



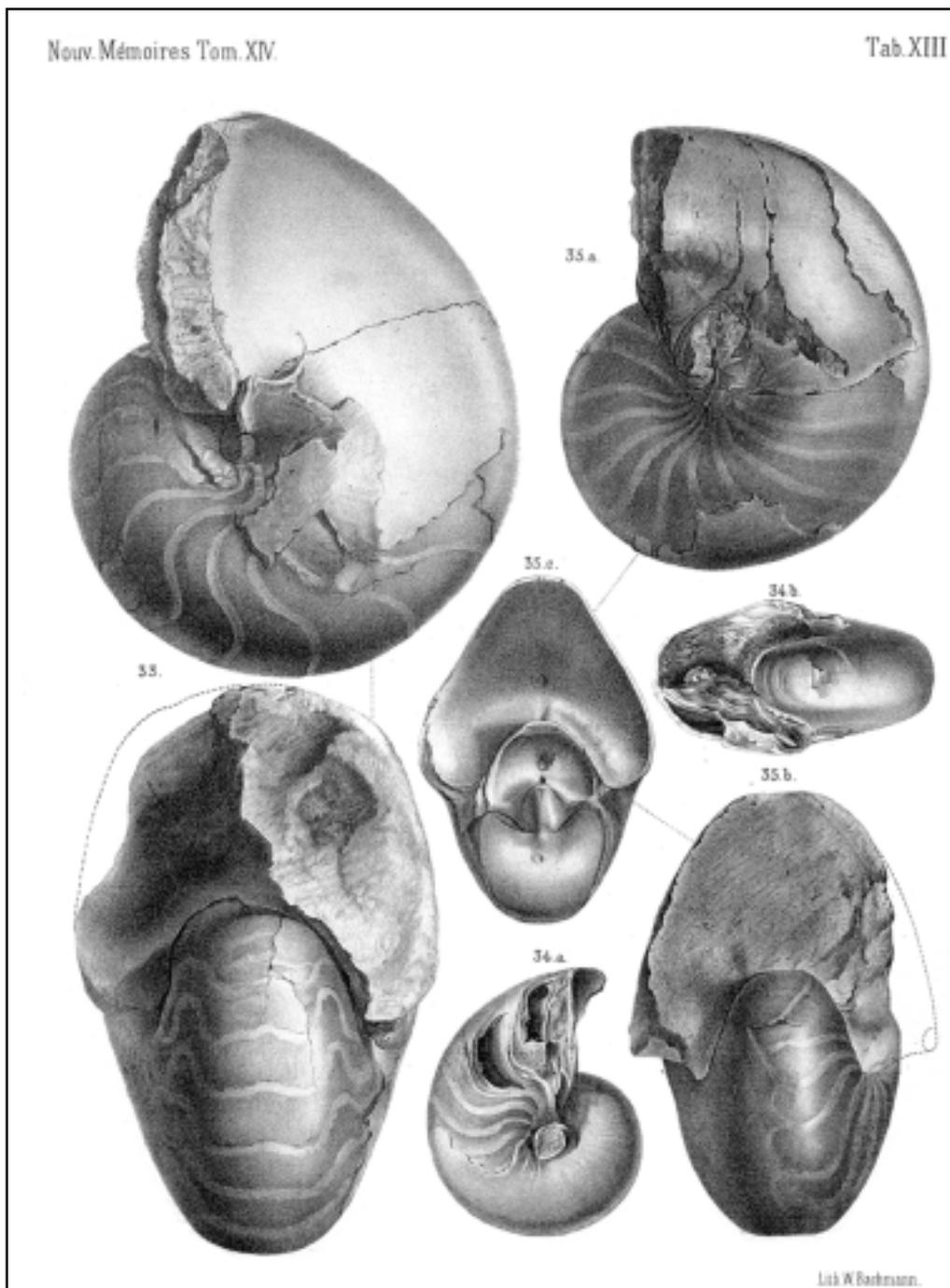
NAUTILUS

Revista de divulgación paleontológica

Año 1

Núm. 1

Diciembre. 2.004



Lamina 13 del tomo XIV de «Nouveaux Mémoires de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou» S. Nikitin, 1.881

Asociación Paleontológica Alcarreña NAUTILUS (Guadalajara)

Cartas al director

Estimados lectores:

Al ser este el primer número de la revista NAUTILUS no disponemos de carta alguna para publicar por lo que me permito la licencia, como director del proyecto, de dirigirme a ustedes para explicar el motivo de esta sección, el cual no es otro que abrir un foro a profesionales, aficionados, comerciantes y demás gente que se interesa por la paleontología para que pueda desde aquí exponer las preguntas, ideas, opiniones, pensamientos, dudas, inquietudes, etc., tales como la recolección de fósiles, el coleccionismo privado, el marco legal, la relación entre paleontólogos, aficionados y comerciantes, el furtivismo, las asociaciones... etc. Podría enumerar mas temas, pero no es mi intención "marcar" la dirección a seguir y sí dejar que sean ustedes los que elijan el rumbo de esta sección.

No quiero dejar escapar la ocasión sin expresar especialmente mi mas sincera gratitud a los siguientes miembros de esta Asociación que tan generosamente se han prestado a colaborar en la ejecución de esta revista.

-Pedro Javier Moreno Barahona: presidente de esta Asociación e incansable perseguidor de apoyos y ayudas entre las administraciones públicas.

-Francisco José Blanco Martínez: el siempre animoso "relaciones publicas" de la Asociación e incansable en la búsqueda de patrocinadores.

-Manuel Hombrados Navarro: cofundador de esta Asociación y gran impulsor de las distintas actividades de esta asociación.

-Rafael Abad Arquer: colaborador imaginativo y revisor impecable de los artículos de esta publicación.

-Juan Carlos Lomas Martín: buscador, estudioso de envidiable memoria y entusiasta que siempre ha aportado esperanza a este proyecto.

A todos vosotros, gracias por las horas robadas al sueño, por la ilusión y por el entusiasmo puestos en este trabajo. Sin vuestra participación habría sido imposible llevar a buen fin esta aventura.

Para terminar, quiero pedir disculpas por los posibles errores cometidos tanto en la línea editorial como en la maquetación y redacción de esta revista. Recuerden que no somos profesionales del mundo mediático y hemos tenido que robar el tiempo para producir este trabajo a nuestras familias, trabajo, ocio y al sueño. Les pedimos y esperamos sus opiniones y consejos para mejorar los próximos números.

Juan José García Arnedo

Para dirigirse a esta Sección pueden hacerlo mediante carta a la siguiente dirección:

Juan José García Arnedo
C/ San Felipe Neri, nº 4 - 2º A
28013 Madrid

O bien al e-Mail: vicepresidencia@paleontologia-nautilus.org



Editorial

Este primer número de la revista «NAUTILUS», está dedicado a nuestro desaparecido amigo Julio Tomico Jiménez, fundador de la Asociación Paleontológica Alcarreña «Nautilus» y Presidente hasta que la enfermedad lo alejó de nosotros. Era un buen amigo y gran aficionado al mundo de los fósiles y para él en la Paleontología no existían fronteras y no dudaba en efectuar grandes desplazamientos internacionales para conseguir sus fines. Viajero inquieto, tan pronto estaba en Ferias de Minerales y Fósiles, como estaba «pateando» el campo en busca de algo nuevo que aportar. En esta Asociación le echaremos mucho de menos.

Con este número nace una nueva revista de difusión sobre paleontología, creada por la Asociación Paleontológica Alcarreña «Nautilus» de Guadalajara, que tras cinco años de andadura en el mundo de las asociaciones hemos estimado conveniente disponer de un medio propio de comunicación entre los aficionados a la Paleontología y el resto de la sociedad.

Como asociación de índole cultural nuestra intención no es crear una revista científica, y desde sus distintas secciones pretendemos informar, divulgar, fomentar y apoyar toda acción encaminada a la defensa y conocimiento de la paleontología, tanto desde un punto de vista científico con estudios hechos por paleontólogos, como desde un punto de vista cultural, con artículos donde los aficionados a la paleontología exponen sus inquietudes.

Desde esta revista, la asociación se pone a disposición de otras asociaciones paleontológicas, museos, salas de Paleontología, estamentos científicos y autoridades culturales, básicamente para apoyar incondicionalmente la creación de museos y salas de paleontología. Consideramos que esta actividad puede ser nuestra mejor aportación, como lo demuestra el convenio de colaboración firmado entre nuestra Asociación y la Asociación de Amigos del Museo de Molina, principal impulsora de Los Museos de Molina, de propiedad municipal y a cuyo frente se encuentra su Presidente, Don José Manuel Monasterio Cruz.

Pedro Javier Moreno Barahona
Presidente de la Asociación Paleontológica Alcarreña «Nautilus».



SOBRE ALGUNAS PLANTAS FOSILES DE LA MINA “EMMA” DE PUERTOLLANO

El presente artículo pretende solo dar a conocer algunos de los fósiles recogidos por la Asociación Paleontológica Alcarreña “Nautilus” en la mina descubierta “Emma” que la Empresa Nacional Carbonífera del Sur -ENCASUR- explota en la localidad de Puertollano (Ciudad Real).

Agradecemos a **Don Miguel Colomo Gómez**, ingeniero jefe de la descubierta “Emma”(ENCASUR, grupo ENDESA) las facilidades que siempre ha otorgado para rescatar y estudiar el importante patrimonio paleontológico de la citada explotación y especialmente al ingeniero **Don Javier Quiros Sarmientos**, que fue desde nuestra primera visita a la mina el paciente cicerone que amablemente nos explicó la dinámica tanto de organización, explotación y remodelado del paisaje, como los aspectos de naturaleza geológica relativos al relieve, ubicación, dimensión de la cuenca y estratigrafía básica manifiesta en el frente de mina.

LA CUENCA CARBONIFERA DE PUERTOLLANO.

Conocida y explotada ya desde el siglo XIX, la cuenca carbonífera de Puertollano tiene una dimensión aproximada de 12 Km de largo, por un ancho fluctuante de entre 5 Km en el mayor de sus extremos y poco más de 2 Km en el menor.

Se divide en dos núcleos mineros cercanos - dos depresiones poco tectonizadas - separadas por un pequeño anticlinal central.

Según sondeos analizados y correlacionados por Wagner (1985), el Carbonífero muestra una disposición más o menos horizontal y discordante en la base con un Ordovícico encajante (que aflora en los extremos laterales de la cuenca, constituyendo los relieves mas altos, y del que se han podido identificar algunos géneros de trilobites).

Desde la base encajante hasta la superficie, hay una potencia de unos 650m (incluida la capa cobertera terciaria). Estratigráficamente nos encontramos con un ciclotema típico de las zonas hulleras, interrumpido por frecuentes periodos volcanoclásticos.

Secuencias de conglomerados de origen aluvial, facies detríticas arenosas y limosas (que conformaron arcillas, lutitas, pizarras y areniscas...), tobas volcánicas, bancos cineríticos y por supuesto diversas capas de carbón y pizarras bituminosas.

Corresponden tales depósitos a un paleoambiente de llanura aluvial marismosa, con cursos fluviales inestables, alternando terrenos emergidos y zonas limnéticas, lacustres, palustres, e incluso parálidas (con conexión



Vista aerea de la mina descubierta “Emma”

salobre a un mar de cierta profundidad.)...secuenciado según una maduración geológico-climática.

Todos estos sedimentos carboníferos han sido datados por diferentes autores (en base a su flora y fauna) como finicarboníferos, Estefaniense C en conexión (en la parte más alta de la secuencia) con el Pérmico inferior (Autuniense).

La ausencia de otra discordancia angular distinta a la basal ya citada (Ordovícico-Carbonífero), confirma la inexistencia de Westfaliense en la cuenca; ya que las últimas fases de la orogenia Hercínica generan siempre en la península una clara discordancia entre el Westfaliense y el Estefaniense.

Por lo demás, los trabajos de Soler Gijón sobre fauna vertebrada (que le hicieron concluir la necesaria conexión de aquella cuenca con el mar), los análisis



de Wagner (que señalan la existencia de facies marinas hacia el este de la cuenca), y la inexistencia de adelgazamientos en las capas de carbón hacia los límites de la actual cuenca, nos hacen suponer que la actual cuenca conocida es solo un resto manifiesto de lo que debió ser otra mucho más extensa.

En cuanto al lugar concreto de donde proceden los fósiles reproducidos en este trabajo, -la mina "Emma"- explota solo tres capas de carbón principales conocidas como capas I, II, III.

Especial importancia revisten para nosotros las dos bandas cineríticas entreveradas en la capa III y las lutitas a techo de la misma.

LA FLORA.

En este ambiente de abundantes lagunas, cursos fluviales deltaicos, algunas albarizas en parcial conexión a un mar abierto y terrenos emergidos de origen aluvial; surgieron los frondosos bosques que darían lugar a las distintas capas de carbón.

Masa vegetal propia de un clima tropical húmedo.

Sí hasta entonces los bosques hulleros de América del Norte, Europa y Asia Menor, se desarrollaron en un ambiente tropical húmedo, en el Estefaniense C-Autuniense se evidencia una progresiva disminución de las condiciones de humedad tropical (Wagner). Esto no se manifiesta en el yacimiento Estefaniense C-Autuniense de Puertollano, constituyendo este hecho una singularidad propia de esta cuenca .

La disminución drástica de los grandes licopodios arbóreos a finales del carbonífero, ha sido interpretada como un síntoma de desecación parcial (habida cuenta de las necesidades hídricas propias de estas plantas). Pues bien, la cuenca de Puertollano no solo ha aportado fósiles de varios géneros de lycopsidas, es que sus bosques se compusieron fundamentalmente de una de ellas (*Omphalophloios*), que llegó a constituir casi un monocultivo (según análisis polínicos, en su época de máximo acmé llegó a constituir el 80% de toda flora, y nunca bajó de un 40% del porcentaje.).

Licopodios, helechos y equisetos de porte arbóreo, cordaitales y otras progimnospermas... conformaron

el clímax de aquella exuberante vegetación. En compañía un cortejo arbustivo de pteridospermas, equisetos como *Sphenophyllum* y *Annularia*, helechos de sotobosque como *Senftenbergia*, plantas de porte herbáceo (pasarían más de 250 millones de años hasta la aparición de las hierbas tal y como las conocemos) y



Recreación de la cuenca carbonífera de Puertollano. Al fondo varios ejemplares de *Omphalophloios* puertollanense (Remy y Remy), a la derecha un fronde de *Psaronius*, debajo *Asterophyllites* junto a un tronco caído de *Lycopsida* y a la izquierda, *Calamites* y *Anularia*.

por supuesto algas, hongos y líquenes de difícil fosilización.

En definitiva, un bosque tropical en una marisma de origen aluvial, con una abundante vegetación en zonas emergidas o ligeramente encharcadas, sin hierba, sin aves - y por ello extrañamente silencioso para nosotros -, enormes libélulas, anfibios gigantes, los primeros reptiles y multitud de insectos entre los que se encontrarían especies de cucarachas correteando por el suelo...



Las Lycopsidas.

Los licopodios fueron sin lugar a dudas los grandes protagonistas de los bosques tropicales húmedos del Carbonífero en general, y de la cuenca de Puertollano en particular.

Sus orígenes directos aparecen ya en el Devónico con plantas decimétricas (curiosamente como los únicos descendientes actuales), llegando en el Carbonífero a alcanzar portes de hasta 40m.

Plantas de escasa madera, con un tejido epidérmico y una gruesa corteza (hasta el 90% del volumen troncal), que envolvía a los haces vasculares y la medula central.

Con hojas acintadas, sigmoidales, escamosas o en forma de acícula planchada, con diferentes longitudes y un único nervio central (*¿Sigillaria?*). Dispuestas en espiral alrededor del tronco, como a falta de ellas muestran las huellas de inserción (dejadas tras su caída biológica o separación mecánica al fracturarse la roca). La huella un cojinete característico, presenta la cicatriz del haz vascular que se prolongaría por el nervio de la hoja, y en ocasiones restos de un apéndice membranoso llamado lígula y orificios de aireación – transpiración paricnios.

Según el Genero, habría partes del tronco que perderían las hojas (concentrándose estas en la parte superior del árbol), y otras con hoja perenne en la práctica totalidad de la superficie tallar.

Característica era también su división dicotómica. En algunas especies el tronco y las ramas se bifurcaban progresiva y reiteradamente hasta generar una fronda espesa (*Lepidodendron, Lepidophloios...*). Las últimas ramillas, circundadas de múltiples finas hojuelas, con frecuentes restos de tejido orgánico en negro, fosilizaron con un peculiar aspecto de “extremidad peluda”, de donde etimológicamente procede el nombre de Licopodio (del griego “lycos” lobo y “podos” pié, pata.).

En otras ocasiones el tronco formaba un monopodio no dividido en ramaje, o solo dividido en una primera instancia (*Sigillaria, Omphalophloios...*). Pero aun en estos casos la división dicotómica siguió patente en la raigambre (*Stigmaria*, generalmente dos o cua-

tro raíces principales salían de la base del tronco y se subdividían repetida y dicotómicamente formando una malla densa y poco profunda. Igualmente, y según reproduce una de las fotos que publicamos, también se ha apreciado dicotomía en algunos ápices fértiles de *Omphalophloios*.

Los órganos fértiles diferenciados portadores de esporas fueron conocidos como estróbilos. Solían aparecer en la parte superior del árbol, pendiendo del ramaje (como en *Lepidodendron*) o inserto en el tronco justo por debajo de las hojas (como en *Sigillaria*). A veces, como en *Omphalophloios*, sin constituir un verdadero estróbilo pedunculado, sino como un ápice fértil evolucionado y en principio indiferenciado de la cumbre del árbol (este tipo de lycopsidas son conocidas como Isoetales).

Los estróbilos contenían esporangios con megasporas femeninas, y microsporas masculinas. En las especies más evolucionadas se zonaron y diferenciaron los esporangios que las contenían. En *Omphalophloios* aparecen indiscriminadamente esporangios con macro y microsporas, interpretándose como un aspecto arcaico frente a otros géneros de estróbilos bien definidos y separación de esporas masculinas y femeninas.

El hecho de no contener prácticamente madera (se ha descrito algún leño secundario en *Sigillaria*, al parecer), sin tráqueas, escasas traquéidas, y un altísimo porcentaje de corteza y médula, hacía que una vez desprendidas (muertas) partes de la planta, los tejidos colapsaran con cierta premura – no conservando con frecuencia su estructura cilíndrica y fosilizando con un aspecto aplanado irreal. En general y pese a las enormes dimensiones de algunos géneros, hay que suponer una cierta mayor fragilidad ante acontecimientos mecánicos que en bosques actuales. Esto pudo comportar una mayor producción de materia inerte a pie de bosque. Frondes, estróbilos, ramaje de las plantas tropicales carboníferas, numeroso y compactado por el fácil colapso de las singulares estructuras vegetales, contribuiría a la masiva acumulación orgánica que originaría a posteriori el carbón mineral del periodo hullero.



Las lycopsidas de la mina “Emma”.

En las tobas volcánicas de la base de la capa III de carbón se ha descrito el hallazgo de *Sigillaria brardii*. Wagner ha citado la presencia del género *Selaginellites* y de la especie *Lepidostrobophyllum hastatum* en Puertollano. Pero por supuesto la lycópsida por excelencia de Puertollano es *Omphalophloios puertollanense* (Remy & Remy), muy abundante en el registro fósil, estudiada y descrita por Wagner como una lycópsida isoetal de entre tres y seis metros de altitud.

A continuación pasamos a describir los restos de licopodios encontrados por nosotros en la mina “Emma”. Con una sola excepción, se trata de restos de raíces, troncos, y ápices fértiles del citado arbolillo *Omphalophloios*

-La Raíz.

Muestra un fragmento de raíz de 300m/m de largo y un ancho decreciente de entre 97m/m y 87m/m (anchura irreal pues la estructura está totalmente colapsada.). Presenta una ligera torsión en la parte más ancha. Se aprecian conos con “cráter” característicos, huella de la inserción de las numerosas raicillas finales, y más tenuemente la estructura de losanges alargados propia de toda la corteza de *Omphalophloios* (en realidad la llamada aquí raíz principal no es más que un tallo especial modificado, un rizoma, las verdaderas raíces son las raicillas a él adosadas.).

Las raicillas insertas a la “raíz principal” son solo apreciables en la parte distal del fósil (donde el plano de fractura de la roca las ha respetado), pero debieron cubrir en espiral toda la superficie de la raíz principal.

Estas raicillas tienen forma de hoja lanceolada alargada y acuminada. En su inserción a la “raíz principal” presentan un grosor de solo unos 4m/m, pero se ensanchan prontamente hasta un máximo de 14 o 15mm, para decrecer suavemente hasta la punta. Son claramente planas, con un nervio central bien marcado y una disposición más o menos perpendicular respecto a la raíz principal. Se aprecia, plisada, alguna raicilla procedente de la parte inferior oculta, pero en general se mantienen sin dobleces ni corrugamientos lo que aparenta una posible consistencia coriácea que las dotaría de cierta tenacidad.

Presentes a lo largo de toda la superficie del cilindro radicular, con su forma ensanchada y aplanada de pequeña paleta, debieron constituir un anclaje de primera magnitud en un suelo aluvial (arenoso o limoso), aumentando la superficie de resistencia mecánica y de absorción radicular.



Raíz de *Omphalophloios*

Esta forma constituye sin lugar a dudas un tipo de adaptación radicular, pues tanto las hojas como las láminas distales del ápice fértil (que guardan cierta semejanza) son mucho más estrechas.

Si con el índice de decrecimiento progresivo en grosor que apreciamos en el fragmento, el rizoma adelgazara idealmente hasta el meristemo, tendríamos raíces de más de tres metros de largo. Aunque sucesivas dicotomizaciones y torsiones conformaran una estructura radicular dendroide y no permitiera largas raíces rectas, un arbolillo estrecho y esbelto (poco más de un metro de anchura) o constituyó bosques ralos o solapó raíces de diferentes pies, constituyendo una malla múltiple que generaría una resistencia colectiva a los efectos mecánicos



del viento y la avulsión. Esta densidad radicular en arbolillos que como el ciprés actual no pueden conformar bosques sombríos (entre otras cosas necesita que llegue la luz a sus hojas inferiores) justificaría la escasez de cortejo que los bosques de *Omphalophloios* muestran a ojos de los paleontólogos (Wagner señala la escasa interpenetración que tuvieron los bosques de distintas especies). Si llegaba luz al suelo, pero el increíble aprovechamiento radical restaba opciones a nuevos colonizadores.

-El tronco.

Fragmento de 120m/m de ancho y otros tantos de largo, que presenta algunas hojas aún vinculadas. Estructura aplanada por colapso de los tejidos.



Escasas y mal preservadas las hojuelas tienen un ancho de unos 4m/m y forman con el tronco un ángulo ascendente. El fragmento no permite inferir su largura.

Presenta la característica superficie de celdillas losángicas alargadas y ordenadas en espiral. Dentro de cada una de ellas un cono truncado con cráter correspondiente a la inserción foliar. (por fractura del fragmento se aprecia la cara interior, donde las protuberancias son depresiones)

Según la reconstrucción del arbolillo propuesta por



?*Lepidodendron*¿

Wagner (y demostrada en gran medida con la publicación de diversos fósiles) un pie no ramificado –de entre 3 y 6m de altura- presentaba insertas numerosas hojas estrechas –de 4 a 6m/m de anchura- y largas –25 a 35 cm. de longitud.

Excepción hecha de la base del tronco, ensanchada en su unión a las raíces – más o menos 40 o 50 cm -, el árbol poseía hojas perennes en disposición espiral a lo largo de todo su tallo y hasta el ápice de la planta. Sí había ápice fértil, antes de empezar la desvinculación madurativa, las láminas distales del mismo no mostrarían discontinuidad formal con las hojas del tronco. El aspecto similar de estas y aquellas, daría un aire de cierta continuidad orgánica.

-El ápice.

Abundantes restos de ápices recogidos hace que conozcamos en detalle su estructura y proceso madurativo. Como ya se dijo anteriormente esta especie no formó estróbilos definidos y perfectamente diferenciados como otras lycópsidas. Su aparato esporangial surgía en el mismo ápice del árbol y un proceso madurativo le llevaba a la diferenciación formal y a la posterior separación del tronco.

En la base del ápice, en su unión al tronco, empezaba un proceso diferenciador con la caída de las láminas distales. Esta caída continuaría en sentido ascendente hasta completarse. Un deterioro posterior de los esporófilos permitiría la posterior liberación de los esporangios -con paredes erosionadas o no-, siempre en sentido ascendente. El ápice fértil desnudo ya, con solo los esporófilos perpendicularmente adheridos al eje completaría un proceso de descomposición de los tejidos que le unían al tronco y caería al suelo.



Ápice fértil al final del proceso madurativo

Una agresión mecánica podría adelantar la caída del ápice sin haber completado su proceso ideal de maduración. Así, como también explica Wagner, los efectos de la onda expansiva de la explosión volcánica que generó el manto cinerítico que divide la capa III de carbón, se produjo una caída masiva de ápices fértiles en distintas etapas de maduración.





El tamaño y el grosor de los ápices es también variado. La base del ápice fértil que indica el grosor del tronco al que creció adnato, demuestra que troncos de diverso grosor generaron ápices fértiles. Esto fue interpretado por Wagner como la posibilidad de que a lo largo de su crecimiento el arbolillo pudiese generar ápices fértiles sin haber concluido su desarrollo total en altura.

Por último, también Wagner, encontró restos de madera en el interior de un ápice fértil seccionado y de estructura no colapsada, lo que permitió conocer la configuración vascular de *Omphalophloios* que no es otra que sifonostela.

Los Equisetos.

Abundantes en los bosques carboníferos que conformaron las capas de carbón de Puertollano, las conocidas como plantas articuladas (clase *Articulatae*) incluyeron géneros decimétricos-arbustivos y otros de más de veinte metros de altura y uno de grosor.

De aspecto parecido a las cañas actuales, su tronco (que partía de un rizoma horizontal al suelo) se secuenciaba en una serie de nudos y entrenudos. De los nudos partían las ramas secundarias y/o las hojas, siempre en verticilo.

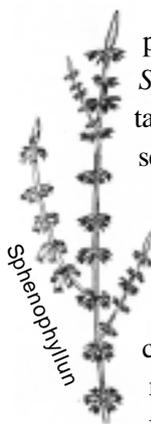
En base a diferencias morfológicas en las hojas, se establecieron dos ordenes artificiales de especial importancia en el registro fósil; orden *Sphenophyllales* y orden *Calamitales*.



Tronco de *Calamites*

Las *Calamitales* fueron plantas con hojas con un único nervio principal central, de aspecto aciculado que en su inserción verticilar al nudo se presentaban unidas por la base (*Annularia*, género de hojas habitualmente más anchas) o independientes unas de otras (*Asterophyllites*, género de hojas más finas y en disposición ascendente).

Las hojas del género *Sphenophyllum* (representante más significativo del orden *Sphenophyllales*) se diferencian fundamentalmente de las hojas de las *Calamitales* por ser plurinervadas, mostrando en su nervio principal sucesivas divisiones dicotómicas. Frecuentemente sus limbos tenían forma cuneiforme y otras veces astada, siendo normal la heterofilia en un mismo individuo (con hojas superiores más recortadas que permitían parcialmente el paso de luz a las inferiores más enteras).



Sphenophyllum ha sido descrito como un género de porte no superior a un metro. Con alternancias en las inserciones a los nudos del tallo, que probablemente testimonian un porte de cierto desgambo. Incluso algunos autores describieron este género como trepador.



Asterophyllites conoció alturas superiores a *Sphenophyllum*, pero compartió con él y todas las *equisetales* su preferencia por tierras encharcadas o ligeramente inundadas.



Fronde de *Asterophyllites* de más de 40 cm de largo, doblado en ángulo de 75°. Profusamente poblado de hojas y presenta excepcionalmente yemas germinales con forma de "espiga", se aprecian esporangióforos insertos oblicuamente a la base de la bráctea del tipo *Palaeostachya*.

Las especies del orden *Calamitales* debieron conformar orlas que rodeaban desde zonas de aguas someras a los bosques de arbolillos de *Omphalophloios* crecidos en tierras más firmes.



Annularia Stellata



A. Sphenophylloides



A. Sphenophylloides con hojas vinculadas a sus raquis.

La experiencia recolectora nos dice que los fósiles de *Asterophyllites* se encuentran siempre aislados, asociados a alguna otra calamital como *Annularia* o a ápices fértiles de *Omphalophloios* de claro origen alóctono. Esta homogeneidad es debida a la ausencia de competencia en los suelos inundados en que crecían las "cañas" de *Asterophyllites*.

Las Coniferales

Entre el Carbonífero final y el Pérmico inferior encontramos los primeros géneros de coníferas conocidos (las gimnospermas más evolucionadas).

De morfología equiparable a coníferas actuales, manifestaron una preferencia por lugares mejor drenados que licopodios, equisetos y helechos sin semillas. Ya que entre otras cosas no eran dependientes del medio acuático, sino del aéreo para su reproducción.

El género *Lebachia* (antigua *Walchia*) constituyó arbustos o pequeños arbolillos con leño secundario, canales resiníferos, ramas en disposición verticilada (al modo de las araucarias actuales). Sus hojas pequeñas, aciculadas, numerosas y uninervadas, fueron según todos los indicios perennes (todo fósil encontrado presenta hojas).

Sus restos no son demasiado frecuentes en un medio tan húmedo como la marisma hullera fosilizada en Puertollano, y cuando se encuentran se interpretan como provenientes de zonas colindantes más altas y mejor drenadas.

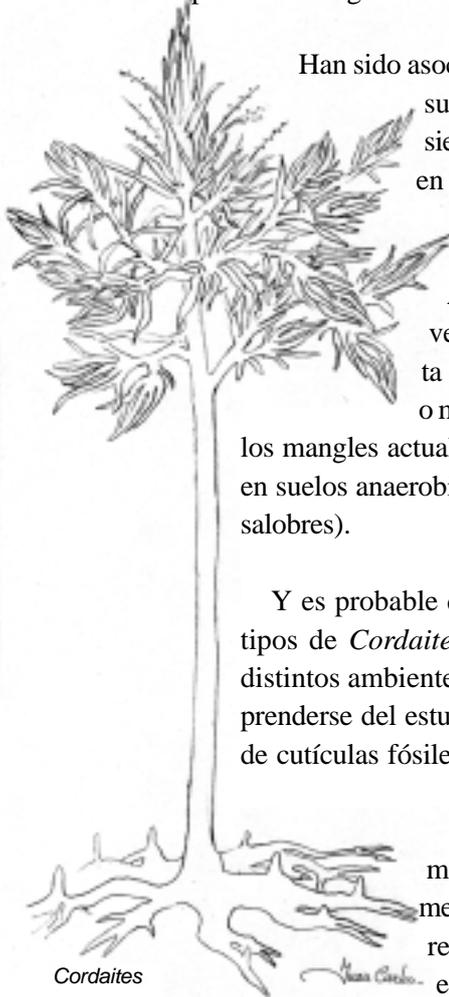


Fragmento de *Lebachia* cuya erosión evidencia sus transporte desde ambientes colindantes



Las Cordaitales

Los *Cordaites* fueron árboles de mediano tamaño, fuertes raíces (a menudo adventicias), tronco recto bastante ramificado (pero en ramillas medias), y largas hojas acintadas, acuminadas y con numerosos nervios paralelos longitudinales y uniformes.



Cordaites

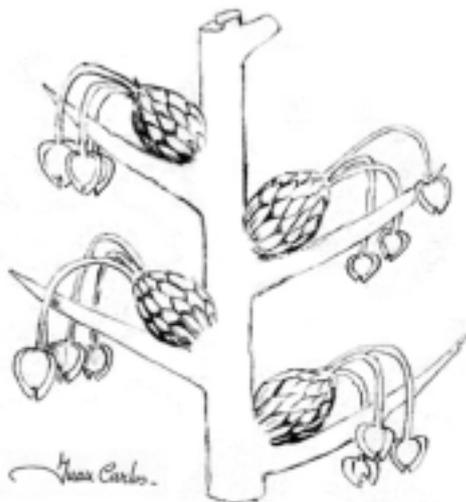
Han sido asociados unas veces a suelos bien drenados, siendo más frecuentes en la parte catapluvial del ciclo Estefaniense final-Autuniense y otras veces, se los presenta insertos en esteros o marjales, al modo de

los mangles actuales (con frecuencia en suelos anaerobios y aguas incluso salobres).

Y es probable que hubiera varios tipos de *Cordaites* que colonizaran distintos ambientes. Ello parece desprenderse del estudio de los estomas de cutículas fósiles recuperadas.

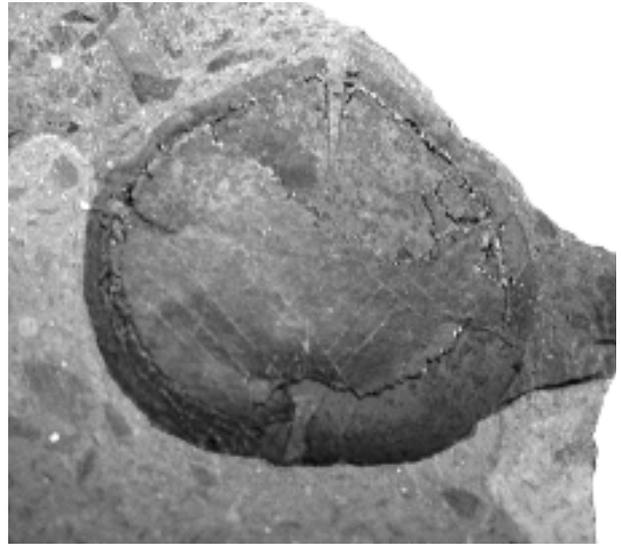
En medios más húmedos un mayor número de estomas favorecería una intensa evapotranspiración, en los más secos se

hacía necesaria una mayor preservación de la humedad y por tanto disminuía el número de estomas.



Cordaiantus. Inflorescencia del *cordaites*. Segun Bertrand, 1.926

Su éxito en colonizar ambientes muy distintos se vio favorecido por su relativa modernidad fisiológica con respecto a las criptógamas vasculares.



Semilla de *Cordaites*.

Un tejido vascular con cambium generador de manera secundaria, una corteza adelgazada que ya no tenía la función fundamental de sostén y presencia de "óvulos" individualizados. En los conos fértiles se apreciaba un eje, que o bien en disposición dística o helicoidal, mostraba hojas protectoras modificadas que defendían a los "óvulos" por un lado y a los sacos polínicos por otro. Se los conoce como *Cordaianthus*. *Cordaicarpus* son sus "semillas" con forma redondeada y aplanada (sobretudo en la parte distal), tan numerosas entre la "hojarasca" macerada a pie de bosque, ("totus revolutum" en nuestro argot) que con frecuencia contacta con la base de la banda cinerítica gruesa de la capa III de carbón.



Raigambre de ejemplares de *Cordaites* propios de los pantanos. La sección de la base del tronco muestra la cavidad medular.

Su forma puede estar relacionada con el favorecimiento de la navegabilidad y colonización de nuevos espacios en sucesivas generaciones. De hecho, presente casi en cualquier resto fósil de hojarasca macerada, falta sospechosamente en los que muestran orientación debida a corrientes acuáticas.



Las Filicofitas

Las plantas con frondes similares a los helechos, constituyeron un conjunto heterogéneo con diferencias morfológicas muy significativas.

Debido a que nunca se encuentran plantas enteras (raíz, tallo, ramaje y hojas) y si con frecuencia pequeños restos parciales no asociados a otras partes anatómicas de planta, constituyó desde los primeros estudios un problema crucial en un orden de numerosos géneros y ciertas similitudes.

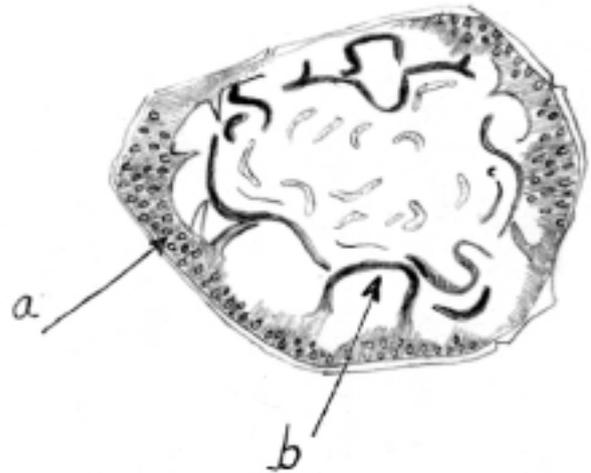
En 1822, Brogniart, ideó un sistema clasificatorio para las pteridofitas, consistente en la creación de unos géneros artificiales, nacidos de criterios morfológicos basados en la forma de los limbos, y los tipos de nervadura de los limbos foliares, ya que es más difícil encontrar fosilizadas estructuras reproductoras que serían un elemento de mayor diferenciación.

No obstante esto provocó que bajo un mismo género morfológico tuvieran cabida filicofitas (con diversas formas de organización esporangial y portes tanto arbustivos como arbóreos) y pteridospermas (con madera secundaria, vascularización relativamente moderna, corteza adelgazada y “macro-óvulos” diferenciados semejantes en forma a semillas).

Con frecuencia descubrimientos posteriores ponen en relación géneros morfológicos distintos como partes diferentes de una misma especie.

Una de las lagunas fundamentales en la colección sobre la mina “Emma” de la Asociación Paleontológica Alcarreña Nautilus son las pteridofitas (conocida como helechos con semilla).

Sin embargo son muy abundantes los restos de un helecho arbóreo con hojas de forma pecopterídica, soros agrupados al modo *Scolecoperis* y tronco descrito como *Psaronius*.



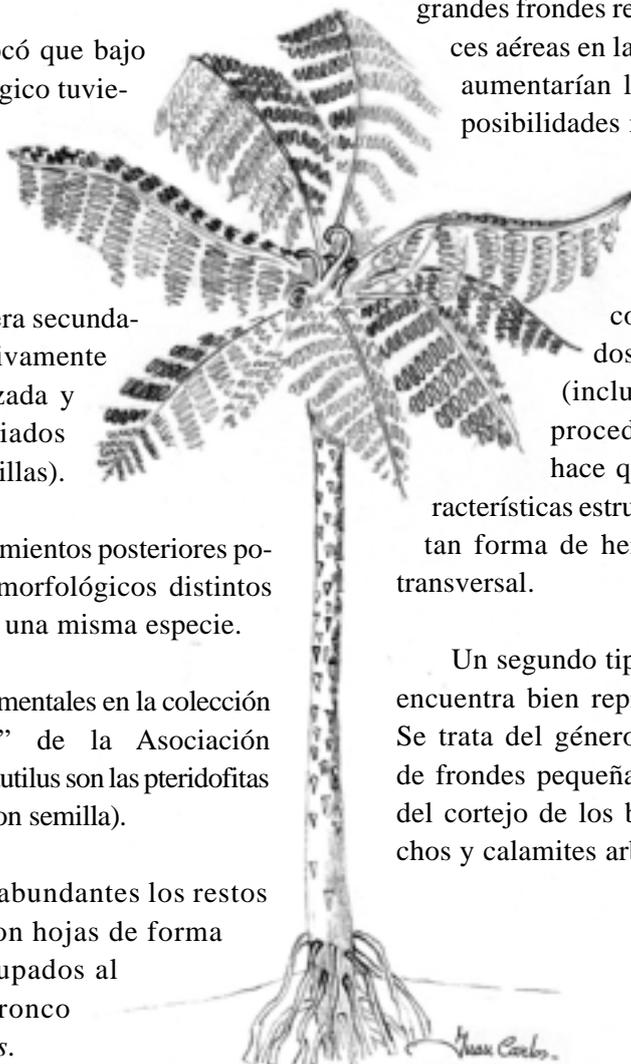
Sección transversal del tronco de un *Psaronius*. Según Tarek.

a. Estructura correspondiente a raíces aéreas.

b. Haces conductores.

Psaronius es un género morfológico que bien podría conformar varios géneros naturales, aunque todos ellos cumplen una serie de características básicas: se les supone una altura no superior a 10m y grandes frondes recortados, con numerosas raíces aéreas en la parte inferior del tronco que aumentarían la consistencia del pie y las posibilidades nutricionales (dejan unas estructuras circulares características -parte periférica en la sección de un tronco). El estudio de diversos troncos permineralizados rescatados en diferentes yacimientos (incluido uno citado por Wagner procedente de la mina “Emma”) hace que conozcamos bien sus características estructuras vasculares que presentan forma de herradura al realizar un corte transversal.

Un segundo tipo de helecho sin semillas se encuentra bien representado en el yacimiento. Se trata del género *Senftenbergia*, un helecho de frondes pequeñas que debió constituir parte del cortejo de los bosques de licopodios, helechos y calamites arbóreos.



Psaronius





Senftenbergia gruneri (Zeiller). Un helecho de sotobosque.



Detalle de *S. gruneri* (Zeiller).



Pecopteris, Scolecoptersis, Psaronius



Desarrollo de una fronde de helecho con los dorsos hacia afuera



Pecopteris, Jongmansi. Frondes de un Psaronius.



Pecopteris, sp.



EL CONTEXTO

El carbonífero superior fue una época de renovaciones que anticipaban los grandes cambios con que concluyó la era primaria.

La elevación de los macizos hercínicos y remozado de algunos caledonianos penillanados, anunciaba un ambiente compresivo previo a la conformación durante el Pérmico de un macrocontinente único (Pangea). Relativamente poco después, durante este mismo periodo, se inició una nueva partición de Pangea en algunos continentes y una deriva de los mismos hacia nuevas latitudes.

La fauna no fue ajena a los cambios carboníferos, no sólo desaparecieron grupos importantes durante la era primaria (como los *graptolitos*) y se vio minimizada la presencia de otros (como los trilobites de los que ya sólo se cita un género) sino que surgieron otros como los reptiles que anunciaban significativamente la llegada de la Era Secundaria (donde fueron los grandes protagonistas animales).

La flora aún con más claridad parece anticipar el fin de la Era Primaria. Desaparición del lepidodendrones y otras grandes lycópsidas carboníferas, pérdida de importancia de equisetos y helechos sin semillas y sobretodo aparición en el registro fósil de las primeras coníferas (que constituirían el clímax vegetal de los bosques secundarios hasta el Cretácico).

Gran parte de los cambios en el Estefaniense C-Autuniense, tuvieron su origen en la “sístole y diástole” que conocieron los continentes antes y durante el inicio de la deriva continental pérmica.

Al parecer, la unión del continente Noratlántico y Gondwana durante el Pérmico (proceso que evidentemente comenzó mucho tiempo antes y al que hay que ligar directamente al menos las últimas fases hercínicas) motivó el aumento de la continentalidad y favoreció una progresiva desecación. Incluso se ha hablado de desecación



Pteridosperma: *Medullosa*

de mares epicontinentales (con formación de grandes depósitos salinos en Alemania o Nuevo México); y de la formación en ciertas cuencas de depósitos de “nuevas areniscas rojas” asociadas a aridez.

Esa desecación parcial se empezó ya a hacer progresiva a finales del Carbonífero y principios del Pérmico (no en la cuenca de Puertollano).

Poco duró unida Pangea, y en el mismo Pérmico, se inicia la Deriva Continental y con ella una dinámica distensiva a la que siempre van ligados episodios volcánicos. Wagner asoció el volcanismo de Puertollano (tan importante por razones paleontológicas) a fenómenos precoces de este “rifting”.

Por otro lado es imprescindible indicar que no existió una única comunidad vegetal carbonífera continental. Si gran parte de América del Norte, Europa y Asia Menor estuvieron bajo la influencia de un clima tropical húmedo durante el Carbonífero, el macrocontinente Gondwana, en el hemisferio Sur, conoció la influencia polar y desarrolló una flora propia de zonas frías (conocida como comunidad de *Glossopteris*).

Aún se distinguen otras floras intermedias, propias de climas templados, entre ambas floras extremas. Y además en el ámbito europeo no todo fueron bosques tropicales húmedos. En terrenos mejor drenados o de



Estrobilos de *Calamites Palaeostachya*, excepto un fragmento de *Calamostachis*.



temperaturas más frescas (regiones elevadas, montañosas o de fuerte continentalidad) debieron existir plantas especializadas, aclimatadas, de las que desconocemos casi todo por la dificultad de fosilización; debido a la mayor escasez de sedimentos que transportados por las aguas cubran a los restos orgánicos y a la erosión.

Por lo demás en Puertollano y como ya dijimos citando a Wagner las condiciones propias de desecación progresiva típicas de aquel piso no parecen cumplirse.

Reproducimos un fósil de la conífera *Lebachia*, probablemente de procedencia alóctona, fosilizado con otros restos vegetales remansados en las lutitas al techo de la capa III, pero hemos sido incapaces de encontrar restos de las pteridospermas propias de ambientes más secos, como *Callipteris conferta*, tan propia de otros depósitos autunienses (como los del arco Tortuero-Retienas-Valdesotos, en Guadalajara).

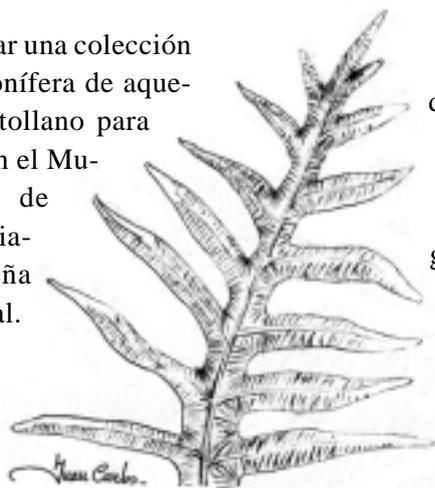


Saquetes esporangiales de *Pteridosperma* sobre un esporófilo de ápice fértil.

... Y EN UN FUTURO

Sería nuestro deseo conformar una colección representativa de la flora finicarbonífera de aquellas marismas fosilizadas en Puertollano para su futura exposición permanente en el Museo Paleontológico de Molina de Aragón, considerado por la Asociación Paleontológica Alcarreña Nautilus, nuestro museo referencial.

Para ello, y si la dirección de la mina "Emma" sigue otorgándonos sus amables facilidades, esperamos en próximas campañas ampliar dicha colección en sus flancos más débiles.



Alethopteris. Fronde de Medullosa.

Primero una ampliación a nivel estratigráfico, por ejemplo, encontrar restos de *Sigillaria* asociados a las tobas laminadas de la base de la capa III.

En segundo lugar, completar grandes lagunas como la ausencia casi total de pteridospermas.

Y por último, encontrar restos de algunos géneros muy representativos como es *Sphenophyllum* o *Selaginellites* y estróbilos, aparatos reproductores, de cualquier especie.

Juan Carlos Lomas Martín

"Almatheus"

Minerales y fósiles

Compra / venta de minerales y fósiles, herramientas de limpieza por chorreado, percutores neumáticos y eléctricos, herramientas de campo, productos químicos y abrasivos, accesorios y complementos de colección, soportes y peanas, lupas, lámparas lupa, microscopios binoculares.

Presentación de la tienda : <http://perso.wanadoo.es/almatheus> Mail : almatheus@wanadoo.es

Tienda : <http://www.almatheus.com> telef. : 965 671 115 Móvil : 687 421 775



EXTRACTO

Una vez ya descrito *Omphalophloios puertollanense*, pretendemos analizar sus principales estructuras características, buscando donde descansa el éxito que tuvo en aquella marisma fini-carbonífera de Puertollano.

La aplicación del principio paleontológico de la Anatomía Comparada, ofrece la posibilidad de comprender el porqué de ciertas características de este arbolillo mediante el estudio de otras plantas actuales especializadas en ambientes equivalentes a ese que vivió aquel ancestro

EL AMBIENTE. ADAPTACIONES ESPECIFICAS DE LAS HIDROFITAS

Omphalophloios, creció en un hábitat marismeno, tropical, húmedo. Aunque se supone que arraigó sobre tierras emergidas, estas no debieron elevarse mucho sobre el nivel freático. Debido a ello, el árbol desarrolló rizomas horizontales, superficiales, en un intento de evitar las capas inferiores permanentemente anegadas.

A pesar de crecer en elevaciones de origen aluvial, es muy probable que estos suelos fuesen ocasionalmente encharcados (incluso estacionalmente) y su anatomía estuviera capacitada para salvar esta situación.

En tales circunstancias de humedad y con un nivel freático que satura incluso las capas más altas del suelo, dos son los problemas fundamentales con que se encuentra una planta:

-El exceso de humedad; siendo necesaria una transpiración intensa que permita mitigarla.

-El intercambio de gases de los órganos que se encuentren total o parcialmente inmersos en el agua.

Ambas necesidades se verán satisfechas con características especiales de la anatomía de la planta.

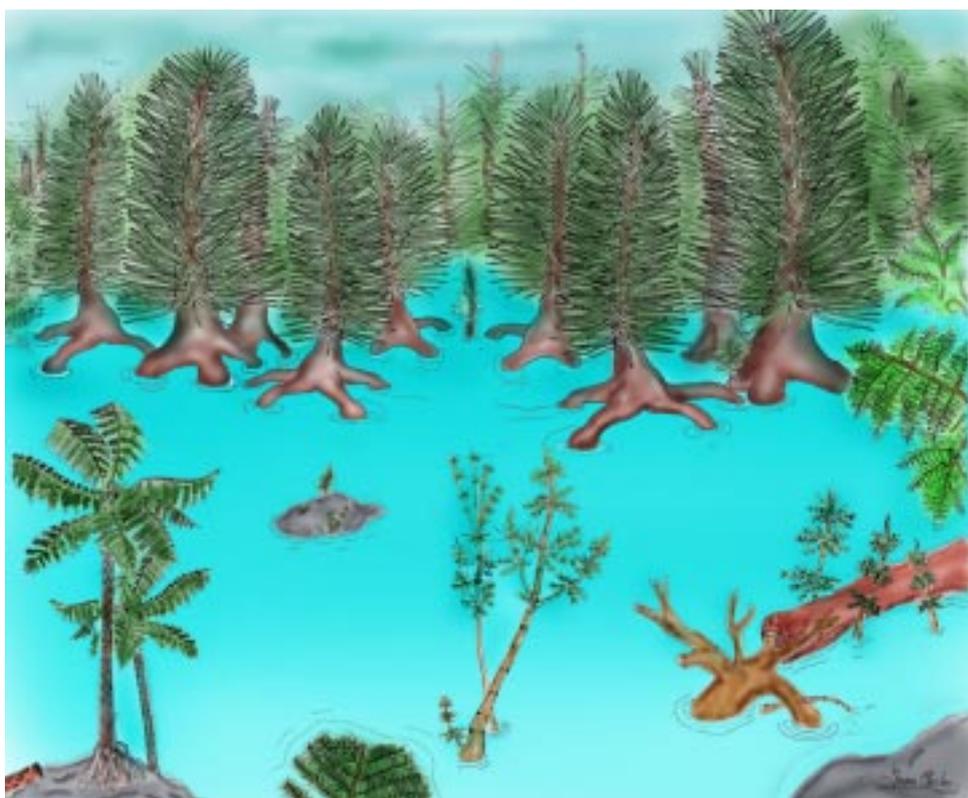
La transpiración.

Las plantas, incluso las desarrolladas en suelos inundados, necesitan captar y bombear agua del suelo. El volumen de agua absorbido por las raíces para cubrir las necesidades nutricias de la planta

es necesariamente mayor en suelos encharcados o de nivel freático demasiado elevado. Por ello las raíces de las plantas hidrófilas son sencillas, poco o nada divididas y carecen de pelos absorbentes, poniendo así menor superficie al servicio de la captación de agua.

Es sabido que la misma raíz de cualquier planta mesófila, tiene un desarrollo muy inferior si las condiciones de humedad del suelo son altas que si el suelo esta menos irrigado (donde la planta multiplica su red capilar captadora, en un intento de aprovechar mejor los recursos hídricos)

Los licopodios poseían una “raíz principal” (*Stigmaria*), que no fue otra cosa que un rizoma o tallo modificado, al que se vinculaban en espiral numerosos apéndices aplanados que eran las verdaderas raíces de la planta. Fueron también



pequeñas, no divididas, sin pelos absorventes y si bien numerosas, su forma delata que lo fueron para potenciar su función de anclaje.

tipo de raíces trata de evitar un grado excesivo de disolución, captar nutrientes sin que el abundante agua haga obligatorio un bombeo excesivo. Pese a todo es siempre superior el volumen de agua captado al alimentarse por una planta que vive en suelos encharcados, que por otra que lo haga en terrenos mejor drenados. Este exceso de agua se resuelve entonces con una intensa transpiración, que en el caso de *Omphalophloios* tuvo lugar fundamentalmente en sus hojas. Sus numerosas hojas finas, acintadas y largas, conseguirían con una mínima superficie de limbo, un máximo de desecación e intercambio de gases.

En la actualidad, las plantas que buscan reducir al máximo los efectos de la desecación ambiental (crasas, cactus...), eliminan superficie de contacto con el aire; desapareciendo con frecuencia las hojas y tomando formas esféricas. Si el problema es el opuesto, multiplican la superficie foliar o de contacto con el aire circundante. Frecuentemente presentan débiles cutículas, que pueden incluso no afectar a los estomas.

Paralelamente, las plantas hidrófilas, presentan escasa vascularización; probablemente para minimizar los canales de circulación de agua. También esta circunstancia se aprecia en *Omphalophloios*.

En cuanto al nervio central de las hojas de las lycopsidas, siempre bien marcado, podría en *Omphalophloios* (de largas y estrechas hojas) tener por función reafirmar y consolidar la estructura de las mismas. Función esquelética propia siempre de los haces vasculares.

En resumen: raíces notablemente reducidas, no ramificadas, sin pelos absorbentes... para evitar la captación excesiva de agua. Numerosas largas hojas con un nervio central que las mantendría erguidas y separadas... para aumentar la superficie de evapo-transpiración.

La oxigenación de los órganos anegados

Las raíces, como cualquier otra parte de la planta, necesitan oxígeno para su respiración o digestión

metabólica. Máxima en las zonas meristemáticas donde se lleva a cabo una intensa actividad generadora.

Pero el agua en suelos anegados, expulsa por gravedad el aire intersticial, y las raíces pierden posibilidad de intercambiar aire con la tierra.

Hay plantas actuales que viven en ambientes similares y han desarrollado respuestas a este problema. La sección de la raíz o del tallo de muchas plantas actuales de ambientes pantanosos, encharcados, muestran siempre un cilindro vascular central y una gruesa corteza envolvente que presenta numerosos aerenquimas: parénquimas especializados en almacenar gases atmosféricos. Estas reservas de aire se ven con claridad en raíces, tallos e incluso en hojas sumergidas. De ellos será tomado el oxígeno necesario a órganos incapaces de intercambiar gases con el medio.

Incluso se postula la capacidad de las plantas para guardar oxígeno proveniente de la función clorofílica para ser consumido en la respiratoria.

En *Omphalophloios* el tejido vascular ha sido definido por Wagner como "sifonostela". Un anillo central de xilema rodeado por el floema (sin cambium) En definitiva, como en las citadas plantas actuales, un cilindro vascular central rodeado de una gruesa capa cortical.

Turek, Marek, y Pelourde entre otros, han citado la presencia de canales de aireación en la corteza interna de grandes lycopsidas, y también ciertas "estructuras lagunares profundas" insertas en el parénquima cortical.

Entonces dentro de lo posible que *Omphalophloios* poseyera también alguna solución aerenquimática, y por ello necesitaba un grosor cortical importante, en detrimento de una mayor vascularización.



Omphalophloios sin laminas distales



Ciertamente la sifonostela permitía la existencia de una corteza engrosada con parénquimas especializados. Pero evitaría la presencia de vasos vasculares periféricos que aseguran una rigidez máxima. Recargar el peso de sostén de la planta principalmente sobre un grueso tejido cortical, solo es rentable si este tejido muestra adaptaciones especialmente importantes para la planta. Adaptaciones necesarias como para compensar tal carencia. Tengamos aquí en cuenta, que se ha descrito protoxilema y madera secundaria en troncos de grandes lycopodios; ciertamente con escaso desarrollo, pero que muestra la capacidad de haber poseído troncos más leñosos si hubiera sido posible.



Ápice fertil dicotomizado

Creo que la gruesa corteza de las lycopsidas obedece a un crecimiento rápido y a una modificación que permitiera el almacenamiento de aire. Unidas a ambientes de alta humedad y probables inundaciones parciales, ven como son desplazadas por plantas con preferencias mesófilas, acordes con una progresiva disminución de la humedad característica del inicio del



Tronco de *Omphalophloios*

Pérmico. Significativamente, muchas de estas nuevas protagonistas (como Pteridospermas, Gimnospermas-Coníferas...), ligadas a ambientes no encharcados, presentan madera secundaria y gran adelgazamiento de su corteza. No desplazaron a las

lycopsidas -con sus adaptaciones especiales-, hasta que no remitieron las condiciones de humedad.

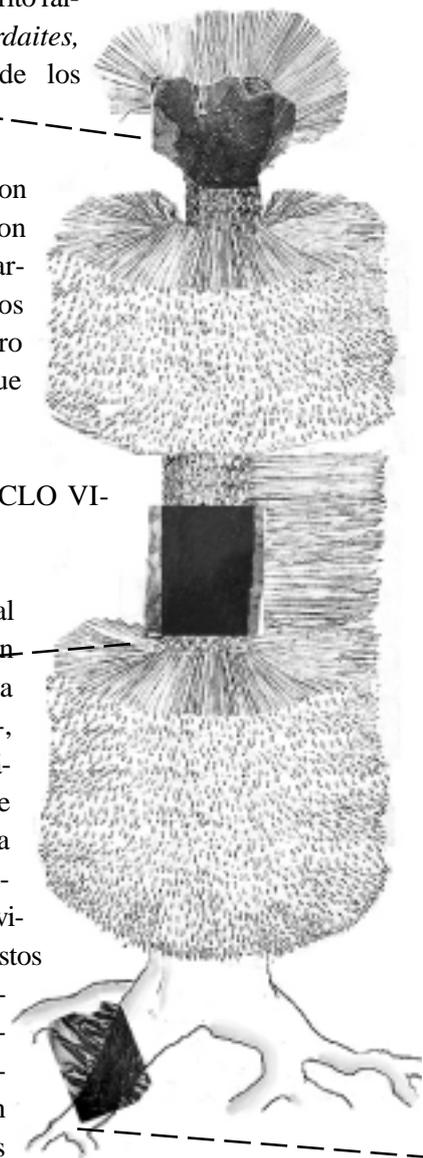
Por último recordamos también aquí, que todas las plantas que compartieron hábitat y protagonismo con *Omphalophloios* en las lagunas finicarboníferas de

Puertollano, conocieron adaptaciones equivalentes; encaminadas a evitar el exceso de humedad del sustrato y la falta de oxigenación en los tejidos sumergidos. Así los troncos de las calamitales, como las cañas actuales, fueron huecos en su interior, con un diafragma en los entrenudos permeable a los gases. *Psaronius* poseyó numerosa raíces caulogenas, como deja fuera de toda duda los numerosos cortes transversales efectuados en troncos permineralizados. Y también se han descrito raíces aéreas en *Cordaites*, semejantes a las de los mangles actuales.

Las lycopsidas no pudieron ser una excepción. Generaron alguna adaptación al encharcamiento parcial, como todos los demás pies arbóreos. Pero falta una evidencia fósil que lo confirme.

UN ACELERADO CICLO VITAL

La simplicidad estructural de los lycopodios arbóreos -con poca madera y una corteza con intercalaciones aéreas-, tuvo por consecuencia el rápido colapso estructural de cualquier parte cilíndrica de la planta, una vez muerta. El registro fósil de Puertollano lo evidencia con innumerables restos de ápices fértiles, cuyo volumen, una vez caídos del árbol, era aplanado en no demasiado tiempo (pues mantienen vinculadas aun las laminas distales), por el simple peso de la estructura.



Reconstrucción del *Omphalophloios* con ampliación de detalles del ápice, tronco y raíz.

Esta simplicidad también invita a pensar en un rápido crecimiento del arbolillo.

Entra dentro de lo posible que *Omphalophloios* tuviese un crecimiento rápido y una estructura frágil.

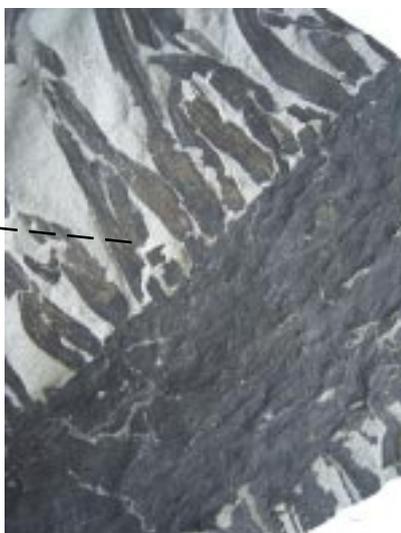


La característica división dicotómica de las lycopsidas, es la consecuencia de la existencia de un único meristemo en cada ápice, que se escindiría en dos mitades generadoras de dos brazos geminados; sin posibilidad de generar brotes por debajo del frente meristemático. Por donde ya “paso” anteriormente el meristemo creando tejido, nunca volverá a haber crecimiento. Las frágiles lycopsidas en general, al carecer de meristemas secundarios, no pudieran reemplazar ramaje desgajado por acontecimientos mecánicos (con frecuencia se han descrito troncos fósiles que presentan oquedades debidas a ruptura de ramaje). Y que un árbol no podría ser demasiado longevo porque mutilaciones parciales (frecuentes por su escaso maderamen), harían debilitar en exceso su viabilidad funcional. A ello hay que sumar la inexistencia de felodermis capaz de cicatrizar rápida y totalmente una herida; dejando esta sin amparo, ante la humedad, los hongos e insectos.

Mientras, una alfombra de pequeños plantones latentes, e incluso posibles rebrotes rizomáticos, esperaría su oportunidad de reemplazar a cualquier árbol caído o muerto.

En el caso concreto de *Omphalophloios*, recordemos que ha sido descrito por Wagner entre el límite de lo arbustivo y arbóreo, y generador de ápices fértiles sin haber concluido su crecimiento total. Ambos hechos sugieren cierta celeridad vital. Si no una corta vida.

Ello podría constituir una ventaja en el ambiente en que vivió. Este rápido ritmo metabólico estaría más en consonancia con un relieve cambiante (terreno bajo, aluvial, deltaico, con cursos de agua inestables, sometido a fluctuaciones estacionales de las aguas...), que con maduros bosques de crecimiento eterno.



Raíz de *Omphalophloios*

Diversos cauces inestables de corrientes de agua dulce aportarían grandes cantidades de sedimentos. En las orillas en profundidades comprendidas entre los 30 y los 150cm crecerían las calamitales al modo de los actuales cañaverales. Estas barreras biológicas propiciarían la precipitación de sedimento en suspensión al aminorar la velocidad del agua corriente. Sus numerosos



Laminas distales

tallos en empalizada, favorecerían la fijación del aluvién. Y la profundidad de estas aguas disminuiría hasta formar bancos arenoso-limosos. El posterior arraigo de plantas preclimax generaría nuevas vegetaciones, que con su aporte orgánico (en un ambiente de gran acidez, baja oxigenación, y mala descomposición), formarían unos lodos sobre los que ya podrían ir surgiendo masas arbóreas. A larga distancia (incluso con grandes barreras de agua, como demuestra la presencia de helechos en todas las islas tropicales), las esporas -sin apenas peso- demuestran ser unas grandes colonizadoras. Las esporas de *Omphalophloios* sembrarían la nueva barra arenosa, el nuevo bancal. Con un todavía cierto nivel de encharcamiento (las esporas masculinas de las lycopsidas son flageladas), se produciría la fecundación y posteriormente la fase arbórea -esporofítica-. Al mismo tiempo, la avulsión, la erosión... deterioraría otros “frentes” de la marisma.

Un ambiente cambiante, conocido como hidroserie, que exigiría de cualquier planta bien adaptada ciclos vitales rápidos, con reproducción numerosa e invasora, y cortos procesos de ecesis. En definitiva elevado metabolismo. Sucesión de vida y muerte en corto espacio de tiempo para los individuos, pero exitosa y dinámica adaptación como especie.

Omphalophloios puertollanense, en su aparente simplicidad (*lycopsida isoetal no ramificada, sin verdadero estróbilo definido, sin separación esporangial, probablemente sin leño secundario, con una labor de sujeción esquelética a cargo de la corteza...*), fue el más adaptado y exitoso de los árboles de aquellas marismas fósiles.

Marismas que aun guardan secretos sobre su anatomía y ontogenia. Secretos que confirmen o desmientan lo que por ahora solo podemos suponer.



GLOSARIO

Adnato. Referido a la concrecencia de un órgano vegetal con el tallo, o alguna otra parte de la planta, sin aparente discontinuidad formal.

Aerenquima. Parénquima especializado en almacenar aire atmosférico.

Albariza. Laguna salobre.

Ciclotema. Ciclo general sedimentario propio de cuencas continentales, que incluye la formación de capas de carbón.

Cinerita. Roca formada por cementación de cenizas volcánicas.

Ecesis. Conjunto de fenómenos de germinación, crecimiento y multiplicación de una especie, que condicionan la colonización de un área.

Dicotomía. Forma de ramificación propia de las lycopsidas, que genera dos ramas geminadas.

Floema. Conjunto de haces vasculares que transportan savia elaborada.

Meristemo. Agrupación de células indiferenciadas responsables del crecimiento de la planta. Pueden generar cualquier tipo de tejido adulto.

Parenquima. Conjunto de células vivas que suelen tener por misión almacenar o contener diversas sustancias y las células con clorofila.

Sifonostela. Organización vascular vegetal. En la parte interior del tronco un cilindro de floema recubre a otro de xilema.

Xilema. Conjunto de haces vasculares conductores de savia bruta.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarez-Ramis C. Coloquios Paleontológicos, 1965 n° 5, 1967 n°10, 1968 n°14, 1975 n°28, 1980-81 n°30, 1982 n°37, 1995 n°47.

Brongniart A. –Histoire des Végétaux fossiles . Paris 1828-1837. Dufour et D'Ocagne Edit. Berlin 1915 W. Junk.

Jongmans W. –Las Floras Carboníferas de España. 1951. Estudios Geológicos VII 14, pag 281-330.

Pelourde F. –Paleontologie Végétale, Cryptogames Vasculaires. Paris 1924 .G. Doin Edit.

Renault B. –Bassin Houiller et P D'Autun et D'Epinac. Flore Fossile. Paris Imprimerie Nationale.

Soler-Gijón R. –Estudio de los Vertebrados

Fósiles del Carbonífero de Puertollano, Ciudad Real. Madrid 1993. Universidad Complutense , tesis doctoral, 239 pag.

Sopeña A., Doubinger, J., & Virgili. El Pérmico Inferior de Tamajón, Retiendas, Valdesotos y Tortuero, Guadalajara Tecniterrae Revista Española de Geología y Minería n°1 pag 8-16.

Turek V., Marek J., & Benès J. –La Gran Enciclopedia de los Fósiles. Praga 1988 . Edit. Susaeta.

Wagner R.H. –Macrofloras del Carbonífero-Pérmico. La Huella del pasado , Fósiles de Castilla La Mancha (Patrimonio Histórico-Arqueología C.L.M. Servicio de publicaciones Junta de Comunidades de C.L.M.

Woodford A.O. –Geología Histórica. 1970. Ediciones Omega.

Fósiles

Meteoritos

Útiles

prehistóricos

norteafricanos

www.fosilpaleos.com

**PAZ
Y
LUIS**

*C/ Río Sella nº 2
19200
Azuqueca de Henares
Guadalajara
España
626 958 529
949 262 188*

PALEOS



fosilpaleos@hotmail.com



A la memoria de Julio Tomico

A Julio Tomico Jimenez, mi padre.

Coleccionista empedernido y apasionado, nació en Puebla del Salvador el 18 de Marzo 1924 y creció junto a su familia en Millana pueblecito de la Alcarria, hasta que la guerra civil desmanteló sus raíces, su familia, sus estudios, su libertad y su futuro prometedor.

Gran hombre de justicia y libertad, luchó toda su vida como exiliado pero esto no le impidió seguir amando la naturaleza e inculcar en mí, su pasión por ella.

Se forjó entre nosotros dos esta admiración cómplice por la paleontología y recorrimos montes, laderas, canteiras, viajamos por varios países en busca de estos “preciosos fósiles” que honran hoy sus vitrinas llenas de recuerdos y aventuras.

Hombre con visión de futuro y emprendedor, su entusiasmo fue fundamental para la creación de la Asociación paleontológica Alcarreña “Nautilus” de la que fue presidente.

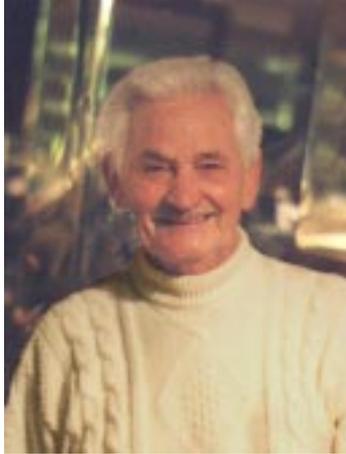
Se destacó también por su participación activa en la inolvidable exposición en el museo del Palacio del Infantado en Guadalajara (1999) y por su colaboración para crear un Museo paleontológico en Molina de Aragón.

En noviembre 2003 presenté en su honor su colección monográfica de equinodermos en el Museo Mineralogía y paleontología de Urretxu donde recibió a título póstumo los honores del excelentísimo ayuntamiento de Urretxu.

Hoy nos queda un sabor dulce de su conducta irreprochable y un sabor amargo de haberlo perdido tan pronto.

Amante de su familia, amante de sus amigos, amante de la vida, amante de la Paleontología y respetuoso.....¡Gracias Papá! Gracias por lo que nos has aportado a todos, tanto a tu familia como a tus amigos y compañeros.

Emilio Tomico de la Cruz.



A Julio Tomico Jimenez, mi Amigo.

Cuando conocí a Julio Tomico yo solo había oído hablar de los fósiles en la escuela y siempre había pensado que verlos a tus pies debía de ser algo increíble y casi mágico. Fue él quien me dijo dónde podía tener esa experiencia casi mística que desde entonces la disfruto siempre que puedo.

Pero no era esto lo mejor que Julio te podía dar. Era una persona vital, activa e inquieta que te ayudaba a disfrutar de la vida. Su inquietud le llevó a vincularse con su pueblo (Alcocer, Castilla la Mancha y España eran su pueblo) desde una visión de izquierdas participativa e imaginativa. Su fuerza natural le llevó a granjearse admiradores y detractores.

Su afición por las «piedras» y su agnosticismo militante no le ayudaron a conseguir la simpatía ni el apoyo de los poderes fácticos de siempre, quienes en un alarde de «intelecto» llegaron a comentar ante una exposición paleontología organizada por él en Alcocer «que aquello solo podía traer una visión absolutamente materialista y evolutiva de la vida y por tanto perniciosas». ¡y esto a finales de los '90!. Por contra fue su coincidencia con el parroco, de Atienza, D. Agustín, lo que ayudó a dar cauce a sus inquietudes sociales sobre paleontología y cofundar la Asociación Paleontología Alcarreña Nautilus.

Con estas cosas peleaba a diario. Nunca abundaron los que entendieron su pensar y sentir, al menos en la etapa que yo le conocí. Pero él disfrutaba haciendo lo que le gustaba y aprendiendo hasta el último día de su vida, y contagiaba a los que estábamos a su alrededor de ese placer de vivir que solo es evidente para algunos privilegiados y soñadores como él. Su incansable espíritu romántico y luchador son lo que me quedo de él para siempre. Gracias a él hoy disfruto de una gran afición por la paleontología, unos cuantos nuevos y buenos amigos en la asociación que él ayudó a fundar y presidió, bastante más fé en el ser humano y soy un poco más feliz por todo eso. ¡Gracias Julio!

Rafael Abad.



Galeria de Paleontólogos:

Fray Jose Torrubia (1698-1761)

Natural de Granada, de espíritu inquieto y rebelde entró en la Orden franciscana en 1714. En 1720 inicia su trabajo de misionero en el Pacífico. Nombrado Procurador de la Orden Franciscana, recibe la misión de recorrer la Provincia de San Gregorio, en las islas Filipinas entre 1721 y 1733. En sus cartas narra los duros recorridos a pie por las islas de Mindanao y Luzón que le permitieron, entre otras cosas, estudiar e interpretar muchos fenómenos naturales. En el año 1733 embarca en Manila de regreso a España. Este viaje de vuelta estuvo plagado de incidentes y se prolongó más de lo previsto. En una primera etapa culmina en la ciudad de Acapulco. De aquí pasa a la ciudad de México y después a Veracruz, a comienzos de 1735, llega a La Habana y en julio del año 1735 desembarca por fin en el puerto de Cádiz.

Entre 1735 y 1745 permanece Madrid y en este mismo año de 1745 regresa a América recorriendo Guatemala, Honduras y México.

Una vez de vuelta a España, inicia un viaje a Roma, Rímimi y Padua hasta llegar a París lo que le permite visitar y entablar amistad con los naturalistas de la época y conocer algunos de los mejores Museos de Ciencias Naturales de la época como: la Metallotheca Vaticana, el Musaeum Kircherianum y el Musaeum Metallicum .

José Torrubia regresa desde París a Madrid en 1750 al ser nombrado Archivero y Cronista General de la Orden franciscana. Durante este viaje hizo un alto en la villa de Anchuela, perteneciente al señorío de Molina (Guadalajara) y una niña le mostró las «petrificaciones» que le llamaron extraordinariamente la atención. Fue conducido a montes cercanos donde recogió gran cantidad de fósiles. Según cuenta él mismo en su obra «Aparato para la Historia Natural Española» (1754, p. 4). Durante estos años de estancia en España el franciscano sale con frecuencia al campo para recoger fósiles y rocas para sus colecciones las cuales sirvieron de base para sus escritos e hipótesis diluvistas sobre el origen de las «piedras figuradas».

Ya al final de su vida, tras volver a Roma en 1756, publicó en Italia varios trabajos científicos de los cuales destaca “La Gigantologia Spagnola vendicata “(1760). Falleció un año después en Roma el 17 de abril de 1761, a la edad de 63 años.

«Aparato para la Historia Natural Española»

Los materiales fósiles y minerales recogidos durante sus viajes alrededor del mundo, acompañados por sus numerosas observaciones y amplios conocimientos sobre paleontología le permiten escribir la obra titulada «Aparato para la Historia Natural Española» Tomo Primero. Considerado el primer tratado de paleontología escrito en España, tanto por las descripciones como por las interpretaciones del origen de los fósiles, trata esencialmente sobre el Diluvio y la emigración de los fósiles marinos a los montes alejados de las costas donde los descubrió. La primera mitad está dedicada a comentar el hallazgo de fósiles encontrados en sus largos viajes por España, Filipinas y América del sur, y propone el carácter orgánico de estos. En la segunda mitad plantea el origen diluviano de los restos fósiles frente otras hipótesis como las de Benito Jerónimo Feijoo (1676-1764). Otro aspecto de interés en este libro es su particular visión del método científico que debe utilizarse en el estudio las Ciencias Naturales, apostando decididamente por el método experimental.

En el prólogo de este libro, José Torrubia afirma la existencia de dos problemas en los autores que hasta la fecha habían publicado trabajos sobre Ciencias Naturales.



El primero según sus palabras «no haber dado con el método, lo que proviene, a mi parecer, de no haberse hasta ahora descubierto aquella cadena, con cuyos precisos eslabones o anillos, dicen, debe unirse la prodigiosa diversidad de efectos, y producciones de la Naturaleza debajo de unas verdades universales e incontestables».

El segundo según sus palabras : «Treinta años he estudiado la Naturaleza en buenos autores, y principalmente en las obras que tienen impresas, no solo en nuestra España, sino en las remotísimas Filipinas, y en las regiones de México, Michoacán, Xalisco, Zacatecas, Guatemala, Tabasco, Campeche, Habana, etc., cuyas distancias he andado por tierra...»

José Torrubia aboga por métodos experimentales frente a métodos de observación o sistemáticos.

El «Aparato para la Historia Natural Española» tuvo amplio eco en la Europa del XVIII. Prueba de ello es que, tras su publicación en 1754, fue pronto comentado, no exento de críticas, en varias revistas científicas de la época, teniendo especial relevancia la disertación sobre los gigantes ya que era un de los grandes temas de debate en aquella época.

En 1.760 se publicó una traducción de este capítulo en francés y en 1.773 otra traducción en alemán incluyendo los dieciséis primeros capítulos.

La Paleontología en el siglo XVII

José Torrubia vivió en una época especialmente creativa para el desarrollo de las Ciencias de la Tierra. Hasta ese momento no se disponía de una teoría fundamentada y universalmente aceptada sobre la constitución, origen y cambios de la Tierra.

Coetáneo de grandes pensadores y naturalistas, como Nicolás Stensen (Steno) (1638-1689), Karl von Linneo (1707-1778) y Jean Louis Leclerc conde de Buffon (1707-1788), desarrolla algunas ideas geológicas como la de la decadencia del mundo como herencia del pecado original donde la erosión de las montañas es un signo indudable de que este mundo, nacido perfecto de la mano de Dios al comienzo de los tiempos, está sometido a un desgaste que le llevarán con el tiempo al total arrasamiento, o la teoría del Diluvio Universal donde la tierra estuvo totalmente cubierta por las aguas. Estas teorías tradicionales precientíficas hay que situarlas dentro del contexto cultural y científico de la Europa del XVIII, dominada por un fuerte sentimiento religioso que impedía el desarrollo de otro tipo de teorías que mas tarde se postularon y dieron lugar al nacimiento de la paleontología tal y como la conocemos en la actualidad.

Para saber mas:

A. Goy y A. Rodrigo. 1.999. **Tras las huellas de Torrubia (1698 - 1761) por el Señorío de Molina**
XV jornadas de Paleontología. Museo Geominero.

Capel, H. 1985. **La Física Sagrada. Creencias religiosas y teorías científicas en los orígenes de la geomorfología española.** Ediciones del Serbal, Barcelona, 223 pp.

Pelayo, F. 1996. **Del Diluvio al Megaterio. Los orígenes de la Paleontología en España.** Cuadernos Galileo de Historia de la Ciencia, 16. CSIC, Madrid, 310 pp.

Pelayo, F. 1994. **El Aparato para la Historia Natural Española** de José Torrubia (1698-1761): diluvismo, gigantes y la naturaleza de los fósiles en el pensamiento español del siglo XVIII. In: Edición facsímil del *Aparato para la Historia Natural Española*. Sociedad Española de Paleontología, 3-45.

Sequeiros, L. 1998b. **José Torrubia y su aportación al método científico en paleontología.** Geogaceta, nº 24, pgs.129-131.

Vernet, J. 1976. **Historia de la Ciencia española.** Instituto de España.



APROXIMACIÓN A LOS ERIZOS DE MAR DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE GUADALAJARA

En el cretácico la Península Ibérica conoce varias transgresiones y regresiones, siendo la primera regresión en el periodo Berriasiense.

Durante el periodo Valanginiense tiene lugar una trasgresión que se ampliará hasta el Aptiense y que dió lugar a la formación de dos grandes golfos en las regiones ibérica y cantábrica. A esta trasgresión le sucede una pequeña regresión durante el Albiense que se caracterizó por importantes depósitos detríticos gruesos provenientes de la meseta ibérica y del macizo del Ebro. Además de esto, importantes movimientos tectónicos afectaron al NE de la península ibérica al final del Cretácico inferior.

-Un dominio marino más profundo ligado directamente con la plataforma, que se mantuvo hasta el final del Cretácico, particularmente en las regiones pirenaica y vasco-cantábrica) y la región bética.

Gracias a estas transgresiones del Cretácico Superior se produjeron importantes depósitos sedimentarios con abundante y variada fauna fósil.

En el Albo-Aptiense se depositan en alternancia, en el borde del dominio mesetario, margas, arcillas versicolores y arcillas blancas continentales que corresponden a la «facies de Utrillas». Al alejarse de la meseta, esta facies pasa poco a poco a formaciones



Entre los periodos Albiense superior y Cenomaniense inferior, el mar va ganando terreno y los golfos cantábrico e ibérico se comunican aislando totalmente el macizo del Ebro del resto de la Península. (Fig. 1)

Así, Durante el Cretácico se distinguen los siguientes dominios:

-La meseta ibérica, dominio emergido más o menos extendido que llegó a estar temporalmente aislado de su parte nordeste (macizo del Ebro).

cada vez más marinas, generalmente representadas por calizas con orbitolínidos y rudistas, y después por margas con globigerínidos y ammonites. Esta última facies existe también en el dominio pirenaico.

En el Cenomano-Turonense, el dominio marino que bordea la meseta está ocupado por dolomías y calizas con orbitolínidos y alveolínidos. Depósitos margocalcáreos y margosos con organismos pelágicos se acumulan más al interior de la plataforma en las regiones bética y pirenaica y también en lo que corresponde actualmente a la plataforma continental septentrional.



En el Senoniense, las facies que se intercalan en el borde de la meseta corresponden a calizas y carófitos o a formaciones calcáreas de poca profundidad con rudistas y lacazinas.

La zona de estudio del presente artículo se sitúa en las estribaciones de la Cordillera Central, concretamente al noroeste de la provincia de Guadalajara, y está constituida por una serie de cerros que van desde Cantalojas, pasando por Galve de Sorbe, Condemios de Arriba, Condemios de Abajo, Albendiego y terminando en Somolinos. La serie se prolonga por Somolinos a la provincia de Soria y desde Cantalojas a la provincia de Segovia, si bien no de forma continua como ocurre en la llamada "Mesa de Condemios".

Se trata de una mesa alargada, posicionada encima de la formación "Arenas de Utrillas" rica en caolín, del que obtiene su color blanquecino. Esta mesa ó cerros corresponderían a una cadena montañosa situada frente al Pico del Alto Rey y se sitúa en la zona de entronque de la Cordillera Ibérica con el Sistema Central sometida a las interferencias entre ambos sistemas. La zona se encontraba en el borde meridional del mar Cretácico que recubría el norte de España; esta situación sublitoral queda caracterizada tanto por la reducción del espesor de series sedimentarias observado en el Cretácico marino hacia el Sur, así como el mayor desarrollo en esta zona de las facies calcáreas, en lugar de las facies margosas con fauna pelágica existentes al Norte.

Los suelos pertenecen al Cretácico Superior concretamente a los pisos Albiense (113 a 97,5 ma), Cenomaniense (97,5 a 91 m.a.), Turoniense (91-88,5 m.a.), Coniaciense (88,5 a 87,5 m.a.) y en ellos se distinguen los siguientes tramos.

Tramo 1: Corresponde a un tramo de arenas blanco-rosadas, amarillentas y con nódulos de hierro, son las llamadas "facies de Utrillas" de edad Albiense-Cenomaniense Inferior (entre 110-98 millones de años), con una potencia de 50-60 metros visibles, propio de un ambiente fluvial y lacustre del período que separa el Cretácico Inferior del Cretácico Superior. Este tramo suele ser estéril en fauna fósil.

Tramo 2: Corresponde a un tramo de dolomías, margas y arcillas dolomíticas, de edad Cenomaniense Medio y Superior (entre 98-93 millones de años) con

una potencia 3 metros de espesor. En este tramo se da la zona con más abundancia de restos fósiles: la llamada "capa de Ostreas", formando una cornisa muy característica de la zona que es visible en casi todo su recorrido.

Tramo 3: Corresponde a un tramo de arcillas y margas dolomíticas, de edad Turoniense Inferior (entre 93-91 millones de años), y que puede alcanzar espesores de 30-60 metros.

Tramo 4: Corresponde a un tramo de dolomías y calizas dolomíticas tableadas de edad Turoniense Medio y Superior (entre 91-89,5 millones de años). Este tramo se pierde en algunas partes de la zona y tiene una potencia de 3-6 metros.

Tramo 5: Corresponde a un tramo de dolomías y calizas brechoides, masivas del Coniaciense (entre 89,5-86,7 millones de años) con una potencia de 2-3 metros visibles sólo en algunas zonas.

La fauna fósil encontrada en esta zona es rica y abundante y pertenecen a los filum siguientes:

- Artópodos, crustáceos, decápodos (Cangrejos).
- Celentéreos (Corales).
- Briozos.
- Foraminíferos (Orbitolinas).
- Anélidos (Sérpulas).
- Braquiópodos (Terebrátulas).
- Moluscos, Bivalvos, Escafópodos, Gasterópodos y Cefalópodos (Ammonites).
- Equinodermos, sobre los que versa esta primera parte del "Estudio divulgativo del Cretácico Superior del noreste de la provincia de Guadalajara"

Filum Echinodermata. Klein, 1734

Los Equinodermos son animales invertebrados, exclusivamente marinos y casi siempre bentónicos, de simetría pentarradiada. El esqueleto consta de placas calcáreas, a menudo espinas o cerdas siendo el erizo de mar el animal más representativo del Filum. Su estructura corporal se caracteriza por poseer un sistema ambulacral (sistema de circulación de agua) destinado a la locomoción, el abastecimiento de oxígeno y la absorción de alimento. Se conocen 4 Subfilum:



HOMALAZOA. Formas primitivas sin planos radiales de simetría que vivieron desde el Cámbrico hasta el Devónico. A este Subfilum pertenecen los Carpoidea.

CRINOZOA. Equinodermos del tipo de los lirios de mar donde destacan las Clases Cystoidea, Blastoidea, Crinioidea entre otras.

ASTEROZOA. Zittel, 1.895. Estrellas de mar con tres Clases: Ophiuroidea, Asteroidea y Stelleroidea

ECHINOZOA. Haeckel y Zittel, 1.895. Erizos de mar. Se divide en 7 Clases:

-Helicoplacoidea. Durhan y Caster, 1.963. (Cámbrico inf.) Con caparazón girado en espiral y elástico.

-Holothuroidea. Blainville, 1.834. (Cámbrico), Carbonífero-Actual). Cohombros o pepinos de mar.

-Ophiocistoidea. Sollas, 1.899. (Ordovícico-Devónico). De cuerpo discoidal.

-Cyclocystoidea. Miller y Gurley, 1.895. (Ordovícico med.-Devónico med.). Discoidales y de pequeño tamaño.

-Edrioasteroidea. Billings, 1.858. (Cámbrico-Carbonífero inf.). Discoidales, fijados al substrato, claramente desarrollados.

-Camptostromatoidea. (Cámbrico inf.). Discoidales y provistos de brazos.

-Echinoidea. Leske, 1778. (Ordovícico-Actual). Erizos de mar o Equínidos. Clase sobre la que versa este artículo.

Nociones generales de los erizos de mar

Los Erizos son fáciles de reconocer por su forma más o menos esférica que puede variar entre la de una manzana algo piramidal, la de un disco aplanado o en forma de turbante. Su característica mas común estriba en su caparazón calcáreo.

La mayoría de los erizos fósiles miden entre 2 y 5 cm aunque se conocen formas de más de 20 cm, como los Conoclypus o los Clypeaster

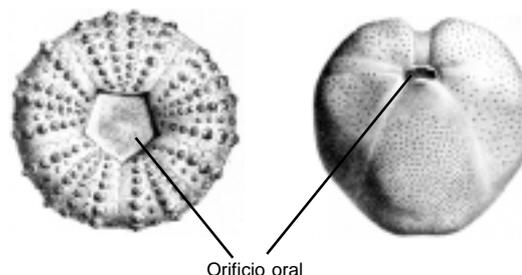
Los primeros erizos de mar encontrados pertenecen al Ordovícico y tuvieron una expansión relativa en el Carbonífero. Al inicio del Jurásico se produjo un segundo período de apogeo que perduró hasta finales del Cretácico con un importante desarrollo de formas y géneros. A principios de la era Terciaria se produjo un claro retroceso, seguido de un tercer apogeo que culminó en el Eoceno. Después se inicia una tendencia descendente que llega hasta nuestros días.

Los erizos de mar se hallan representados en todos los mares y se conocen unos 850 géneros fósiles y actuales.

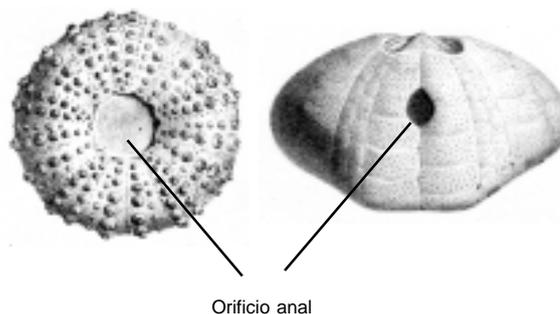
Caparazón y partes duras

Los erizos de mar poseen por lo general un caparazón formado por numerosas placas calcáreas que están cubiertas por radiolas más o menos largas y en el se distinguen:

El orificio oral o peristoma que se encuentra en la cara inferior de la concha dando nombre a esta (lado oral). Suele estar dispuesto en el centro del caparazón, o bien desplazado hacia el borde anterior. En numerosas especies de erizos regulares muestra las llamadas «hendiduras branquiales».

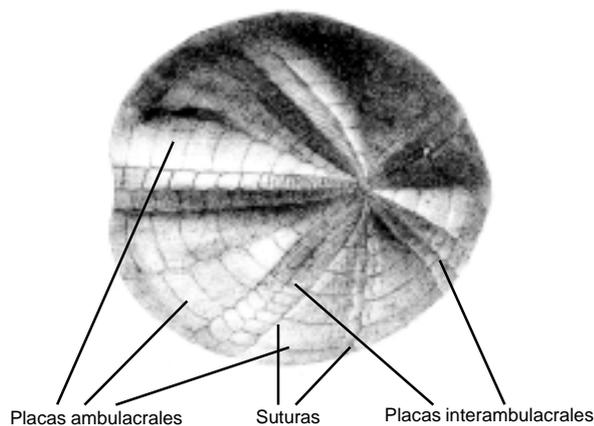


El orificio anal o periprocto se encuentra en posición opuesta al orificio bucal, en la cara superior del caparazón (lado aboral) o bien sobre una línea imaginaria, trazada desde el ápice hasta la boca en la zona dorsal de la corona. Estas últimas formas reciben el nombre de irregulares.



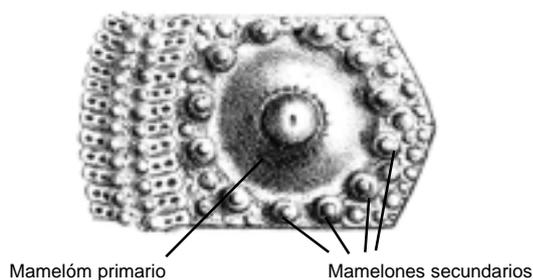
En el lado aboral encontramos una serie de placas que, en conjunto, reciben el nombre de sistema apical. En los erizos regulares, el sistema apical rodea al periprocto. El punto más alto del caparazón recibe el nombre de ápice; con frecuencia se encuentra allí el sistema apical formado por placas oculares o radiales, finamente perforadas, y por placas genitales que se caracterizan por presentar un poro mayor (poro genital o gonoporo). Una de las placas genitales presenta unos poros microscópicos. Esta placa recibe el nombre de madreporica y se encuentra encima de la desembocadura del hidroporo.

El caparazón consta de numerosas placas calcáreas formando cinco áreas ambulacrales alternadas con 5 áreas interambulacrales, unidas habitualmente por una sutura en zigzag. Las placas ambulacrales están perforadas por poros por donde salen los pies ambulacrales. El borde lateral de estas placas consta habitualmente de dos orificios redondos o de un redondo y otro alargado.



Los campos interambulacrales se hallan delimitados en la zona apical por las placas genitales, estas son casi siempre mayores que las placas oculares y cada una de ellas presenta un poro mayor, a excepción de la placa madreporica que muestra unos poros finos.

Las placas interambulacrales presentan unos mamelones grandes primarios y otros secundarios mas pequeños que sirven de base de las radiolas.



Mientras que el número de placas de un campo ambulacral puede ser muy reducido (4 o 5 en los Cidaroida) el número de placas interambulacrales puede llegar hasta 60 o más.

Las radiolas o espinas calcáreas tienen las funciones de sujección al suelo impidiendo que el erizo sea arrastrado por las aguas, proporciona protección contra los numerosos enemigos y desempeña un importante papel como medio de locomoción.

Las radiolas están unidas de forma móvil al caparazón, el cuerpo de estas suele ser granulado, espinoso o estriado y sólo ocasionalmente es liso. Se dividen en cabeza, cuello y cuerpo, siendo este último la parte más larga de las mismas.



Exite una amplia gama de radiolas sobre todo de los Cidaroida llegando a medir hasta 30 cm de largo.

Los pedicelarios, son pinzas móviles calcáreas que se encuentran distribuidos entre las radiolas. La misión de estos pedicelarios consiste en alejar a los pequeños organismos que buscan protección entre las radiolas.

En algunos erizos (Clypeasteroida) existe un sistema mandibular llamado «**linterna de Aristóteles**». Son extremadamente raros en el registro fósil y solo se han encontrado en estratos del Jurásico superior y del Cretácico.

Hábitat, forma de vida

La inmensa mayoría de los erizos son marinos, prefieren las aguas costeras poco profundas, viven sobre el fondo y no existen especies cosmopolitas.



El sistema de locomoción se basa en las radiolas y los pies ambulacrales cuando el fondo es duro, y sólo con las radiolas cuando el suelo es blando. Se desplazan con gran lentitud y son fitófagos u omnívoros.

Determinación de erizos.

Para la determinación de los erizos se toman en consideración los siguientes datos:

La simetría, pentarradiada para los erizos regulares y bilateral para los erizos irregulares.

En los erizos regulares, el peristoma se halla siempre centrado sobre el lado oral, mientras que en los erizos irregulares puede estar desplazado hacia la parte anterior.

También se toma en consideración los tubérculos o mamelones de la superficie, si son grandes o medianos pertenece al Orden Cidaroida y a los Superórdenes Diadematacea y Echinacea y si son pequeños y poco visibles pertenecen a los Superórdenes Gnathostomata y Atelostomata.

La forma de las radiolas es también un dato importante aunque en la gran mayoría de los casos se encuentran aisladas de los caparzones y sólo es posible establecer una relación provisional cuando se encuentran en el mismo estrato.

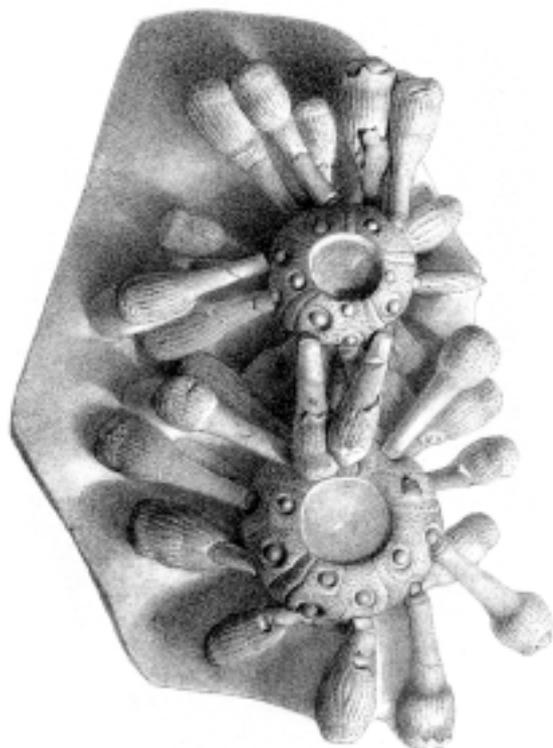
Son importantes además la forma y el desarrollo del sistema apical y de las placas ambulacrales, así como la disposición de las áreas ambulacrales.

Clase Echinoidea **Leske, 1778**. Se divide en 2 Subclases:

-Perischoechnoidea **M'Coy, 1.849**. Se divide a su vez en 4 Ordenes:

- a) Bothriocidaroida **Zittel, 1.875**.
- b) Echinocystitoidea **Jakson, 1.912**.
- c) Palaechinoidea **Haeckel, 1.866**.
- d) Cidaroida **Claus, 1.880**.

-Euechinoidea **Bronn, 1.860**. Comprende todos los erizos postpaleozoicos salvo los Cidaroida y se divide en 4 superórdenes:



Dibujo tomado de "Monograph of the British Fossil Echinodermata from the Cretaceous Formations" Tomas Wright, 1864-1882

- a) Diadematacea **Duncan, 1.889**. con 4 clases:
 - Echinothurioida **Claus, 1.880**.
 - Diadematoidea **Duncan, 1.889**.
 - Pedinoida **Mortensen, 1.939**.
 - Pygasteroida **Duncan y Melville, 1.889**.
- b) Echinacea **Claus, 1.876** con 7 Clases:
 - Salenioida **Delage y Hérourard, 1.903**.
 - Hemicidaroida **Beurlen, 1.937**.
 - Phimosomatoidea **Mortensen 1.904**.
 - Arbacioida **Gregory, 1.900**.
 - Temnopleuroidea **Mortensen, 1.942**.
 - Echinoida **Claus, 1.876**.
 - Plesiocidaroida **Duncan, 1.889**.
- c) Gnathotomata **Zittel, 1.879**.
 - Holectypoida **Duncan, 1.889**.
 - Clypeasteroida **Agassiz; A., 1.872**.
- d) Atelostomata **Zittel, 1.879**.
 - Cassiduloida **Claus, 1.880**.
 - Holasteroida **Durham y Melville, 1.957**.
 - Spatangoida **Claus, 1.876**.
 - Neolampadoida **Philip, 1.963**.

En la zona destacan los Equinoideos de las Familias Cidaridae, Pedinidae y Pseudodiadematidae por su excelente conservación y relativa abundancia.



FAMILIA CIDARIDAE (Cidaris)

De esta familia se ha localizado el género *Stereocidaris* que se caracteriza por tener un caparazón grande y robusto con siete placas interambulacrales por columna. La parte superior posee de una a tres areolas, tubérculos y espinas; las areolas son profundas y separadas, poseen ambulacros sinuosos y poros no conjugados y los tubérculos primarios son no crenulados. Se han encontrado tres especies de *Stereocidaris*:

Ficha de Fósil

FILUM:	ECHINODERMATA
SUBFILUM:	ECHINOZOA; Haeckel y Zittel, 1895
CLASE:	ECHINOIDEA; Leske, 1778
SUBCLASE:	PERISCHOECHINOIDE; Claus, 1880
ORDEN:	CIDAROIDA; Claus, 1.880
FAMILIA:	CIDARIDAE; Gray, 1825
SUBFAMILIA:	STEREOCIDARINAE; Lambert, 1900
GÉNERO:	<i>Stereocidaris</i> ; Pomel, 1883
ESPECIE:	<i>Stereocidaris cenomaniensis</i> ; Cotteau, 1855

NOTAS

Especie mediana abombada y circular. Poros redondos y separados por una especie de gránulo. Áreas ambulacrales estrechas y con cuatro hileras de gránulos.



Ficha de Fósil

FILUM:	ECHINODERMATA
SUBFILUM:	ECHINOZOA; Haeckel y Zittel, 1895
CLASE:	ECHINOIDEA; Leske, 1778
SUBCLASE:	PERISCHOECHINOIDE; Claus, 1880
ORDEN:	CIDAROIDA; Claus, 1880
FAMILIA:	CIDARIDAE; Gray, 1825
SUBFAMILIA:	STEREOCIDARINAE; Lambert, 1900
GÉNERO:	<i>Stereocidaris</i> ; Pomel, 1883
ESPECIE:	<i>Stereocidaris Figuerensis</i> ; Loriol, 1887

NOTAS

Tiene forma circular elevada, poros separados por un pequeño gránulo y las áreas ambulacrales son estrechas y sinuosas.



Ficha de Fósil

FILUM:	ECHINODERMATA
SUBFILUM:	ECHINOZOA; Haeckel y Zittel, 1895
CLASE:	ECHINOIDEA; Leske, 1778
SUBCLASE:	PERISCHOECHINOIDE; Claus, 1880
ORDEN:	CIDAROIDA; Claus, 1880
FAMILIA:	CIDARIDAE; Gray, 1825
SUBFAMILIA:	STEREOCIDARINAE; Lambert, 1900
GÉNERO:	<i>Stereocidaris</i> ; Pomel, 1883
ESPECIE:	<i>Stereocidaris pretiosa</i> ; Desor, 1885

NOTAS

De talla media, circular inflada, deprimida por debajo y por encima, y posee unos tubérculos ambulacrales bastante desarrollados



FAMILIA PEDINIDAE:

De esta familia se han localizado solo los géneros *Micropedina* y *Pedina* con una especie del Cenomaniense Inferior-Medio y que se detalla a continuación:

Ficha de Fósil

FILUM:	ECHINODERMATA
SUBFILUM:	ECHINOZOA; Haeckel y Zittel, 1895
CLASE:	ECHINOIDEA; Leske, 1778
SUBCLASE:	EUECHINOIDEA; Bronn, 1860
SUPERORDEN:	DIADEMATACEA; Duncan 1889
ORDEN:	PEDINOIDA; Mortensen, 1939
FAMILIA:	PEDINIDAE; Pomel, 1883
GÉNERO:	<i>Micropedina</i> ; Cotteau, 1866
ESPECIE:	<i>Micropedina Olisiponensis</i> ; Forbes, 1850

NOTAS

Se caracteriza por tener un caparazón subsférico, de tamaño medio, 25-40 mm; altura subcónica, hemisférica deprimida y placas no imbricadas. Posee poros por pares formando arcos de tres pares. El peristoma es hundido y muy pequeño con entrantes débiles.



Ficha de Fósil

FILUM:	ECHINODERMATA
SUBFILUM:	ECHINOZOA; Haeckel y Zittel, 1895
CLASE:	ECHINOIDEA; Leske, 1778
SUBCLASE:	EUECHINOIDEA; Bronn, 1860
SUPERORDEN:	DIADEMATACEA; Duncan 1889
ORDEN:	PEDINOIDA; Mortensen, 1939
FAMILIA:	PEDINIDAE; Pomel, 1883
GÉNERO:	<i>Pedina</i>
ESPECIE:	<i>Pedina sublaevis</i>

NOTAS

Se caracteriza por tener el caparazón frágil de tamaño medio o grande, de forma hemisférica mas o menos deprimida, altura subcónica. Pares de poros dispuestos en pares de tres.



FAMILIA PSEUDODIAEMATIDAE

De esta familia se ha localizado en la zona de estudio el Género *Tetragramma*, que se caracteriza por tener el caparazón subcircular deprimido y de talla moderadamente grande. Disponen de dos grandes tubérculos en cada placa interambulacral y los poros dispuestos en doble hilera que se presentan en la zona adapical. Todas las especies localizadas son del Cenomaniense Medio.

Ficha de Fósil

FILUM:	ECHINODERMATA
SUBFILUM:	ECHINOZOA; Haeckel y Zittel, 1895
CLASE:	ECHINOIDEA; Leske, 1778
SUBCLASE:	EUECHINOIDEA; Bronn, 1868
SUPERORDEN:	ECHINACEA; Claus, 1876
ORDEN:	HEMICIDAROIDA; Beurlen, 1937
FAMILIA:	PSEUDODIAEMATIDAE; Pommel, 1883
GÉNERO:	<i>Tetragramma</i> ; Agassiz; L., 1840
ESPECIE:	<i>Tetragramma ornatum</i> ; Goldfuss, 1826

NOTAS

Tamaño grande, subcircular, alto y deprimido en la parte baja, poros simples, áreas ambulacrales anchas con dos líneas de tubérculos finamente crenulados. Peristoma profundamente hundido con entalladuras no muy aparentes, aparato apical grande y subpentagonal.



Ficha de Fósil

FILUM:	ECHINODERMATA
SUBFILUM:	ECHINOZOA; Haeckel y Zittel, 1895
CLASE:	ECHINOIDEA; Leske, 1778
SUBCLASE:	EUECHINOIDEA; Bronn, 1868
SUPERORDEN:	ECHINACEA; Claus, 1876
ORDEN:	HEMICIDAROIDA; Beurlen, 1937
FAMILIA:	PSEUDODIAEMATIDAE; Pommel, 1883
GÉNERO:	<i>Tetragramma</i> ; Agassiz L., 1840
ESPECIE:	<i>Tetragramma michelini</i> ; Desor, 1856

NOTAS

Esta especie es de talla media, subcircular, deprimida y casi igual por encima y por debajo, las zonas poríferas rectas con poros simples y redondeados. Áreas ambulacrales bastante anchas. Peristoma pequeño y muy hundido. Aparato apical bastante grande, algo alargado y subpentagonal.



Ficha de Fósil

FILUM:	ECHINODERMATA
SUBFILUM:	ECHINOZOA; Haeckel y Zittel, 1895
CLASE:	ECHINOIDEA; Leske, 1778
SUBCLASE:	EUECHINOIDEA; Bronn, 1868
SUPERORDEN:	ECHINACEA; Claus, 1876
ORDEN:	HEMICIDAROIDA; Beurlen, 1937
FAMILIA:	PSEUDODIADEMATIDAE; Pommel, 1883
GÉNERO:	<i>Tetragramma</i> Agassiz; L., 1840
ESPECIE:	<i>Tetragramma variolare</i> ; Brogniart, 1882

NOTAS Esta especie es de talla grande, subcircular, ligeramente pentagonal y deprimida por las dos caras, las zonas poríferas rectas con poros redondeados. Áreas ambulacrales estrechas y con hileras de tubérculos gruesos. Peristoma circular y poco desarrollado. Aparato apical bastante grande, pentagonal y anguloso



Ficha de Fósil

FILUM:	ECHINODERMATA
SUBFILUM:	ECHINOZOA; Haeckel y Zittel, 1895
CLASE:	ECHINOIDEA; Leske, 1778
SUBCLASE:	EUECHINOIDEA; Bronn, 1868
SUPERORDEN:	ECHINACEA; Claus, 1876
ORDEN:	HEMICIDAROIDA; Beurlen, 1937
FAMILIA:	PSEUDODIADEMATIDAE; Pommel, 1883
GÉNERO:	<i>Tetragramma</i> ; Agassiz L., 1840
ESPECIE:	<i>Tetragramma marticensi</i> ; Votteau, 1864

NOTAS Esta especie es de talla bastante grande, abultado hacia el ambitus y deprimida por las dos caras, las zonas poríferas con poros redondeados. Áreas ambulacrales estrechas y con dos líneas de tubérculos finamente crenulados. Peristoma subcircular, superficial y bastante grande. Aparato apical alargado, subpentagonal y sinuoso.



zonaminera

Visita nuestra web

www.zonaminera.net

E-mail: info@zonaminera.net

Puedes visitarnos concertando cita en nuestro local:

C/ Castillo, 13 - 28010 Madrid (metro Iglesia)

Telf.: 91 593 08 06





En el momento en que nos están leyendo, el **Museo de Molina de Aragón** es una realidad, es la plasmación de un sueño y una ilusión compartida por una gran parte de la sociedad, que ha tardado dos años en dar fruto.

Cuando la Asociación Paleontológica Alcarreña «NAUTILUS», me pidió un artículo para dar a conocer el Museo de Molina le respondí que el proyecto era tan amplio y de tal calado que merecería que los responsables de cada

una de las secciones del Museo dieran a conocer su trabajo científico y expositivo, es por ello que, lo que aquí exponemos simplemente la carta de presentación de un espacio cultural que hoy en día es ya una realidad.

En un momento en que nuestra Comarca se despuebla, en que las formas de vida cambian, dejando abandonados nichos etnográficos, es necesario apostar con todas nuestras fuerzas por proyectos que además de tener continuidad, den una solución real a los problemas que tenemos: de índole cultural, social y laboral. El vacío de población se refleja en un vacío cultural, en una pérdida de valores etnográficos y de conocimientos; es necesario asimismo crear espacios de encuentro entre los distintos pueblos de nuestra comarca, donde se vean reflejados por intereses comunes y al mismo tiempo con metas ilusionantes, si además cubrimos un aspecto laboral y de creación de valor, esta realidad de la que hablamos tendrá sentido; es por ello que con este espacio cultural y recreativo pretendemos llenar algunas de estas lagunas.

Quizás suene pretencioso, pero creemos que si la meta no es lo suficientemente importante la ilusión y la energía que se generan tampoco lo serán por lo que muy difícilmente tienen continuidad en esos casos los proyectos y el nuestro queremos que lo tenga.

Por ello, el 13 de agosto de 2002, un grupo de personas nos reunimos y decidimos crear la Asociación de Amigos del Museo de Molina de Aragón, siendo el fin fundamental la creación y gestión de un espacio cultural abierto que diera cabida a instalaciones museísticas, culturales y de investigación.



Vista panorámica del Convento de San Francisco que alberga el Museo

Se realizaron los trámites administrativos adecuados y presentamos el proyecto en el Plan Leader +, que aportó una importante colaboración económica para la realización de este proyecto, que junto con las aportaciones voluntarias de miembros de la Asociación y el apoyo financiero de Ibercaja, han proporcionado los fondos necesarios, complementados con la aportación económica de nuestro Ayuntamiento, para acometer la realización de este proyecto.

El proyecto crea un espacio cultural de propiedad municipal con gestión integral por parte de la Asociación de Amigos del Museo de Molina.





Entrada al Museo

Estamos ubicados en uno de los edificios emblemáticos de nuestra ciudad: el Convento de San Francisco. En este impresionante marco, presentamos lo que hemos venido a llamar Museo de la Vida.

Intentamos que los que se acercan a nosotros profundicen en sus raíces, comprendan los procesos e interacciones que han sido necesarios para llegar a nuestra realidad, cómo de unos procesos geológicos, de una mezcla primigenia de elementos surge la vida que, modelada por el medio ambiente, permite el surgir de formas adaptadas a cada ecosistema.

Uno de los aspectos que más nos han preocupado es que los más jóvenes, los niños, se entusiasmen con el museo, por ello el desarrollo museográfico será en dos niveles, casi como si hubiera dos museos superpuestos, y el infantil debe estar hecho a su medida, no solo físicamente disponiendo la información a una altura asequible para ellos, sino realizando un discurso adaptado a sus conocimientos e intereses, creando espacios de misterio,

de hallazgos, de contacto físico y sensorial y teniendo siempre personal dispuesto para su atención, para ello hemos contado con la colaboración de las instituciones educativas de nuestro municipio en el desarrollo de esta parte del proyecto.

Mediante el estudio de la Paleontología enseñamos en la primera Sala formas de vida ya desaparecidas, cuyos restos - en piedra - nos hablan de una explosión inmensa de formas distintas, desaparecidas en procesos todavía no esclarecidos, que durante cinco extinciones generaron la fuerza necesaria para que al cubrir dichos espacios vacíos un mamífero llamado hombre pueda desarrollar nuestra forma de ser social que llamamos cultura.

Enseñamos fundamentalmente procesos, aunque hay piezas magníficas dentro de nuestras vitrinas, pero pretendemos que al salir de esta Sala el visitante entienda que el cambio ha sido una constante en el desarrollo de la Vida, y la adaptación al medio natural, el motor que ha generado la vida actual.

De este tema precisamente, la vida actual trata nuestra segunda Sala, dedicada a las Ciencias Naturales. En ella nos adentramos en lo desconocido, en la última frontera, en el todavía poco explorado mundo de los Insectos, los seres más numerosos y menos conocidos. Así mismo damos una visión de la fauna que nos rodea.

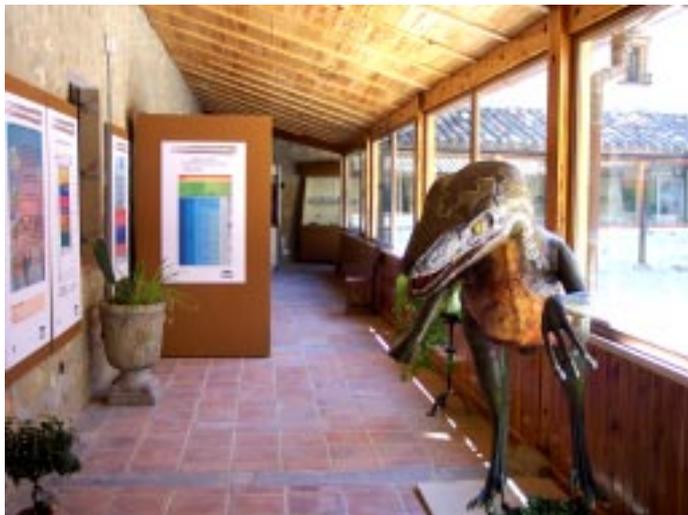
Nuestros hijos tienen grandes conocimientos de la última tecnología sin embargo la mayoría no ha visto nunca aquellas formas de vida que debemos preservar, como son los pequeños mamíferos o los animales nocturnos que nos rodean. Tenemos la íntima convicción de que no se puede amar aquello que no se conoce, por ello queremos presentarles una visión de la vida silvestre del Parque Natural del Alto Tajo, así como los métodos, técnicas y trabajos en laboratorio que para su estudio disponemos.



Craneo de *Ursus spelaeus*.
Pleistoceno (Rumanía.)



El tratamiento del hombre como un animal evolucionado, llega hasta hace pocos millones de años, donde los homínidos, mediante la adaptación al medio y los cambios que ello le provoca es capaz, no solo de adaptarse a la naturaleza sino cambiarla, modificando el medio ambiente en el que vive, creando herramientas y los signos definitorios de la humanidad como son la cultura y el arte



Vista general de la sala de paleontología

Desde el Paleolítico a la Edad del Bronce, en la Sala de Arqueología preparamos al visitante para que entienda como es posible la formación de la sociedad moderna, entendiendo por tal la que aparece entre los pueblos prerromanos, de los cuales la cultura Celtibérica es una de las joyas que esconde este Museo.

Complementamos las salas de Exposiciones con una Sala de Audiovisuales donde permanentemente proyectamos documentales sobre temas relacionados o aquellos otros que nos demanden nuestros visitantes, reservando una parte importante de las instalaciones para laboratorios y almacén de colecciones. Nuestra pretensión es estar abiertos todos los días de la semana en horario de mañana y tarde, de 10 a 14 horas y de 16'30 a 20 horas.



Xilópalo: *Lebachia* sp.
Pérmico (Guadalajara)

Si creemos que uno de los defectos que aquejan a nuestra sociedad es el centralismo, no querríamos caer en este error, por ello estamos desarrollando en colaboración con la Comunidad del Real Señorío de Molina y su Tierra un servicio de dotación a todos los pueblos que nos lo requieran y en la medida de nuestras posibilidades, de exposiciones itinerantes, de aquellos materiales que sean factibles de exponer.

Pretendemos ser sede de cualquier acontecimiento cultural que, con una calidad científica contrastada nos demanden. Nuestro trabajo pretende ser eminentemente científico, para ello contamos con personal altamente cualificado y con una motivación y entusiasmo que desde aquí quiero agradecer.

Dentro de nuestros Estatutos existe un apartado de creación científica, y en cumplimiento de ellos se está en proceso de creación de colecciones de referencia, estudios de campo y publicaciones de resultados que pretendemos vean la luz en poco tiempo y puedan ser puestas a disposición de instituciones oficiales y comunidad científica en general.

Ya he dicho que el objetivo es ambicioso y que se nos podría tachar de voluntaristas y pretenciosos, pero tener seguro que en este empeño estamos dedicando todo el esfuerzo, empeño y saber hacer que nuestra experiencia en tan diversos campos como la gestión, la enseñanza, el trabajo científico, la investigación y en definitiva el amor a la cultura, nos permite.



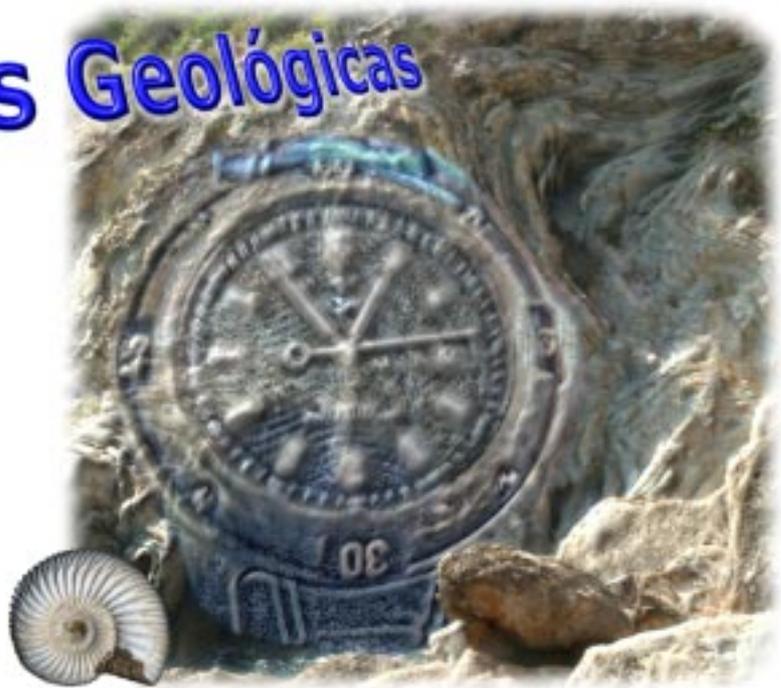
Ammonites: *Perisphinctes* sp.
Jurásico (Francia)

Acabo finalmente recordando que algo en lo que creemos íntimamente es que como tantas veces se ha repetido **“solo la cultura y el conocimiento nos hacen libres”**

Manuel Monasterio Cruz



Edades Geológicas



Rafael Abad Arquer

Introducción

El afán por conocer nuestros orígenes y el conocimiento de los acontecimientos del pasado son casi tan antiguos como la humanidad. Pero el estudio con metodología y precisión de estos acontecimientos, los procesos biológicos, climáticos y geológicos del pasado son bastante posteriores. Solo hemos tenido conciencia científica de los procesos de evolución y cambio dentro del mundo moderno, es decir, desde la época Helenística hasta nuestros días, y todo como consecuencia de dos razones:

- Por un lado la necesidad de explicar nuestros orígenes, lo que a falta de conocimientos ni teorías mejores siempre hubo la explicación sobrenatural o religiosa. De ahí derivan las incontables teorías de creación venidas supuestamente de la mano de las diversas divinidades que el hombre ha necesitado crear y creer para calmar su ansiedad ante las preguntas ¿qué y quiénes somos? o ¿de dónde venimos y a dónde vamos?

- De otro lado las “huellas” que la humanidad ha ido encontrando sobre el terreno. Estas huellas se encontraban en forma de piedras con formas curiosas (fósiles) y extrañas formaciones geológicas que también sorprendieron a gentes inquietas por saber más. Los humanos siempre han usado los fósiles como amuletos, talismanes o adornos y han sido encontrados en ocasiones en sepulturas, sin que aquellos antepasados nuestros fueran capaces de reconocer su verdadera naturaleza. Y aún durante el siglo XX las po-

blaciones rurales en zonas de yacimientos no eran capaces de identificarlos, tomándolos mayoritariamente como caprichos rocosos de la naturaleza. ¿Quién no ha oído de boca de algún lugareño la frase “se crían por allí” tras pedirle de ayuda para localizar un yacimiento?

Un poco de historia

Las primeras referencias documentadas datan del siglo VI antes de Cristo (A.C.) y de Pitágoras, quien dedujo que los fósiles eran restos de criaturas vivas y que el mar había cubierto la zona donde estos fueron encontrados ya que los restos parecían de animales marinos. Xenófanes de Celofón (570-480 A.C.), observó en Paros y en Malta restos de conchas de organismos marinos y les atribuyó su presencia a invasiones periódicas del mar (hoy conocidas como transgresiones). Tiempo después, el historiador Herodoto (484-420 A.C.) al descubrir pequeños fósiles en los bloques de piedra de las pirámides de Egipto dedujo que eran lentejas petrificadas de restos de la comida de los constructores, aunque al parecer debió de ver algo más (que llamó “conchas de las montañas”) para llegar a afirmar en algún momento que las aguas debieron de haber cubierto alguna vez el desierto de Libia. También estableció la edad del delta del Nilo en 20000 años. Estrabón (63 A.C. – 25 D.C.), da la primera descripción de los Nummulites y plantea las primeras ideas claras sobre los levantamientos y hundimientos de las zonas continentales. Plinio El Viejo o el Mayor (23-79) que es el más grande de los escritores científicos latinos, en su obra Historia



Natural, pone nombre a fósiles, nombres que aún hoy se usan, tales como *Ammonites* y *Nummulites*. Suetonio (75-160) observa la colección de restos de gigantes del emperador Augusto y reconoce que corresponden a restos de grandes esqueletos de animales y no de hombres.

Hay también algún intento oriental conocido, como el del chino Chu Hsi, quien en el siglo XII tras de descubrir rocas repletas de incrustaciones de conchas marinas dedujo que aquellas rocas debieron de ser barro o tierra en tiempos remotos y que por lo tanto el mar cubrió en algún tiempo la zona, sugiriendo que estas evidencias precisaban de una reflexión profunda que explicara el hecho.

Aparte de muy contadas menciones de la época Helenística y Romana, los registros sobre el interés por la cronología del pasado nos llega inicialmente de la mano de la religión. En el siglo IV, un historiador cristiano de nombre Eusebio desarrolló una cronología basada en un intento de interpretación literal de los relatos bíblicos. Incluso llegó a sugerir que la historia de la creación del Génesis no era sino una especie de alegoría. Posteriormente, la reforma protestante liderada por Lutero llegó a proponer sus propias ideas basadas también en la interpretación literal de la Biblia. Lutero llegó a establecer con aproximación la fecha de la creación en unos 4.000 años A.C. Otro intento de “mayor precisión” en el establecimiento de un “principio de todas las cosas” fue el del obispo protestante irlandés (de Armagh) Ussher, quien en el año 1650 determinó mediante el estudio de las secuencias de vida de los personajes bíblicos que el mundo fue creado exactamente en el 4004 A.C., además de concluir también que el diluvio tuvo lugar exactamente en el año 2349 A.C. Pero aún hubo quien creyó poder determinar más. Siguiendo y revisando las enseñanzas de Ussher, Mr. John Lightfoot, un universitario y vicescanciller de Cambridge, decretó que fue exactamente el 23 de Octubre del 4004 A.C. a las 9 de la mañana (sic).

Excepción especial en esta historia, como en tantas otras en su vida, fue el gran Leonardo da Vinci, quien en 1508 propuso un modelo de sedimentación secuencial y realizó las primeras columnas estratigráficas y los primeros esquemas geológicos. También descubrió fósiles en los Apeninos y, de su apariencia marina y ubicación, dedujo que estos animales quedaron embutidos en barro el cual devino en dura roca con el tiempo. El problema es que no publicó estos pensamientos sino que los mantuvo en secreto en sus notas y solamente en tiempos recientes

se supo de sus teorías.. Una generación después, Gabrielle Fallopio (el que describió las trompas que llevan su nombre) se extrañó del descubrimientos de fósiles de tiburón y elefante y aunque los fósiles marinos en su época eran interpretados como producto del diluvio universal, él se atrevió a afirmar que estos fósiles no eran sino formaciones minerales curiosas, y los de elefantes los restos de aquellos que trajo Aníbal. Valerius Cordus publica en 1561 la primera colección de fósiles. Conrad Gessner (1516-1565) es el autor del primer catálogo de Europa. En 1589 Bernard Palissy, un hugonote, era quemado en la hoguera por defender que los fósiles eran residuos de criaturas vivas.

Hasta la segunda mitad del siglo XVI el concepto de fósil se entendía como objetos extraídos de la Tierra, pero Gessner en 1558 comienza a distinguir los de origen orgánico de los que no tenían origen orgánico. La correcta comprensión de los fósiles se inició de la mano de dos personajes del siglo XVII: el inglés Robert Hooke, quien en 1688 ve algunas rocas con un microscopio y descubre en ellas pequeñas conchas (Foraminíferos) y el danés Niels Stensen a quien en su vida en Italia latinizaron el nombre deviniendo en Nicolaus Stenonis o simplemente Steno. Hooke escribió sobre la imposibilidad de que los restos marinos fueran un fraude y por lo tanto estos tengan un significado geocronológico con intervalos de tiempo en los que debieron suceder catástrofes y/o cambios o mutaciones. Describió a los fósiles como “monumentos y caracteres jeroglíficos de transacciones precedentes” y en esta interpretación fue predecesor directo de William Smith. Pero ciertas referencias a medallas y monedas delatan que Hooke creyó que estos seres coexistieron con los humanos. Steno era médico al servicio de un duque florentino y se interesó por los fósiles de la Toscana. Por sus conocimientos de anatomía se pudo percatar del origen de los mismos como seres vivos. Pero debido a la época en que le tocó vivir no pudo escaparse del filtro religioso y concluyó que no podían ser anteriores al diluvio universal. También atribuyó los restos de paquidermos que se estaban encontrando entonces a los huesos de los elefantes de Aníbal. La gran aportación de Steno fue el principio que lleva su nombre y que determina la antigüedad de un estrato por la situación relativa del mismo, así como la interpretación de los estratos como capas de acumulación de sedimentos blandos acuosos que con el tiempo y la presión se transforman en roca dura. Fue pues el primero en reconocer que las capas de la corteza terrestre son un registro cronológico de los acontecimientos más importantes de la historia de la Tierra.



Un botánico sueco llamado Carl von Linné (1707-1778), fue el primero que cuestionó la edad “fundamentalista” del planeta impuesta desde las iglesias y afirmó que “las Escrituras no podían permitir tal cosa” y que la creación del mundo fue anterior a los cálculos bíblicos. Posteriormente, en el siglo XVIII en Francia, Georges Louis Leclerc conde de Buffon (1707-1788) tras de analizar ciertos rastros sedimentarios y fósiles se dio cuenta de que 6.000 años no bastaban para justificar la existencia de tales sedimentos y las profundidades de los mismos y sugirió una edad de entre 75.000 y 500.000 años. Tiempo después y en el mismo siglo Immanuel Kant a través de su Cosmogonía sugirió una edad de varios millones de años. William Thomson (Lord Kelvin) hizo sus cálculos basándose en el tiempo requerido para el enfriamiento del planeta hasta la temperatura actual, llegando a cifras de entre 20 y 40 millones de años. Esto no satisfizo a los geólogos de su tiempo, quienes basándose en la profundidad de los sedimentos llegaron hasta los 100 millones de años. Otros se basaron en la salinidad de los océanos y dedujeron una edad planetaria de entre 80 y 90 millones de años.

En 1795 y en medio de las luchas revolucionarias, en Maastricht los franceses requisaron unas mandíbulas a las que el reverendo inglés William D. Conybeare bautizó como Mosasaurus por haberse encontrado en Mosa y a las que solo Georges Cuvier supo dar una correcta interpretación como reptil marino, siendo el primer gran reptil de Mesozoico encontrado e identificado. Esto hizo que Cuvier fuera considerado el mejor experto de su época en grandes fósiles. Poco después llegó ante sus ojos el primer espécimen de pterodáctilo desde Alemania al que supo identificar como reptil volador. Estos y otros descubrimientos llevaron a Cuvier a presentar sobre 1796 una tesis sobre las extinciones y a investigar sobre evolución y migración de las especies. Luego vinieron Mantell, gran cazador de fósiles, quien dio nombre al Iguanodón, Mary Anning, descubridora en Inglaterra del Ictiosaurio o “pez lagarto” y del Plesiosaurio, Buckland quien descubrió el Megalosaurus, excavó numerosos yacimientos de mamíferos prehistóricos creyendo que sus descubrimientos fueron víctimas del diluvio, y escribió su “scala naturae”. También William Paley y su reeditado “Teología natural: o evidencia de la existencia de la Deidad recogidos de los aspectos de la naturaleza” de 1802 y de quien aprendió Darwin en Cambridge. Darwin también aprendió de las enseñanzas de Lyell sobre sus principios de geología (escribió el primer libro de geología que se usó durante un siglo como libro de texto) y del escocés Hutton, quien falleció el mismo año del nacimiento de Lyell (1797), sobre la antigüedad de la Tierra y la evolución. Hutton corri-

gió a Abraham Gottlob Werner, profesor de mineralogía de Sajonia, quien defendió el Neptunismo o la procedencia de toda la corteza terrestre del precipitado del mar primario que cubrió originariamente todo el planeta. Hutton publicó en 1785 su “Teoría de la Tierra” describiendo al planeta como una máquina mundial dinámica y autorregulada gobernada por leyes naturales.



Y fue William Smith quien supo aplicar las teorías de Steno sobre estratos y las de Hooke sobre fósiles para poder interpretar la lectura del tiempo geológico, y el 5 de Enero de 1796 puso en marcha un nuevo concepto del significado de los fósiles. Aún hoy existen dudas razonables sobre si las teorías de Smith provienen de las de sus predecesores o si por el contrario son de cosecha propia. A partir de ese momento Smith pasó a ser conocido como “Strata” que es como llamó a su libro (figura 1). Uno de los muchos descubrimientos que hizo son los “fósiles guía” como identificación de estratos con períodos geológicos independientemente de su situación geográfica. También creó el primer mapa geológico de Inglaterra y Gales.

A partir de 1905 Bertram Boltwood observó en Yale la relación entre el uranio y el plomo y descubrió la decadencia radiactiva como método de medición temporal de un material. Posteriormente un Neozelandés llamado Ernest Rutherford consiguió calcular el ritmo de cambio del uranio a plomo con el que Boltwood estableció la historia de la creación en 2.000 millones de años. Posteriores perfeccionamientos de este sistema nos han dado la cantidad de alrededor de 4.600 millones de años como edad generalmente aceptada hoy de nuestro planeta.

El tiempo geológico

La escala del tiempo geológico es un sistema internacional que se estableció por primera vez a principios de siglo XIX. Concretamente el sistema formado por el paleozoico, mesozoico y cenozoico fue propuesto por John Phillips, sobrino y aprendiz de William Smith entre 1840 y 1850. Con el paso del tiempo y los estudios y aportaciones que continuamente se realizan se ha ido mejorando, pero en líneas generales no ha variado mucho debido a que se basa en grandes alteraciones que se produjeron a lo largo de la historia de la Tierra y de la vida, como las extinciones masivas o saltos evolutivos. La última aportación (y casi única en 100 años) a esta escala



ha sido la denominación oficial de Ediacárico al periodo que de forma oficiosa los rusos acuñaron Véndico, pero esta novedad es pequeña: aporta nuevos conocimientos de fauna, modifica el nombre y determina el estrato tipo en unas colinas australianas llamadas Ediácaras.

Para entender la escala del tiempo geológico tenemos en cuenta dos formas de medir el pasado: el tiempo absoluto y el tiempo relativo. Antiguamente, con las limitaciones técnicas del siglo XIX, los geólogos sólo podían componer una escala de tiempo relativa, es decir, podían saber qué fue antes y qué después pero no cuanto tiempo hace que se depositaron los sedimentos. Por esa razón la edad de la Tierra y la duración de las unidades de esta escala permanecieron desconocidas hasta principios del siglo XX. Poco después del descubrimiento de la radiactividad por Boltwood se desarrollaron los métodos radiométricos de datación. Con ellos, se pudo calibrar la escala relativa de tiempo geológico creando una absoluta.

Las divisiones de los tiempos geológicos están basadas en una cronología relativa. Los sucesos geológicos del pasado como la acumulación de sedimentos y restos de seres vivos en secuencias reitera-

das, la elevación y erosión de las cordilleras montañosas, la apertura y el cierre de los mares, la inundación de zonas continentales o los cambios climáticos quedan registrados de una u otra forma en la corteza terrestre. Los primeros geólogos, se dieron cuenta de que frecuentemente encontraban fósiles en formaciones y secuencias reiteradas. Por ejemplo, siempre se encontraba el fósil F_1 en la misma capa o en la misma roca que el fósil F_2 , y siempre por encima del fósil F_3 y debajo de la capa C. De estas observaciones se desprendieron dos conclusiones:

1.- En los estratos se puede apreciar que las rocas más antiguas se encuentran debajo de las más recientes debido a la acumulación de depósitos y sedimentos de forma ordenada y secuencial a lo largo del tiempo. De este modo, se puede establecer la antigüedad relativa en un determinado lugar, o entre un lugar y otro. A esta teoría se la denomina Principio de Steno. Hay excepciones, por ejemplo cuando los movimientos de la corteza terrestre obligan a una serie de placas a a plegarse sobre sí mismas, quedando la secuencia invertida en una zona concreta del plegamiento. El estudio de los estratos se llama Estratigrafía. Si analiza los restos biológicos se llama Bioestratigrafía y si estudia el tiempo cronológico se denomina Cronoestratigrafía.



Figura 1. Lamina de la obra "Strata" de William Smith



2.- Existe una correlación derivada de los tipos de fósiles. Una formación con los fósiles F_1 - F_2 - F_3 representa una unidad acotada y delimitada de un período geológico, y cuando estos fósiles aparecen juntos, estas rocas se corresponden a ese período aunque las muestras procedan de zonas muy alejadas del planeta. El estudio de los fósiles se denomina Paleontología.

Posteriormente se desarrollarían otras ramas para el estudio y datación del pasado. Los conocimientos de cronología relativa se basan en:

- el conocimiento de las rocas
- sus facies (volcánica, fluvial, eólica, litoral, marina, etc)
- su composición
- el metamorfismo
- los procesos de litogénesis y litosecuencias

Los conocimientos de cronología absoluta se obtienen de los estudios de:

- los métodos isotópicos o radiometría
- las varvas (estratos de lechos anuales),
- las varvas glaciares (sedimentos del frente glaciar)
- la dendrocronología (estudio de anillos de los árboles descubierto por Andrew Douglas en 1910)
- las curvas de ración solar
- el reloj biológico, que estudia la velocidad de evolución de los genes
- y otros (crecimiento de conchas, esqueletos calizos, termoluminiscencia, paleomagnetismo, etc.)

Los conocimientos de cronología absoluta permitieron calibrar los estudios de cronología relativa. Las divisiones de la edad geológica en eras, períodos, épocas, edades y zonas, se basan en estos principios. Algunas épocas catalogadas no son mayores de un millón de años, por lo que cabe decir que las técnicas permiten en ocasiones una precisión relativa considerable dada la magnitud del tiempo estudiado.

Como curiosidad cabe destacar que el estudio de crecimiento de esqueletos calizos permitió conocer que durante el Devónico el año terrestre era de 400 días, con una duración de unas 22 horas por día. Hoy sabemos la causa: el efecto de las mareas que provoca un retraso en la rotación terrestre de 1 segundo cada 50000 años aproximadamente.

Los estudios de las formaciones, sedimentos, fósiles, etc, también nos hablan sobre el clima del pasado o Paleoclima. Uno de estos estudios permitió construir la gráfica de temperaturas que se muestra en la figura 2 donde podemos verificar que el clima ha sufrido bastantes cambios durante el Fanerozoico.

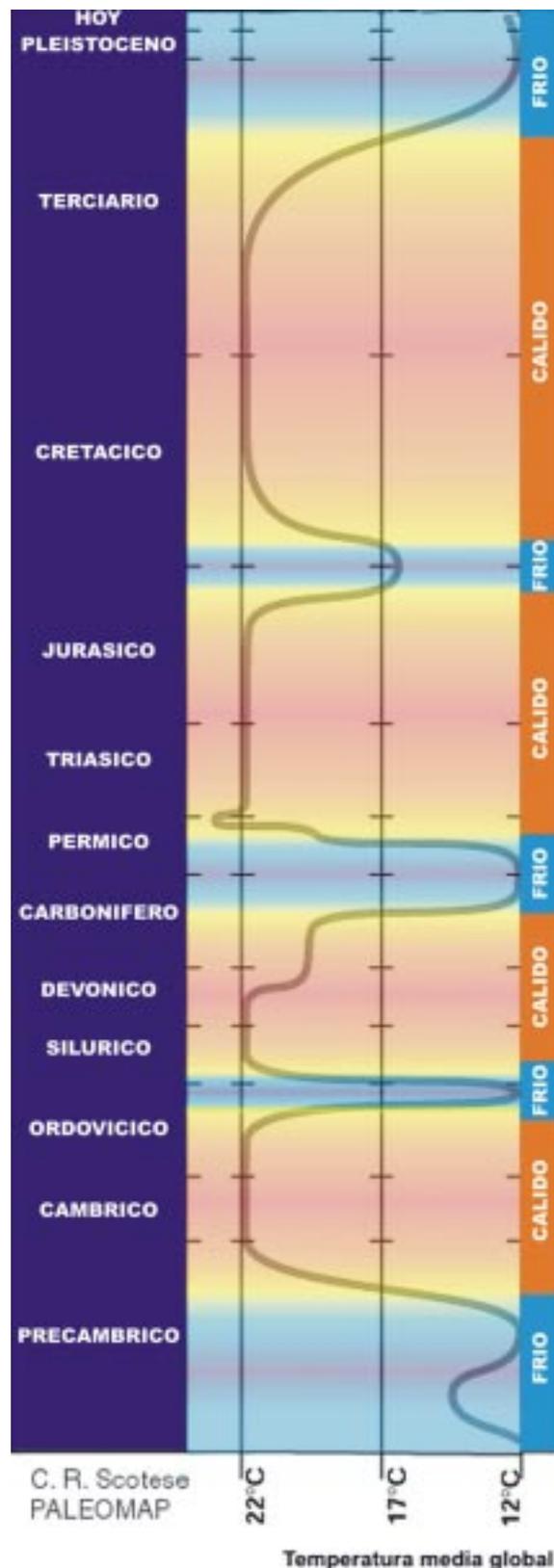


Figura 2. Evolución de la temperatura global



Deriva Continental: El movimiento de los continentes

Una de las conclusiones del estudio del pasado es el conocimiento de lo que se denomina deriva continental y la modificación constante de los tamaños, posiciones relativas, límites entre continentes y mares y superficie de agua líquida del planeta. Estas variaciones han dado lugar a que las plataformas en las que se asientan los continentes hayan estado variando de latitud y longitud y además hayan sufrido los más variados climas, formas y situaciones, a veces en parte hundidas bajo el océano, a veces afloradas sobre el mismo.

Se considera actualmente que tras de la consolidación de los planetesimales, hace más de 4000 m.a., el núcleo de La Tierra se había hecho muy denso, debido a que poco después de su formación el planeta estaba tan caliente y poco solidificado que los metales más pesados se hundieron hacia el centro. Se considera que el núcleo de la Tierra tiene una densidad de unas 12 veces la densidad del agua con una presión estimada de unas 3.600 toneladas por centímetro cuadrado y formado principalmente Níquel y Hierro (NiFe), mientras que la densidad media del planeta es algo más de 5,5 veces la del agua. Los materiales pesados que encontramos hoy cerca de la superficie son en su mayoría el resultado de magmas, erupciones volcánicas, fracturas de la corteza y depósitos meteóricos. Tenemos un gradiente de temperatura que aumenta desde la superficie hacia el interior del planeta hasta que en el centro consigue una temperatura un poco por encima de la que hay en la superficie del sol. Los 1600 kilómetros exteriores de la masa terrestre los conforman distintas clases y capas de roca. Abajo se acumulan los elementos metálicos más densos y pesados, y encima los más ligeros (capa cuarzo-diorítica, basaltos, granitos, etc.)

La corteza exterior tiene de promedio unos sesenta y cinco kilómetros de grosor y descansa sobre un mar de basalto y otros materiales ígneos derretidos que amortigua y equilibra las cambiantes presiones de la corteza terrestre. Las placas tectónicas flotan y se deslizan sobre este mar de basalto derretido no cristalizado. Este deslizamiento hace que las placas colisionen, se separen o se rocen unas contra otras de diferentes formas. A caballo de estas placas viajan los continentes, que por lo tanto se desplazan con ellas. A este desplazamiento lo llamamos deriva continental y es causa de terremotos y gran parte de la modificación de la orogenia (la otra parte la conforman los elementos erosivos, sedimentarios y meteóricos).

El comienzo de la teoría de la deriva continental nació al comprobar la forma en que era posible hacer encajar los dos líneas costeras atlánticas, la americana y la euro-africana. Ya Snider en 1858 mencionó tal circunstancia, aunque el impulsor definitivo de la teoría fue el alemán Alfred Wegener quién en 1922 publicó "El origen de los continentes y océanos" con argumentación sobre el tema. Wegener comprobó el ensanchamiento progresivo del Atlántico con mediciones en Groenlandia y mencionó la posibilidad de corrientes de convección de origen térmico en el manto líquido del planeta.

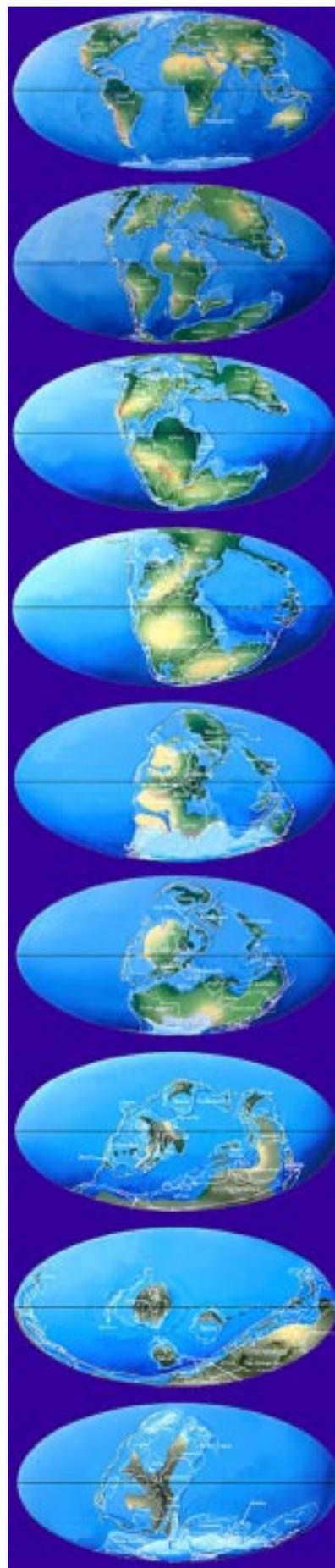


Figura 6. Deriva continental entre -650 m.a. y hoy
Scotese, C. R., 2001. Atlas of Earth History,
Volume 1, Paleogeography, PALEOMAP
Project, Arlington, Texas, 52 pp.

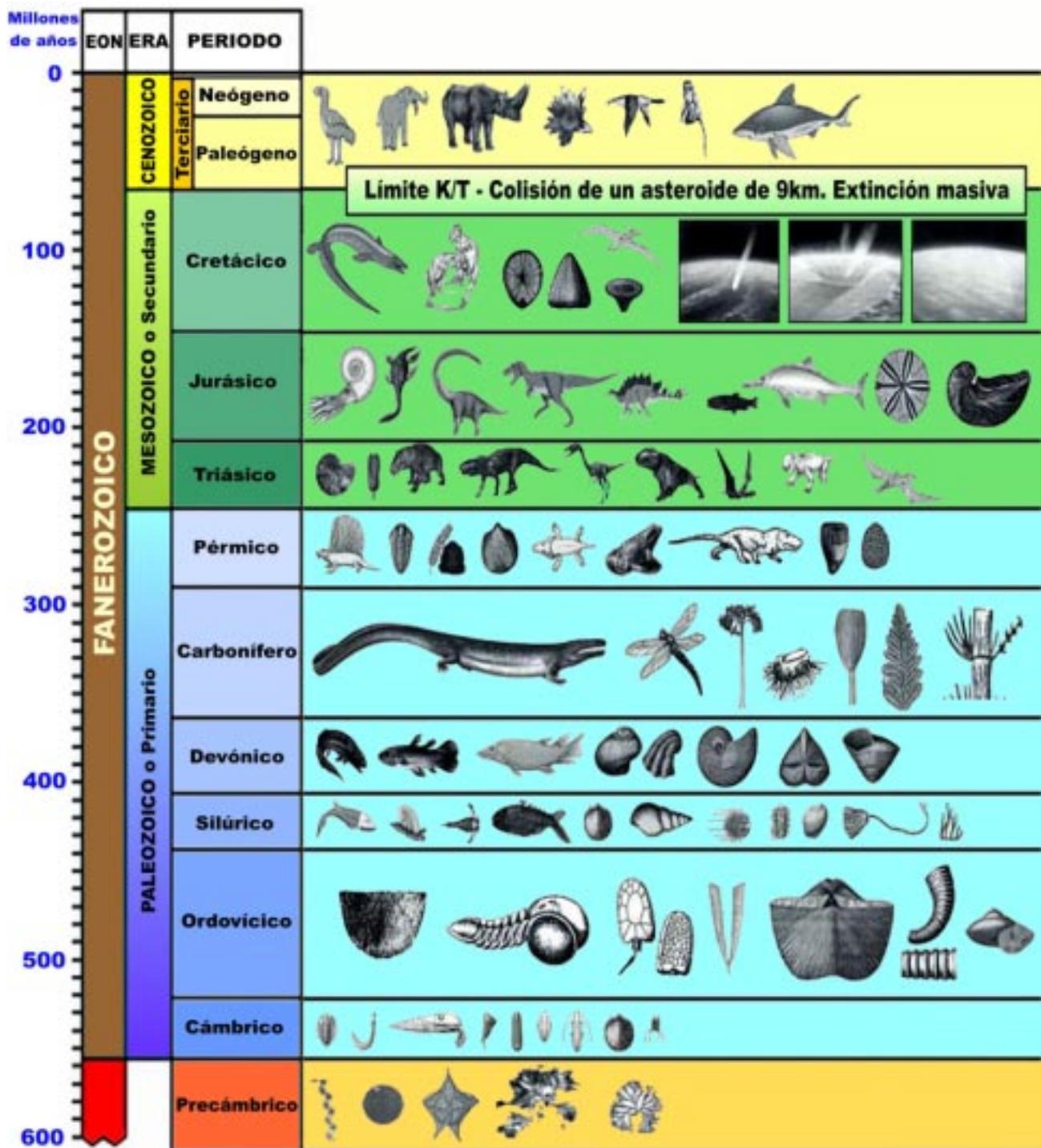


Divisiones geológicas:

Dividimos la historia geológica de nuestro planeta en períodos de tiempo en función del estudio de las características de los sedimentos, restos y señales de catástrofes que se han ido descubriendo y estudiando. Cada periodo tiene sus características propias. De forma muy general los tiempos geológicos se dividen en dos eones:

Agnostozoico [4567-542 millones de años (m.a.)]: Significa “*vida desconocida*” y también se le denomina Precámbrico. Se subdivide en Arcaico, [4560-2500 m.a.] y Proterozoico [2500-542 m.a.]. Se conocen fósiles de este periodo y pensamos que la primera vida en forma de bacterias apareció hace unos 3700 m.a.

Fanerozoico: [542 m.a. hasta hoy]: Significa “*vida visible*” y abarca todo el desarrollo de la vida en la Tierra. El cuadro de debajo muestra de una forma gráfica este período incluyendo un esbozo de los animales cuyos restos hemos encontrado en sus sedimentos:



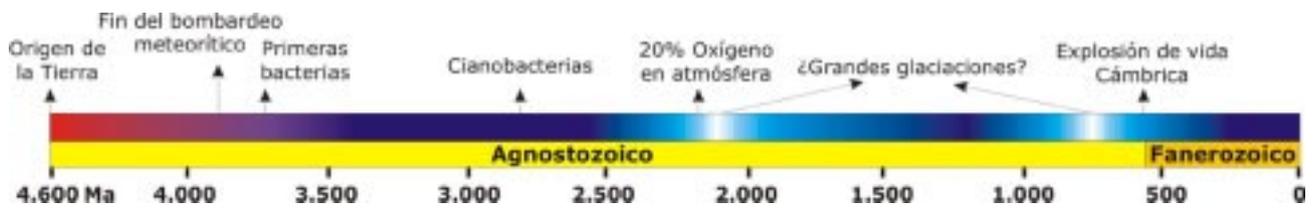


Figura 5. Secuencia de grandes acontecimientos de la historia de La Tierra

Los eones se dividen en eras, las eras en períodos que a su vez se subdividen en épocas, y estas épocas en subépocas o edades. Además y de forma frecuente estas divisiones menores muchas veces tienen un fuerte factor local geográfico, de manera que un período determinado tiene diferente nombre e incluso características en función de donde se estudie dicho período y del tipo de yacimiento que se encuentre. Es lógico pensar que en un mismo período de tiempo los sedimentos y la vida de una zona situada en el Ecuador no son los mismos que los situados en latitudes medias o en zonas polares. Los registros fósiles o geológicos de una época no tienen por qué ser los mismos en función de donde se encuentran aunque esos seres y sedimentos hayan coexistido.

También hay que tener en cuenta que los continentes y los mares no han estado nunca quietos. Grandes zonas hoy continentales fueron fondos marinos en el pasado, y viceversa (transgresiones y regresiones). Otras zonas hoy tropicales fueron polares en el pasado y otras hoy templadas en otrora fueron tropicales (deriva continental). Por lo tanto las formaciones que encontramos, aún correspondiendo al mismo momento no son a veces ni parecidas. Estas variaciones se deben fundamentalmente al tipo de sedimentación (palustre, lacustre, marina, ...) y a la deriva continental.



Figura 4. Primer mapa geológico de España realizado por Joaquín Ezquerro del Bayo en 1850



Argumentos geológicos y paleontológicos: la correlación de estructuras

Como ya hemos mencionado, uno de los argumentos en los que se basa la teoría de la deriva continental es la correlación de estructuras geológicas si juntamos las líneas costeras continentales de ambos lados del Atlántico. Los escudos, cinturones y formaciones geológicas, así como las de tipo paleontológico coinciden de manera que hacen pensar que un día formaron parte de una unidad que se fracturó y derivó posteriormente para dar lugar a la configuración continental actual. Wegener también estudió estos detalles basándose en las ideas de otro geólogo, el sudafricano A. L. Du Toit, quien en 1921 escribió “La glaciación carbonífera en Sudáfrica” y “Nuestros continentes a la deriva” en 1937 donde constataba algunas de estas ideas.

Las coincidencias paleontológicas evidenciaban la similitud de los restos de especies a ambos lados del Atlántico, especialmente la asociación de flora y fauna Permo-Carbonífera como el *Glossopteris* y los Mesosauridos. Fue DuToit quien sostuvo por primera vez la existencia de Gondwana, el supercontinente que una vez formaron Sudamérica, África, Australia, La India y la Antártida.

Como buen meteorólogo, Wegener también fue capaz de comprobar la correlación de las similitudes geológicas en forma de rocas que determinaban a su vez una correlación climática. Es decir, la presencia de tillitas (cantos redondos estriados de matriz arcillosa) indica la presencia de glaciares y por lo tanto un clima glaciario. La huella indica presencia de vegetación y por tanto clima húmedo, cálido y ecuatorial. Los depósitos evaporíticos determinan un clima cálido y seco normalmente subecuatorial. Si encontramos estas pistas donde no se corresponden con el clima actual, nos hace pensar en una migración de latitud de las placas continentales.

Magnetismo remanente

La prueba final de la deriva continental es de índole geofísica, y proviene del estudio del magnetismo natural de las rocas, consecuencia del campo magnético de la Tierra. Algunas sustancias sufren un proceso de imantación al ser sometidas a un campo magnético. Son las sustancias ferromagnéticas, las paramagnéticas y las diamagnéticas, las cuales definen la orientación N-S o S-N de sus partículas. Así los depósitos de rocas sedimentarias definen una orientación fósil del

momento en que la roca se formó, por lo que muestra cierta posición relativa del momento frente a los Polos magnéticos. La secuencia que se extrae del estudio de las capas sedimentarias nos indica una trayectoria respecto de los polos magnéticos terrestres a lo largo del tiempo. Adicionalmente este estudio ayudó a conocer también que los polos magnéticos se invierten temporalmente en ciclos quasirregulares de más de 400.000 años y subciclos de unos 10.000 años de duración. Se considera que actualmente estamos al final de un ciclo que ya dura unos 700.000 años y que el cambio de polaridad debería de estar próximo en términos de tiempo geológico.

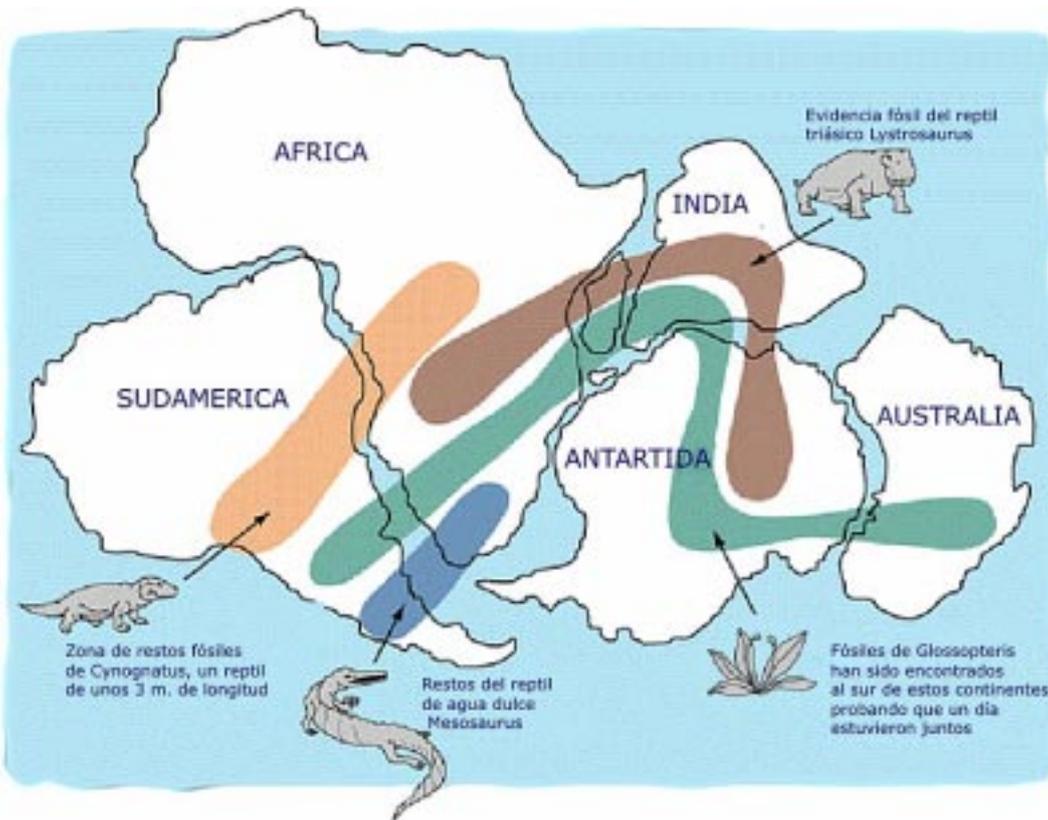
Un estudio minucioso llevó al geólogo estadounidense Harry Hammond Hess a dar a conocer su hipótesis alrededor de 1960. En las crestas de las cordilleras submarinas emana magma proveniente del interior de la Tierra que se enfría y extiende hacia ambos lados de la cordillera, solidificándose y separándose al surgir más magma. Al cabo de varios millones de años el material se ha desplazado al otro lado del océano y se hunde nuevamente en el interior de la Tierra en la zona de fosas marinas. El suelo continental no cambia, pero la corteza oceánica se recicla, y según los estudios de velocidad de desplazamiento y creación, nunca dura más de 200 millones de años desde que aflora en el fondo oceánico hasta que se vuelve a hundir en las fosas marinas.

En 1963 dos jóvenes geofísicos británicos, Frederick Vine y Drumond Mathews, y el canadiense Drumond Morley, al estudiar el suelo oceánico descubrieron franjas de magnetización, las cuales contenían la huella de polaridad del campo magnético de la Tierra del momento de su formación. Las franjas presentaban un patrón de polarización simétrico respecto a las cordilleras: a cada lado había franjas de polaridad normal seguidas de otras de polaridad invertida, otro de polaridad normal seguido de uno de polaridad invertida, y así sucesivamente. Entre 1964 y 1966 se hicieron las mediciones correspondientes para confirmar la correlación de fechas conocidas de cambio de polaridad y se confirmó la hipótesis de Vine, Mathews y Morley, y con ella la de Hess.

El equilibrio Isostático: el cambio de los continentes

Además de moverse, los continentes tienen una tendencia a ensancharse, elevarse o hundirse. El equilibrio isostático es una teoría que pretende explicar algunas características de la configuración, fuerzas y variación de la corteza terrestre.





continentes tienden a ir deslizando lentamente hacia el mar. Esto se debe a que la presión continental a nivel del fondo del océano de un continente que se levante 5.000 metros por encima del fondo del mar es de alrededor de 1.300 kilogramos por centímetro cuadrado. La presión del agua del fondo oceánico es sólo de unos 350 kilogramos por centímetro cuadrado. Esta diferencia de presiones provoca que los continentes se vayan ensanchando hacia el lecho de los océanos.

Un ejemplo de elevación continental por causas isostáticas y por tanto no debida a un choque

Las masas continentales están formadas principalmente por rocas ligeras, como silicatos y aluminio (SiAl) y por los restos de las capas ígneas de la corteza primigenia que al enfriarse formaron granito, el cual tiene una densidad de casi tres veces la del agua. Por otro lado los materiales de las placas que conforman los fondos del mar se componen en gran parte de basalto, una forma de lava que es considerablemente más pesada que el granito y por tanto son más densos que las masas terrestres. Esto unido al peso de los océanos provoca un aumento de la presión en estas zonas y ambos factores mantienen los continentes por encima del nivel del agua. No obstante, todos los con-

de placas tectónicas ocurre en Escandinavia. Es una evidencia que Escandinavia experimenta anualmente una elevación de entre 1 y 10 mm. Se piensa que esto se debe a la reacción isostática por la pérdida reciente del casquete de hielo que la cubría. Esta elevación equilibra la pérdida de masa reciente. Es fácil de imaginar esta reacción isostática si consideramos a los continentes "en flotación". Al ser el continente más ligero por la pérdida del hielo, este simplemente se eleva. Evidentemente ocurriría lo contrario si un casquete de hielo volviera a cubrir la superficie, es decir, el equilibrio isostático obligaría al continente a hundirse lentamente.





Mapas	Rocas	Martillos de geólogo
Fósiles	Conchas	Cajas entomológicas
Minerales	Insectos	Peanas y soportes
Globos terráqueos	Astronomía	Lupas
Libros	Orientación	Microscopios
Revistas	Telescopios	Binoculares

GEOTIERRA Ciencias Naturales, S.L.
Guzmán el Bueno, 41
28015 Madrid

Tel-fax: 91 549 06 84
E-mail: info@geotierra.com
www.geotierra.com



BIBLIOGRAFIA

-Un tesoro geológico en la Autovía del Cantábrico. El Túnel del Fabar en Ribadesella, Asturias.

Ministerio de Fomento. 2.002.

Isabel Rábano Y Juan Carlos Gutiérrez Marco.

Pág.398. ISBN 84-607-9268-4

-Dinosaurios y otros reptiles del mesozoico en España.

Instituto de Estudios Riojanos. 2.003.

Félix Pérez-Lorente.

Pág.444. ISBN 84-95747-64-2.

-La Paleontología y sus colecciones desde el Real Gabinete de Historia Natural al Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2.003

Angel Montero.

Pág.383. ISBN 84-00-0895-5.

-Geología y Paleontología (ostrácodos) del Devónico superior de Tabuenca(NE de la cadena ibérica oriental).

M.Pal. Universidad de Zaragoza. 1.994

Rodolfo Gonzalo.

pág.291. ISBN 84-7753-466-7

-Del Diluvio al Megaterio (Los orígenes de la Paleontología en España.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1.996.

Francisco Pelayo

Pág.310. ISBN 84-00-07624-9

-Guía de fósiles del sur de la provincia de Huelva.

Diputación provincial de Huelva. 1.997.

Francisco Ruíz Muñoz, María Luz González-Regalado Montero y José Luis Redondo Sanz.

Pág.206. ISBN 84-8163-082-9

-Las Huellas del pasado.Fósiles de Castilla-La Mancha.

Junta de Comunidades de Castilla la Mancha. 1.999

Emiliano Aguirre-Isabel Rábano.

Pág.381. ISBN 84-7788-221-5

-El cámbrico entre Viniestra de Abajo y Mansilla (Sierra de la Demanda ,Logroño).

Instituto de Estudios Riojanos. 1.982

Teodoro Palacios Medrano.

pág.86. ISBN 84-7359-143-7

-Fósiles vegetales.

Diputación provincial de Córdoba. 2.001

Roberto Wagner.

pág.106. ISBN 84-7359-143-7

-Guía de campo de los fósiles de España.

Editorial. Pirámide.1.988.

Nieves López Martínez

Pág.480. ISBN 84-368-0326-4

-Manual del coleccionista de fósiles.

Ediciones Omega.1.989.

Andreas E. Ritcher.

pág.462. ISBN 84-282-0844-1

-Guía práctica de fósiles.

Ediciones Omega.1.987.

Hemut Mayr.

Pág. 256. ISBN 84-282-0819-0

-Guía de campo de los fósiles de España y de Europa.

Ediciones Omega. 1.998

J.A.S. Gómez-Alba.

Pág.925. ISBN 84-282-0760-7

-25 Años de Paleontología aragonesa.

Dip. Zaragoza.1.999.

J.A.Gámez Vintaned y E.Liñan.

Pág.280. ISBN 84-7820-524-1

-Paleontología de Toledo.

Diputación provincial de Toledo. 1.994

Francisco de Sales Córdoba Bravo

Pág.43. ISBN84-87103-42-1

-Dinosaurios.Introducción y análisis de algunos yacimientos de sus huellas en La Rioja.

Instituto de Estudios Riojanos. 2.001

F-Pérez-Lorente y otros.

Pág.102. ISBN 84-95747-08-1

-Fósiles y Hombres.

Plaza y Janes 1.991.

Eric Buffetaut.

Pág.356. ISBN 84-01-24052-2





Boletín de Suscripción.

Asociación Paleontologica Alcarreña NAUTILUS

Francisco Jose Blanco Martinez

C/ Anoeta, nº 25, 2º-A 28041 Madrid

e-Mail

Deseo afiliarme a la Asociación Paleontológica Alcarreña "NAUTILUS" por importe de 12 euros anuales, para lo cual adjunto dos fotografías tipo carné y relleno los datos que me solicitan.

Nombre y apellidos. _____

Dirección. _____

C.P. _____ Ciudad. _____

Provincia. _____ Pais. _____

Teléfono. _____ E-Mail. _____

Codigo Cuenta Cliente (CCC)												
Entidad			Oficina		D.C.	Número de cuenta						

Firma

En..... , a de de 2005

Nombre y apellidos. _____

Dirección. _____

C.P. _____ Ciudad. _____ Provincia. _____

Estimados señores deseo hagan efectiva la transferencia por importe de 12 euros anuales y hasta nueva orden a la cuenta abajo indicada a nombre de la Asociación Paleontológica Alcareña Nautilus de Guadalajara.

Codigo Cuenta Cliente (CCC)												
Entidad			Oficina		D.C.	Número de cuenta						

Firma

En..... , a de de 2005



Director: Juan Jose Garcia Arnedo. **Redacción:** Juan Carlos Lomas, Rafael Abad, Fracisco Blanco. **Maquetación.** Juanjo Garcia y Rafael Abad, **Publicidad:** Fracisco Blanco, **Articulos de:** Pedro Javier Moreno Barahona, Juan Carlos Lomas, Manuel Monasterio, Rafael Abad, Juanjo Garcia, **Bibliografía:** Francisco Blanco. **Asesoramiento Científico:** Clara Yarza Malas, Francisco de Sales Cordoba Bravo, Alfredo Castilla Vadosel, Rafael Roldán de la Rua. **Imprime:** Artes Gráficas Juan José Redondo

© 2.005 Asociación Paleontología Alcarreña NAUTILUS (Guadalajara)



Sumario

-Cartas Al director

-Editorial.

-Sobre algunas plantas fósiles de la mina «EMMA» de Puertollano.

-El ambiente. Adaptaciones específicas de las Hidrofitas.

-A José Tomico.

-José Torrubia. (1698 - 1761).

-Aproximación a los erizos de mar del cretácico superior en el norte de la provincia de Guadalajara.

-El Museo de Molina de Aragón (Guadalajara)

-Edades Geológicas I

-Bibliografía.



Junta de Comunidades de
Castilla-la Mancha

