifères Crétacés en Mongolie". *Rev. Atomes*, 243; 1967.
- (24) A. W. CROMPTON: "On the lower jaw of *Diarthrognathus*, and the origin of the mammalian lower jaw", *Proc. Zool. Soc. London*, 140; 1963.

**DISCURSO DE CONTESTACION**  
**DEL**  
**EXCMO. SR. SALUSTIO ALVARADO FERNANDEZ**

*Excmo. Sr. Presidente,  
Excmos. Señores Académicos,  
Señoras y Señores:*

Cuando nuestro Presidente, el Profesor Lora Tamayo, me hizo el honor de encargarme la contestación al discurso de recepción en esta Academia del Profesor Don Bermudo Meléndez, experimenté una gran alegría. Me satisfacía sobremanera el tener el privilegio de hacer la presentación protocolaria de uno de los alumnos más sobresalientes que han pasado por mi cátedra de Organografía y Fisiología animal en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid.

Desde aquella ya lejana época (1936) mis relaciones con Bermudo Meléndez no han perdido ni un momento la cordialidad con que se iniciaron. Antes bien, se vieron acrecentadas cuando Meléndez contrajo matrimonio con una discípula mía, Isabel Hevia, cuyas dotes personales, no me cabe duda, han contribuido a sostener y estimular la capacidad de trabajo y el entusiasmo científico que caracteriza la vida de nuestro recipiendario.

Pero no ha sido sólo mi amistad con Meléndez lo que me ha movido a aceptar el encargo de nuestro Presidente; contribuyó a ello también el tema del discurso que acabamos de escuchar. La Paleontología de los animales es hoy día, en realidad, una parcela de la Zoología, principalmente de la Anatomía comparada y de la Etología. Para estas ciencias es indiferente que un animal pertenezca a la fauna actual o a una fauna extinguida. Más aún, muchos rasgos anatómicos y taxonómicos de los animales actuales no se han comprendido bien hasta que fueron estudiados los animales fósiles. Y viceversa, el conocimiento de los rasgos fisiológicos de los animales desaparecidos, se han deducido, por analogía, comparando sus rasgos anatómicos con los de los animales vivientes. En el discurso del Prof. Meléndez, hay numerosas pruebas de este aserto.

Ciertamente, este concepto de la Paleozoología ha sido un producto algo tardío de la Historia Natural. Podemos decir que no comenzó hasta las postrimerías del siglo XVIII. Hasta entonces predominaba la idea de que los "petrefactos" no eran más que "juegos de la Naturaleza", y se adscribía a las piedras la potencia mítica de producir formas zooideas.

Cuando los naturalistas del siglo XVIII se percataron de que los petrefactos encontrados en las rocas sedimentarias eran restos de animales y plantas, surgió el problema de averiguar si esos restos procedían de especies aún vivientes o de especies extinguidas. Casi todos los naturalistas de aquella época estaban tan imbuidos por los escritos bíblicos, que interpretaron los petrefactos como cadáveres de especies animales recientes.

Como explicación del hallazgo de restos animales marinos en la tierra firme echaron mano del Diluvio Universal. Esta explicación fue sostenida con especial énfasis por el famoso naturalista danés, Nicolás Stenon (1638-1687). Sin embargo, no faltaron naturalistas que se percataron de que el Diluvio difícilmente podría ser responsable de la existencia de moluscos marinos en lo alto de las montañas, siendo así qué habría sido una inundación de agua dulce.

Descubrimientos capitales en la Historia de la Paleontología fueron los realizados, de una parte por el naturalista alemán Johannes Friedrisch Blumenbach (1752-1840) y de otra por el ingeniero William Smith. Blumenbach descubrió que unos fósiles pertenecían a especies actuales mientras otros procedían de especies extinguidas.

Smith, tras investigaciones estratigráficas de muchos años, que publicó en 1799, descubrió que en ciertas series de capas sedimentarias se encontraban fósiles diferentes y creó con ello la base para el ulterior desarrollo de la ciencia paleontológica, que, en síntesis estriba en el conocimiento de las diferencias existentes entre las faunas y floras fósiles y las actuales.

El gran servicio que prestó a la Ciencia el gran naturalista francés George Cuvier (1769-1833) consistió en haberse percatado de la importancia que tenían los vertebrados para decidir el problema de las diferencias existentes entre las formas extinguidas y las vivientes. Comprendió Cuvier que, antes de abordar el estudio de los vertebrados fósiles era preciso establecer una anatomía comparada con los vertebrados vivientes. Las numerosas Memorias sobre este tema, publicadas en los Anales del Museo de Historia Natural de París, fueron reunidos en 1812 para formar la monumental obra titulada "Recherches sur les Ossements fossiles", de la que nos ha informado Meléndez en su discurso.

Una consecuencia inmediata de las investigaciones de Cuvier fue el dejar establecido para siempre la existencia de especies extinguidas en los depósitos sedimentarios de épocas geológicas pasadas.

Cuvier era "fijista". Consideraba las especies entes invariables, y por tanto estaba convencido de que no podía existir relación genética alguna entre las especies actuales y las que vivieron en los tiempos pasados.



El desarrollo de estas ideas dió origen a dos teorías que dominaron las Ciencias Naturales durante el primer tercio del siglo XIX. Son la *teoría de los grandes cataclismos* y la de las *creaciones sucesivas*. Según estas teorías, la Tierra había estado poblada por varias faunas y floras sucesivas e independientes, productos de otras tantas creaciones precedidas del aniquilamiento catastrófico de la fauna y flora precedente.

En su faceta biológica, la teoría de las creaciones sucesivas, encontró pronto una idea que, andando el tiempo, la arrumbaría por completo. A principios del siglo XIX, un hombre genial, el naturalista francés Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) se alzó contra la teoría fijista de las especies, y emitió la idea revolucionaria de que las especies que actualmente habitan la Tierra, no han surgido independientemente unas de otras en virtud de sendos actos creadores, sino que proceden —que “descienden”— de una o unas pocas especies primitivas mediante cambios orgánicos —“transformaciones”— verificadas en el curso de los tiempos geológicos. Como es sabido, esta idea se conoce con los nombres de *transformismo*, *teoría de la evolución* y *teoría de la descendencia*.

Pero la idea de Lamarck habría de dormir largos años en el olvido. Por una parte, a causa de que Lamarck no logró presentarla en forma convincente, y por otra a la oposición de Cuvier, cuya influencia sobre sus contemporáneos era extraordinaria.

El golpe de muerte no lo recibió la teoría de los grandes cataclismos, hasta que el gran geólogo británico Charles Lyell (1797-1875) publicó su fundamental obra en tres tomos titulada “Principles of Geology” (1830-1833), en la cual formula la llamada *teoría de las causas actuales*, según la cual los fenómenos geológicos que actualmente se verifican en la Tierra son suficientes para explicar los accidentes tectónicos que ofrece la corteza terrestre.

La idea de Lyell abrió el camino que había de conducir a la teoría de la evolución. Pero esta meta no se alcanzaría hasta el 1º de julio de 1858, día en el cual se leyeron conjuntamente, en la Linnean Society de Londres, los resultados a que habían llegado, independientemente uno de otro, Charles Darwin y Alfred Russel Wallace. (Por cierto que en este memorable acontecimiento, tomó parte principalísima Charles Lyell y también el gran botánico Sir William Hooke.) Al año siguiente (1859) vio la luz la obra monumental de Darwin: *El origen de las especies por medio de la selección natural*. Esta obra es verdaderamente la que se puede considerar como la apertura de la teoría de la evolución.

Las ideas de Darwin, que ejercieron su influencia en todos los dominios de la Biología, afectaron de una manera especial a la Paleontología, en la cual, al cabo de algunos años, adquirió una acusada preponderan-

cia el punto de vista filogenético. El discurso que acaba de leer el profesor Meléndez, esta elaborado bajo la influencia de la anatomía comparada y de la filogenia.

Pasemos ahora a bosquejar la semblanza de nuestro beneficiario.

Desde el punto de vista profesional, la vida de Don Bermudo Meléndez se caracteriza por el éxito de sus empresas. Quizá Meléndez considerará pueril que computáramos aquí las brillantes calificaciones obtenidas en las asignaturas de su carrera, pero no puedo dejar de consignar que terminó la Licenciatura en Ciencias Naturales en junio de 1936 con Premio extraordinario y que en junio de 1942, alcanzó el Doctorado con la misma calificación.

En 1944 ganó por oposición la cátedra de Geología de la Universidad de Granada y en 1949 logró, también por oposición, la cátedra de Paleontología de la Universidad de Madrid, que desde entonces regenta.

Como titular de esta cátedra, el profesor Meléndez entró a formar parte del Instituto "Lucas Mallada", de Geología, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en el cual ha ostentado sucesivamente los cargos de Jefe de la Sección de Paleontología, Director del Departamento de ese nombre y Vicedirector de dicho Instituto. Dentro del C.S.I.C., el Prof. Meléndez es Consejero del Patronato "Alonso de Herrera" (1971) y ha sido vocal de la Junta de Gobierno del mismo (1973-1976).

Por lo demás, el Prof. Meléndez pertenece a numerosas Sociedades científicas de España, Francia, Italia, Portugal, Inglaterra, Alemania, Estados Unidos y la India. Es Académico de la Academia de Doctores de Madrid, Miembro correspondiente del Instituto Veneto de Science, Lettere ed Arti, y ha ocupado y ocupa cargos en Comisiones y Entidades científicas de numerosos países: Vocal de la Comisión Nacional de Geología (1958-1975), Vicepresidente del Comité Español de Estratigrafía, Vocal Permanente del Comité Internacional para los Congresos del Carbonífero, Presidente de la Real Sociedad Española de Historia Natural (1964), Presidente honorario vitalicio de la Asociación Española de Geólogos y Vocal del Comité Internacional de Datos Geológicos (1968-1970).

Su incansable actividad le ha llevado a tomar parte en numerosos Congresos internacionales en España, Francia, Argelia, Holanda, Alemania, Inglaterra, Rusia y Estados Unidos.

En el campo de la investigación, la ejecutoria del Prof. Meléndez es igualmente brillante. Es autor de un centenar de trabajos sobre Geología y Paleontología españolas, publicados en diversas revistas nacionales

y extranjeras. Merece especial mención el que ha descubierto diez especies fósiles, confirmadas por otros paleontólogos, y que le han sido dedicadas ocho por diferentes colegas.

Los temas paleontológicos de su mayor dedicación son los Cistideos, a los cuales ha dedicado doce trabajos, y la Paleoicnología, a la que ha dedicado cinco.

Los Cistídeos son unos equinodermos pertenecientes al Subtipo Crinozoos, que en la actualidad están representados sólo por la Clase de los Crinoideos, cuyo representante más conocido es la comátula o lirio de mar. Los Cistídeos vivieron en los períodos Cámbrico y Silúrico, es decir, en la primera mitad de la Era Paleozoica.

La Paleoicnología, como su nombre indica, es el tratado de las huellas o pistas dejadas por animales que vivieron en épocas pretéritas y que se han conservado impresas en los estratos. Del estudio de esas huellas se pueden obtener datos sobre el animal que las ha dejado y sobre la biología del mismo. De este interesante método de investigación paleontológica nos ha informado cumplidamente Meléndez en su discurso.

Los amplios conocimientos zoológicos del profesor Meléndez le han permitido publicar un precioso Manual de Paleontología, que vio la luz en 1953 y abordar la publicación de un extenso tratado de Paleontología en tres tomos, de los cuales el 2º se halla actualmente en prensa, el 3º está en preparación, mientras el 1º se ha publicado ya en segunda edición en 1977.

Una mención especial merece el libro titulado "Geología", elaborado en colaboración con el Profesor José M<sup>a</sup> Fúster, catedrático de Petrología de la Universidad Complutense. Es un texto muy utilizado por los estudiantes universitarios, como lo prueba el hecho de que se han agotado tres ediciones. Llama la atención en esta magnífica obra la profusión de ilustraciones, entre las que merecen especial mención, en este momento, las fotografías de Meléndez, que constituyen una verdadera iconografía geológica y geográfica de nuestra patria, que Meléndez con su máquina fotográfica al hombro, ha recorrido en todas direcciones.

No quedaría completa la bibliografía científica de nuestro recipiendario si no pusiéramos de relieve que Meléndez forma parte de los numerosos católicos evolucionistas que existen en todo el mundo. A él y a los también ilustres paleontólogos españoles, doctores Miguel Crusafont, catedrático de la Universidad Central de Barcelona y Emiliano Aguirre, catedrático de la Universidad de Zaragoza, ha encomendado la prestigiosa Biblioteca de Autores Cristianos, la edición de un importante libro titulado "La Evolución", en el cual hemos colaborado nada menos que

23 hombres de ciencia, que han abordado el fenómeno de la evolución desde todos los puntos de vista.

El profesor Meléndez, además de intervenir en la supervisión de la obra, ha asumido la redacción del capítulo titulado “Evolución y Paleontología”. En este capítulo pasa revista Meléndez a la copiosa información que constituyen las “pruebas paleontológicas de la evolución”. A este respecto, permítaseme que haga una pequeña digresión.

Es cierto que las “pruebas de la evolución” tienen solamente un carácter lógico. Se trata, en efecto, de una serie de hechos de observación extraordinariamente variados, que casan admirablemente unos con otros cuando se interpretan como efectos de una evolución, pero que carecen de sentido cuando la evolución no se admite. Demos por sentado que si es cierto, como dijo Einstein, que “Dios no juega a los dados”, también es seguro que no se entretiene en confundir a los humanos con problemas capciosos.

Se dirá que una demostración a base de pruebas indiciarias no es una demostración obligatoriamente convincente. No lo sería, ciertamente, en muchos campos de la investigación científica: en aquellos en los cuales se pueden aducir demostraciones experimentales de los hechos. Mas en el problema de la génesis de los organismos, no caben, apenas, demostraciones de ese género. Los seres vivos actuales, lo mismo que los que se han extinguido en las diferentes épocas de la Historia de la Tierra, son un producto histórico. Su evolución se ha realizado en el pasado y el pasado sólo podemos reconstruirlo mediante operaciones lógicas. No podemos hacer que se repita. Mas la legitimidad de este método de investigación es rigurosamente científico. Así proceden, por su parte, los astrónomos, cuando reconstruyen el pasado y predicen el futuro de los astros; los geólogos, cuando reconstruyen la configuración remota de la superficie terrestre; los filólogos; los prehistoriadores; los historiadores mismos.

Quiero resaltar aquí la importancia excepcional que tienen las pruebas paleontológicas de la evolución. Se han definido los fósiles como “las medallas de la Historia de la Creación”. Desde el punto de vista de la evolución son documentos que dan fe de la realidad del proceso evolutivo. Algunos fósiles son verdaderos monumentos conmemorativos de hechos verdaderamente revolucionarios. Tal, por ejemplo, el *Archaeopteryx*, que aunque no está en la línea filogenética directa de las aves actuales, indica cómo a partir de los reptiles se han podido originar animales con caracteres aviares.

La Paleontología prueba que la evolución no es una simple teoría ideada por los biólogos para explicar las particularidades de los seres vi-

vientes, sino un hecho real, aunque sumamente lento, que se ha realizado en el decurso de unos tres mil millones de años.

La reconstrucción de la Historia de la biosfera es una labor plagada de dificultades, dado el carácter fragmentario e incompleto de la documentación paleontológica. Los documentos paleontológicos, en efecto, son las más de las veces extraordinariamente raros y por fuerza tiene que ser así, ya que es una casualidad que un cadáver se petrifique. El hecho de que la inmensa mayoría de los fósiles animales consistan en partes mineralizadas de sus cuerpos —espículas, conchas, caparazones, huesos, dientes, cuernos— indica, por de pronto, que han debido desaparecer, sin dejar vestigios, grupos enteros de animales blandos. Esto es particularmente interesante, desde el punto de vista de la evolución, pues es seguro que los primitivos organismos eran puramente protoplasmáticos y carecían de idoneidad para fosilizarse. Por otra parte, los estratos de los tiempos más remotos están en gran parte metamorizados, y el metamorfismo habría desintegrado los restos fósiles que pudieran encerrar. Así se explica que la primera fauna de que se tiene noticia, por documentos paleontológicos, sea ya rica y variada, con representación de los mismos Tipos y casi de las mismas Clases establecidas por los zoólogos para los animales actuales. Pero dicha fauna data de unos 600 millones de años tan sólo, mientras la Tierra debía de tener condiciones de habitabilidad desde hace más de 2.500 millones de años. A juzgar por el polimorfismo de la primera fauna conocida, los acontecimientos evolutivos más hondos —los que dieron lugar a los Tipos de organización y a muchas Clases— se realizaron precisamente en esos remotos tiempos de la Historia de la Tierra, que nos serán eternamente desconocidos.

Para que se vea cuán fragmentaria es la documentación paleontológica de que disponemos, aduciremos dos ejemplos bien demostrativos.

De las aves primitivas —la Arqueornítidas—, que constituyen un grupo intermedio entre los Reptiles y las aves genuinas — las Neornítidas—, sólo tenemos conocimiento por dos ejemplares conservados milagrosamente en las calizas litográficas de Solenhofen, en Baviera. Y sin embargo, es evidente que muchísimos millones de Arqueópteris revolotearían durante los 54 millones de años que duró el período Jurásico.

Segundo ejemplo: Entre los más notables fósiles del grupo de los vertebrados figuran los Crosopterigios, peces óseos de los que, se supone, surgieron los Anfíbios. De una de sus familias —la de los Celacántidos— se encuentran esqueletos fósiles en los estratos del Devónico inferior hasta los del Cretácico superior (más de 300 millones de años). La falta de Celacántidos fósiles en los estratos de la era terciaria, hizo supo-

ner que esos peces se habían extinguido al final de la era secundaria, al igual que, por entonces se extinguieron los dinosaurios. Pues bien, el descubrimiento de un celacántido viviente —el género *Latimeria*— del que nos ha informado Meléndez en su discurso, indica que los crosopterigios vivieron también en la era terciaria, es decir, durante unos 60 millones de años más de lo que se creía. La falta de restos suyos en los estratos de esa era, es consecuencia de que los Crosopterigios se convirtieron, al final de la era secundaria, en un grupo residual, reducido a pocas especies y a pocos individuos. Por tanto, las probabilidades de que algún ejemplar se conserve fósil son extraordinariamente pequeñas.

El caso de los Crosopterigios terciarios desaparecidos sin dejar rastro, nos permite asegurar que todos los grupos animales y vegetales pobres en especies y en individuos, han desaparecido por completo.

Una cosa es el hecho, que parece evidente, de la evolución del mundo orgánico como fenómeno histórico natural realizado en el pasado geológico y otra muy diferente es el problema causal que este hecho plantea. ¿Cuáles son los factores que han determinado la evolución de los seres vivientes? Problema múltiple, pues implica, entre otras cosas, lo siguiente:

1º, determinar los factores causales de la variación hereditaria de los caracteres de los organismos;

2º, establecer de qué manera los nuevos caracteres constituyen un todo orgánico adaptado a las condiciones extrínsecas e intrínsecas de la vida, y

3º, descubrir cómo es que la evolución propiamente dicha ha tenido un sentido progresivo, de tal manera que el mundo de los seres vivos se ha ido enriqueciendo en complejidad y perfección hasta culminar en la especie humana, dentro del Tipo de los Vertebrados.

Ninguno de estos trascendentales problemas está aún satisfactoriamente resuelto. Como dice el gran biólogo Dobzhansky, fallecido hace un par de años, “En la actualidad nadie bien informado alberga ninguna duda sobre la validez de la teoría de la evolución, en el sentido de que la evolución se ha verificado y, sin embargo, nadie es lo bastante audaz como para creerse en posesión del conocimiento de los mecanismos de la misma. La investigación de las causas que pueden haber actuado en esa evolución y que pueden ocasionar su continuación en el futuro, está aún en su infancia”.

La mayor parte de los alegatos contrarios a la teoría de la evolución, son, en realidad, objeciones contra teorías que han pretendido explicarla prematuramente. Tal es el caso del libro “Hasard et certitude”, de

Georges Salet, publicado en 1972. Siendo este libro un alegato contra las ideas sostenidas por Jacques Monod, premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1965, “Le hasard et la nécessité”, publicado en 1970, no procede que yo me inmiscuya en ese asunto, sobre todo en la ceremonia que estamos celebrando. Sí diré que, a mi modo de ver, Salet pretende demostrar en su libro que, analizado matemáticamente, no ha podido verificarse un acontecimiento —la evolución— que de hecho se ha verificado, como demuestra la Paleontología.

Admite Salet, ciertamente, que el mecanismo darwiniano —mutación más selección natural— explica muy bien la microevolución, pero no la evolución propiamente dicha. En otras palabras: para Salet, la “evolución que se observa en la naturaleza es indiferente o regresiva, jamás progresiva”.

Estoy abusando de vuestra benevolencia. Aunque el tema se presta a disquisiciones de rango filosófico, me guardaré muy mucho de entrar en ellas. Seguiré el ejemplo que nos da el profesor Meléndez, que ha tenido el acierto de ceñir su disertación a un asunto concreto estrictamente científico. Terminó, pues.

En nombre de esta Real Academia, tengo el honor de dar la más cordial bienvenida al ilustre paleontólogo Don Bermudo Meléndez, expresándole el gozo que todos sentimos al contar desde ahora con su valiosa colaboración.