



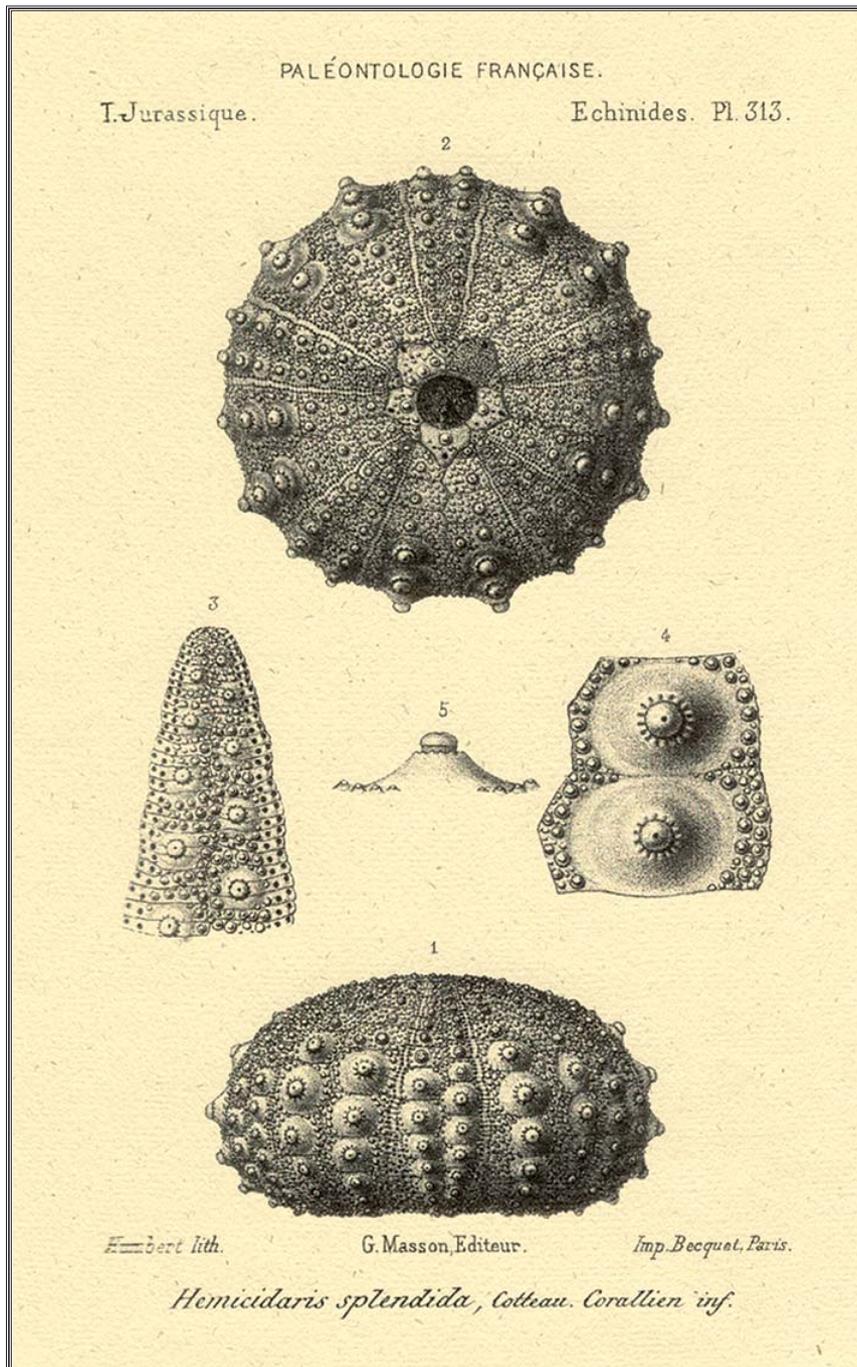
# NAUTILUS

Revista de divulgación paleontológica

Año 2

Núm. 2

diciembre. 2.005



Lamina 313 del tomo 10-2 de «Paleontologie Française, t. Jurassique.» G. Cotteau, nov.1881

# Editorial

Para andar un largo camino se comienza por un primer paso, después se da un segundo paso y así sucesivamente. Pues bien este segundo número de la Revista de Divulgación Paleontológica "NAUTILUS" supone para nosotros, la Asociación Paleontológica Alcarreña "Nautilus" el segundo paso de ese largo camino de divulgación y afición que comenzamos el pasado año y en el que pretendemos estar los años venideros, cada año con más entusiasmo y ganas de hacer cada vez mejor las cosas. Con nuestra revista, y desde sus secciones perseguimos informar, divulgar, fomentar y apoyar toda acción encaminada al conocimiento y a la defensa de nuestro patrimonio paleontológico.

En el primer número tuvimos un artículo que versaba sobre la sala de Paleontología de los Museos de Molina, en este nos ocuparemos de las dos salas existentes en Atienza, posibles gracias a la iniciativa de Don Agustín González Martínez, párroco de Atienza, siendo dichos museos de propiedad eclesiástica, siguiendo de esta manera con nuestro apoyo incondicional a este tipo de iniciativas.

En Guadalajara se da la curiosa circunstancia de que pueblos como Molina de Aragón y Atienza dispongan de Salas de Paleontología en sus museos y en la capital, incluyendo el Museo Provincial de Guadalajara, no haya ninguna y ni tan siquiera intención de instalarla a pesar de que la provincia es una de las más ricas de España en Patrimonio Paleontológico.

Con esta revista pretendemos, además de desarrollar nuestra afición, llenar un hueco vacío a nivel provincial en Guadalajara y a nivel autonómico en Castilla y La Mancha, así como ocupar un puesto divulgativo a nivel nacional y por que no internacional. Desde estas líneas mi más profundo agradecimiento a todos los miembros de la Asociación por la colaboración prestada, a las entidades colaboradoras que figuran en la contraportada de la revista por su imprescindible aportación económica, y acabar esta editorial sin olvidarme de nuestros anunciantes que en cada número son más.

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



# Acerca de algunos yacimientos ordovícicos del sector Centroibérico

Con este trabajo tratamos de dar a conocer algunos de los fósiles más representativos de los yacimientos ordovícicos de las localidades de Navas de Estena, Retuerta de Bullaque, Calzada de Calatrava (Ciudad Real), San Pablo de los Montes, Ventas con Peña Aguilera, Puerto de San Vicente (Toledo), Navatrasierra (Cáceres) y Helechosa (Badajoz). Intentaremos así mismo reconstruir las condiciones geográficas y ambientales en que vivieron aquellas comunidades faunísticas, y cuando sea posible, también mencionaremos como se cree que fue su modo de vida. Todo ello condicionado en última instancia por el marco geológico en el que se desarrolló el Ordovícico en nuestro sector.

No ha sido sencillo decidírnos a hacer un trabajo sobre este particular; habida cuenta de que los yacimientos ordovícicos que afloran en nuestra región son conocidos y estudiados desde antiguo, y han sido objeto de numerosos trabajos científicos por parte de investigadores españoles y extranjeros (algunos de ellos citados en la bibliografía de este trabajo), sobre los que no podemos añadir nada y sí arriesgar alguna mala interpretación. No obstante, para una asociación paleontológica de Castilla La Mancha como la nuestra, el hecho de pertenecer la mayoría los afloramientos a nuestra comunidad autónoma y la relevancia paleontológica de los mismos, hace muy apetecible tratarlos en esta revista, siempre desde un punto de vista divulgativo y generalista que no creemos enfrentada a los trabajos científicos publicados en libros y revistas especializadas; antes bien esperamos despertar en el lector el interés por acceder a estudios más metódicos y sesudos.



## Condicionantes Geológico-Geográficos

Durante el Ordovícico, y en el área del mundo que nos afecta, dos grandes masas macro continentales y un pequeño continente aislado con plataformas continentales unidas, permanecían separadas por un brazo de mar (Océano Iapetus) extenso y somero, instalado en la zona continental más deprimida.

Al noroeste la parte actualmente más septentrional de América del Norte, Groenlandia,

Islandia, y numerosas islas de menor entidad, constituían el continente "Laurentia". Al sureste el macro-continente "Gondwana", separado de la llamada placa "Báltica" (al norte), por un corredor marino más estrecho que el Iapetus. Las costas de Laurentia colindantes al océano intercontinental, ciertas zonas septentrionales del Escudo Báltico y la actual Gran Bretaña se verían afectadas de forma clara por la orogenia Caledoniana (en la parte inferior de la Era Primaria), siendo más desconocidos los efectos que esta pudo tener sobre las costas

gondwánicas.

Lo que sí parece cierto es que los bordes septentrionales de Gondwana conocieron un mar de suave pendiente, que se prolongaría cientos de kilómetros sin alcanzar profundidades excesivas, salpicado por un archipiélago de numerosas islas emergidas (en un mar somero cualquier alteración topográfica podría constituir un territorio emergido).

Las costas continentales en nuestro área se situaban, en el caso de la actual África, algunos cientos de kilómetros hacia el interior, manteniendo nuestra futura península una relación de vecindad más probable con la actual Libia que con Marruecos. Y un mediano territorio emergido, en lo que ahora constituye el suroeste peninsular (Ossa–Morena), sería la fuente principal de aportes sedimentarios que afectó a los yacimientos aquí tratados.

La tendencia migratoria de las placas, provocó fenómenos volcánicos asociados a la distensión, intuyéndose la presencia de un arco volcánico en la periferia gondwánica, y una influencia mucho más a largo plazo en el calentamiento de la parte norte del macrocontinente en su migración hacia el ecuador. Aunque sería la alternancia de periodos glaciares y templados, la que tendría efectos periódicos transgresivos y regresivos por la acumulación de agua en el casquete polar o por su deshielo

En este fondo marino, generalmente somero, al igual que encontramos muchos territorios emergidos de diferentes dimensiones, libres de invasión marina, habría cubetas regionales deprimidas donde se alcanzarían profundidades mayores. Todo ello hace muy variables las características zonales. Grandes extensiones marinas poco profundas, tranquilas, bien iluminadas y oxigenadas se alternarían con zonas de removilización costera, depósitos groseros, amplias áreas intermareales, zonas profundas (incluso a veces con aguas estancadas, escasamente oxigenadas, fuera de corrientes)... etc., con la particularidad de que en este mar generalmente no muy hondo, cualquier afectación orogénica o incluso volcánica, erosiva, glaciar etc, podía introducir nuevas condiciones geográficas a escala local. Esto propiciaría la diversidad de nichos ecológicos, sin dificultar lejanas migraciones faunísticas por las extensas plataformas formalmente monótonas que constituirían la mayor parte de los fondos marinos.

Por otra parte, como ya indicamos, Laurentia sufrió claramente los efectos de la Orogenia Caledoniana, mientras estos son más discretos en el ámbito gondwánico. Esta es solo una más de las discordancias zonales entre los terrenos meridionales y septentrionales. Las di-

ferencias estratigráficas son evidentes incluso entre terrenos relativamente cercanos hoy en día, como Gran Bretaña y el área mediterránea. Así por ejemplo, durante el Arenig (ordovícico Inferior), las fácies limosas y llenas de vida de los profundos mares de Gran Bretaña contrastan con las estériles acumulaciones de arena de los someros mares del sector Centro-Ibérico. Las faunas locales muestran claras diferencias y las columnas estratigráficas, con frecuencia, problemas de equivalencia. Por todo ello, habida cuenta que las columnas estratigráficas del Ordovícico Medio fueron establecidas en terrenos de la actual Gran Bretaña, Gutiérrez Marco propuso las denominaciones Oretaniense y Dobrotiviense en sustitución de Llanvirn y Llandeilo, para referenciar las columnas españolas, con semejanzas más claras con las series del área mediterránea. E incluso durante el Dobrotiviense paralelismos faunales y estratigráficos con las famosas series establecidas para la zona de Bohemia –a pesar de corresponder a mares algo más hondos-.

Como ya indicamos Laurentia sufrió claramente los efectos de la Orogenia Caledoniana al igual que otros dominios septentrionales como la Placa Baltica o las mismas Islas Británicas mientras estos efectos son mas discretos o imperceptibles en el ambito nortgondwánico, donde el inicio del Ordovícico Medio al que se refieren los yacimientos estudiados se muestra claramente transgresivo. Ello redundo en las diferencias zonales del area mediterranea y el area britanica.

Otro factor determinante de la comunidad biológica gondwánica fue el clima. En el Ordovícico medio el mega-continente Gondwana, sometido ahora y siempre al proceso cinético ininterrumpido de la «Deriva Continental», se situaba en el hemisferio sur, con el área polar en el entorno del actual desierto del Sahara y el ecuador al norte de la placa Báltica (territorio más septentrional al oriente del Iapetus). Esta circunstancia sitúa la fauna de nuestros yacimientos inserta en un área de aguas frías y todo organismo que viviera en ellas, adaptado a tales circunstancias. Consecuencias de ello serán, por ejemplo, el gigantismo de algunos géneros de trilobites (se asocian aguas frías con tamaños mayores entre ciertos artrópodos) o la acumulación de grandes cantidades de lodos orgánicos, favorecedores de los organismos detritívoros, (en profundidades marinas y en zonas frías, la materia orgánica muerta tarda mucho en mineralizarse, y es aprovechable largo tiempo; constituyendo lodos de acumulación muy ricos en nutrientes).

El proceso general de enfriamiento concluyó al final del periodo con una gran glaciación. Aunque desde el punto de vista de la cronología geológica una glaciación sea un proceso casi



puntual, la glaciación finiordovícica fue de gran trascendencia biológica, asociándose a ella la desaparición masiva de numerosas especies.

Por otra parte, el intuido territorio emergido en la zona Ossa-Morena que abasteció de sedimentos a los fondos de aquel mar fosilizado en los yacimientos visitados, aportó básicamente materiales de naturaleza silíceo (silicatos y cuarzos). Solo la presencia de horizontes ferruginosos basales (de gran interés estratigráfico, de ninguno económico y escaso protagonismo porcentual), interpretados por autores como provenientes de la meteorización de rocas eruptivas básicas, rompe la monotonía deposicional de arenas, limos y arcillas.

Estos sedimentos, transformados en cuarcitas, lutitas y pizarras, conforman las sierras ordovícicas del Sistema Central, de los Montes de Toledo y de Sierra Morena. Con frecuencia la erosión diferencial ha respetado solo a las duras cuarcitas en los resaltes topográficos más importantes, constituyendo las pizarras los relieves más suaves y los valles, en un típico relieve apalachiano que se traduce actualmente en largos sinclinales paralelos separados por alineaciones de duros resaltes..

Cabe por último destacar que la naturaleza ácida del sedimento no favoreció la vida de comunidades no silicícolas (arrecifes de algas calcáreas fundamentalmente, ya que las aguas frías no permitirían la presencia de barreras coralinas carbonatadas). Y tuvo además una consecuencia tafonómica importante: la rápida descalcificación progresiva de los restos duros (con carbonato o fosfato cálcico) de organismos muertos. Este importante hecho, hace que se haya perdido en la mayoría de los casos la estructura original del ser vivo, conservándose solo la impresión externa e interna del resto orgánico disuelto. Los moldes en látex, siliconas, arcillas... permiten hacernos una idea de cómo fue verdaderamente el aspecto del organismo primitivo. En este sentido, señalar aquí que los nódulos de pizarra -tan numerosos en ciertos horizontes- otorgaron por su especial génesis, una mayor protección a los restos orgánicos en ellos contenidos. Preservan con frecuencia estructuras genuinas y detalles precisos, siendo innecesario decir la importancia que tiene su exploración cuando son hallados.

En definitiva y simplificando; el clima, la profundidad del mar y la naturaleza litológica del medio -en parte condicionada por la distancia a la costa-, condicionaron la presencia de distintas comunidades faunísticas contemporáneas. La sucesión de eventos geológicos -transgresiones y regresiones-, la superposición y renovación de faunas en el transcurso del registro estratigráfico, para una misma zona.

## Condicionantes Biológicos

Un primer condicionante biológico del Ordovícico Medio de gran repercusión geológica fue la inexistencia de vegetación en tierra firme. Sin ningún agente vegetal que sujetase el suelo y fijase parte del agua de lluvia, la erosión debió ser rápida y devastadora. Desde la costa hasta distancias de decenas de kilómetros, un manto de arenas se extendía en el fondo marino. Mas allá, los limos mas finos, constituían un fondo lodoso allí donde las fuerzas de transporte no podían arrastrar sedimentos mas pesados. Con frecuencia se observan "lentejones" y capas cuarcíticas intrusas en los potentes bancos de pizarra. Se interpretan como arenas arrastradas en momentos puntuales por grandes tormentas que originarían corrientes de agua capaces de arrastrar sedimentos groseros a zonas de normal deposición arcillosa. Estas tormentas generarían grandes removilizaciones de aguas y sedimentos, generando cambios de salinidad, rápidos recubrimientos espesos sobre organismos vivos... etc, circunstancia que ha dejado claras huellas entre los fósiles encontrados. Agrupaciones de individuos muertos a la vez (individuos estenohalinos, que tolerarían poco los cambios de salinidad), trilobites enrollados en un intento infructuoso de evitar los efectos perniciosos de la "lluvia" sedimentaria que los sepultó, o enterramiento violento de individuos vivos no infaunales... son hechos que cotidianamente dejaron presencia en el registro fósil.

Pero en líneas generales, los fondos marinos con presencia fósil debieron ser relativamente someros, bien iluminados, tranquilos y plagados de sedimentos trufados de restos orgánicos en descomposición. Las algas (de las que desconocemos casi todo), que ya habían constituido arrecifes calcáreos en territorios cercanos durante el Cámbrico, tendrían un grado de evolución y especialización que culminaría a finales del Ordovícico con la colonización de la tierra firme. Probablemente las habría fijadas al suelo y flotantes, siendo como siempre origen de la cadena trófica y refugio de puestas e individuos inmaduros.

Tampoco sabemos gran cosa de la composición del plancton si exceptuamos las colonias de graptolitos o microscópicas algas de raras formas quísticas, aunque frecuentemente se especula con la posibilidad de que determinadas especies formaran parte, al menos en alguna fase de su ciclo vital, de aquella gran "sopa de vida". Igualmente en gran medida desconocemos restos de gusanos, pólipos, medusas... y en general todo organismo de cuerpo blando y difícil fosilización de los que es solo posible interpretar sus icnofósiles, huellas de su actividad vital. No obstante el mundo animal estaría bien desarrollado, con todos los filum actuales representados y únicamente con la excepción de los cordados (de los que aún no se ha podido de-



mostrar la existencia de los primeros peces sin mandíbulas en aguas frías) conformando una cadena vital compleja, y de numerosos segmentos. Y si bien aquella fauna tan primitiva tiene una presencia relíctica en los mares de hoy en día (raros fósiles vivientes como los lingúlidos, descendientes directos de otros braquiópodos o de crinoideos... etc) constituyó una comunidad diversificada y variada que colonizó con éxito casi todos los hábitats. Gutiérrez-Marco cuenta alrededor de 250 especies distintas descritas en el Ordovícico Medio del sector Celtibérico-Central. Aún restando icnofósiles y microfósiles, y teniendo en cuenta la representación parcial –aunque muy significativa- que siempre ofrecen los fósiles hallados, sigue siendo muy abundante y heterogénea la lista de especies conocidas, siendo más numerosos el número de filos conocidos para el Ordovícico Medio que el de hoy en día. La drástica disminución de los numerosos filos cámbricos fue compensada por una gran diversificación ecológica de los supervivientes. Este hecho dota al Ordovícico de una clara diferenciación respecto al Cámbrico, continuando en el Ordovícico Medio un decrecimiento –ahora mas suave- de la llamada “fauna cámbrica”, y un asentamiento progresivo de la mas moderna “fauna paleozoica” que evolucionará hasta la gran extinción permo-triásica. La aparición de depredadores especializados como cefalópodos o peces, la radiación y adaptación a la mayoría de los nichos ecológicos de los trilobites (que ya durante el Cámbrico supusieron el más numeroso grupo de entre los animales), el dominio de los braquiópodos sobre los moluscos bivalvos –filtradores mas modernos-, son algunas características ordovícicas fácilmente constatables en el registro fósil. Registro del que citamos a continuación algunas de las especies fósiles que más comúnmente podemos encontrar en nuestros paseos por el monte.

## Briozoos

No tenemos conocimiento de que se haya descrito en el ordovícico Medio ninguna especie fósil de briozoo con estructura dura fosilizable. Sin embargo si es relativamente frecuente encontrar valvas braquiales de órthidos que presentan perforaciones profusas debidas a algún briozoo. Estas perforaciones se suelen presentar como positivaciones, por el relleno de los túneles con sedimento y la ulterior disolución de la valva calcítica en un medio ácido. Reproducimos la especie o: *Pinaceocladichnus perplexus* (Mayoral), sobre valva braquial de othido del Llanvirn Inferior de Arroyo Acebrón siguiendo la clasificación que el Museo Geominero de Madrid ofrece para este género morfológico.



Reproducimos la especie o: *Pinaceocladichnus perplexus* (Mayoral), sobre valva braquial de othido del Llanvirn Inferior de Arroyo Acebrón siguiendo la clasificación que el Museo Geominero de Madrid ofrece para este género morfológico.

## Braquiópodos

Frente a su actual papel relíctico, los braquiópodos fueron numerosos y variados durante toda la Era Primaria. Antes como ahora, fueron animales de concha dura (fosfática o calcítica), bentónicos, sésiles (sedentarios, sin movilidad), que si bien prefirieron mares tranquilos y poco profundos, proliferaron también a grandes profundidades o en áreas intermareales, tolerando igualmente la frialdad de aquellas aguas –puede que como los braquiópodos actuales mostrarán incluso preferencia por aguas no cálidas-.

La fijación al suelo se producía mediante un pedúnculo que se adhería a alguna materia dura y estable –hasta mucho tiempo después no desarrollarían la capacidad de cementar con el substrato-. En fondos limosos sin superficies duras adecuadas desarrollaron “picos” o elongaciones laterales para dificultar su hundimiento aumentando la superficie de contacto con el suelo sin ganar peso. Es el caso del genero *Cacemia*. Las especies pedunculadas, una vez muertas, perdían su fijación al substrato duro, motivando la aparición frecuente de “concheros” o acumulaciones de individuos muertos provocadas por corrientes. Esto demuestra su carácter bentónico, pues un individuo que vive enterrado –infaunal-, al morir queda inserto en el suelo en que vivió; formando solo acumulaciones en los infrecuentes casos de grandes removilizaciones marinas violentas. No conocemos braquiópodos de gran tamaño en el Ordovícico medio, pero si los hubo puede que crecieran pedunculados, para perder esta fijación cuando su tamaño la hiciera irrelevante.

Los braquiópodos tienen simetría bilateral nunca coincidente con el plano de apertura de las valvas. Poseen y poseían un aparato llamado lofóforo, que mediante movimiento, generaba la avenida de pequeñas corrientes de agua. Este agua una vez filtrada por el mismo lofóforo, proporcionaba alimento y oxigenación al individuo. El lofóforo se sustentaba en una estructura calcárea llamada braquídeo, que fosiliza con frecuencia, por lo que este ha sido tomado como uno de los criterios distintivos a la hora de establecer distintos ordenes.

Los braquiópodos de concha fosfatada (lingúlidos), parcialmente endobentónicos y aún representados en los mares actuales, fosilizaron con más dificultad que los de concha calcítica (más dura), pero debieron ser frecuentes, probablemente más en zonas costeras.



Por el contrario son extraordinariamente numerosos los restos de braquiópodos calcíticos.

El orden de braquiópodos más frecuente es el de los órthidos, con su característico cuerpo palmeado, charnela amplia, lofóforo espiralado, su abundante y fina costulación.

El género *Orthambonites* del Llanvirn inferior, es con diferencia el más abundante de todos. Reproducimos aquí un molde interno de la valva braquial de un individuo en el que se aprecia el costulaje (siempre poco marcado e inapreciable en moldes internos). También se aprecian los dientes y fosetas que articulaban las valvas, y se intuye la musculación aductora-diductora.



*orthambonites*



*Monorthis noctilio*

También reproducimos aquí el molde de una valva ventral de *Monorthis noctilio*, especie de la que poseemos moldes externos en que se aprecia alguna infrecuente línea de crecimiento. Procede del yacimiento de Arroyo Acebrón en Ventas con Peña Aguilera.

Como ejemplo de otro órthido del Dobrotiviense, hemos elegido *Heterorthis Smorgatensis*, de fina y abundante costulación del que reproducimos el molde interno de una valva ventral donde se marca la potente musculación encargada de la apertura de las valvas. El ejemplar procede del Puerto de San Vicente-Alía.



*Heterorthis*

*Eorhipidomella muscolosa*, también especie dobrotiviense, con moldes de valvas dorsal y peduncular mostrando su poderosa musculación diductora con forma de losange, -frente a la típica forma de «pigope» de la musculatura de *Heterorthis smorgatensis*-. Procede de Calzada de Calatrava.



*Eorhipidomella muscolosa*

Finalmente un ejemplar de *Cacemia riberoide* la localidad de Retuerta de Bullaque, perteneciente al Oretaniense superior, muestra su típica expansión lateral en la dirección del eje de la charnela, como respuesta al medio limoso en que vivió.

### Moluscos.

Estuvieron bien representados con bivalvos,



*Cacemia*

gasterópodos, cefalópodos y otros grupos extintos (como el ¿*filo independiente?* de los hiolites)

**Los cefalópodos** constituyeron probablemente los seres más evolucionados de la época. Con un cerebro bien desarrollado (el más inteligente del momento), capaz de interpretar el mundo que le referían unos ojos muy perfeccionados. Poseían un moderno aparato circulatorio y propulsor que les dotaban de una rapidez inigualable; y un aparato masticador que, ayudado por los pedipalpos, les convertía en grandes carnívoros especializados. Todo esto hacía de ellos fabulosos depredadores en la cima de la cadena trófica del Ordovícico medio de los mares fríos, donde apenas tendrían competencia de supuestos escasos peces agnatos.



*Ortoceras*

*Cameroceras alticamera* (Sampelayo), frecuente en todos los yacimientos, fue un antiguo nautiloideo de concha recta y de hasta un metro de largo. Una serie de cámaras tabicadas atravesadas por un sífon concluían en una cámara mayor (cámara de habitación, en que se alojaba el individuo). El sífon, junto a depósitos intercamerales, servía para regular la flotabilidad mediante cambios en la naturaleza y el contenido gaseoso de las cámaras. Sus moldes externos muestran algunas veces una fina constulación coincidente con el crecimiento de la concha. Es también posible que su velocidad no supliera algún tipo de decoración exterior con fines miméticos.



*Cameroceras*

Si es correcta la interpretación de ciertas acumulaciones de restos triturados fósiles como regurgitados fecales de los endocerátidos y ortocerátidos, los cefalópodos tendrían entre sus presas frecuentes a trilobites, braquiópodos y otros moluscos, así como a otros animales no acorazados.

Son igualmente numerosos los restos de otros cefalópodos nautiloideos con conchas arqueadas, e incluso espirales, como es el caso de *Trocholites*.



*Cameroceras alticamera*



Los bivalvos tardarían aún mucho en marginar ecológicamente a los braquiópodos (el otro gran grupo de filtradores con valvas). Pero muestran una buena adaptación al medio como demuestra la profusión de sus hallazgos.



*Glyptarca naranjoana*

mayoría de los yacimientos del Ordovícico Medio, son numerosos sus fácilmente identificables moldes internos.



*Babinka prima* posee una forma redondeada y aplanada, siendo frecuente observar en sus moldes internos sus particulares dientes. Por último reproducimos también dos especies de sistema branquial rudimentario y numerosos dientes taxodontos en su charnela; *Praenacula costae* de umbos girados «inversamente» y *Cardiolaria beirensis*.



*Modiolopsis*

Probablemente *Redonia* y *Coxiconcha* son los géneros más frecuentemente encontrados. Vivían



*Coxiconcha britannica*

someramente enterrados en el sedimento, conectados al exterior por un canal que permitía la entrada de agua con nutrientes y la salida de la misma ya filtrada.



*Cardiolaria beirensis*

*Coxiconcha británica*, de forma almendrada, es generalmente encontrada con sus valvas unidas (si al morir no se desvincularon es porque debía vivir enterrada), a veces con las valvas ligeramente entreabiertas (lo que delata un mar de fondo tranquilo). Sus moldes internos muestran a veces un arco de huellas de las inserciones musculares en su tercio superior. El molde externo aquí representado procede del Llanvirn Inferior de Na-



*Babinka prima*

estas, aunque es abundante también en el Dobrotiviense. En cuanto a *Redonia deshayesi*, en la



*Praenacula costae*

Menor protagonismo tenían aún los moluscos gasterópodos, aunque es frecuente la presencia tanto del género *Sinuities* y otros bellerophontidos, como de pleurotomariáceos (*Lophospira angulata*).



Por último reproducimos el molde interno de un enigmático Hyolites ¿Gompholites sp?, primitivo ¿molusco? filtrador de cuerpo cónico de base cerrada por un opérculo amoldado a dos largas extremidades de difícil interpretación. Sin parangón actual son un relictos de la fauna cámbrica.



*Gompholites sp?*



## GEO TIERRA Ciencias Naturales

Mapas  
Fósiles  
Minerales  
Globos  
terráqueos  
Libros  
Revistas

Rocas  
Conchas  
Insectos  
Astronomía  
Orientación  
Telescopios

Martillos de geólogo  
Cajas entomológicas  
Peanas y soportes  
Lupas  
Microscopios  
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



## Artrópodos

Los artrópodos más frecuentes, importantes y los únicos observados por nosotros, son los trilobites. Artrópodos marinos exclusivamente paleozoicos, cuyo nombre alude a la característica división en tres partes de su cuerpo, tanto en sentido longitudinal –cefalón, torax y pigidio-, como transversal –un raquis y dos pleuras, una glabella central y mejillas laterales-.

Su dorso muestra un caparazón articulado y duro, asociación de algún cemento orgánico con algunas sustancias minerales (de naturaleza caliza fundamentalmente). Salvo contadas excepciones, y cuando los hay, en el dorso se sitúan los ojos y todo un elenco de “pelillos” nervados que atraviesan el caparazón para recibir información sensorial –sentido de la corriente, nivel de recubrimiento por el lodo... – Los ojos de los trilobites son por cierto, los primeros órganos visuales de los que hay constancia en la historia evolutiva. Son multicompuestos y formados por cristales de calcita.

Así pues, el dorso tendría una función principal protectora, y sería portador de los principales órganos sensoriales. Ello quiere decir que el dorso fue una estructura expuesta y en contacto con el medio.

Por el contrario su vientre, protegido por la coraza superior, contiene las partes más delicadas del organismo: aparatos con funciones digestivas, respiratorias, locomotrices, sexuales, nerviosas... etc. El aparato digestivo se extendería longitudinalmente por debajo de la glabella y el raquis del caparazón, desde la boca y el estómago, protegidos por las únicas estructuras duras del vientre, llamadas doblez e hipostoma, hasta el ano, en el extremo opuesto del cuerpo.

En su cuerpo blando se insertaban numerosos apéndices bífidos en disposición paralela al aparato digestivo. Las partes distales de estos apéndices compuestos eran las extremidades locomotoras, las partes superiores, más protegidas eran las branquias -conformadoras del aparato respiratorio-. La presencia de antenas y de extremidades especializadas con función nutricia estaban condicionadas en cada especie por su particular forma de vida.

Como en muchos de los artrópodos actuales, el crecimiento en tamaño del individuo generaba un problema parcial; ya que sus caparazones no estaban dotados de la capacidad de crecimiento progresivo, y cuando el individuo crecía, debía mudar de exoesqueleto y producir otro mayor. Esta característica hace muy

numerosas el número de mudas o exhubios que generan los trilobites, y son muy abundantes sus restos fosilizados. No obstante, esta presencia frecuente en el registro fósil no se debió únicamente a la dinámica de mudas periódicas, sino también a la existencia real de una abundante población de trilobites como reflejo del éxito ecológico que estos debieron disfrutar durante el Ordovícico Medio, abundancia que fue unida a una extraordinaria variabilidad formal, reflejo de un dominio de casi todos los habitats, posibilidades vitales y nichos ecológicos.

Así, aunque de preferencias neríticas, hubo trilobites pelágicos e incluso frecuentadores de los terrenos sumergidos durante la pleamar (probablemente los que desarrollaron capacidades natatorias, que les permitirían retirarse suspendidos durante las rápidas bajamares propias de grandes áreas poco profundas), hubo trilobites filtradores, detritívoros que “pastaban” superficialmente los sedimentos ricos en residuos orgánicos, o que “buceaban” en los lodos blandos capturando incluso pequeños organismos vivos, especies de comportamiento gregario o grandes trilobites solitarios probablemente cazadores y carroñeros. Puede que incluso hubiera trilobites cazadores de otros trilobites, y por supuesto especies vegetarianas u omnívoras.

Todo ello se concluye reflexionando sobre la gran variedad de especializaciones que han quedado patentes en el estudio de numerosos fósiles: desde especies de un centímetro a trilobites de hasta setenta centímetros (en ciertos periodos se asocia la talla pequeña de los trilobites con un medio desfavorable lleno de depredadores), los hubo ciegos (no necesitaron los ojos, por vivir a grandes profundidades por ejemplo), con grandes ojos sobreelevados (individuos p r o b a b l e m e n t e mimetizados con una fina cubierta de lodo, con solo los ojos sobresalientes del recubrimiento), individuos con ojos migrados hacia la región ventral (evidentemente nadadores, no fijos al suelo donde no podrían usarlos), con cuerpo fusiforme ideal para “bucear” en lodos anegados, otros con cuerpos anchos –incluso con espinas y apéndices para ampliar la superficie- que lejos de buscar la inmersión en el fango trataban de evitar el hundimiento o facilitar su flotabilidad... etc. Un largo elenco de diversificaciones propio de una forma exitosa, y adaptada a numerosas tipos de vida.



De entre la gran proliferación de ordenes y familias que ha ofrecido la literatura científica, reproducimos algunos de los géneros más frecuentes y sin entrar en grandes descripciones morfológicas, tratando de reconstruir el modo de vida y algún fundamento característico de la etología de los siguientes generos:

### ***Ectillaenus giganteus.***

Fue una especie frecuente tanto en el Oretaniense como en el Dobrotiviense. De fácil identificación por tener un pigidio liso de un tamaño aproximado al del cefalón, y diez segmentos torácicos. Su tamaño era mediano-grande y sus ojos pequeños. Ha sido definido como un filtrador parcialmente infaunal, que capturaba las partículas en suspensión presentes en el agua -bien removiendo el fango, bien buscando pequeñas y adecuadas corrientes generadoras de suspensiones coloidales.

Con su pigidio en forma de zapa, cavaba una madriguera oblicua a la superficie del suelo en la que escondía tórax y pigidio, permaneciendo solo en el exterior el cefalón para realizar los trabajos de filtrado. Esto es deducido de la discontinuidad angular entre cefalón y resto del cuerpo con que frecuentemente son encontrados los ejemplares completos, de la posición retrasada de sus ojos, y del estudio de icnofósiles.



Se conocen yacimientos donde prácticamente solo aparecen trilobites de este género, excepción hecha de algún *Neseuretus* intercalado. Quizás formaran agrupaciones de individuos que se desplazaban en busca de lodos ricos o de corrientes de turbidez con arrastres nutricionales favorables, lo que les colocaría en ventaja sobre otros filtradores sedentarios.

*Ectillaenus* parece tener origen en el entorno de las Islas Británicas, pues allí han sido hallados los individuos más antiguos.

### ***Neseuretus.***

Es el género más abundante y característico de todos los yacimientos visitados, constituyendo un auténtico todoterreno, presente en



mayor o menor medida a lo largo de todo el Ordovícico medio, y en asociación con todos los demás grandes grupos de trilobites. Se le cree procedente de los antiguos territorios costeros de la actual Sudamérica (entonces parte de Gondwana), y su límite de expansión biológica rebasa con mucho nuestro área. De cuerpo fusiforme, debió estar adaptado para "bucear" en lodos sueltos por empapamiento, alimentándose de restos orgánicos y pequeñas presas de cuerpo blando -gusanos, etc-. Como otros calymenáceos -*Salterocoryphe*, *Colphocoryphe*... -, es frecuente encontrarlo enrollado en posición defensiva, pues poseían un labio prominente que encajaba abrochando el pigidio.



*N. avus*

### ***Ogyginus fortleyi***

Asaphido de gran tamaño (reproducimos dos ejemplares de 15 y 20 cm.). Tenía

cuerpo ancho, aplanado, con espinales genales y que probablemente mimetizó recubriéndolo de lodo, a excepción de sus grandes ojos sobreelevados. Debió deslizarse por la superficie de los lodos rebuscando partículas orgánicas entre el sedimento, ofreciendo



*N. nobilis*

su cuerpo gran resistencia al hundimiento (como otros asaphidos: *Isabelinia*, *Nobiliasaphus*... si bien aparenta tener un caparazón menos fino que este último). Encontramos sus fósiles en el Llanvirn inferior de Ventas con Peña Aguilera y Navas de Estena asociado a *Neseuretus*, *Salterocoryphe*, *Placoparia*, *Nobiliasaphus delessei*, *Batycheilus*, *Asaphellus*... etc.

### ***Nobiliasaphus***

Es un género de asaphido que alcanza grandes tallas y presenta un caparazón aplanado y aparentemente grácil. Pigidio grande, bien surcado, con pleuras tendidas -*más anchas en el margen que en la conjunción interna*- y raquis pigidial estrecho con una exclusiva decoración en «V» abierta (pro-



*Nobiliasaphus nobilis*

longado en los segmentos pleurales semeja una «M» abierta). El pigidio muestra unas líneas aterrazadas transversales a la segmentación, que genera una decoración profusa de finas rayas. EL área preglabellar, muy amplia y rayada, se prolonga con unas poderosas espinas genales.

Nobiliasaphus alcanzó una amplia distribución en el Ordovícico Medio y Superior de Europa, siendo registrada por primera vez su presencia en el Llanvirn Inferior de la Península Ibérica con la especie *Nobiliasaphus delessei*, caracterizado por mostrar larga espina caudal. Ya en el Oretaniense superior se datan los primeros registros de *Nobiliasaphus nobilis*, la especie más representativa del género, abundante durante todo el Dobrotiviense en nuestro área y en buena parte de la actual Europa. Por último, en el Dobrotiviense, una tercera especie *N. hammanni* caracterizada por una pequeña acuminación o espina caudal

### Isabelinia



Es otro asaphido Dobrotiviense contemporáneo del género anterior. Presenta una amplia y larga glabella que determina un área preglabellar más estrecha que la de *Nobiliasaphus*. Un pequeño tubérculo central marca la base glabellar. El pigidio, mal segmentado, presenta solo bien marcado un anillo raquídeo, frente al bien segmentado de *Nobiliasaphus*. Espinas genales anchas y grandes ojos pegados a la glabella.

Reproducimos un hipostoma de *Isabelinia* o *Nobiliasaphus*. Con sus prolongaciones puntiagudas características, esta pieza que enmarcaba la boca del animal bien pudiera haber servido para despedazar carroña o para sujetar alguna presa viva (según postulan diversos autores).



### Bathycheilus castilianus

Constituye un endemismo de la Península Ibérica, excelente fósil guía del Llanvirn Inferior por la relativa frecuencia con que aparece sus restos y el «corto» periodo de tiempo en que vivió (marca una Biozona).



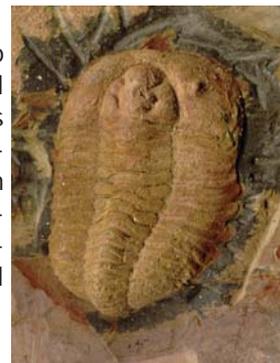
Con un cuerpo alargado y bien segmentado de glabella a pigidio como los calymenáceos, pero diferenciándose de estos por la presencia de espinas

genales que además son enormes, flanqueando todo el torax hasta el pigidio.

Sus mejillas libres eran prácticamente perpendiculares al plano de vida en el fondo marino, y prolongadas en las subsiguientes espinas genales, daban un aspecto de «carenado» que realzaba del suelo al cefalón. Este realce potenciaba el campo visual de unos ojos que de por sí ocupaban la parte más elevada del cefalón –lo que equivale a decir de todo el caparazón.

### Prionocheilus

Genero emparentado con el Bathycheilus ya en el Dobrotiviense, de espinas genales más cortas, es frecuente en yacimientos de un área extensa de Europa. Mostramos un ejemplar de la especie *Prionocheilus mendax* del Dobrotiviense basal.



### Uralichas

Fue uno de los géneros de trilobites más grandes de todos los conocidos –hasta 80cms-. Sus restos son escasos y se cree que no tuvo hábitos gregarios. Esa talla especial y su carácter solitario, animan a pensar en él como un depredador cazador y carroñero. Y cuando menos sugiere algunas preguntas cómo: ¿de que se alimentaba?, ¿cuánto tardaría en alcanzar aquella talla?, ¿fue relativamente longevo?... No conocemos ningún individuo completo, pero reproducimos su pigidio –con sus peculiares faldones-, y su cefalón fuerte y lleno de pequeñas protuberancias.



### Placoparia

Especial mención merecen también los placopáridos, ya que según los estudios realizados por Hammann permiten establecer importantes biozonas en el Ordovícico medio donde fueron numerosos en aguas profundas de la plataforma. Ojos diminutos o inexistentes, comportamiento gregario –es frecuente encontrarlos en agrupaciones de individuos de similar desarrollo- y mala tolerancia a los cambios de salinidad –cambios poco frecuentes a las distancias de la costa en que vivían.



*P. tournementi*



Placoparia cambriensis

Propio del Oretaniense Inferior, Placoparia (Coplacoparia) tournemini del Dobrotiviense Inferior, y P.(Coplacoparia.) borni del Dobrotiviense Superior. Las dos últimas especies presentan un segmento torácico menos que la especie Oretaniense, y P.(C.) borni seis huellas redondeadas en el reborde cefálico superior que se supone facilitaban el cierre pasivo –sin esfuerzo muscular-, durante el enrollamiento defensivo. La ausencia de placopáridos en el Oretaniense Superior, se interpreta como fruto de la migración en épocas de somerización regresiva hacia aguas más profundas. Durante el Dobrotiviense, cuando las condiciones del medio y su evolución lo permitieron, volvieron los descendientes “desterrados” de aquellos primeros placopáridos.

### Equinodermos.

Constituyen un grupo amplio de animales, con gran diversidad morfológica y etológica, que aparecieron en la base de la era primaria y que sobreviven con éxito en los mares de hoy en día con formas tan frecuentes y conocidas como erizos y estrellas de mar, holoturias, ofiuros o crinoideos. Si bien algunas de estas formas de vida (aparecidas hace millones de años) gozan actualmente de una cierta pujanza biológica (como los ofiuros), otras sobreviven como relictos de épocas pretéritas más favorables (crinoideos). Su nombre deriva de que su caparazón, formado por placas duras, se forma por acumulación de capas de origen dérmico.



Mostramos los tallos largos, finos y poliédricos de un ejemplar de crinoideo procedente de Navatrasierra (Cáceres). El hecho de que estos finos tallos no hayan sido totalmente fragmentados en artejos, son una clara evidencia de un ambiente marino poco convulso.



Pero sin lugar a dudas, los equinodermos más frecuentemente encontrados fueron los pertenecientes a grupos extintos en la era primaria, como cistoideos, carpoideos y blastoideos.

Los cistoideos fueron animales de cuerpo globoso o periforme, cubierto de numerosas placas dérmicas. Con una parte superior donde una abertura oral rectangular estaba enmarcada por unos finos brazos articulados y de número variable (braquiolas), que servían para capturar y guiar a la boca partículas nutricias. La extremidad inferior más estrecha y pedunculada (o no), se anclaba en los fondos lodosos para arbolarse convenientemente al individuo en posición favorable. En función de la ordenación e interconexión de sus placas y del estudio de los poros que marcaban los canales que las atravesaban, se han establecido criterios clasificatorios. Así los cistoideos con poros agrupados, generalmente por parejas en el centro de las placas, reciben el nombre de diploporitos. Son cistoideos rombíferos, aquellos cuyos canales de interconexión entre las placas tienen una clara disposición en losange, siendo frecuentes en el Ordovícico Superior.



El género Calix (Cystoidea diploporita), es abundante en el Ordovícico Medio, desapareciendo al final del periodo. De cuerpo entre cónico y cilíndrico, alcanzó tallas de hasta 40 cm. Vivía con una parte de su cuerpo anclada en los lodos, desarrollando en algunas especies tubérculos numerosos que facilitaban el anclaje al suelo –ver fotografías de las “raíces” de Calix rouaulti-. Otras especies del género reproducidas, carecen de estos tubérculos (Calix inornatus), o muestran notable aminoramiento (Calix cornuta).



Por último, también reproducimos fotográficamente el molde interno de un ejemplar donde se aprecian algunas placas y la disposición de los canales de los diploporos gracias a haber sido rellenos por el sedimento.



Parece lógico que se encuentren con más facilidad los restos enterrados de Calix, que las partes bentónicas (más expuestas). En líneas generales puede que Calix sintiera preferencia por ambientes tranquilos, aunque según propone Gutiérrez-Marco, las grandes dimensiones de los anclajes de algunos ejemplares no permite excluir un ritmo sedimentario acelerado -que exigió un rápido crecimiento vertical del animal para evitar su recubrimiento.

Finalmente señalar que todas las partes duras, que son las únicas con frecuencia fosilizadas, estaban recubiertas por una estructura exterior blanda envolvente. Esta no ha sido representada en el dibujo idealizado-inventado de fondo marino ordovícico que reproducimos

## Graptolitos

Los graptolitos son invertebrados marinos paleozoicos, organizados en agrupaciones coloniales de pequeños individuos filtradores, con un esqueleto proteico fibroso (tipo colágeno, o quitina) y una interconexión común que les permitiría coordinar movimientos favorecedores de la flotación y navegabilidad colonial. En algunos casos podían incluso vivir con cierto sedentarismo -algunos de formas arboladas-, adheridos a algas y otros elementos. Pero fundamentalmente eran independientes y planctónicos, sintiendo preferencia por ambientes tranquilos (lo que se asocia a veces a cierta profundidad o lejanía de las áreas costeras, más dinámicas).



Vivieron desde el Cámbrico al Carbonífero, siendo su momento de mayor acmé Ordovícico y Silúrico donde constituyen excelentes fósiles guía por la renovación formal episódica fruto de su rápida evolución. Es frecuente su ausencia casi total en algunos estratos y contrariamente

afloran masivamente en otros. Procedente de un afloramiento arcilloso de la localidad de Navas de Estena (Ciudad Real) de edad Oretaniense, rico en restos en buen estado de conservación, reproducimos un ejemplar de *Didymograptus*. Se aprecian sus dos ramas o rhabdosomas características unidas en forma de horquilla y la sícula - extremo inicial del que evolucionan los dos ramales-rhabdosomas).

## Fósiles de actividad vital

Por último es necesario destacar la importancia que los fósiles de huellas (icnofósiles) tienen para la comprensión del modo de vida y el comportamiento (etología) de muchas espe-

cies. Fundamentalmente de las de cuerpo blando, dado que con frecuencia son los únicos testimonios capaces de aportar algún conocimiento sobre ellas. Y si a las huellas propiamente dichas añadimos restos de actividades vitales, la reconstrucción de los hábitos puede ser algo más completa. Desde huellas de anclaje a heces fecales, pasando por restos triturados de seres que han servido de alimento, madrigueras excavadas en el lodo, a marcas de desplazamiento. Algunos de estos fósiles son bastante enigmáticos, otros se prestan a interpretaciones menos arriesgadas por comparación con estructuras similares actuales.



Muy conocidas y numerosas, sobre todo en las cuarcitas del Arenig, son las llamadas en general "Crucianas". Son interpretadas como señales dejadas por las "patas" de los trilobites en sedimentos de alguna consistencia durante

actividades diversas como búsqueda de materia orgánica inserta en los mismos (forma usual de caminos a menudo entrecruzados y en un mismo plano: el plano de la superficie del fondo marino), buceo en el lodo para capturar presas vivas (formas arqueadas que marcan una entrada y una salida en el mismo), descanso o acecho...etc. Las dos concavidades paralelas se corresponderían con los dos ejes de apéndices locomotores que poseían los trilobites en su cara ventral en sus labores de escarabajo superficial del sedimento y locomoción. En ocasiones es incluso posible apreciar finas estructuras distales paralelas generadas por el arrastre de pleuras o espinas genales. Una discontinuidad entre la naturaleza del sedimento en que se generaba la huella y la del que lo recubría facilitaba la preservación fósil de la misma. Por ello es frecuente encontrar Crucianas en cuarcitas, porque la llegada de arenas finas en episodios energéticos cubrió las pistas dejadas en fondos limosos.

*Tomaculum problematicum* es otro fósil frecuente, correspondiente a saquitos fecales con forma de cilindros de bordes redondeados acumulados en gran número. Se presenta rellenando cilindros excavados en el lodo, pero con frecuencia también en el interior



de moldes de organismos fósiles (trilobites, moluscos bivalvos... etc.). Probablemente eran los excrementos de algún organismo de cuerpo blando. Si bien su perduración en el tiempo, que se creía similar a la larga existencia de los trilobites, llevó en el pasado a algunos autores a identificarlos como excrementos de estos; su reconocimiento durante el mesozoico excluyó tal hipótesis.

### Autores recomendados.

Este artículo es fruto imperfecto de la interpretación de los trabajos de algunos científicos. A ellos se deben los datos correctos del artículo, siendo solo los errores enteramente nuestros. Citamos una sola obra por autor, pero su bibliografía extensa puede ser consultada en sus páginas personales en la red. El orden de aparición de los autores coincide con el volumen porcentual de consultas que hemos realizado a trabajos suyos.

Juan Carlos Gutiérrez-Marco.

Imprescindible su lectura para cualquier interesado en el Ordovícico español. Especialista en la estratigrafía de este y otros periodos, en graptolitos, bivalvos, equinodermos...etc, etc. Gran divulgador científico, con numerosos trabajos publicados de ámbito nacional e internacional.

Fósiles del Neoproterozoico y Paleozoico Inferior de Castilla la Mancha, J.C. Gutiérrez-Marco, e I. Rábano. "La huella del pasado. Fósiles de Castilla la Mancha". Junta de Comunida-

des C.L.M.  
Isabel Rábano.

Citamos uno de sus trabajos, que constituye el más completo referente para la clasificación de los trilobites del sector.

Trilobites del Ordovícico Medio del sector meridional de la zona Centroibérica española.

Reimpresión de los artículos publicados en los números 3, 4, 5 y 6 del volumen 100, año 1989, del Boletín Geológico y Minero. 1990. Hammann, W. , Robardet, M. y Romano, M.

The Ordovician System in Southwestern Europe (France, Spain and Portugal). Internat. Un. Geol. Ved. Sci., 11, 1-47.

M.A. San José Lancha.

Gran conocedor de la geomorfología de los Montes de Toledo, de las columnas estratigráficas locales y de su interconexiones regionales y generales

Estudio geológico de los alrededores de San Pablo de los Montes (Toledo).

Tesina de Licenciatura, Dpto. Estratigrafía. U.C.M. Madrid 1965.

Maria Dolores Gil Cid.

Nota sobre la fauna de trilobites del Ordovícico de los Montes de Toledo (España).

Real Sociedad de Historia Natural . Boletín de Geología volumen 70 paginas 55 a 76.

### Agradecimientos

A don José Luis Moreno Ortega, gran conocedor de las sierras de su localidad natal, San Pablo de los Montes, y a nuestros eruditos amigos Roberto Ruiz Belén José Manuel Velasco Pérez por sus consejos y aportaciones.

**Juan Carlos Lomas  
Paco Martín**

Era primaria	Ordovícico 505m.a./438m.a.	Superior	Ashgill -448m.a.				
			Caradoc -458m.a.				
		Medio	Llandeilo -468m.a.	Dobrotiviende	Superior	<i>Placoparia(C.)borni</i>	
					Inferior	<i>Placoparia(C.) tournementi</i>	
			Llanvirn - 478m.a.	Oretaniense	Superior	<i>Cacemia ribeiroi</i> -Ausencia de <i>Placoparia</i>	
					Inferior	<i>Bathycheilus castilianus</i>	
		Inferior	Arenig -488m.a.				
			Tremadoc -505m.a.				
		<i>Cuadro de distribución del ordovícico medio</i>					



## Algunos consejos para aficionados a la hora de identificar los géneros más frecuentes de trilobites del Ordovícico Medio de la zona central de la península Ibérica

La verdadera identificación de los trilobites ordovícicos ha de resultar del análisis comparativo del fósil con los estudios científicos sistemáticos que describen las diferentes especies.

Estas descripciones especializadas se hacen a veces irreconocibles para los que somos simples aficionados, por tratarse de ejemplares incompletos, que no muestran con claridad suturas faciales, espinas genales u otros rasgos característicos destacados a la hora de clasificar, o en ocasiones simplemente por carecer de material básico que amplíe o desenmascare los mismos.

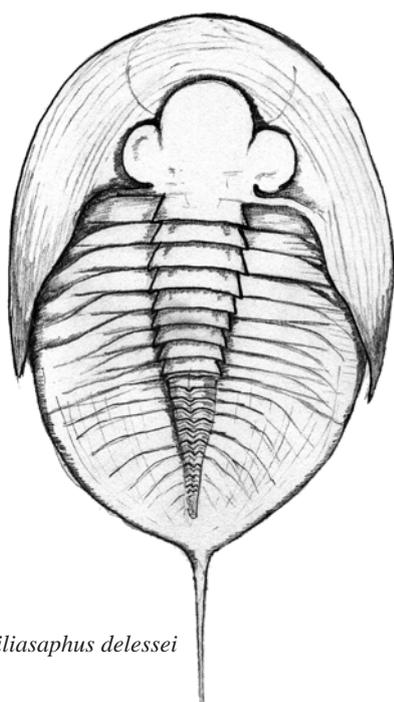
Pensando en esas dificultades que tenemos los aficionados, y como primer criterio clasificatorio, ofrecemos algunas características sencillas y evidentes, que puedan llevar a determinaciones previas (ciertamente imprecisas) pero que comparadas *a posteriori* con las descripciones específicas puedan tener por resultado una identificación certera de los géneros más frecuentes.

Dos sencillos pasos previos pueden reducir el número de especies candidatas a la identificación final de cualquier fósil; en primer lugar aprender a reconocer grandes grupos familiares frecuentes.

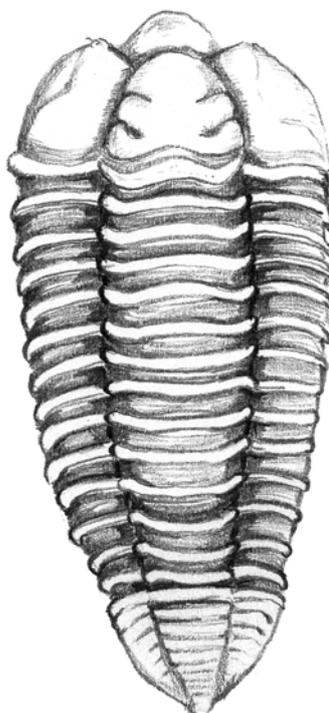
En segundo lugar conocer la edad del yacimiento del que es originario el fósil, sino a nivel de Biozona, si al menos de Piso o Época; por la exclusión de posibilidades que solo ello ya conlleva. La experiencia hará con el tiempo recorrer el camino inverso; identificar la edad del yacimiento mediante el estudio de las asociaciones de fósiles, una de las funciones básicas de la paleontología.

En este caso hablaremos de Llanvirn (Oretaniense) Inferior para los yacimientos de Arroyo de Acebrón (Ventas con Peña Aguilera) y Navas de Estena, Oretaniense Superior de Retuerta de Bullaque, Dobrotiviense Inferior de Puerto de San Vicente y Helechosa de los Montes, y Dobrotiviense Inferior terminal-Dobrotiviense Superior de Calzada de Calatrava.

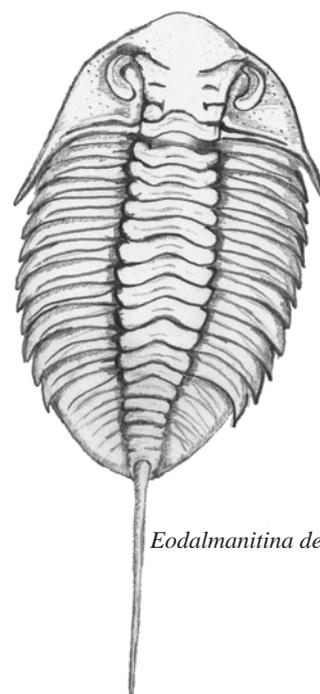
En primer lugar vamos a intentar distinguir entre trilobites asaphidos, calymenáceos y dalmanitoides; con una pequeña definición previa de las características grupales más evidentes y una descripción de algunos géneros de cada grupo. Después nos ocuparemos de otros géneros frecuentes, no recogidos en este grupo inicial.



*Nobiliasaphus delessei*



*Neseuretus avus*



*Eodalmanitina destombesi*



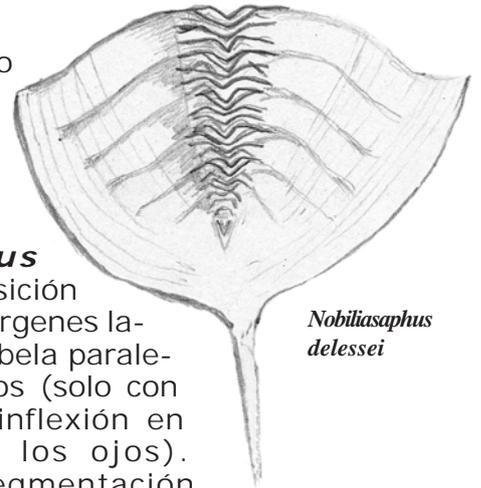
## ASAPHIDOS

Son trilobites de cuerpo ancho, aplanado, glabela redondeada por arriba y de base mas estrecha con surcos débilmente marcados a menudo solo insinuados o inapreciables que hacen parezca lisa, ojos medianos o grandes, redondeados, pegados a la glabela y presencia de anchas espinas genales.

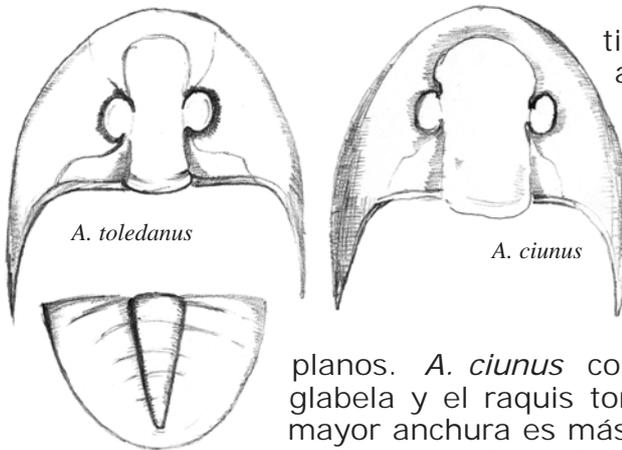
Podríamos diferenciar dos grupos de asaphidos correspondientes al Ordovícico Medio; los pertenecientes al Llanvirn Inferior y los dobrotivienses.

De los primeros incluimos *Ogigynus? Forteyi*, *Asaphellus cianus*, *Asaphellus toledanus* y *Nobiliasaphus delessei*. De los segundos *Isabelinia glabrata* y *Nobiliasaphus nobilis*.

***Nobiliasaphus delessei*** es el único asaphido caudiculado (con espina pigidial) del Llanvirn Inferior de nuestro país. Posee además una inconfundible decoración en la segmentación del raquis pigidial en forma de «V» abierta.



*Nobiliasaphus delessei*



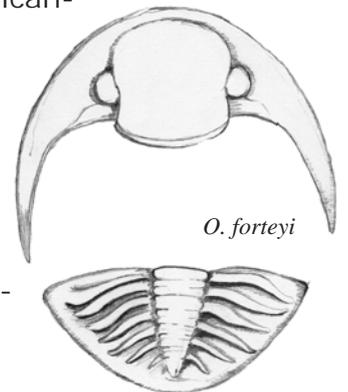
*A. toledanus*

*A. cianus*

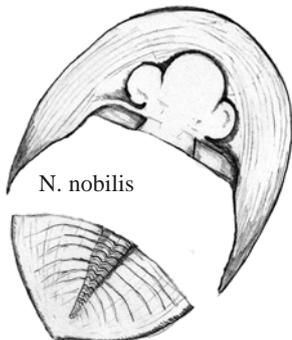
### ***Asaphellus***

tiene ojos en posición adelantada, y márgenes laterales de la glabela paralelos y rectilíneos (solo con una pequeña inflexión en contacto con los ojos). Pigidios de segmentación poco marcada. *A. toledanus* muestra glabela y raquis estrechos, incluso afilado en el pigidio. Bordes cefálico y pigidial planos. *A. cianus* comparte el típico aspecto rectangular de la glabela y el raquis torácico con *A. toledanus* pero con mayor anchura es más corpulento, llegando a alcanzar grandes dimensiones

***Ogigynus? forteyi*** tiene una glabela muy ancha y ojos grandes. Su raquis forma un uso imperfecto que tiene su anchura máxima hacia el cuarto anillo torácico, para adelgazar progresivamente hasta el extremo del raquis pigidial. Frente a *Asaphellus* su pigidio muestra marcada segmentación, sobre todo en las pleuras con unos inconfundibles pliegues algo tumbados y planchados. Su aspecto general es elipsoidal, y llega a alcanzar un gran porte.

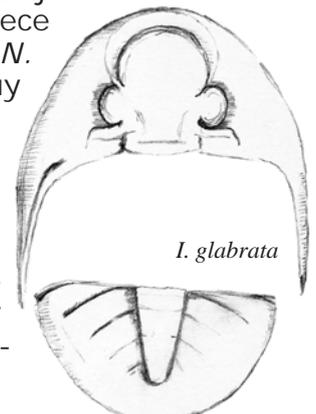


*O. forteyi*



*N. nobilis*

***Nobiliasaphus nobilis***, ya en el Dobrotiviense, comparte el aspecto general de *N. Delessei* –con idéntico dibujo en «M» o «V» abierta en su raquis pigidial-, pero carece de espina caudal. La especie Dobrotiviense *N. hammani*, presenta una pequeña protoespinas muy inferior a *N. delessei* del Lanvirn Inferior.



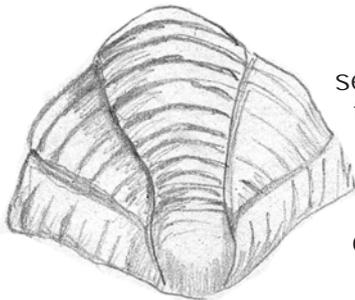
*I. glabrata*

***Isabelinia glabrata***, aparece asociada en el Dobrotiviense al genero *Nobiliasaphus*, pero con un pigidio poco segmentado y sin relieve raquídeo en «V» abierta y área preglabellar inferior. Presenta unas portentosas espinas genales que alcanzan el séptimo segmento torácico.

## CALYMENÁCEOS

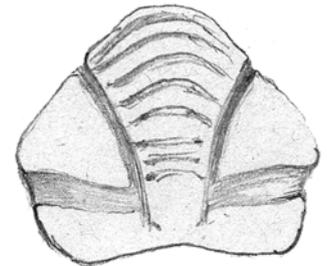
Poseen un cuerpo alargado con glabella y mejillas muy arqueadas. Tienen una marcada y numerosa segmentación, persistente en pigidio y glabella. La glabella es más ancha en su base. Carecen de espinas genales o caudales, y su también arqueado labio del reborde cefálico encaja en el pigidio durante el enrollamiento defensivo del animal. Los géneros *Neseuretus*, *Salterocoryphe* y *Colphocoryphe*, con especies sucesivas, están presentes en todo el Ordovícico Medio.

***Neseuretus*** el más conocido y frecuente de los trilobites del Ordovícico Medio ibérico, se diferencia bien por la terminación cuadrangular de su raquis pigidial. *N. avus* es frecuente en el Llanvirn Inferior, *N. tristani* es propio del Oretaniense Superior- Dobrotiviense.



***Salterocoryphe***. Los flancos de su pigidio están divididos, por sendos surcos de enrollamiento, en dos mitades cada uno. Presentan pues cinco lóbulos en su pigidio (raquis más dos pleuras bifidas), todos ellos con segmentación marcada y numerosa. Género presente desde el Llanvirn Inferior, la especie *S. Salteri* es propia del Dobrotiviense y presenta un fino granulado en la superficie de su caparazón.

***Colphocoryphe***. Pigidio similar al de *Salterocoryphe*, pero solo presenta segmentación en el raquis, con las pleuras lisas (a veces el lóbulo interior de los flancos puede mostrar algún resto de segmentación, el exterior nunca). La parte superior de su glabella es recta, lo que confiere a toda ella una forma trapezoidal. Diversas especies se relevan cubriendo todo el Ordovícico Medio.

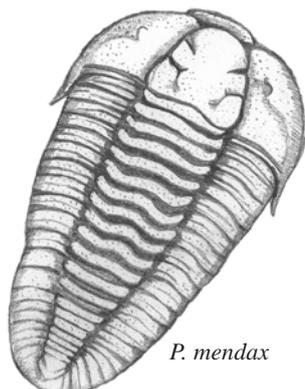
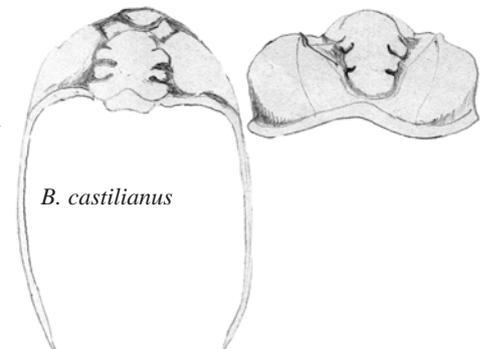


## FAMILIA BATHYCHEILIDAE

Citamos a continuación de los calymenáceos dos especies significativas del Ordovícico, que si bien muestran un claro aspecto calymenoideo, presentan diferencias notables para ser tomadas por tales (muy evidente la presencia de espinas genales que decíamos inexistentes en los calymenáceos)

Se trata de *Bathycheilus castilianus* (del Llanvirn Inferior), y *Prionocheilus mendax* (del Dobrotiviense).

***Bathycheilus castilianus***. Posee unas larguísimas espinas genales que flanquean todo el torax y mejillas que caen perpendiculares al plano corporal.



***Prionocheilus mendax***. Con espinas genales más pequeñas y formando algún ángulo con los flancos torácicos. Borde de las mejillas libres aserrado, y superficie corporal granulada.

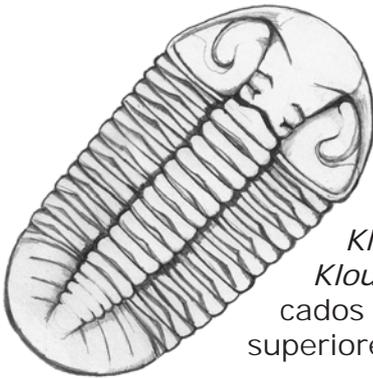
## DALMANITOIDES

Los phacópidos dalmanitoides son un conjunto de trilobites con glabella periforme, hendida por tres pares de surcos, con un ensanchamiento brusco por encima del par de surcos superior (S3).

Sus ojos son grandes, de forma arriñonada, con la parte cóncava enfrentada a la glabella y unidos a esta por su extremo superior.

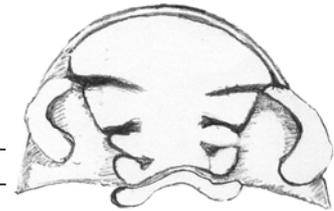
En primer lugar citamos cuatro géneros del Llanvirn inferior; *Toletanaspis*, *kloucekia*, *Pterygometopus*, y *Retamaspis*.

Podemos hacer una primera distinción en base a la forma del cefalón. *Toletanaspis* y *kloucekia* poseen un cefalón redondeado, mientras que *Retamaspis* posee una glabella cuyo gran lóbulo frontal superior sobresale de la línea de bordura del resto del cefalón, y *Pterygometopus* tiene una glabella acuminada (extremo superior puntiagudo).

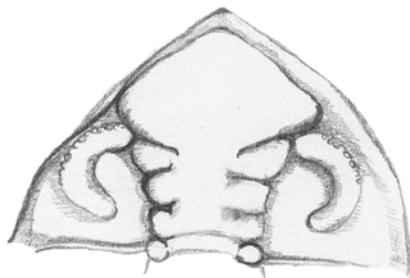


*K. Drevermanni*

De los dos géneros de cefalón redondeado, *Toletanaspis* posee ojos grandes cercanos al borde cefálico (incluso sobresalientes), mientras que los de *Kloucekia* equidistan de este y de la glabella. *Kloucekia* presenta además muy poco marcados (casi insinuados) los dos pares de surcos superiores (S2 y S3).



*T. Trivignoi*

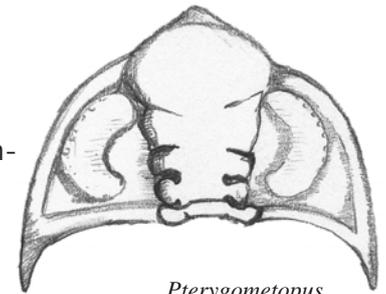


*Retamaspis*.

tada, y espinas genales.

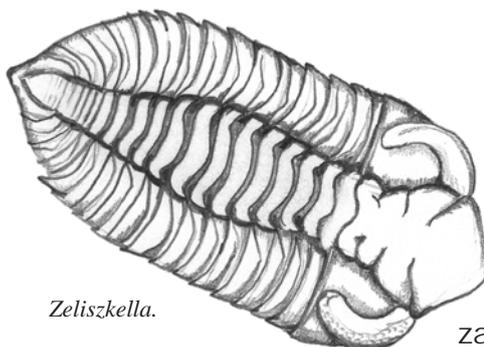
***Retamaspis***. Gran glabella prominente y ojos enormes. Mas grandes que los de cualquier otro género dalmanitoide del Llanvirn inferior.

***Pterygometopus***. Glabella apun-



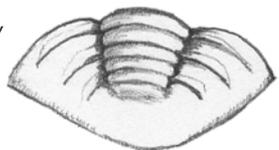
*Pterygometopus*

Otros cuatro géneros de dalmanitoides citamos también para el Dobrotiviense (algunos ya presentes en el Oretaniense Superior) *Zeliszella*, *Morgatia*, *Eodalmanitina*, y la especie *Crozonaspis armata*.



*Zeliszella*.

***Zeliszella***. De apariencia similar al descrito *Retamaspis*, es importante para los profanos saber que este último género es solo propio del Llanvirn Inferior y *Zeliszella* es un género del Dobrotiviense. Glabella grande y ojos enormes, y pleuras pigidiales recurvadas abrazando el extremo del raquis.





*Eodalmanitina*



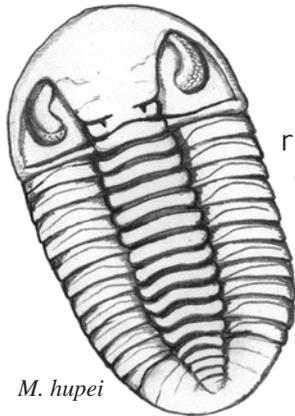
***Eodalmanitina destombesi.*** Posee espinas genales de sección redondeada y divergentes (formando ángulo) con el borde torácico. Espina caudal larga. Fleclos pleurales puntiagudos dirigidos hacia atrás. Dobrotiviense Inferior terminal y Dobrotiviense Superior.

***Eodalmanitina macroptalma*** del Oretaniense Superior – Dobrotiviense Inferior presenta espinas genales con menor ángulo de divergencia.

***Phacopidina micheli.*** Posee una glabela grande, abombada, que parece aun más larga por presentar ojos muy retrasados y próximos a la base glabellar. El extremo superior es algo apuntado, sin llegar a ser puntiagudo. Los dos pares de surcos superiores están menos marcados que el inferior. Siendo los surcos centrales internos a la glabela y de forma arqueada. Presenta una pequeña espina caudal.



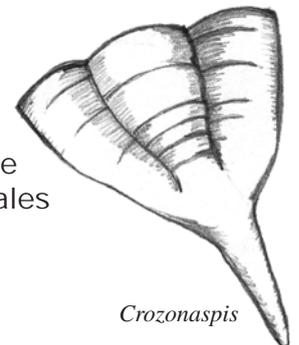
*Ph. Micheli*



*M. hupei*

***Morgatia.*** Comparte con *Kloucekia* la forma redondeada de su cefalón y pigidio, presentando igualmente casi desdibujados los dos pares de surcos glabellares superiores. El hecho de no ser contemporáneos facilita su distinción a los que somos aficionados. También la doble curvatura de su par de surcos superiores.

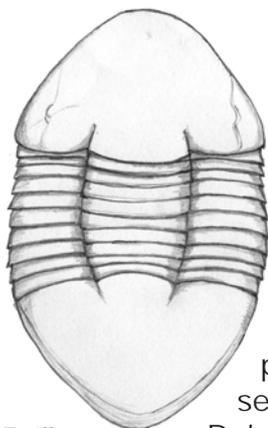
***Crozonaspis armata.*** También posee espina caudal como *Eodalmanitina*, pero tiene menos definidos los pares de surcos superiores. Glabela puntiaguda y característicos anillos pleurales del pigidio más anchos en su parte distal que en la interior.



*Crozonaspis*

## ILLAENIDOS

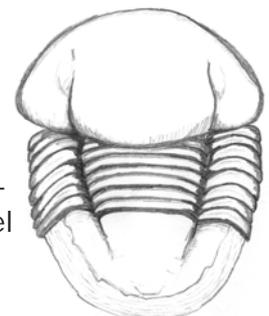
Son fáciles de identificar por su cefalones y pigidios grandes y lisos.



*Ectillaenus*

***Ectillaenus.*** Es un trilobites conocido y diferenciado por cualquier aficionado. Posee cefalón y pigidio grandes, lisos, redondeados y de similar tamaño. Diez anillos torácicos.

***Panderia.*** Cefelón claramente mayor que pigidio, lo que obliga a un cierto decrecimiento antero-posterior del tórax (que presenta ocho anillos). Solo presente en la parte superior del Dobrotiviense Inferior y en el Dobrotiviense Superior.



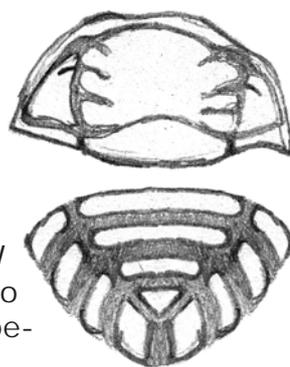
*Panderia*



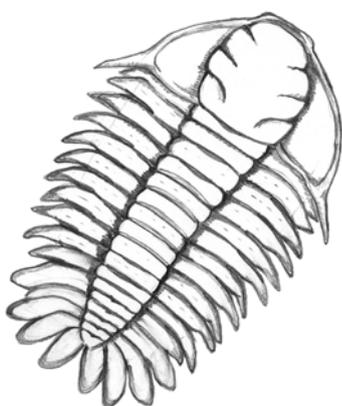
## CHEIRUROIDEOS

Poseen ojos pequeños o inexistentes, glabela bien definida separada del resto del cefalón por profundos surcos, tres pares de surcos glabulares con tendencia ascendente de interior a exterior.

**Placoparia.** Muy marcados todos sus segmentos por profundos surcos, presenta un pigidio rematado en un reborde pleural de piezas lobuladas, redondeadas en vista superior, que rodean al raquis. La especie *P. cambriensis* es típica del Llanvirn inferior. *P.(c.) tournemini* define todo el Dobrotiviense Inferior, tiene un anillo torácico menos que *P.cambriensis*, *al igual que P.(C.) borni*, del Dobrotiviense superior (este último posee seis pequeñas hendiduras redondeadas en el margen superior del cefalón)



Placoparia.

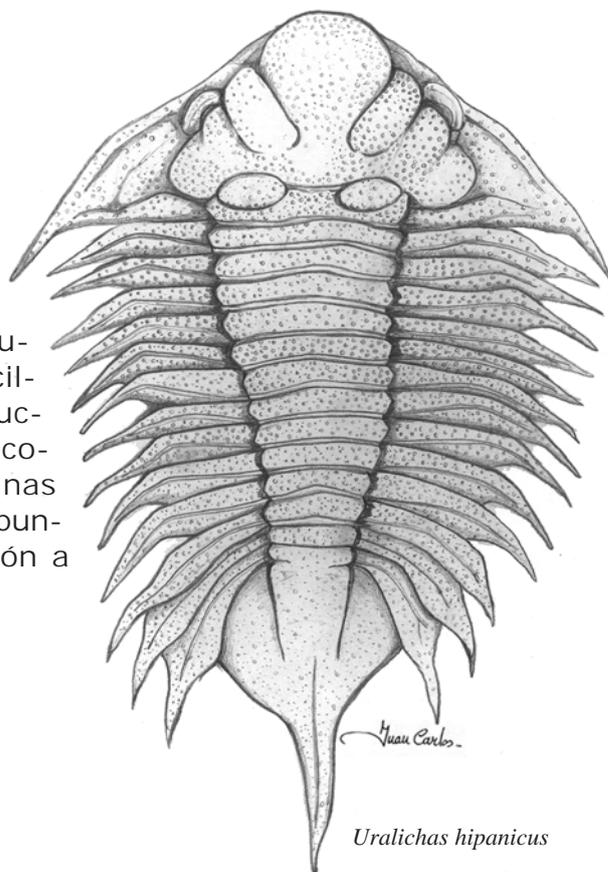


*E. almadensis*

**Eccoptochile almadensis.** Glabela prominente y bordes de las pleuras torácicas formando flecos puntiagudos. Las pleuras del pigidio aplanadas, rectificadas, orlan al raquis que rodean con largas terminaciones redondeadas, no soldadas entre sí.

## LICHAIDOS

**Uralichas hipanicus.** Cerramos el conjunto de descripciones con un singular trilobites del que desconocemos caparazones completos en fase adulta, si bien lo peculiar de sus glabelas y pigidios, les hacen fácilmente identificables. El dibujo es una reproducción poco fiable debido a los escasos restos conocidos. Posee once anillos torácicos, espinas genales y caudal, pleuras torácicas con flecos puntiagudos, y abundante e irregular granulación a lo largo de todo el caparazón.



*Uralichas hipanicus*

Juan Carlos Lomas Martín



## El periodo devónico en la provincia de Guadalajara

El Devónico es el cuarto periodo de la Era Primaria, comprendido entre antigüedades de 407 y 362 millones de años.

Como todos los periodos paleozoicos, fue establecido en los orígenes de las ciencias estratigráficas; como extensión de los estudios científicos sistemáticos sobre las formaciones carboníferas, que exigió la primera Revolución Industrial.

Así en 1839, tras diez años de estudios, Sedgwick y Murchison propusieron el nombre de Devónico –en referencia al Condado de Devon en Inglaterra- para unos terrenos que unas veces se sobreponían al recién estudiado por ellos periodo Silúrico, y otras infrayacían al conocido Carbonífero. Las subdivisiones establecidas posteriormente llevan el nombre de las localidades belgas y alemanas, en que fueron estudiadas.

La disposición de las masas continentales en este periodo, mostraba dos grandes áreas emergidas enfrentadas:

Al sur el macrocontinente Gondwana; compuesto por las actuales América del sur, África, Australia, India, la Antártida, y la parte mediterránea de Europa.

Al norte, el continente noratlántico de Euroamérica; con América del Norte, Groenlandia y la parte más septentrional de la actual Europa.

La actual península Ibérica quedaba entre Gondwana y Laurasia. Para ser correctos nuestra península formaba parte de Noroeste de Gondwana, parte del cual estaba sumergido formando un canal entre Gondwana y la península.

Aunque la evolución general de la tectónica de placas llevó a posteriori a la colisión de estos dos grandes continentes y la creación de una cordillera emergida de los fondos oceánicos del geosinclinal que las separaba; lo cierto es que estos efectos fueron muy moderados en el Devónico (que de hecho, es el único periodo de la Era Primaria no afectado por alguna fase de las orogénias Caledónica y Varisca). Sobre todo en el actual área mediterránea, donde el Devónico se muestra concordante con el Silúrico superior.



En lo referente a las facies típicas de este periodo, podemos hablar de fases continentales, costeras, neríticas, recifales, o de mares profundos.

Las famosas areniscas rojas (old red sandstone), que formaron potentes bancos en determinadas áreas de Euroamérica, representan facies continentales de marcada aridez, como demuestra la erosión de tipo eólico que presentan los microcristales de arena.

A facies continentales se asocian los famosos gigantostráceos, escorpiones y otros insectos, así como las emergentes criptógamas vasculares y al final del periodo los primeros anfibios ictiostégidos.

En facies marginales de los bordes del geosinclinal, se depositaron areniscas, pizarras y calizas (a veces arenosas o fétidas), con presencia frecuente de abundantes braquiópodos, trilobites, crinoideos, tentaculites...

Las calizas recifales fueron también comunes y se formaron en arrecifes costeros de algas calcáreas, corales numerosos y briozoos.

Por último, las calizas con goniatites, se formaron en mares profundos.



En España, a excepción hecha de la zona central cantábrica, donde se puede recomponer una sucesión casi completa, el Devónico se encuentra ausente, y cuando se presenta lo hace en facies marginales con numerosos braquiópodos.



*Barranco de Valdivia*

Posiblemente esta laguna sea debida a una emersión parcial, ayudada de algunos procesos erosivos concretos.

El Devónico se localiza en la zona que comprende las estribaciones de la Cordillera Central, en el norte de la provincia de Guadalajara y consiste en dos pequeños afloramientos de estratos de una antigüedad de 408 millones de años, perteneciente al Devónico Inferior abarcando la mayor parte del Lochkoviense, así como el Praguense y Emsiense en su totalidad. Uno de los afloramientos se encuentra en el paraje conocido como «Barranco del Agua» en el termino de Cercadillo, situado en la linde con Alcolea de las Peñas. El otro afloramiento se encuentra en el paraje conocido como «Barranco de Valdivia» en el término de Riba de Santiuste.

Ambos afloramientos se enmarcan en la Formación Cercadillo. Geológicamente se trata en ambos casos de afloramientos producidos por el corte y abarrancamiento producido en los estratos del Devónico, debido a una fuerte erosión. Están situados muy localmente, ya que en ambos casos los yacimientos se encuentran en la cuenca de dos barrancos, distantes entre sí de unos cuatro Km aproximadamente. Fuera de la cuenca de dichos barrancos la serie estratigráfica se pierde y la zona resulta estéril en fauna fósil.

En la provincia de Guadalajara sólo se

tiene constancia de la existencia de estos dos pequeños afloramientos, si bien en la mayoría de los escritos sólo describen el afloramiento del Barranco del Agua (Cercadillo), omitiendo el del Barranco de Valdivia (Riba de Santiuste).

Las series estratigráficas de la zona serían según Carls (1987):

1- Tramo de cuarcitas y areniscas con una potencia 760 m. de edad Lochkoviense. Esta serie da lugar a la Formación Alcolea, estéril en fauna fósil y muy visible al norte del Barranco del Agua.

2- Tramo de pizarras con lentejones calcáreos, pizarras, margas y calizas con fosfatos, margas y areniscas, calizas arenosas, calizas y margocalizas con nódulos calcáreos de edad Lochkoviense, con esta serie comienza la Formación Cercadillo que perdura durante toda la serie estratigráfica, tiene una potencia de 150 m aprox. de espesor.

3- Tramo de pizarras, calizas arenosas, pizarras, limonitas

arenosas y areniscas con una potencia de 100 m, de edad Lochkoviense.

4- Tramo de calizas arenosas, limonitas arenosas y margas intercalándose hasta culminar en calizas arenosas, de edad Lochkoviense con 225 m. aprox. de potencia.

5- Tramo de calizas de edad Lochkoviense con una potencia de 50 metros.

6- Tramo de pizarras con nódulos calcáreos en su primer tramo, pizarras en espesores de hasta 250 metros, limonitas arenosas, areniscas, calizas arenosas, calizas, margas y pizarras con nódulos calcáreos, de edad Lochkoviense con una potencia total de 375 metros aprox. de espesor.

En consecuencia la series estratigráficas encontradas oscilan entre las edades del Lochkoviense, Praguense y Emsiense, perteneciente al Devónico Inferior. Con una edad que va desde los 408 millones de años aprox. hasta los 360 millones de años. La fauna fósil se da en los tramos que contienen nódulos y lentejones calcáreos.



*Braquiopodos del Barranco de Valdivia*

La fauna localizada es de origen marino. La importancia paleontológica de la zona viene dada por la escasez de yacimientos de estas características en Guadalajara y por su gran variedad de la cual destacamos los siguientes:

### **CONODONTOS.**

Son microorganismos denticulares, atribuidos a organismos pelágicos de simetría bilateral, son blandos y de naturaleza fosfatocálcica. Por su tamaño, visible sólo al microscopio, se ocupa de su estudio la Micropaleontología. Aparecen en el Precámbrico Superior y desaparecen en el Triásico Superior. Forman un Filum propio y se desconoce su clasificación, no se han podido localizar ningún ejemplar debido a su tamaño tan reducido.

### **EQUINODERMOS.**

Los Equinodermos tienen una organización muy primitiva: sin cabeza, sin ganglio cerebroide y con órganos sensoriales muy poco desarrollados. Una característica llamativa es la simetría de los cinco radios (pentamería). Son organismos de vida sésil o libre, exclusivamente de ambientes marinos.

El esqueleto es interno, de origen dérmico, es decir que se origina por las capas internas de la piel, formando un caparazón o teca por placas de forma poligonal.

Aparecen en el Cámbrico y perduran hasta la actualidad. En la zona estudiada solo se han hallado Crinoideos.

### **CRINOIDEOS.**

Los Crinoideos, como todos los Equinodermos son animales marinos, bentónicos en un principio y posteriormente habitarán todo tipo de fondo marino. Viven anclados al fondo del mar por un largo *pedúnculo*, que termina en una *teca ó cáliz*, formando la región oral que termina en cinco brazos simples o ramificados, generalmente con *pinulas*. Las placas basales que forman el *péndulo* son las partes fósiles que se encuentran con más frecuencia.

En las series estratigráficas del Devónico Inferior de Guadalajara, tanto del Barranco del Agua como del Barranco de Valdivia se ha localizado el siguiente Género:

FILUM: **ECHINODERMATA**  
SUBFILUM: CRINOZOA  
CLASE: CRINOIDEA  
SUBCLASE: CAMERATA  
ORDEN: CLADIDA  
SUBORDEN : POTERIOCRININA  
SUPERFAMILIA: CUPRESSOCRINITACEA  
FAMILIA: CUPRESSOCRINITIDAE  
GENERO: *Cupressocrinites* GOLDFUSS, 1831  
Tamaño: 1 cm. de diámetro.



Se caracteriza por tener un cáliz de forma de copa cónica, sin placas anales, con placas infrabasales unidas y bajas, estas se encuentran sueltas y a veces completas en forma de botón.

### **ARTRÓPODOS**

Se han encontrado restos fósiles desde el Precámbrico, se caracterizan por tener un esqueleto externo duro gracias a la quitina, por la consolidación del tegumento consiguiendo una coraza que les protege pero también le impide el crecimiento, por lo que es necesario desprenderse de dicha coraza externa con cierta periodicidad y sustituirla por otra mayor (muda), de ahí que muchos restos fósiles no correspondan al animal completo sino a partes de dicha muda. El esqueleto externo está articulado en anillos, a menudo unidos entre sí, permitiendo la movilidad.

En el Devónico de Guadalajara se han hallado las siguientes clases:

### **MEROSTOMATA (EURYPTERIDOS).**



Sólo se tiene constancia científica de Trilobites, si bien se ha localizado un fragmento de lo que parece ser una pinza de escorpión, si este hallazgo se pudiera llegar a confirmar científicamente, la zona se convertiría en una de las pocas en el ámbito mundial donde se han localizado este tipo de hallazgos.

¿Pinza de escorpión? Como tal, por supuesto que no, desde nuestro punto de vista creemos que se trata de un fragmento de pinza del grupo de los Euryptéridos que aparecen ya en los mares del Ordovícico. Esta pinza pudiera haber pertenecido al par de pedipalpos ó bien a los miembros basales de los cuatro pares de extremidades que estaban especializados como órganos roedores, prensores y trituradores.

Los Euryptéridos se desarrollaron durante el Silúrico y Devónico, desapareciendo durante el Pérmico. Durante el Devónico se desarrollaron formas gigantescas que habitaban mares cálidos. Por la configuración de sus extremidades demuestra que fueron depredadores activos. Su tamaño era relativamente muy grande, llegando a los 2 metros de longitud, siendo los mayores Artrópodos conocidos. El esqueleto quitinoso es bastante delgado y presenta sólo escasos depósitos calcáreos, que actúan de refuerzos. En consecuencia los restos fósiles que nos han llegado son muy escasos y siempre fragmentados. De ahí la escasez de hallazgos y la importancia de los pocos conocidos. Se ha localizado en las series estratigráficas del Devónico Inferior del Barranco de Valdivia.

FILUM: **ARTHROPODA (Artrópodos)**  
SUBFILUM: CHELICERATA (Quelicerados)  
CLASE: MEROSTOMATA  
SUBCLASE: EURYPTERIDA  
ORDEN: PTERYGOTIDA  
SUPERFAMILIA: EURYPTERACEA  
FAMILIA: EURYPTERIDAE  
Tamaño: 3,5 cm.



## TRILOBITES.

Los Trilobites aparecen en el Cámbrico, alcanzando su máximo esplendor durante el Ordovícico, a partir del Silúrico entran en regresión hasta desaparecer durante el Pérmico. Su nombre se debe a las tres partes en que se divide su cuerpo: región cefálica (cefalón-cabeza) región torácica (tórax) y región caudal (pigidio-cola), debido a las «mudas» continuas de estos, lo habitual es encontrar fosilizadas estas partes sueltas. Su hábitat es el fondo marino donde viven semienterrados en el limo.

En las series estratigráficas estudiadas del Barranco del Agua sólo se han localizado partes de las «mudas» de estos Artrópodos.

FILUM: **ARTHROPODA (Artrópodos)**  
SUBFILUM: TRILOBITOMORPHA  
CLASE: TRILOBITA  
ORDEN: PHACOPINA  
SUBORDEN: CALYMENINA  
SUPERFAMILIA: CALYMENACEA  
FAMILIA: CALYMENIDAE  
Posición estratigráfica: Devónico Inferior  
«Barranco del Agua»  
Tamaño: 6 cm.



Cefalón semicircular moderadamente ancho, glabela pronunciada, muy lobulada y convexa. Presenta tres pares de lóbulos divididos y anchos. El tórax es alargado y suele tener 12-13 segmentos. El pigidio es pequeño, corto, subdividido en seis anillos marcados perfectamente, de forma triangular y con la extremidad redondeada.

Vivía en mares cálidos poco profundos en el sedimento marino. Cuando se sentían en peligro tenían la capacidad de plegarse hasta formar una especie de pelota ó esfera. Su tamaño medio es de 4,5 cm de longitud. Este género aparece en el Siluriano Inferior hasta el Devónico Medio.

**FILUM:** **ARTHROPODA (Artrópodos)**  
**SUBFILUM:** TRILOBITOMORPHA  
**CLASE:** TRILOBITA  
**ORDEN:** PHACOPINA  
**SUBORDEN:** PHACOPINA  
**SUPERFAMILIA:** PHACOPACEA  
**FAMILIA:** PHACOPIDAE  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 «Barranco del Agua»  
 Tamaño: 3,3 cm.



De forma típica de Trilobites, caracterizada por un cefalón semicircular y una glabela granulosa, hinchada, grande y muy arqueada hacia delante. Los ojos compuestos son muy grandes y a menudo muy bien conservados. Poseían antenas que salían cerca del hipostoma. El tórax muy desarrollado, con una región axial ancha, con pleuras terminadas en forma roma, con tres denticulos en el borde posterior. En la parte central del cefalón hay un surco que es utilizado para albergar la parte posterior del pigidio cuando el animal se pliega en forma de pelota. El pigidio es redondeado, semicircular, sin proyecciones y de moderado tamaño con cuatro a seis anillos.

Vivía en mares cálidos poco profundos en el sedimento marino. Cuando se sentían en peligro tenían la capacidad de plegarse hasta formar una especie de pelota ó esfera. Su tamaño medio es de 5,5 cm de longitud. Este género aparece en el Silúrico hasta el Devónico

## **CELENTÉREOS**

Son metazoos de simetría radiada, de estructura corporal muy simple con una pared externa (ectodermo) y en el interior, la cavidad gástrica (celenterio) se encuentra rodeada por la pared revestida del entodermo. No disponen de circulación sanguínea ni órganos diferenciados. El celenterio tiene forma tubular y constituye el eje central del cuerpo. Existen dos tipos de formas: las fijas ó pólipos y las libres ó medusas, el ciclo reproductivo, por lo general, implica una fase de medusa (libre) y otra de pólipo (fija), si bien la línea evolutiva de los Antozoos llega a conseguir un gran desarrollo de la fase polipoide hasta la desaparición de la fase medusoide.

Los celentéreos en estado libre son planctónicos y ocupan todos los mares, mientras que en estado fijo suelen ser bentónicos sedentarios y están fijados en el fondo marino, fundamentalmente en mares cálidos.

Los mas conocidos son los corales, ya que estos celenteros forman construcciones muy grandes, llegando a ocupar grandes extensiones, al ir fijándose los nuevos colares sobre el esqueleto de los corales muertos. Un ejemplo del tamaño que pueden alcanzar es la Gran Barrera de Coral de Australia con cientos de kilómetros.

Los Celentéreos localizados en la zona del estudio y clasificados por familias han sido:

**FILUM:** CNIDARIA  
**CLASE:** ANTHOZOA (Antozoos/ Corales)  
**SUBCLASE:** TABULATA  
**ORDEN:** FAVOSITIDA  
**SUBORDEN:** FAVOSITINA  
**SUPERFAMILIA:** FAVOSITICAE  
**FAMILIA:** MICHELINIIDAE  
**GÉNERO:** *Pleurodictyum* GOLDFUSS, 1829  
**ESPECIE:** *P. problematicum*. GOLDFUSS  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 «Barranco del Agua»  
 Tamaño: 5,6 cm.



Polípero colonial de forma discoidal o semiesférica, de unos 3 cm de diámetro que se desarrolla a partir de un soporte, en la mayoría de las ocasiones este soporte es orgánico. Los coralitos son anchos y de forma más o menos hexagonal. La base está tapizada por una epiteca con rodetes concéntricos. Los tabiques radiales son rudimentarios ó inexistentes. Las paredes son gruesas y están llenas de poros irregularmente repartidos.

Su hábitat era la pradera conchífera, ya que vivía fijo sobre conchas, tallos de crinoideos, o cualquier otro soporte orgánico.

**FILUM:** CNIDARIA  
**CLASE:** ANTHOZOA (Antozoos/ Corales)  
**SUBCLASE:** TABULATA  
**ORDEN:** FAVOSITIDA  
**SUBORDEN:** FAVOSITINA  
 SUPERFAMILIA: **FAVOSITICAE**  
**FAMILIA:** FAVOSITIDAE  
**GENERO:** *Favosites*. LAMARCK, 1816  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 (Barranco del Agua)  
 Tamaño: 8 cm.



Polípero colonial cuya forma se asemeja al de un panal de abejas por su forma hexagonal. La colonia es maciza y puede alcanzar un tamaño considerable. Los cálices se caracterizan por la presencia de septos, sustituidos en algunas ocasiones por espinas septales. La base está tapizada por una epiteca con rodetes concéntricos. Los tabiques radiales son rudimentarios ó inexistentes. Las paredes son gruesas y están llenas de poros irregularmente repartidos.

Su hábitat era un medio marino poco profundo y agitado, ocupando las zonas pocos resguardadas de los arrecifes. Se fijaba en el fondo y contribuye muy considerablemente en la construcción de arrecifes.

**FILUM:** CNIDARIA  
**CLASE:** ANTHOZOA (Antozoos/ Corales)  
**SUBCLASE:** TABULATA  
**ORDEN:** FAVOSITIDA  
**SUBORDEN:** FAVOSITINA  
 SUPERFAMILIA: **FAVOSITICAE**  
**FAMILIA:** MICHELINIIDAE  
**GÉNERO:** *Michelinia*. KONINCK, 1841  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 (Barranco de Valdivia)  
 Tamaño: 4 cm.



Se caracteriza por su forma de copa , parecido a un nido de avispa. La superficie basal es redondeada y está recubierta por una teca de donde salen los órganos de fijación. Las cámaras que forman la colonia son de forma poligonal, las paredes laterales son delgadas, llenas de poros repartidos irregularmente. Este pequeño polípero vivía en zonas costeras poco profundas, fijándose en las zonas agitadas del litoral.

**FILUM:** CNIDARIA  
**CLASE:** ANTHOZOA (Antozoos/ Corales)  
**SUBCLASE:** RUGOSA  
**ORDEN:** STAUROIDA  
**SUBORDEN:** METRIOPHYLLINA  
**FAMILIA:** METRYOPHYLLIDAE  
**GÉNERO:** *Metryophyllum*. MILNE-EDWARDS & HAIME, 1850  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 (Barranco de Valdivia)  
 Tamaño: 2,2 cm.



Se caracteriza por su forma ceratoide a trocoide, solitario de pequeño tamaño entre 5-20 mm de diámetro y 15-30 mm de longitud. La superficie externa está recorrida longitudinalmente por surcos. Cáliz profundo, presentando una fósula cardinal muy definida.

**FILUM:** CNIDARIA  
**CLASE:** ANTHOZOA (Antozoos/ Corales)  
**SUBCLASE:** TABULATA  
**ORDEN:** HELIOLITIDA  
**SUPERFAMILIA :** HELIOLITICAE  
**FAMILIA :** HELIOLITIDAE  
**GÉNERO:** *Heliolites*. DANA ,1846  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 (Barranco del Agua)  
 Tamaño: 4,3 cm.



Se caracteriza por ser colonial, poseer forma de tubos poligonales, con poliperitos rodeados por tejido vesicular. Cada uno de los individuos tiene doce septos espinosos, a su vez rodeados por doce tubos. Su distribución va del Siluriano Inferior al Devónico Superior.

## **BRAQUIÓPODOS**

Los braquiópodos son animales invertebrados marinos bentónicos, su cuerpo blando está protegido por una concha formada por dos valvas de distinto tamaño y formas. Generalmente viven fijos a los fondos rocosos por medio de un pedúnculo que varía en tamaños según especies. Aparecen en el Cámbrico Inferior y siguen existiendo en la actualidad, si bien quedan sólo unos 70 géneros aproximadamente, frente a los más de 2.000 géneros fósiles conocidos.

En las series estratigráficas del Devónico Inferior de Guadalajara se han hallado los siguientes Órdenes: Rhynchonellida, Speriferida, Terebratulida y Atrypida con los correspondientes géneros que se detallan:

### ORDEN: RHYNCHONELLIDA

Se caracteriza por tener una concha subpiramidal, biconvexa, con perfiles redondeados y triangulares, con los márgenes de las valvas sinuosos o angulosos. La valva pendular presenta un surco mediano que puede ser ancho y profundo. La valva braquial es convexa. La superficie de ambas valvas suele estar más o menos plegadas y con líneas concéntricas de adorno. Su hábitat típico es la zona marítima del borde de la plataforma carbónica, se sujeta a los estratos por un pedúnculo. Aparece en el Ordovícico y perdura hasta la actualidad. Se ha localizado sólo el siguiente género:

FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**

CLASE: ARTICULATA

ORDEN: RHYNCHONELLIDA

SUPERFAMILIA: RHYNCHONELLACEA

FAMILIA: TRIGONIRHYNCHIIDAE

GÉNERO: *Trigonirhynchia*. COOPER, 1942

Posición estratigráfica: Devónico Inferior  
(Barranco del Agua) Cercadillo.

Tamaño: 1,4 cm.



### ORDEN: SPIRIFERIDA

Se caracteriza por la disposición típica, transversal, alargada, biconvexa, con un pliegue mediano y un seno. El borde cardinal suele ser recto y supone el diámetro máximo de la concha. La superficie externa presenta estrías muy notorias. La valva pendular presenta un umbo más o menos prominente, con ápice erguido y curvado. La valva braquial carece de umbo marcado. El área cardinal es casi plana y ligeramente arqueada. Las conchas disponen de una gran cavidad interna para albergar el braquidio en forma de espiral, rasgo diferenciador del Orden Speriferida. Aparece en el Silúrico Superior desaparece durante el Pérmico. Se han localizado las siguientes Familias, Géneros y Especies:

FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**

CLASE: ARTICULATA

ORDEN : SPIRIFERIDA

SUPERFAMILIA: SPIRIFERACEA

FAMILIA: MUCROSPIRIFERIDAE

GÉNERO: *Mucrospirifer*. GRABAU, 1931

Posición estratigráfica: Devónico Inferior  
(Barranco de Valdivia) Riba de Santiuste

Tamaño: 1,9 cm.



FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**

CLASE: ARTICULATA

ORDEN: SPIRIFERIDA

SUPERFAMILIA: SPIRIFERACEA

FAMILIA: DELTHYRIDIDAE

GÉNERO: *Howellella*. HOZLOWSKI, 1946

Posición estratigráfica: Devónico Inferior  
(Barranco de Valdivia) Riba de Santiuste

Tamaño: 1,5 cm.



FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**  
**CLASE:** ARTICULATA  
**ORDEN:** SPIRIFERIDA  
**SUPERFAMILIA:** SPIRIFERACEA  
**FAMILIA:** DELTHYRIDIDAE  
**GÉNERO:** *Vandercammenina*. CARLS, 1986  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 (Barranco de Valdivia) Riba de Santiuste  
 Tamaño: 3,1 cm.



FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**  
**CLASE:** ARTICULATA  
**ORDEN:** SPIRIFERIDA  
**SUPERFAMILIA:** SPIRIFERACEA  
**FAMILIA:** DELTHYRIDIDAE  
**GÉNERO:** *Hysterolites*. SCHLOTHEIM, 1820  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 (Barranco de Valdivia) Riba de Santiuste  
 Tamaño: 3,9 cm.



FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**  
**CLASE:** ARTICULATA  
**ORDEN:** SPIRIFERIDA  
**SUPERFAMILIA:** RETICULARIACEA  
**FAMILIA:** RETICULARIIDAE  
**GÉNERO:** *Undispirifer*. HAVLICEK, 1957  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 (Barranco del Agua) Cercadillo  
 Tamaño: 1,2 cm.



ORDEN: TEREBRATULIDA

Concha de tamaño medio a grande, biconvexa, muy arqueada, de contorno redondeado u ovalado. La superficie suele carecer de estrías, presentado sólo las líneas de crecimiento. Foramen de tamaño variable. En el interior de la concha se protege el braquidio en forma de lazo.

FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**  
**CLASE:** ARTICULATA  
**ORDEN:** TEREBRATULIDA  
**SUBORDEN:** CENTRONELLIDINA  
**SUPERFAMILIA:** STRINGOCEPHALACEA  
**FAMILIA:** MUTATIONELLIDAE  
**GÉNERO:** *Xana*. GARCIA-ALCALDE, 1972  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 (Barranco de Valdivia) Riba de Santiuste.  
 Tamaño: 1,4 cm.



ORDEN: ATRYPIDA

Se caracteriza por poseer una concha subcircular y longitudinalmente ovalada, globosa y muy desigual. La superficie externa está adornada por estrías radiales y líneas concéntricas de crecimiento. Su distribución va desde el Silúrico al Devónico Superior. Su hábitat son los fondos fangosos de los arrecifes de los mares cálidos y oxigenados del Devónico.

FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**  
**CLASE:** ARTICULATA  
**ORDEN :** ATRYPIDA  
**SUPERFAMILIA:** INCERTAE SEDIS  
**FAMILIA:** UNCITIDAE  
**GÉNERO:** *Uncites*. DEFRANCE, 1825  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
 (Barranco de Valdivia) Riba de Santiuste.  
 Tamaño: 0,8 cm.



FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**  
**CLASE:** ARTICULATA  
**ORDEN:** ATRYPIDA  
**SUPERFAMILIA:** RETZIACEA  
**FAMILIA:** RETZIIDAE  
**GÉNERO:** *Retzia*. KING, 1850  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
(Barranco del Agua) Cercadillo.  
Tamaño: 1,1 cm.



FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**  
**CLASE:** ARTICULATA  
**ORDEN :** ATRYPIDA  
**SUPERFAMILIA:** DAYIACEA  
**FAMILIA:** DAYIIDAE  
**GÉNERO:** *Dayia*. DAVIDSON, 1881  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
(Barranco del Agua) Cercadillo.  
Tamaño: 1,3 cm.



FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**  
**CLASE:** ARTICULATA  
**ORDEN:** ATRYPIDA  
**SUPERFAMILIA:** ATHYRIDACEA  
**FAMILIA:** MERISTELLIDAE  
**GÉNERO:** *Dicamara*. HALL&CLARKE, 1983  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
(Barranco del Agua) Cercadillo.  
Tamaño: 1,4 cm.



FILUM: **BRACHIOPODA (Braquiópodos)**  
**CLASE:** ARTICULATA  
**ORDEN :** ATRYPIDA  
**SUPERFAMILIA:** ATHYRIDACEA  
**FAMILIA:** MERISTELLIDAE  
**GÉNERO:** *Meristina*. HALL, 1867  
**Posición estratigráfica:** Devónico Inferior  
(Barranco del Agua) Cercadillo.  
Tamaño: 1,3 cm.



## **MOLUSCOS**

El filum o tipo Mollusca fue definido por Linneo en 1758 (del latín mollis = blando). Se trata de un tipo de animales muy diversificado tanto en las formas fósiles como en las formas actuales. Esta diversificación les ha llevado a adaptarse al medio marino y al terrestre. Algunos autores estiman en alrededor de 125.000 especies de Moluscos actuales y un número similar las especies de Moluscos fósiles conocidos, estimándose que debe haber un número muy elevado de especies, sobre todo fósiles, que quedan por describir.

Los Moluscos son animales de simetría bilateral, con el cuerpo dividido en *cabeza* (en la que destacan ojos y tentáculos), *pie* (en posición ventral adaptado a la reptación y lubricado por secreciones mucosas) y *masa visceral* situada en la parte dorsal y contenida en el repliegue del *manto*; este, a su vez, segrega la *concha* externa calcárea que recubre y protege las partes blandas del animal.

Se conocen desde el Cámbrico Inferior hasta la actualidad, si bien ha habido una constante evolución que ha producido una importante diversificación del filum Moluscos. En la zona del estudio se han hallado las siguientes clases:

### CEFALOPÓDOS

Los Cefalópodos son Moluscos que poseen simetría bilateral, cuyo pie transformado da lugar a los tentáculos cefálicos y el embudo. La cabeza está bien diferenciada con dos ojos, la boca esta provista de un pico corneo formado por dos mandíbulas y de una rádula faringea. El cuerpo está protegido por lo general con una concha que le sirve de habitáculo que por regla general es la que llega a fosilizar. Los



cefalópodos conchíferos habitaron ambientes marinos desde el Cámbrico Superior experimentado una gran diversificación y un gran desarrollo hasta el Cretácico Superior, llegando hasta la actualidad sólo el *Nautilus*, como única reliquia viviente. Los Cefalópodos en sus inicios disponían de una concha recta, alargada en forma tubular o bien arqueada en forma de cuerno, posteriormente van evolucionando las conchas produciéndose un enrollamiento en una espiral de más o menos vueltas.

La familia Orthoceratidae aparece en el Ordovícico Inferior y desaparece en el Triásico Superior. En las series estratigráficas del Devónico Inferior de Guadalajara, se han localizado sólo en el Barranco del Agua los siguientes Géneros:

**TIPO:** MOLLUSCA  
**CLASE:** CEPHALOPODA  
**SUBCLASE:** NAUTILOIDEA  
**ORDEN:** ORTHOCERIDA  
**SUPERFAMILIA:** ORTHOCERATAACEAE  
**FAMILIA:** ORTHOCERATIDAE  
**GÉNERO:** *Orthoceras*. BRUGUIÈRE, 1790  
**ESPECIE:** *O. Barroisi*. VIDAL.  
 Tamaño: 4 cm.



Se caracteriza por poseer una concha ortocónica, recta, delgada, de pared fina, con sifón estrecho. Tiene la forma de un cono cilíndrico, fusiforme, de sección más o menos circular formado por cámaras cóncavo-convexas. Era un buen nadador, la concha en el agua se posicionaba en horizontal, alimentándose de detritus y de pequeños animales. Se desarrolla durante el Ordovícico hasta el Triásico.

**TIPO:** MOLLUSCA  
**CLASE:** CEPHALOPODA  
**SUBCLASE:** NAUTILOIDEA  
**ORDEN:** ORTHOCERIDA  
**SUPERFAMILIA:** ORTHOCERATAACEAE  
**FAMILIA:** ORTHOCERATIDAE  
**GÉNERO:** *Orthoceras*. BRUGUIÈRE, 1790  
**ESPECIE:** *O. Gigantum*.  
 Tamaño: 8 cm.



Se caracteriza por poseer una concha ortocónica, recto, grande llegando a medir hasta 2 metros de longitud y 20 cm. de diámetro. Se desarrolla durante el Ordovícico hasta el Triásico no llegando al gigantismo de las Endoceras del Ordovícico que llegaron a los 6 metros de longitud.

**TIPO:** MOLLUSCA  
**CLASE:** CEPHALOPODA  
**SUBCLASE:** NAUTILOIDEA  
**ORDEN:** ORTHOCERIDA  
**SUPERFAMILIA:** ORTHOCERATAACEAE  
**FAMILIA:** ORTHOCERATIDAE  
**GÉNERO:** *Michelinoceras*. FOERSTE, 1932  
**ESPECIE:** *M. Grande*. MENEGHINI  
 Tamaño: 14 cm.



Se caracteriza por poseer una concha ortocónica, diferenciándose de las Orthoceras por poseer los tabiques septales más distanciados. Se desarrolla durante el Ordovícico hasta el Triásico. En el Barranco de Valdivia se observa algún espécimen, pero de menor tamaño que lo habitual de este Género.

**TIPO:** MOLLUSCA  
**CLASE:** CEPHALOPODA  
**SUBCLASE :** NAUTILOIDEA  
**ORDEN:** ORTHOCERIDA  
**SUPERFAMILIA:** ORTHOCERATAACEAE  
**FAMILIA:** ORTHOCERATIDAE  
**GÉNERO:** *Orthocycloceras* BARSKOV, 1972  
**ESPECIE:** *O. Fulminese*. MENEGHINI  
 Tamaño: 4,4 cm.



Se caracteriza por poseer una concha ortocónica, con los tabiques septales muy distanciados y con una ornamentación exterior muy pronunciada. Se desarrolla durante el Ordovícico hasta el Triásico. En el Barranco del Agua se localiza en los estratos superiores de la edad Emsiense.

## GASTERÓPODOS

Los gasterópodos constituyen la clase de moluscos con más variedad de formas y con más variantes, siendo los únicos de los moluscos que han conquistado la tierra firme con éxito. El manto crece a partir de un primer foco dorsal en todas direcciones, dando lugar a una concha en forma de cazuela que cubre el cuerpo blando. La concha rodea la masa visceral y sus órganos internos, por su cara ventral permite la salida al exterior de un musculoso pie reptante y de la cabeza.

En las series estratigráficas del Devoniano Inferior de Guadalajara, han sido localizados sólo en el Barranco del Agua los siguientes Géneros:

**TIPO:** MOLLUSCA  
**CLASE:** GASTROPODA  
**SUBCLASE:** PROSOBRANCHIA (STREPTONEURA)  
**ORDEN:** ARCHAEGASTROPODA  
**SUBORDEN:** TROCHINA  
**SUPERFAMILIA:** PLATYCERATA  
**FAMILIA:** PLATYCERATIDAE  
**GÉNERO:** *Platyceras*. CONRAD, 1840  
 Tamaño: 1,5 cm.



Posee una concha con una gran espiral final, en forma de embudo, luego se ensancha rápidamente de tal manera que la última vuelta queda hinchada con cretas. Su hábitat es bentónico. Aparece en el Silúrico hasta el Carbonífero.

**TIPO:** MOLLUSCA  
**CLASE:** GASTROPODA  
**SUBCLASE:** PROSOBRANCHIA (STREPTONEURA)  
**ORDEN:** ARCHAEGASTROPODA  
**SUBORDEN:** MURCHISONIINA  
**SUPERFAMILIA:** MURCHISONIACEA  
**FAMILIA:** MURCHISONIIDAE  
**GÉNERO:** *Murchisonia*. ARCHIAC & VERNEUIL, 1841  
 Tamaño: 1,5 cm.



De concha espiral, redondeada, angulosa, con espiras altas y las suturas poco pronunciadas, con forma turriculada muy esbelta. Su altura media es de 7 cm y el diámetro de 3 cm. Vivía en un medio bentónico alimentándose de los vegetales del sustrato. Aparece en el Ordovícico y desaparece durante el Triásico.

**TIPO:** MOLLUSCA  
**CLASE:** GASTROPODA  
**SUBCLASE:** PROSOBRANCHIA (STREPTONEURA)  
**ORDEN:** ARCHAEGASTROPODA  
**SUBORDEN:** EUOMPHALINA  
**SUPERFAMILIA:** EUOMPHALACEA  
**FAMILIA:** EUOMPHALIDAE  
**GÉNERO:** *Straparollus (Euomphalus)*. SOWERBY, 1814  
 Tamaño: 2,2 cm.



Se caracteriza por poseer una concha discoidal, conoespiral, de vueltas de crecimiento lento y regular, la última vuelta bastante grande. La ornamentación de estrías de crecimiento, es a veces muy marcada. Su distribución va desde el Silúrico al Pérmico.

## TENTACULITES

Los Tentaculados vivieron del Ordovícico al Devónico Superior. Debido a su abundancia son importantes como fósiles indicadores y con una frecuencia capaz de formar pizarras rocosas.

Poseen una concha pequeña, por lo general de menos de un cm, alargada, casi acicular, recta, cónica y muy puntiaguda en uno de sus extremos, tubular, de naturaleza calcárea con ornamentación externa formada por costillas anulares y circulares. Se trata de organismos marinos, que vivían en zonas de poca profundidad.

La situación taxonómica de esta clase es un tanto incierta, ya que toda su clasificación como una clase de moluscos esta basada en su concha exterior. Sin embargo recientes estudios con ejemplares con partes blandas han demostrado que algunos Tentaculados poseen una organización semejante a los moluscos Cefalópodos al poseer sifón y tentáculos. En cambio otros ejemplares encontrados tienen la estructura de su concha similar a la de los Braquiópodos.

La fauna fósil se ha localizado tanto en las series estratigráficas del Barranco del Agua como en el Barranco de Valdivia, correspondientes al Devónico Inferior.

**FILUM :** MOLLUSCA  
**CLASE :** CRICOCONARIDA  
**ORDEN :** TENTACULITIDA  
**FAMILIA:** TENTACULITIDAE  
**GENERO:** *Tentaculites*  
SCHOLOTHEIM, 1820



### BIBLIOGRAFÍA

GONZALEZ MARTINEZ AGUSTÍN (1984) - Paleontología de Guadalajara, una pequeña monografía editada por la Caja Provincial de Guadalajara

CYRIL WALKER y DAVID WARD (1993- Ed. Omega) - Manuales de Identificación: Los Fósiles.

PAOLO ARDUINI- GIORGIO TERRUZZI (1987- Ed. Grijalbo) - Guía de fósiles.

H. CHAUMETON- D. MAGNAN ( 1987- Ed. Omega) - Guía de Fósiles.

KARL BEURLEN – GERHARA LICHTER (1986- Ed. Blume) – Guías de la Naturaleza Blume: Fósiles.

EMILIANO AGUIRRE - ISABEL RABANO (1999- Junta de Comunidades de Castilla- La Mancha) – Huellas del pasado: Fósiles de Castilla- La Mancha.

LOPEZ MARTINEZ, NIEVES (1988- Ed. Pirámide) – Guía de campo de los fósiles de España.

GOMEZ ALBA, J.A.S. (1988- Ed. Omega) - Guía de campo de los fósiles de España y de Europa

Pedro Javier Moreno Barahona

*Fósiles*

*Meteoritos*

*Útiles*

*prehistóricos*

*norteafricanos*

[www.fosilpaleos.com](http://www.fosilpaleos.com)

PAZ  
Y  
LUIS

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

PALEOS



[fosilpaleos@hotmail.com](mailto:fosilpaleos@hotmail.com)

# HULLA Y CAMBIO CLIMÁTICO

**Luis F. Real Martín.**

Indagar en la historia de las ciencias y las tecnologías no supone sólo conocer la evolución de las áreas de conocimiento, de las teorías equivocadas y los errores en sus aplicaciones, sino descubrir los anhelos, las preocupaciones y las esperanzas de la sociedad y de las personas por su futuro, que como ahora, es ya nuestro presente.

Los últimos fósiles que he encontrado están entre los estratos de celulosa de las hojas de viejos libros, fueron marcados con la fuerza de un buril en pulidas planchas de cobre o de cinc. El tiempo geológico se extiende por los pocos centímetros del espesor del lomo. Los hallazgos en estos áridos «terrerros» no dejan de ser fructíferos para la paciencia de los que se aventuran.

El controvertido y polémico cambio climático, tan actual en los medios de comunicación, resulta que no lo es tanto. El químico sueco S. Arrhenius (Nobel en 1903) fue quien propuso a principio del s. XX la hipótesis sobre el aumento de temperatura media en la tierra causada por las emisiones de humos, pero hubo que esperar hasta el Año Geofísico Internacional de 1958 para que los científicos empezasen a realizar las primeras medidas de las cantidades de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

Entre las páginas de un viejo libro de geología de 1928 encontré con sorpresa que el problema era bien conocido y las consecuencias vaticinadas, cuando el efecto invernadero lo producía el carbón. El profesor y Doctor Ingeniero de Minas P. Fábrega escribió en su libro «Geología»: «... el enorme consumo actual de combustible (1.200 millones de toneladas de hulla al año) devuelve a la atmósfera dos milésimas de ácido carbónico... el ochenta por ciento de la totalidad la absorben las aguas marinas; sea que, dentro de unos cinco mil años, y antes si aumentara el consumo, se habrá duplicado la cantidad de aquél, y la temperatura media del globo en vez de ser 16 grados será de 20 grados...» y aquí viene el contraste con las predicciones actuales «... favoreciéndose con ello la vegetación de los países norteros, en beneficio de la humanidad.» Las conclusiones tomadas a vuelapluma de estos breves párrafos es la formación de un nuevo clima subtropical en la mayor parte del planeta que nos permitiría obtener abundantes cosechas, capaces, tal vez, de paliar el hambre mundial. Aquellos utópicos pronósticos son hoy en día muy diferentes. Las primeras embestidas de vientos y mareas hacen prever un paraíso no tan idílico. Es curioso como ahora, el problema inevitable, las grandes empresas y gobiernos nos lo quieren presentar como una consecuencia imprevisible del

desarrollo industrial de los últimos decenios.

«El carácter destructor del cambio climático dependerá fundamentalmente de la velocidad con que se produzca».<sup>1</sup>

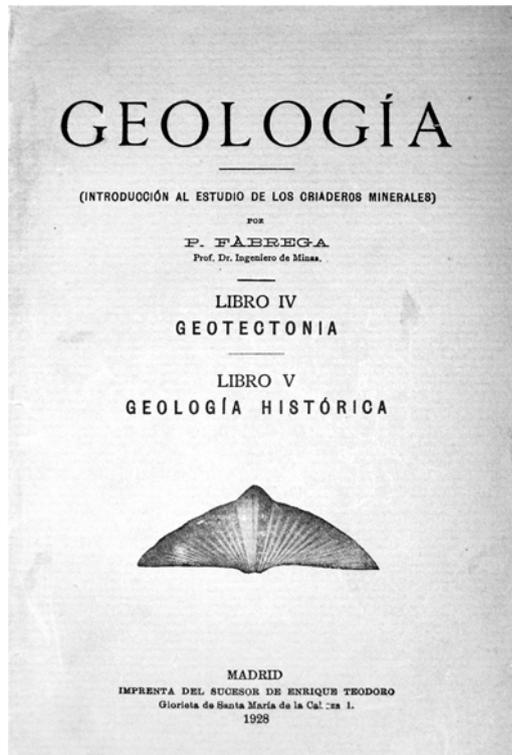
## CAMBIOS EN EL PASADO.

Desde la carretera, cuando crucemos con el coche los farallones rocosos de calizas y dolomías del Cretácico que surcan la península, echemos un poco de imaginación y recordemos el pasado. Estas rocas nacidas del fondo del mar, convertidas en un inmenso panteón natural, fueron caparzones y conchas de microorganismos que capturaron el carbono del agua (tal como se espera que ocurra en el futuro). Las olas batieron las arenas de soleadas playas, donde los viejossaurios sestearon bajo las sombras de las cicas. Ninguno vio nevar en la tierra, era una tierra sin invierno.

Desde el origen de la vida en la tierra se han producido numerosos cambios climáticos. Hace 3.000 millones de años comenzaron los primeros microorganismos marinos a liberar a la primigenia atmósfera los residuos de su intercambio energético, desde su origen en el sol hasta la energía química almacenada en sus moléculas orgánicas. Las cianobacterias, con su fotosíntesis, envenenaron «su aire» con oxígeno, pero... surgieron otras formas de vida. Parece una paradoja (y una metáfora) comprobar como el círculo se cierra, ahora nosotros volvemos a contaminar nuestro aire con «su» dióxido de carbono.

Los drásticos cambios climáticos que han existido desde entonces aparecen asociados a extinciones masivas. Las poblaciones en los mares Ordovícicos y Devónicos fueron diezadas por glaciaciones. Las modificaciones de las rutas de las corrientes oceánicas alrededor del continente Gondwana provocaron su enfriamiento. La recién estrenada vida terrestre sobre Pangea durante el Pérmico también sucumbió. En cambio, el fin radical y breve del Cretácico fue distinto, intervino una vasta actividad volcánica junto con la posible caída de un meteorito. Los cambios faunas y floras posteriores son de sobra conocidos, aparecieron los mamíferos y las fanerógamas. Las glaciaciones del Cuaternario no fueron tan intensas como las anteriores; no obstante, contribuyeron a la aparición de la especie *Homo* y con él, la inteligencia.

<sup>1</sup> «Dióxido de carbono y clima mundial». Roger Revelle *Investigación y Ciencia*. Nº 73. Oct. 1982



## Galería de Paleontólogos:

### Lucas Mallada y Puello (1841-1921)



Lucas Mallada nace en Huesca el 18 de octubre de 1841. Su familia se traslada a Zaragoza en 1848 y 11 años más tarde a Madrid. Hijo único de un modesto funcionario de la Diputación, recibe una educación esmerada, acabando el bachillerato en 1860. Ese mismo año inicia los estudios de Ingeniería en la Escuela Superior de Ingenieros de Minas donde destaca por su talento para interpretar la rocas durante las prácticas en las minas de mercurio de Almadén (Ciudad Real) finalizando en 1865. Con 24 años de edad es destinado por la Dirección General de Minas al distrito minero de Asturias, donde se encargó además de una cátedra en la Escuela de Capataces de Minas de Sama de Langreo.

En 1870 se traslada Madrid. Su entusiasmo por la geología y la capacidad de organización, hacen que el Ingeniero de Minas Manuel Fernández de Castro a cargo de la Dirección de la Comisión del Mapa Geológico de España se fije en el para realizar el primer mapa sistemático de España a escala 1:400.000. Desde 1875 a 1880 realiza una serie de duros trabajos de campo de Geología básica por distintas provincias. La síntesis de todos estos comenzó a editarse a partir de 1875 como «*Explicación del Mapa Geológico de España*». Publicándose en estos 5 años las explicaciones correspondientes a las provincias de: Cáceres, Huesca, Córdoba, Navarra, Jaén y Tarragona. Estas explicaciones iban acompañadas por mapas geológicos provinciales escala 1:400.000 ordenadas cronológicamente por periodos geológicos y con un total de 5.654 páginas son un verdadero tratado de la estratigrafía.

Una de las grandes aportaciones de Mallada a esta Comisión fue el enfoque claramente medioambiental que le dió al trabajo geológico, aportando datos topográficos, botánicos, zoológicos, meteorológicos.

Paralelamente a sus trabajos en la Comisión del Mapa Geológico, Mallada desarrolló una importante labor en el campo de la paleontología, ciencia poco extendida por esa época en nuestro país. La primera gran aportación corresponde a la «*Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España*», que fue publicada en el *Boletín Geológico y Minero* entre los tomos II y XVII (1875-1891) y simultáneamente en 3 volúmenes aparte: «*Terreno Paleozoico*» (1878), «*Sistemas Triásico y Jurásico*» (1885) y «*Sistema Cretácico inferior*» (1887). En esta obra se describen unos 1.500 fósiles, la mayoría de ellos dibujados en cerca de 200 láminas.

El objetivo de la publicación de la *Sinopsis*, fue el de ayudar a los miembros de la Comisión del Mapa Geológico encargados de la elaboración del Mapa en la utilización de los fósiles como elementos auxiliares de datación de las distintas formaciones, tanto en los trabajos de campo como en los de laboratorio, de acuerdo con las modernas ideas de Lyell y según sus propias palabras: «*Reunir en un solo volumen los esparcidos datos obtenidos hasta el día y presentar los rasgos más notables de cada especie, nos parece de interés para los principiantes, que por falta de los libros de Paleontología necesarios, se ven detenidos en la precisa clasificación de las formaciones, y desmayan o retroceden desde los primeros pasos que se dan en el terreno*» (Mallada, 1878, pp.1-2).

En pocos años la *Sinopsis* queda anticuada y escasa de contenidos por lo que Mallada decide en 1887 acometer su proyecto más ambicioso para el cual se pone manos a la obra y 5 años más tarde se publica el «*Catálogo General de las especies Fósiles encontradas en España*».

El objetivo de esta publicación es según sus propias palabras «*el Catálogo que hoy emprendemos se destina de preferencia a las personas ya versadas en este ramo de la ciencia que quieran contribuir a obtener algún día un índice completo, exacto y de incuestionable utilidad en que se incluyan todas las especies fósiles de España*». Para lo cual se fija un plazo de 10 años, una vez pasado este tiempo se publicaría el proyecto inicial. Un Índice alfabético de especies con todas las rectificaciones y nuevas especies aportadas, pero este proyecto nunca vio la luz.

Un estudio bibliométrico de esta obra realizado por D. Leandro Sequeiros en 1982 muestra la amplitud del trabajo realizado que con muy pocos medios y en un tiempo considerablemente corto se catalogaron un total de 4.058 especies fósiles de las que 758 pertenecen del Paleozoico, 1.820 al Mesozoico, 1.364 al Cenozoico y 115 a la Era Cuaternaria. De cada una de ellas se reseñan los yacimientos españoles de donde proceden con referencia a la bibliografía usada con un total de 303 entradas bibliográficas ordenadas alfabéticamente, de las cuales 174 (el 57%) corresponden a autores españoles y 129 (el 43%) a extranjeros. El número total de autores citados es de 143, de los que 64 son paleontólogos españoles.

Pero la actividad paleontológica de Mallada no se redujo solamente a los trabajos antes citados. Entre 1880 y 1892 ocupó brillantemente la Cátedra de Paleontología de la Escuela Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

En 1895, la Real Academia de Ciencias le invita a ocupar el sillón que, con su muerte, deja vacante su mentor D. Manuel Fernández de Castro leyendo su discurso de ingreso en 1897. El tema elegido fue el de los progresos de la geología española durante el siglo XIX.

Independientemente de su faceta geología y la paleontología, Mallada manifiesta su preocupación por la precaria situación de la España de finales del siglo XIX y principios del XX en una serie de artículos periodísticos publicados en el diario «*El Progreso*» que más tarde fueron recopilados y reeditados en 1890 en el libro titulado «*Los Males de la Patria*» En este ensayo Mallada presenta una visión pesimista, crítica y dolorosa acorde con el pensamiento de la «Generación del 98» aunque no exenta de realidad y fundamento abordando problemas como la pobreza y el abandono del campo español, las comunicaciones, la situación de la mujer, la especulación, la minería y la desidia de la Administración Pública.



Para saber más:

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.

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

Mallada L. 1875-1887. **Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España**. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomos II, XI, XII y XIV, Imprenta Manuel Tello. Madrid.

Mallada L. 1892 **Catálogo General de las Especies fósiles encontradas en España**, 253 pp., 4058 citas. Impr. Manuel Tello. Madrid.

Mallada L. 1890 **Los Males de la Patria**

J.J. García Arnedo



## Presencia de corales tabulados en el Dobrotiviense (Ordovícico Medio) de Calzada de Calatrava, (Ciudad Real).

Se trata de una pequeña colonia de unos veinte políperos, con unas dimensiones de 15x20 cm. y una altura de 5 cm. agrupados y cementados a una piedra dura que sirve de basa. En vista superior se aprecian los cálices, colmatados de sedimento, excepto en algunos individuos a los márgenes en que podemos apreciar la cavidad cónica que albergaba al pólipo y los septos. La vista lateral permite ver la superposición de láminas –tábulas- de borde irregular, pero clara disposición horizontal.

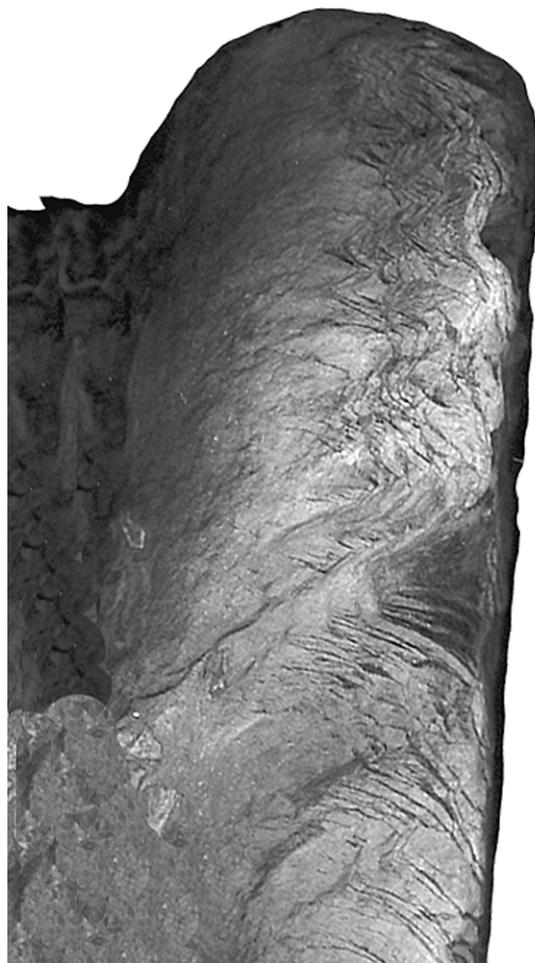
Este tipo de corales, los tabulados, aparecieron precisamente en el periodo al que corresponde este fósil, y perduraron más de 150 millones de años.

Es destacable que los yacimientos del Ordovícico Medio de nuestra península corresponden a mares fríos, lo que no parece ser favorable para el desarrollo de corales si atendemos a las preferencias que manifiestan los corales actuales. No obstante, siendo normal temperaturas marinas superiores a los 19° Ctg en las grandes áreas coralinas, podemos encontrar formas actuales en aguas frías y a grandes profundidades 8que incluso impiden la vida, por falta de luz, a las algas que suelen vivir en asociación simbiótica con los corales).

Otra característica manifiesta en los corales actuales es su intolerancia a los cambios en la salinidad del agua. Esto les predispone a buscar aguas tranquilas, lejos de avenidas de aguas dulces provenientes de zonas emergidas, prefiriendo vivir a cierta distancia de la costa en garantía de una estabilidad en la composición del agua. Todo ello parece también cumplirse en el yacimiento del que procede el fósil, donde es frecuente la presencia de la especie *Placoparia (Coplacoparia) tournementi*. Este trilobites es frecuentemente encontrado en algunos yacimientos formando agrupaciones de individuos muertos a la vez, lo que ha sido interpretado como

intolerancia a los cambios bruscos de salinidad como les ocurre a los corales (a este tipo de seres vivos se les denomina estenohalinos). Además *Placoparia* presenta una atrofia ocular, una ausencia de ojos que le convertía en un género de trilobites ciegos. Por ello se asocia en ocasiones a mares profundos, donde no permea mucha luz y no eran necesarios los ojos. Profundidades que suele alcanzar el mar a una cierta distancia de la costa y de la desembocadura de cursos de agua dulce.

El característico suave decrecimiento de nivel de la plataforma oceánica de Gondwana en nuestro sector, garantizaría con no mucha profundidad, grandes distancias a los territorios emergidos, y a los corales protección frente a los cambios de salinidad sin ausencia de iluminación.



Juan Carlos Lomas



## EL JURÁSICO EN LA ZONA DE SIGÜENZA



En el marco de las actividades de la V Semana de la ciencia de la Comunidad de Madrid, tuvo lugar el día 7 de noviembre de 2005, una excursión didáctica para estudiar el jurásico de la zona de Sigüenza, concretamente en los alrededores de Pelegrina.



*D. Antonio Goy Goy. Catedrático del IGE*

La excursión estaba organizada por el Instituto de Geología Económica, centro mixto Universidad Complutense de Madrid-CSIC. Los ponentes fueron D. Antonio Goy Goy, catedrático de Paleontología del IGE, Dña. Maria Jose Comas-Rengifo, profesora titular del IGE y Dña. Ester Rodrigo Luenco estudiante de C. Geológicas de la UCM.

El objetivo de la excursión era estudiar los sedimentos y fósiles marinos de las diferentes formaciones del periodo jurásico existentes en la zona.

Pelegrina se halla situada al sur de Sigüenza, y la hoz que excava en sus cercanías el río Dulce se encuentra incluida dentro de los límites del recientemente declarado parque Natural del Río Dulce.

El río Dulce nace al pie del pico Ministra (1310 m.) y recorre unos 40 Km. hasta desembocar en el río Henares; en su cabecera tiene un carácter endorreico, formando un amplio valle en materiales de arcillas y yesos del triásico (Keuper); a partir de Jodrá del Pinar discurre por materiales calcáreos del jurásico inferior (Lias) y comienza a encajarse formando una hoz de gran belleza.



*Hoz del río Dulce*

### **El paisaje**

La acción fluvial cárstica es la principal responsable del modelado de las rocas calcáreas de la zona, originando una profunda garganta, con las formas típicas en sus paredes como cavidades y peñas horadadas, y elementos turrículos separados de las paredes como testigos del proceso de ensanchamiento del cañón.



Anticlinal

Falla

Otros procesos como el hielo-deshielo y la gravedad también dejan su impronta en el paisaje.

El mirador de Félix Rodríguez de la Fuente nos ofrece una inmejorable panorámica desde la que podemos observar todos estos procesos. Desde él también podemos apreciar los efectos que las fuerzas compresivas y distensivas de la corteza terrestre producen sobre los estratos calcáreos, en forma de pliegues y fallas.



## Marco Geológico

La cordillera ibérica es una estructura alpina situada al este de la península ibérica; se trata de una cadena con tegumento potente y cobertera, que presenta un grado de deformación moderado.

Desde el área de descanso situada poco antes de llegar a Pelegrina tenemos una buena perspectiva de las formaciones más antiguas que podemos encontrar en esta zona (unos 211 millones de años aproximadamente).

En la base, en los campos de labor, se distinguen fácilmente por su color rojizo, las arcillas y yesos de la formación Keuper, de finales del triásico; entre estos materiales también podemos encontrar abundantes aragonitos y jacintos de Compostela.

Sobre ellos se dispone una potente serie de materiales carbonáticos del triásico terminal y jurásico inferior. Estos materiales pueden ser agrupados en dos unidades mayores: el grupo Renales con formaciones calizas y dolomíticas, y el grupo Ablanquejo con formaciones calizas y margosas. A su vez, estos grupos pueden subdividirse en varias formaciones:

### 1. Grupo Renales

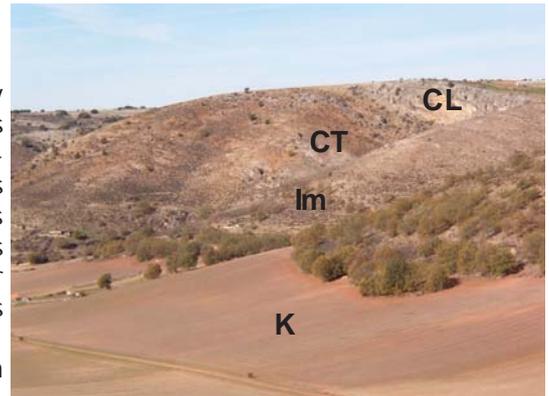
#### a) Formación Imón

Está constituida por dolomías, en ocasiones oolíticas, bien estratificadas; su espesor varía entre 20 y 30 metros. Su contenido fósil es escaso, en su parte superior se han descrito bivalvos y gasterópodos que nos dan una edad Rhaetiense (triásico superior).

#### b) Formación carniolas de Cortes de Tajuña

Se trata de una alternancia de arcillas, dolomías y calizas masivas, mal estratificadas; se distinguen dos miembros, el primero, brechoide, poco competente respecto a la erosión, formado por arcillas con intercalaciones calco-dolomíticas cuyo espesor no suele sobrepasar los 20 metros, y el segundo formado por calizas y dolomías masivas con tonalidades rojizas o amarillentas, mejor estratificadas en la parte superior; su espesor es de unos 120 metros.

Su contenido fósil es escaso; en esta formación puede situarse el límite entre el triásico y el jurásico.



Barranco de las Barenosas: formaciones del Grupo Renales

#### c) Formación calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas

Esta formación puede dividirse en dos miembros: calizas y dolomías microcristalinas que suele dar un fuerte resalte en el terreno y tiene un espesor de 50 metros, y dolomías, calizas y margas verdes con un espesor de 45 metros; la formación termina con una o más superficies ferruginizadas.

El escaso contenido fósil nos indica una edad Sinemuriense-Pliensbachiense para el primer miembro y Carixiense para el segundo. En algunos estratos podemos observar canales producidos por braquiópodos.



Formación calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas



Canales producidos por braquiópodos



El aragonito es un mineral muy abundante en los terrenos arcillosos del triásico de la provincia de Guadalajara.

Debe su nombre a Molina de Aragón donde fue descrito por primera vez.

Su composición química es  $\text{CaCO}_3$ ; es incoloro o diversamente coloreado si contiene impurezas (rojizo por arcillas), frágil, dureza 3,5-4, y peso específico 2,95.

Cristaliza en el sistema ortorrómbico en forma de cristales aciculares, aunque su presencia más habitual es en macla triple formando un prisma hexagonal.

## 2. Grupo Ablanquejo

Puede dividirse en las siguientes formaciones:

### a) Formación margas grises del Cerro del Pez

Se sitúa encima de la superficie ferruginizada con que termina el Grupo Renales; está formada por margas grises con intercalaciones calizas cuyo espesor no sobrepasa los 10 metros.

El contenido fósil es abundante y destacan los braquiópodos (*spiriferina*, *zeilleria*, *aulacothyris*, *lobothyris*, *tetrarhynchia*), bivalvos (*pleromya*, *pholadomya*) y ammonites (*protogrammoceras*, *arieticeras*, *leptaleoceras*); su edad es Domeriense.

### b) Formación calizas bioclásticas de Barahona



*Gruneria Gruneri (Toarciense)*

Está formada por calizas bioclásticas y biodentríticas con planos de estratificación ondulados, de color pardo a gris con tonalidades rojizas y amarillentas que le dan un aspecto característico; su espesor es de unos 15 metros.

Su contenido fósil es abundante (*gryphaea*, *pseudopecten*, *amaltheus*, *pleuroceras*), y a veces se encuentra fragmentado, lo que indica una sedimentación de alta energía.

Por su contenido fósil podemos asignarle una edad Domeriense-Toarciense basal.

### c) Formación alternancia de margas y calizas de Turmiel

Está formada por margas y calizas de color amarillo, verde y rosa; en esta formación podemos distinguir 5 miembros, con un espesor total de 45 metros aproximadamente.

Entre el abundante contenido fósil podemos encontrar braquiópodos (*lobothyris*, *quadrathyrrhynchia*), bivalvos (*plicátula*, *plagiostoma*), gasterópodos (*pleurotomaria*) y ammonites (*dactylioceras*, *hildoceras*, *gruneria*); podemos asignarle una edad Toarciense.

Por encima de la formación Turmiel afloran los primeros metros del Grupo Chelva (Jurásico Medio) que corresponden a la formación calizas nodulosas de Casinos (Toarciense superior-Aalenense); sobre ésta se asienta de manera ligeramente discordante la formación Arenas de Utrillas, formada por arenas y caolín blancos y amarillos de origen fluvial, ya de edad cretácico inferior (97 millones de años). Faltan, por tanto en esta zona (al igual que en la mayoría de los afloramientos del Jurásico de la provincia de Guadalajara) los sedimentos correspondientes a la mayor parte del Jurásico Medio y al Jurásico Superior, bien por falta de sedimentación o bien por una posterior erosión.



*Formación calizas bioclásticas de Barahona*



*Formación Arenas de Utrillas*



*bivalvos en calizas de la Formación Barahona*

## **Evolución paleoambiental**

Con los datos obtenidos de los sedimentos y fósiles encontrados podemos deducir que durante el jurásico inferior se produce una transgresión marina en la zona, pero que ésta no se produce de manera constante sino que se suceden, con un carácter cíclico, subidas y bajadas del nivel del mar.

Los materiales del Keuper son arcillas y yesos de carácter evaporítico.

Durante la formación Imón pasamos a condiciones marinas litorales, pero éstas no son definitivas puesto que en la formación Cortes de Tajuña volvemos a tener rocas arcillosas y yesos parecidos a los del Keuper; el límite entre el triásico y el jurásico se sitúa en esta formación, en un ambiente perimareal hipersalino, inhóspito para aquellas especies que no soportan grandes cambios en la salinidad del medio (estenohalinos).

Con la formación Cuevas Labradas volvemos a observar un nuevo episodio transgresivo-regresivo con ambientes intermareales de salinidad normal en los que fosilizan braquiópodos y equinodermos entre otros.

La sedimentación en las unidades del Grupo Ablanquejo se produce en un ambiente marino de plataforma con una gran variedad de fauna, tanto pelágica (ammonites, belemnites) como bentónica (bivalvos, braquiópodos).

Durante la formación Barahona se produce un descenso del nivel del mar con ambientes de plataforma somera, con abundantes tempestades (fósiles desordenados y fragmentados).

Por último la sedimentación en la formación Casinos corresponde a ambientes marinos de plataforma somera abierta, que no debió sobrepasar los 150 metros de profundidad y con salinidad normal,; los fondos, en este caso, estarían formados por sustratos blandos que permitirían la presencia de organismos perforantes.

### Algunos fósiles encontrados en la zona



*Lima*



*Pholadomia*



*Braquiopodos*



*Pectínido*



*Plicatulas*



*Pleurotomaria*



*Natícidos*



*Lopha*

### Bibliografía

Comas-Rengifo, M.J. (1985): El pliensbachiense de la cordillera ibérica. Colección Tesis Doctorales. UCM 19/85: 591 pp.

Gómez, J.J. y Goy, A. (2004): Cordilleras Ibéricas y Costero Catalana. Jurásico inferior. En: Vera, J.A. (Ed). Geología de España. SGE-IGME, pp.495-500.

Goy, A., Gómez, J.J. y Yébenes, A. (1976): El jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Mitad Norte). I. Unidades litoestratigráficas. Estudios Geológicos, 32: pp.391-423.

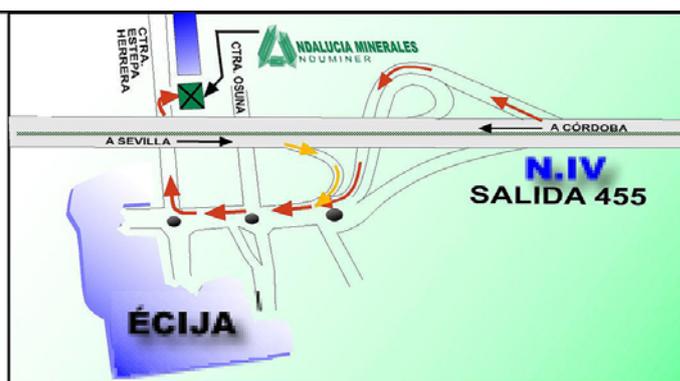
Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000 (Segunda serie, MAGNA): Hoja nº461 "Sigüenza", IGME, 57 pp.

Sastre Merlín, A., Moya Palomares, Mª e., Acaso Celtell, E., Centeno, J. De D. Y Barea Luchena, J. (2003): Paisajes Geológicos de Guadalajara, Hoces del río Dulce. En: Nuche del Rivero (Ed.). Patrimonio Geológico de Castilla-La Mancha. Pp.302-309.

Fernando Agua Martinez



**MINERALES Y PEDRERÍA**  
DECORACIÓN - MONTAJES  
DISEÑO - COLECCIÓN - ESCOLAR

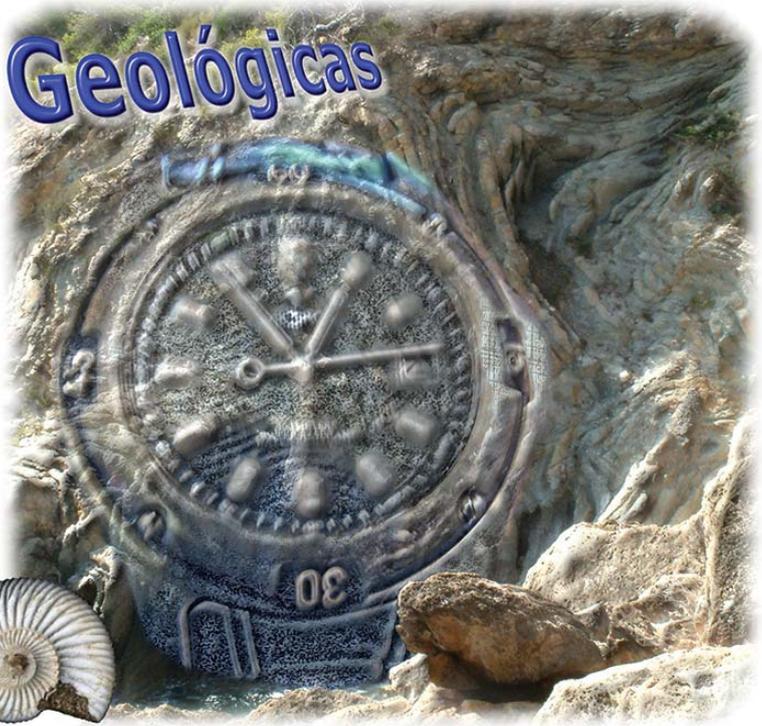


Teléfono: +34 954834387 - Móvil: 687747874 - Ctra. Ecija-Herrera, Km. 1 - 41400 ECIJA (Sevilla) - España  
<http://www.andaluciaminerales.com> - e.mail: [contacto@andaluciaminerales.com](mailto:contacto@andaluciaminerales.com)

# Edades Geológicas

## 2ª Parte

### Agnostozoico o Precámbrico



**Rafael Abad Arquer**

El Agnostozoico o Precámbrico es el primer período y por tanto el más antiguo de la historia geológica de nuestro planeta. Comprende desde el nacimiento de este hasta la aparición de los primeros seres vivos con algo parecido a un exoesqueleto hace unos 570 millones de años (Ma. = millones de años) a partir de aquí hasta el fin del artículo), o sea el Equivalente al 87% de la edad total de la Tierra. Su nombre Agnostozoico significa «vida desconocida» por tener pocos rastros, y por tanto poco conocimiento, de la vida de esta época, a pesar de su gran duración; y le llamamos también Precámbrico por estar situado cronológicamente antes del período Cámbrico.

#### La atmosfera primitiva

Sabemos que el Hidrógeno y el Helio son, con mucho, los gases más abundantes del Universo. También sabemos que la presencia de Neón supera a la del Nitrógeno, y eso no es lo que vemos en nuestra atmósfera. Hay varias teorías que intentan explicar esta anomalía. La primera contempla el «apetito» del Hidrógeno para combinarse en un ambiente energético como el que debió de imperar al principio de los tiempos terrestres y particularmente con el Carbono, Azufre, Nitrógeno y Oxígeno, todos ellos ladrillos esenciales de los componentes biológicos. Otra teoría pudiera ser la «sustitución» de la atmósfera, puesto que las proporciones de los elementos hoy no son ni remotamente las proporciones que vemos en el Universo. De ser cierto, esta sustitución tuvo que tener lugar hace más de 3.350 Ma. porque se han encontrado precipitados de carbonatos de esa edad procedentes de CO<sub>2</sub> atmosférico y se debió probablemente a la actividad y el viento solares. Tras esos supues-

tos primeros cambios, los componentes que hoy creemos que componían la posterior atmósfera primordial eran vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno, con altas temperaturas, una radiación solar de un 60-70% la actual y sin protección a la banda ultravioleta. Actualmente los científicos están extrapolar algunos datos recibidos por las sondas espaciales enviadas por la NASA y la ESA para tratar de conocer mejor los procesos de creación y evolución de nuestra atmósfera a través del estudio de las de los planetas de nuestro sistema solar y de las de los satélites de Júpiter y Saturno. La cantidad de oxígeno, que en un principio era insignificante, comenzó a aumentar a partir de hace unos 3.500 Ma. gracias a la aparición de procesos de fotosíntesis. Eso significa, entre otras cosas, que las rocas y minerales superficiales de aquellos tiempos apenas sufrieron oxidación.

También el estudio de las rocas nos permite conocer algo del clima que imperó en el planeta en aquellos tiempos y gracias a que se conocen afloramientos de rocas en Canadá, Australia y África que presentan marcas de periodos glaciares. Como curiosidad también se conoce un caso de reactor nuclear natural en lo que hoy es Oklo (Gabón). De acuerdo con estudios realizados, el reactor nuclear de Oklo estuvo operando durante unos 500.000 años debido a que se mineralizó el uranio en esa zona hasta alcanzar la masa crítica hace unos 1.800 Ma. Actualmente se conocen hasta 16 reactores nucleares, los cuales fueron encontrados muy cerca unos de otros. El impacto de este descubrimiento fue tan grande que se tomó la decisión de interrumpir la explotación del mineral para permitir estudios científicos de este fenómeno natural.



## Los escudos

Llamamos cratones a las «raíces» de los continentes. A los afloramientos de rocas precámbricas en los cratones (y que conforman alrededor de un 8% de la superficie del planeta) las llamamos escudos. Su distribución se puede ver en los mapas mostrados en este artículo.

Las rocas del precámbrico afloran en muy pocos lugares del mundo y son mayoritariamente rocas metamórficas e intrusivas. Las rocas sedimentarias son muy escasas, pero existen. Eso significa que ya entonces hubo procesos sedimentarios (ríos, mares, vientos y glaciares) y orogénicos (en las Wopmay Mountains de Canadá se conocen estructuras montañosas de 2.100-1.800 Ma. de edad). Los principales son:

- Escudo Canadiense: comprende el territorio de Canadá y las tierras boreales agrupadas alrededor de la bahía de Hudson
- Escudo Báltico: incluye gran parte de la península escandinava, Finlandia, y parte del norte de Rusia, junto al actual mar Báltico
- Escudo Siberiano: forma el subestrato de la gran llanura de Siberia
- Escudo Árabe
- Escudo Brasileño: la meseta brasileña y en Uruguay
- Escudo de la Guayana
- Escudo Africano o de Etiopía
- Escudo Africano del sur
- Escudo Australiano o Indochino.

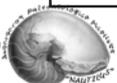
Además, las rocas del Agnostozoico afloran también en el fondo del Gran Cañón del Colorado, situadas debajo de los terrenos paleozoicos.



Mapa con la distribución de las rocas Arcaicas (de más de 2.500 Ma)



Mapa con la distribución de las rocas Proterozoicas (entre 2.500 y 570 Ma)



Podemos decir que, de alguna manera, los escudos son los núcleos antiguos sobre los que se formaron los actuales continentes. En ellos se han encontrado las rocas más antiguas del mundo, como los gneises Amitsoq y circones del occidente de Groenlandia con una antigüedad precisada mediante radiometría de entre 3.550 y 3.700 Ma. o los gneises de Sand River en Sudáfrica con edades radiométricamente cifradas en 3.790 Ma. El grosor medio de estas capas es de unos dos kilómetros y medio, aunque en algunos puntos estos sistemas de roca antiguos llegan hasta los seis kilómetros y medio de grosor.

Ya entonces la tectónica empezó a trabajar y de esa época conocemos en América una cordillera que aparece intermitentemente y de este a oeste desde Pensilvania a través de Michigan, Wisconsin, y hasta Minesota. Otras cordilleras se cree que iban de Terranova a Alabama y de Alaska a México.

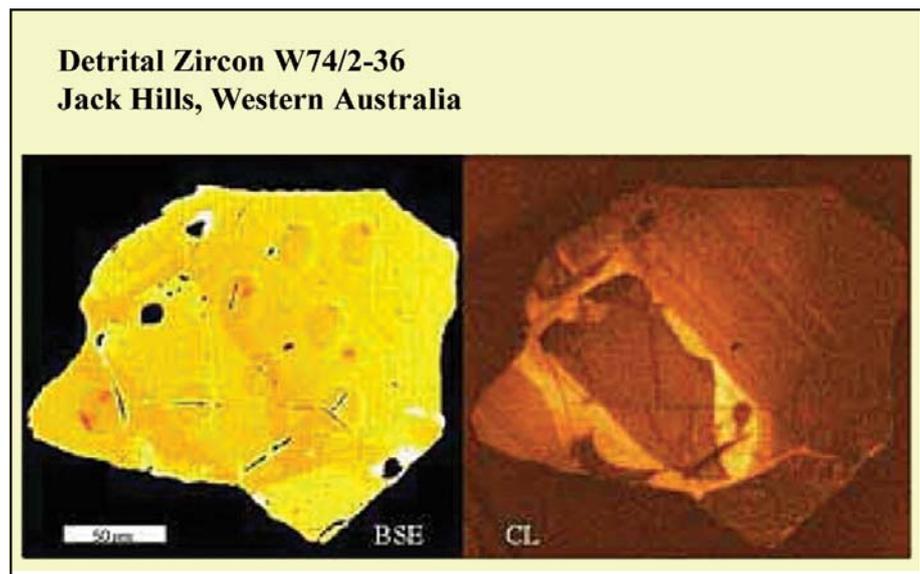
Los flujos de lava de esta época hicieron aflorar mucho hierro, cobre y plomo hacia de la superficie planetaria. Muestra de ello es el Valle de St. Croix en Wisconsin donde se registraron ciento veintisiete flujos sucesivos de lava y posterior inmersión en agua. A pesar de que gran parte de la sedimentación de las secuencias superiores y los flujos intermitentes de lava se han perdido y de que este sistema está profundamente enterrado en la tierra, hay alrededor de setenta de estas secuencias estratificadas expuestas a la vista.

### Las primeras rocas sedimentarias

En estas primeras edades y como se comentó en el artículo «Las Edades Geológicas» del número anterior, ya había océanos de agua y como la zona emergida estaba casi al nivel del mar, ocurrieron muchas inmersiones y resurgimientos sucesivos de zonas costeras y continentales (trasgresiones y regresiones). La deriva continental contribuyó a estos procesos y extensas zonas costeras continenta-

les se hundieron someramente en los mares. Una gran parte de la arenisca y de los conglomerados encontrados es consecuencia de la acumulación sedimentaria de estas antiguas zonas costeras. Las rocas sedimentarias correspondientes a esta etapa yacen directamente sobre los estratos que datan de la primera aparición del océano global.

Algunos de los estratos superiores de estos depósitos de roca de transición contienen pequeñas cantidades de esquisto o pizarra de colores oscuros, indicando la posible presencia de carbono orgánico y dando pistas de cierta actividad biológica. Gran parte del cobre en estos estratos de roca proviene de depósitos de agua que penetró en las grietas de rocas más antiguas creando depósitos sedimentarios e intrusivos. También las minas de hierro de América del Norte y Europa provienen de depósitos e intrusiones que yacen en parte en las rocas no estratificadas más antiguas y en parte en estas posteriores ro-



*Circones vistos al al microscopio (los minerales más antiguos de la Tierra).*

cas estratificadas formadas en este período.

Hasta el año pasado (2.004) la evidencia sedimentaria aceptada como más antigua procedía de Australia y estaba datada en unos 3.600 Ma. Científicos de la Universidad de Chicago se fijaron en rocas muy metamorizadas de Groenlandia y tras complejos análisis con espectrómetros de masas se midieron los isótopos de hierro que demostraban el origen sedimentario de estas rocas de 3.850 Ma. de antigüedad. Ahora se trata de identificar si contienen evidencia de vida a tan temprana edad.



## La aparición de vida

Si atendemos a los vestigios que han sido encontrados, la vida debió de empezar hace entre 3.900 y 3.600 Ma., en cuanto la superficie estuvo lo suficientemente fría como para que hubiera agua líquida. Los primeros compuestos orgánicos se debieron de formar en el agua dando lugar a la primera vida del planeta. Fueron probablemente minúsculas acumulaciones de moléculas que podían producir copias de sí mismas. Otras teorías nos proponen que estas moléculas se formaron a partir de las que vinieron en cometas, los cuales se sabe que son portadores de moléculas orgánicas y agua o también llegados en asteroides y/o meteoritos. Con el paso del tiempo estas moléculas se hicieron cada vez más complejas, y por fin hace unos 3.500 Ma. se desarrollaron las primeras células, ladrillos básicos que conforman hoy a todos los seres vivos y que pueden reproducirse. Estos registros de vida eran algas cianofíticas unicelulares y bacterias. Eran procariotas anaeróbicas y puede que fotosintéticas o quimiosintéticas. Su actividad vital fotosintética extrajo el oxígeno que se encontraba unido a las rocas ricas en hierro aumentando su proporción en la atmósfera. Con el aumento del oxígeno y el consiguiente mejor filtrado atmosférico de rayos ultravioleta algunos organismos vivientes evolucionaron y

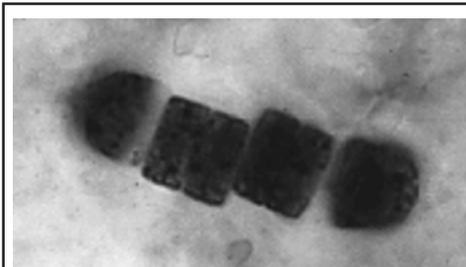
desarrollaron la respiración aeróbica. Y pasaron nada menos que casi 2.000 Ma. desde la aparición de las procariotas cuando otro gran acontecimiento en la historia de la vida tuvo lugar con la aparición hace 1.800 Ma. de las células eucariotas, caracterizadas por poseer un núcleo con cromosomas y realizar el proceso de meiosis, el cual es la base de la recombinación y de la reproducción sexual. Casi todas las eucariotas poseen mitocondrias, muchas poseen también cloroplastos y se cree que estos organelos son una herencia de las bacterias. Posiblemente las bacterias fueron ingeridas por procariotas heterotróficas para convertirse en endosimbióticos (Margulis 1993; Maynard Smith y Szathmáry 1995; Futuyama 1997) y finalmente se produjeron las primeras células eucariotas. Los primeros fósiles de eucariotas encontrados fueron las algas unicelulares que vivieron hace unos 1.400 Ma.. Las eucariotas son origen de muchos linajes de algas, de los protozoarios y de los reinos Fungi, Plantae y Animalia.

Los fósiles más antiguos del mundo tienen un edad de unos 3.600 Ma.. Son fósiles unicelulares o estructuras simples redondas. Incluso a veces se discute el origen orgánico de

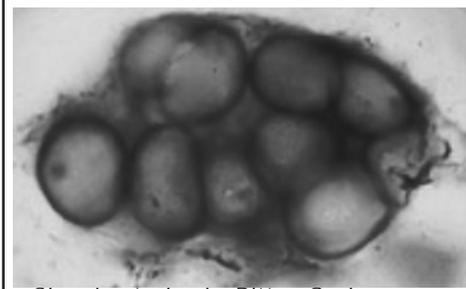
los mismos. Las dificultades para encontrar fósiles en rocas de esta edad es enorme puesto que la mayoría de rocas precámbricas son de origen magmático o metamórfico. Además los animales no tenían partes duras ni formaban conchas de calcio o sílice.

Los lugares donde se han encontrado los fósiles más antiguos son entre otros:

- Australia occidental (Serie Warrawoona) - 3.600 Ma.: se ha descubierto lo que parecen fósiles de células. A estos seres unicelulares los llamamos estromatolitos y todavía existen hoy en día. Están formados por capas delgadas de algas de color verde azulado y barro aprisionado.



*Bacteria de hace 3.600 Ma.*



*Cianobacteria de Bitter Springs en Australia, de hace 850 Ma.*

Las algas de color verde azulado se encuentran entre los organismos vivos más simples, son unicelulares y carecen de un núcleo o un centro de control celular. Generalmente los estromatolitos son calcáreos (excepcionalmente silíceos) y de morfología variada, diferenciándose en estratiformes, nodulares y columnares. Se discute si estos rasgos se deben a características ambientales o están controlados genéticamente, resultando así útiles para las correlaciones estratigráficas. Hasta ahora, sólo los columnares parecerían importantes en tal sentido, siendo empleados en biozonaciones del Proterozoico en Australia, Rusia, Siberia, China y América

del Norte. Los estromatolitos arcaicos son raros y suelen carecer de evidencias bacterianas, por lo que algunos autores lo atribuyen un origen inorgánico. El mayor desarrollo de los estromatolitos ocurrió en el proterozoico Medio y tardío.

- Sudáfrica (Supergrupo Swaziland, 3.500 - 3.300 Ma.) Son microorganismos unicelulares esféricos y filamentosos, seguramente procariotas, aunque bastante avanzados evolutivamente como para desarrollar la fotosíntesis productora de oxígeno, un hecho que también pudo ocurrir en las estructuras estromatolíticas de Australia del Bloque Pilbara, que serían similares.

- Sudáfrica (grupo Onverwacht) - 3.300 Ma. Sedimentos marinos y piroclásticos con arcillitas carbonosas y ftanitas zonadas que contienen microfósiles (Archaeosphaeroides barbertonensis) y quimiofósiles

- Fig Tree (Sudáfrica) - 3.100 Ma.: Eobacterium Isolatum y Archeosphaeroides barbertonensis, objetos redondos o fibrosos y en general de estructura simple. El contenido de los isótopos de carbono (C13/C12) muestra

una actividad orgánica. Posiblemente son fósiles de bacterias el primero y «pseudo-algas» verde-azuladas el segundo (no son algas)

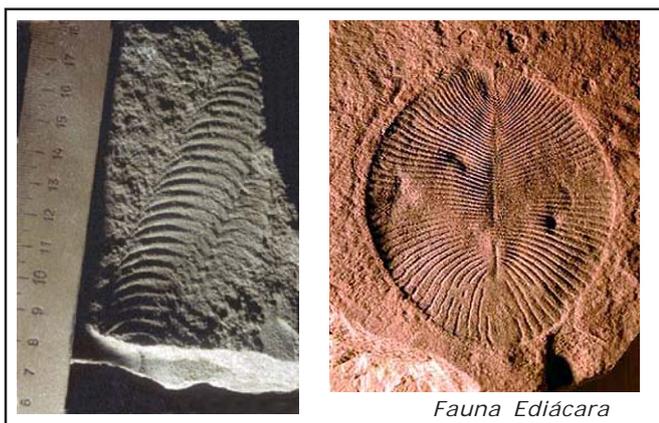
- Gunflint (Canadá) - 1.900 Ma.: Huroniopora, Rhodophyceae y Guntflintia. Estratos antracíticos con fósiles de algas y hongos.

- Microfósiles de Bitter Springs (Australia) - 850 Ma. Caryosphaeroides, Glenobotrydion y Eumycetopsis robusta.

**Fauna Ediacárica** (Australia) – 565-542 Ma.: los primeros seres pluricelulares. La fauna ediacárica es un grupo peculiar de fósiles Precámbricos exclusivos de este periodo. Posteriormente a su descubrimiento en Australia se han encontrado estos fósiles en otros lugares.

El nombre «Ediacárica» tiene un significado eminentemente geocronológico que limita una subunidad del Véndico de entre 565 y 543 Ma. (Browning & Edwin 1998), y que tiene su estratotipo al Sur de Australia. De forma confusa se usa el término de dos formas diferentes: muchos autores simplemente sustituyen el Véndico mientras otros lo limitan a los hallazgos de esos organismos enigmáticos encontrados en las colinas Ediacárica.

Fósiles de este periodo fueron inicialmente descritos por E. Billings ya en 1872 provenientes de la formación Fermeuse de la península Avalon en Terranova. Otros fueron descubiertos en Namibia por Gürich sesenta años después en 1933, pero su definitivo nombre lo adquirieron por un tercer descubrimiento en Marzo de 1946 y debido a Reginald Sprigg en una mina abandonada de cobre y zinc en el Norte de Adelaida, más concretamente en las colinas Ediacaras de las montañas Flinders. Desde en-

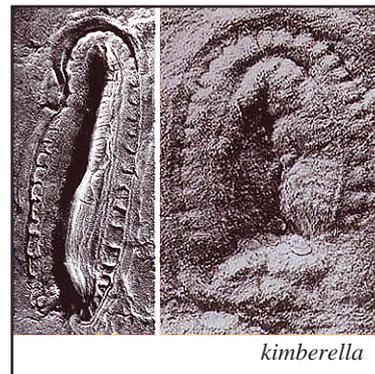


tonces se han sucedido más hallazgos en todos los continentes excepto la Antártida, aunque también se cuestionan los descubrimientos en el Mato Grosso brasileño en 1982.

La fauna encontrada comprende formas de vida marina que se originaron en el Véndico

y existieron hasta el Cámbrico inferior lo que los hace estar entre los seres multicelulares más antiguos conocidos.

Algunos autores (Seilacher 1984, McMenamin 1986) afirmaron que estos organismos



no estaban emparentados con ningún otro grupo y representaban un reino animal nuevo (Seilacher lo denominó Vendobionta en 1992) y que desaparecieron en el límite Véndico-Cámbrico probablemente por una extinción masiva. Hoy se discute mucho esa teoría de forma que ha perdido casi toda credibilidad.

### Algunos datos para la estadística:

- Los fósiles Ediacáricos característicos más antiguos han sido encontrados en Mistaken Point (565 Ma.) y en la formación Drook (575 Ma.), ambos en Terranova. Se discute la interpretación de fósiles muy sencillos (simples impresiones circulares) encontrados en la formación Twitya, en el Noroeste de Canadá por Hofman en 1990 y datadas en 610-600 Ma. lo que de corroborarse los convertiría en los más antiguos y los únicos conocidos que precedieron a la glaciación Varanger (600-590 Ma.)

-La mayor diversidad parece darse hacia los 555 Ma.

-Los últimos yacimientos encontrados están en Namibia donde la fauna Ediacárica se halla junto a pequeñas conchas y datan del límite con el Cámbrico (543 Ma.).

-La fauna Ediacárica más reciente conocida son la *Ediacaria Booleyi* y la cosmopolita *Nimbia Oclusa*, ambas halladas por Crimes, Insole y Williams en 1995 en Booley Bay, Condado de Wexford en Irlanda y datadas en el Cámbrico superior.

Se conocen más de 30 géneros de esta fauna. Los más abundantes son de forma redondeada que recuerdan a las medusas. También abundan los restos de madrigueras y rastros de animales que vivían en el lecho marino, así como formas bentónicas similares a anélidos, equinodermos y artrópodos. Finalmente mencionar los característicos en forma de fronde, similares a plumas de mar y corales blandos. En cualquier caso, nunca muestran signos de haber tenido partes duras a modo de esqueleto (excepto la *Spriggina*) y se encuentran mayormente en limos y areniscas que se forman en condiciones turbulentas aparentemente no muy aptas para una óptima preservación.





Tampoco se han encontrado muchos signos de depredación, con la (al parecer única) excepción de los orificios encontrados en las *Cloudinas* Chinas que pueden o no ser una evidencia depredadora o un efecto diagenético.

Los yacimientos más conocidos son, por orden de datación:

- La formación Drook en Terranova (575 Ma.)
- Formación Elkera (Australia central) (570-560 Ma.)
- Mistaken Point (este de Terranova) (565 Ma.)
- Charnwood Forest en el centro de Inglaterra (565 Ma.)
- El mar Blanco en el Báltico de Rusia (555 Ma.)
- Colinas Ediácaras (Sur de Australia) (555 Ma.)
- El grupo Nama (Sur de Namibia) (549-543 Ma.)
- Formación Tsagaan Gol en el surOeste de Mongolia (549-543 Ma.)

Ocasionalmente se han hallado yacimientos también en México, Escandinavia, Ucrania y los montes Urales.

Sabemos que algunos taxones de esta fauna pervivieron. Otros evolucionaron, pero la mayoría de la fauna Ediácara desapareció abruptamente cerca de los inicios del Cámbrico, no se sabe si por causa de una extinción masiva o simplemente fue el cierre de alguna clase de «ventana tafonómica». Recientemente se han descubierto perturbaciones importantes en los ciclos del Carbono cerca del límite final del Proterozoico que recuerdan mucho (aunque menos intensos) a los eventos conocidos de la crisis Permo-Triásica, donde el 90% de las especies marinas desaparecieron. Pero para complicar aún más el problema, en los últimos años se han realizado descubrimientos de especies Ediácaras en terrenos pertenecientes al Cámbrico inferior, como las realizadas en la Formación Urutama (cerca de las colinas Ediácaras) y en la península Digermul en Noruega, donde fauna Ediácara ha sido hallada 80 m. por encima del límite del inicio del Cámbrico, e incluso alguno (*Aspidella Terranóvica*) a 600 m. en terrenos del Atdabaniense. Similares hallazgos se

han realizado en la Gran Depresión de California (Atdabaniense), Burgess Shale en Canadá (muy discutida, Cámbrico medio; «shale» significa «esquistoso» en Inglés) y las ya mencionadas de Booley Bay en Irlanda (Cámbrico superior).

## Geomorfología

No conocemos apenas las formas que definían la superficie del planeta durante los primeros tiempos hasta aproximadamente el Proterozoico. Fue a finales del Agnostozoico cuando se formó el primer supercontinente llamado Rodinia con los océanos Pantalásico al Este y Panafricano al Oeste. El gráfico anterior nos muestra el planeta como se cree que fue hace unos 650 Ma. atrás, al final del Precámbrico.

### ***Divisiones de la Era Agnostozoica***

La era Agnostozoica comprende tres grandes periodos:

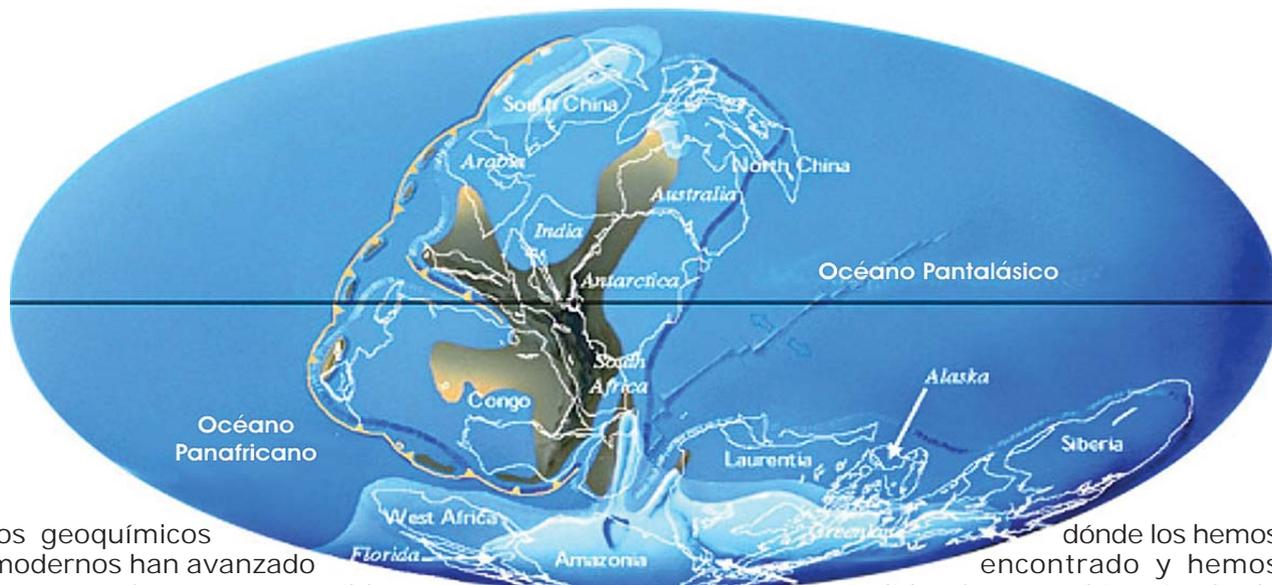
- Priscoiense, Hadeense o Hádico
- Arcaico o Arqueozoico
- Proterozoico.

### **Período Priscoiense, Hadeense, Hadeanico o Hádico (4.550 - 3.960 Ma.)**

Es el primer periodo del Precámbrico. Se trata de las primeras etapas de formación y consolidación planetaria a partir del colapso gravitatorio de parte de planetesimales y la nube de materia que formó el sistema solar. Se supone que esto tuvo lugar hace 4.550 Ma., y que la Luna se formó poco después hace unos 4.450 Ma. Las altas temperaturas provocaron un importante efecto termal que no permitió que nos quedara ningún registro de esta etapa.

El núcleo del planeta se diferenció de la corteza hace unos 4.400 Ma., y entre 4.300 y 4.100 Ma. se formó la corteza primigenia. Los minerales más antiguos conocidos son unos circones de 4.300 Ma. que aparecen en rocas del oeste de Australia. El circón es un mineral muy duro que resiste muy bien la erosión y el transporte, así como los procesos de fusión. Por esta razón, es común encontrar circones más antiguos que la roca que los contiene, tanto en medios sedimentarios como ígneos. En el caso de Australia se han llegado a datar, de manera muy precisa, circones de hasta 4.404 Ma. por lo que probablemente formaron parte de la primera corteza terrestre formada tras el enfriamiento y cristalización del mar de magma primordial. Los métodos analíticos y los mode-



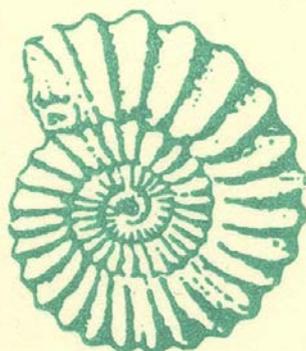


los geoquímicos modernos han avanzado tanto que hoy nos es posible conocer características importantes de la corteza inicial a partir de estos minerales. La geoquímica de estos circones parece indicar que proceden de un magma granítico. En la Tierra actual los magmas graníticos se forman principalmente en zonas de subducción, no provienen directamente del manto y siempre se forman en presencia de agua en la roca en el momento de su fusión. Por tanto, la presencia de magmas graníticos en la Tierra inicial sugiere la presencia de agua líquida en la corteza en esa época. Pero además, esos circones antiguos poseen unos valores isotópicos de oxígeno que parecen implicar que sólo pueden provenir de la fusión de una roca que haya sido alterada previamente por agua líquida a bajas temperaturas y cerca de la superficie. Es decir, que si estamos leyendo correctamente la historia que llevan «escrita» en su química, estos circones nos están hablando de una corteza de hace más de 4.400 Ma. donde unas rocas fueron alteradas por la acción de agua líquida a baja temperatura cerca de la superficie y después fundidas, probablemente porque fueron «metidas» de nuevo a profundidad, dando lugar a unos magmas graníticos en los que cristalizaron los circones. Estos fueron luego erosionados y transportados hasta rocas más modernas

dónde los hemos encontrado y hemos podido «leer» su historia: la de una Tierra con agua líquida en su superficie desde hace 4.400 Ma. Y probablemente con temperaturas superficiales no muy diferentes a las actuales.

Al comienzo del período el cielo era probablemente oscuro por falta de una atmósfera como la de hoy. Con el paso del tiempo se fue creando una atmósfera químicamente reductora en la que los relámpagos y las lluvias debieron ser constantes. Las rocas calientes debido al magma creado por la presión y fricción del material cósmico acumulado hacen que la lluvia se evapore y se cree una atmósfera densa de vapor y gases que emanan de fumarolas y volcanes. Dióxido de carbono, hidrógeno y nitrógeno fueron seguramente los primeros. Otros gases, entre ellos el metano y el vapor de agua, llegaron a la superficie por medio de los procesos volcánicos e ígneos, quizás también en cometas, y a medida que la Tierra se enfriaba, el vapor de agua volvía a convertirse en agua líquida.

Cuando la superficie estaba lo bastante fría, el agua empezó a acumularse en las depresiones hasta formar los primeros océanos entre 4.000 y 3.600 Ma. ya en el Arcaico.



## MINERALES NATURA S.L.

CIENCIAS NATURALES  
Pedro Anibal - Alvarez

*Minerales - Fósiles - Conchas Marinas - Insectos  
Mariposas - Colecciones Escolares - Gemoterapia*

TIENDA: Escalinata, 9 (Metro Opera) - Tfno./ Fax: 91 541 12 46 - 28013 MADRID  
ALMACEN: Escalinata, 8 (Metro Opera) - Tfno./Fax: 91 541 12 46 - 28013 MADRID

## Período Arcaico o Arqueozoico (3.960 – 2.500 Ma.)

Es el segundo periodo de la era Agnostozoica. Sus rocas hoy constituyen la parte fundamental e inferior de la corteza terrestre, y su formación le dió al planeta un primer aspecto de continuidad formando alrededor del globo una envoltura sólida ininterrumpida que solo es hoy visible en los terrenos no recubiertos por formaciones sedimentarias o eruptivas posteriores (las cuales cubren hoy la mayor parte de la superficie terrestre) y constituye la primera «costra» del planeta.

En rasgos generales, dentro de los terrenos Arcaicos podemos distinguir dos grandes grupos:

1) Terrenos de metamorfismo intenso (Gneises Granulíticos): afloramientos graníticos en forma de domo y formaciones de hierro bandeado

2) Terrenos de metamorfismo ligero (Cinturones de Rocas Verdes): son sucesiones de rocas volcánicas y posteriormente sedimentos algo metamorfizados y que aparecen en forma alargada de estructura sinclinal entre las que aparecen intercalados los domos mencionados anteriormente

Aunque no está del todo demostrado, se ha propuesto que ambos tienen génesis similares, pero los primeros han sufrido una deformación y metamorfismo mucho mayores.

Sabemos que durante este período tuvieron lugar varias orogenias, una entre 3700 y 3590 Ma., otra entre 3040 y 2890 Ma. y finalmente la orogenia Kenósica, de la que se conocen dos fases y fue provocada por la colisión y deformación de varias de las microplacas además de Gondwana y Norteamérica. El final de esta orogenia marca a su vez el fin del Arcaico.

Unas de las muestras más antiguas de rocas Arcaicas que conocemos están en los gneises de Acasta en el Noroeste de Canadá y tienen una edad de 4.030 Ma. Es decir, que son posteriores en unos 400 Ma. al proceso de cristalización del supuesto mar de magma primordial y por su composición química estamos razonablemente seguros de que no proceden de ese evento.

En la costa Sur de Groenlandia aflora una sucesión de rocas que proporcionan información muy interesante sobre los primeros tiempos de nuestro planeta y quizás de nuestra biosfera. Aunque la serie está muy afectada por rocas magmáticas posteriores y

además fuertemente deformada y metamorfizada, hay partes de la roca que se han preservado tan bien, que nos permiten aún identificar su origen sin apenas dudas. Sabemos que la mayoría de las rocas del Cinturón de Isua derivan de antiguas rocas volcánicas submarinas. El resto en su mayor parte son rocas sedimentarias también marinas. Hay dos tipos especialmente interesante entre estas rocas de origen sedimentario: unos esquistos que parecen provenir de rocas con un origen marino profundo y las Formaciones de Hierro Bandeados, anteriormente mencionadas y conocidas habitualmente como BIF, acrónimo de su nombre en inglés: «Banded Iron Formations». Las Formaciones de Hierro Bandedo están formadas por la alternancia de capas, a veces miles de ellas, de óxidos de hierro y sílice que se llegan a extender lateralmente durante cientos de kilómetros. Son especialmente interesantes en el estudio de la Tierra y la biosfera antiguas, entre otros motivos porque aparecen predominantemente en el Arcaico y Proterozoico, desapareciendo casi por completo posteriormente. Aunque se discute su génesis y significado, su origen sedimentario marino es indudable, por lo que los Hierros Bandeados de Isua constituyen la roca sedimentaria más antigua que conocemos de la Tierra. También hay quien piensa que fueron las cianobacterias las que ayudaron a la creación de estas formaciones al liberar el oxígeno tras un proceso de oxidación de rocas férricas (magnetita y hematites). Las dataciones de estos BIF nos ofrecen edades de entre 3.850 y 3.760 Ma. Por tanto, el conjunto de los esquistos marinos y los BIF de Isua nos proporcionan la primera prueba directa de que hace unos 3.800 Ma. la Tierra ya tenía claramente una hidrosfera líquida en cuyo fondo se producía una sedimentación tranquila.

Pero además, es posible que estos primeros testigos de nuestra hidrosfera lo sean también de nuestra biosfera. Los esquistos marinos profundos de Isua con 3.700 Ma. muestran una prueba química de actividad biológica.



*Los Hierros Bandeados de Isua (Groenlandia): las rocas sedimentarias más antiguas*

ca: una anomalía isotópica en su carbono.

Los isótopos de carbono de una roca pueden resultar una evidencia de actividad biológica (los llamados «quimio-fósiles»), y son una prueba universalmente aceptada por la comunidad científica. Los debates suelen venir por la posibilidad de que el carbono de origen orgánico haya entrado en la roca posteriormente a su formación, de modo que la actividad biológica detectada no sea tan antigua como la roca. Un debate similar existe alrededor de la posibilidad de que ciertos minerales, los apatitos de los Hierros Bandeados de Isua, tengan una anomalía isotópica de carbono producto de actividad biológica hace más de 3.800 Ma.

Teniendo en cuenta el dato de los esquistos (y con la duda del dato de los BIF) las rocas sedimentarias de Isua pueden estar diciéndonos que la vida se originó en nuestro planeta muy al principio de su historia. ¡De hecho sólo unos cientos de Ma. después de que la Tierra fuera una bola de magma incandescente! Pero además, esta biosfera de 3.700-3.800 Ma. debería tener cierto grado de madurez, de otra forma sería demasiada casualidad que los primeros sedimentos que encontramos ya contengan su huella. Si fuera cierto que la vida hubiera aparecido tan pronto en la historia del planeta habría posibilidades de que lo mismo hubiera podido suceder en Marte. Recientes estudios de meteoritos datan en cerca de 4.000 Ma. el tiempo de ultracongelación marciana, pero ¿y antes? ¿pudo la vida haber brotado brevemente tras el periodo de consolidación planetaria marciana y antes de la congelación?

Pero este escenario de una Tierra con una hidrosfera líquida hace más de 3.800 Ma. (y según los circones desde hace más de 4.400 Ma) en la que ya había aparecido la vida, paradójicamente choca frontalmente con una de las historias que aprendimos en las misiones Apolo a la Luna: la de Gran Bombardeo Meteorítico Terminal.

Cuando se estudiaron las muestras traídas a la Tierra por los astronautas de las misiones Apolo, se descubrieron en ellas una gran cantidad de fundidos de impacto. Mostraban que la superficie de nuestro satélite debió sufrir altas tasas de grandes impactos meteoríticos hasta hace unos 3.900-3.800 Ma. Para explicar estos datos, confirmados posteriormente tras el estudio de meteoritos de origen lunar, se propusieron dos hipótesis: bien que el flujo de cuerpos impactantes se mantuvo muy alto desde el origen hasta los 3.900 Ma., o bien que hubo un «pico» en la tasa de impactos hace 3.900 Ma. (el Bombardeo Terminal).

La falta de fundidos de impacto con edades superiores a 3.920 Ma. parece sostener el relato de un periodo corto pero intenso de bombardeo meteorítico hace unos 3.900 Ma. Implicaría que entre 4.400 y 4.000 Ma. las cosas fueron relativamente tranquilas, para ponerse verdaderamente feas después.

El porqué de este episodio de fuerte bombardeo meteorítico en ese momento no está muy claro. Pero sea cual sea la explicación, es evidente que la cercanía de la Luna a nuestro planeta hizo que participara del mismo «fusilamiento». A partir del tamaño de los enormes cráteres que estos objetos produjeron en la superficie lunar y que cualquiera puede observar a simple vista, se ha estimado que los cuerpos impactantes podrían tener hasta cientos de kilómetros de diámetro. Un objeto de 200 km impactando contra la Tierra a la velocidad que viajan estos cuerpos podría descargar tal cantidad de energía en su impacto que haría hervir la zona fótica, los 200 metros más superficiales de todos los océanos terrestres. Uno de 500 km pondría en ebullición los océanos completos, además de generar una «atmósfera» de vapor de agua y roca vaporizada a 1.700 C que podría persistir durante miles de años. Desde luego un panorama nada propicio para una incipiente vida terrestre.

Si las rocas de Isua tienen más de 3.800 Ma. deben ser contemporáneas de este Gran Bombardeo Meteorítico Terminal. Sin embargo, las rocas sedimentarias marinas preservadas no muestran los efectos esperados en eventos de esta magnitud. Al contrario, parecen haberse depositado de manera tranquila en un fondo marino que no sufrió «sobresaltos».

O bien las rocas de Isua son algo excepcional o quizás están equivocadas nuestras dataciones y no son tan antiguas, o puede quizás que no entendamos aún bien el Gran Bombardeo Meteorítico Terminal y sus posibles efectos. De aquel pasado nos queda poca cosa. Intentar reconstruir los primeros pasos de nuestro planeta y su biosfera a partir de unos cuantos granos minerales o de unas rocas deformadas en un remoto rincón de Groenlandia es un reto difícil. Pero eso lo hace todavía más fascinante.

Recientemente, algunos experimentos realizados por N. Dauphas, de la University of Chicago, han confirmado la naturaleza de algunas de estas rocas encontradas en Groenlandia, las cuales podrían contener la primera evidencia de vida sobre la Tierra.



Las muestras estudiadas habían sido hasta ahora muy controvertidas. Algunos científicos, como ya hemos comentado, habían propuesto que dichas rocas contenían rastros de vida que hacían retroceder el registro biológico en la Tierra hasta hace 3.850 millones de años. Otros, en cambio, negaban este extremo, argumentando que las rocas habían existido originalmente en estado fundido, una condición inapropiada para la preservación de evidencias de vida. Pero Dauphas ha mostrado sin ningún tipo de ambigüedad que las rocas son sedimentos que fueron depositados en el fondo de un océano.

Hasta muy recientemente, los microfósiles más antiguos conocidos aunque no por ello menos controvertidos, eran los procedentes de Australia, datados en más de 3.400 millones de años. Los científicos han desviado ahora seriamente su atención hacia Groenlandia, hacia estas pistas de actividad biológica bastante más primitiva.

La reciente controversia alrededor de las rocas de Groenlandia procede de los cambios metamórficos que sufrieron a lo largo de la larga historia de la Tierra. En su enterramiento, fueron sometidas a altísimas presiones y temperaturas, que modificaron completamente su química y mineralogía. Los científicos encontraron problemas para determinar si eran ígneas o sedimentarias. Sólo las rocas sedimentarias podrían preservar evidencias de vida.

La cuestión quedó finalmente resuelta con el uso de un espectrómetro de masas de última generación, instalado en el Field Museum. Con él se midieron con una alta precisión los isótopos del hierro preservados en las rocas de la costa sudoeste de Groenlandia y de la isla Akilia. Las variaciones en tales isótopos nos informaron sobre el tipo de proceso que formó cada roca, otorgándoles un origen sedimentario. Todas las rocas ígneas de la Tierra tienen una composición isotópica del hierro bastante semejante. En cambio, las procedentes de Groenlandia tienen una gran variación.

Una vez verificado el origen sedimentario, falta averiguar si efectivamente contienen evidencias de vida primitiva o no. Las primeras pistas, aunque circunstanciales, dicen que sí. Son rocas antiguas que han sido oxidadas. Pero la atmósfera en la Tierra primitiva tenía mucho menos oxígeno que en la actualidad. ¿De dónde procedía este gas? La posible respuesta nos lleva a pensar en los primeros indicios de fotosíntesis, un proceso químico que señala la presencia de ciertas bacterias.

Los terrenos arcaicos contienen dos asociaciones rocosas principales: una muy metamorfozada y otra de escaso metamorfismo, a la que pertenecen los «greenstones» o rocas verdes, en su mayoría originadas entre los 2.800 y los 2.600 Ma., y que se conocen principalmente en Sudáfrica, Rhodesia, Australia Occidental, Canadá, Estados Unidos de América, India y Finlandia. Estratigráficamente, en las Rocas verdes se reconocen tres unidades:

**1-Basal**, de lavas máficas y ultramáficas

**2-Media**, de andesitas y vulcanitas silíceas de tipo calco-alcalino

**3-Superior**, de conglomerados, areniscas, turbiditas, depósitos ferríferos, ftanitas (cherts) y calizas precipitadas químicamente. Estas rocas contienen gran riqueza de oro, plata, cromo, níquel, cobre, hierro y zinc.

Los datos paleomagnéticos indican que la primitiva corteza terrestre del Arcaico ya estuvo sometida a los procesos de las derivas continentales.

Tanto los terrenos de Gneises Granulíticos, como los Cinturones de Rocas Verdes, nos aportan pistas para entender cómo eran la dinámica interna y el medio ambiente de la Tierra joven y para saber si el planeta disipaba su enorme calor interno a través de una Tectónica de Placas o ésta comenzó después. Intentar utilizar las pruebas «clásicas» de la Tectónica de Placas en las rocas Arcaicas es especialmente difícil debido a que no quedan fondos oceánicos de esa antigüedad y es muy difícil reconstruir la historia de los fragmentos continentales.

Los geólogos extienden el Periodo Arcaico desde estas rocas más antiguas hasta hace unos 2.500 Ma. lo cual representa el 45% del tiempo de la Tierra. A lo largo de ese periodo van a suceder importantes cambios y transformaciones. La Tierra se irá convirtiendo, poco a poco, en el tipo de planeta que ahora conocemos, y este período, el Arcaico, lo podemos considerar en términos coloquiales como la «juventud» de la Tierra.

Ya hemos comentado también la pequeña cantidad de rocas Arcaicas que quedan en la superficie terrestre. Si observamos el mapa de los afloramientos Arcaicos incluido al principio del artículo comprobaremos también lo remotas y dispersas que están sus localizaciones.



Ambas cosas hacen que el estudio de la Tierra Arcaica sea especialmente complicado. Pero, si queremos entender la evolución de la Tierra, por qué ha llegado a ser cómo es y sobre todo, si queremos reconstruir los inicios de la biosfera, su estudio es imprescindible.

Las rocas de origen interno, como por ejemplo las volcánicas, nos ofrecen algunas pistas sobre cómo era el interior terrestre en el Arcaico. La más importante en el Arcaico es la abundancia, y posterior escasez, de un tipo especial de roca volcánica: las «komatiitas». La composición y textura de estas rocas indican que se emitieron a la superficie a unos 1.700°C, mientras que los magmas basálticos actuales lo hacen a unos 1.250 °C. Esto parece implicar un manto superior Arcaico mucho más caliente que el de la Tierra actual. Como el espesor de la litosfera depende de la temperatura del manto, debemos suponer que en el Arcaico la litosfera terrestre era mucho más delgada y caliente que la actual.

Se ha sugerido que esto podría ser motivo de imposibilidad de subducción en el Arcaico, que una litosfera insuficientemente rígida y densa no podría hundirse hacia el interior del manto. Las implicaciones de la posible inexistencia de subducción son enormes, tanto para la dinámica interna del planeta, como posiblemente también para su medio externo. En primer lugar parece que actualmente es el efecto de las placas subducentes lo que produce el movimiento litosférico. Por lo que, sin subducción, podría no haber movilidad litosférica. Pero además, la litosfera oceánica, al subducirse en el manto, libera en éste gran cantidad de componentes volátiles, lo que a través del tiempo geológico ha motivado un cambio de su composición. Esto puede influir notablemente en el medio ambiente del planeta a través de la composición de los gases emitidos por los volcanes, cuyo magma se forma en el manto. Tanto es así que se ha llegado a sugerir que el inicio de una atmósfera oxidante en la Tierra a finales del Arcaico puede estar relacionado con modificaciones en el manto terrestre debidas a la subducción.

Y respecto del resto de las rocas Arcaicas sabemos poco. Por un lado, el análisis del tipo de deformaciones que presentan las zonas Arcaicas parece hablar de importantes compresiones, como las que aparecen en las cadenas montañosas actuales, pero a diferencia de estas, las Arcaicas no están localizadas en zonas lineales, sino afectando a todo el conjunto. Esta fuerte compresión horizontal debe implicar algún tipo de choque entre masas litosféricas que se deforman al colisionar. Además, los datos

paleomagnéticos demuestran desplazamientos de miles de kilómetros de las rocas en el Arcaico. Estos datos, junto con la alta temperatura a la que debía estar la litosfera Arcaica, hace que para esta época se proponga una Tectónica de Microplacas. Éstas se deformarían en su conjunto al chocar entre sí, y no sólo en sus bordes como las placas actuales. Este proceso parece implicar una subducción que vaya haciendo desaparecer la litosfera oceánica según colisionan las microplacas. De hecho, en algunas zonas Arcaicas aparecen conjuntos de rocas volcánicas submarinas y diques que han sido interpretados como posibles ofiolitas, es decir, como fragmentos de corteza oceánica «pinzados» en el choque. Por tanto, parece que nuestro planeta ha desarrollado un sistema de pérdida de su calor interno a través del movimiento y reciclado de su «costra» litosférica prácticamente desde el principio de su historia, con sólo pequeñas variaciones debidas al espesor y rigidez de esa litosfera.

Hemos mencionado la existencia de datos paleomagnéticos en las rocas Arcaicas. Esto implica que la Tierra poseía un campo magnético activo ya en esa época. La existencia de este campo magnético no es sólo interesante desde el punto de vista interno, ya que demuestra que el núcleo metálico estaba en convección, sino sobre todo para el medio externo del planeta. Un campo magnético planetario, además de proteger la erosión de la atmósfera por el viento solar, es un «escudo» que desvía las partículas solares cargadas que de otro modo alcanzarían la superficie.

Las rocas que nos dan más información sobre el ambiente externo son las sedimentarias. Pero desgraciadamente las rocas sedimentarias más características del Arcaico son las mencionadas BIF's, de discutido origen y significado ya que se trata de depósitos que no se forman en la actualidad. Los BIF's, junto con otras rocas sedimentarias de la época, como por ejemplo la pirita en depósitos sedimentarios, se han interpretado clásicamente como la prueba de una atmósfera reductora en el Arcaico, la cual se habría «cargado» de oxígeno posteriormente a lo largo del Proterozoico. Pero hemos encontrado otras pruebas fehacientes de la presencia del agua, y por tanto oxígeno, en el Arcaico. Ciertos conglomerados de cantos rodados gneisificados de Finlandia señalan se formaron, como los actuales, por el batir del oleaje en la costa o por el transporte de las corrientes fluviales. Además, en algunas areniscas de esta época se ha detectado la estratificación cruzada característica de los depósitos torrenciales. De este periodo datan también los depósitos de uranititas (3.300-2.500 Ma.)



Tenemos indicios de que la vida debió de nacer en este período. Los primeros vestigios de vida pluricelular se encuentran en las pizarras del Báltico y las ya mencionadas y discutidas de Groenlandia. Los primeros están formados por unas pequeñas bolas carbonosas denominadas *Corycium enigmáticum*, consideradas como un alga primitiva.

Hace unos 3.500 Ma. hicieron aparición las primeras bacterias y las algas cianofíceas y con ellas el inicio de la fotosíntesis. Este proceso fue el inicio del aumento del oxígeno en nuestra atmósfera, el cual fue creciendo lentamente hasta llegar al 20% hará unos 2200 Ma. (en el Proterozoico) Esta cantidad desde entonces no ha variado sustancialmente.

La transición entre el Arcaico y el Proterozoico está marcada por uno de los grandes enigmas de la geología actual, un acontecimiento único en la historia de la Tierra que aún no sabemos cómo explicar: la brusca formación de más de la mitad de la corteza continental terrestre.

### **Período Proterozoico (2.500 – 545 Ma.)**

El Proterozoico es el tercer periodo de la época Agnostozoica, y tiene lugar después del Arcaico. De este periodo se conocen ya indudables registros de vida.

En los terrenos Arcaicos ya hemos encontrado rocas de probable origen continental como los granitos. Pero es al final de este periodo cuando, en un intervalo entre 2.800 y 2.500 Ma. aproximadamente, se generan, debido a algún proceso que aún no ha sido explicado, enormes cantidades de rocas magmáticas continentales. Aunque existen discrepancias respecto a la cantidad de corteza continental creada en este periodo, la mayoría de los autores están de acuerdo en que supera el 50% y puede llegar hasta el 80%.

Los materiales rocosos se presentan menos metamorfizados, y las pizarras cristalinas dominan a los gneis. Existen también calizas cristalinas, cuarcitas y pizarras arcillo-silíceas, sin duda de origen sedimentario. Se encuentran también rocas eruptivas: diabasas, basaltos y pórfidos, siendo menos frecuentes los granitos intrusivos.

Este nacimiento de la mayoría de los continentes terrestres coincide en el tiempo con la aparición de unas rocas nuevas, también continentales, pero sedimentarias: las capas rojas. El análisis de estas rocas indica que se trata de sedimentos depositados por ríos en ambientes continentales, pero sobre todo que la atmósfera

ya contenía cantidades apreciables de oxígeno. Y es que el color rojo de estas areniscas proviene de su abundancia en minerales de óxido de hierro, los cuales sólo pueden formarse en una atmósfera oxidante. La aparición de estas capas rojas en los continentes, junto con la desaparición en los sedimentos de minerales reducidos como la pirita, se ha interpretado tradicionalmente como el paso de una atmósfera reductora en el Arcaico a una progresivamente oxidante en el Proterozoico. Sin embargo, como veremos en detalle más adelante, esta interpretación se pone en evidencia en base al debate existente sobre la naturaleza de la atmósfera Arcaica. Una interpretación alternativa propone que la aparición de las capas rojas en este época no está relacionada con cambios en la atmósfera, sino que no es más que un reflejo del aumento de la superficie de los continentes.

Pero además, la transición Arcaico-Proterozoico coincide con la aparición de rasgos geológicos, como grandes fracturas, enjambres de diques o cinturones lineales de deformación, que indican ya una litosfera más rígida que se rompe en grandes placas. Hemos pasado progresivamente de la tectónica de microplacas del Arcaico a las grandes placas rígidas que conocemos en la actualidad. También sabemos que esta transición refleja un momento de gran disminución del calor radiogénico, lo que derivó en una mayor estabilidad y menor importancia de las deformaciones tectónicas y el metamorfismo. Así, las rocas volcánicas en su mayoría se redujeron a basaltos toleíticos, andesitas, riolitas y piroclastitas, mientras que las rocas sedimentarias adquirieron mayor preponderancia y se acumularon en cuencas en constante ampliación, constituyendo depósitos de gran espesor, dado que la corteza ya era suficientemente espesa y rígida para soportarlos.

A partir de este momento, gracias a los datos geológicos y paleomagnéticos, la reconstrucción de los movimientos de los continentes, con sus choques y separaciones, se va haciendo cada vez más nítida. A mediados del Proterozoico (1.800 Ma) ya se propone la aparición del primer gran continente por el choque de dos masas continentales de la época: Laurentia (Norteamérica) y Báltica (Escandinavia y Rusia).

Este gran continente se rompe unos cientos de millones de años después, a juzgar por el intenso vulcanismo que se encuentra en toda esa zona. Tiempo después, a finales del Proterozoico, aparece el primer Supercontinente: Rodinia, entre 1.100 y 700 Ma. La presión lateral continental tendía a hacer que los bordes orientales, occidentales y australes se deslizaran radialmente hacia las aguas del



Océano que rodeaban esta masa de tierra. La presión continental se compensó de tal manera que no se produjo una ruptura en la orilla oriental de este antiguo continente, sino que desde entonces, esa línea costera oriental se cierne sobre el precipicio de las profundidades oceánicas adyacentes (simas del Pacífico). Posteriormente, al final del Proterozoico (570 Ma.) las masas de tierra emergida se separaron y formaron los continentes de Laurasia (que incluye lo que hoy es Groenlandia, Norteamérica, Gran Bretaña y probablemente Siberia y no confundir con Laurentia) y Gondwana (que incluye Sudamérica, África, India, La Antártida y Australia con deriva Sur) y se formó entre medias un mar que llamamos Yapetus o Iapetus.

Es evidente que cada colisión debió de provocar a su vez su correspondiente orogenia. Así conocemos:

-Orogenia Transamazónica (2.000 Ma.) que afecta a Sudamérica y Norte de África.

-Orogenia Hudsoniana (1.850-1.650 Ma.) donde colisionan las placas del escudo Canadiense y Europa.

-Orogenia Karélida coincidente en tiempo con la anterior y donde colisionan Europa, Norteamérica y Gondwana

-Orogenia Grenville (1.200-1.000 Ma.) como consecuencia de la colisión de Europa, Norteamérica y Gondwana. Es la más importante y grande del Precámbrico, con alcances de 1.000 km. de ancho por 5.000 km. de largo

-Orogenia Panafricana (con dos fases 675-620 Ma. y 620-575 Ma.) que vuelve a unir las partes de Gondwana y es equivalente a las orogenias Cadoviense y Avaloniense.

Existen fuertes discrepancias al reconstruir las posiciones de las masas continentales, aunque parece claro que todos los núcleos continentales debieron chocar en esa época formando un gran supercontinente en latitudes bajas. Sin embargo, no disponemos de la ayuda de una de las mejores herramientas para las reconstrucciones continentales antiguas: los fósiles. Y es que durante la mayor parte del Proterozoico la biosfera no nos va a mostrar grandes cambios respecto a lo que ya había en el Arcaico. Las bacterias van a dominar la Tierra durante la mayor parte de su historia, desde su inicio hasta el final del Proterozoico, donde se va a producir uno de los mayores saltos evolutivos conocidos, la gran «explosión» de vida del Cámbrico.

Pero centrémonos ahora en otra interesante parte de la historia Proterozoica: su clima.

Sobre estas masas continentales Proterozoicas que viajaban por la superficie planetaria, se depositaron ciertas rocas que nos cuentan una de las historias más sorprendentes de la Tierra Proterozoica, ya que contienen las evidencias de las primeras glaciaciones en la Tierra.

Las glaciaciones son los periodos de la historia de la Tierra en los que existen casquetes de hielo permanentes bien desarrollados que llegan incluso hasta el nivel del mar. En este sentido la Tierra está pasando ahora por una glaciación, y sabemos que dentro de éstas hay momentos de avance y retroceso de los hielos, como el que estamos viviendo actualmente. Su existencia en el pasado se reconoce por la presencia de un tipo de roca sedimentaria especial: las tillitas, que se forman por el efecto erosivo y de transporte del hielo.

Hacia el inicio del Proterozoico (2.300 – 2.200 Ma.) y durante la Glaciación Huronienese aparecen las primeras tillitas en el registro sedimentario, encontradas en Canadá, Suráfrica y Australia, con la peculiaridad de que si estamos interpretando bien los datos paleomagnéticos, éstas se habrían formado a bajas latitudes, es decir, nos estarían hablando de grandes glaciares tropicales. Algunos autores echan la culpa de este primer episodio frío reconocido en la Tierra a los efectos que causó la aparición del oxígeno atmosférico. Pero este importante episodio glaciario queda empequeñecido si lo comparamos con lo que sucedería hacia el final del Proterozoico, hace unos 850 – 600 Ma.: es la Tierra Blanca.

Los paleoclimatólogos conocen como la Tierra Blanca a la glaciación ocurrida en ese momento (o Glaciación Véndica) porque la aparición de tillitas es universal. El registro parece indicar que los continentes estaban enteramente cubiertos de hielos (hay tillitas en África, Norteamérica y Sudamérica, Groenlandia, Europa, Asia, Australia y la Antártida), y se ha propuesto que se pudieron llegar a cubrir de hielo también los océanos. Además, el centenar largo de datos paleomagnéticos de esas tillitas indican que todos esos continentes estaban situados a bajas latitudes, siempre menores de 60°, lo que de nuevo nos está indicando grandes glaciares continentales en latitudes tropicales. Y lo que es quizás aún más sorprendente, intercaladas con estos sedimentos de origen glaciario aparecen calizas, que son rocas sedimentarias que se forman en ambientes cálidos. Por tanto,



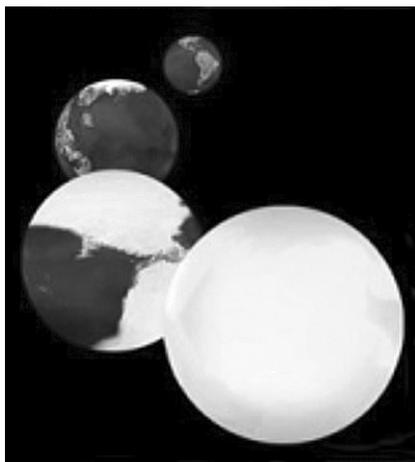
hay que explicar no sólo cómo la Tierra puede quedar cubierta por hielos casi por completo, sino cómo pueden alternar en poco tiempo estos periodos extremadamente fríos con otros cálidos.

Hay estudios recientes además de dos teorías principales que compiten por explicar este extraño periodo climático. Los estudios recientes nos proponen que hubo hasta cuatro glaciaciones precámbricas durante el Neoproterozoico, cada una de ellas de entre tres y doce millones de años de duración (se han encontrado pruebas de dos y se sospechan otras dos). Recientes estudios de las universidades de Viena y Witwatersrand (Sudáfrica) hacen pensar que la razón de estas glaciaciones fue el bombardeo de polvo interplanetario con gran contenido de iridio. También hay estudios del Instituto de Astrobiología de la NASA que proponen que la acumulación de polvo interestelar en la atmósfera durante el encuentro de nuestro sistema solar con una densa nube espacial ocasionó un cambio climático radical y de una extinción global. El paso a través de dichas nubes podría haber provocado glaciaciones globales. Otra posibilidad es que nubes moleculares, no tan densas, habrían permitido que partículas cargadas pudieran penetrar en la atmósfera terrestre, destruyendo buena parte de la capa protectora de ozono y ocasionando con ello extinciones de índole también global. Según los modelos informáticos, la acumulación de polvo interestelar en la atmósfera durante la inmersión de nuestro sistema solar en una densa nube espacial pudo ocasionar un cambio climático radical. Alex Pavlov, de la Universidad de Boulder en Colorado (EEUU), propone que la capa de polvo, flotando en la atmósfera, habría absorbido y dispersado la radiación solar, permitiendo sin embargo que el calor escapara desde la superficie. En poco tiempo, se acumularía hielo en esta última con la consecuencia de una glaciación que convertiría a todo el planeta en una auténtica bola gigante de nieve y hielo.

Otra teoría, y minoritaria actualmente, propone que el eje de rotación terrestre pudo haber sufrido inclinaciones bruscas desde sus 23° actuales, hasta más de 60°. En esos momentos de alta oblicuidad del eje, las latitudes bajas recibirían mucha menos radiación solar, situación que podría explicar la localización tropical de los glaciares en el final del Proterozoico. Aunque la mayoría de los investigadores admiten que los movimientos de los planetas, como el cabeceo de sus ejes de rotación, pueden ser caóticos, en

el caso de la Tierra parece que la presencia de un satélite de gran tamaño como es la Luna «ancla» y estabiliza el movimiento.

Otra hipótesis se basa en la posición de los continentes. La situación de las masas continentales en esa época en latitudes ecuatoriales podría desencadenar varios procesos geológicos que desembocaron en una gran glaciación. El principal sería un aumento de la alteración química de las rocas de la superficie debido a las altas temperaturas de las zonas tropicales en las que se encontraban los continentes. Esta alteración química consume mucho CO<sub>2</sub> atmosférico, que para esa época debía ser uno de los principales gases de efecto invernadero de la atmósfera. Este rápido «secuestro» por las rocas del CO<sub>2</sub> atmosférico provocaría un descenso de las temperaturas, formándose los primeros glaciares en los continentes ecuatoriales. Esto dispararía la glaciación, ya que el hielo refleja prácticamente toda la radiación solar. De esta forma se produciría una retroalimentación del proceso, desencadenándose la



glaciación.

También se ha propuesto que a este secuestro masivo de CO<sub>2</sub> atmosférico podría haber ayudado a la existencia de varios mares someros ecuatoriales entre las masas continentales. En ellos un aumento explosivo de organismos fotosintéticos y el consiguiente enterramiento de gran cantidad de materia orgánica habría contribuido a reducir también el CO<sub>2</sub> atmosférico. Pero además, como hemos comentado, parece que este episodio frío fue seguido rápidamente por una etapa cálida. La explicación propuesta «culpa» a la actividad volcánica terrestre, en concreto al CO<sub>2</sub> que ésta emite. Como la mayoría de los ciclos biogeoquímicos que consumen CO<sub>2</sub> habrían quedado interrumpidos por el hielo, el CO<sub>2</sub> emitido por los volcanes se acumularía en la atmósfera, produciendo un rápido aumento del efecto invernadero y por tanto de las temperaturas. Con altas temperaturas, y continentes en posición ecuatorial, se desencadenaría de nuevo una gran alteración química en los continentes, que reduciría el CO<sub>2</sub> atmosférico, etc....

Esta rápida alternancia de periodos extremadamente fríos (la Tierra Blanca) y otros de gran aumento de las temperaturas, puede sonar improbable, pero el registro geológico nos habla de las ya mencionadas cuatro glaciaciones

ocurridas entre los 750 y los 580 Ma. atrás. Probablemente fue el efecto de la Tectónica de Placas el que alejó las masas continentales del Ecuador acabando con estos ciclos.

Aunque no hay acuerdo sobre si esta glaciación «disparada» llegó a cubrir de hielo por completo los océanos, o quedaron algunas zonas marinas sin helarse, lo que es cierto es que esta época de grandes cambios de temperatura alternantes, debió ser un tiempo especialmente difícil para la biosfera. Se ha propuesto que esta época de «stress» fue uno de los causantes de

uno de los capítulos más intrigantes de la historia de la vida: la brusca aparición de los animales que proliferaron durante los períodos que dieron lugar a la «fauna Ediacara» y a la «explosión del Cámbrico». La aparición de esta primera fauna «compleja» que deja restos fósiles fácilmente identificables marca el comienzo del Fanerozoico. Sabemos que durante la última glaciación tuvo lugar una extinción masiva seguida de la aparición de los primeros animales predecesores de la explosión Cámbrica y también la de los primeros artrópodos al final de la misma.

## Esquema del Proterozoico

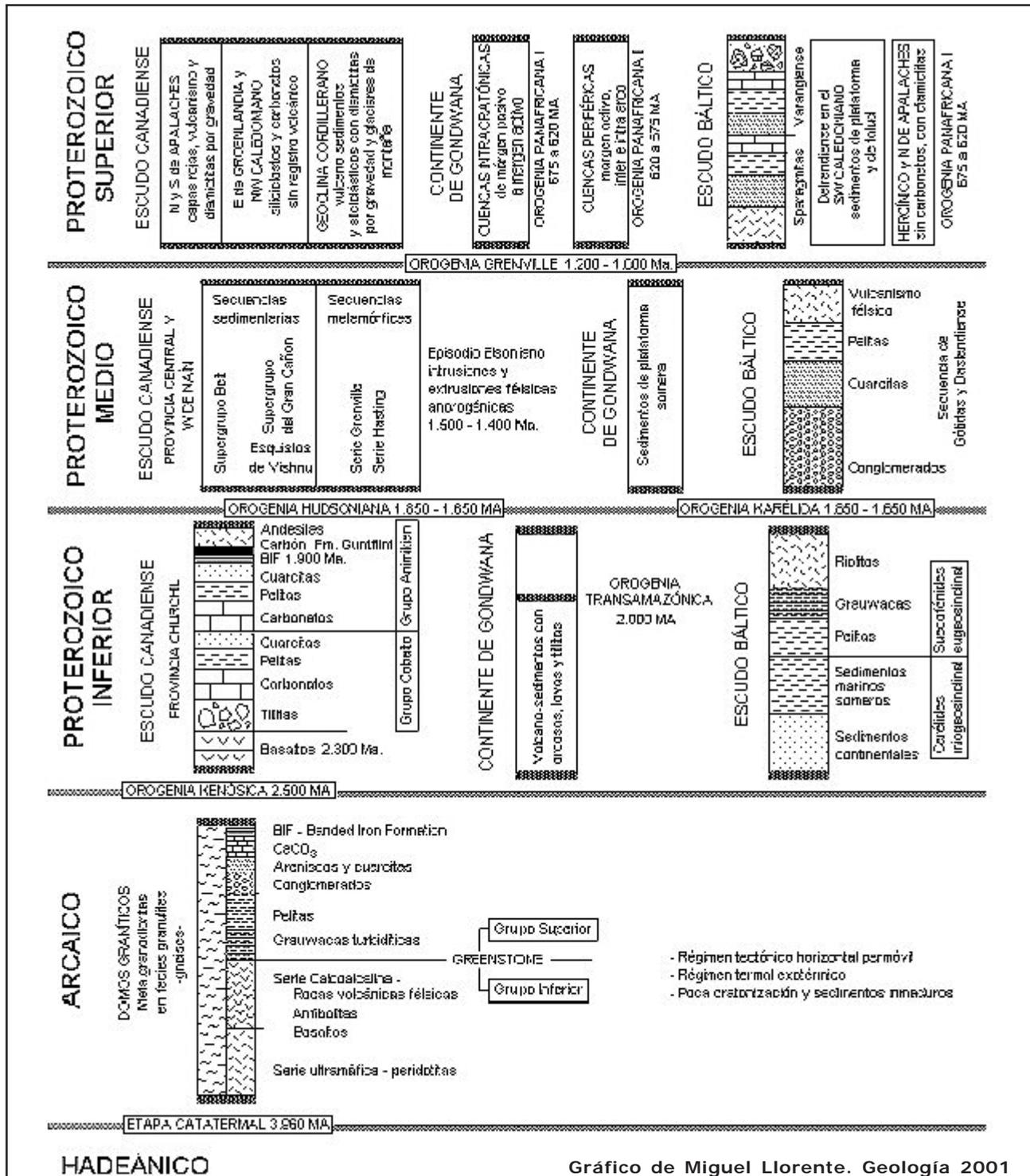


Gráfico de Miguel Llorente. Geología 2001



# Introducción a los Braquiópodos: familia Pygopidae

Autor: Pablo A. Garcia Gil

Fotografía: Amaya Velasco Arquero

## Introducción

Los braquiópodos son organismos invertebrados dotados de una estructura especial (el lofóforo), que realiza funciones alimentarias, respiratorias y excretoras. Son exclusivamente marinos y viven sobre o dentro del sustrato. Su cuerpo está confinado en una concha que está formada por dos valvas las cuales pueden estar unidas por dientes y alvéolos entrecruzados (son los articulados), o simplemente por músculos (inarticulados).

Al principio se les consideró un tipo de moluscos bivalvos pero, más tarde, se vio que eran organismos independientes debido a una serie de características que les diferencian. Este artículo explica esas características.

## La concha

Los braquiópodos son invertebrados marinos micrófagos (filtradores) que poseen una concha bivalva y que generalmente viven fijos al sustrato por un pedúnculo musculoso. Poseen simetría bilateral según un plano vertical perpendicular al plano de la comisura mientras que los bivalvos poseen el plano de simetría si-

tamaño y en su extremo posterior presenta un orificio al exterior (el foramen) por el que sale un pié musculoso (el pedúnculo) con el que se adhiere al sustrato. En los braquiópodos articulados también se encuentra en esta valva una pequeña estructura (el deltidium) formada por unas placas que limitan el orificio de salida del pedúnculo, y que tiene gran importancia para la sistemática de estos organismos.

Las valvas se abren mediante un complejo sistema muscular, lo que permite la entrada de agua, para que ésta sea filtrada y se produzca el intercambio de gases. Sin embargo, el movimiento de las valvas de los braquiópodos es mucho más reducido que en los bivalvos.

El movimiento de apertura y cierre de las valvas se efectúa mediante los músculos aductores y diductores respectivamente. También poseen músculos pedunculares para la contracción del pedúnculo. Todos estos músculos se insertan en ambas valvas.

Los braquiópodos más antiguos que aparecen en el registro fósil son los inarticulados. En estos, ambas valvas están sencillamente sujetas por los músculos sin existir una "bisagra". Esto

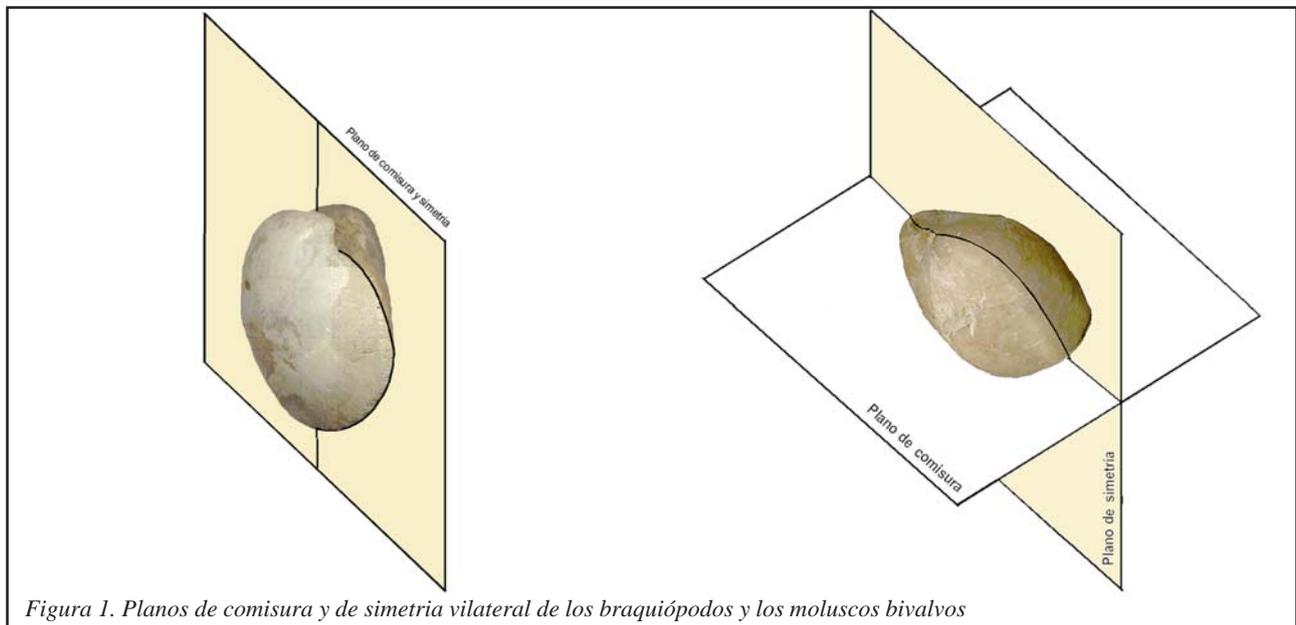


Figura 1. Planos de comisura y de simetría vilateral de los braquiópodos y los moluscos bivalvos

tuado entre las valvas (figura 1). Debido a esto, en los bivalvos se habla de valva izquierda y derecha mientras que en los braquiópodos, las valvas se denominan valva dorsal y ventral. La valva dorsal o braquial es generalmente más pequeña y en su interior lleva adherida el braquidio que es el esqueleto que da soporte a un órgano llamado lofóforo. Se explicará más adelante las funciones de este órgano.

La valva ventral o peduncular es de mayor

hace que además de los movimientos de apertura y cierre, estos braquiópodos puedan realizar movimientos transversales de las valvas. En los braquiópodos más evolucionados, los articulados, sí existe esa "bisagra" llamada charnela, formada por dos dientes de la valva ventral doblados hacia los lados y que encajan en sendas fosetas de la valva dorsal. Las valvas de estos braquiópodos no pueden soltarse sin romperse, por lo cual en los fósiles, casi siempre se encuentran unidas.



La concha de los braquiópodos es generalmente calcárea. Esto explica el que por regla general se conserven más las conchas fósiles de los braquiópodos que la de los moluscos, ya que estos últimos suelen tener concha aragonítica. La concha esta formada por dos capas. La capa exterior está formada por fibras finas ordenadas en sentido paralelo a la superficie mientras que la capa interior lo está en sentido perpendicular a la superficie. Con frecuencia, la concha está atravesada por finos orificios, simples o ramificados y que a veces se prolongan en espinas huecas (concha puntuada).

El tamaño de la concha puede oscilar desde algún milímetro hasta los 30 cm. que llegan a alcanzar algunos, siendo su contorno muy variable según los grupos.

### **El lofóforo**

El lofóforo (Figura 2.) es un órgano exclusivo de los organismos lofoforados (braquiópodos y briozoos). Consiste es un par de apéndices arrollados en espiral que poseen cilios y que sirven para la respiración, la excreción y la alimentación. Los cilios provocan una corriente de agua y filtran las partículas planctónicas. Estas son dirigidas hacia la boca que se abre en la base del lofóforo. Estos apéndices suelen tener esqueleto propio denominado el braquidio o esqueleto apofisario que está unido a la valva dorsal del braquiópodo. El braquidio (Figura 3.) es el soporte del lofóforo y es muy importante para la clasificación de los braquiópodos porque adopta una forma exclusiva en cada especie.

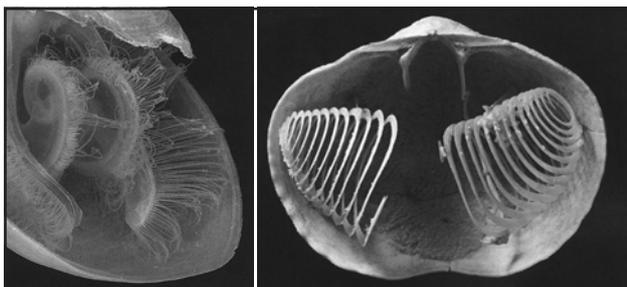


Figura 2. Lofóforo de un braquiópodo actual mostrando la cobertura de filamentos.

Figura 3. Conservación espectacular de un delicado braquídeo, en un espécimen del braquiópodo *Spiriferina*.

### **Registro fósil.**

Las primeras formas que se conocen son anteriores al Cámbrico, con un grupo basal del que derivan los demás, siendo los Lingulácea los más antiguos con el género *Lingula* que debió estar muy cercano al tipo ancestral de los braquiópodos. Constituyen un grupo zoológico de gran importancia biológica en el pasado y se conocen más de 30.000 especies fósiles.

La época de esplendor de este grupo fue

durante el Paleozoico. Su decadencia empezó ya a finales de esta era, aunque los rinchonélidos y terebratulidos alcanzaron aún un gran apogeo en el Mesozoico. Los terebratulidos constituyen hoy en día el grupo dominante con aproximadamente 260 especies. Este declive biológico está relacionado con el desarrollo y expansión de los moluscos bivalvos a comienzos del Mesozoico.

Actualmente, aunque aún existen representantes de los principales grupos de inarticulados y articulados, su fauna tiene un marcado carácter residual.

### **Modo de vida.**

Habitan zonas muy localizadas donde son extraordinariamente abundantes no apareciendo en zonas similares próximas que aparentemente tiene las mismas características. Esto puede ser debido a pequeños cambios en el medio o posiblemente a la escasa dispersión de las larvas.

Presentan sexos separados; en los articulados existen cavidades incubatrices donde se desarrollan las larvas que nadarán libremente hasta que terminan fijándose al sustrato por su extremidad caudal, que se transformará en pedúnculo. Presenta un repliegue circular que dará origen al manto en el que se diferencian dos lóbulos, dorsal y ventral, que segregan las dos valvas que forman la concha del animal.

Los braquiópodos son todos animales marinos. Preferentemente habitan zonas profundas, tranquilas y sin corrientes, fijándose al fondo mediante el pedúnculo. Los inarticulados, en general, viven hundidos en la arena en posición perpendicular donde pueden ocultarse mediante la contracción del pedúnculo que los fija al fondo del orificio donde habitan. Los braquiópodos adaptados a la vida sobre fondos cenagosos poseen un sistema especial de anclaje mediante espinas (son los denominados Productos) o se trata de forma libres que carecen de pedúnculo en estado adulto y que viven semienterrados en el cieno.

### **Sistemática.**

Los fósiles de los braquiópodos suelen ser difíciles de clasificar atendiendo a sus caracteres externos exclusivamente, porque con frecuencia se dan casos de convergencia y homomorfismo, es decir, individuos pertenecientes a distintos grupos taxonómicos y de diferentes épocas geológicas presentan la misma morfología debido a la estrecha relación que existe entre el medio que habitan y su estilo de vida.

Para la clasificación de los braquiópodos se recurre al estudio del esqueleto interno, esto es, la impresión que los músculos dejan en la concha, al deltidium y, sobre todo, a la estructura del esqueleto del lofóforo (el braquidio).

Para ello, a veces se requieren técnicas especializadas donde la morfología interna del animal es reconstruida mediante el escaneado de sucesivos cortes paralelos del fósil.

- *Inarticulata* (*inarticulados*)

Los inarticulados poseen valvas bastante parecidas sin dientes en la charnela, por lo que las valvas se sujetan solo por los músculos, y carecen de esqueleto apofisario. Sin foramen para el paso del pedúnculo que sale al exterior por la parte posterior entre las dos valvas (Linguláceos), viven en suelos de barro de las costas tropicales y subtropicales, alcanzando incluso la zona de mareas. Otros poseen deltidium (Discináceos) situado en posición excéntrica en la valva inferior; algunos, sin pedúnculo, se fijan al sustrato por cementación de la valva inferior (Craniáceos)

- *Articulata* (*articulados*)

Los braquiópodos articulados constituyen una rama más evolucionada que la de los inarticulados, poseen deltidium o pseudodeltidium típicos y una auténtica charnela que articula y une las valvas (debido a la especial situación de los dientes, sólo les permite entreabirla), lo cual nos permite, en la mayoría de los casos, encontrarlas unidas. Tienen esqueleto apofisario que en algún grupo llega a ser de una estructura muy complicada.

A continuación se enumeran los órdenes y familias en que se agrupan estos animales:

Orden Orthida

Familia: Enteletidae

Orden Strophomenida

Familia: Leptaenidae

Stropheodontidae

Leptostrophiidae

Productidae

Dictyoclostidae

Gigantoproductidae

Orden Rhynchonellida

Familia: Uncinulidae

Pugnacidae

Incertae Sedis

Wellerellidae

Rhynchonellidae

Basiliolidae

Orden Atrypida

Familia: Retziidae

Athyrididae

Orden Spiriferida

Familia: Delthyrididae

Mucrospiriferidae

Spiriferinidae

Orden Terebratulida

Familia: Mutationellidae

Terebratulidae

Pygopidae

Cancellothyrididae

Zeilleridae

Megathyrididae

Kraussinidae

Dallinidae

Dentro del Orden Terebratulida nos centremos en los distintos generos de la familia Pygopidae motivo de este artículo.

El género *Pygope* (LINK, 1830). está presente desde el Jurásico superior (Kimmeridgiense) al Cretácico inferior (Neocomiense). Presenta una concha de tamaño mediano, biconvexa, con valvas lisas que, a veces, presentan estrias de crecimiento generalmente poco marcadas. El contorno de la concha es triangular con los vértices redondeados. El umbo es corto y el foramen pequeño y redondeado. Las comisuras laterales son casi rectas en general y la comisura frontal rectimarginata. La valva ventral presenta un pliegue medio, limitado por dos hendiduras, y la dorsal un surco medio, terminando ambas en una perforación central que presenta la concha. Este orificio característico del género *Pygope* es una adaptación hacia la separación de las corrientes de agua inhalantes y exhalantes, de forma que el agua entra por los bordes de la parte anterior en la cavidad branquial y es expulsada a través del mencionado orificio. Se forma durante el crecimiento; en estadio juvenil desarrolla dos lóbulos que, a medida que van desarrollándose, dejan un orificio en posición media. Los lóbulos se juntan y se funden durante el crecimiento del animal.



*Individuos inmaduros donde se observa la formación del orificio central durante el crecimiento del animal. Tamaño 20 y 25 mm respectivamente.*

***Pygope diphya*** (BUCH) (Tithónico-Berriasense)

***Pygope catulloi*** (PICTET) (Tithónico-Valanginiense)

***Pygope janitor*** (PICTET) (Kimmeridgiense Superior-Barremiense Inferior)

***Pygites diphyoides*** (ORBIGNY) (Tithónico-Barremiense)

***Triangope triangulus*** (VALENCIENNES) (Tithónico-Barremiense)

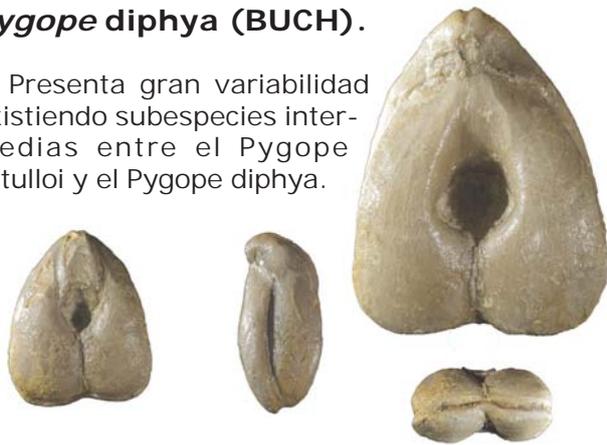
***Nucleata*** (QUENSTEDT) (Oxfordiense-Valanginiense)

***Linguithyris*** (BUCKMAN).



### ***Pygope diphya* (BUCH).**

Presenta gran variabilidad existiendo subespecies intermedias entre el *Pygope catulloi* y el *Pygope diphya*.



**Edad:** Berriasiense

**Distribución estratigráfica:** Tithónico-Berriasiense

**Tamaño del fósil:** 35 mm.

**Procedencia:** Cehegín (Murcia)

### ***Pygope catulloi* (PICTET).**

Concha de contorno triangular de vértices apuntados, a veces muy apuntados. Suele presentar estrías de crecimiento poco marcadas. Presenta la perforación en posición muy posterior. La perforación de la valva ventral es muy pequeña. La comisura lateral es sigmoidal y con las valvas aplanadas lateralmente.



**Edad:** Valanginiense

**Distribución estratigráfica:** Tithónico-Valanginiense

**Tamaño del fósil:** 55 mm.

**Procedencia:** Cehegín (Murcia)

### ***Pygope yanitor* (PICTET).**

Presenta un contorno subtriangular con vértices muy redondeados. La especie es muy polimorfa existiendo dos grupos de individuos: 1 los dos lóbulos unidos, y 2, individuos con lóbulos separados. En estos últimos los lóbulos no convergen y quedan separados en el animal adulto.



**Edad:**

**Distribución estratigráfica:** Kimmeridgiense sup.-Barremiense inf.

**Tamaño del fósil:** 32 mm

**Procedencia:** Cehegín (Murcia)

### ***Pygites diphoides* (ORBIGNY).**

Concha de contorno triangular, más ancha en la parte anterior que las especies ya descritas, y con los vértices más redondeados. La perforación de las valvas es grande, también mayor que la de las especies anteriores. La comisura lateral es casi recta.



**Edad:** Valanginiense

**Distribución estratigráfica:** Tithónico sup.-Barremiense inf.

**Tamaño del fósil:** 38 mm.

**Procedencia:** Cehegín (Murcia)

### ***Triangope trianguluss* (VALENCIENNES).**

Concha lisa desprovista de la perforación, pliegues y surcos. La parte frontal de la comisura se torna cóncava dando un aspecto de forma de saco.



**Edad:** Berriasiense

**Distribución estratigráfica:** Tithónico-Berriasiense

**Tamaño del fósil:** 32 mm.

**Procedencia:** Sierra Maria (Almería)

### ***Nucleata* (QUENSTEDT).**

La especie *Nucleata* presenta una concha de tamaño pequeño, cóncavo-convexa y de contorno subtriangular. La comisura anterior es surcada. El seno aparece muy pronunciado con amplitud y contorno variables. El umbo es muy corto, truncado por un foramen grande y circular. La concha es lisa y puede presentar estrías de crecimiento.



**Edad:** Berriasiense

**Distribución estratigráfica:** Oxfordiense-Berriasiense

**Tamaño del fósil:** 15 mm.

**Procedencia:** Pinilla (Albacete)

### ***Linguithyris* (BUCKMAN).**

Esta especie presenta una concha de tamaño pequeño, cóncavo-convexa y de contorno subtriangular. La comisura anterior es sulcada y la comisura lateral está ligeramente curvada. El seno aparece mas amplio que en la especie anterior. El umbo es corto y ligeramente arqueado redondeado. La concha es lisa y puede presentar estrías de crecimiento. Esta especie presenta un aspecto "aplastado" comparado con la especie *Nucleata*.



**Edad:** Berriasiense

**Distribución estratigráfica:** Oxfordiense-Berriasiense

**Tamaño del fósil:** 16 mm.

**Procedencia:** Fortuna (Murcia)

### **Bibliografía.**

**Nieves López Martínez** *Guía de campo de los fósiles de España.*

**Gómez-Alba.** *Guía de campo de los fósiles de España y Europa.* Gómez-Alba.

**Bermudo. Meléndez.** *Paleontología tomo 1 Invertebrados.*

**R.C. Moore.** *Treatise on invertebrate Paleontology part H Brachiopoda.*

**H.Haas.** *Brachiopodes Réthins et jurassiques des Alpes Baudouises.*

**E.Favre.** *Fossiles des couches thitoniques des Alpes Fribourgeoises.*

**Paul D. Taylor & David N. Lewis.** *Fossil Invertebrates.* Natural History Museum, London, 2005



Centro de Actividades Naturalistas  
C/Valderrodrigo, 47 Bajo-local.  
(Metro Antonio Machado)  
28039 Madrid  
Visitas previa cita con Pablo Muñoz  
Teléfono: 609 835 888  
e-Mail: geodidac@wanadoo.es

*Cursos: En Ejecución. OPOSICIONES A INSTITUTO 2006.  
Preparación de Ejercicios Prácticos.*

*Materiales: Especialistas en colecciones y fósiles  
didácticos para la Docencia.*

*Excursiones: 7ª Paleontológica "MARRUECOS".  
SEMANA SANTA 2006*



Vista panorámica de Atienza

La histórica villa de Atienza guarda entre sus antiguas murallas una densa relación de acontecimientos que la hacen figurar entre las más destacadas de Castilla. Es la antigua *Thytia* de los celtiberos, que resistió valientemente a los romanos, y de la que aún quedan restos importantes sobre el Cerro del Padrastró. A lo largo de los siglos fue codiciada y ocupada sucesivamente, debido a su fortificación y situación estratégica y dominante. Los árabes hicieron en su peñón un castillo que el mismo Cid Campeador puso miedo y junto a él pasó de largo por ser Atienza una peña «*mui fort*».

La historia real de Atienza comienza tras la reconquista, en 1085. Los reyes castellanos, y en especial Alfonso VIII, que concede numerosos privilegios y la dota de murallas. Se construyen iglesias y le es otorgado un Fuero por el que se rige la villa y su enorme territorio comunal dependiente. Lugar de residencia de señores y comerciantes, tuvo una importante judería, y hasta el siglo XV fue un emporio de riqueza en Castilla.

La devastación que sufrió por parte de las tropas navarras a finales del siglo XV y el traslado de los puntos estratégicos a lugares más llanos, hicieron que Atienza fuera perdiendo importancia a lo largo de la Edad Moderna y contemporánea. Hoy vive del recuerdo de sus pasadas glorias.

En la medieval villa de Atienza se concentra la mayor cantidad de Museos por metro cuadrado de toda España; esta pequeña villa dispone de tres museos ubicados cada uno de ellos en una iglesia carente de culto religioso, ya que en la actualidad a Atienza le sobran iglesias y le falta la población que tuvo en su época de esplendor. En los siglos XII al XIV Atienza llegó a tener alrededor de siete mil habitantes y llegó a contar con quince iglesias, todas ellas de estilo románico. Hoy quedan aún varios edificios de ese estilo, que todavía ganan para la villa el título de «meca del románico castellano».

### MUSEO DE ARTE RELIGIOSO DE ATIENZA.



Crinoideos

Está ubicado en la Iglesia de San Gil que ofrece su estructura medieval y su ábside semicircular románico, con elegantes ventanales, así como reformas del Renacimiento. Es el primer Museo de Atienza, abrió sus puertas en el año 1990. El museo cuenta con una gran colección de arte religioso procedente de las antiguas parroquias ya abandonadas de la villa de Atienza. Entre sus piezas destacan pinturas de Matías Jimeno, Juan de Juanes y Berruguete; en escultura destacan piezas individuales o relieves

tallados en madera policromada, así como Cristos Góticos, y como estrella del Museo la Virgen del Rosario, obra extraordinaria de talla y policromía firmada por José Salvador Carmona. También cuenta con piezas de Orfebrería, destacando la Cruz Procesional de San Juan, salida del taller seguntino del orfebre Pascual de la Cruz a mediados del siglo XVI.

Otro elemento que ocupa este Museo es una sección de Arqueología, localizada en el baptisterio y formada por piezas aportadas por los vecinos de la villa y otra magnífica sección de Paleontología, única en su género y dispuesta en el coro del templo, con centenares de ejemplares fósiles a cuál más curioso.



Fachada principal de San Gil

## MUSEO DE SAN BARTOLOMÉ.

La Iglesia de San Bartolomé es un ejemplo relevante del arte románico castellano, casi paradigmático y elocuente por sí sólo de lo que fue la potencia de la villa de Atienza en la Edad Media castellana. El templo está situado en la parte baja de la población, centrado hace siglos en un populoso barrio hoy desaparecido. Fue construido en la primera mitad del siglo XIII, concretamente en el año 1223 según se puede leer en una piedra de la escalera que sube a la espadaña.

Después de una exhaustiva restauración, la Iglesia de San Bartolomé fue acondicionada para albergar el Museo en 1996, mostrando fundamentalmente Arte Religioso con secciones dedicadas a la Pintura con hasta 36 cuadros y a la Escultura con más de 25 piezas de imaginería castellana, así como Orfebrería, fundamentalmente plata del Renacimiento y Barroco. En el apartado de Arte Sagrado, merece fijar la atención en las tres vitrinas que contienen ornamentos de los siglos XVI, XVII y XVIII con casullas, capas y otros elementos de revestimiento litúrgico. Por último cabe destacar la sección de Arqueología y Paleontología. En la sección de Arqueología aparece una colección de elementos, presentados en secuencia cronológica, y concretados en hachas de piedra, cuchillos y puntas de flecha de sílex, ídolos, vasijas celtas y romanas, adornos prehistóricos, etc., que con piezas halladas en torno a



Iglesia de San Bartolome

Atienza fue creada y donada a este Museo por el sacerdote Don Julián Estrada.

La sección de Paleontología es, sin discusión, excepcional y puede considerarse entre las más completas de España. Más de 3.500 especies diferentes de fósiles aparecen en ella, siendo una de las más curiosas el ejemplar de *Rana Pueyoii*. Todas las Eras y Periodos del desarrollo de la vida del planeta están representados en las vitrinas que contienen esta colección. Muchas de estas piezas son de gran valor y belleza. Para los aficionados y estudioso del tema paleontológico, esta parte del Museo de San Bartolomé será sin duda «la meca» que hará repetir la visita en ocasiones futuras. Procede



Vista general de una de las vitrinas, en primer plano una rana de Libros.

esta colección de la donación que un experto en la materia, descendiente de Atienza, hizo al Cristo de Atienza. Su nombre: Don Rafael Criado Puigdollers.

## MUSEO DE ARTE RELIGIOSO Y DE LA CABALLADA.

Está instalado en la Iglesia de la Trinidad de origen románico, si bien en el siglo XVI sufrió una amplia reforma. El Museo está dedicado a Arte Religioso, recogiendo los elementos religiosos de las iglesias de Atienza y los elementos de la Caballada de Atienza.

La Caballada es la tradición más característica de Atienza. Se trata de la celebración anual de una cofradía, la de arrieros o recueros de Atienza. Tiene sus orígenes en los antiguos gremios medievales, cuando estos arrieros protagonizaron un gesto de lealtad al monarca castellano, el aún niño Alfonso XVIII, que estaba bajo custodia en Atienza ante las amenazas de su tío el rey

Fernando de León. Corría el año 1163 y los hombres de Atienza decidieron sacar de la villa a su rey, escondido en una comitiva de arrieros, para ponerlo a salvo llevándolo a Segovia. Este acto fue base del gran aprecio que el monarca tuvo a la villa de Atienza. En este Museo se conserva todo lo relacionado con esta tradición: desde el manuscrito medieval de sus estatutos, al pendón policromo que le sirve de emblema. Este Museo es muy reciente ya que abrió sus puertas al público el año 2003.

Llama la atención que en los tres Museos predomina el Arte Religioso y el hecho de que los lugares que los cobijan sean tres iglesias restauradas previamente adecuadas para mostrar las riquezas existentes en Atienza. La labor necesaria para convertir estas tres Iglesias, de origen románico, en un lugar donde conservar y exponer las riquezas de Arte Religioso tan abundante en Atienza, se debe a su párroco Don Agustín González Martínez, tan querido como conocido en la villa de Atienza. Sus habitantes saben lo que la villa debe a este sacerdote, quien ha sabido mover los hilos necesarios para que el Arte Religioso, así como la Arqueología y la Paleontología (su gran afición) de la zona de Atienza, se conservaran y se mostraran al público como una oferta cultural y de indiscutible riqueza turística para Atienza. Estos Museos son de titularidad Eclesiástica y su creación ha sido posible gracias a los apoyos recibidos desde el Obispado de Sigüenza, las autoridades desde la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y sobre todo de los vecinos de Atienza.

Unido a su labor pastoral se destaca en estos Museos su gran afición a la Paleontología. No en vano desde su nacimiento en el pueblo molinés de Prados Redondos, Don Agustín vivió y creció en un ambiente rodeado por la gran abundancia de fósiles existentes en la zona, en una época en que los fósiles eran considerados como piedras de formas raras.

Desde la Asociación Paleontológica Alcarreña «Nautilus» queremos agradecer la labor realizada por Agustín en el enriquecimiento cultural de Atienza y, fundamentalmente, por las salas de Paleontología de los Museos de San Gil y San Bartolomé, las primeras de su género en Guadalajara y en la Comunidad de Castilla-La Mancha.

Gracias Agustín...

-por ser el promotor, gestor y coordinador de esta gran labor cultural que son los tres museos que dispone Atienza.

-por estas salas de paleontología que los aficionados necesitamos y tanto apreciamos.

-por hacer de Atienza la villa castellana con la mayor densidad de museos por metro cuadrado.



*Fachada principal de la Iglesia de la Trinidad*

**Pedro Javier Moreno Barahona**



**Francisco Alonso Couce**

Geólogo Paleontólogo

Colegiado en el ICOG Nº 4564

General Díaz Porlier, 19 - 28001 Madrid

Telf. 91 575 97 12, Almacén, 91 3093677

e-Mail fosilespaco@hotmail.com

**?TE GUSTA EL  
COLECCIONISMO?  
?QUIERES HACER UN  
REGALO DIFERENTE?**

**Ven a visitar nuestra exposición  
de Fósiles, Minerales y Bisutería.  
En Geoda somos profesionales y  
estamos a tu disposición para  
cualquier consulta que necesites.**

**Se compran colecciones completas**

# Cartas al Director

Con esta carta quiero poner de manifiesto la alegría personal que me ha aportado el hacerme socio de la Asociación Paleontológica Alcarreña Nautilus y la de Amigos de los Museos de Molina de Aragón. En el corto tiempo transcurrido he conocido muchos nuevos amigos, enamorados de la naturaleza en general y de la paleontología en particular, he aumentado enormemente mi información escrita sobre temas paleontológicos, consultado dudas con auténticos especialistas, e incluso tengo la oportunidad de poner por escrito alguna reflexión particular en esta revista de la asociación.

No somos tantos en el mundillo de la paleontología y debiéramos fomentar al máximo la interrelación entre asociaciones de aficionados, museos e investigadores, con el fin de ganar el suficiente peso específico dentro de la sociedad que permita asegurarnos la atención suficiente por parte de las administraciones en la colaboración para el desarrollo de la paleontología.

Casi todos conocemos yacimientos que sufren la silente destrucción erosiva o la provocada por las obras públicas «de Interés General», sin que los museos locales o los científicos especializados –que con frecuencia costean con sus propios recursos sus avances- puedan acometer su estudio, salvación y muestra al público. Esto debiera provocarnos tanta tristeza como bochorno. Tenemos que conseguir de las administraciones medios para la preservación de los yacimientos verdaderamente importantes. Y aunque no sea tan alarmante son también necesarias las ayudas a la investigación, el fomento de la divulgación mediante coloquios y conferencias (como el interesante ciclo llevado a cabo en la primavera de 2005 y patrocinado la Asociación de Amigos del Museo Nacional de Ciencias Naturales), la publicación de revistas didácticas con la colaboración de especialistas reputados, etc.

En este sentido corporativo, vienen siendo muy interesantes las actividades de la «Semana de la Ciencia» que se promueve anualmente en Madrid, y donde las universidades y los centros de investigación se acercan al público en general, colegios e institutos, potenciando el conocimiento y el interés por la geología y la paleontología, entre otras ramas de la ciencia.

En otra medida, los certámenes de exposición y venta de minerales y fósiles –frente a la opinión más radical de algunos paleontólogos-, tienen para mi el beneficio de fomentar el coleccionismo, particularmente entre los niños, despertando a veces una afición que les acompañará de por vida, orientando incluso sus estudios y logrando también captar la atención que en tan escasas ocasiones la paleontología despierta en los medios.

Somos pocos, y cada cual desde su nivel o sus lícitos intereses, debiera ser capaz de hacer un esfuerzo por llegar a un mínimo de entendimiento común en beneficio de la investigación, la preservación y, en definitiva, de la PALEONTOLOGÍA

Juan Carlos Lomas



# Páginas webs

## WEBS NACIONALES

<http://www.igme.es/internet/principal.asp>  
WEB DEL Instituto Geológico y Minero de España.

<http://es.geocities.com/paleontofilo/>  
WEB de fosiles de las sierras subbéticas cordobesas.

<http://soria-goig.com/arqueologia/museofosiles.htm>  
WEB museo de fósiles en Soria.

<http://museo-paleo.unizar.es/divulgacion/donde.html>  
WEB Museo paleontológico de la Universidad de Zaragoza.

<http://geologia.geo.ucm.es/>  
WEB Facultad de Ciencias Geológicas de Madrid.

<http://www.sepaleontologia.es/>  
WEB de la Sociedad Española de Paleontología.

<http://www.mncn.csic.es/>  
Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid.

<http://www.interfossil.com/>  
WEB aficionados paleontología.

<http://www.paleontologia-hispana.com/>  
WEB como lugar de encuentro para la paleontología.

<http://www.ucm.es/info/paleo/colpa/col-pa.htm>  
WEB Dpto. Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid.

<http://www.entradavirtual.com/echinoids/>  
WEB española para clasificación de erizos.

<http://www.educarm.es/paleontologia/sureste.htm>  
Página de la Asociación Paleontológica Murciana.

<http://www.portalciencia.net/paleofos.html>  
Portal de divulgación científica.

<http://www.dinopolis.com/portal.htm>  
Portal del Parque tematico de Teruel.

<http://dinos.valvanera.com/>  
Portal sobre los dinosaurios de La Rioja.

<http://www.dinosaurios.net/>  
Portal de dinosaurios.

<http://www.uv.es/~pardomv/presenpe.htm>  
Portal de paleontología de de la Soiedad Española de Paleontología y la Universidad de Valencia.

<http://www.ugr.es/~estratig/museo.htm>  
Aula Mueso de paleontología de la Universidad de Granada.

<http://members.tripod.com/~acmipa1/>  
Portal de la asociación Cordobesa de Mineralogía y Paleontología.

<http://www.rediris.es/list/info/iberpal.es.html>  
Foro sobre Paleontología Iberica e Iberoamericana.

<http://www.edugaliza.org/aulas/ciencias/fosiles/>  
Portal de fosiles de Galicia.

<http://www.paleoymas.com/>  
Empresa de gestión paleontológica.

<http://www.fundaciondinosaurioscyl.com/es/museo/index.asp>  
web del Museo Arqueológico y Paleontológico de Salas de los Infantes (Burgos).

<http://www.cidarismpe.org/>  
Portal del Grupo Cultural Paleontológico de Elche (Alicante)

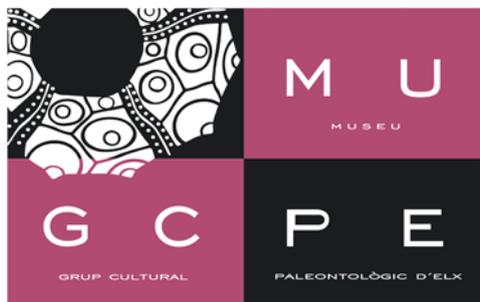
<http://www.paleoamigos.com/>  
Asociación Cultural GAIA Kultur Elkartea(Pais Vasco)

<http://hontzamuseoa.com/>  
Museo de Ciencias Naturales del Duranguesado, Durango - Bizkaia

<http://www.ampsvr.org/>  
Asociación Mineralógica y Paleontológica de San Vicente de Raspeig. (Alicante)



# Asociaciones Paleontológicas



## Grupo Cultural Paleontológico de Elche

Plaça de Sant Joan, s/n. ELCHE (Alicante)

e-Mail: [info@cidarismpe.org](mailto:info@cidarismpe.org)

965 45 88 03 (Museo)

639 03 92 67 (J.M. Marín)

626 09 19 65 (A. Ródenas)

WEB: <http://www.cidarismpe.org/>

## Asociación Mineralógica y Paleontológica de San Vicente de Raspeig. (Alicante)



WEB: <http://www.ampsvr.org/>



## Asociación Cultural Paleontológica Murciana

Sede y Museo:

Centro de Educación Secundaria «Severo Ochoa»  
Camino de Tiñosa, 50; 30158 Los Garres. Murcia

E-Mail: [paleontologia@educarm.es](mailto:paleontologia@educarm.es) [acpm@wanadoo.es](mailto:acpm@wanadoo.es)  
Teléfono 968.82.29.80

WEB: [www.educarm.es/paleontologia/](http://www.educarm.es/paleontologia/)



## Associació Ilerdenca de Paleontologia

### Associació Ilerdenca de Paleontología (Lleida)

Dirección provisional de la AIP:

C/Cristòfol de Boleda nº4, esc 7. 25006 LLEIDA

tfn: 973 281291





# Boletín de Suscripción.

Asociación Paleontológica Alcarreña NAUTILUS

Francisco Jose Blanco Martinez

C/ Anoeta, nº 25, 2º-A 28041 Madrid

e-Mail pacoblanco@msn.com

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 2006

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 Alcarreña NAUTILUS de Guadalajara.

Codigo Cuenta Cliente (CCC)																			
Entidad			Oficina	D.C.	Número de cuenta														
2	1	0	5	0	6	0	0	2	8	0	0	1	2	0	0	9	5	6	6

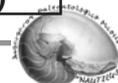
Firma

En..... , a ..... de ..... de 2006



**Director:** Juan José García Arnedo. **Redacción:** Juan Carlos Lomas, Rafael Abad Arquer, Francisco José Blanco Martínez. **Maquetación:** Juan José García Arnedo García y Rafael Abad Arquer. **Publicidad:** Francisco Blanco, **Artículos de:** Pedro Javier Moreno Barahona, Juan Carlos Lomas, Pablo García, Rafael Abad Arquer, Juan José García Arnedo, Fernando Agua Martínez. **Páginas web:** Francisco José Blanco Martínez. **Asesoramiento Científico:** Clara Yarza Malas, Francisco de Sales Córdoba Bravo. **Colaboradores:** José Manuel Velasco Pérez, Francisco Javier Martín San Martín, David Castellano Marín, Amaya Velasco Arquero, Roberto Ruiz Belén

**Imprime:** Artes Gráficas Juan José Redondo, **Deposito Legal GU-162-2005. ISSN 1885-4931**  
**© 2.005/06 Asociación Paleontológica Alcarreña NAUTILUS (Guadalajara)**



# Sumario

- Editorial.
- Trilobites de los Montes de Toledo.
- Los Pigopes.
- Lucas Mallada (1841-1921).
- El devónico en la provincia de Guadalajara.
- Los Museos de Atienza (Guadalajara).
- Edades Geológicas II.
- El Jurásico de Sigüenza (Guadalajara)
- Bibliografía.

