

Eladio Liñán Guijarro

Los
fósiles
en Aragón



Equipo 

Dirección:

Guillermo Fatás y Manuel Silva

Coordinación:

M^a Sancho Menjón

Redacción:

Álvaro Capalvo, M^a Sancho Menjón, Ricardo Centellas

Publicación nº 80-25 de la
Caja de Ahorros de la Inmaculada de Aragón

Texto: Eladio Liñán

I.S.B.N.: 84-88305-92-3

Depósito Legal: Z-2042-99

Diseño: VERSUS Estudio Gráfico

Impresión: Edelvives Talleres Gráficos

Certificados ISO 9002



ÍNDICE



Introducción	5
LAS INTERPRETACIONES NO CIENTÍFICAS DE LOS FÓSILES	7
LA INTERPRETACIÓN HISTÓRICA DE LOS FÓSILES	11
La Antigüedad	11
La Edad Media	15
El Renacimiento o la controversia sobre el significado de los fósiles	17
Los primeros museos	19
Las primeras referencias sobre fósiles aragoneses	20
La Tierra era más antigua de lo que se creía	22
Del fijismo al triunfo del transformismo	27
LA CIENCIA DE LOS FÓSILES	31
¿Qué información suministran los fósiles?	33
LA FORMACIÓN DE LOS FÓSILES	37
¿Qué es un fósil?	37
¿Cómo se forman los fósiles?	39
¿Cuántos tipos de fósiles hay?	41

LA CLASIFICACIÓN DE LOS FÓSILES	45
¿Cómo se clasifica un fósil?	45
Los cinco reinos de la vida	47
Grupos paleontológicos más frecuentes	48
LOS FÓSILES ARAGONESES	51
La importancia paleontológica de Aragón	51
Yacimientos principales	53
Precámbrico. Las formas más primitivas	56
Cámbrico. Cuando la vida eclosionó	57
Ordovícico. Animales coloniales y glaciaciones	63
Silúrico y Devónico. La diversificación de la vida en los mares	67
Carbonífero y Pérmico. Los primeros bosques	71
Triásico. Después de la gran extinción paleozoica	74
Jurásico. Los mares cálidos	76
Cretácico. El apogeo de los dinosaurios y su extinción	83
Terciario. La definitiva emersión de Aragón	85
Cuaternario. La llegada del hombre	90
LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO	93
La legislación	93
Las sociedades científicas y las asociaciones aragonesas	95
Museos paleontológicos de Aragón	97
Rutas para conocer los fósiles	100
A modo de conclusión	106
Lecturas recomendadas	109

Los fósiles constituyen un valioso patrimonio científico que nos transporta hasta el pasado más remoto, como si viajáramos en una máquina del tiempo, mientras vislumbramos fugazmente aspectos inéditos de la vida: la fascinante biodiversidad de sus ecosistemas, sus extravagantes formas e inauditas estructuras, sus colapsos temporales producidos por extinciones en masa, su increíble evolución, que produce seres minúsculos y enormes bestias gigantes, y su constante expansión a lo largo de los sucesivos nichos ecológicos, que aparecen y desaparecen en un planeta vivo y cambiante.

Los fósiles son también un patrimonio natural que se acrecienta con el tiempo, pero que no se renueva si es destruido, y con el que tenemos una deuda insalvable de conservación.

Pero los fósiles son, ante todo, un patrimonio cultural, guía de nuestra existencia misma a partir de los tiempos remotos en que aparece la vida sobre la Tierra y, fundamentalmente, desde el momento en que la Humanidad se asienta sobre la faz del planeta azul.

Este libro consta de dos partes diferenciadas. La primera trata de los conceptos más básicos e imprescindibles para introducir al lector en el mundo de los fósiles y para

facilitar la comprensión de su significado desde un punto de vista histórico. La segunda versa sobre los fósiles que se encuentran en Aragón, ordenados cronológicamente por yacimientos y tratados de manera elemental, pero rigurosa.

Desde aquí, mi especial reconocimiento a mis compañeros Leandro Sequeiros, Rodolfo Gozalo, Enrique Villas, Eustoquio Molina, Guillermo Meléndez, Gloria Cuenca, José Ignacio Canudo, Javier Ferrer, José Ignacio Lorenzo, Beatriz Azanza, José Antonio Gámez, Cristina Sinusia, José Antonio Andrés y Bienvenido Díez por su ayuda en diversos aspectos para la elaboración del manuscrito original. Mi gratitud también a Eduardo Martín, autor de algunos de los dibujos, y a todo el Equipo CAI100, por su ayuda técnica.

A todos los que saben que los rasgos esenciales de la vida son el amor y la cooperación; especialmente, a Toñi, María, Eladio y Eloísa

LAS INTERPRETACIONES NO CIENTÍFICAS DE LOS FÓSILES



Los fósiles fueron conocidos por la especie humana desde los tiempos remotos de la Prehistoria. Al hombre primitivo debió de extrañarle la presencia de unas piedras con formas de animales y plantas y seguramente las recolectó como curiosidades. La más antigua prueba de ello se encuentra en la Borgoña francesa, donde en una cueva se encontraron fósiles marinos de diversas procedencias que, con toda probabilidad, fueron reunidos allí por un hombre de Neanderthal hace unos 80.000 años. Numerosos hallazgos de fósiles de procedencias lejanas en yacimientos paleolíticos de Alemania, Bélgica, Francia y Suiza, a veces horadados para su engarce en collares y cinturones, confirmarían la pronta existencia de un cierto tipo de comercio tribal de fósiles en el centro y sur de Europa.

Las formas animadas de los fósiles, su naturaleza pétreo y su presencia en el interior de las rocas de elevadas montañas quizá impulsaron a las sociedades primitivas, sobrecogidas ante el enigma de su origen, a asignarles poderes sobrenaturales. Es posible, como sugieren ciertos hallazgos en yacimientos del Paleolítico Superior de Alemania, que algunos fósiles fueran utilizados como amuletos para la caza o como protección contra los malos espíritus.

Plinio *el Viejo* (23-79 d.C.) destaca el parecido del fósil *glosopetrae* (dientes de tiburones fósiles) con lenguas humanas, que, según muchos de sus contemporáneos, caerían del cielo durante los eclipses lunares y eran útiles en las empresas amorosas y para la selenomancia o “magia mediante la luna”; también recoge la creencia de que los ammonites piritizados (convertidos en piritita) producían, en sueños, visiones proféticas.

En esta coyuntura, es fácil comprender que los fósiles serían pronto incorporados al bagaje de las distintas creencias religiosas, como sugieren los molares de *Elephas* hallados en el templo griego de la isla Cos o los fósiles de peces y dinosaurios de los templos budistas de Tailandia o en algunos otros santuarios cristianos que los han conservado hasta épocas muy recientes. No pocas veces servirían de apoyo a prácticas y creencias concretas, entre ellas el empleo de troncos fósiles como tótems por las tribus indígenas de América o su interpretación como ejemplos de castigos divinos por las religiones antiguas, así como su asignación a reliquias incorruptas de santos, todo lo cual está bien documentado desde el siglo VI a.C.

Especial importancia debió de tener la visión de las grandes osamentas fósiles en el origen legendario de algunos seres mitológicos, como las antiguas razas de gigantes, sirenas, dragones, cabezudos y unicornios. La existencia de grandes acumulaciones de restos fósiles, unida al relato

de acontecimientos catastróficos, daría soporte a las referencias históricas sobre despojos de terroríficas batallas, diluvios universales, plagas y epidemias de extremado rigor, que han conformado el argumento central de la narrativa épica de algunos pueblos y de no pocas leyendas. Meléndez (1947) nos ilustra sobre ello al sugerir que el cráneo de la especie de pequeño elefante del Cuaternario, endémica de Sicilia, que posee un gran orificio nasal, bien pudo ser confundido con la cabeza de un gigante de un solo ojo frontal y dar así base al relato homérico del gigante Polifemo en la *Odissea* (siglo IX a.C.).

En épocas más recientes, encontramos algunos fósiles, curiosamente, en la farmacopea euroasiática y americana. Así, los artrópodos fósiles eran utilizados, en el siglo XVIII, como disolventes de cálculos renales, poniéndolos enteros en el agua de beber. Con



Cabeza de un elefante del Cuaternario, cuyo cráneo fue confundido en la antigüedad con el de un gigante. Sala Longinos Navás del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza

los huesos de vertebrados fósiles, los aztecas hacían infusiones para aliviar enfermedades mediante la sudoración; aún hoy, algunos de ellos se encuentran en los comercios químicos y farmacéuticos de China y otros países asiáticos, donde han sido tradicionalmente usados como “polvo del dragón” para la preparación de elixires y licores tónicos o para curar, pretendidamente, las dolencias más variadas.

EL “GIGANTE” DE LA ERMITA DE ALCORAZ

El Rey don Pedro, con favor del glorioso mártir San Jorge ganó [a la ciudad de Huesca] sacándola del poder de los infieles [...]. Por esta merced [...], mandó el Rey don Pedro labrar una iglesia a media legua de Huesca en honra del glorioso mártir [...] en el lugar y puesto donde el santo apareció, que hoy día se llama San Jorge de las Boqueras [...]. Teniendo a cargo esta iglesia una cofradía de hidalgos, vino por su descuido ella y la iglesia a dar en el suelo [...]. Pero la ciudad de Huesca [...] la edificó de nuevo en el poyo donde hoy está, en el mismo campo de Alcoraz do fue la batalla. La cual, como también viniese en ruina, la mesma ciudad la volvió a reedificar de nuevo con ayuda de los diputados del reino en el año de 1554 [...]. Hanme referido personas fidedignas, que cuando abrieron las zanjas para echar los fundamentos, hallaron unas canillas [buesos largos de las piernas] de tan extremada grandeza que no es posible fuesen sino de algún gigante, las cuales soterraron debajo de la columna que está más cerca al altar, a la parte del Evangelio.

Diego de Aynsa: *Fundación, excelencias y grandezas y cosas memorables de la antiqüísima ciudad de Huesca* (1619), p. 609

LA INTERPRETACIÓN HISTÓRICA DE LOS FÓSILES



Las referencias sobre los fósiles formaron parte indisoluble de la visión mitológica, científica y religiosa que sobre la creación del universo tuvieron las culturas más antiguas. Los fósiles fueron, en un principio, interpretados correctamente como restos petrificados de organismos que habían vivido en épocas anteriores; pero hubo autores que identificaron los huesos de grandes vertebrados con restos de gigantes y algunas culturas los relacionaron con inundaciones (diluvios) más o menos universales.

LA ANTIGÜEDAD

Las referencias escritas más antiguas sobre la interpretación de los fósiles provienen de los clásicos **griegos**; sus obras nos han llegado incompletas o bien a través de citas incluidas en los escritos romanos. Al menos una parte de estas ideas se formuló ya en el Egipto faraónico; así, Heródoto (484-425 a.C.) refiere en su obra *Historias* que los sacerdotes egipcios creían que en el pasado todo el valle del Nilo había sido cubierto por el mar, porque existían conchas marinas en las montañas adyacentes y cerca del oasis de Ammón.

En general, los filósofos presocráticos, como Anaximandro, Pitágoras, Jenófanes de Colofón, Jenofonte y Janthos de Lydia, que vivieron entre los siglos VII y IV a.C., interpretaron correctamente el origen de las conchas y peces fósiles encontrados en tierra firme en numerosas regiones (Grecia, Malta, Frigia, Libia, Armenia o Egipto), como restos de animales acuáticos dejados en tierras antiguamente sumergidas.

Sin embargo, Platón (427-347 a.C.) sugiere en sus escritos que, debido a una fuerza creadora existente en el interior de la Tierra, se originaba una semilla de la cual nacían y posteriormente se desarrollaban los fósiles. De este modo negaba que pudieran ser los restos de organismos que habrían poblado el planeta en otro tiempo y les atribuía, como a los minerales, un origen inorgánico; estas ideas perdurarían hasta finales del siglo XVIII.

El pensamiento aristotélico intentó armonizar las enseñanzas pitagóricas y platónicas sobre los fósiles, para los que seguramente propuso un origen biológico alternativo con otro inorgánico; sus teorías serían retomadas por los filósofos de la cultura árabe durante la Edad Media.

Los restos de grandes vertebrados fósiles, de más difícil asignación taxonómica que las conchas, fueron comúnmente relacionados con esqueletos de gigantes (gigantología). Es el caso de Empédocles de Agrigento (siglo V a.C.), quien interpretó los esqueletos de hipopótamos terciarios

que encontró en Sicilia como osamentas de hombres de tamaño descomunal.

Los **hebreos** debieron de conocer las ideas que sobre los fósiles imperaron en las culturas egipcia y mesopotámica, asimilándolas en cierto modo. El pensamiento hebreo se plasma históricamente con la redacción del *Génesis*, probablemente hacia el siglo V a.C. Esta cultura consideró algunos fósiles como restos de organismos petrificados, según se desprende del capítulo 19 del *Génesis*, donde se narra la conversión en sal de la mujer de Lot por su desobediencia al mandato divino (mito presente también en la mitología inca).

Es posible que el diluvio universal bíblico fuera la explicación que dieran los hebreos a la presencia tierra adentro de conchas y vertebrados fósiles, que seguramente conocieron en sus largos desplazamientos. Esta explicación sería conocida en la Edad Media como **teoría diluvista**. La relación diluvio-fósiles explica bien por qué este mito se encuentra tan extendido en tantas y remotas culturas como la sumero-babilónica, la etrusca o la helénica y, a veces, tan distanciadas geográficamente como la de los aztecas.

La gigantología está también presente en el capítulo 6 del *Génesis*, donde, refiriéndose a la época anterior al diluvio, se dice: «Existían entonces los gigantes en la Tierra, y también después, cuando los hijos de Dios se unieron con

las hijas de los hombres y les engendraron hijos. Estos son los héroes, muy famosos de antiguo».

Incluso es posible que la simbólica creación de Adán por Dios a partir del modelado de una figura inerte de barro fuese una referencia, tomada de otras culturas anteriores, a la interpretación de los fósiles como productos iniciales de la Naturaleza sobre los que los dioses, confiriéndoles el hálito de la vida, crearían las distintas especies.

Entre los **romanos** predominaron las ideas platónicas, recogidas en autores como Plinio *el Viejo* (23-79 d.C.) y su sobrino Plinio *el Joven* (62-113 d.C.) bajo la expresión “generación equívoca”, como clara antítesis a la generación espontánea que habría dado origen a las formas vivas. El primero de estos autores acuñaría los términos *nummulites* (“piedra de moneda”) y *ammonites* (alusión a los cuernos de carnero del dios egipcio Ammón).

Ovidio (43 a.C.-17 ó 18 d.C.), al citar en sus *Metamorfosis* «un río de los Cicones cuyas aguas convierten en piedra las entrañas de los que las beben y todas las demás cosas las empedernecen», estaba describiendo los procesos de fosilización que se producen a la salida de ciertos manantiales, por precipitación de carbonatos sobre las plantas que crecen en el entorno.

Estos procesos dan lugar a la formación de rocas llamadas tobas, que, cuando están colgadas en los saltos de

agua, producen formas de increíble belleza como las que deja el río Piedra en Aragón, a su paso por el Monasterio de Piedra.

En la **cultura china**, el hallazgo de conchas marinas fósiles en las montañas dio origen a la hipótesis de que éstas se habían formado bajo las aguas, explicación que se encuentra ya en el año 527.

De entre las leyendas más singulares de esta cultura en relación con los fósiles, destaca la de la montaña de las golondrinas de piedra que vuelan durante las épocas de tormenta y caen al suelo al escampar, fechada en el año 375. Esta leyenda se forma a partir de la visión de las valvas alargadas en forma de ala que posee el braquiópodo *Spirifer*, al quedar al descubierto, con sus valvas limpias y brillando al sol, después de una tormenta. Curiosamente, los ejemplares de *Spirifer* son también conocidos en el norte de la provincia de Teruel como “mariposas de piedra”, lo que ha dado lugar a la expresión “Formación Mariposas” para designar a los materiales marinos devónicos que contienen abundantes conchas fósiles de este braquiópodo.

LA EDAD MEDIA

Tras la caída del Imperio Romano de Occidente, la **cultura árabe** fue la mantenedora del espíritu clásico; tradujo a las lenguas árabe y persa muchas obras griegas y roma-

nas. De este modo pudieron transmitirse las teorías que sobre los fósiles formularon las culturas antiguas y se facilitó la aparición de la primera teoría planteada por un filósofo musulmán sobre la cuestión, Avicena (980-1037), quien intentó dar una respuesta conjunta al problema del origen, de los procesos de formación y de la edad de los fósiles. Ante la diversidad de formas que éstos mostraban, una parte se consideró vestigios de auténticos organismos petrificados y otra, restos inorgánicos generados en las entrañas de la Tierra, igual que los minerales.

La relación de los fósiles con inundaciones marinas preteritas se encuentra también en la obra del cordobés Averroes (1126-1198).

Entre los **cristianos**, los fósiles fueron explicados en un principio como desechos del taller del Creador, en sintonía con el relato de la creación de Adán a partir de una figura inanimada de barro y con la fuerte tradición platónica vigente en la época. No obstante, lentamente fue tomando cuerpo la idea de que los fósiles eran los vestigios que confirmaban la existencia y universalidad del diluvio bíblico. Con Orosio (siglo V), esta teoría quedó definitivamente incorporada al pensamiento cristiano por la identificación de las conchas y ostras fósiles del interior con las huellas de una gran inundación que habría cubierto la Tierra. Nace así la **teoría diluvista**, que explica la existencia de fósiles en las montañas por la crecida de las aguas durante

el diluvio universal, con lo que se propugnaba erróneamente un único tiempo de formación para los fósiles.

La teoría diluvista supuso un refuerzo del origen biológico de los fósiles y una apuesta definitiva en contra de su origen inorgánico, pero, al abogar por un único tiempo de formación para estos restos, representó un paso atrás en la correcta interpretación de las edades de las distintas capas de la corteza terrestre, ya que muchas relevantes personalidades de la iglesia cristiana utilizarían la narración literal del texto bíblico como base cronológica científica, lo cual es completamente erróneo.

Alberto Magno (1206-1280) incorporó las ideas platónicas, aristotélicas e islámicas (Avicena) al pensamiento cristiano, al asumir la existencia de una capacidad genética o *virtus formativa* en el interior de la Tierra que originaría los fósiles; consideraba también en su *Tratado de los minerales* que los restos de animales y plantas pueden convertirse en piedra en aquellos lugares donde se dan agentes de petrificación mediante una *vis lapidificativa* (fuerza lapidificante).

EL RENACIMIENTO O LA CONTROVERSIA SOBRE EL SIGNIFICADO DE LOS FÓSILES

Durante el Renacimiento, las diferentes teorías sobre los fósiles convivieron y pugnaron entre sí, gracias a la mayor

difusión de los textos y las ideas que favoreció la recién inventada imprenta. Los partidarios de la versión platónica confirieron un origen exclusivamente físico-químico a los fósiles (llamados también *petrefacta* y “piedras figuradas”), como fue el caso de Mattioli y Falopio, o los trataron como “juegos de la Naturaleza” (Olivier de Cremona); defendieron, incluso, que se originaban a partir de la semilla platónica extendida por todo el Universo (entre ellos, Libau).

Leonardo da Vinci (1452-1519) coincidió con el pensamiento presocrático al negar la relación de los fósiles con el diluvio bíblico; defendió que los fósiles eran los restos petrificados de organismos antiguos, la mayoría de los cuales habría vivido en el lugar donde se les halla, y que se encontraban ordenados en capas sucesivas. El alfarero y esmaltista Palissy (1510-1590) fue coleccionista de fósiles y dedujo la existencia de especies extinguidas a través de su comparación con las actuales, negando su relación con el diluvio bíblico.

El alemán Beringer, profesor de la Universidad de Wurzburg en las primeras décadas del siglo XVIII, es considerado el último defensor de las ideas platónicas sobre los fósiles. Fue objeto de un engaño por sus alumnos, que le enterraban objetos de extrañas figuras que ellos mismos habían realizado artesanalmente en piedra, para que pudieran ser luego encontrados durante las excavaciones; Beringer los describió ingenuamente en su libro *Litho-*

graphie Wirceburgensis, en 1727. La repercusión que tuvo el ridículo de este profesor a nivel internacional determinó el abandono oficial de las teorías sobre los fósiles como productos de juegos o caprichos de la Naturaleza, formados a partir de fuerzas internas de la Tierra, semillas, jugos lapidíficos o emanaciones solares.

LOS PRIMEROS MUSEOS

A partir del siglo XVI, comienzan a formarse en Europa colecciones de Ciencias Naturales (donde se exhiben también fósiles) que pueden visitarse y están catalogadas; con ellas nacen los primeros museos, un hecho cultural trascendente para la conservación y estudio continuado de los elementos naturales. Los más famosos fueron la *Metallotheca Vaticana* creada por Mercati (1541-1593); el *Museum Calceolarium* de Verona (1521), del que se publicó un catálogo de 1568 y otro en 1622; el *Museum Metallicum* de Bolonia, formado por Ulise Aldrovanni (1522-1605), con catálogo publicado en 1648; y el *Museum Schloss Amras* del Tirol, fundado por el archiduque Fernando II en 1564 y cuyo catálogo se publicó en 1596.

En España las noticias son más tardías y se refieren a una amplia colección reunida por Vincencio Juan de Lastanosa y Baraiz de Vera, natural de Huesca (1607-1684), en cuya casa formó un auténtico museo que contenía diversas piezas de interés paleontológico. Cien años más

tarde, en 1753, se fundó el Real Gabinete de Historia Natural en Madrid, al que en 1793 se agregaba el primer esqueleto de mamífero fósil montado en el mundo.

EL PRIMER MUSEO PALEONTOLÓGICO FUE ARAGONÉS

El primer museo paleontológico español del que tenemos referencias escritas fue el formado por Vincencio Juan de Lastanosa en su casa-palacio de Huesca. Este primer museo contuvo ya restos animales, minerales y fósiles junto a obras de arte, joyas, libros históricos y materiales arqueológicos.

La parte de Ciencias Naturales quedó descrita por Andrés de Uztarroz (1647) del siguiente modo: «Había en la pieza desde el salón 12, 1ª alacena: minerales, peces disecados, cuerno de unicornio, caracoles, conchas, pescados, galápagos, corales, aves y huesos de gigantes del Moncayo». Con esta última expresión se hace referencia, seguramente, a algún ejemplar de osamenta fósil de los grandes vertebrados que poblaron el valle del Ebro hace 20 millones de años, durante la época conocida, precisamente, como Aragoniense.

LAS PRIMERAS REFERENCIAS SOBRE FÓSILES ARAGONESES

La dos más antiguas referencias escritas que se conocen sobre fósiles aragoneses son, probablemente, aquélla en la que Diego de Aynsa cita (1619) el hallazgo de “huesos de gigantes” en 1554, al construirse la iglesia de San Jorge en

Huesca, y la mención que hace Andrés de Uztarroz (1647) sobre los “huesos de gigantes del Moncayo” que contenía el Museo de Lastanosa en Huesca.

En el siglo XVIII, los testimonios conocidos son más abundantes y Aragón es la región más citada de España. Feijoo (1736) hace referencia al yacimiento de vertebrados terciarios de



Réplica del cráneo de un Australpithecus, antecesor del género Homo. Sala Lucas Mallada del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza

Concud (Teruel), cuyos fósiles atribuye a gigantes muertos junto a sus caballerías; Clarasid (1737) polemiza sobre estos huesos fósiles, afirmando que se trata de seres petrificados, y Bowles (1775) se hace también eco de la existencia de huesos fósiles en Concud.

Calvo y Julián (1781) refiere petrificaciones de conchas en Tarazona, según noticia de Latassa (1803), y Jordán de Asso (1784) cita fósiles en diversas localidades: invertebrados en Fuentetodos, moluscos en Ricla, *Terebratula* y *Belemnites* en Albarraçin y Teruel y calizas con petrificados (*Nummulites*) en el Pirineo.

LA TIERRA ERA MÁS ANTIGUA DE LO QUE SE CREÍA

Durante los siglos XVII y XVIII, la pugna ideológica sobre el significado de los fósiles y el afianzamiento de la idea de su origen biológico llevaron a no pocos naturalistas a compararlos minuciosamente con animales y plantas de especies actuales. Al constatarse las muchas diferencias existentes entre unos y otros, se plantearon dos explicaciones básicas sobre el fenómeno: o bien que estos fósiles pudieran corresponder a especies actuales que sólo existieran en puntos remotos y no se conocieran aún o bien que en el pasado hubieran existido especies diferentes a las actuales, cuestión que lentamente fue tomando consistencia al observarse que las especies también cambiaban con la edad relativa de los estratos y que las capas de cada época geológica contenían fósiles distintos. Así, se concluyó finalmente que los fósiles no se habrían formado en una sólo época, con el diluvio, sino en muy diferentes momentos de la historia de la Tierra, como ya intuyera Jenófanes más de 2.000 años atrás.

De este modo, se comenzó a caracterizar cada época geológica no sólo por la tipología de sus rocas, sino también por sus fósiles; ello permitía una mayor precisión en la división temporal de las rocas de la Tierra y unas correlaciones cronológicas más fiables, abandonándose la teoría diluvista. Gracias a los estudios de los fósiles dentro de la sucesión de estratos que aparecían en diversas regiones, se

pudo vislumbrar el enorme espesor de capas distintas que mostraba la corteza terrestre, lo que hizo que los paleontólogos racionalistas cuestionaran definitivamente la edad bíblica propuesta para la Tierra por los cristianos más integristas, que había sido estimada por Ussher (1654), obispo de Armagh en Irlanda, en 4.004 años, contando los seis días que duró la Creación, más la cronología obtenida de las generaciones que se habían sucedido desde Adán. Lighfoot, vicerrector de Cambridge, precisaría incluso que la Tierra fue creada un 23 de octubre a las 9 de la mañana, en contra de la fecha del 26 de octubre del año 4.004 a.C., propuesta por Ussher. Es fácil comprender que estas apreciaciones supusieron una importante rémora en el avance del conocimiento geológico, dados el poder e influencia de la Iglesia en la época.

Durante el siglo XIX, se inició la distinción de los terrenos geológicos por nombres característicos, y así aparecieron denominaciones tales como Terrenos Terciarios (en 1807), Cretácico (en 1822), Jurásico (en 1829) y Triásico (en 1830), con lo que se completaba la sucesión de los Terrenos Secundarios. En 1829 se propuso el término Carbonífero y, entre los años 1835 y 1841, los de Cámbrico, Silúrico, Devónico y Pérmico, con lo que quedaba casi cubierta la secuencia de estratos de los Terrenos Primitivos o Primarios. Entre 1830 y 1833 se propusieron las expresiones Eoceno, Mioceno y Plioceno, dentro de los Terrenos Terciarios, y Pleistoceno dentro de los Cuaternarios.

LOS PERIODOS GEOLÓGICOS

TERRENOS PRIMARIOS. Se denominan formalmente terrenos de la **Era Paleozoica** y comprenden las rocas formadas en los periodos Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico.

CÁMBRICO. Periodo geológico que debe su nombre a *Cambría*, denominación latina del País de Gales, en cuyas montañas se reconocieron por primera vez sus capas estratificadas y fósiles característicos.

ORDOVÍCIICO. Alusión a *Ordovices*, una antigua tribu del País de Gales donde originalmente se describieron sus estratos.

SILÚRICO. Proviene de *Silures*, nombre de un pueblo celta de Gran Bretaña donde por primera vez se diferenciaron los terrenos de este periodo geológico.

DEVÓNICO. Alude al condado inglés de Devon, donde fueron estudiados inicialmente estos terrenos junto con sus fósiles.

CARBONÍFERO. Llamado así porque los estratos continentales de este periodo contienen las más importantes explotaciones mundiales de carbón.

PÉRMICO. De la ciudad rusa de Perm, donde los estratos de este periodo alcanzan gran extensión.

TERRENOS SECUNDARIOS. Los que se formaron después de los primarios. Hoy se les conoce más propiamente como terrenos de la **Era Mesozoica**. Comprenden las rocas de los periodos Triásico, Jurásico y Cretácico.

TRIÁSICO. Del griego *triás*, alude a los tres conjuntos de materiales distintos con que suele normalmente aparecer la sucesión de este sistema geológico.

JURÁSICO. Terrenos que conforman los Montes Jura (Francia, Suiza y Alemania), de los que procede el nombre de este periodo.

CRETÁCICO. Antiguo periodo de la creta, alude a este tipo de piedra caliza blanca y terrosa, utilizada para fabricar tiza y que es común en los estratos de este periodo.

TERRENOS TERCIARIOS. Siguen a los secundarios y son, por lo tanto, más jóvenes. Comprenden los materiales formados en cinco épocas geológicas: Paleoceno, Eoceno, Oligoceno, Mioceno y Plioceno. Los terrenos Terciarios, junto con los Cuaternarios, constituyen la última era geológica, llamada **Cenozoica**, que significa “de la vida animal reciente” (en griego, *kainós* significa nuevo, reciente, y *zoon*, animal).

PALEOCENO. Del griego *palaiós*, antiguo, y *kainós*, reciente, nuevo.

EOCENO. Del griego *eós*, aurora, amanecer, y *kainós*.

OLIGOCENO. Del griego *oligos*, poco, y *kainós*.

MIOCENO. Del griego *meíon*, menos, y *kainós*.

PLIOCENO. Del griego *pleíon*, más, y *kainós*.

TERRENOS CUATERNARIOS. Son los depositados en el último periodo de la historia de la Tierra. El Cuaternario está formado por dos épocas: la de las glaciaciones o Pleistoceno (*pleístos*, muchísimo) y el Holoceno (*hólos*, todo) o época actual.

ERA	PERIODO	ÉPOCA	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno Pleistoceno	1,8 m. a.
	Neogeno	Plioceno Mioceno	
	TERCIARIO	Oligoceno Eoceno Paleoceno	24 m. a.
	Paleogeno		
MESOZOICO	CRETÁCICO	Superior Inferior	144 m. a.
	JURÁSICO	Malm Dogger Lias	210 m. a.
	TRIÁSICO	Superior Medio Inferior	248 m. a.
PALEOZOICO	PÉRMICO	Superior Inferior	286 m. a.
	CARBONÍFERO	Superior Inferior	360 m. a.
	DEVÓNICO	Superior Medio Inferior	408 m. a.
	SILÚRICO	Superior Inferior	438 m. a.
	ORDOVÍCICO	Superior Inferior	500 m. a.
	CÁMBRICO	Superior Medio Inferior	550 m. a.
PRECÁMBRICO			4.100 m. a.

TIEMPOS GEOLÓGICOS

Precámbrico. Época anterior al periodo Cámbrico. Abarca desde la formación de la corteza terrestre hasta hace 550 millones de años y se caracteriza por una intensa actividad volcánica. En él aparecen las primeras formas de vida.

Paleozoico. Del griego *palaios*, antiguo, y *zoon*, animal. También llamado Era Primaria, es el periodo que va desde el Precámbrico hasta hace 248 millones de años.

Mesozoico. Del griego *mésos*, medio, y *zoon*, animal. También llamado Era Secundaria. Comprende desde el Paleozoico hasta hace 65 millones de años.

Cenozoico. Del griego *kainós*, reciente, y *zoon*, animal. Era que abarca desde hace 65 millones de años hasta la actualidad. Se aplica a los periodos Terciario y Cuaternario.

DEL FIJISMO AL TRIUNFO DEL TRANSFORMISMO

La mayor barrera ideológica con que se encontró lo que hoy conocemos como Paleontología, respecto de su interés por desentrañar el significado de los fósiles, fue la idea de la inmutabilidad de las especies a lo largo del tiempo, cuyo máximo exponente fue Linneo (1707-1778), y que se conoce como **fijismo**. El fijismo se combinó con la “teoría de los grandes cataclismos” o **teoría catastrofista**, que planteaba la extinción de las especies pretéritas tras cada época geológica, para dar lugar a una hipótesis errónea: la mayoría de los fijistas planteaba que, después de cada una de estas extinciones sucesivas, se habría producido la crea-

ción de nuevas especies, lo que se conocería como “teoría de las creaciones sucesivas” o **creacionismo**.

Los fijistas no creacionistas explicaron el relevo de especies, observable en las secuencias de estratos terrestres, recurriendo a teóricas migraciones de especies que se encontrarían en otras partes del globo y que ocuparían el espacio dejado por las especies extinguidas al final de cada periodo geológico.

Pero la aplicación de las ideas fijistas y catastrofistas al estudio de los fósiles, lejos de ser una rémora científica, sirvió para impulsar el conocimiento de los distintos grupos sistemáticos de especies (taxones), dando paso a descripciones detalladas de fósiles y a las primeras monografías que incluían incipientes clasificaciones.

Al fijismo de las especies y a la teoría de la creación de otras nuevas después de cada gran extinción se opuso el **transformismo** de las especies. El precursor de estas ideas fue, al parecer, Leibniz (1749), quien propuso ya la transformación de unas especies en otras bajo la influencia de los procesos geológicos. Buffon (1776) plantearía un transformismo limitado dentro de cada género o familia, que vendría determinado por el clima y el alimento; el lento enfriamiento de la Tierra sería, para él, la causa del cambio de las diferentes faunas y floras que se observaban en los estratos geológicos. Buffon combatió el catastrofismo demostrando el hecho de que muchas especies habían

pasado de un periodo geológico a otro, manteniéndose en el tiempo sin verse afectadas por las teóricas catástrofes sucesivas.

Curiosamente, la teoría del transformismo de las especies planteó grandes interrogantes a los teólogos de la época, para quienes la aceptación de este planteamiento o el de la extinción de las especies entraba en contradicción con la obra, para ellos perfecta e inmutable, del Creador. En ciertos casos, estos problemas teológicos incidieron negativamente en el desarrollo de las hipótesis científicas.

En el siglo XIX, el nivel de conocimiento sistemático de los fósiles y de su distribución estratigráfica es ya tan elevado que el número de catástrofes y creaciones (27 sólo para el Jurásico y Cretácico) al que se ven obligados a invocar los fijistas para apoyar su teoría la hace, por sí mismo, insostenible. La figura de Lamarck (1744-1829) emerge contra el fijismo y plantea la primera teoría sobre el transformismo de las especies en su obra *Philosophie Zoologique*, de 1809, conocida como **teoría lamarckista**. En esta obra se encuentra también la introducción de un nuevo concepto y método en taxonomía basado en el estudio de un gran número de individuos de una especie (la población), lo que desacreditaba, por primera vez, el enfoque basado en la definición de especies a partir de pequeñas diferencias morfológicas, que era el método utilizado por la taxonomía clásica, al tiempo que se demostraba la

enorme variabilidad existente dentro de cada especie en particular.

Poco después de la aparición, en 1859, del libro de Darwin *El origen de las especies por selección natural*, el transformismo pasará a ser conocido como **evolucionismo**; finalmente, el fijismo acabará siendo relegado definitivamente de los círculos científicos por la **teoría darwinista**. Gracias al evolucionismo, la vida es hoy concebida como un fenómeno continuo de gran plasticidad en el tiempo, cuyo rasgo esencial no es tanto la competitividad concreta cuanto la cooperación a todos sus niveles.

LA CIENCIA DE LOS FÓSILES



Podríamos decir, para expresarlo sencillamente, que la **Paleontología** (término documentado desde 1835) es la ciencia que estudia los fósiles o, también, los organismos del pasado a través de los fósiles. Pero, lógicamente, además de los fósiles la Paleontología se ocupa del entorno geológico en el que éstos aparecen, los compara entre sí y con los organismos que viven actualmente para tratar de averiguar cómo fue la vida del pasado, mucho antes incluso de la aparición del hombre. Se considera a Cuvier el fundador de la Paleontología, pues fue él quien enunció la **Ley de la Correlación entre las partes**, que plantea el hecho de que, en la mayoría de los casos, un organismo puede ser reconocido por un fragmento de cualquiera de sus partes, lo que constituye la base de la Paleontología, que forzosamente ha de estudiar material incompleto.

Las diferentes propuestas planteadas en los últimos cien años para definir esta ciencia muestran dos importantes cambios en el concepto de Paleontología, que han influido enormemente en la reorientación actual de su estudio y han sido fundamentales en su afirmación como ciencia moderna. Estos cambios conceptuales han venido acompañados por la significativa sustitución de algunos términos:

el primero de ellos está relacionado con la aceptación de la teoría de la evolución, que determinó el progresivo abandono de la expresión “seres vivos” (de reminiscencia fijista) en favor de la palabra “vida”, de concepción más transformista. Así, en los años sesenta la Paleontología comenzó a definirse como “ciencia de la vida del pasado”; con ello se pretendía resaltar, por un lado, la continuidad de los procesos vitales desde el pasado tal y como pone de manifiesto la investigación moderna y, por otro, el hecho de que las formas de vida son tan variadas, incluso de organismo a organismo, que es necesario desterrar definitivamente la creencia extendida de que los fósiles pueden ser empleados directamente para conocer determinados aspectos de la Geología, como la edad de las rocas y del medio, del mismo modo que si se tratara de colecciones repetidas de sellos o monedas que llevasen impreso el año y la procedencia de su emisión (que era el concepto que tenían los fijistas de la especie). Por otra parte, esta sustitución de términos viene a poner de relieve la idea de que los avances en los estudios de Biología deben ser incorporados a los de Paleontología, y viceversa.

El segundo cambio (que también se produjo en los años sesenta) afectó a la propia palabra “fósiles”, que fue reemplazada por la expresión “registro fósil”. Con ello se pretende precisar que, en cualquier yacimiento, no todas las distintas especies que vivían han fosilizado, sino sólo aquellas que en cada punto geológico eran más aptas para dejar

registradas, en código mineral, las señales de su existencia. Este enfoque enfatiza la necesidad de conocer bien los procesos geológicos para poder interpretar, lo más correctamente posible, lo que ha quedado registrado de la vida del pasado, conduciendo al paleontólogo hacia el ineludible trabajo de campo como fase metodológica previa e imprescindible de cualquier estudio. Así, pues, la Paleontología estudia los fósiles en los estratos donde éstos se encuentran y nunca fuera de su contexto geológico, en donde su valor científico es casi irrelevante.

A tenor de lo expresado hasta aquí, podríamos presentar a la Paleontología como *la ciencia que trata de conocer la historia de la vida aplicando los conocimientos geológicos y biológicos al estudio del registro fósil.*

¿QUÉ INFORMACIÓN SUMINISTRAN LOS FÓSILES?

Hemos visto que, desde las primeras culturas hasta la ciencia actual, el hombre ha tratado de dar respuesta a los interrogantes que le planteaba la presencia de los fósiles: básicamente, qué eran y cómo y cuándo se formaron.

Intentando responder a la primera pregunta, los fósiles se interpretaron en algunos casos como seres del pasado, a veces extinguidos, pero también como gigantes, dragones, rocas caprichosas y juegos de la Naturaleza. La respuesta que la ciencia ofrece hoy día a esta cuestión son los estu-

dios de **Paleobiología**: se trata de aplicar al registro fósil los conocimientos biológicos actuales con el fin de interpretar los aspectos bioquímicos, anatómicos, fisiológicos, taxonómicos, patológicos, ecológicos, etológicos (de comportamiento) y biogeográficos que suministran los fósiles.

Todo ello nos permite recrear la vida del pasado, sobre todo las cuestiones relativas a la diversidad de especies que existieron, su forma de relacionarse, las comunidades que formaron, los ambientes en que vivieron y sus diversas formas de adaptación al medio. Para los geólogos, uno de los aspectos más importantes es el medio en el que vivieron los fósiles, pues se pueden obtener datos inestimables sobre la manera en que se originó la roca que los contiene.

Respecto de la segunda cuestión, la de cómo se formaron los fósiles, las hipótesis también han sido muy variadas: en algunos casos se defendió que a través de semillas, en otros que a raíz de halos bituminosos, fuerzas internas de la Tierra, energías petrificantes, fuerzas astrales... o bien por los mismos procesos geológicos que se dan hoy en la Naturaleza. En la actualidad, los estudios de **Tafonomía** son la respuesta de los estudiosos a este interrogante: se trata de conocer tanto los procesos de formación de los fósiles como la naturaleza de la información que suministran, para inferir los fenómenos geológicos que han actuado sobre las rocas con fósiles.

Durante la edad Media se atribuía, de forma generalizada, una misma edad para todos los fósiles, pues ellos eran los testigos del pretendido diluvio universal (los seres antediluvianos); posteriormente, sin embargo, hubo de aceptarse que se venían formando desde tiempos remotos y que los organismos que los originaron vivieron en distintas épocas. Pues bien, en la actualidad la **Biocronología** se ocupa de conocer la edad geológica de las especies del pasado, su coexistencia y su relevo en el tiempo, con el objeto de averiguar la edad relativa de las rocas fosilíferas y de los fenómenos geológicos en ellas registrados. Para ello se vale de la distribución espacial que muestran las



Gusano marino del Cámbrico Inferior de Murero

especies en las secuencias estratificadas. Los fósiles son, así, los medidores del tiempo geológico por excelencia y resultan muy útiles para conocer los materiales que se cortan en los sondeos, correlacionar capas de interés económico a distancias intercontinentales y conocer la estructura de las capas en profundidad.

Finalmente, cuando se acepta que la vida cambia en el tiempo y que las especies han ido evolucionando lentamente, surge una pregunta más: ¿por qué ocurren estos cambios? Los científicos tratan de dar respuesta a esta cuestión a través de los estudios de **Paleontología evolutiva**: esta ciencia analiza los cambios experimentados por los organismos a través de los tiempos geológicos, tratando de interpretar el ritmo, los patrones y las causas de los mismos.

De esta manera, las actuales líneas de investigación en Paleontología, que se basan en cuatro grandes campos del saber (paleobiológico, tafonómico, biocronológico y evolutivo), son un reflejo de la interpretación histórica que el hombre, a través de las diferentes escuelas de pensamiento, ha venido dando a los fósiles.

LA FORMACIÓN DE LOS FÓSILES



¿QUÉ ES UN FÓSIL?

La palabra “fósil”, al igual que “foso” y “fosa”, proviene del latín *fodere* y significa “extraído de la tierra”. En un principio, se utilizó para designar cualquier resto individualizable del interior de una roca, ya fuera un mineral, una roca caprichosa o un resto orgánico, pues su diferencia no debió de ser muy clara; a partir del siglo XIX, se aplicó casi exclusivamente a los restos orgánicos de la corteza terrestre, cuyos tres componentes esenciales son, desde entonces, los minerales, las rocas y los fósiles.

Un **fósil** es, por lo tanto, cualquier vestigio de la vida del pasado que haya quedado registrado en la corteza terrestre. Esta definición implica que la formación de los fósiles requiere un origen biológico y una cierta antigüedad; respecto de esto último, convencionalmente se considera fósil a todo resto anterior a la última glaciación, es decir, con una antigüedad superior a 13.000 años. De este modo, cualquier resto vital incluido en la corteza terrestre desde el Neolítico a la actualidad se considera un **subfósil** y, por lo tanto, en proceso de fosilización. Estos vestigios de la vida del pasado se encuentran en rocas de naturaleza inorgánica o también orgánica: un determinado fósil puede

estar incluido en betún, en resinas fósiles (como en el caso de los insectos atrapados en el ámbar) o incluso sobre otro fósil.

A veces, en Geología se emplea impropriamente la palabra “fósil” como adjetivo, en el sentido de “antiguo” (falla fósil, marca de oleaje fósil, etc.); estos elementos no constituyen el objeto de la Paleontología. En Biología, se designa inapropiadamente como “fósiles vivientes” a aquellas especies actuales cuyo grupo biológico tuvo un gran desarrollo en el pasado, pero que en la actualidad sólo tiene unos pocos representantes, como por ejemplo los braquiópodos (animales invertebrados), los lirios de mar (crinoides), el cefalópodo *Nautilus* o el cangrejo cacerola *Limulus*.

También restos prehistóricos como hachas, martillos de piedra, pinturas rupestres y otros elementos arqueológicos pueden ser confundidos por los no expertos como objetos paleontológicos sin serlo, pues la Paleontología no se ocupa de manifestaciones culturales, artísticas o sociales, sino de restos naturales, entre los que está el hombre como especie biológica. La prehistoria, que comienza aproximadamente con el origen de los homínidos (*Australopithecus*), hace unos cuatro millones de años, es una de las épocas de estudio más apasionantes, pues en ella colaboran estrechamente arqueólogos y paleontólogos formando equipos multidisciplinarios.

¿CÓMO SE FORMAN LOS FÓSILES?

El proceso de formación de los fósiles depende de varios factores, entre ellos el tipo de organismo que produjo el resto o señal fosilizada, el tipo de señal dejada, la existencia o no de un transporte previo, las condiciones en que se produjo su enterramiento y los procesos geológicos posteriores que le hayan afectado, lo que distorsiona en mayor o menor medida la información original. Estos factores van a influir fuertemente en el número y nitidez de los caracteres conservados en los fósiles.

Los restos o señales que producen los organismos vivos susceptibles de fosilizar no sólo son los cadáveres (con mucho, los más conocidos), sino que también pueden ser mudas (exuvios), esporas, polenes,



Diferentes vestigios de vida (pisadas de pájaro, conchas de bivalvos y otros) en una playa actual y en vías de fosilización por enterramiento



Rana fósil del Mioceno de Libros (Teruel), que muestra el esqueleto y la piel pese a los veinte millones de años transcurridos. Museo Paleontológico de Zaragoza, Colección Colegio "El Salvador"

cáscaras de huevo, gases orgánicos, heces (coprolitos) o huellas diversas de actividad impresas sobre sustratos (pisadas, madrigueras, etc.).

En el caso de los cuerpos inertes, al morir el organismo comienza una descomposición del cadáver, de modo que, si éste queda a la intemperie de manera prolongada, acaba destruyéndose por completo. Sin embargo, si este resto es enterrado, el proceso destructivo se ralentiza y comienza un intercambio entre los componentes de la roca encajante y los del resto orgánico menos estables, cuyo resultado es, normalmente y con el tiempo, la conservación parcial de este cadáver, modificado ya como fósil.

En general, una composición original que sea estable con la roca encajante, un transporte nulo, un enterramiento rápido, en condiciones asépticas y en materiales finos e impermeables que impidan disoluciones y corrosiones originan fósiles excelentemente conservados; en el caso de ser cadáveres, estos restos pueden poseer gran parte de sus tejidos originales fosilizados.

¿CUÁNTOS TIPOS DE FÓSILES HAY?

Los tipos de fósiles resultantes dependen de las características del resto o señal biogénica original y de los procesos que éste sufriera hasta su conservación como fósil (procesos tafonómicos). Hay cinco tipos básicos: fósil-

les corporales, moldes, réplicas, pistas fósiles y fósiles químicos.

Los **fósiles corporales** son partes fosilizadas del cuerpo de un organismo. Lo más frecuente es que se conserven fosilizadas aquellas partes más estables o duras, como son las conchas de moluscos, los huesos de vertebrados, los esqueletos de artrópodos o de erizos, etc.; mientras que las partes blandas (por ejemplo, los tejidos) sólo se conservan en casos excepcionales.

Los **moldes** son reproducciones naturales de la parte exterior de los fósiles corporales, pero en relieve negativo. Se diferencia entre moldes externos e internos según éstos reproduzcan los caracteres externos

o internos del organismo. Por ejemplo, cuando una concha es enterrada, el sedimento que impresiona la cara interior de la valva es un molde interno y el que rodea el exterior, mostrando su ornamentación, es el molde externo.



*Molde interno de un gasterópodo marino, cuya concha ha desaparecido durante la fosilización. Sala Longinos Navás
Colección Colegio El Salvador*

Las **réplicas** son reproducciones naturales de la periferia de los fósiles corporales, pero en su volu-

men y relieve originales. Se producen cuando el fósil corporal ha desaparecido, generalmente por disolución o corrosión, y su hueco queda relleno por sustancias minerales, de modo que se reproduce naturalmente la forma del fósil corporal en otra composición y textura. Réplicas artificiales son las que suelen hacer los museos de sus piezas con fines docentes.

Las **pistas fósiles** las produce el organismo cuando está vivo, lo que las diferencia de los moldes (que se forman después de que éste haya muerto), con los que, a veces, pueden confundirse. Suelen ser huellas de paso, huellas de arrastre, conductos de habitación, huellas de alimentación en otros fósiles, coprolitos, etc.



Pista fósil denominada Cruziana, característica de la Era Paleozoica y relacionada con trilobites

Los **fósiles químicos** son sustancias, como los aminoácidos, los gases producidos durante la fotosíntesis o los residuos carbonosos cuyos datos geoquímicos indican una producción biogénica.

Los tipos de fósiles nos indican que un solo individuo pudo producir diversas señales potencialmente fosilizables, tanto en vida como después de muerto. Así, en vida pudo dar lugar a fósiles corporales (por ejemplo, las mudas en el caso de los artrópodos o las hojas muertas en el caso de los vegetales) y a pistas fósiles (por ejemplo, al desplazarse sobre el sustrato); después de muerto, su cadáver pudo producir fósiles corporales, fósiles químicos por dispersión de sustancias orgánicas, moldes (externos o internos), al ser rodeado el cuerpo por sedimentos, y réplicas.

LA CLASIFICACIÓN DE LOS FÓSILES



La forma de los seres vivos es muy variada, pero es muchísimo mayor la diversidad de formas que podemos encontrar en el registro fósil. Pensemos que el proceso vital en nuestro planeta tiene alrededor de 4.000 millones de años y que, durante ese enorme lapso de tiempo, la vida ha ido cambiando y se ha presentado bajo innumerables morfologías, de forma que, en ocasiones, es difícil encontrar rasgos estructurales comunes con las formas actuales con las que poder comparar para su clasificación. Los cálculos más conservadores estiman que hay unos quince millones de especies vivientes en la biosfera (la parte de la Tierra actual donde hoy existe vida), de las que sólo están censadas 1,75 millones, y que la mayoría de estas especies no existía hace quince millones de años. Con ello podemos hacernos una idea de la diversidad de la vida pretérita y del trabajo de investigación que queda aún por hacer a los paleontólogos en esta parcela, donde sólo han descrito varios cientos de miles de especies fósiles.

¿CÓMO SE CLASIFICA UN FÓSIL?

La clasificación de los fósiles parte de la siguiente premisa: si los fósiles son restos o señales de los organismos del

pasado, sería posible identificar, a través de ellos, a las especies que vivieron en otras épocas y analizar sus relaciones de parentesco con los seres vivos actuales, dentro de la misma clasificación jerarquizada (taxonómica). La clasificación es, por lo tanto, única tanto para la biología actual (Neontología) como para la biología del pasado (Paleontología).

Normalmente, las especies fósiles vienen caracterizadas por rasgos del esqueleto y sólo raramente por los de sus elementos corporales blandos, como la masa visceral y los tejidos. Por eso, para definir y caracterizar las especies del pasado ya extinguidas (que son la inmensa mayoría) suelen utilizarse los rasgos anatómicos impresos en los fósiles corporales y en los moldes: son los más frecuentes y, generalmente, fosilizan mejor. Cuando aparecen partes blandas, las clasificaciones previas suelen revisarse mediante estudios de anatomía comparada. Las piezas esqueléticas desarticuladas, los fósiles químicos y las pistas dan menos precisiones y es raro que puedan utilizarse para reconocer especies, aunque sí para averiguar a qué géneros y familias pertenecen.

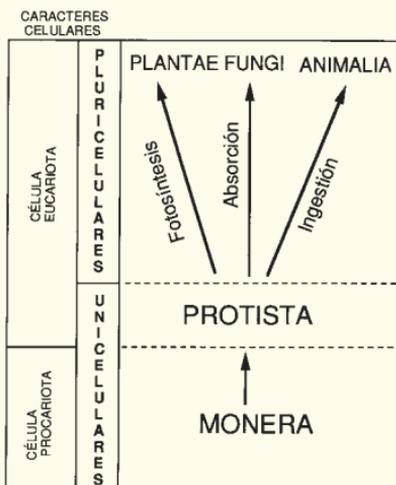
Cuando, en el curso de una investigación paleontológica, se encuentran especímenes cuyos caracteres son muy diferentes a los de las especies biológicas actuales o fósiles ya conocidas, se crea una nueva especie —y género, si fuera necesario— y se integra en la clasificación de ese grupo.

LOS CINCO REINOS DE LA VIDA

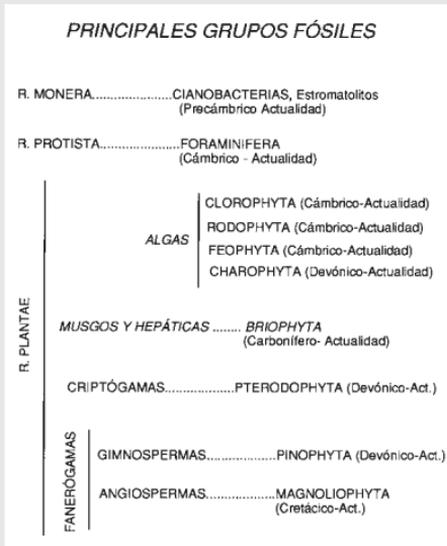
Aunque existen otras clasificaciones, la más aceptada es, sin duda, la división de la vida en cinco reinos, tal como se representa en la figura. El **Reino Monera** incluye todos los organismos constituidos, entre otras características, por una sola célula carente de núcleo donde concentrar el material hereditario (célula procariota). Así son, por ejemplo, las bacterias y las algas verde-azuladas (cianobacterias).

El **Reino Protista** incluye también organismos fundamentalmente unicelulares que poseen una célula especial cuyo material hereditario está concentrado y protegido por una membrana llamada nuclear (célula eucariota). Se incluyen aquí, por ejemplo, las amebas y las algas. A veces, la membrana externa de estos organismos es de sílice o de calcita, como en la mayoría de los foraminíferos, y entonces es más frecuente la fosilización. El **Reino Plantae** (de las plantas) está constituido por organismos pluricelulares que realizan sus procesos metabólicos mediante fotosíntesis. El **Reino Fungi** incluye los organismos del reino de los hongos, que son también seres pluricelulares, pero sintetizan su alimento por absorción. Finalmente, el **Reino Animalia** (de los animales) está compuesto también por organismos pluricelulares que, entre otras cosas, se alimentan mediante la ingestión de partículas.

LOS CINCO REINOS (WHITTAKER, 1969)



GRUPOS PALEONTOLÓGICOS MÁS FRECUENTES



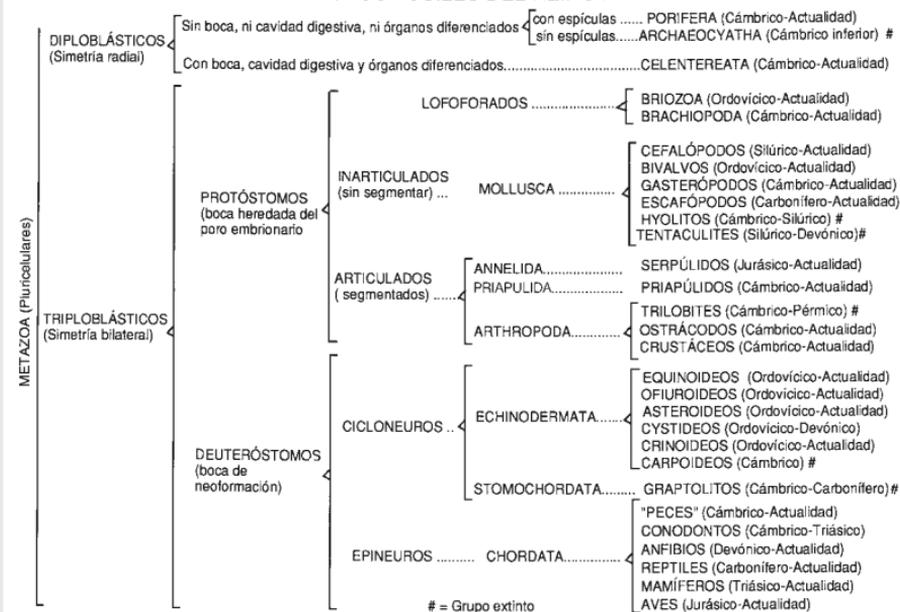
Son, generalmente, aquéllos que tienen sus tejidos y esqueletos —u órganos de reproducción, en las plantas— constituidos por sustancias relativamente estables en la Naturaleza, como la quitina, los carbonatos, la sílice y el fosfato cálcico; son las llamadas “partes duras”, por su relativa resistencia a la deformación y destrucción.

En los gráficos adjuntos se presentan los grupos fósiles más frecuentes de la clasificación sistemática actual. Así, dentro del Reino Monera destacan las **cianobacterias** y los vestigios de

su actividad dejados a través de unas estructuras pétreas llamadas estromatolitos, que analizaremos más adelante al hablar de los fósiles del Precámbrico. Dentro del Reino Protista sobresalen los **foraminíferos**, que son también un grupo actual. Entre las plantas son más frecuentes las que tienen flores o **fanerógamas**, así como los helechos dentro de las plantas **criptógamas**.

En el Reino Animal o de los metazoos, todos los grupos o filos (*Phylum*) que viven en la actualidad estuvieron ampliamente representados en los tiempos pretéritos, como los **poríferos** o esponjas, dentro de los que hoy se incluyen los extintos **archaeocyatha**; los **celentéreos**, con sus pólipos coralinos y medusas; los **briozoos** o animales musgo coloniales; los **braquiópodos** o animales bivalvos de valvas desiguales, hoy casi desaparecidos; los **moluscos**, grupo que destaca por los muy diversos tipos de concha que posee; los **anélidos**, con aspecto de gusano; los **artrópodos**, con cuerpo y apéndices articulados, como los insectos; los **equinodermos**, dotados de una coraza interna de placas calcíticas, como los erizos de mar; y los **cordados**,

PRINCIPALES GRUPOS FÓSILES DEL REINO ANIMAL



formados mayoritariamente por los vertebrados. Estos filos se subdividen en clases, muchas de las cuales sólo se conocen como fósiles.

La abundancia o escasez de restos en el registro fósil viene también dada por el mayor o menor desarrollo que tuvo cada grupo en el pasado. Durante el Precámbrico, las algas son el grupo paleontológico más abundantemente registrado. En la Era Paleozoica, lo son los trilobites (un grupo de artrópodos primitivos con el cuerpo trilobulado) y los braquiópodos (animales que viven dentro de dos valvas desiguales) en los terrenos o facies marinas, y las plantas superiores en los continentales. En la Era Mesozoica, los organismos más abundantes fueron los cefalópodos (moluscos que presentan la cabeza rodeada de tentáculos) en los medios marinos y los vertebrados (entre los que destacan los reptiles) en los continentales. En la Era Cenozoica, los foraminíferos y otros microfósiles son frecuentes en las facies marinas, y los animales invertebrados y vertebrados, en las facies continentales.

En resumen, el estudio del registro fósil permite asignar cada fósil al grupo biológico al que pertenece y, en la mayoría de los casos, identificar las especies que existieron en el pasado y darles nombre cuando no son conocidas.



Porífero del Cámbrico Inferior de Murero

LOS FÓSILES ARAGONESES



LA IMPORTANCIA PALEONTOLÓGICA DE ARAGÓN

Como ya se ha indicado, durante los siglos XVI, XVII y XVIII son ya relativamente abundantes las citas acerca de fósiles aragoneses (en las tres actuales provincias), lo que resulta indicativo de las excepcionales condiciones que posee Aragón para los estudios paleontológicos. Así, pues, no es de extrañar que la gran polémica sobre gigantología en España, que tuvo lugar hacia el siglo XVIII, girara en torno a la interpretación del yacimiento paleontológico de Conclud, situado en el término municipal de Teruel. Ni tampoco causa sorpresa que la figura señera de la Paleontología española, Lucas Mallada y Pueyo, fuera oriundo de Huesca.

Aragón tiene el privilegio de ser una tierra única respecto del patrimonio paleontológico. En su solar se encuentra uno de los registros geológicos más continuos de Europa, cuya antigüedad se remonta a cerca de 600 millones de años y en el que se encuentra representada la mayoría de los periodos geológicos. Las capas rocosas formadas durante estos periodos son extraordinariamente ricas en fósiles de excepcional belleza, que son claves para conocer la biodiversidad pretérita.

LUCAS MALLADA Y PUEYO

(Huesca, 1841-Madrid, 1921)

Mallada fue un eminente ingeniero de Minas que recorrió España estudiando sus terrenos desde el punto de vista geológico y publicó, en 1878, el primer estudio conocido sobre esta disciplina relativo a la provincia de Huesca. Escribió también un tratado en siete gruesos volúmenes, entre 1895 y 1911, titulado *Explicación del Mapa Geológico de España*, el primer tratado moderno sobre la estratigrafía de los terrenos geológicos de la Península Ibérica. Ideólogo muy preocupado por las cuestiones sociales, fue precursor del movimiento regeneracionista, cuyas bases se encuentran en su libro *Los males de la Patria*, un auténtico *best seller* para su época, por el que se le tiene como precursor de Costa. Científico a ultranza rechazó un acta de diputado en Cortes y la Alcaldía de Madrid. Aunque, sin duda, donde Mallada brilla con luz impercedera es en sus estudios de Paleontología, donde sienta las bases para el desarrollo de esta ciencia como disciplina básica para datar y cartografiar las formaciones de rocas.



Por su libro *Sinopsis de las especies fósiles encontradas en España* (1875-1892) y su *Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España* (1892),

dos obras sin parangón en la Europa de aquellos tiempos, es considerado el fundador de la Paleontología española.

El Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza tiene dedicada su sala de exposición permanente a la memoria de este insigne científico.

YACIMIENTOS PRINCIPALES

Las excepcionales condiciones de Aragón para los estudios paleontológicos se deben a varios factores. Además de presentar una continuidad de registro desde el Precámbrico hasta la actualidad, posee la peculiaridad de que aparecen representadas con cierta frecuencia tanto rocas marinas como continentales relativamente abundantes en fósiles, con lo que se puede obtener un registro bastante completo de la diversidad ecológica.

Especial interés tienen los yacimientos aragoneses con fósiles de conservación excepcional, donde aparecen fosilizadas con gran nitidez no sólo las partes mineralizadas (conchas, esqueletos y caparazones) de los organismos, sino también sus tejidos y membranas más delicados, por lo que se consigue información única acerca de cómo eran los organismos del pasado y sobre la composición real de la biota (conjunto de los seres vivos de una región), puesto que también se conservan los organismos sin esqueleto. Merece citarse el mundialmente conocido yaci-

miento de Murero (Zaragoza), del Cámbrico (520 millones de años de antigüedad), por sus trilobites, y también los de Libros, por sus anfibios, y Rubielos de Mora (de hace 20 millones de años), por sus insectos y plantas. Existen, asimismo, importantes yacimientos de esqueletos de dinosaurios y de sus huellas, que se encuentran esparcidos por todo el territorio aragonés dentro de los terrenos jurásicos y cretácicos (200-160 millones de años). Son famosos los de Galve, Peñarroya de Tastavins, Ariño y Castellote, en Teruel, y el de Arén en Huesca. Por último, presentan también gran interés los yacimientos de mamíferos terciarios de la cuenca de Calatayud-Teruel, entre los que destacan los de Concud, Daroca, Villafeliche (20 m.a.) y el de la Puebla de Valverde, del Plioceno (2 m.a.).

Así, no debe extrañar que, por las excepcionales condiciones geológicas y, sobre todo, por la riqueza de sus fósiles, se hayan propuesto (y se hayan aceptado oficialmente para la zona del centro y sur de Europa y norte de África) los nombres de **Bilbiliense** y **Caesaraugustiense** (de las denominaciones romanas de Calatayud y Zaragoza, respectivamente) para designar dos edades del Cámbrico; y los de **Aragoniense** y **Tuoliense** para dos edades del Terciario, a los que se añaden el **Ramblense** en Calamocha y el **Alfambriense** en la cuenca del río Alfambra. Procederemos, pues, a ofrecer una sucinta visión de los principales grupos fósiles registrados en el solar del actual Aragón, así como del ambiente en que vivieron.

En el gráfico adjunto puede verse una escala geocronológica con las principales eras y periodos, acompañados por un árbol evolutivo y de diversidad de la vida desde sus comienzos. Nótese cómo los finales de cada era coinciden con grandes extinciones.

TABLA DE LOS TIEMPOS GEOLÓGICOS

ERA	PERIODO	EDAD (m.a.)	ÁRBOL GENEALÓGICO DE BIODIVERSIDAD
CENOZOICO	Cuaternario	1,8	
	Terciario	65	
MESOZOICO	Cretácico	144	
	Jurásico	210	
	Triásico	248	
PALEOZOICO	Pérmico	286	
	Carbonífero	360	
	Devónico	408	
	Silúrico	438	
	Ordovícico	500	
	Cámbrico	550	
PROTEROZOICO			

Escala cronológica de la Tierra y esquema sintético de la evolución de la biodiversidad —principales categorías superiores— a lo largo de los tiempos geológicos (según Bengtson, 1978). Obsérvese la explosión de diversidad en la base del Cámbrico

PRECÁMBRICO. LAS FORMAS MÁS PRIMITIVAS

Los afloramientos de terrenos precámbricos son escasos en Aragón y se disponen en una banda estrecha en el núcleo de la Cadena Ibérica Oriental, entre las sierras de Vicort y Cucalón. El contenido paleontológico correspondiente a este periodo, que veremos a continuación, está formado por algas megascópicas, estromatolitos, pistas megascópicas, y fósiles de animales invertebrados y el fósil *Cloudina*.



Fósil *Cloudina*,
sección
longitudinal

Las **algas megascópicas** son fósiles carbonosos de forma alargada. Los **estromatolitos** son estructuras laminadas producidas por la acción metabólica de comunidades de algas, lo que indirectamente indica la presencia de bacterias y cianobacterias (es decir, de organismos del Reino Monera). Las **pistas fósiles** precámbricas fueron estructuras dejadas en el sustrato por la acción vital de minúsculos animales invertebrados al desplazarse o alimentarse en el interior del sustrato, muy cerca de la superficie. Finalmente, *Cloudina* fue el primer animal en la historia de la vida capaz de segregar un esqueleto calizo.

Los materiales precámbricos que constituyen el solar aragonés se acumularon durante no más de cincuenta millones de

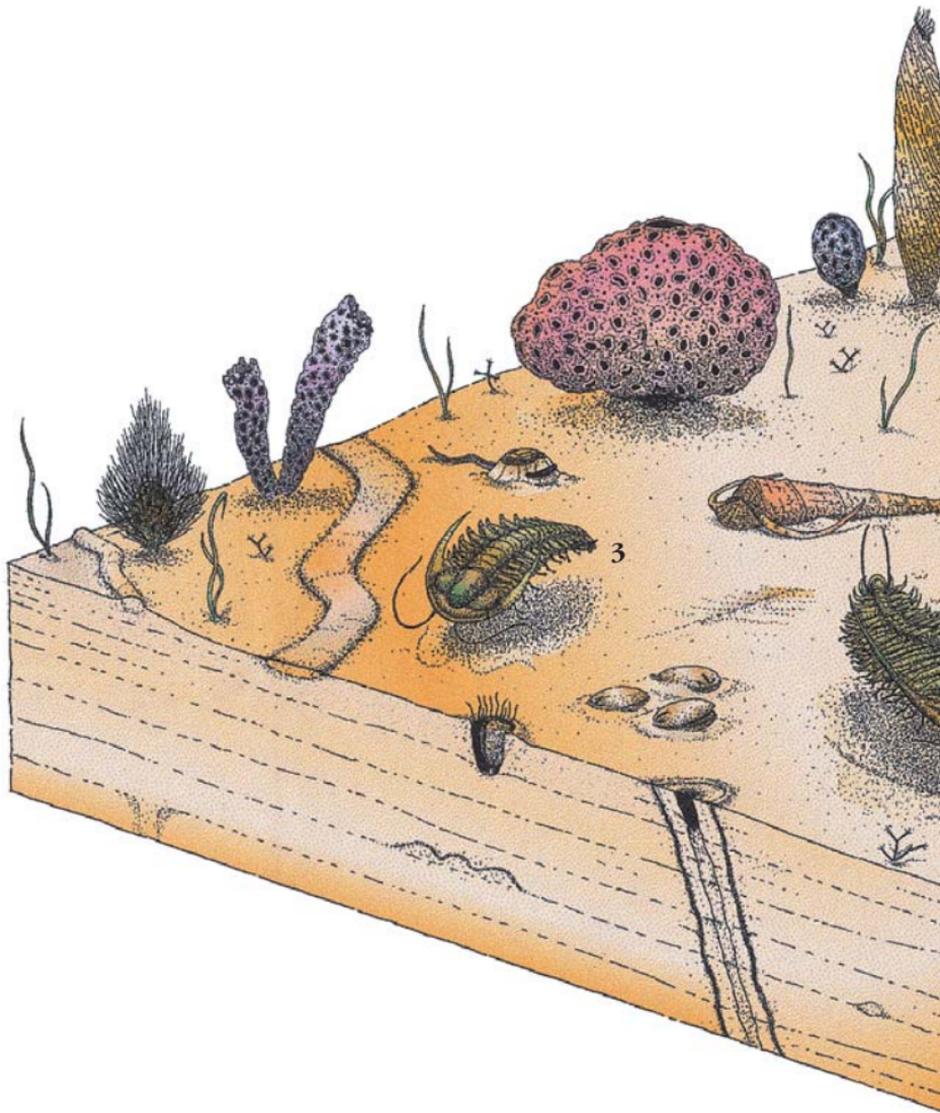


El alga megascópica Vendotaenia, muy frecuente en el Precámbrico y la transición al Cámbrico de España

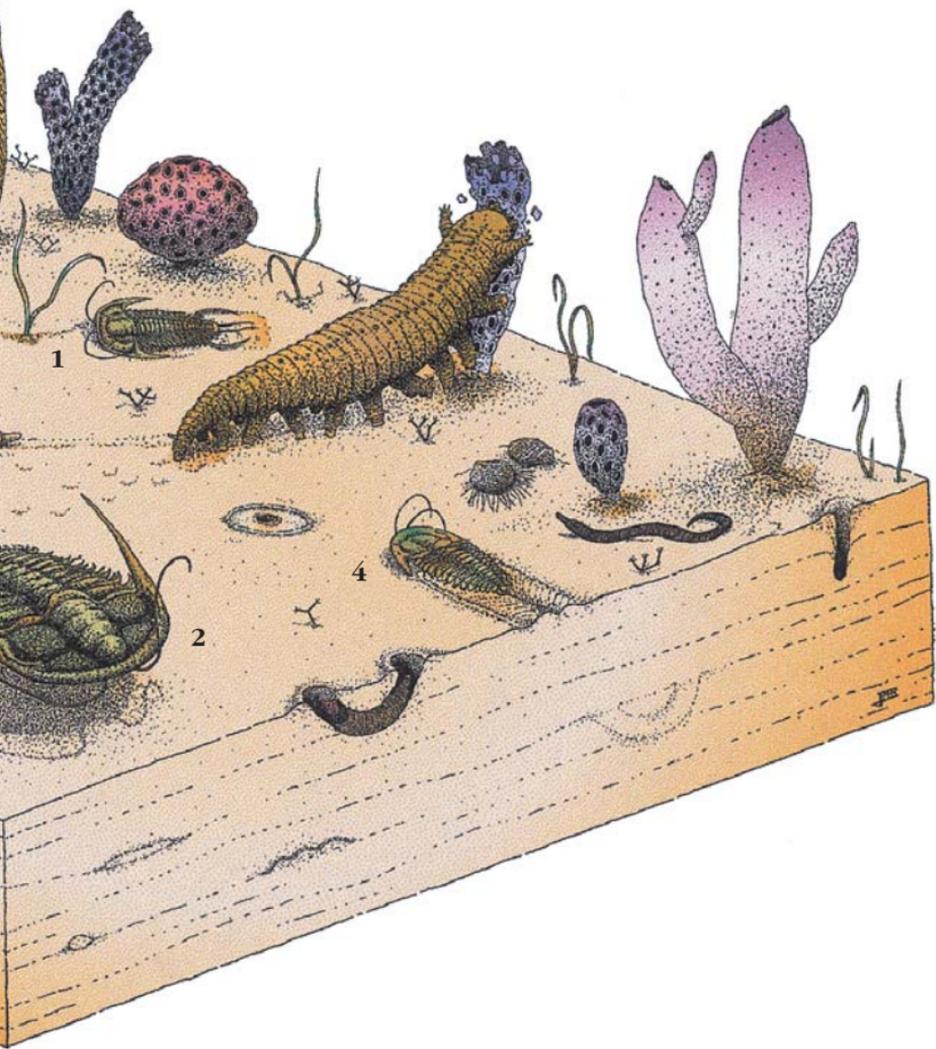
años, en el fondo de una plataforma marina (ambiente sublitoral), en el periodo final del Precámbrico denominado Véndico (entre -600 y -550 millones de años). En este periodo, al parecer, todas las masas continentales estaban formando un único macrocontinente o Pangea; esto explicaría la interrupción sedimentaria y la falta de fósiles que existe en el límite Precámbrico-Cámbrico en muchas partes del mundo, como sucede también en Aragón.

CÁMBRICO. CUANDO LA VIDA ECLOSIONÓ

Los afloramientos de estratos cámbricos aragoneses son extensos y se localizan dentro del Sistema Ibérico (en los



Recreación de un fondo marino al final del Cámbrico Inferior mostrando un sustrato de algas filamentosas, gusanos (primer plano), braquiópodos (izquierda) y un equinodermo carpoideo (al fondo).



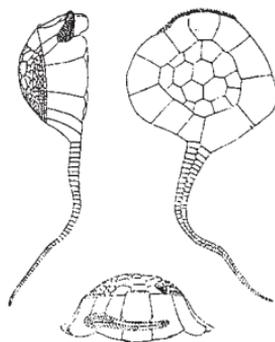
...mentosas y esponjas; además de trilobites (1-4), un hyolito (centro), un gran onicóforo (derecha),
...ndo a la izquierda). Según datos procedentes de los yacimientos de Murero (Zaragoza)

núcleos de la Cadena Ibérica Oriental y de la Cadena Ibérica Occidental), principalmente en la provincia de Zaragoza, donde se encuentran los yacimientos más fosilíferos; pero también existen fósiles muy deformados en el norte de la provincia de Teruel. En la zona axial del Pirineo, algunos terrenos podrían ser cámbricos por su aspecto (facies) y situación geológica, pero en ellos aún no se han encontrado fósiles.

Los estratos cámbricos aparecen por primera vez repletos de fósiles, con una sorprendente variedad en comparación con los precámbricos. Esto se ha relacionado con la aparición de un proceso de radiación evolutiva que afectó a los animales invertebrados, muchos de los cuales —como los moluscos, los artrópodos, los equinodermos y los braquiópodos— aparecen súbitamente en el registro fósil, protegidos ya con un esqueleto de carbonato cálcico, fosfato cálcico o quitina (una sustancia orgánica muy resistente). El origen de este fenómeno de diversificación se ha asociado al proceso de fracturación del macrocontinente precámbrico (Pangea), que produjo una transgresión marina generalizada (la transgresión cámbrica) al inundar el mar las cicatrices de separación abiertas entre las nuevas placas continentales desgajadas del macrocontinente: se abrieron, así, nuevos nichos marinos donde se desarrollaron las faunas y floras cámbricas que los colonizaron. Esta etapa es conocida también como “la explosión” o el “Big Bang de la vida”, puesto que en el Cámbrico aparecen

registrados más del 75% de los principales grupos animales que viven en la actualidad. No obstante, la duración exacta de esta radiación es todavía motivo de controversia.

Los fósiles aragoneses del Cámbrico son exclusivamente marinos y sus yacimientos han alcanzado fama internacional. Entre los artrópodos destacan los **trilobites**, un grupo primitivo que se extingue al final de la Era Paleozoica; se caracteriza por un cuerpo trilobulado, dotado de numerosos apéndices para caminar o nadar y provisto de unos ojos compuestos con visión tridimensional. Entre los moluscos y formas afines destacan los **hyolitos**, fósiles con una valva cónica y un opérculo (a modo de tapadera), que pronto se extinguirían. Entre los **braquiópodos** se han encontrado especímenes con las valvas tanto fosfáticas (inarticuladas) como calcíticas y articuladas. Los **carpoideos** son, entre los equinodermos, el grupo fósil más abundante; dotados de un esqueleto interno de placas calcíticas que forman una especie de paleta, se extinguieron al final del Cámbrico. Los mejores registros mundiales de carpoideos se encuentran sin duda en Aragón. La especie más conocida es *Decacystis hispanicus*. Entre otros grupos registrados figuran algas filamentosas, poríferos (esponjas) y gusanos marinos (anélidos y onicóforos).



Carpoideo



El género de trilobites Paradoxides, que caracteriza el Cámbrico Medio. Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza

El Cámbrico es el periodo de los trilobites por excelencia: en Aragón se conocen unas setenta y cinco especies diferentes, entre las que destacan las denominadas (por referencia a los topónimos correspondientes) *Badulesia*, *Hamatolenus jilocanus*, *Hamatolenus ibericus* y *Paradoxides mureroensis*, todas ellas presentes en el célebre yacimiento de Murero.

Los materiales cámbricos que conforman el solar aragonés se acumularon, a veces, en regiones deltaicas y litorales, pero sobre todo en ambientes marinos sublitorales de poca profundidad, donde la vida estaba más diversificada y donde unas condiciones geológicas excepcionales permitieron la conservación de las diferentes comunidades marinas; de ahí que hoy tengamos la suerte de poseer, en la localidad de Murero, uno de los mejores laboratorios naturales conocidos para estudiar los aspectos más relevantes del desarrollo de la vida en la Tierra, en el periodo comprendido entre -520 y -510 millones de años.

ORDOVÍCICO. ANIMALES COLONIALES Y GLACIACIONES

El Ordovícico fue un periodo geológico que, iniciado hace aproximadamente 500 millones de años, terminaría sesenta millones de años después, por lo que es uno de los periodos más largos del llamado “Eón de la Vida”, es decir, el Eón Fanerozoico, iniciado hace 550 millones de años y que llega hasta la actualidad.

Las rocas ordovícicas afloran en los núcleos de la Cadena Ibérica Oriental y de la Cadena Ibérica Occidental, tanto en la provincia de Teruel como en la de Zaragoza, donde se encuentran los yacimientos más fosilíferos. También se localizan rocas fosilíferas al sur de la provincia de Teruel, en el núcleo de las Cadenas Hespéricas, cerca de Albarra-cín y Sierra Menera. Debido a su dureza y a la resistencia que presentan a la erosión, los materiales de esta edad suelen conformar los mayores relieves montañosos del Sistema Ibérico.

Si al final del Cámbrico se dieron en Aragón depósitos litorales con escasos fósiles, dentro de un proceso de retirada del mar, los estratos ordovícicos, por el contrario, se presentan originados dentro de una transgresión marina y, en general, con numerosos y muy variados fósiles. El registro paleontológico de este periodo representó una cierta renovación de las faunas marinas cámbricas anteriores. La

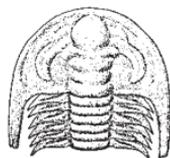
existencia de un amplio océano situado al norte de Aragón favoreció la aparición de caracteres endémicos (es decir, locales) en las comunidades de animales que vivían en el fondo (bentónicas).

Los fósiles ordovícicos más frecuentes en los estratos inferiores son las pistas fósiles llamadas *Cruziana*. Son huellas de arrastre de artrópodos de gran tamaño, dejadas en ambientes marinos sublitorales mientras éstos se alimentaban de la capa de nutrientes depositada en el fondo. Los ejemplares más espectaculares por su conservación y tamaño proceden sin duda de Aragón, donde se han definido las especies *Cruziana rugosa* y *Cruziana moncaiensis* (típica del Moncayo). Los trilobites son también muy frecuentes (sobre todo, los géneros *Neseuretus* y *Placoparia*), así como los braquiópodos de valvas articuladas, entre los que destaca la especie *Oxoplecia luesmae* (descubierta en el pueblo de Luesma).

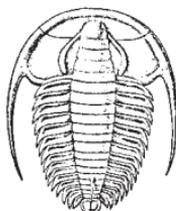
También los **bivalvos** (moluscos habitualmente provistos de dos valvas de igual tamaño que les sirven de protección) aparecen ya en el Ordovícico Inferior en Aragón.

Hacia el Ordovícico Medio, la subida del nivel del mar en el sur de Europa determinó la implantación en el solar aragonés de un fondo marino de aguas calmas y ricas en oxígeno, donde florecieron, durante un breve espacio de tiempo, extensas praderas de **briozoos**. Estos diminutos animales coloniales son también conocidos como “anima-

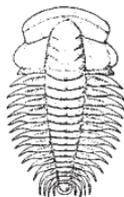
TRILOBITES DEL CÁMBRICO INFERIOR DE LA CORDILLERA IBÉRICA



Andalusiana



Redlichia



Hamatolenus



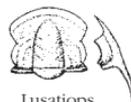
Termeriella



Mimacca



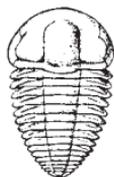
Kingaspis



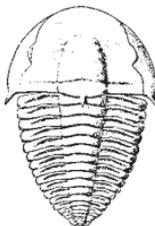
Lusatiops



Alueva



Ellipsocephalus

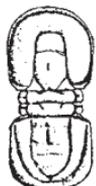


Agraulos



Strenuaeva

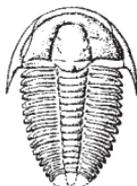
TRILOBITES DEL CÁMBRICO MEDIO DE LA CORDILLERA IBÉRICA



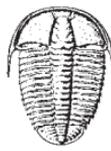
Peronopsis



Condylopyge



Bailiella



Conocoryphe



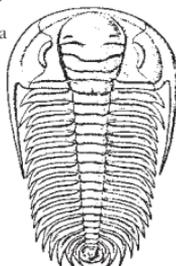
Ctenocephalus



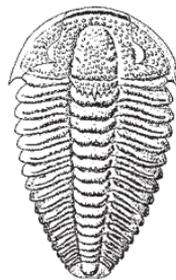
Badulesia



Pardailhania



Paradoxides



Solenopleuropsis

les musgo". Viven en los huecos de un frágil esqueleto arborescente o en forma de tapiz, de modo que crearían unas condiciones de habitabilidad que fueron aprovechadas también por braquiópodos, equinodermos y gasterópodos (caracoles) marinos, representados por pocas especies. Todos juntos formaron la comunidad animal de este delicado pero singular ecosistema, que desaparecería rápidamente con la llegada de aluviones de arena sobre el fondo y sería pronto colonizado por organismos vermiformes (gusanos) que dejarían sobre estas nuevas rocas sus pistas fósiles en forma de galería.

En el Ordovícico Superior, una mejora climática generalizada favoreció la proliferación de microbios que formaron, por precipitación, bancos de rocas calizas, y la instalación de una nueva comunidad marina más diversificada que la anterior. Aparecieron entonces amplias praderas de **crinoideos**, un tipo de equinodermo con un tallo flexible que vive fijo al suelo y cuyos representantes actuales se conocen como "lirios de mar". Los crinoideos se alimentaban de partículas en suspensión que capturaban con el concurso de una especie de brazos en forma de corona que rodeaban su boca. Con ellos convivieron otros grupos de equinodermos, braquiópodos, algunos briozoos y trilobites.

Aunque existieron glaciaciones en épocas anteriores al Ordovícico, al final de este periodo geológico encontramos

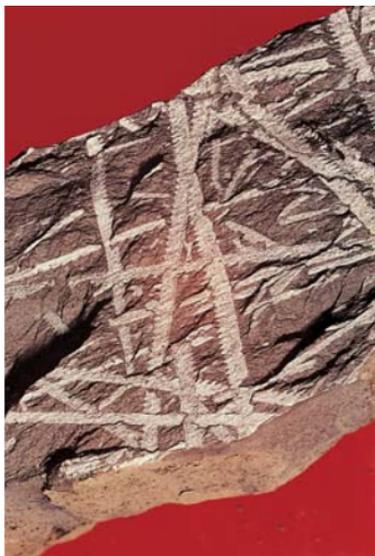
las primeras rocas glaciares depositadas en Aragón, que contienen, como únicos fósiles, algas microscópicas. Estas rocas se formarían mediante pequeños cantos caídos sobre un fondo marino al derretirse el hielo que los transportaba. Todo esto se debió a la formación de un casquete de hielo sobre gran parte de África que produjo no sólo un enfriamiento generalizado sino también un descenso del nivel del mar, por lo que, finalmente, quedaría emergida gran parte de la antigua plataforma marina ordovícica.

SILÚRICO Y DEVÓNICO.

LA DIVERSIFICACIÓN DE LA VIDA EN LOS MARES

Las rocas de los periodos Silúrico y Devónico están profusamente representadas en el Pirineo Axial, en la Cadena Ibérica Oriental y en las Cadenas Hespéricas. La finalización del periodo glacial del Ordovícico marca un hito en la historia geológica y paleontológica de Aragón: el deshielo postglaciar produjo un rápido ascenso del nivel del mar que inundó amplias extensiones con la formación de ambientes marinos euxínicos (escasos en oxígeno), desfavorables, por tanto, para el desarrollo de vida en los fondos.

Los fósiles silúricos por excelencia son los **graptolitos**, que ya habían aparecido en el Cámbrico. Fue un grupo fósil del Paleozoico que constituyó colonias en forma de



Pizarra con graptolitos

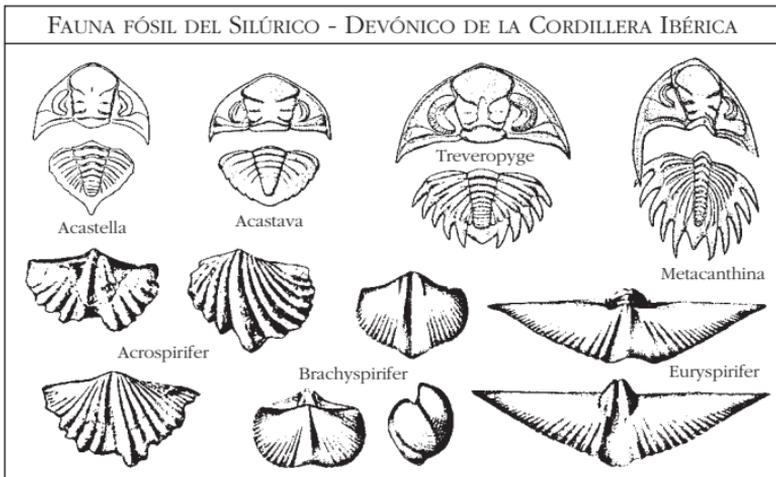
peine, unidas, por un extremo, a una vejiga que los mantenía flotando sobre las aguas superficiales (eran mayoritariamente planctónicos). Sus cadáveres se irían acumulando sobre un fondo rico en materia orgánica sin oxidar que, al consolidarse, produjo las pizarras negras con graptolitos que se encuentran muy extendidas en los afloramientos de rocas de este periodo.

El Devónico Inferior no es demasiado rico en fósiles. Está representado por rocas marinas de poca profundidad e incluso costeras. En las Cadenas Ibéricas son mayoritarias las rocas silíceas formadas en ambientes marinos someros y agitados, donde son frecuentes las pistas fósiles producidas por organismos de cuerpo blando y constituidas por complejas galerías de alimentación y habitación. También aparecen braquiópodos de concha robusta y fuertes costillas. En el Pirineo Axial, las rocas son más carbonatadas y contienen **conodontos**, un tipo de fósiles fosfáticos en forma de dientes que, según sabemos hoy, son piezas pertenecientes a peces primitivos.

Los depósitos de tierras (terrigenos) se interrumpieron pronto y una mejora climática favoreció la generalización de fondos carbonatados ricos en microbios sintetizadores, donde florecieron los corales y las praderas de briozoos y crinoideos; no en vano el Devónico es conocido como el periodo de los arrecifes. En estos fondos marinos se diversificó, como nunca hasta entonces, la

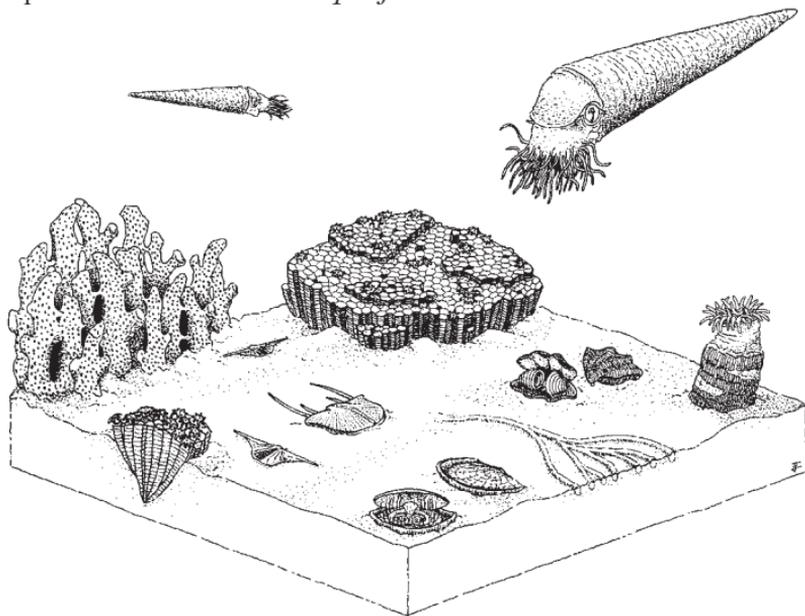


Conodonto del Devónico del Pirineo



Trilobites y braquiópodos más frecuentes del Silúrico y Devónico de Aragón

vida: aparecieron numerosas familias de braquiópodos, trilobites, ostrácodos (diminutos artrópodos protegidos por dos valvas), peces, bivalvos, gasterópodos y cefalópodos de concha recta (ortocerátidos). De entre los trilobites destacan las especies del género *Phacops*, con sus enormes ojos compuestos, y de entre los braquiópodos, el braquiópodo con forma alada *Spirifer*.



Recreación de un fondo marino del Devónico de Aragón. Abajo (medio bentónico), diferentes corales y en el centro, diversos braquiópodos y una pista ramificada de alimentación. Arriba, surcando el medio pelágico, dos cefalópodos de concha recta (ortocerátidos), muy frecuentes en el Pirineo

El final del Devónico coincide con un descenso del nivel del mar generalizado en todo el Planeta, lo que dio paso a un aumento de las tierras emergidas durante el Carbonífero y que coincidió con una fuerte extinción de las formas marinas (aproximadamente, el 19% de las familias y el 75% de las especies), sobre todo las que eran formadoras de arrecifes. En total, el Silúrico y Devónico representan un lapso de setenta millones de años (entre los -440 y los -360 millones de años).

CARBONÍFERO Y PÉRMICO. LOS PRIMEROS BOSQUES

El Carbonífero y el Pérmico van a caracterizar un tiempo geológico situado entre 360 y 250 millones de años atrás; en él eclosiona la vida en tierra firme y se producen hitos evolutivos únicos: los reptiles son los primeros vertebrados que se independizan del medio acuático mediante el desarrollo del huevo amniótico, las plantas gimnospermas (con flores y sin frutos) desarrollan el método polen-semilla y los insectos sufren su primera gran diversificación coincidiendo con el desarrollo de las estructuras respiratorias y de las alas.

Las rocas del Carbonífero son escasas en Aragón y se sitúan en afloramientos aislados. Del Carbonífero Inferior es el de Puig Moreno (Zaragoza), que contiene **foraminíferos** marinos primitivos, unos minúsculos animales unicelulares.



Recreación de un bosque carbonífero

lulares del reino protista que estaban provistos de una concha calcítica. Son los registros más antiguos conocidos en Aragón y están acompañados por conodontos. Otro afloramiento marino es el de Montalbán (Teruel), que presenta muy escasos fósiles.

Durante el Carbonífero Superior se individualizan en Aragón pequeñas cuencas continentales próximas al mar, de las que existen escasos afloramientos. En el sur de la provincia de Zaragoza, las rocas de esta edad contienen diminutas pistas fósiles producidas por organismos vermi-

formas y artrópodos que vivían en el fondo de pequeños lagos. También se conocen plantas y árboles fósiles permocarboníferos, vestigios que fueron de las áreas boscosas que rodeaban las zonas húmedas y que han quedado selladas en el interior de rocas volcánicas. Fósiles de vegetales terrestres también se encuentran en las rocas pérmicas del Pirineo oriental oscense y en Masegoso (Teruel).

Al final del Pérmico, hace 250 millones de años, perecen el 54% de las familias y más del 90% de los animales mari-



Recreación de un ecosistema continental, muy parecido al que caracterizó al solar aragonés durante el Pérmico (según Corsin, 1970)

nos. Fue, sin duda, la mayor extinción que ha habido en la historia del planeta. Entre otros, desaparecen para siempre los trilobites y muchos insectos, pero sobreviven algunos reptiles mamíferoides que darán lugar, mucho después, a los verdaderos mamíferos.

TRIÁSICO. DESPUÉS DE LA GRAN EXTINCIÓN PALEOZOICA

Las rocas triásicas (aproximadamente de 250 a 210 millones de años de antigüedad) son muy frecuentes en el territorio aragonés, pues se encuentran en todos los relieves montañosos: Pirineo, Cadenas Ibéricas y Cadenas Hespéricas. En este periodo se registra la aparición de los primeros dinosaurios (hace 230 millones de años) y, seguidamente, su diversificación, que coincidirá con la aparición de los primeros mamíferos, ya hacia el final del periodo. En Aragón, los terrenos triásicos se presentan en general con pocos fósiles, y ello a pesar de que sus estratos alcanzan grandes espesores.

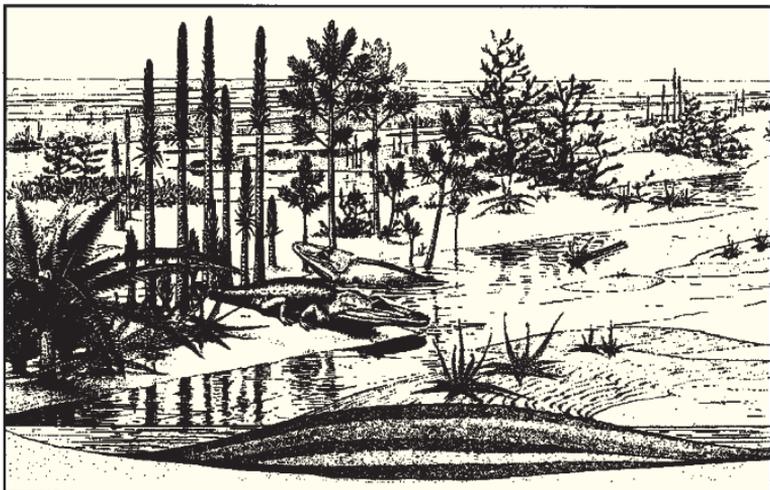
Las rocas del Triásico Inferior son mayoritariamente silíceas y contienen numerosas pistas fósiles producidas por organismos de cuerpo blando, como gusanos y artrópodos, al ocultarse o desplazarse sobre el fondo de los grandes lagos que cubrían en ese tiempo la mayor parte de Aragón; también, de anfibios y reptiles, como los de Peñarroya (Teruel). A veces, al fondo de los lagos llegaban

troncos, ramas, hojas y semillas de los bosques periféricos, que han fosilizado en diversos puntos de la provincia de Zaragoza junto con restos de polen. Los primeros anfibios del Triásico aragonés, como el *Laurosaurius balsami*, fueron encontrados en Huesca a principios del siglo XX.

Las rocas del Triásico Medio tienen poco espesor y contienen escasos bivalvos y algunas pistas fósiles, testigos de una invasión marina que marca esta época. En el Triásico Superior se forman grandes lagunas hipersalinas próximas a la costa, donde también escasean los fósiles por las especiales condiciones de aridez. En cualquier caso, la investigación paleontológica del Triásico aragonés no ha hecho sino empezar.



Roca con pistas de anfibios y reptiles del Triásico de Peñarroya (Teruel)



Recreación de los ecosistemas del Triásico (según Gall y Gruvogel-Stamm)

Los especialistas consideran que, al final del Triásico, tuvo lugar a nivel mundial una pequeña extinción en masa (hasta el 23% de las familias existentes) que hizo desaparecer, entre otros, a los reptiles mamíferoides y que favoreció el desarrollo de los dinosaurios, que se produjo especialmente durante el Jurásico.

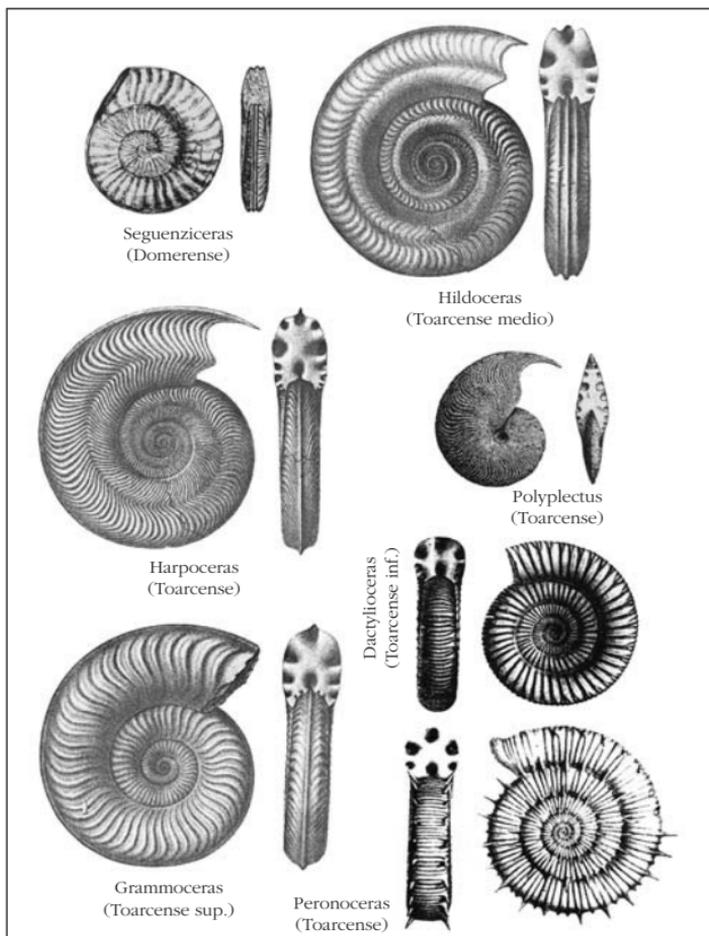
JURÁSICO. LOS MARES CÁLIDOS

Las rocas jurásicas de Aragón se extienden por las alineaciones montañosas de las tres provincias, bordeando los núcleos paleozoicos y abarcando una amplia zona. En

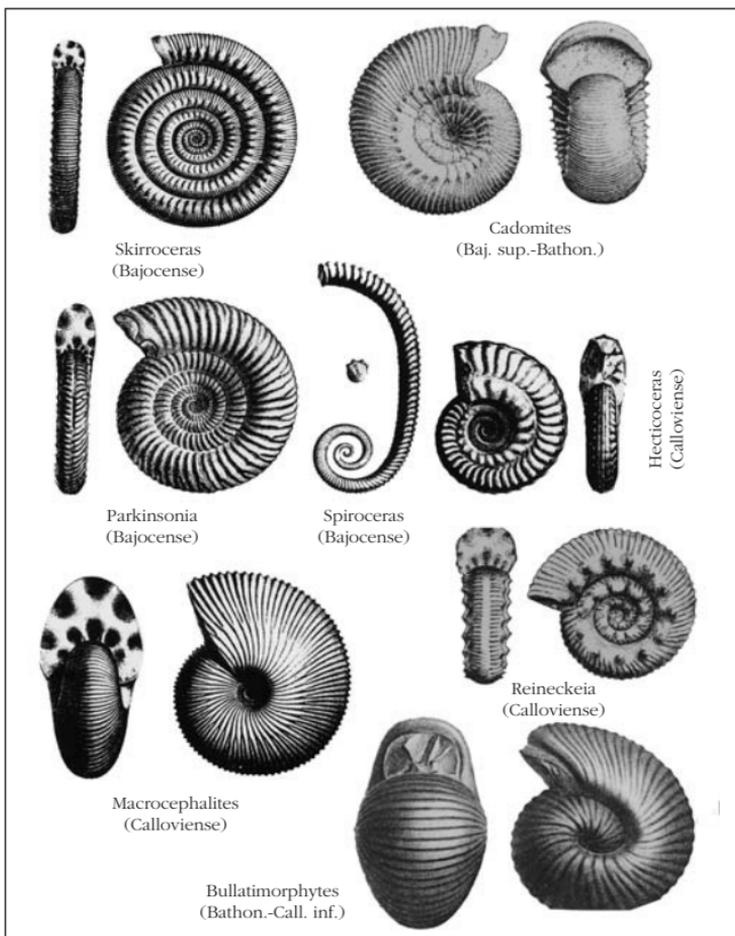
su mayoría se trata de rocas marinas carbonatadas muy fosilíferas, cuyos yacimientos son famosos desde finales del siglo XIX, cuando comenzaron a investigarse. Precisamente por ello, los dinosaurios jurásicos, que se encuentran generalmente en estratos continentales (su habitual medio), son muy escasos en Aragón, frente a lo que sucede en otros lugares.

El Jurásico representó un periodo de mejora climática en el que se produjo un progresivo ascenso del nivel mar: se ampliaron las cuencas marinas y las anteriores áreas emergidas de Aragón quedaron invadidas por las aguas, depositándose extensos barros carbonatados —producidos por la acción de algas y otros microorganismos— en los nuevos fondos marinos. Sólo hacia el final del Jurásico cambia la tendencia transgresiva y se inicia un brusco descenso del mar.

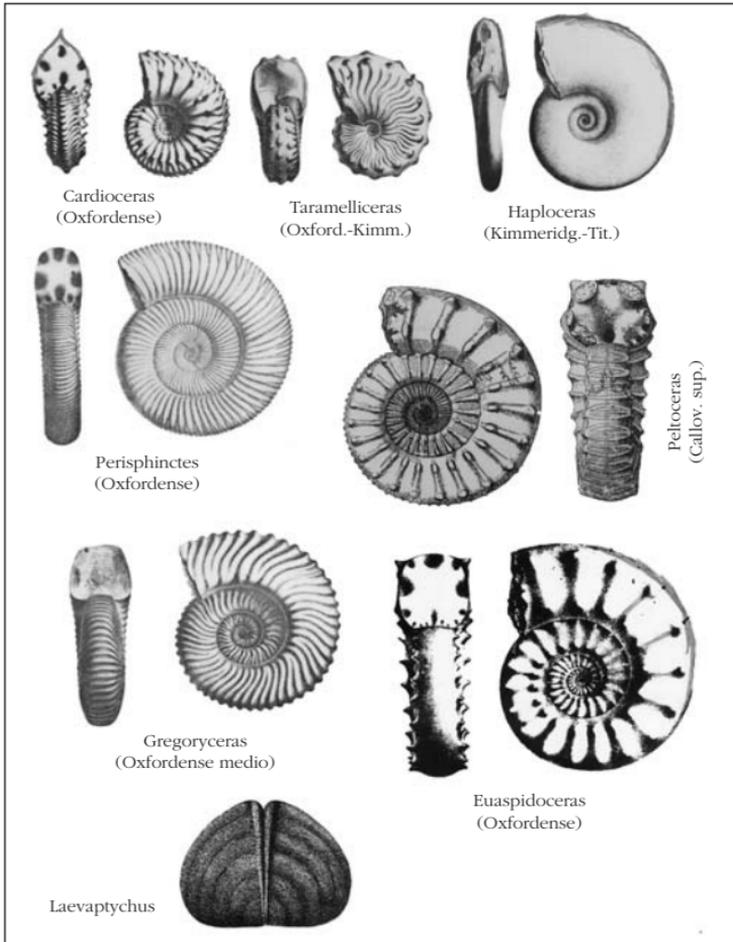
Los fondos marinos creados en el Jurásico Inferior son pronto colonizados por algas, braquiópodos, belemnites y bivalvos, e inmediatamente después, por ammonites. Los belemnites y ammonites son dos grupos de moluscos cefalópodos bien diferentes: los **belemnites**, relacionados con el calamar actual, eran activos nadadores provistos de un esqueleto calcítico en forma de proyectil, por lo que se les conoce en algunos pueblos de Aragón como “balas de moro”. Los **ammonites**, conocidos como “cuernos” del dios egipcio Ammon, tuvieron cierto parentesco con el



Ammonites característicos del Jurásico Inferior



Ammonites característicos del Jurásico Medio



Ammonites característicos del Jurásico Superior

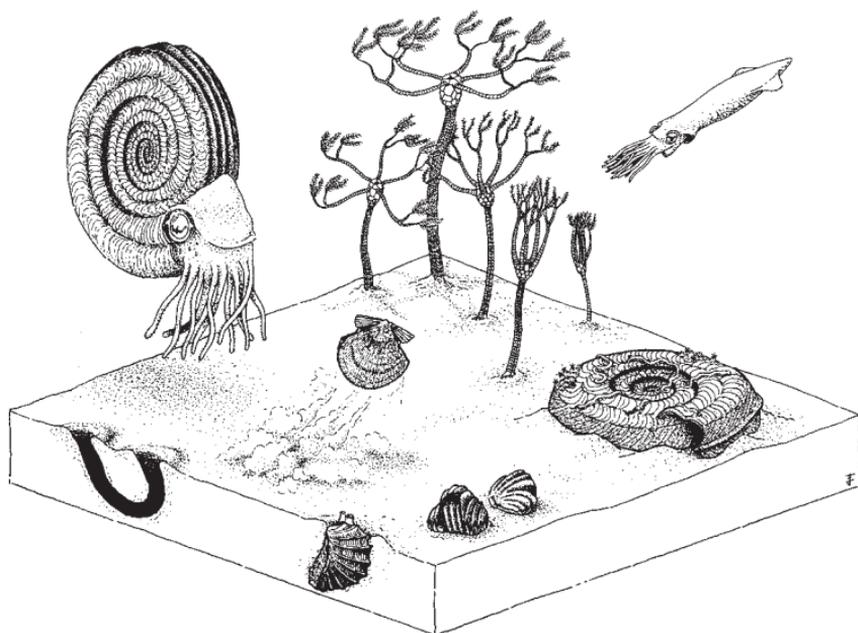
Nautilus actual y, como éste, se desplazaban por las aguas marinas mediante la propulsión de gases encerrados en su concha camerada, al final de la cual vivía el animal. También son abundantes los gasterópodos, que vivieron desplazándose por el fondo; y, entre los equinodermos, los erizos de mar y los crinoideos, representados por el género *Pentacrinus*, provisto de un tallo con sección pentagonal. Las esponjas son muy frecuentes en las rocas del Jurásico Medio y Superior, sobre todo al principio del Superior, en que llegaron a constituir auténticos arrecifes. Más raros son los corales, que, en general, se encuentran solitarios, aunque llegaron también a formar pequeños arrecifes al final del periodo.

Los vertebrados son más escasos en el Jurásico aragonés; casi siempre son peces y reptiles marinos, que rara vez se encuentran completos. Uno de los fósiles más famosos es el cocodrilo de Ricla: se trata de una cabeza comple-



Esqueleto de la cabeza del cocodrilo de Ricla

ta de un cocodrilo marino provisto de una aleta caudal que apareció en el Jurásico de esta localidad durante las prospecciones que realizó un equipo de la Universidad de Zaragoza y del Departamento de Educación y Cultura sobre el trazado previsto para el tren de alta velocidad. En



Fondo marino del Jurásico Inferior aragonés: abajo, crinoideos de brazos ramificados, pistas fósiles, una pareja de braquiópodos (Rhynchonellidos), un bivalvo enterrado (Trigonia); a la derecha, una concha de ammonites ya muerto colonizada por anélidos y briozoos. Suspendingos en el agua, dos cefalópodos: un ammonites a la izquierda y un belemnites a la derecha; y otro bivalvo en el centro (Pectinido)

el Jurásico Superior de Teruel se encuentran facies continentales que contienen peces, anfibios, algunos dinosaurios, los primeros fósiles de mamíferos que conocemos y algunos restos de plantas.

El Jurásico fue un periodo geológico comprendido aproximadamente entre -210 y -145 millones de años, que marcó el máximo desarrollo de los dinosaurios y la aparición de las aves con plumas y sangre caliente, acaecida en el Jurásico Superior (hace 150 millones de años).

CRETÁCICO. EL APOGEO DE LOS DINOSAURIOS Y SU EXTINCIÓN

Las rocas cretácicas aparecen en dos grandes afloramientos situados en las estribaciones pirenaicas oscenses y en las Cadenas Ibéricas, especialmente en la provincia de Teruel.

El periodo Cretácico comenzó hace unos 145 millones de años y terminó 80 millones de años después, coincidiendo con otra gran extinción, la que marca el paso del Mesozoico al Cenozoico, que es la última era geológica.

Las rocas de transición entre el Jurásico y el Cretácico contienen fósiles de peces, anfibios, reptiles y mamíferos que nos sugieren que fueron formadas en lagos o ríos próximos al mar. Destacan por su abundancia los cocodrilos y,

sobre todo, los restos de dinosaurios, entre los que se encuentran los géneros *Aragosaurus* e *Iguanodon*, una buena representación de cuyos fósiles puede verse en Galve (Teruel) y en otras muchas localidades turolenses, como Ariño, Castellote y Peñarroya de Tastavins. En el Cretácico Inferior tardío se produjeron, en el área de Andorra-Esteruel-Utrillas-Castellote, extensos depósitos de carbón en un medio litoral-deltaico. Estas capas son ricas en fósiles de moluscos y plantas y, excepcionalmente, contienen ámbar.



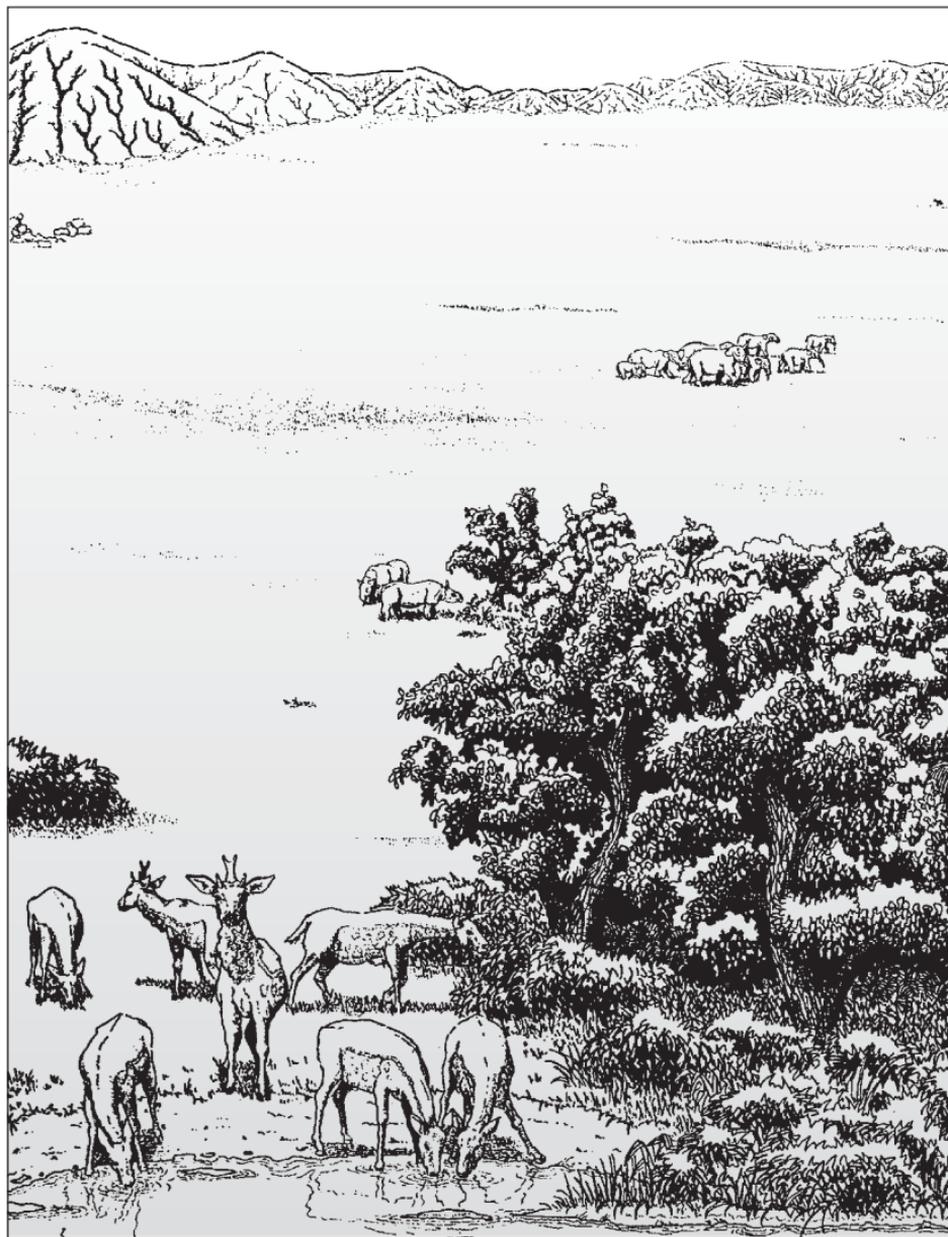
Reconstrucción a tamaño natural de un ejemplar de Aragosaurus expuesto en Galve (Teruel) junto a otras maquetas de dinosaurios

El inicio de una nueva invasión marina durante esta época determinó el hecho de que el resto del Cretácico aragonés presente, preferentemente, rocas marinas, con abundantísimos fósiles entre los que se encuentran foraminíferos, crustáceos, equinodermos, braquiópodos, ammonites, gasterópodos y bivalvos. Entre estos últimos, destacan los arrecifes de **rudistas**, organismos que tienen una valva cónica muy desarrollada y fija al suelo y otra valva dispuesta a modo de tapadera. Son frecuentes en el Pirineo y también en el Maestrazgo.

El final del Cretácico coincide en Aragón con una nueva retirada del mar. A escala global, se produce una extinción en masa en la que desaparece un 17% de las familias y el 70% de las especies. Entre otros, se extinguen para siempre los grandes grupos que dominaron durante el Mesozoico, es decir, los dinosaurios en tierra firme y los ammonites en el mar. Los últimos dinosaurios aragoneses pertenecen a los herbívoros Hadrosáuridos y se encuentran en la localidad oscense de Arén, en unos estratos próximos al nivel en el que se sitúa el límite que marca la gran extinción del Cretácico-Terciario.

TERCIARIO. LA DEFINITIVA EMERSIÓN DE ARAGÓN

El Terciario ocupa la mayor extensión de afloramientos del solar aragonés. Sus terrenos se esparcen por gran parte del Prepirineo y por las depresiones del Ebro, de



Reconstrucción de un paisaje del Terciario de la depresión del Ebro



y los sistemas montañosos adyacentes en proceso de formación

Calatayud-Teruel y del Duero, donde recubren los materiales de épocas más antiguas.

Comprende un lapso de tiempo geológico de unos 63 millones de años (entre -65 y -1,8 millones de años) en el que, a nivel planetario, tuvo lugar el gran desarrollo de los mamíferos y la aparición, hace cuatro millones de años, de los primeros homínidos en África.



*Caliza de foraminíferos del Eoceno (Terciario)
del Pirineo oscense, depositada durante
la última invasión marina*

El rasgo esencial de Aragón durante el Terciario es la formación definitiva de sus dos grandes relieves: el Pirineo y el Sistema Ibérico (que se había iniciado en el Cretácico Superior con el plegamiento alpino), al tiempo que queda definitivamente emergida toda la superficie de su actual territorio. Sólo hasta la mitad del periodo, un ancho brazo de mar se situó por un corto espacio de tiempo al pie del

Pirineo, uniendo el Mediterráneo con el Cantábrico y dejando numerosos fósiles marinos: son las famosas calizas de *Nummulites* del Pirineo y otras formaciones rocosas adyacentes, que contienen grandes bancos de foraminíferos y una multitud de fósiles marinos como braquiópodos, moluscos, anélidos, cocodrilos, crustáceos peces y erizos, mudos testigos de los postreros fondos marinos aragoneses.

Con la emersión y retirada de este brazo de mar, encontramos encajada en el Terciario Superior una importante red fluvial que bajaba desde los relieves pirenaicos e ibéricos hasta el sistema de grandes lagos —rodeados por bosques tropicales de palmeras y de praderas— que se habían formado en las partes bajas, las cuales se irían colmatando hasta alcanzar la actual fisonomía de las depresiones del Ebro, del Duero y de Calatayud-Teruel.

En las rocas formadas en estos lagos es frecuente encontrar fósiles de los vegetales (algas carofitas, musgos) y animales (moluscos, insectos, anfibios y ostrácodos) que los habitaron. Pero también aparecen otros fósiles que proceden de los ambientes de bosques y “sabanas” periféricos, entre ellos mastodontes, rinocerontes, suidos (familia de los cerdos) como la especie *Conohyus ebroensis*, équidos (familia de los caballos) como *Hipparion concudensis* y ruminantes como *Hispanomeryx aragonensis* y *Tauromeryx turiasonensis*, cuyos restos fueron transportados por las corrientes fluviales hasta los estratos lacustres.

CUATERNARIO. LA LLEGADA DEL HOMBRE

Los restos de fósiles conocidos correspondientes a este periodo provienen de las terrazas de los grandes ríos y de los depósitos del interior de algunas cuevas.

A principios del Pleistoceno se dio un clima cálido y una permanente presencia de agua; pero, posteriormente, las condiciones climáticas se endurecieron y aparecieron ani-



Reconstrucción de un paisaje del Cuaternario, durante la época de las grandes glaciaciones

males de climas fríos, como el mamut lanudo (*Mamuthus primigenius*) y el rinoceronte lanudo, que nos han dejado sus fósiles en las terrazas del Ebro. Existen también fósiles de puercoespines, ratas de agua, ratones de campo, hipopótamos, primates, gacelas, conejos, caballos y cérvidos en diversos yacimientos de las tres provincias aragonesas.

Los primeros restos humanos conocidos proceden de la cueva de Gabasa (Huesca), donde se han encontrado diversas piezas dentarias y óseas del Hombre de Neanderthal. Restos más modernos del Hombre de Cromagnon han aparecido en la Cueva de las Graderas en Molinos (Teruel), lo que nos indica una edad de poblamiento de unos 55.000 años.

Es de esperar, si tenemos en cuenta la proximidad de Atapuerca, en Burgos (donde se han encontrado homínidos de unos 800.000 años de antigüedad), que los incipientes estudios de Paleoantropología en Aragón nos deparen aún grandes y gratas sorpresas.

LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO



LA LEGISLACIÓN

Los fósiles constituyen un valioso patrimonio, que a todos pertenece y que exige una adecuada conservación en un Museo Paleontológico, con una legislación específica para protegerlo.

El patrimonio paleontológico, sin embargo, no lo integran únicamente los fósiles, sino también los estratos que los contienen o, lo que es lo mismo, los yacimientos paleontológicos. Tenemos que ser conscientes de que si se extraen indiscriminadamente los fósiles de sus estratos, quedan rotas las páginas escritas de ese libro de la vida que es la corteza terrestre, cuyas letras son los fósiles; y también de que, por muchas "letras" o fósiles que cojamos, sólo seremos capaces de leerlas con coherencia en el contexto del propio yacimiento.

Por eso, los fascinantes fósiles que nos deslumbran en los museos y en las grandes exposiciones deben ir acompañados de un riguroso estudio de campo, pues de otra forma pierden gran parte de la inapreciable información que nos brindan sobre la maravillosa historia de la vida y

sirven más como objeto decorativo que como elemento cultural o científico. Esta peculiaridad ha hecho necesario limitar la recolección de fósiles. Por otra parte, el desmedido afán actual por el coleccionismo de estas extraordinarias piezas y su empleo como elemento ornamental ha generado un intenso comercio y extracción que se ha creído conveniente regular mediante leyes autonómicas, nacionales e internacionales.

La mayoría de los estados europeos y de los gobiernos autónomos españoles tienen normas que regulan las prospecciones y excavaciones paleontológicas. En España, la primera Comunidad sensibilizada por este patrimonio fue la aragonesa, que contó con un decreto pionero de regulación de prospecciones y excavaciones paleontológicas en 1985 (16/1985, BOA del 8 de Marzo) al que seguirían otros hasta el actual Decreto 5/1990 (BOA del 27 de Febrero) del Departamento de Educación y Cultura y la ley 3/1999 de 10 de Marzo (BOA de 29 de Marzo), del Patrimonio Cultural Aragonés.

El patrimonio paleontológico forma parte del Patrimonio de la Humanidad y como tal se incluye en la UNESCO, que ha desarrollado un programa (denominado *Geological Sites World Heritage*) mediante un Grupo de Trabajo, en colaboración con la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), el Programa Internacional de Correlación Geológica (IGCP) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

LAS SOCIEDADES CIENTÍFICAS Y LAS ASOCIACIONES ARAGONESAS

La conciencia social acerca de la originalidad y el valor único del patrimonio paleontológico ha ido tomando cuerpo en los últimos años en Aragón. Fruto de ello fue la creación de la Sociedad Española de Paleontología, que tuvo su asamblea constituyente en 1985 en Zaragoza, así como de otras iniciativas de aficionados que han ido surgiendo en todo el país, que resultan indicativas de la creciente preocupación que existe hacia la preservación de este patrimonio y del interés por la promoción de sus valores.

En Aragón, esta sensibilidad se ha materializado en la creación, en 1983, de la Asociación Paleontológica Aragonesa, a la que siguió la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico, de la Universidad de Zaragoza, que nos ofrece la excelente revista *Naturaleza Aragonesa*. Ambas asociaciones vienen prestando una altruista e inapreciable ayuda al conocimiento y defensa del patrimonio paleontológico; su enorme importancia sólo podrá valorarse cuando dispongamos de suficiente perspectiva histórica. Otras asociaciones culturales dignas de destacarse son la Asociación Cultural Bajo Jalón, que desarrolla desde hace diez años las célebres y multitudinarias Jornadas de Paleontología en la localidad zaragozana de Ricla; el Colectivo de Artistas Plásticos de la Margen Izquierda del Ebro, con su

internacional “Ruta del Arte”, en la que se incluyen actividades paleontológicas, y la dinámica Sociedad Aragonesa de Entomología. Todas ellas colaboran estrechamente con el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza, al igual que otras asociaciones españolas lo hacen con sus museos más próximos, al objeto de difundir las excelencias de un patrimonio del que los aragoneses pueden sentirse legítimamente orgullosos.



MUSEOS PALEONTOLÓGICOS DE ARAGÓN

Sin museos, las leyes patrimoniales de protección y regulación carecen de sentido. El **Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza** fue y es uno de los primeros instrumentos legales existentes en Aragón para evitar la pérdida de una parte importante de su patrimonio. Creado en 1985 por convenio entre el Departamento de Educación y Cultura de la Diputación General de Aragón y la Universidad de Zaragoza, contiene restos paleontológicos (fósiles) y neontológicos (restos de animales y plantas actuales), muchos de ellos especies ya desaparecidas. Se trata, pues, del lugar donde se deposita, por ley, un patrimonio que de otra manera se habría destruido, perdido o ido a parar al extranjero o a otros museos periféricos, con la consiguiente disfunción para estudiarlo y visitarlo.

Pero el Museo también es el centro donde, día a día, se inventarían los nuevos elementos adquiridos para conocer y poder tener, así, un control de qué es lo que se halla y se estudia, o dónde se restaura, repara y consolida el material que llega en mal estado. Y es asimismo, cómo no, el centro donde el material se conserva en las debidas condiciones, se vigila para que no se deteriore y se procura que sea accesible al público. En definitiva, constituye un centro de investigación de calidad —aunque no el único de la Comunidad aragonesa— donde se intenta avanzar en el cono-

cimiento del significado y el valor del patrimonio allí depositado, publicando catálogos y trabajos monográficos sobre sus fondos. La serie *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, recogida por diversas bases de datos internacionales, es un refrendo del prestigio alcanzado por estos estudios.

El Museo es, por otra parte, un lugar donde se organizan exposiciones tanto con fondos propios como ajenos. Pero sobre todo es un centro educativo a todos los niveles, incluido el universitario, por cuyas aulas pasan anualmente millares de escolares y ciudadanos que visitan las dos salas de exposición permanente (Sala Lucas Mallada y Sala Longinos Navás, la última de las cuales contiene la colección del Colegio “El Salvador”), donde pueden utilizar un material didáctico expresamente preparado para ellos.

Finalmente, el Museo Paleontológico de Zaragoza es un centro de desarrollo no tanto local de la ciudad sino también rural. Sus acciones se vuelcan prioritariamente en aquellas áreas deprimidas para las que el patrimonio paleontológico puede y debe ser una fuente de desarrollo. Los actuales centros de interpretación y salas de exposición permanente que se han formado o están formándose en localidades como, entre otras, Molinos, Galve, Peñarroya de Tastavins, Murero, Tella-Sin, Mas de las Matas, Rubielos de Mora, La Puebla de Valverde, Josa y Concud son el exponente de una apuesta del Museo Universitario por la

descentralización y la conservación *in situ* de los yacimientos más destacados, que ha venido contando con el apoyo de los sucesivos gobiernos autónomos aragoneses.

Estas actividades comenzaron en el año 1985, impulsadas desde el Departamento de Cultura de la Diputación General de Aragón, y deben culminar con la construcción del Museo de la Vida en Zaragoza. De este modo, con el Conjunto Paleontológico de Teruel que impulsa el Instituto Aragonés de Fomento, podrá configurarse un Museo Paleontológico de Aragón entendido como una red de centros, cuyos nudos de comunicación se extiendan por



Sala Lucas Mallada del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza

las tres provincias, consolidando la estructura cultural y de desarrollo económico que ya existe y transformándola en otra más sólida, moderna, eficaz y solidaria.

RUTAS PARA CONOCER LOS FÓSILES

Ruta 1: Huesca

En la provincia de Huesca se pueden visitar exposiciones de fósiles en las localidades de Tella-Sin y Arén. En la casa del Molino en **Tella**, y dentro del Centro de Interpretación del Parque Nacional de Ordesa, existe una exposición paleontológica dedicada al oso de las cavernas del Cuaternario, que está abierta al público.

El Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza, el Departamento de Educación y Cultura de la D.G.A. y el Ayuntamiento de Tella-Sin proyectan la construcción en Tella de un Centro de Interpretación sobre el Cuaternario del Pirineo. En **Arén**, el Ayuntamiento, el Gobierno Autónomo y el Museo Universitario colaboran en la investigación y exposición de los restos paleontológicos de los Hadrosaurios, los últimos dinosaurios que existieron en Aragón (que, curiosamente, tenían pico de pato). Sus hue- llas fósiles se pueden visitar en la carretera general de acceso al pueblo. Mesas de interpretación del Terciario marino pirenaico se colocarán en este año (1999) en la carretera entre Nueno y Arguis.

Ruta 2: Zaragoza-Teruel

En la provincia de Zaragoza, el yacimiento más famoso, tanto local como internacionalmente, es el de **Murero**, próximo a Daroca y a la Laguna de Gallocanta. Situado a 30 km de Calatayud y a unos cincuenta del Monasterio de Piedra, puede visitarse fácilmente desde estos dos lugares.

El yacimiento de Murero contiene 200 m de capas marinas del Cámbrico, donde se han encontrado sesenta especies diferentes de trilobites y numerosos grupos fósiles de difícil conservación que aparecen en muy pocas partes del mundo. En las proximidades del yacimiento existen tres mesas de interpretación en las que se explican sus características geológicas y paleontológicas.

El Ayuntamiento, el Departamento de Cultura y Educación de la D.G.A., ADRI (Proyecto LEADER Calamocho-Daroca) y el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza están trabajando para acondicionar un área de visitas guiadas dentro del yacimiento y un pequeño museo en las antiguas escuelas del pueblo. A 1 km del yacimiento se halla la ermita de San Mamés, famosa por sus pinturas murales; allí está instalada otra mesa de interpretación sobre el entorno natural y se trabaja en la consolidación de un Centro de Investigación Internacional del Cámbrico en las dependencias anejas a la ermita, en colaboración con el Cabildo de Zaragoza.

Hacia el sur, cerca de Monreal, se encuentra la localidad de **Bueña**, donde se puede visitar un excepcional yacimiento de pistas fósiles gigantes; hay, también, una excelente mesa de interpretación que explica sus principales características.

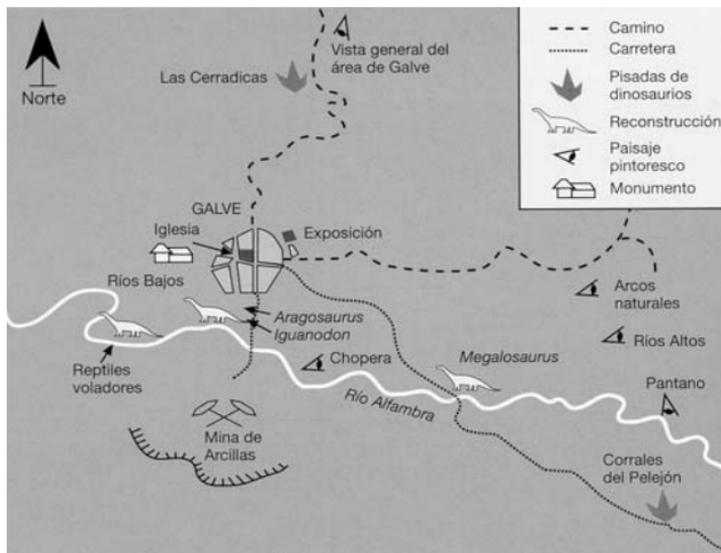
En **Concud**, ya en las proximidades de Teruel, el más famoso yacimiento histórico de vertebrados está siendo estudiado y acondicionado para su visita por el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, junto con los servicios técnicos de Patrimonio de la D.G.A. y el I.A.F. Ya en la capital turolense, los hermanos de La Salle poseen una excelente sala de exposición permanente de Ciencias Naturales que recoge numeroso material paleontológico de los alrededores de Teruel, estudiado por los hermanos Adrover y Castro. El I.A.F. ha puesto en marcha en **Teruel** y su provincia el Proyecto Dinópolis, que pretende la creación de un Conjunto Paleontológico en la capital, coordinado con los yacimientos de las diferentes localidades para realizar una ruta turística y una puesta en valor de la riqueza paleontológica de la zona.

Ruta 3: Teruel

En la provincia de Teruel son muchos los yacimientos importantes que están preparados para recibir visitas turísticas. En los antiguos lavaderos de la localidad de **Molinos**, una sala permanente muestra el material procedente

de la Cueva de las Graderas, entre el que se encuentra la famosa mandíbula de Cromagnon conocida como “el hombre de Molinos”. La excavación y el montaje de la sala se realizaron en 1986, con el concurso del Ayuntamiento y del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza.

En el Ayuntamiento de **Galve**, una exposición permanente (preparada también con la ayuda del Museo en el año 1987) permite contemplar diversos fósiles de la transición del Jurásico al Cretácico, encontrados desde los años



Mapa del Conjunto paleontológico de Galve (cortesía de Canudo et al. 1996)

cincuenta y entre los que destacan los restos de dinosaurios. Sendas reconstrucciones de ejemplares de *Iguanodon* y *Aragosaurus* a tamaño natural, en la chopera del río Alfambra, hacen las delicias de los visitantes. Diversos yacimientos de icnitas (pisadas) de dinosaurios han sido estudiados y acondicionados por técnicos del Departamento de Cultura y Educación de la D.G.A. y del Museo Paleontológico Universitario.

Todo ello constituye el magnífico y singular Parque Paleontológico de Galve, que, dentro del Proyecto Dinópolis, tiene previsto ampliar la sala de exposición permanentemente con nuevas instalaciones.

En **Aliaga**, el parque geológico diseñado desde el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza permite disfrutar a los visitantes, de una manera didáctica (mediante paneles explicativos y propuestas de rutas), de la magnífica riqueza geológica y de los fósiles de ese entorno.

En **Castellote**, localidad próxima a Mas de las Matas, el Grupo de Estudios Masinos ha acondicionado un magnífico yacimiento de troncos fósiles, cuyo estudio y puesta en valor, bajo la supervisión del Servicio de Patrimonio y el Museo Universitario, permite hoy al visitante contemplar enormes troncos de diferentes coníferas del Cretácico depositadas por un antiguo río. La visita puede terminarse

en el Museo de **Mas de las Matas**, en una de cuyas salas se exhibe material fósil de la zona preparado por este dinámico grupo cultural.

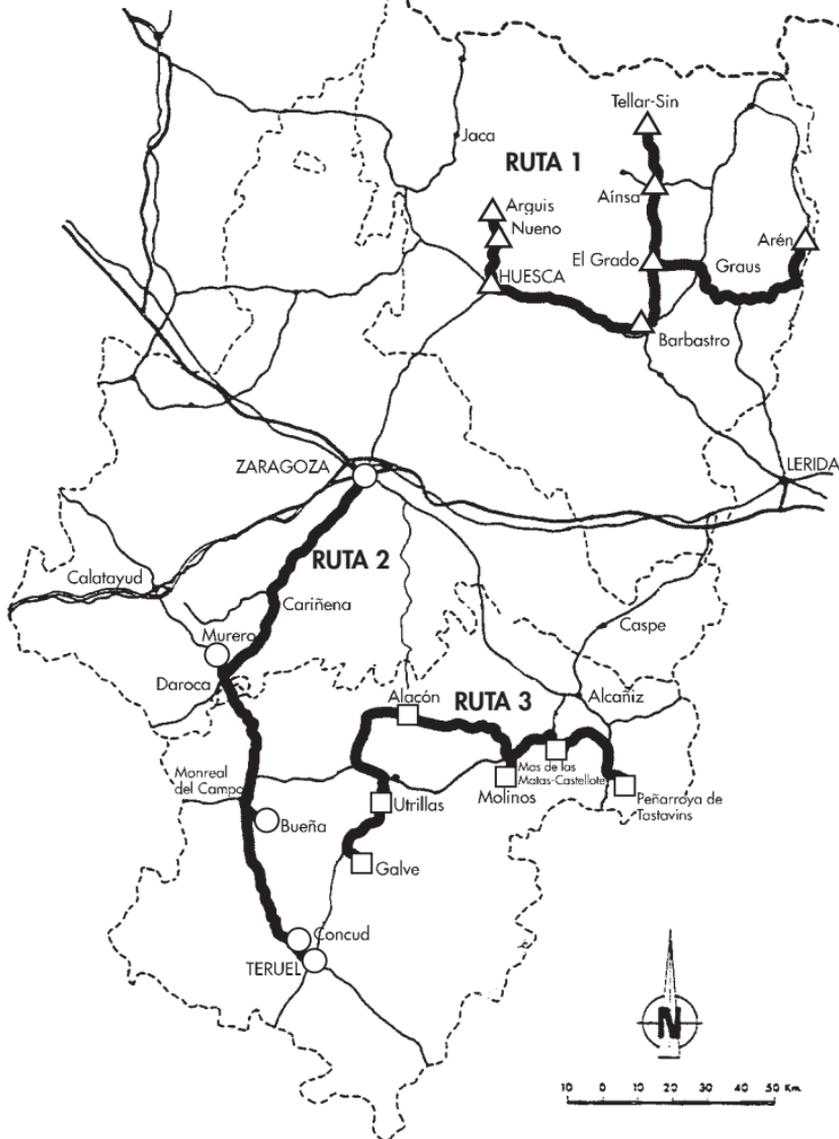
En **Alacón** se encuentra el Centro de Interpretación Paleontológico del Parque Cultural del Río Martín, con fósiles y reproducciones del entorno de diversos periodos que van desde el Carbonífero al Pleistoceno. El Centro ha sido el resultado del trabajo llevado a cabo por un equipo del Museo Paleontológico Universitario subvencionado por el I.A.F. y por el Departamento de Cultura y Educación de la D.G.A. En sus proximidades pueden observarse huellas de dinosaurios, concretamente en la carretera de acceso a Ariño. En **Montalbán**, un centro de geología instalado en una cueva natural recoge diversos aspectos de la zona.

Finalmente, en **Peñarroya de Tastavins**, y también dentro del Proyecto Dinópolis, la Universidad de Zaragoza (a través de su Museo) está terminando de restaurar un nuevo género de dinosaurio aparecido en la localidad y que se expondrá cuando finalicen los trabajos.

A MODO DE CONCLUSIÓN

El Patrimonio Paleontológico de Aragón es una de las mayores riquezas naturales de la Comunidad y está sin explotar suficientemente desde los puntos de vista científico, cultural, natural y turístico. Se trata de un patrimonio que debe ser conservado como una seña más del pasado aragonés y de la peculiaridad de su territorio, a fin de que contribuya al desarrollo económico y social de aquellas áreas rurales que poseen yacimientos paleontológicos excepcionales y de que sirva para que la Comunidad sea mejor conocida y apreciada a través de una obra bien realizada.

F R A N C I A



LECTURAS RECOMENDADAS



- ANDRÉS MORENO, J. A. y ROYO GUILLÉN, J. I.: «Desarrollo legal del Patrimonio Paleontológico en la Comunidad Autónoma de Aragón», en *Naturaleza Aragonesa. Revista de la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, nº 3, pp. 22-29. Zaragoza, 1998.
- CANUDO, J. I., CUENCA, G. y RUIZ OMEÑACA, J. I.: *Guía del Parque Paleontológico de Galve (Teruel)*. Cometa. 16 pág. Zaragoza, 1996.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I. y RUIZ OMEÑACA, J. I.: «Dinosaurios en Aragón», en *Naturaleza Aragonesa*, nº 1, pp. 17-25, Zaragoza, 1998.
- DÍEZ, J. B., FERRER, J., MUÑOZ BARRAGÁN, P., GÁMEZ VINTANED, J. A. y SORIA, A. R.: «Interés científico, sociocultural y didáctico del yacimiento paleontológico de troncos petrificados de El Barranquillo (Castellote, Teruel)», en *Boletín del Grupo de Estudios Masinos*, 16, pp. 89-108. Mas de las Matas, 1997.
- DOMÈNECH, R. y MARTINELL, J.: *Introducción a los fósiles*. Ed. Masson. Barcelona, 1996.
- LIÑÁN, E.: *Los fósiles y el pensamiento paleontológico*. Discurso de Ingreso en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza. Librería General, Zaragoza, 1998.
- LIÑÁN, E. y SEQUEIROS, L.: *Geología de Aragón. Rocas y Fósiles*. Colección Básica Aragonesa, nº 8. Guara Ed., Zaragoza, 1978.

- LÓPEZ MARTÍNEZ, N. y TRUYOLS SANTOJA, J.: *Paleontología. Conceptos y métodos*. Colección ciencias de la vida, 19. Editorial Síntesis, Madrid, 1994.
- LORENZO LIZALDE, J. I.: «La Paleoantropología en Aragón», en *Naturaleza Aragonesa*, nº 1, pp. 26-36, Zaragoza, 1998.
- MELÉNDEZ, G.: *Riqueza paleontológica de la provincia de Teruel*. Cartillas turolenses, nº 6. Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 1986.
- MELÉNDEZ, B.: *Paleontología*. 3 tomos, 4 vol. Editorial Paraninfo. Madrid, 1979, 1986, 1990-95.
- PEÑALVER MOLLÁ, E.: *Estudio tafonómico y paleoecológico de los insectos del Mioceno de Rubielos de Mora (Teruel)*. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel, 1998.
- SEQUEIROS, L. *Atlas de los fósiles*. Ediciones Jover, Barcelona, 1989.
- SIMÓN, J. L. (coord.): *Guía del Parque Geológico de Aliaga*. Ayuntamiento de Aliaga, 1999, 155 p.



1. **Aragón y Europa** • Servicio EuroCAI
2. **La Santa Capilla del Pilar** • A. Ansón y B. Boloqui
3. **Los Tapices de La Seo de Zaragoza** • Equipo de Redacción Cai100
4. **Los botánicos aragoneses** • Vicente Martínez Tejero
5. **El traje tradicional en Aragón** • Jesús A. Espallargas
6. **La economía agroalimentaria en Aragón** • Luis Miguel Albisu
7. **Baltasar Gracián. La iluminada brevedad** • Ignacio Izuzquiza
8. **La matacía** • José Ramón Marcuello
9. **La Navidad en Aragón** • Equipo de Redacción Cai100
10. **Los monasterios de Aragón** • Agustín Ubieto
11. **El Cid en Aragón** • Alberto Montaner
12. **Diseño industrial. Una perspectiva aragonesa** • Juan M. Ubierno
13. **El clima de Aragón** • José María Cuadrat
14. **El nacimiento de Aragón** • Juan F. Utrilla
15. **Marcial** • Concha García Castán
16. **La industria en Aragón** • Adolfo Ruiz Arbe
17. **Los fotógrafos aragoneses** • Carmelo Tartón
18. **La cerámica aragonesa** • M^a Isabel Álvaro Zamora
19. **El escudo de Aragón** • Equipo de Redacción Cai100
20. **La medicina del siglo XVII en Aragón** • Asunción Fernández Doctor
21. **Gaspar Sanz, el músico de Calanda** • Álvaro Zaldívar
22. **El retablo de la catedral de Huesca** • Equipo de Redacción Cai100
23. **El Ebro** • Amaranta Marcuello - José Ramón Marcuello
24. **Magdalena, Navarro, Mercadal** • Ascensión Hernández
25. **Los fósiles en Aragón** • Eladio Liñán



26. **El Real Zaragoza** • José Miguel Tafalla
27. **El reino de Saraqusta** • M^a José Cervera
28. **Gargallo, Condoy, Serrano** • Ángel Azpeitia
29. **Los vinos aragoneses** • Juan Cacho Palomar
30. **Ramón J. Sender** • José-Carlos Mainer
31. **Toreros aragoneses** • Ricardo Vázquez-Prada
32. **El folclore musical aragonés** • Ángel Vergara
33. **El Canal Imperial de Aragón** • A. de las Casas - A. Vázquez
34. **Los castillos aragoneses** • Cristóbal Guitart
35. **La población aragonesa** • Severino Escolano