



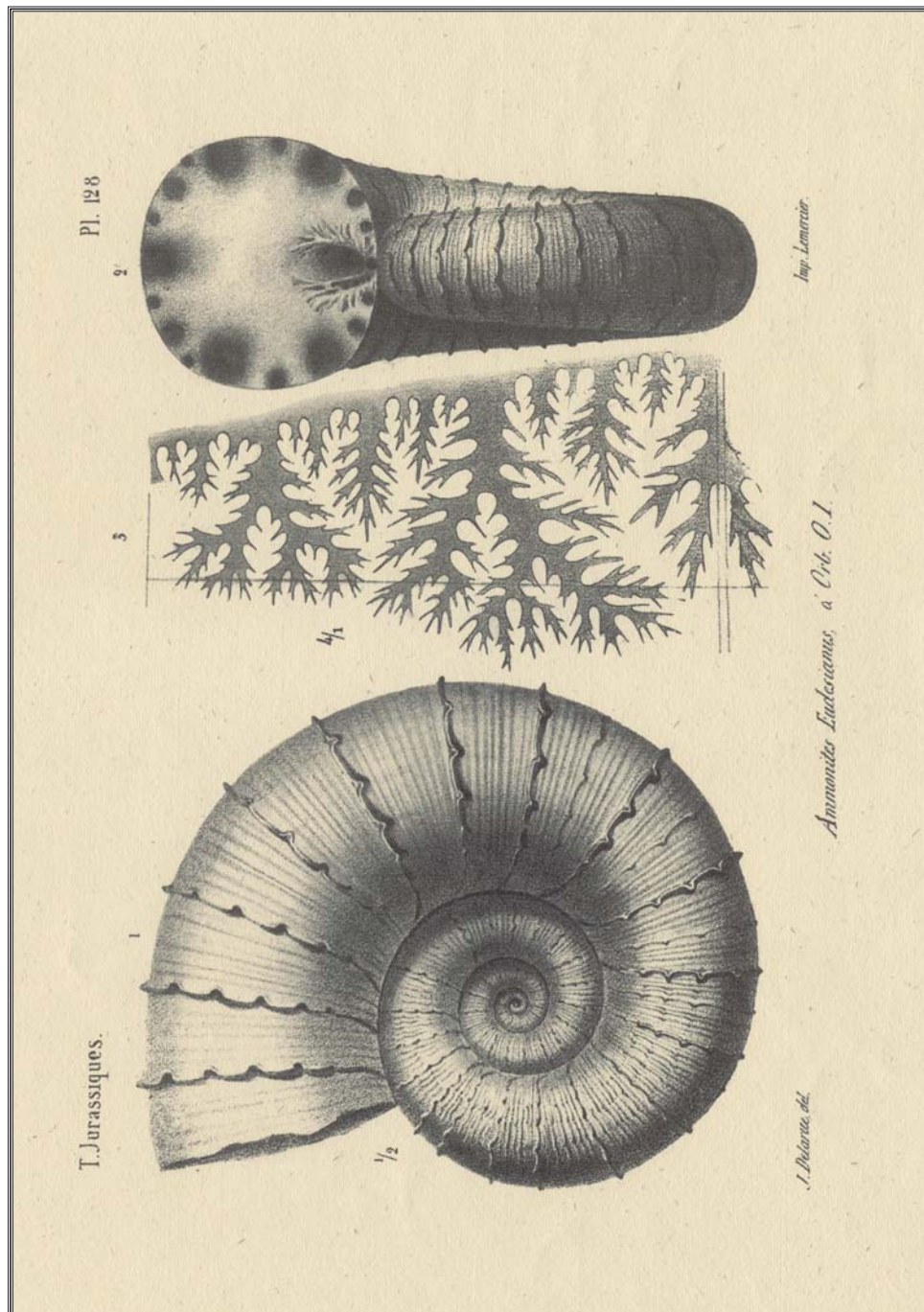
NAUTILUS

Revista de divulgación paleontológica

Año 3

Núm. 3

diciembre. 2.006



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

Asociación Paleontológica Alcarreña NAUTILUS (Guadalajara)

Editorial

Con el entusiasmo que nos caracteriza seguimos con nuestra labor de fomentar este mundillo de los aficionados a los fósiles. Con el número 3 de la Revista de Divulgación Paleontológica «Nautilus» tratamos de llegar fundamentalmente a esos entusiastas de la Paleontología, que aun siendo simples aficionados ó coleccionistas, lo viven tan intensamente ó más que los propios profesionales, ya que a estos primeros no les mueve ningún fin económico, puesto que no viven de ello, el único fin que les mueve es el «gusanillo» de la afición; muy al contrario ese «gusanillo» como bien sabéis todos nos cuesta nuestro dinero.

Si siguiendo nuestra línea de apoyo a iniciativas culturales de divulgación paleontológica, en este número nos ocuparemos del Museo La Salle, de Ternel, del cual tiene algo que contarnos nuestro amigo y socio Jesús Díaz.

Así mismo mantenemos contactos y colaboraciones con Asociaciones afines que comienzan su andadura, apoyándolas e informándolas dentro de nuestras posibilidades. Desde aquí un saludo muy especial a esa gente de La Muela en Zaragoza y de Puerto de San Vicente en Toledo.

Nos consta que en las Cortes Regionales de Castilla-La Mancha se está trabajando legislativamente en temas de Paleontología dentro de la Ley de Patrimonio. Desde esta modesta Revista les rogaríamos a nuestros legisladores que por favor dejen de tratar la Arqueología y la Paleontología de la misma manera, ya que son materias totalmente distintas y cada una de ellas necesita un tipo de protección específico. Si en dicha Ley Autonómica no se soluciona, nos seguiremos encontrando con el mismo problema existente en la actualidad: arqueólogos opinando y decidiendo sobre protección en Paleontología, cosa para la cual no están preparados académicamente.

Gracias una vez más a todos los miembros de la Asociación la colaboración prestada, así como a las Entidades Colaboradoras por su ayuda económica y a los anunciantes, ya que sin dicha ayuda no sería posible la realidad de este número 3 de la Revista «NAUTILUS».

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



El ojo esquizocroal:

Una adaptación defensiva de los Trilobites Phacopina

Juan Carlos Lomas
Paco Martín



Figura 1. Zeliszella toledana, detalle de un ojo.

Introducción

Algunas generalidades sobre la evolución de los trilobites.

Durante el Cámbrico Inferior y Medio los trilobites conocieron un desarrollo exitoso fruto fundamentalmente de sus adaptaciones para aprovechar los numerosos recursos del medio ambiente. La mayor parte de los cambios formales restantes estaban destinados a garantizar la reproducción de los más aptos.

Los diferentes tamaños, la presencia o no de ojos y la evolución de los hipostomas, por ejemplo, nos hablan de la adaptación a nichos ecológicos diversos. La ornamentación y el dimorfismo sexual en numerosos grupos, de la competencia con individuos de la misma especie por transmitir la información genética propia. Las dos poderosas verdades de todo ser vivo; «el pan y el beso», buscar el sustento y perpetuarse.

Pero este panorama de éxito y dominación se vio truncado temporalmente durante el Cámbrico Superior por la presencia de un nuevo agente, la aparición de los grandes cefalópodos carnívoros, que decididamente determinaron un ambiente hostil.



Figura 1. Morgatía hupei

Desde la aparición del caparazón mineralizado, pocas adaptaciones defensivas fueron necesarias para eludir a los escasos depredadores; quizás el tamaño adquirido por algunos individuos adultos de diversos géneros fue defensa suficiente para esquivar a la mayor parte de los enemigos hostiles.

Pero los nuevos predadores eran rápidos, voraces, con una visión privilegiada y probablemente fuertes «mandíbulas».

Esto dejó constancia fósil entre los trilobites con una evidente recesión de las formas antiguas y en una adaptación a las nuevas exigencias ambientales, marcada por cambios morfológicos con fines defensivos: desarrollo y perfeccionamiento de los enrollamientos, de hábitos semi infaunales, conductas nocturnas, mecanismos de mimetización...etc.

Y en paralelo, una nueva radiación evolutiva generó un aumento explosivo de las poblaciones en todos los habitats; con una recuperación del tamaño de las poblaciones.

Este éxito evidentemente no solo se debió a las adaptaciones defensivas, también hubo frecuentes cambios destinados a garantizar el sustento; algunos tan imaginativos como la aparición de grandes cefalones profusamente perforados, utilizados como cribas o tamices filtradores de lodos. Y por supuesto la contribución de unas condiciones geográficas extraordinariamente favorables para el desarrollo de la vida en general y la de los trilobites en particular; las extensas plataformas poco profundas y bien iluminadas de los mares ordovicienses. Pero desde luego, si bien este progreso no se debió solo a las adaptaciones protectoras, no fue posible sin ellas.

Al final del Ordovícico, la glaciación Hirnantense supuso un brusco y dramático cambio de las condiciones de vida. La acumulación de agua en los polos trajo consigo un descenso del nivel marino y la desaparición de miles de kilómetros cuadrados de plataformas marinas someras. Incluso a la superviviente «fauna hirnantense» le sobrevino una nueva crisis, en forma de posterior brusco deshielo de los casquetes polares. El resultado fue que las poblaciones se diezmaron. Y los trilobites en concreto, nunca llegaron a reponerse y recuperar el protagonismo pasado.

En primer lugar perdieron la dominancia en numerosos nichos ecológicos; y los escasos supervivientes tuvieron que competir desde «abajo», en igualdad de oportunidades, con la nueva fauna silúrica de quelicerados; límulas primitivas y grandes escorpiones marinos, con antepasados que en el Ordovícico habían tenido escaso protagonismo. Recordemos que una máxima biológica muestra lo difícil que es desplazar a un grupo de organismos de su posición jerárquica en un medio. Así los mamíferos esperaron durante toda la Era Secundaria la desaparición traumática de los supuestamente «menos evolucionados» dinosaurios para desarrollarse con éxito. Es también paradigmático el ejemplo de dominación de los braquiópodos sobre los



lamelibranquios durante toda la Era Primaria, hasta la extinción masiva permotriásica.



Figura 3. Larva «trilobítica» de una

Las límulas silúricas eran muy similares a las actuales, excepto porque no se había completado el proceso de soldadura de las articulaciones de su tórax. Vivian en los fondos marinos, engullendo fangos ricos en partículas orgánicas y pequeños organismos de cuerpo blando. Eran pues competidores de los trilobites, y parte de una misma cenosis.

Los Gigantostr  ceos, «escorpiones marinos», fueron depredadores que llegaron a alcanzar hasta dos metros de envergadura. Han sido encontrados en abundancia en algún yacimiento norteamericano de aguas salobres, pero tuvieron distribución marina, como atestigua su presencia en diversos continentes. Además de comedores de trilobites, fueron



Figura 4. Eurypterus, un

tempranos competidores ecológicos; pues como las límulas presentan una larva «trilobítica» que entraría en disputa con las verdaderas larvas de los trilobites.

Pero fue sin lugar a dudas la aparición de nuevos factores lo que motivó que los trilobites nunca recuperaran la privilegiada posición que disfrutaron entre el Cámbrico y el Ordov  ico.

Durante el Ordov  ico Medio, tuvo probablemente lugar la aparición de los primeros peces. Fueron llamados agnatos, por carecer de mandíbulas, y sin desecher la existencia entre ellos de hábitos parasitarios (como los agnatos actuales, lamprea etc.), debieron ser en su mayor parte engullidores de fangos ricos en restos orgánicos. Sus restos son escasos, aunque ampliamente distribuidos. Se suelen encontrar placas osificadas que cubrían preferentemente la cabeza del animal, pero su esqueleto interno debía ser cartilaginoso, porque no dejaba constancia fósil. Es probable de hecho que convivieran con otros peces no acorazados de los que no sabemos nada, por tener también esqueletos cartilaginosos. Esto se deduce de una irrupción masiva y casi contemporánea entre el Silúrico terminal y el Devónico InferiorMedio, de distintos tipos de peces: acorazados con placas mineralizadas pero con mandíbulas, tiburones y rayas (que si bien no dejan constancia de sus partes cartilaginosas, si lo hacen de su dura dentición), grandes carnívoros de hasta nueve metros como *Dinichthys*, crosopterigios en el Devónico Medio; e incluso ya en el Devónico Superior, grandes anfibios. Todos ellos debieron evolucionar con rapidez desde formas hoy por hoy desconocidas por no tener esqueletos duros fosilizables.

Los peces disputaron los alimentos en todo nicho ecológico a los trilobites, y además acabaron por depredarlos.

La vuelta de condiciones geográficas estables y favorables, y la aparición de grandes predadores de sus depredadores, favorecieron un pequeño resurgimiento en el Devónico Inferior y Medio. Pero los peces, reyes del mar, los cordados mas numerosos del planeta, adaptados a vivir desde los abismos oceánicos a los charcos intermareales; no permitieron que ningún trilobites dominara medio alguno.

Los cazaron, perfilaron las cadenas tróficas impidiendo la sedimentación ingente de materia orgánica no reciclada, convirtiendo a los trilobites carboníferos y pérmicos en restos de un imperio caído, sin pujanza biológica alguna, ni posibilidad de adaptación. Solo hacía falta un endurecimiento de las circunstancias, una crisis biológica como la permotri  sica, para que desaparecieran. Y después de muchos millones de años de supervivencia y de miles de especies diferentes, los trilobites desaparecieron al concluir la Era Primaria. Era en cuyos albores habían aparecido, precedentes de formas semejantes de cuerpo blando.

Adaptaciones defensivas de los trilobites.

Algunos cambios morfológicos de los trilobites, del Cámbrico al Ordovícico

Como es sabido, la aparición de partes mineralizadas persistentes y fosilizables supuso el surgimiento puntual y abrupto de una fauna abundante en los estratos cámbricos, frente a la escasez de restos de faunas anteriores de cuerpos blandos. Tal fue el desconocimiento de muestras fósiles mas antiguas, que la irrupción del Cámbrico no fue interpretada como una discontinuidad significativa en el entonces ya antiguo proceso de desarrollo de la vida, sino como la aparición de una forma de vida primordial considerada como el más antiguo eslabón de la historia de la vida en la tierra; y por ello como el primer periodo de la Era Primaria o primera.

No obstante ya sorprendió por entonces a diversos autores el nivel de organización y modernidad que presentaban algunos grupos faunísticos, intuyendo prontamente que habría habido organismos mas primitivos, pero aceptando el nombre de Era Primaria por las evidencias manifiestas, conocidas, del registro fósil.

Especialmente modernos parecieron los frecuentes y variados trilobites; articulados, acorazados, y con órganos tan evolucionados como sus ojos –los primeros ojos conocidos.

Hoy en día ya sabemos que los trilobites presentaban en el Cámbrico una abundancia de géneros e individuos, que refleja una madurez de aquellas asociaciones faunísticas. Madurez en sentido darwiniano, con una especialización adaptativa a todo tipo de nichos ecológicos.

Durante el Cámbrico Inferior y Medio esta exitosa radiación evolutiva de los trilobites, se encaminó a optimizar el aprovechamiento de los recursos que ofrecían los diversos ambientes, garantizar la jerarquía sobre otros organismos competidores, y favorecer la reproducción sexual de los individuos más aptos. Con muy pequeñas inversiones genéticas destinadas a eludir a los escasos depredadores. Pero la aparición de carnívoros especializados –cefalópodos al final del periodo, introdujo un nuevo desequilibrio que se tradujo en un marcado retroceso de las poblaciones de trilobites y la aparición de nuevas adaptaciones defensivas. Los géneros Ordovícicos serán en parte deudores de estos cambios, y con ellos, acabaran por volver a conocer un éxito en variedad y cantidad igual o superior al de los mejores momentos del Cámbrico. Añadidas a las adaptaciones necesarias para garantizar el sustento y la reproducción, la mayor parte de los géneros ordovícicos presentan alguna de aquellas adaptaciones descritas por numerosos autores, como tendencias evolutivas generales de los trilobites «modernos»; que incluyen por primera vez desde la

aparición de caparazón mineralizado, tendencias defensivas activas o pasivas; y que tendrán su traducción en manifestaciones morfológicas como la disminución de segmentos torácicos, el aumento del tamaño de los pigidios, migración de suturas faciales, agrandamiento del tamaño de los ojos, aparición de cerdas sensorias especializadas en controlar la mimetización o aparición de espinas defensivas.

El enrollamiento defensivo

Todas ellas estaban de algún modo orientadas a esquivar a los depredadores. Así, por ejemplo, la reducción de los segmentos torácicos y el aumento de los pigidios favorecieron sin ningún lugar a dudas y por encima de otras ventajas, el enrollamiento defensivo de los trilobites. Tipo de defensa clásico, que evita la exposición de partes blandas y órganos vitales, del que no hay constancia fósil, según Bermudo Meléndez, hasta el Cámbrico Superior y que durante el Ordovícico se perfeccionaría con la aparición de estructuras coaptativas pasivas, que eximirían de esfuerzo muscular al individuo durante el plegamiento de su cuerpo.

Adaptaciones del caparazón

La tendencia general en primera instancia fue la simplificación de ornamentaciones aparatosas y multisegmentadas, con fusión de articulaciones en glabelas y pigidios. Igualmente desde muy pronto se estendería la presencia de cerdas sensorias, que entre otras funciones, permitirían conocer el grado de mimetización por recubrimiento de lodos, de los caparazones de trilobites anchos y planos con dificultad para enterrarse en el fango y desde luego, modificación de los caparazones fue la frecuente presencia en géneros devónicos de aparatosas espinas, intentando también disuadir al enemigo y mostrarse menos apetecibles a los depredadores.

Migración de las suturas faciales

Las suturas faciales son líneas de debilidad que facilitan mediante su ruptura el desembarazamiento de los caparazones inservibles durante los procesos de muda.

Por tanto antes de hablar de las tendencias migratorias de las suturas faciales, es conveniente buscar previamente una hipótesis verosímil de porqué los trilobites no desarrollaron un sistema de crecimiento acompasado y progresivo de sus caparazones. Máxime cuando la muda supone un periodo de vulnerabilidad hasta la formación de un nuevo caparazón mineralizado y un gasto energético –los artrópodos marinos actuales con proceso de ecdisis solo ingieren agua durante la primera parte del mismo, para favorecer la demudación por hinchamiento.

Creemos posible que un grupo tan especializado de seres vivos como los artrópodos pudiera haber de



sarrollado técnicas para un crecimiento acompañado de caparazón acorazado y cuerpo. No prescindiendo en ningún momento de funciones vitales tan relevantes como la visión o la nutrición.

Hay varias hipótesis que teorizan sobre que beneficio obtendrían de «la muda periódica» los artrópodos, para haber seguido produciéndose. La más plausible plantea que un crecimiento continuo del caparazón forzaría una igualdad morfológica del individuo desde su infancia a su madurez; mientras que el cambio regular del caparazón hace posible un cierto metamorfoseo en los estadios larvarios sucesivos.

En el caso concreto de los trilobites, esto permitiría, por ejemplo, que un adulto de vida bentónica o parcialmente infaunal tenga larvas planctónicas. Larvas que favorecerían la dispersión, evitarían el canibalismo de los adultos y la competencia a la hora de alimentarse.

Parece pues tratarse más de un proceso conservado por beneficioso, que un rasgo de primitivismo.

Por último, en lo que respecta estrictamente a los cambios de posición de las líneas de sutura desde modelos opistoparios a proparios o gonatoparios; ni cumplen un patrón establecido ni se aprecian en todos los grupos -conocido es el ejemplo de los asáfidos o illaénidos, de gran pujanza durante el Ordovícico y con «anticuadas» suturas opistoparias-. Recordemos también, que los últimos géneros de trilobites, en el Pérmico, tuvieron suturas opistoparias.

No obstante es innegable que la migración de suturas constituyó una tendencia constatable. Siendo quizás el cambio mas relevante, el acercamiento de las suturas a los bordes oculares en un intento de preservar órganos tan relevantes durante los procesos de muda.



Figura 5. Eodalanitina macrophthalma

Este cuidado y protección de los ojos para que no perdieran su funcionalidad durante los procesos de muda, no desvela más que la importancia redoblada que tuvieron desde el segundo periodo de la «Era de los Trilobites».

Desarrollo de los ojos

Como antes dijimos, no todas las características morfológicas detectadas como cambios adaptativos en los trilobites ordovícicos se cumplieron en todos los géneros. Pero si constituyeron tendencias generales innegables.



Figura 6. Phacops rana, detalle del ojo.

El Ordovícico conoció trilobites ciegos; algunos con gran éxito como el Género *Placoparia*, comúnmente citado como género adaptado a la profundidad y baja luminosidad (aunque se encuentra asociado a numerosos géneros videntes). Pero desde luego, el número de géneros ciegos ordovícicos fue muy inferior al de géneros ciegos del Cámbrico.

La tendencia general fue mas bien la de agrandar la superficie ocular, disminuir las zonas ciegas, y adaptar la visión a turbulencia o falta de luz. Puede que el punto final de esta evolución sea el ojo esquizocroal, exclusivo de los trilobites del Subórden Phacopina.

El estudio de los ojos de los trilobites puso de manifiesto la existencia de dos tipos de ojos compuestos bien diferenciados: ojos holocroales y esquizocroales, mas otro tipo de características intermedias -ojos abatocroales-.

El ojo holocroal.

El ojo holocroal fue el mas usual entre todas las especies de trilobites conocidos. Guarda una cierta semejanza morfoestructural con los ojos de la mayoría de los insectos actuales; un número muy elevado de pequeños omatidios genera una visión conjunta en la que cada omatidio reproduce un punto de la imagen plena.

El ojo esquizocroal.

El ojo esquizocroal contiene un número de omatidios entre cinco y diez veces inferior al holocroal; pero sus omatidios son de tamaño superior, y presentan también un número muy superior de células fotorreceptoras. Contrariamente a los ojos holocroales, la presencia de tejido separador entre los omatidios, fuerza la existencia de haces conductores separados, que a su vez vierten en retinas individualizadas. Estos omatidios, interpretan porciones del imago y no imágenes puntuales de la visión total, pero su gran número de células fotorreceptoras facilitan la captación de mínimos lumínicos; favoreciendo la visión nocturna.

Por fortuna recientemente ha sido descrita la existencia de los extraños ojos esquizocroales en un ser

vivo. Científicos de la Universidad de Cornell los han descubierto en un parásito que vive en el abdomen de algunas avispas. Solo están presentes en los machos de la especie (*Xenos peckii*), posiblemente para localizar con rapidez a las hembras, en el corto espacio de tiempo que salen al exterior con fines reproductores. Cada ojo presenta unas cincuenta lentes, con numerosas células fotorreceptoras, y las típicas retinas individualizadas; que sorprendentemente requieren destinar tres cuartas partes de la masa nerviosocerebral a fibras ópticas.



Figura 7. *Xenos peckii*

Xenos peckii procede de la familia más básica Strepsiptera (Mengenillidae) de hábitos nocturnos.

Es también posible que los géneros de trilobites dalmanítidos de ojos esquizocroales, desarrollaran estos hábitos nocturnos.

El simple tamaño de los ojos de algunos géneros como *Zeliszella* o *Eodalmanitina*, nos llevarían en primera instancia a pensar en ello. Sobre todo si consideramos que un conjunto de ganglios nerviosos pareados y en distribución segmentada, como en sus probables antecesores los anélidos, realizaban en los trilobites numerosas funciones motoras y sensoriales. Cursadas además con un cierto dinamismo o celeridad vital (como sugiere por ejemplo su enrollamiento defensivo). Si, a pesar de todas esas necesidades, su cerebro destinaba un 75% a la visión: ¿Qué beneficios aportados por este tipo de ojos justificaría tamaña inversión?

Casi con toda probabilidad algunos géneros poseedores de ojos esquizocroales eludieron, en buena medida, a sus depredadores desarrollando hábitos nocturnos.

Esto conllevaría un soterramiento temporal diurno, del que podríamos imaginar algo recurriendo a la comparación con los hábitos del ser vivo que más se asemeja a los extintos trilobites; el cangrejo herradura o *Limulus polyfemus*.

Las límulas pasan partes importantes del día enterradas. El proceso de enterramiento comienza humillando el cefalón y forzando



Figura 8. *Limulus polyfemus*

do la inmersión con las patas de función motora. El telson o gruesa aguja caudal, que fuera del fango solo tiene por utilidad recobrar la posición cuando accidentalmente el individuo ha quedado boca arriba, se muestra dentro del lodo como un formidable medio de avance, mediante un movimiento zigzagueante derechaizquierda. Además es capaz, por aproximación a la superficie, de mantener una pequeña vía de contacto de las extremidades respiratorias del cuerpo enterrado con el agua debidamente oxigenada. Es arriesgado, pero tentador, pensar que todas esas formas de dalmanítidos de cefalones anchos y planos y espinas caudales, buscaban temporalmente cobijo subterráneo como las límulas. Utilizando sus espinas caudales como remos durante la inmersión, y las espinas genales como palanquetas del cefalón para ayudar a este a cambiar de sentido en la emersión. Ello ayudaría a entender la presencia de formas caudiculadas, a pesar de lo aparatosa que puede llegar a ser una fuerte espina en procesos como el enrollamiento del caparazón.

Hablamos de géneros como; *Eodalmanitina*, *Crozonaspis*, *Dalmanitina*...



Figura 9. *Eodalmanitina m.* Espina caudal

Puede que durante un cierto tiempo los dalmanítidos, que hicieron su aparición en el Ordovícico y se desarrollaron con éxito hasta el Devónico, burlaran parcialmente a sus depredadores con su ocultación diurna. Desde luego durante el Silúrico y primera mitad del Devónico, a pesar del drástico descenso de la población de trilobites, el Suborden Phacopina -con sus ojos esquizocroales- conoció un éxito innegable. Solo citar algunos prósperos géneros como; *Odontochile*, *Phacops*, *Reedops* o *Asteropyge*.

Pero con el tiempo, su somero enterramiento fue insuficiente para burlar a los nuevos depredadores.

Más especulaciones

El cuerpo segmentado de los artrópodos condiciona una distribución ganglionar difusa del tejido nervioso; impidiendo la unificación neuronal en un cerebro de alguna relevancia.

Según diversos autores, esto ha constituido un handicap para su desarrollo evolutivo. Aunque a juzgar por la cantidad y variedad de especies e individuos, y la existencia entre los artrópodos de numerosos fósiles vivientes (cucarachas, límulas, arañas, escorpiones...), con muchos trienios de éxito a sus espaldas, casi da miedo pensar en que hubiera ocurrido de haber adquirido un cerebro más complejo.

Es muy aventurado acometer modelos hipotéticos tratándose de «la evolución». Pero las hipótesis, una vez filtradas, son en sí mismas una línea de avance e investigación.

La «selección natural» está en función de tantas variables, que se nos presenta como algo azarosa o caprichosa. Es ejemplar el caso del género *Cenoceras*, único representante fósil conocido de nautiloideo liásico. Durante la época de máximo esplendor de sus parientes los ammonites, los nautilus estuvieron al borde de la extinción. Pero al final de la era secundaria, la era de su «imperio», los que desaparecieron fueron los ammonites, mientras que hoy en día encontramos diversos tipos de nautiloideos poblando nuestros mares.

¿Por qué viven las límulas y no los trilobites? ¿Por su especial sistema inmunológico? Por supuesto ni se sabe, ni se sabrá con certeza. Solo podemos teorizar a partir de la observación de diferencias constatables entre grupos faunísticos sobrevivientes con convergencias morfológicas y ecológicas con los trilobites, y los propios trilobites.

Volviendo a la supuesta nocturnidad de algunos trilobites, podemos constatar comparativamente la existencia de numerosos crustáceos con hábitos preferentemente noctámbulos. Si bien estos buscan madrigueras en roquedos, corales, o cavan galerías complejas seguras y bien oxigenadas no comparables a los soterramientos superficiales de los trilobites. Pero más importante que esto para la supervivencia de cier-

tos artrópodos marinos parece haber sido las diferencias funcionales entre sus apéndices y los de los trilobites. Aunque los branquiópodos actuales mantienen apéndices birrameos de doble función respiratoria y locomotriz al modo de los antiguos trilobites, las diferencias significativas vendrán de la mano de modificaciones especiales que facultan a las patas para realizar diversas funciones en un mismo individuo: protección de los sacos de las puestas, oxigenaciones especiales para estos sacos... o lo que más nos interesa; aparición de pinzas y quelíceros. Pinzas que facilitan el apresamiento, la partición y deglución de alimentos de mayor tamaño; predisponiendo a la asunción de hábitos carnívorocarroñeros, frente

a los mayormente detritívoros de los trilobites. Recordemos en este sentido que las límulas son capaces de permanecer sin alimentarse hasta un mes entre la ingesta de una presa adecuada y otra nueva.

Una comida muy nutritiva digerida en menor tiempo, frente a los largos periodos de pastoreo de sedimentos y por lo tanto de larga exposición a los depredadores. Quizás, en los malos tiempos, el «ser o no ser» dependió solo de un conjunto de pequeños detalles.



Figura 10. *Triops cancriformis*

Afortunadamente, para los amantes de los trilobites, aún nos quedan las límulas o algunos branquiópodos como *Triops cancriformis*, para imaginar en parte como debieron ser algunos aspectos de la vida de estos.

No necesito decir que este artículo constituye solo una arriesgada especulación nacida de la lectura de diversas fuentes de desigual solvencia. Agradeceríamos cualquier corrección de un verdadero especialista; una vez se haya repuesto del shock de nuestra osadía.

Bibliografía

Sobre los ojos de los trilobites:

«Modelización primaria de la estructura interna de los ommatidia de los ojos de los trilobites». Ricardo Lora Cañaberas y otros. Dugesiana Nº 11(2) paginas 1 a 18. Universidad de Guadalajara. Jalisco.

Sobre los ojos de *Xenos peckii*:

«An unusual type of eye». E.Buschbeck, B.Emer. Cornell News Service Home Page.

Sobre los peces silúricodevónicos:

«Geología Histórica». Woodford A.O. Ediciones Omega
Paleontología. Bermudo Melendez. Editorial Paraninfo.



AMMONITES.

DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA



Autor : Pablo Antonio García Gil
Fotografía : José Manuel Velasco Pérez

INTRODUCCIÓN

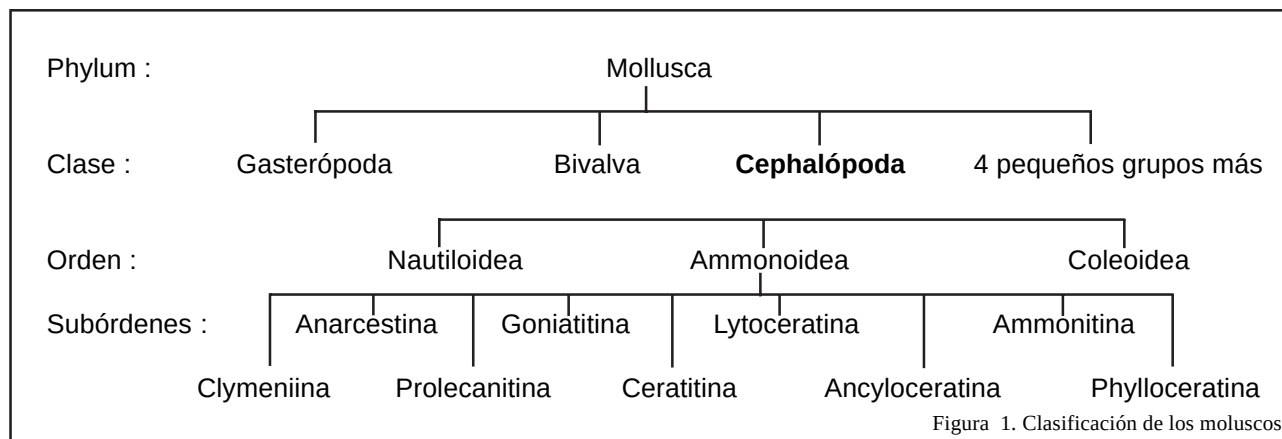
Los ammonites son unos de los grupos fósiles más populares. El atractivo de sus conchas en espiral que siguen una precisión matemática, de su variada ornamentación y diseño, los hace atractivos incluso desde el punto de vista puramente ornamental.

Para el aficionado y el experto, este grupo de fósiles es sin ninguna duda, uno de los grupos de animales más importantes que han existido. Su historia se caracteriza por su «casi aniquilación» y su resurgir explosivo; fueron duramente diezmados por las grandes extinciones que acaecieron en diversas épocas y resurgieron con fuerza de nuevo a partir de unas pocas especies supervivientes, dando lugar a una miríada de nuevas especies que volvían a poblar los mares. Su rápida evolución y su gran distribución ha hecho que se les escoja como indicadores de zonación, sobre todo durante el periodo Jurásico y Cretácico.

Los ammonites son moluscos de la clase Cephalopoda y están emparentados con pulpos, calamares, sepias y nautilus así como con los extinguidos belemnites.

En el presente artículo vamos a centrarnos en aspectos de su biología y modo de vida porque nos han parecido muy interesantes y quizás son temas menos conocidos. No abordaremos el tema de la clasificación porque es tremendamente amplio y desbordaría el tamaño de este artículo.

Presentaremos las teorías más aceptadas en cada caso y comprobaremos con sorpresa que pese haber avanzado mucho en su conocimiento, aún quedan muchos aspectos sobre los que solo se tienen indicios. Hemos resumido estos cocimientos y teorías, presentándolos de la manera más amena que hemos sabido, buscando que el artículo sea interesante y entretenido para aquellos que sientan curiosidad y, como siempre, al final hay una relación de muy buenos libros donde ampliar y conocer mucho más sobre estos animales. De entre todos ellos quiero destacar uno que leí recientemente y que como apasionado por este grupo de fósiles, me ha causado una gran satisfacción. Se trata de la obra «Ammonites» de Neale Monks & Philip Palmer que se puede adquirir en el Museo de Historia Natural de Londres o por Internet en la Web del citado museo (www.nhm.ac.uk). Esperemos que pronto esté traducido al castellano para que pueda llegar a todos.



PARTE I DESCRIPCIÓN DE LOS AMMONITES

El nombre cefalópodo literalmente significa «pies en la cabeza» y hace referencia a la corona de brazos que rodean la boca de todos los cefalópodos.

En la Figura 1 se muestra un diagrama donde se ubican los cefalópodos dentro del filum de los moluscos y su división.

El orden de los Nautiloidea incluye los nautilus actuales y todas sus formas fósiles, el orden de los Ammonoidea incluye a todos los ammonites y el orden de los Coleoidea incluye a los belemnites, jibias, calamares y pulpos.

Los órdenes Nautiloidea y Ammonoidea son los más antiguos y se caracterizan por poseer una concha externa. Las especies pertenecientes al orden



Coleoidea tienen una concha interna o no tiene concha (caso del pulpo) e incluye a los cefalópodos más evolucionados (jibias, calamares y pulpos) que han alcanzado gran diversidad en los mares actuales.

Los cefalópodos primitivos poseen una concha externa. La forma de la concha es, igual que en los moluscos gasterópodos, una estructura de forma cónica que crece por los bordes de la abertura delantera dando lugar a un tubo y que generalmente se enrolla entorno a un eje. Pero mientras que en los gasterópodos la masa visceral se alarga para ocupar todo el interior de la concha, en el caso de los cefalópodos el cuerpo blando permanece compacto y se desplaza hacia delante cuando se alarga el tubo de la concha. El animal va tapiando la concha recién desalojada, es decir, construye tabiques también denominados septos tras de sí. Los septos se suceden a intervalos regulares durante el crecimiento del animal

Así pues, la concha está formada por una parte tabicada que se denomina fragmocono, y de una cámara final (cámara de habitación) donde se aloja el cuerpo blando del animal.

La línea de contacto del septo con la pared de la concha se denomina línea de sutura y, debido a su importancia se tratará más tarde.



Figura 2. Concha de nautilus actual

De la parte posterior del cuerpo blando se prolonga un órgano que atraviesa todas las cámaras y llega hasta la primera cámara que tuvo el animal. Este órgano se denomina sifón.

Las cámaras recién formadas están llenas de un líquido que va siendo sustituido por gas. Este intercambio de materia es realizado por el sifón que está recorrido por numerosos vasos sanguíneos. El animal cambia la concentración de sales en la sangre y por presión osmótica, el agua es absorbida y la cámara rellena con gas. Mediante este mecanismo el cefalópodo alcanza una densidad igual a la del agua marina y consigue flotar sin esfuerzo. Gracias a este diseño especial de su concha, los cefalópodos pudieron abandonar el tipo de vida reptante característico del resto de moluscos. El musculoso pie reptante de los moluscos bivalvos y gasterópodos se ha modificado para adaptarse a la vida nadadora. La parte posterior se ha modificado para formar un tubo situado en la salida de la cavidad branquial. Este tubo se denomina embudo y mediante la expulsión a través de él del agua contenida en la cavidad branquial, el animal adquiere un movimiento de retropropulsión.

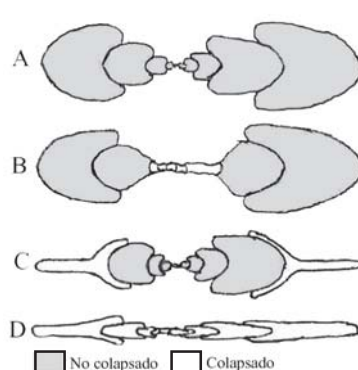
La parte anterior del pie de los moluscos se ha transformado en tentáculos musculosos que también pueden usarse para la locomoción.

En resumen, los cefalópodos primitivos se diferencian del resto de moluscos por poseer la concha tabicada y por el tener el pie convertido en embudo y corona de tentáculos. Estas modificaciones les permitieron adaptarse a un estilo de vida depredador. Adquirieron la capacidad de nadar eficazmente, desarrollaron brazos musculares fuertes y un pico poderoso para desmembrar a sus presas.

LA CONCHA

La concha de los ammonites está formada por aragonito. Este mineral es inestable y cuando el animal muere se disuelve. A veces antes de que esto suceda el aragonito es sustituido por otro mineral que está presente en el medio donde la concha ha quedado enterrada. Así, a veces se encuentran fósiles de pirita o calcita pero lo más común es que la concha desaparezca. Si el interior de la concha se rellena de materiales antes de que desaparezca entonces puede conservarse un molde del fósil en tres dimensiones¹. Si lo anterior no ocurre simplemente se encuentra una impresión del animal en la roca. En la Figura 3 se ha representado algunos modos de conservación de los ammonites.

Figura 3. Algunos ejemplos de conservación de conchas de ammonites. **A** la concha se ha relleno de calcita y se ha conservado un molde completo en tres dimensiones. **B** la cámara de habitación sí se relleno pero no la parte tabicada (fragmocono) y este último aparece colapsado. **C** El fragmocono aparece conservado pero la cámara de habitación no aguantó la presión y está colapsada. **D** Todo el fósil aparece colapsado; solo queda una impresión del fósil.



(Tomado del libro «Ammonites» de Neale Monks & Philip Palmer y dibujado de nuevo por el autor.)

Cuando se estudia a los ammonites es imposible no establecer comparaciones con el nautilus debido a la gran similitud que hay en sus conchas, al menos desde el punto de vista funcional. Las conchas de ambos animales siguen la misma idea. Son conchas enrolladas exogástricamente (que se enrolla por la espalda) en un plano² y que forman una espiral regular. Están divididas por septos y el animal vive en la última cámara (la cámara habitación). Su función es dotar al animal de flotabilidad y darle protección. Sin embargo sí existe una serie de diferencias significativas entre ambos grupos y son la forma de los tabiques (septos), la posición del sifón, el tamaño de la primera concha y la ornamentación y enrollamiento. Veamos un poco en detalle estas diferencias antes de proseguir con nuestra descripción de los ammonites.

¹ Siempre que el material de relleno aguante las presiones a las que se ve sometido el estrato.

² Con la excepción de los ammonites heteromorfos.



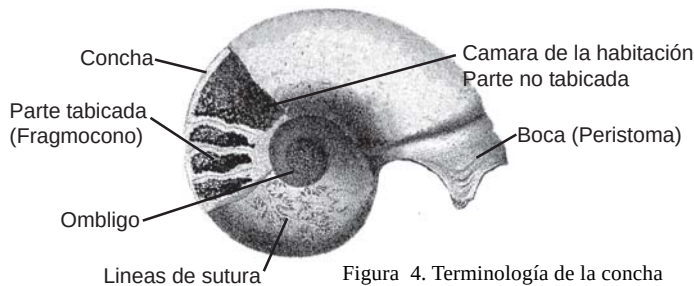


Figura 4. Terminología de la concha

Terminología de la concha

1) Los septos

Los septos, como ya se ha comentado, son los tabiques que dividen el interior de la concha en cámaras. Pero mientras que los septos de los nautilus son paredes ligeramente curvadas hacia el interior de la concha, en los ammonites los septos están alabeados, es decir, se pliegan y conforme confluyen con la parte exterior de la concha más se llenan de pliegues (Figura 5). Esto hace que la línea de contacto entre el septo y la concha sea una línea compleja. A esta línea de contacto se la denomina línea de sutura. Los pliegues que apuntan hacia la abertura de la concha reciben el nombre de sillas y son más redondeados. Los que apuntan hacia el interior de la concha reciben el nombre de lóbulos y son más recortados (Figura 6).



Figura 5. Septos alabeados de un Kosmoceras de Rusia.



Figura 6. Línea de sutura de un Phylloceras de Madagascar.

La línea de sutura es característica de cada especie. Es como una «huella dactilar» que distingue de modo inequívoco a cada especie y, por tanto, es el método más seguro para la clasificación de los ammonites.

A lo largo de la vida de los ammonites como grupo, se observa una mayor sofisticación de la línea de sutura. En general, los ammonites del Paleozoico tenían líneas de sutura más simples que los del Trías y estos más simples que los del Jurásico y Cretácico (véase la Figura 16).

2) El sifón

El sifón atraviesa los septos de los nautilus en posición media, es decir, más o menos por el centro. El orificio que forma en el septo tiene «un collarín» que apunta hacia el interior de la concha (Figura 2). En estos casos se dice que el collarín es retroactivo. En los

ammonites en cambio, el sifón ocupa una posición ventral y el collarín se forma hacia la abertura de la concha y por este motivo se dice que es protoactivo.

La primera concha

La primera concha o concha embrionaria es la concha que forma el animal en el interior del huevo, o sea, es la concha con la que nace. Pues bien, los huevos de los nautilus son grandes si se les compara con el resto de cefalópodos y los alevines desarrollan una primera concha que oscila entre 5 y 20 mm de diámetro. Los alevines de los ammonites – las ammonitellas – son mucho más pequeños. Su tamaño puede oscilar de unas décimas hasta unos pocos milímetros.

Enrollamiento y ornamentación

Los ammonites exhiben una gran variedad de formas de enrollamiento. Se dice que una concha es involuta cuando las sucesivas vueltas cubren totalmente las vueltas anteriores. Es el caso de los nautilus. Por el contrario se dice que una concha es evoluta si la última vuelta cubre solo de manera parcial a las anteriores. Pero estos términos son un poco vagos y relativos por lo que a su vez las conchas se clasifican en función de la anchura de la abertura. La clasificación de las conchas es amplia por lo que nos centraremos en los casos extremos.

- Cuando la concha es involuta y deprimida lateralmente se denomina oxiconica. Estas conchas se asemejan a un disco.

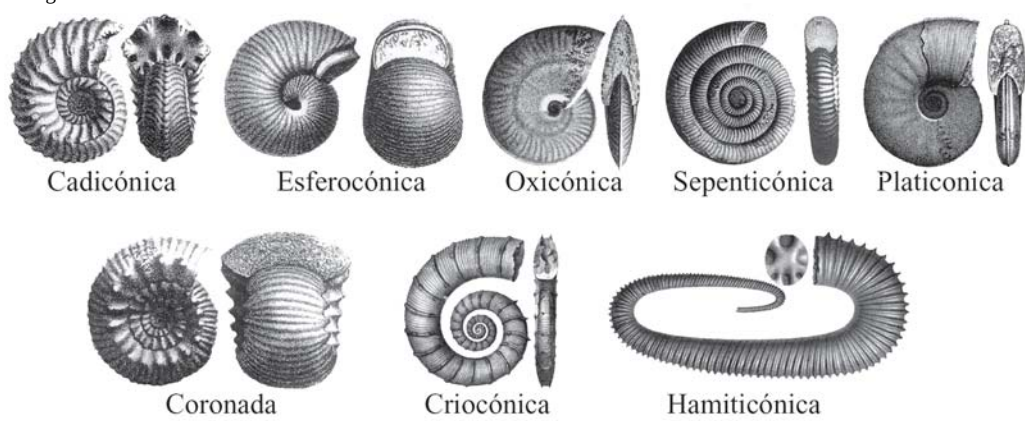
- Cuando son involutas y deprimidas verticalmente se denominan cardiconas y dan lugar a formas globosas.

Por el contrario, las conchas evolutas pueden clasificarse en función del grado de solapamiento de la última vuelta sobre las anteriores en varios tipos de los que los casos extremos son:

- Cuando las vueltas solo se tocan se denominan serpentiformes.

- Si no hay contacto entre las sucesivas vueltas se denominan cirtocónicas.

Figura 7. Clasificación de las conchas de los ammonites en función de su forma.



En el caso intermedio en el que la última vuelta solapa solo parcialmente a las demás y la abertura no es deprimida ni verticalmente ni horizontalmente, la concha se denomina planulada.

No hemos mencionado a un tipo de ammonites cuya concha no sigue ninguno de los patrones anteriores. Se trata de los heteromorfos cuyas conchas varían desde formas rectas, formas espirales en las primeras vueltas y desenrolladas en la parte final, con forma de «caracola» (helicoidales) o simplemente totalmente irregulares sin un patrón aparente de enrollamiento.

Ejemplos de tipos de enrollamiento:



Figura 8a.

A su vez las conchas evolutas se denominan:



Figura 8b.

- **Serpentiformes** cuando las vueltas se tocan ligeramente. Es el caso de este ejemplar. Corresponde a un *Nannolytoceras* del Jurásico medio de Murcia y mide 6 cm. Obsérvense los estrangulamientos periódicos que tiene. Es otro tipo de ornamentación típico de los ammonites.

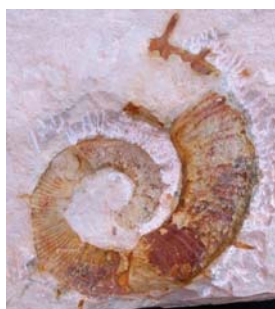


Figura 8c.

- **Cirtocónicas** cuando las vueltas no llegan a tocarse, este ejemplar pertenece al género *Crioceratites* del Cretácico inferior de Murcia (4 cm). Obsérvense las espigas que ha conservado.



Figura 8d.

Ejemplar de concha muy enrollada o **involuta** de 11 cm. donde la vuelta externa cubre a las anteriores completamente y el ombligo es, por tanto, muy pequeño. Se trata de un *Holcophylloceras* del Jurásico superior de Murcia.

Y las conchas involutas se denominan:

- **Oxiconas** cuando está comprimida lateralmente y da lugar a formas discoideas. Este ejemplar se desconoce de que especie se trata y procede del Cretácico inf. de Murcia (3 cm)



Figura 8e.

- **Cardiconas** cuando la concha está deprimida verticalmente dando lugar a una forma globosa y aplastada verticalmente. El ombligo es muy profundo. Caso de este *Olcostephanus* procedente del Cretácico inf. de Murcia (7 cm)



Figura 8f.

Se llama apertura de la concha al borde de esta. Es el extremo de la concha que va creciendo. La apertura de la concha de los ammonites es, en unas especies, similar a las de los nautilus y en otras, muy diferente. En el primer caso la apertura es suavemente sinuosa. Presenta una pequeña inflexión en cada lado en el punto donde se sitúan los ojos y otro en la zona ventral donde sobresalía el embudo. En otras especies de ammonites en cambio, la apertura es muy distinta. Aparecen prolongaciones de la concha en la parte ventral y en los laterales. Esto es más frecuente a partir de finales del Jurásico. Volveremos sobre este tema en el capítulo sobre el dimorfismo sexual.

En cuanto a la ornamentación de los ammonites es muy variada. Unas especies son lisas como los nautilus pero lo normal es que aparezcan costillas, tubérculos, espigas, surcos y quillas. Todas estas variaciones son producidas por el animal durante el crecimiento.



Figura 9b.

Los tubérculos son engrosamientos de la concha que suelen situarse en la región umbilical, o en los flancos. A menudo coinciden con el punto de bifurcación de las costillas

La quilla es un engrosamiento de la concha en su parte ventral. Es un elemento ornamental que facilitaría la natación.



Figura 9c.



Figura 9d.

Los surcos longitudinales son menos frecuentes. Suelen aparecer en la parte ventral o más raramente en los flancos de la concha.

Las costillas son muy frecuentes en los ammonites. Pueden ser finas o gruesas, simples o divididas. En unos casos discurren por la parte ventral sin interrupción mientras que otras veces aparecen surcos longitudinales o una quilla en la zona ventral que interrumpe las costillas.

Tipos de sección y de costillas de la concha.

Forma de las costillas

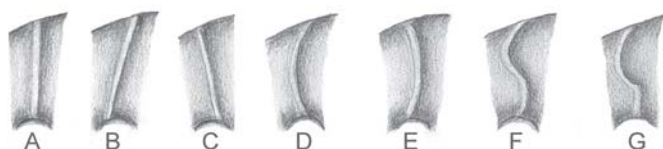


Figura 9e: A, recta; B, proversa; C, retroversa; D, cóncava; E, convexa; F, bicóncava; G, falciforme.

Ramificaciones de las costillas

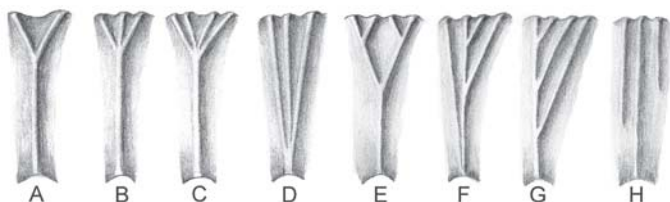


Figura 9f: A, bifurcada; B, trifurcada; C, tetrafurcada; D, fasciculada; E, poliploca; F, poligirada; G, virgatipartita; H, intercalares.

Sección de la última vuelta

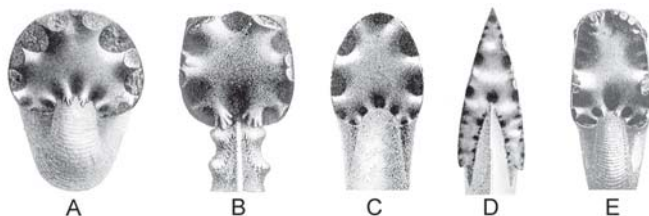


Figura 9g: A, redonda; B, cuadrada; C, elíptica; D, lanceolada; E, rectangular alta.

Las espinas son un tipo especial de ornamentación. Si bien no son comunes durante el Paleozoico, si lo son durante el Jurásico y Cretácico. Se cree que evolucionaron como un mecanismo de defensa ante los depredadores. Las espinas son normalmente huecas y se cree que se formaron por extensiones del manto desde la abertura. Conforme el animal crece y va generando más concha, las espinas van quedando en posición retrasada.

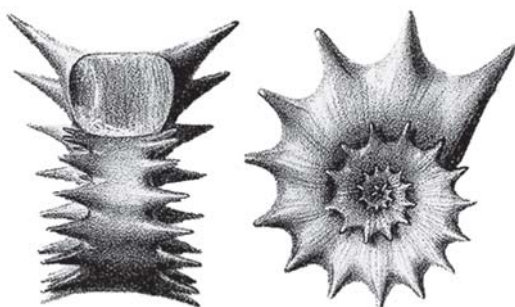


Figura 9a.

Cuando el ammonite sufriera un ataque la espina podría llegar a partirse. Para que no se inundara la cámara subyacente y se viera alterada la flotabilidad del animal, las espinas eran selladas en su base una vez que estaban totalmente desarrolladas. Pues bien, esto es lo que normalmente se encuentra; fósiles de ammonites que han perdido las espinas y en su lugar quedan los sellos, es decir, un engrosamiento de la concha en forma de un tubérculo.

La coloración de la concha de los ammonites se desconoce porque los pigmentos rara vez se conservan en los fósiles. En algunos casos excepcionales se han observado rayas longitudinales que se asemejan a los dibujos de los caracoles terrestres actuales.

ANATOMÍA DEL ANIMAL

Poco se conoce de los órganos y partes blandas de los ammonites porque no se han encontrado fósiles que los conserven. Sin embargo puesto que hay ciertas características que son comunes a todos los cefalópodos se asume que también los ammonites las poseyeran. Por ejemplo, una constante en los cefalópodos es la cabeza con un pico robusto y rodeada de tentáculos. Los pulpos tienen 8 brazos iguales y con ventosas para retener a sus presas, los calamares 10 también con ventosas, dos de los cuales son más largos y los nautilus entre 50 y 90 lisos sin ventosas. Se presupone pues que los ammonites tenían tentáculos pero se desconoce su número y si poseían ventosas u otro tipo de herramientas para la sujeción de sus presas.

Los órganos de los ammonites estarían contenidos dentro del manto que es el envoltorio carnoso en forma de saco que tiene todos los cefalópodos.

Los ojos de los cefalópodos actuales son los ojos más perfectos de los seres invertebrados. Los nautilus tienen un ojo que carece de lente para enfocar. Este tipo de ojo tiene un pequeño orificio transparente en la parte frontal por donde entra la luz y la imagen se forma invertida en el fondo de la retina. Controlando el tamaño del orificio, la imagen que se forma es una imagen débil y definida o es brillante y borrosa. Los coleoideos actuales sí poseen una lente en el ojo de manera que su visión es superior pudiendo ser brillante y definida a la vez. Se asume que los ammonites tenían buena visión como el resto de cefalópodos pero no se conoce que tipo de ojo tenían.

También como el resto de cefalópodos, los ammonites probablemente fueron carnívoros. Así lo sugieren los pocos restos fósiles encontrados con restos de su estómago. En ellos aparecen pequeños crustáceos, equinodermos, plancton y pequeños ammonites.



Se les supone un aparato digestivo pequeño con un estómago simple que es lo común en los animales carnívoros. La carne es más sencilla de digerir que los productos vegetales. Los desechos de la digestión serían expulsados por el ano a la cavidad del manto.

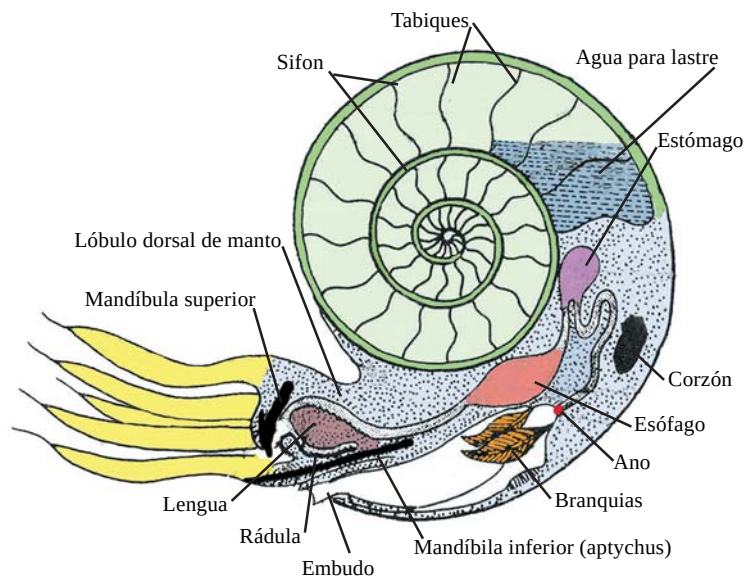


Figura 11.

Possible anatomía de un ammonites.

El manto albergaría también a las branquias. El nautilus posee 4 mientras que los coleoideos poseen 2. En el pasado a los ammonites se les atribuía 4 branquias por su parecido con los nautilus pero hoy en día que se han descubierto una serie de similitudes con los coleoideos se piensa que pudieron tener solo dos. No hay pruebas que nos permitan aclarar este punto.

El flujo de agua en el interior del manto debió de ser similar a la que se produce en los cefalópodos actuales. El agua penetra en la cavidad del manto, pasa por las branquias donde se extrae el oxígeno y se expulsa por el embudo junto con los desechos del animal. En esta operación el animal recibe un empuje en dirección opuesta a la corriente de agua expelida, que se utiliza para su desplazamiento.

En cuanto al sistema circulatorio, los cefalópodos actuales tienen un sistema cerrado, poseen venas y arterias y la sangre es bombeada por la acción de un corazón. Disponen de un «corazón» por cada branquia y uno más para bombear la sangre ya oxigenada al resto del cuerpo. El oxígeno es transportado en la sangre por medio de un pigmento llamado hemocianina³ que es el más común entre los moluscos. Es menos eficiente que la hemoglobina pero funciona perfectamente para los niveles de actividad de los cefalópodos.

El manto estaba sujeto a la concha por medio de músculos de manera que el animal podía retraerse hacia el interior de la concha, al menos la mayor parte de su cuerpo blando cuando se sentía amenazado.

³ La hemocianina es un pigmento que en vez de hierro contiene dos átomos de cobre en su centro activo. Esto le confiere su color azulado que le ha dado el nombre (cian = azul).

EL APTYCHUS

Llegamos ahora a otro misterio de los ammonites; el aptychus (el plural es aptichi). Son estructuras en forma de concha de molusco bivalvo que a veces se encuentran fosilizadas en la cámara de habitación de los ammonites. Hay dos tipos: el aptichus y el anaptychus.

El primero está formado por dos partes que son imágenes especulares una de otra y que se unían por uno de los lados. Como se ha comentado anteriormente se parecen a la concha de un molusco bivalvo por lo que al principio se les tomó por eso. Están formadas por calcita (no aragonito como la concha) por lo que pueden que no hayan sido formadas por el manto.



Figura 12.

El anaptychus está formado por un único elemento y su composición era de quitina.

Cuando estas estructuras se encontraron fosilizadas en el interior de los ammonites se constató que debían de ser parte de estos. Por analogía con otros moluscos se pensó que estas estructuras tenían la función de cerrar la apertura de la concha para proteger al animal cuando este se sentía amenazado y se replegaba al interior de la concha. Los problemas comenzaron cuando se observó que, en ciertos casos, estas piezas no se ajustaban a la abertura de la concha o sea que difícilmente podrían valer como «cierres». En 1864, los investigadores americanos Meek y Hayden descubrieron un ejemplar de ammonites que tenía la parte superior de la mandíbula entre las dos partes del aptychus. La conclusión a la que llegaron tras su minucioso análisis fue que el aptychus era parte de la mandíbula y, a partir de este momento, empezó el debate.

Desde entonces, cada cierto tiempo la balanza parece inclinarse en uno u otro sentido siguiendo los trabajos de los investigadores que presentan nuevos fósiles y pruebas que parecen apoyar una u otra teoría.

Curiosamente los cefalópodos actuales tienen una mandíbula pequeña en comparación con su envergadura. La relación tamaño de la mandíbula/tamaño del cuerpo es del orden 1 a 50. Si el aptichus fuese parte de la mandíbula, la relación al tamaño de su cuerpo sería de 1 a 5, es decir, los ammonites serían radicalmente diferentes al resto de los cefalópodos, serían ¡¡cefalópodos con una mandíbula enorme!!.

El debate sigue abierto ... pero hoy en día la idea más aceptada es que el aptychus era una especie de pala con la que levantaban los organismos de la capa superior del fondo marino para luego engullirlos.

PARTE II

ALIMENTACIÓN Y MODO DE VIDA

Hasta ahora lo que sabemos es que los ammonites tenían una concha compartimentada que vaciaba de líquido y llenaba de gas mediante el sifón que atravesaba todas las cámaras y que el animal vivía en la última cámara.

La concha, por el principio de Arquímedes, sufre un empuje ascendente proporcional al volumen de agua que ocupa. El centro de aplicación de esta fuerza se sitúa en el fragmocono.

Por otra parte el cuerpo blando es más pesado que el agua marina. Como se sitúa en la cámara de habitación la fuerza debida a su peso se sitúa en esta zona. El equilibrio entre ambas fuerzas se consigue cuando la fuerza debida al peso se contrarresta con la fuerza debida al empuje. El animal controla esta última mediante el vaciado de las cámaras y consigue así la misma densidad que el agua marina. De esta forma puede permanecer a cualquier profundidad sin esfuerzo.

Para intentar reconstruir el modo de vida de los ammonites de nuevo hay que echar mano de lo que conocemos de sus restos (sobre todo de la concha) y de sus parientes vivos sobre todo el nautilus.

El nautilus tiene una concha oxiconica y lisa que está bien adaptada para la natación. La forma de su concha sitúa la cámara de habitación cerca del fondo marino y la apertura señala hacia atrás y ligeramente hacia arriba.

Se alimenta de crustáceos sobre todo gambas y langostas. Es un cazador oportunista que quiere decir que «come lo que encuentra». Parece ser que emplea el sentido del olfato y el tacto para localizar a sus presas. Según se desplaza palpa con sus tentáculos el fondo marino en busca de sus presas. Por cierto, no desaprovecha nada de ellas, es decir, se come también el duro caparazón. Probablemente es una buena fuente de calcio necesaria para el desarrollo de su concha.

En fósiles de nautilus se han encontrado restos de crustáceos que indican que su estilo de vida no ha cambiado mucho desde hace bastante tiempo.

Su vida se desarrolla entre los 200 y 400 metros de profundidad. Se han realizado estudios para determinar la profundidad máxima a la que puede llegar y se calcula que el límite de su concha está en torno a los 700 metros. A profundidades mayores el animal está expuesto al riesgo de sufrir una implosión por sobrepresión.

El modo de vida de los ammonites de conchas oxiconas puede haber sido similar al de los nautilus

pero ¿qué ocurre con todos los demás? Los ammonites tienen una grandísima variedad de conchas y también es muy variable el tamaño de la cámara de habitación. En algunos es similar a la del nautilus, es decir, la cámara habitación es un tercio de la última vuelta, sin embargo en la mayoría de los ammonites no es así. Sus cámaras habitación son mucho más grandes llegando a casos donde ocupa la última vuelta completa. Es estas especies todo parece indicar que la apertura de la concha señalaba hacia arriba, hacia la superficie marina. Si el animal no era capaz de ver/palpar el fondo marino parece poco probable que pudiera alimentarse de las presas que por el pululasen. Tampoco está claro como podían nadar en esa posición. Por todos estos detalles se supone que llevaban un modo de vida tranquilo flotando entre aguas y alimentándose de plancton.

¿Y el registro fósil, qué nos sugiere?

Al principio cuando se estudió la complejidad de los septos y las líneas de sutura de los ammonites se supuso que era una adaptación para soportar mayores presiones y ser capaces de vivir en entornos más profundos, es decir, se pensaba que había una relación entre la forma de la concha y el hábitat pero el registro fósil no apoya esta teoría.

La mayoría de los fósiles se encuentran en sedimentos formados en aguas someras de entre 50 y 200 metros de profundidad. También apoya este punto el hecho de que las conchas fósiles de ammonites y nautilus se suelen encontrar en los mismos niveles, o sea que debieron compartir hábitats similares. Entonces ¿por qué esa concha tan sofisticada si vivían en aguas relativamente poco profundas? No se sabe con certeza. Hay varias ideas que intentan dar una explicación satisfactoria a este aparente contrasentido.

Una es que la complicación de la concha de los ammonites era para ser capaces de soportar la misma presión que el nautilus pero con espesores de conchas menores; es decir, los ammonites pudieron tener conchas más ligeras que las del nautilus pero con igual robustez. Gracias a su especial diseño, los esfuerzos se repartían y compensaban más eficazmente. Esto les podía aportar la ventaja de conseguir un crecimiento más rápido. Otra explicación en este mismo sentido podría ser que con su diseño sofisticado soportaran mejor los esfuerzos producidos cuando un objeto punzante los presionaba (por ejemplo los dientes de un depredador). De nuevo los esfuerzos se repartían sobre un área mayor y así aumentaba la posibilidad de que no se produjera la rotura.

En cuanto a su alimentación, el registro fósil tampoco nos da mucha información por lo escaso de los hallazgos pero sí da algunas pistas.

Sabemos que en el mejor de los casos eran nadadores tan eficaces como el nautilus actual, es decir,



más bien lentos. No se han encontrado restos fósiles que indique que tuvieran ganchos o ventosas en sus brazos, o sea que todo parece indicar que eran cazadores oportunistas como su «primo» el nautilus.

En los pocos registros fósiles hallados con restos de su «última cena» se han encontrado trozos de ostrácodos (pequeños crustáceos de 1 ó 2 mm), foraminíferos y restos de crinoideos (equinodermos filtradores). También se han encontrados trozos de conchas de pequeños ammonites lo que sugiere que al menos algunas especies eran caníbales.

Se puede agrupar la lista de sus presas en dos grupos:

- a) Pequeños animales bentónicos (ostrácodos y foraminíferos).
- b) Animales mayores pero de movimientos lentos (equinodermos y pequeños ammonites).

Posiblemente utilizaban el aptychus para levantar del fondo a estos organismos alimentándose de aquellos que eran demasiado lentos para huir.

DIMORFISMO SEXUAL Y REPRODUCCIÓN

Las conchas de ammonites aún guardan detalles sorprendentes. Cuando los paleontólogos refinaron sus técnicas de recogida de fósiles se percataron de que a veces había dos tipos de conchas de forma y desarrollo muy similar en un mismo nivel. Al principio se clasificaron como dos especies distintas pero relacionadas.

Cuando se analizaron más detenidamente se observó que ambas conchas eran idénticas hasta que llegaban al estado de madurez. Una parecía detener su crecimiento en ese instante y la otra alcanzaba tamaños mayores. Se las denominó por este motivo microconcha y macroconcha. Pero generalmente hay algunas diferencias más a parte del tamaño.

- La cámara de habitación de la microconcha es del orden de la mitad de la última vuelta. En la macroconcha ocupa las dos terceras partes.
- También se diferencian en la abertura. La microconcha suele desarrollar extensiones laterales. La macroconcha no posee estas extensiones.

Aunque estas pruebas no son concluyentes hoy en día se acepta que ambas variedades de ammonites son en realidad el macho y la hembra de una única especie. Se supone que la concha mayor es la hembra y que el mayor espacio de la cámara de habitación es para el desarrollo de los huevos. En cuanto a las extensiones de la abertura de la concha de los machos, se interpretan como un adorno, un distintivo que utilizaban para llamar la atención de las hembras.

Algunos tipos de adornos en las aberturas de los ammonites. Figura **A** ejemplar de la izquierda se observa un engrosamiento del borde a modo de labio. En la figura **B** aparecen extensiones laterales y la concha se dobla unas décimas de mm en ángulo recto hacia fuera. En la figura **C** aparecen extensiones laterales grandes y un engrosamiento en la abertura y la figura **D** tiene extensiones laterales y otra ancha en la parte ventral que está adornada con el mismo tipo de costilla que el resto de la concha. Las dimensiones de las conchas son respectivamente 50, 23, 34 y 31 mm, proceden del Cretácico inferior de Murcia y se desconoce que especies son.



Figura A.



Figura B.



Figura C.



Figura D.

A veces los adornos de la abertura pueden llegar a ser tan espectaculares como la de este ammonite, figura **E** de Cretácico inferior de Murcia (60 mm).



Figura E.

La sexualidad de los cefalópodos es muy variada en la actualidad. Entre los moluscos son numerosos los casos de especies hermafroditas, sin embargo todos los cefalópodos actuales tienen sexos separados.

Los coleoideos tienen una reproducción curiosa. Uno de sus 10 brazos está modificado y se utiliza para transportar un paquete de esperma. El macho lo introduce en el manto de la hembra y allí se rompe quedando en su interior. El macho permanece cerca de su hembra para evitar que otros machos intenten aparearse con ella y poco después muere.

La hembra vive un poco más; abre el paquete de esperma cuando los huevos están listos para ser fertilizados, y realiza la puesta. Los calamares por ejemplo rodean los huevos de un envoltorio duro para protegerlos de los depredadores, los pulpos los esconden en una cavidad, pero en cualquier caso, poco después las hembras también mueren.

Esto es una constante en los cefalópodos más evolucionados. Generalmente son animales «anuales» que se reproducen una sola vez en su corta vida.

El nautilus es diferente. Macho y hembra son de tamaño y aspecto similar. El macho posee un brazo especial para transportar el paquete de esperma al interior de la hembra pero éste no se rompe. La hembra produce pocos huevos pero grandes. Las crías son relativamente grandes (hasta 2 cm de diámetro) y versiones miniatura de sus padres. Se desarrollan despacio alcanzando la madurez sexual entorno a los 5 años de vida y su desarrollo total a los 10 años. Se estima que su esperanza de vida varía entre 15 y 20 años así pues se reproducen repetidas veces durante su vida.

¿Y los ammonites?

Pues como suele ocurrir no se tiene la certeza, solo algunas ideas y éstas vienen del estudio de sus conchas. Se sabe que al nacer el ammonite tenía un tamaño mucho menor que el nautilus. En el mejor de los casos tenía unos pocos mm de diámetro y se cree que formaban parte del plancton. Solo más tarde cuando se desarrollaban hasta 1 cm dejaban el plancton y comenzaban a llevar su vida de adulto, de nadador libre o bentónico.

Las conchas de los ammonites son muy similares a las de los nautilus en cuanto a la distribución de los septos. El nautilus añade una cámara cada uno o dos meses y cuando alcanza el tamaño adulto ralentiza su crecimiento pero continúa generando cámaras solo que éstas están mucho más juntas. Se han hecho estudios sobre la relación de isótopos de ciertos elementos como el oxígeno que forma parte de las conchas o con animales que parecieron crecer pegados a la concha de ammonites y simultáneamente con ellos. De todos ellos se llega a la conclusión de que tenían un crecimiento lento y más parecido al del nautilus que al de los modernos coleoideos.

LOS AMMONITES HETEROMORFOS

Nada hemos hablado hasta el momento de esta clase de ammonites pero es que se sabe muy poco de ellos. No se conoce su dieta ni su modo de vida y de la forma de su concha se deduce que no podían ser muy buenos nadadores.

A lo largo del Cretácico aumentó el número de heteromorfos que poseían la parte final de la cámara de habitación en forma de «U». Los fragmoconos de estas especies presentan el centro de flotación muy separado del centro de gravedad por lo que son muy estables y el animal quedaría mirando hacia la superficie. No parece probable que llevaran un modo de vida bentónico sino que se piensa que nadaba o flotaban entre aguas



Figura 15. Ancyloceras

Las formas rectas como Baculites parece que vivían con la concha en vertical y la cabeza en la parte inferior. Si estos animales podían nadar lo harían verticalmente. ¿Eran cefalópodos que vivían en aguas profundas durante el día y se desplazaban hacia la superficie durante la noche para alimentarse?



Figura 16. Baculites

En cuanto a las formas enrolladas helicoidalmente como Turrilites también tendrían la cabeza en la parte inferior. En este caso el empuje retrosifonado les haría girar sobre su eje. Quizás llevaban un modo de vida similar a las formas anteriores realizando su elegante migración diaria en busca de comida en aguas poco profundas por la noche y hacia la seguridad de las aguas profundas durante el día. No se conocen estos detalles pero lo que sí es cierto es que a lo largo del Cretácico superior este tipo de ammonites proliferaron y se diversificaron cosa que no ocurrió con los ammonites de enrollamiento «tradicional».



Figura 17. Turrilites



EVOLUCIÓN Y EXTINCIÓN

Los primeros cefalópodos aparecen en el registro fósil a principios del Cámbrico. Entre ellos ya están los primitivos nautiloideos con su concha tabicada y sifón que atraviesa todas las cámaras por lo que presumiblemente ya regulaban su densidad vaciando sus cámaras.

En el Ordovícico son predominantes las formas ortoconas. Estas formas están bien dotadas para la natación porque minimizan el rozamiento y son muy hidrodinámicas y, precisamente a partir de esta época, en las conchas se observa una muesca en el borde inferior donde saldría el embudo. Esta muesca indica que estos cefalópodos ya habían desarrollado el mecanismo de propulsión a chorro. Estas características les permitieron ser depredadores eficaces y se convirtieron en animales grandes. Su tamaño oscilaba entre los 30 cm y los 2 m habiéndose encontrados algunos fósiles que debían llegar a los 5 m. Eran los súper depredadores de la época situándose en la cúspide de la cadena alimenticia.

Sin embargo, si la concha recta es buena para la natación en aguas abiertas no lo es tanto cuando se requiere maniobrabilidad. Para estos casos, las conchas enrolladas se muestran más eficaces y así se observa que durante el Paleozoico, de forma progresiva fueron desarrollándose nuevas formas de nautiloideos enrollados.

Los antecesores de los ammonites son un grupo de cefalópodos ortoconos llamado Bactritina que vivió en el Devónico. Se distingue de los nautiloideos de concha recta en su forma más globosa y en el tamaño de su primera concha – la concha embrionaria.

La vida de los ammonites es una vida marcada por las extinciones y el resurgir explosivo.

Los primeros ammonoideos (suborden Anarcestina) aparecen a mediados del Devónico. Son formas enrolladas como las del nautilus actual, posiblemente debido a un fenómeno de convergencia evolutiva. De ellos derivaron los subórdenes Clymeniina, Prolecanitina y Goniatitina. En la extinción que marca el final del Devónico desaparecieron los subórdenes Anarcestina y Clymeniina junto con muchos grupos de braquiópodos y trilobites. Los subórdenes supervivientes dieron lugar a una radiación de formas nuevas. Durante el Pérmico también aparece el suborden Ceratitina.

De todas las extinciones acaecidas en la Tierra, la que tuvo los efectos más devastadores sobre los seres vivos fue la que marca el final del Pérmico. Muchos grupos de animales desaparecieron totalmente como los trilobites o fueron diezmados drásticamente y dejaron de ser dominantes como los braquiópodos y casi fue el final de los ammonites. Los Ceratitina sobrevivieron y se diversificaron durante el Triásico.

La extinción que marca el final del Triásico significó el fin de los Ceratitina pero los Phylloceratina que ya habían aparecido sobrevivieron y se diversificaron de forma tal que durante el periodo Jurásico y Cretácico hubo una diversidad y abundancia de ammonites como no la había habido nunca. Los subórdenes Lytoceratina, Ancyloceratina y Ammonitina derivan de aquellas pocas especies que consiguieron sobrevivir a la extinción de finales del Triásico.

Estos cuatro subórdenes superaron las pequeñas extinciones que hubo durante el Jurásico y Cretácico y llegaron hasta el final del Cretácico.

Evolución de la línea de sutura en los ammonites.

La línea de contacto entre los tabiques que dividen las cámaras y la concha externa se va alabeando con la evolución de los ammonoideos, llegando a llenarse de pliegues en los subórdenes del Jurásico y Cretácico, dando lugar a una línea muy recortada.



Figura 18. Goniatites del Devónico



Figura 19. Ceratites del Triásico



Figura 20. Barremites del Cretácico

A la hora de explicar las extinciones, los investigadores están divididos. Unos piensan que las extinciones son rápidas geológicamente hablando y la explicación está fuera de la Tierra. Las extinciones parecen repetirse de forma cíclica en algunos momentos y esto se interpreta como ciclos en la actividad solar o ciclos en el movimiento planetario y/o estelar.

Aunque esta idea es muy atractiva, otros investigadores no piensan que esta sea la causa. Las extinciones aparecen en el registro fósil como sucesos abruptos y repentinos y no debieron de ser así. Estos investigadores explican las extinciones como el resultado de procesos de cambios climáticos o actividad volcánica a gran escala en el planeta. Estos sucesos debieron de llevar miles de años o incluso cientos de miles hasta que sus efectos produjeran los drásticos cambios en la vida del planeta.

Probablemente las extinciones sean el resultado de la coincidencia de una serie de factores internos del planeta y también de otros externos.



La extinción de finales del Cretácico es una de las más estudiadas por la repercusión que tuvo sobre la vida. En tierra significó el fin de los dinosaurios y la vía libre para el desarrollo de aves y mamíferos. Parece bien fundado que en este caso un meteorito impactó sobre la Tierra en la península de Yucatán produciendo un cráter de 200 Km de diámetro. Pero ¿fue esta la causa de la extinción de los ammonites?

Veamos que nos indica el registro fósil.

Los ammonites estaban bien representados a comienzos del Cretácico superior pero con el transcurso de este periodo se observa una disminución gradual del número de familias y a finales del Cretácico los ammonites llegaron a ser raros. En algunos yacimientos no se encuentran restos de ammonites varios metros por debajo del límite Jurásico-Cretácico que está marcado por la concentración anormalmente alta de iridio y que se cree que se formó como consecuencia del impacto del meteorito. Sin embargo en estos sitios sí aparecen restos de equínidos y bivalvos⁴.

Todo parece indicar que estaban disminuyendo en diversidad y número de individuos y, a lo sumo, el impacto del meteorito solo supuso la puntilla final.

El estudio de las conchas fósiles sugiere lo siguiente. Durante mucho tiempo las conchas de los ammonites tuvieron un enrollamiento y una ornamentación poco adaptada para la natación y les fue muy bien por lo que no parece que la capacidad natatoria fuese muy importante.

Durante el Cretácico, en las conchas no hidrodinámicas se observa una tendencia al aumento

⁴ Por ejemplo en Zumaya (Vizcaya).

de la ornamentación formada por grandes costillas, espinas y tubérculos. Esto se interpreta como una tendencia a la defensa ante depredadores trituradores. Sin embargo a finales del Cretácico no se encuentran estas formas. Las formas predominantes eran los ammonites hidrodinámicos y los heteromorfos. Esto parece indicar que la agilidad y la velocidad se habían convertido en algo necesario para la supervivencia y a los heteromorfos les iba bien con un modo de vida alejado de la plataforma somera donde el resto de ammonites mantenían una dura competencia ante depredadores⁵ dotados de una mayor capacidad de movimiento.

Pero ¿por qué sobrevivió el nautilus?

No se sabe con exactitud pero se piensa que tiene que ver con el tamaño de sus huevos y de sus crías. Se estima que el 90% de las especies que formaban el plancton sucumbió por los efectos del impacto del meteorito. Las crías de ammonites atravesaban una fase planctónica y los adultos se alimentaban de animales pequeños. Todos pudieron desaparecer como consecuencia del colapso de las cadenas alimenticias.

El nautilus nace con un tamaño mayor y desde el primer momento lleva una vida bentónica en aguas profundas. Es posible que esta diferencia significara el «estar o no estar» hoy en día en nuestro planeta.

⁵Pero ¿quiénes eran estos depredadores? Al principio del periodo Jurásico reptiles sobre todo; ictiosauros, plesiosauros, pliosauros... Al final del Cretácico apareció el mosasauro, un reptil dotado con una mandíbula con dientes hasta en el paladar. Estos dientes eran mudados por otros mayores conforme el animal iba creciendo. Era un animal triturador sumamente especializado.

Durante el periodo Cretácico también se diversificaron en gran medida los peces Teleósteos, es decir, los peces modernos. Dotados de natación ágil debieron entrar en competencia con los ammonites en muchos nichos ecológicos superándolos por su mayor movilidad.

Bibliografía:

Andreas E. Richter, 1989, *Manual del Coleccionista de Fósiles*, Editorial Omega.

Karl Beurlen & Gerhard Lichter, 1988, *Fósiles*, Editorial Blume, Barcelona, pp. 287.

Neale Monks & Philip Palmer, 2002, *Ammonites*, The Natural History Museum of London Eds., pp. 159.

Nieves López Martínez, 1988, *Guía de campo de los fósiles de España*, Ediciones Pirámide, Madrid.

Peter Ward, 1983, *La extinción de los ammonites*, Investigación y Ciencia, Pág. 92-102

W. J. Arkell, W. M. Furnish, Bernhard Kummel, A. K. Miller, R. C. Moore, O. H. Schindewolf, P. C. Sylvester-Bradley and C. W. Wright 1957, *Treatise on invertebrate paleontology Part L Mollusca 4*, Geological Society of America and University of Kansas Press



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

La Concha de los Ammonites

Autor : Luis Fernando Real Martín,

Pablo Antonio García Gil

Fotografía : José Manuel Velasco Pérez

Hace un par de años adquirí un ammonites de Madagascar en una conocida feria de minerales y fósiles de Madrid. El ejemplar me llamó la atención porque conserva parcialmente la concha con su coloración original. Resultó económico porque el ombligo estaba aún cubierto por la roca matriz.

Ya en casa, una tarde abordé la tarea de intentar limpiarlo. Con un pequeño punzón y alfileres conseguí mi objetivo. Ante mí apareció un ombligo lleno de espinas que estaban repartidas a intervalos regulares y por parejas; una en el borde ventral y otra en el borde dorsal (hacia la mitad del flanco), unidas ambas por una costilla fuerte. ¡Me pareció espectacular! Cuando terminé de limpiarlo lo coloqué en mi vitrina ...

Estaba recopilando información para realizar el artículo sobre ammonites que aparece en esta revista y, mientras leía el libro de Neale Monks y Philip Palmer titulado «Ammonites», me percaté de algo que hasta ahora había pasado desapercibido para mí. Los autores señalan que durante el periodo Jurásico superior y Cretácico se desarrollaron especies de ammonites con espinas en sus conchas cosa que no había sido frecuente durante el periodo Triásico y Jurásico inferior. Esto se ha interpretado como un mecanismo de defensa ante los depredadores.

Al nacer, los ammonites tenían un tamaño muy reducido, pues apenas si medían unos pocos milímetros, y pasaban a formar parte del plancton marino. Esto les haría estar a merced de numerosos depredadores dotados de mayor tamaño y movilidad. De adultos, los ammonites tampoco eran unos nadadores veloces. Se cree que sus grandes enemigos serían los reptiles marinos.

Las espinas en los ammonites se formarían a partir de extensiones del borde del manto¹ como en los moluscos actuales, pero a diferencia de otros grupos, como los gasterópodos, éstas son huecas. Cuando estaba formada, el animal sellaba la base generando un engrosamiento de la concha o tubérculo. Con esto evitaba que en caso de rotura, la cámara situada justo debajo de la espina no perdiera el gas del que estaba rellena y se inundara, modificando así la flotabilidad

¹ El manto es el envoltorio carnosos que poseen todos los moluscos y que contiene a los órganos. Un buen ejemplo es el cuerpo de un calamar.



Figura 1. *Douvilleiceras Mammillatum* procedente de Madagascar. de 82 mm de diámetro

del animal y en consecuencia su movilidad. Las espinas suelen perderse, o bien durante los avatares de la vida del animal o, una vez muerto, durante los arrastres que sufre la concha hasta que finalmente queda enterrada. Así, lo más frecuente es encontrar fósiles de ammonites que solo poseen el fragmocono (se ha perdido la cámara de habitación) y sin espinas (solo se conservan los tubérculos).

Después de conocer este detalle, mi visión de los ammonites cambió radicalmente. Ya no veía solo el fragmento de la concha que ha llegado hasta nosotros sino que me imaginaba al animal completo en todo su esplendor nadando entre depredadores, luchando por su vida y, de pronto, me asaltó una idea; ¿por qué no intentar reconstruir cómo era uno de estos animales? Era excitante, pero la tarea no me parecía sencilla; tenía que documentarme para que fuera algo verosímil. Y entonces recordé aquel fósil de Madagascar que tenía en mi vitrina...



Figura 2. Reconstrucción de un ammonites atacado por un plesiosaurio. De nada servían las espinas ante tan formidable depredador.

El espécimen en cuestión es un *Douvilleiceras mammillatum*. Son ammonites evolutos, de amplio y profundo ombligo donde las sucesivas vueltas apenas cubren a las anteriores. La sección es redondeada, un poco achatada verticalmente y, la ornamentación está formada por costillas simples, rectas y gruesas con numerosos tubérculos. Atraviesan la parte ventral sin interrupción. Pertenecen al suborden *Ancyloceratina* que son ese grupo de ammonites que aparecieron durante el Cretácico y muchas de cuyas especies son heteromorfas (Figura 3). La especie con



Figura 3a. *Crioceratites* de 54 mm Cretácico inferior (Hauteriviense - Barremiense) Murcia



Figura 3b. Heteromorfo 83 mm. procedente del mismo nivel.



la que vamos a trabajar sigue la típica espiral de los ammonites regulares.

Llamé por teléfono a mi compañero de trabajo Luis Fernando, también amante de los ammonites para comentarle mi proyecto y proponerle la realización del dibujo del animal «en vida».

-Sí Pablo-, me explicaba, -la concha de los ammonites sigue el desarrollo de una espiral logarítmica, esto es, el radio de la espira crece a cada vuelta en proporción geométrica según la ecuación $r = c \cdot b^{k\theta}$ donde r es el radio, θ es el ángulo y c , k y b son constantes, mayores de cero, que determinan la forma durante el crecimiento.

Para reconstruir la forma de la concha, tal como fue en vida, era sugerente aplicar una propiedad de estas espirales.

- En las espirales logarítmicas y por lo tanto, en la concha de los amonites – decía Luis,- la relación entre dos radios opuestos, separados 180 grados, siempre ofrece un valor constante.

Esta propiedad matemática sugería la hipótesis de que el crecimiento de las espinas siguiera la misma pauta que el cónico enrollado de la concha. Es decir, que las espinas opuestas guarden la misma proporción que entre radios opuestos. Nuestro objetivo sería encontrar esa relación entre los radios y aplicar su valor para calcular el tamaño de las espinas. Calculada la relación entre los radios y midiendo la longitud de las espinas de las tres primeras vueltas, podría hallar la longitud de las espinas opuestas y así sucesivamente, hasta completar la superficie de la concha. Además seríamos capaces de reconstruir hasta la cámara de habitación, que en los ammonites oscila entre un tercio de la última vuelta y la última vuelta completa. De este modo, tendríamos una imagen de cómo sería el animal completo.

Me puse manos a la obra y elaboré la siguiente tabla con los datos de las espinas de la figura 4

Las espinas están numeradas del 1 al 22 en la parte ventral y las líneas discontinuas son diversos radios opuestos. De la tabla anterior y de la observación del fósil obtuve la siguiente conclusión: La distribución de las costillas sigue dos patrones diferentes. Cuando el animal es joven, con un radio inferior a 10 mm, sólo se desarrolla una espina en posición ventral y no hay costilla. La espina es proporcionalmente grande y están separadas entre 5 y 6 mm unas de otras. Cuando el animal crece comienza a desarrollar costillas con una pareja de espinas; una ventral y otra más pequeña dorsal. Ahora las espinas se distribuyen de forma más o menos constante, cada 4 ó 5 mm, a lo largo de la concha.

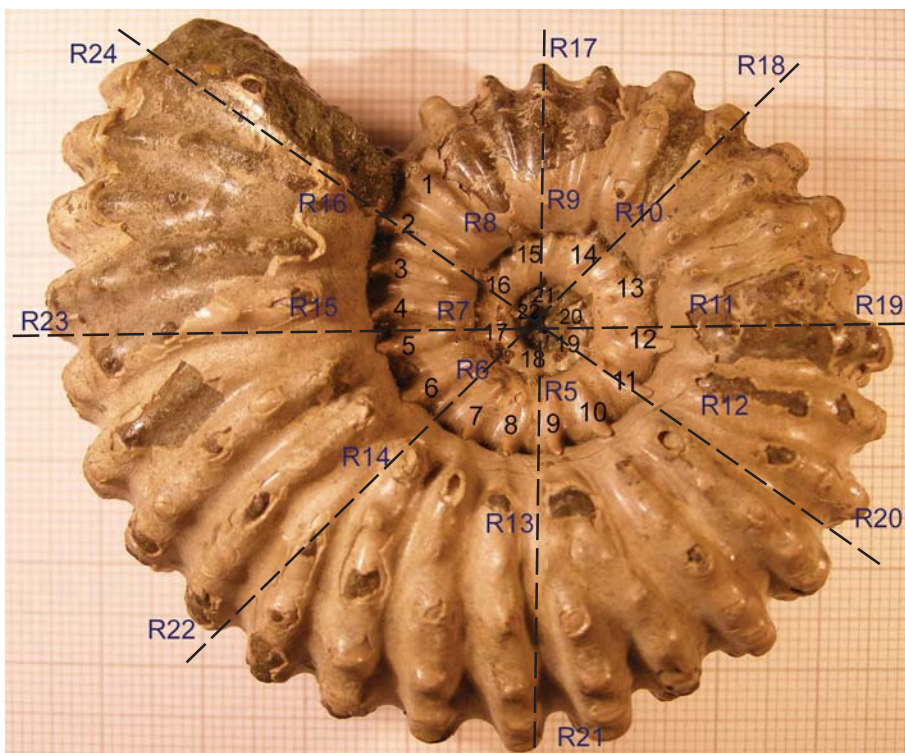


Figura 4.

¡Esto era una sorpresa que invalidaba nuestra hipótesis de partida! Las espinas no siguen una distribución logarítmica ni en la separación ni en el tamaño. Volví a llamar a Luis Fernando:

Eso era de esperar.- me comentó con cierta ironía. - ¿Y eso por qué?- le pregunté.

Luis jugaba con ventaja; como aficionado que es a la malacología sabía que en los moluscos, la formación de las espinas, costillas, tubérculos o la propia coloración de la concha, no sigue el mismo patrón de crecimiento de ésta y ese era el caso de nuestro *Douvilleiceras*.

- Verás, la concha de los moluscos es más compleja de lo que parece a simple vista. Para empezar, está formada por tres capas distintas:

. El periostraco es la capa más externa. Es como una membrana, una especie de funda que envuelve a toda la concha. Es transparente o de tonos marrones y sin brillo. Su función es proteger a la concha; evita que se debilite por reacción química con el medio y evita también que otros organismos se fijen a la concha. Esta capa desaparece rápidamente cuando el animal muere.

Figura 5. Detalle del ombligo donde se observan los dos patrones de distribución de las espinas. Simples, sin costillas y separadas en las primeras vueltas y dobles, con costillas y más juntas a partir de un cierto instante.



- El ostraco es la capa intermedia que está formada por cristales de aragonito dispuestos de manera perpendicular u oblicua a la superficie de la concha.

- El hipostraco es la capa más interna que está formada por aragonito dispuesto de manera laminar de forma paralela a la superficie de la concha. Estas láminas pueden ser más o menos gruesas y planas, en cuyo caso dan a la superficie interna un aspecto de porcelana, o muy finas y onduladas, en cuyo caso dan lugar a la superficie irisada que conocemos como nácar.

- Las células del borde del manto -continuó Luis- son las responsables de la formación de las dos capas superiores de la concha. Todas estas esculturas, que es como se conocen a las formaciones y adornos de la concha en el argot malacológico, están provocadas por alteraciones en la forma del borde del manto, en la distribución de sus células o en el ritmo de secreción del mineral en éstas. Las costillas radiales de un berberecho por ejemplo, se originan porque el borde del manto presenta ondulaciones y la concha crece siguiendo esta línea. Las costillas concéntricas de una almeja surgen al final de un periodo de crecimiento, cuando el manto se repliega y deposita más material sobre la concha ya formada. Estas costillas se denominan también líneas de crecimiento. Las espinas, en cambio, se forman con variaciones en la velocidad de deposición del carbonato en lugares concretos del borde. La combinación de todas las peculiaridades del manto son muy variadas, por eso encontramos tantas conchas con esculturas diferentes. Cada especie tiene su forma típica de adorno, siendo las diferencias entre individuos el grado de desarrollo de éstas.

En vista de todo esto quedaba claro que tenía que documentarme sobre la formación de la concha de los moluscos en general. Después de consultar algunos libros y mirar en Internet empecé a comprender el proceso.

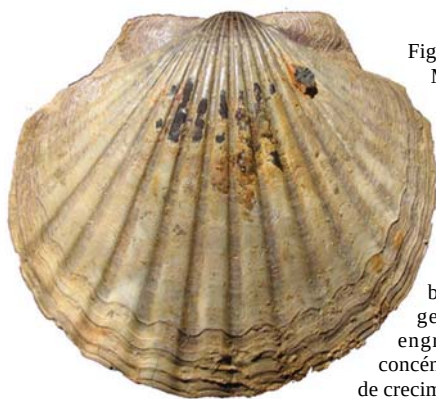


Figura 6. Pecten del terciario de Murcia. Obsérvese que la concha presenta costillas radiales porque fue generada por el borde del manto que tenía una forma ondulada. Además, después de una fase de crecimiento, el manto se retraía y se depositaba mineral en el borde ya formado lo que generaba un pequeño engrosamiento. A esas líneas concéntricas se las denomina líneas de crecimiento.



Figura 7. Esculturas del molusco Angaria Melanocantha (Reeve 1842). Las espinas se forman cuando existen diferencias en el ritmo de secreción de la concha.

«Spira mirabilis»: La geometría perfecta de las conchas.

Las espirales se expresan matemáticamente como las variaciones del radio r de una curva en función del ángulo θ . Es una función monotónica porque siempre crece o decrece. Expresada en coordenadas polares:

$$r = f(\theta)$$

La función $f(\theta)$ puede ser de distintos tipos, creando la espiral de Arquímedes, la hiperbólica, la parabólica y la espiral logarítmica, cuya expresión es:

$$r = c \cdot b^{k\theta} \quad c, k > 0; \quad \theta = \frac{1}{k} \log_b \frac{r}{c}$$

El radio r es función del producto de una constante c por la potencia con base b y exponente $k \times \theta$

, donde k es otra constante. Cuando θ aumenta de forma aritmética, r lo hace de forma geométrica y por estas características recibe el nombre de espiral «equiangular» o «geométrica» respectivamente. Poniendo el ángulo en función del radio tenemos la expresión en forma logarítmica, de aquí su nombre.

Estas espirales son muy abundantes en la naturaleza: desde las formas de las galaxias hasta los huracanes pasando por las inflorescencias de las plantas, la disposi-

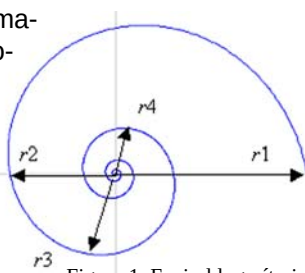


Figura 1. Espiral logarítmica.

Las fases de crecimiento de las conchas de los moluscos dependen en gran medida de las condiciones ambientales. Factores como temperatura o cantidad de alimento influyen en gran medida, pero también tiene influencia la situación interna del animal (salud, época de reproducción). En condiciones favorables, el crecimiento es rápido y las líneas de crecimiento están separadas mientras que en condiciones menos favorables el crecimiento es lento y dichas líneas aparecen más juntas. Si las condiciones llegan a ser totalmente adversas, el molusco puede detener el crecimiento por completo.

No es posible saber cuando se producen las fases de crecimiento de las conchas aunque es muy probable que sean estacionales en muchos casos pero, salvo excepciones, no se puede afirmar que cada línea de crecimiento corresponda a un periodo fijo en la vida del animal (al contrario de lo que ocurre con los anillos de los árboles, cada uno de los cuales corresponde siempre a un año). Lo que sí nos permiten deducir es cómo han ido variando las condiciones ambientales de una zona siempre que tengamos un cierto número de conchas con similares variaciones, o cómo ha transcurrido la vida de un determinado individuo.

ción de las hojas en el tallo o las brácteas en las piñas. Fascinó a matemáticos como Descartes y Jacob Bernoulli la nombro *Spira mirabilis* por su belleza matemática. Desde hace cientos de años se sabe que las conchas son matemáticamente perfectas.

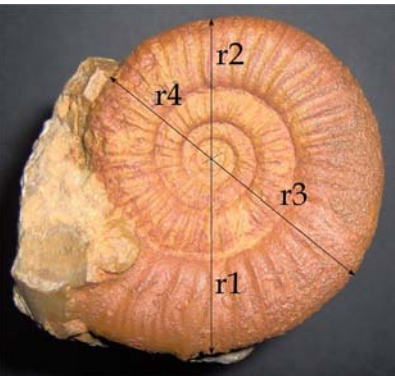


Figura 2. Relación de radios en un ammonite: $r_2/r_1 = r_4/r_3 \approx 0,72$

Entre las numerosas propiedades matemáticas, destacamos esta: La relación de dos radios separados 180° ó π radianes (opuestos) es siempre constante.

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{c \cdot b^{k\theta_2}}{c \cdot b^{k\theta_1}} = \frac{\phi \cdot b^{k\theta_2}}{\phi \cdot b^{k\theta_1}} = b^{k(\theta_2 - \theta_1)} = b^{k \cdot \pi}$$

$$\frac{r_4}{r_3} = \frac{c \cdot b^{k\theta_4}}{c \cdot b^{k\theta_3}} = \frac{\phi \cdot b^{k\theta_4}}{\phi \cdot b^{k\theta_3}} = b^{k(\theta_4 - \theta_3)} = b^{k \cdot \pi}$$

Este parámetro, al ser relativo se puede calcular sobre una fotografía.

Referencias:

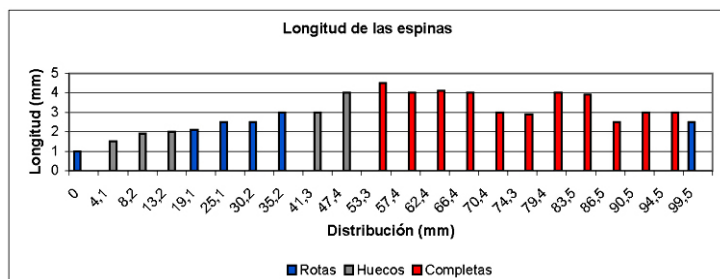
Información matemática de las espirales:

<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/%7Ehistory/Curves/Equiangular.html>

http://xahlee.org/SpecialPlaneCurves_dir/EquiangularSpiral_dir/equiangularSpiral.html

De vuelta a nuestro fósil, quedaba claro que el modelo espiral es eso, un modelo matemático del cual se pueden sacar unas conclusiones pero no otras. En nuestro caso sirve para calcular radios pero no nos vale para la reconstrucción de las espinas que faltan.

Después de los resultados tan poco productivos que habíamos obtenido hasta ahora volvimos a la tabla con las medidas de las espinas, que en definitiva era lo único seguro que teníamos. Pero Luis seguía inspirado; propuso elaborar una tabla con el tamaño que tienen las espinas a lo largo de la concha, sobre la línea donde se encuentran insertadas.



Gráfica 1 Longitud de las espinas sobre la espiral. Tomamos como origen del eje X el centro de la concha.

En la Gráfica 1, se observa que las espinas crecen al principio hasta que alcanzan algo más de 4 mm de longitud. A partir de ahí, el tamaño se mantiene constante con algunas fluctuaciones. Parece que lo importante es que las espinas alcancen un determinado tamaño (4 mm) lo antes posible y luego se mantiene dicho tamaño. En cuanto a la separación entre ellas, viene dada por la separación que hay entre costillas que también permanece constante entre 4 ó 5 mm.

¿Por qué esas fluctuaciones?- Nos preguntábamos.

Pueden estar relacionadas con el cambio de modo de vida. Recordemos que los ammonites llegaban a este mundo y pasaban a formar parte del plancton debido a su minúsculo tamaño. Cuando alcanzaban un tamaño superior al centímetro de diámetro, abandonaban la vida planctónica y comenzaban a llevar la vida de adulto bentónico, es decir, ligado al fondo de la plataforma submarina poco profunda. Ese cambio supondría también un cambio de dieta y como hemos visto anteriormente, la escasez de alimentos o la temperatura fría u otros factores externos afectan al ritmo de formación de la concha de los moluscos ¿afectaban también al tamaño de las espinas? Probablemente puesto que son parte de esta.

Las preguntas son muy sugerentes y las respuestas muchas, variadas y difíciles de contestar, sobre todo, teniendo en cuenta que hasta que punto es comparable la vida de un ammonite con la de un molusco actual.

- Bien, -dije a Luis- se podrían realizar estas medidas con otros ejemplares de Douvilleiceras para contrastar los datos que hemos obtenido, pero en cualquier caso, creo que como entretenimiento de laboratorio ya es suficiente.

Ambos nos sentíamos satisfechos.

- Desde luego. Es hora de realizar el dibujo de reconstrucción.- Luis se puso a buscar un papel y un lápiz. - Sabemos como pueden crecer las espinas y su separación - dijo Luis- y que la relación entre los radios es de 0,65 aproximadamente.

- De acuerdo -respondí- reconstruiremos el animal manteniendo estos criterios. Luis comenzó a hacer bocetos. Trascurridos algunos días apareció con su reconstrucción final. Era el colofón a su gran trabajo. En la Figura 8 se puede observar el aspecto que pudo tener nuestro Douvilleiceras en vida.

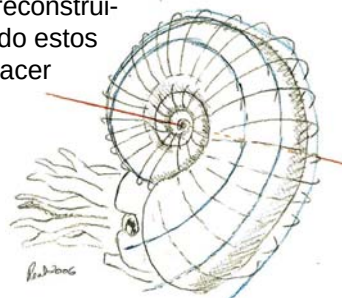


Figura 8. boceto





Figura 9. Reconstrucción de un Douvilleiceras. Nos hemos tomado una pequeña licencia artística. Hemos resaltado la coloración de las espinas. Como comenté al principio, el fósil conserva la concha con su coloración original que es un rosa pálido uniforme. En la reconstrucción, nuestro compañero Luis ha intensificado la coloración de las espinas para que sean más visibles.

NÚMERO (1)	LONGITUD DE LAS ESPINAS(2) (milímetros)		RADIO (3) (mm)		SEPARACIÓN (solo espinas externas) (4)
	Externa o ventral	Interna o dorsal	Externa o ventral	Interna o dorsal	
1	2.5 R (5)	2-	15	8	5
2	3	1.5	15-	8	4
3	3	1.5	15-	8	4
4	2.5	1.5	14	8-	3
5	4-	1.5-	14	7.5	4+
6	4	1.5	13.5	7	5+
7	3-	1	12	7	4-
8	3	R	12	7½	4
9	4	1	11.5	6	4
10	4+	1	11	6	5
11	4	0.5	10.5	5.5	4+
12	4.5	0.5	10	5	6-
13	4 H	0.5-	9.5	5-	6+
14	3 H	No Hay	8.5	-	6+
15	3 R	"	7.5		5
16	2.5 R	"	6		5+
17	2.5 R	"	5.5		6
18	2+ R	"	5		6-
19	2 H	"	4.5		5
20	2- H	"	4		4+
21	1.5 H	"	3.5		4+
22	1 R	"	3		

Leyenda de la Tabla:

(1) Numeración de las costillas, desde el exterior hacia el interior (la protoconcha). Cada costilla presenta una o dos espinas, completas o rotas.

(2) Desde la base hasta el ápice.

(3) Desde el eje de la concha hasta cada espina.

(4) Es la distancia entre dos espinas consecutivas.

(5) La lectura de los valores numéricos es como sigue. R: significa que la espina no está completa y se ha medido el fragmento que ha quedado. H: la espina está rota por su base. Por suerte las espinas dejan un hueco en la vuelta siguiente de la concha. Se ha medido ese hueco. El signo + ó - significa que la medida real es ligeramente mayor o menor al número indicado pero nuestra herramienta de medida no tenía más precisión.

Tabla 1. Medidas realizadas sobre el ammonites tal y como se muestra en la Figura 4.

Bibliografía:
Neale Monks & Philip Palmer, 2002, *Ammonites*, The Natural History Museum of London Eds., pp. 159
Nieves López Martínez, 1988, *Guía de campo de los fósiles de España*, Ediciones Pirámide, Madrid.
www.eumed.net/malakos/concha.html

MORFOLOGÍA TEÓRICA - MORFOLOGÍA FUNCIONAL

Luis Fernando Real Martín

La concha espiral enrollada está presente en un elevado número de invertebrados de distintos *filum*: foraminíferos (protozoos), moluscos y braquiópodos. Esta concha se ha desarrollado en diferentes líneas evolutivas de los seres vivos, es un ejemplo de convergencia evolutiva, pero su significado es diferente para cada grupo.

La concha es un tubo hueco cónico donde el material nuevo se añade en la apertura, de manera que la longitud aumenta conforme aumenta la vida del animal.

La forma cónica se consigue porque las células del epitelio del manto aportan más material a un lado de la apertura que en el otro. Los rasgos morfológicos de la concha generalmente permanecen constantes en el transcurso del crecimiento y constituyen la base de un sistema de descripción eficaz.

En los años sesenta David M. Raup¹ realizó un estudio, ya clásico, sobre la «Morfología teórica» de las conchas a partir de parámetros matemáticos con resultados gráficos gracias a un computador

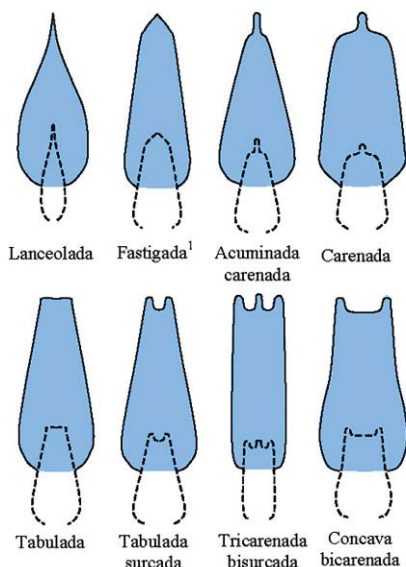


Figura 1. Secciones de ammonites

analógico y un osciloscopio. Pudo comparar cuáles son los modelos que aparecen en la naturaleza y cuáles no. Las formas que no surgen a lo largo de la evolución son formas que no han sido capaces de adaptarse a las condiciones de vida. Pero las explicaciones del por qué, todavía son campos de investigación.

Parámetros generales que describen la concha enrollada (Figura 2).

- Forma de la curva generatriz. Es la sección transversal del tubo, generalmente, coincide con la forma de la apertura o peristoma.

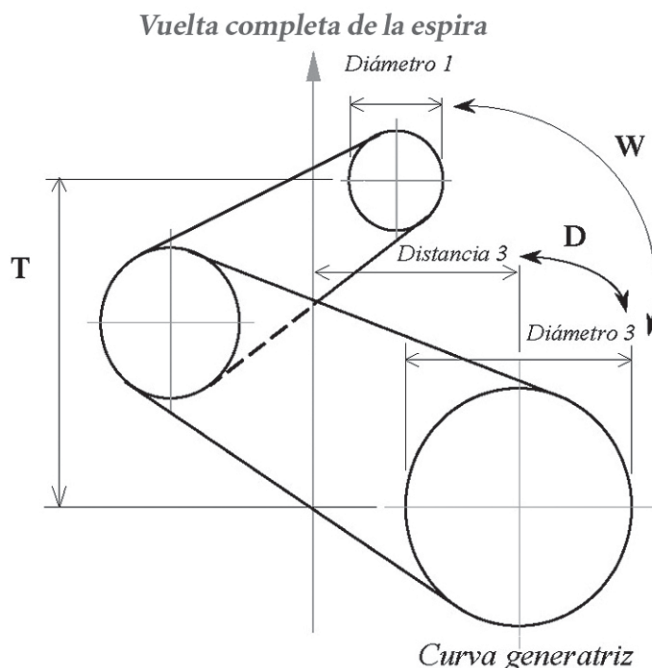


Figura 2. Parámetros de una espiral cónica.

Las formas de la curva se repiten una y otra vez en la filogenia de grupos mientras que otras lo hacen raramente o nunca. La Figura 1 muestra diversos ejemplos de formas de la sección de ammonites, se aprecia que la curva generatriz es muy compleja.

- Tasa de expansión de la curva generatriz. Es la relación entre dos dimensiones lineales (por ejemplo el diámetro) de curvas generatrices separadas por una vuelta completa. Por ejemplo una tasa de valor tres quiere decir que el diámetro triplica su longitud en cada vuelta. En el modelo de Raup se define por W. (Figura 3)

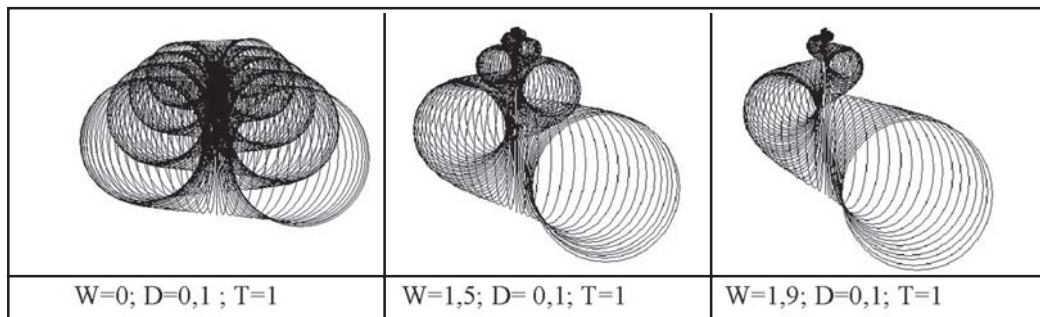


Figura 3.

¹Raup D. M y A. Michelson. «Theoretical morphology of coiled shell» Science, núm. 147 1965, pág. 1.294 y 1.295.
Raup D. M. «Geometric analysis of shell coiling: general problems» Journal of Paleontology núm 40, 1966, pág. 1.178 a 1.190.
Raup D. M. «Geometric analysis of shell coiling: coiling in ammonoids» Journal of Paleontology núm 41, 1967, pág. 43 a 65.

- Posición y orientación de la curva generatriz con respecto del eje. El parámetro D significa la distancia que separa la curva generatriz del eje. Cuanto más alto es el valor mayor es la distancia (Figura 4).



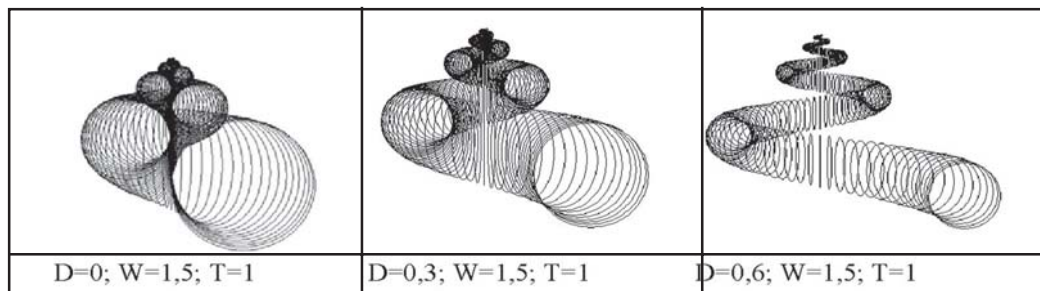


Figura 4

• Traslación de la vuelta de una curva generatriz en torno al eje. Es un índice que es la razón entre el movimiento a lo largo del eje durante el intervalo de una vuelta. Si la tasa de traslación es 0, el tubo gira entorno al eje en el mismo plano produciendo una concha *Planospira*. Se define por la letra T (Figura 5).

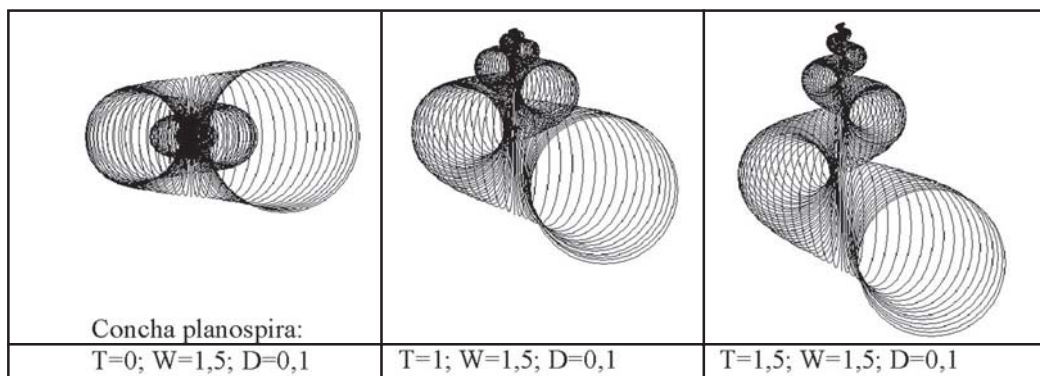


Figura 5

Estos trabajos permiten establecer una comparación geométrica, no fisiológica.

En general las conchas de los ammonites son planospiras (T=0), simétricas respecto del plano de enrollamiento y las vueltas se solapan, la curva generatriz no es una vuelta completa. Presentan unas medidas comunes de W=2 y D=0,35. Las variaciones sobre estos valores constituyen adaptaciones secundarias como por ejemplo la velocidad de natación, profundidad de las aguas, etc. Los nautiloideos son similares pero distintos, la tasa de expansión es próxima W=3,5. Esta ligera diferencia está relacionada con los procesos evolutivos del grupo pero constituye otros parámetros de adaptación.

Los braquiópodos también presentan conchas planospiras pero W es muy alto. Presentan una valva dextrógira y otra levógira.

Los gasterópodos tienen una tasa de expansión $W < 5$ y los lamelibranquios $W > 1.000.000$ con ligeras traslaciones que originan valvas asimétricas, siendo además un dextrógira y otra levógira.

Las conchas de gasterópodos y cefalópodos presentan conchas adaptadas a funciones diferentes. Los segundos tienen tabiques internos para llenar de gas y flotar, pero las cámaras no afectan al conjunto de la forma de la concha externa.

Bibliografía:

Raup, David M. Y Stanley, Steven M. *Principios de Paleontología*. Editorial Ariel, Barcelona 1978.

Dibujos de Raup: <http://members.aol.com/macops/Raup.html>

Estudio matemático de las conchas de los moluscos: <http://www.math.sunysb.edu/~tony/whatsnew/column/shells-0201/shell11.html>

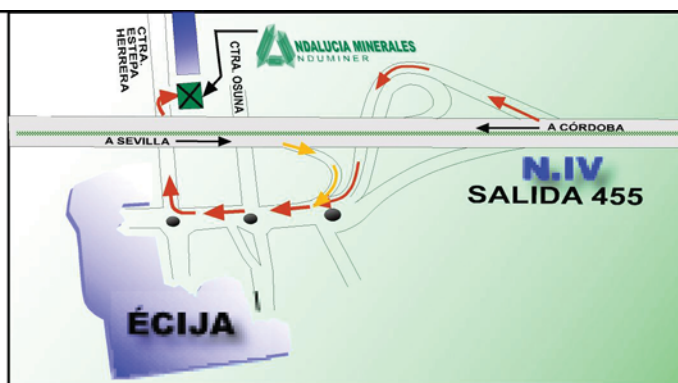
Entre el esoterismo, las matemáticas y la naturaleza: <http://www.spirasolaris.ca/sbb4d2c.html>

Paleontología computacional: <http://www.notam02.no/~oyvindha/compal.html>

Modelado de conchas con ordenador: <http://www.shelly.de/sl.html>



MINERALES Y PEDRERÍA
DECORACIÓN - MONTAJES
DISEÑO - COLECCIÓN - ESCOLAR



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

El Silúrico en la provincia de Guadalajara



Pedro Javier Moreno Barahona

INTRODUCCIÓN DEL SILÚRICO.

El periodo Silúrico debe su nombre a una tribu británica muy antigua, los silures, que habitaron en la región occidental de Inglaterra y Gales, donde el geólogo inglés Roderick Murchison, estudió por primera vez las rocas sedimentarias de este periodo. Comprende un intervalo aproximado de 29 millones de años, desde hace 437 hasta 408 millones de años, siendo la tercera división del Paleozoico en la escala geológica. Casi todas las tierras emergidas de la época estaban agrupadas en un gran supercontinente llamado Gondwana y situado en el hemisferio sur.

A finales del Ordovícico y principios del Silúrico entre hace unos 450 y 430 millones de años tuvo lugar una glaciación que incidió fundamentalmente en las latitudes australes de Gondwana, siendo muy afectada la diversidad animal oceánica y produciendo la primera gran extinción biológica.

El clima varía según la latitud, las regiones situadas a más de 65° de latitud norte y sur del ecuador estaban cubiertas por casquetes polares, si bien las únicas tierras situadas en el hemisferio norte estaban aproximadamente a unos 15° de latitud norte y por lo tanto libre de los hielos polares. A medida que el periodo Silúrico avanza, el clima tiende a ser cálido.

Las rocas del Silúrico nos facilitan los primeros restos de vegetación terrestre llamadas *psilofitas*, que son plantas vasculares primitivas, sin hojas, con un tallo horizontal que crecía bajo el suelo con raíces verticales cortas.

En los mares aparecen muchos artrópodos, entre los cuales destacan los grandes y feroces escorpiones marinos.

EL SILÚRICO EN LA PROVINCIA DE GUADALAJARA.

En Guadalajara podemos localizar el Silúrico en dos zonas, la primera mas extensa y más pobre en restos fósiles se extiende por la zona próxima del Sistema Central, y comprende la Sierra del Alto Rey, el Pico del Ocejón, Sierra Cebollera y zona de Cañamares. La otra zona se encuentra en las proximidades del Sistema Ibérico, formando afloramientos de pequeño tamaño pero bastante ricos en restos fósiles, y se localiza en los términos municipales de Canales de Molina, Pardos, Pobo de Dueñas, Setiles, Corduente y Checa. En esta última localidad se encuentran los *Graptolitos* más característicos y conocidos del Silúrico de toda la Península Ibérica. El estudio se centrará en esta segunda zona próxima al Sistema Ibérico, por ser la única en la que hemos hallados restos fósiles con abundancia suficiente para hacer posible el estudio.

La mayoría de estos afloramientos están enmarcados en la Formación Bádenas, constituyendo asociaciones abundantes y variadas que han llegado a localizar en la zona Pobo de Dueñas-Setiles hasta 66 especies en los estudios realizados desde 1918 (KINDELÁN Y RANZ) hasta 1998 (GUTIERREZ-MARCO y STORCH).

GRAPTOLITOS

Los *Graptolitos* son restos de organismos marinos coloniales que habitaron sólo durante el Paleozoico entre hace 570 y 280 millones de años, es decir, entre el Cámbrico Medio y el Carbonífero Superior, y su nombre viene de la forma típica de su presentación, semejantes a trazos blancos sobre las pizarras negras. De ahí su etimología: graptos = escrito; litos = piedra. Tienen la peculiaridad de que durante el Ordovícico y Silúrico evolucionaron rápidamente, por lo que son un excelente método de datación de rocas y estratos de estos períodos.

Los fósiles que han llegado hasta nosotros son el exoesqueleto rígido de algunos de los numerosos individuos que formaban una colonia llamada rabdosoma. El modo de vida de estas colonias variaba según a qué Clase y Orden pertenecieran, si bien todos los localizados en la provincia de Guadalajara son de tipo planctónico, es decir están previstos de estructuras de flotación y formarían el plancton marino. Pertenecen al Silúrico Inferior (Llandovery).

Había graptolitos arbustivos (orden Dendroidea), unos con numerosas ramas delgadas, mientras que otros tenían unas pocas ramas o incluso una sola. Los graptolitos dendroideos son un orden más primitivo, aunque más duradero y solían vivir anclados al fondo marino. Los organismos menos ramificados, que incluyen las forma planctónicas (orden Graptoloidea) evolucionaron a partir de los dendroideos.

El esqueleto estaba formado por una escleroproteína (colágeno). La colonia estaba formada por ramas rectas o curvas llamadas estipes y crecían a partir de un diminuto tubo cónico llamado sícula. Cada uno de los estipes mantiene una o varias filas de diminutas estructuras en forma de copa llamadas tecas en las que viven los individuos que forman la colonia (zooides). Las tecas pueden ser machos (bitecas), hembras (autotecas) y un tercer tipo que tenían como misión el crecimiento de la colonia (estolotecas)

Los graptolitos encontrados en la zona de estudio pertenecen al **FILIO:** HEMICHORDATA; **CLASE :** GRAPTOLITHINA; **ORDEN :** GRAPTOLOIDEA; **SUBORDEN:** DIPLOGRAPTINA para los tres de la derecha y **SUBORDEN:** MONOGRAPTINA **FAMILIA:** MONOGRAPTIDAE los dos de abajo.



Diplograptus; McCOY, 1850



Climacograptus; HALL, 1865



Retiolites; BARRANDE, 1850



Spirograptus Spiralis; GÜRITZ, 1908



Monograptus triangulatus; GEINITZ, 1852

TRILOBITES

El Periodo Ordovícico se despidió con un episodio glaciario de consecuencias desastrosas para la mayor parte de las especies vivas. En el caso concreto de los trilobites, desaparecieron numerosas familias y posiblemente más del 70% de las abundantes especies ordovícicas.

Pero las evidencias constatan que esta extinción no afectó por igual a todas las familias o subórdenes, siendo extendida la opinión de que los trilobites de larva planctónica sufrieron más el rigor de los fríos extremos que los de larvas bentónicas –más resguardadas-. El hecho cierto es que sobrevivieron un puñado reducido de familias, las que mejor toleraron el frío; familias que a partir del Silúrico Medio se diversificaron en numerosos géneros, preparando la eclosión trilobítica del Devónico, a la que se llegó sin grandes discontinuidades desde los géneros silúricos.

Por tanto el Silúrico, en lo que a trilobites respecta, se caracteriza inicialmente por la presencia de un reducido número de familias y especies entre las que cabe descartar: trilobites nadadores, de facies coralinas, costeras y en general expuestas o incompatibles con el frío glaciario. Esto excluiría a cyclopygidos y agnóstidos, que de hecho desaparecieron. Con posterioridad evolucionaron numerosos géneros a partir de las familias iniciales, siendo caliménidos (*Calymene...*) y sobre todo dalmanítidos (*Dalmanites...*) los trilobites con mayor presencia; acompañados de algunos ilaénidos (*Bumastus...*), cheiruridos (*Cheirurus...*), proétidos (*Prionopeltis*, *Proetus...*), odontopleuridos (*Leonaspis...*)...etc.



Bumastus



Calymene



Dalmanites



Cheirurus



Leonaspis



Prionopeltis

CEFALÓPODOS

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 está 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 hábitáculo que por regla general es la que llega a fosilizar. Los cefalópodos conchíferos habitaron ambientes marinos desde el Cámbrico Superior experimentando 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 Silúrico Inferior de Guadalajara.

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. 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.

La familia Mucrospiriferidae aparece en el Ordovícico llegando con unos pocos descendientes rezagados hasta el Jurásico Superior. En las series estratigráficas del Silúrico Inferior de Guadalajara, se ha localizado el siguiente Género:



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.

La familia Bellerophontidae aparece en el Ordovícico y desaparece en el Permiano-Triásico. En las series estratigráficas del Silúrico Inferior de Guadalajara, se ha localizado el siguiente Género que en la fotografía se observa junto a una huella de Orthoceratidae:



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 BEURLIN – GERHARDA 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

<i>Fósiles</i>	PAZ	PALEOS
<i>Meteoritos</i>	Y	
<i>Útiles</i>	LUIS	
<i>prehistóricos</i>	<i>C/ Río Sella nº 2</i>	
<i>norteafricanos</i>	<i>19200</i>	
	<i>Azuqueca de Henares</i>	
	<i>Guadalajara</i>	
	<i>España</i>	
	<i>626 958 529</i>	
	<i>949 262 188</i>	
www.fosilpaleos.com		fosilpaleos@hotmail.com

Las Extinciones

Rafael Abad Arquer

Todos somos más o menos conscientes de la temporalidad de todo lo que existe. Los físicos lo llaman la flecha del tiempo porque siempre apunta en una dirección: al futuro.

Puesto que vivimos dentro de esa temporalidad, comprendemos que todo tiene un comienzo, e intuimos que todo tiene un fin. Es evidente que nada de lo que vemos ha estado ahí siempre, e inevitablemente todo desaparecerá. Dejaremos para otro foro más adecuado las preguntas filosóficas de qué hubo antes del principio o que habrá después del fin, aunque esas preguntas son intrínsecamente absurdas dado que presuponen que hay tiempo fuera del tiempo y en nuestra lógica no cabe un universo sin tiempo.

Además la historia de los acontecimientos no ha sido nunca lineal puesto que han habido pequeños y grandes «principios y finales» y eso ha afectado también al desarrollo de la vida que es el motivo de este artículo.

Actualmente estamos viviendo un proceso de destrucción de la diversidad de la vida. Todos somos conscientes, porque lo vemos y nos lo dicen constantemente los medios de comunicación, de que nuestra sociedad según avanza destruye cada día más vida y sus hábitats. El planeta es finito y los humanos nos comportamos como si no lo fuera. Esta invasión sin control ni fin y el abuso de los recursos está provocando en poco tiempo (en términos geológicos) una extinción que comienza a conocerse como extinción del Holoceno.

Pero hoy sabemos que no es la primera, ni probablemente será la última, aunque las causas que creemos haber descubierto en las grandes extinciones del pasado son totalmente diferentes, motivadas exclusivamente por fenómenos geológico-atmosféricos y/o colisiones con otros cuerpos celestes o nubes cósmicas. También somos conscientes de que



la definitiva será la destrucción del planeta por el colapso del Sol. Solo seremos capaces de salvar esa etapa si nuestro desarrollo tecnológico y evolutivo nos permite migrar a otros mundos a modo de nuevo arca de Noé, aunque el ritmo de ocupación y crecimiento humanos y tecnológico nos llevará a una gran prueba muchísimo antes de esos millardos de años que faltan para la agonía solar.

Las causas

La vida tiene una gran fuerza de expansión si no hay factores catastróficos que la molesten, y es así que ha tenido siempre un crecimiento en biodiversidad y cantidad de individuos hasta que algún factor nuevo provocaba el fin del período expansivo. La vida que vemos hoy es la consecuencia del desarrollo evolutivo de las especies que consiguieron sobrevivir a los cataclismos. Las causas hasta hoy siempre han sido «naturales». Las más leves afectan solo a especies concretas y pueden tener base biológica, como es el caso de los olmos y su desaparición por el hongo de la grafiosis o la peste negra que esquilmó a los seres humanos de la Edad Media o se deben a catástrofes que no llegan a categoría de planetaria, como períodos de inestabilidad climática, telúrica o volcánica.

Sin embargo, esas mini-extinciones no son las que nos importan en este artículo, sino las grandes, las que han hecho desaparecer en cortos periodos un importante porcentaje de las especies, familias y géneros de seres que han poblado el planeta. Las causas de las grandes extinciones son siempre debidas en última instancia a la alteración de la capa de fluidos en la que los seres vivos habitamos y



llamamos la biosfera, es decir, la atmósfera y las aguas (océanos, mares, lagos y ríos). Las primeras extinciones eran exclusivas del ámbito marino pues era el único lugar donde había seres vivos. Como ya hemos mencionado, no sabemos con precisión la causa de ninguna, pero atisbamos un puñado de teorías de entre las cuales las principales de estudio más común son (el orden mostrado no es significativo):

- **Vulcanismo y actividades sísmicas asociadas:** es una de las más comunes para explicar los procesos de extinción. Sabemos que han habido grandes procesos volcánicos en la historia del planeta. Las coladas de lava y los campos de roca volcánica nos lo evidencian. Pero los volcanes por sí mismos no son capaces de causar una hecatombe de ámbito planetario si no fuera por la gran cantidad de cenizas, polvo y gases que expulsan. En épocas de gran actividad volcánica llegan a cubrir y envenenar la atmósfera y pueden provocar un brutal cambio de las condiciones en la superficie de la Tierra. La radiación solar no atraviesa estas capas y las temperaturas descienden de forma muy acusada. La vida en estas condiciones se resiente y solo sobreviven los que se adaptan a este invierno volcánico.

- **Deriva continental y tectónica de placas:** el lento movimiento de la corteza hace que los mares y el clima cambien y se modifiquen los hábitats. No es un factor muy importante por cuanto los movimientos de la corteza son muy lentos permitiendo a la vida una adaptación paulatina. La variación de la latitud por deriva continental, el nivel de los mares, la modificación de las plataformas marinas litorales, las colisiones entre placas y las cordilleras y la sismología que esto origina modifican el clima global lentamente. Esta causa ha podido servir más para agudizar otros procesos que ser en sí misma la razón última.

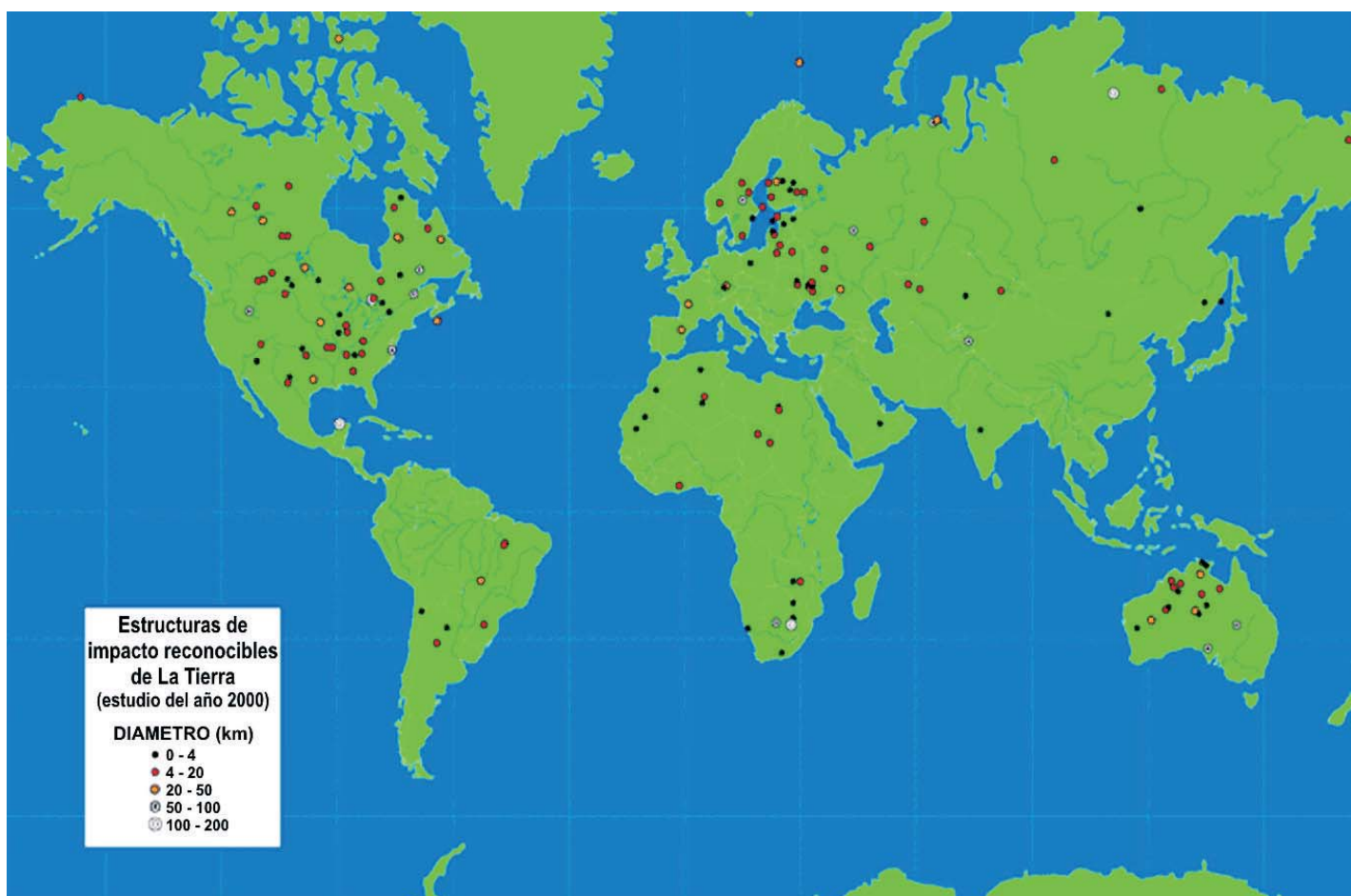
- **Nubes cósmicas:** esta teoría de reciente estudio puede explicar algunas anomalías de la biosfera. Supone que durante su travesía por el espacio, el sistema solar atraviesa ciertas nubes cósmicas. Los efectos que pueden causar son oscurecimiento del Sol por reflejo o dispersión, reacción del hidrógeno de la nube en las capas altas de la atmósfera, destrucción de la capa de Ozono, inversión de polos

magnéticos y en cualquier caso un proceso de glaciación que deteriora la vida.

- **Alteraciones de la actividad solar:** está claro que el Sol rige nuestros destinos y puede ser causa de grandes catástrofes. De la misma manera que conocemos un ciclo de 11 años en la actividad de las manchas solares, podría haber uno más lento que fuese causa de una fuerte modificación climática en nuestro planeta.

- **Colisión con cuerpos cósmicos:** es la más conocida sobre todo por su supuesto protagonismo en la extinción que tuvo lugar en el límite K/T. Existen diferentes teorías sobre como ocurren estos encuentros. Solo tenemos que mirar a la Luna, donde su rastro no se borra, para saber que estamos sometidos a una lluvia de meteoritos, asteroides y cometas. Un primer análisis nos muestra tanto en la Luna como en Marte una distribución exponencial de cráteres en función del tamaño, es decir, abundan mucho mas los impactos pequeños que los grandes. Gracias a la moderna teledetección hemos contado cerca de 160 cráteres de más de 20 metros en nuestro planeta. Este registro nos muestra una relativa baja frecuencia de impactos, así como una incidencia uniforme en función de tamaño y a diferencia de lo que ocurre a nuestros astros vecinos. Esto puede ser debido a los efectos erosivos y tectónicos terrestres que borran los rastros y en mayor medida los pequeños. Los estudios de impactos nos señalan que estadísticamente recibimos un promedio de: al menos un objeto diario de menos de un metro, uno cada siglo de varias decenas de metros, uno cada millón de años de más de 1 km. y uno cada 100 millones de años de más de 10 km. Los impactos de grandes asteroides pueden provocar grandes tsunamis, terremotos, incendios, actividad volcánica y un invierno oscuro y prolongado.

- **Cambios climáticos:** aunque hoy están de moda, los cambios climáticos han ocurrido constantemente por causas muy diversas. Una de las teorías fundamentales que explican este factor como protagonista de una extinción es su efecto en el nivel de los mares. Cuando estos se hielan, el nivel de las aguas baja, destruyendo nichos de vida de las plataformas costeras que es donde se acumula la vida



marina. Cuando el nivel vuelve a subir devuelve los nichos a la población superviviente. Es también evidente que el estrés que rápidos cambios climáticos provocan en las poblaciones pueden cuando menos frenar su crecimiento (glaciaciones del cuaternario) pero también llegar a esquilmarlas (extinción ordovícica).

Es muy posible una causa mixta, por ejemplo, un gran impacto como el de Yucatán con un cráter de 200 km de diámetro, provocó una gran cantidad de actividad sísmica y volcánica al romper la corteza terrestre. Del mismo modo, el impacto que provocó el cráter detectado en la cuenca del Almirante, al sur de las islas Seychelles y de 320 km. de diámetro, pudo haber provocado las erupciones de la India en la meseta Decán también a fines del Cretácico.

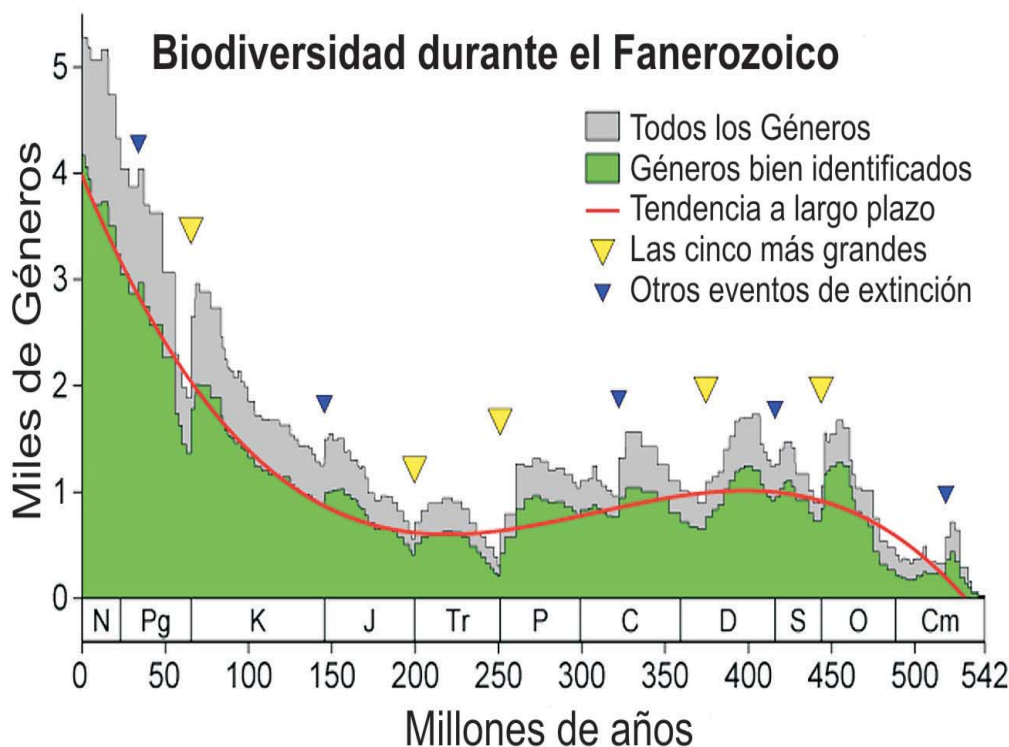
¿Un patrón destructivo?

El estudio de las formaciones geológicas, rocas y fósiles nos permiten conocer una secuencia de destrucciones que con una curiosa periodicidad ha sucedido en la historia de la Tierra desde donde el registro geológico nos permite tener datos, o sea desde finales del Proterozoico. Tenemos indicios y evidencias de alrededor de 25 de estos procesos, de los que Raup y Sepkoski en 1982 identificaron 5 principales por tener mayor envergadura. Se

considera que entre el 75 y el 95% de las especies que han existido desaparecieron en alguna de ellas.

Para explicar el patrón cíclico de las extinciones en masa, hemos tenido que buscar fenómenos que aporten una explicación lógica y pudieran ser causa de los sucesos que han tenido lugar en los últimos 540 millones de años, es decir, desde el inicio del Paleozoico. Fisher y Arthur sugirieron en 1977 un ciclo de extinciones de 32 millones de años. En 1983 el ya mencionado y hoy fallecido J. John Sepkosky Jr., de la Universidad de Chicago constató un ciclo de 26 millones de años a partir del análisis de la mayor base de datos de organismos marinos con 560 páginas y que él mismo desarrolló. Las últimas cifras aportadas por Richard Muller y Robert Rohde, científicos de la Universidad de Berkeley en California en su trabajo publicado en Nature del 10 de Marzo de 2005, nos arrojan una sorprendente regularidad y una frecuencia de un cataclismo masivo cada 62 ± 3 millones de años. El estudio, basado exclusivamente en el estudio de 36.380 géneros marinos, concluyó con un dato fehaciente, la periodicidad, pero ninguna causa probable que explique el fenómeno. Fué Muller quien hace ya más de 20 años sugirió una estrella enana negra hermana del Sol y que llamó Némesis como

Biodiversidad durante el Fanerozoico

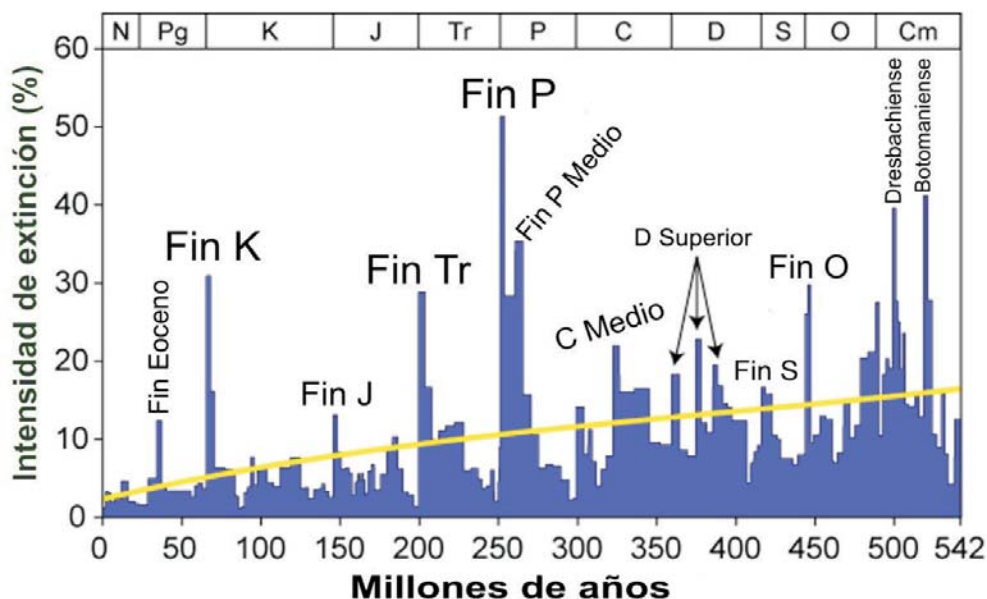


Via Láctea y que alteran las órbitas de los asteroides y cometas de la nube de Oort y el cinturón de Kuiper y zonas próximas. Esta última hipótesis es su favorita, mientras que la del vulcanismo es la «menos improbable» para su colega Rohde. Un dato curioso que podemos extrapolar de esta teoría de cataclismos periódicos es que ya llegamos 3 millones de años tarde al siguiente.

Otros estudios se basaron en el análisis de las dataciones de los cráteres de impacto. Muller y Alvarez descubrieron según estos datos un ciclo de 28,4 millones de años.

De la misma manera que hay defensores, también hay detractores de las teorías de ciclos. Algunos paleontólogos aducen que el patrón solo funciona si tenemos en cuenta los últimos 250 millones de años y no existe si los estudios se basan en otros datos como apariciones, desapariciones y longevidad de los grupos.

Intensidad de extinción de la biodiversidad de los géneros marinos



causa de la alteración de órbitas de asteroides que acababan colisionando con La Tierra. Hoy no cree que exista tal estrella y las teorías que estudia para explicar el fenómeno van desde un «reloj interno» del planeta que dispare grandes fenómenos volcánicos como el ocurrido en el Pérmico en la zona de Siberia o el que tuvo lugar a fines del Cretácico y cuya evidencia es la capa de basalto de 1300 km² en la India conocida como las Trampas del Decán, hasta las variaciones gravitatorias que afectan al sistema solar al atravesar un brazo masivo de la

Las extinciones principales

Como ya hemos mencionado, consideramos 5 grandes extinciones durante el Paleozoico y Mesozoico, pero tenemos constancia de otras nueve anteriores, cinco durante el Proterozoico y otras 4 más en el Cámbrico que no consideramos mayores, y bastantes probabilidades de aceptar la actual como una más de la lista. Pero centrémonos en las cinco principales por orden cronológico:

1.- Extinción del Ordovícico, ocurrida hace unos 444 millones de años a fines del Ordovícico

y que eliminó al 27% de las familias marinas y un 49% de géneros. Los estudios realizados hablan de dos extinciones separadas por aproximadamente 1 millón de años. Afectó a braquiópodos, briozoos, conodontos, graptolitos y trilobites. Se acepta como causa más probable de este evento la glaciación global provocada por el posicionamiento polar sur de Gondwana y la consecuente reducción y enfriamiento de la plataforma continental marina donde la vida se desarrollaba. Para el segundo se ha propuesto una explosión de rayos gamma en las proximidades de sistema solar (<6000 años luz), aunque no tenemos evidencias de tal acontecimiento.

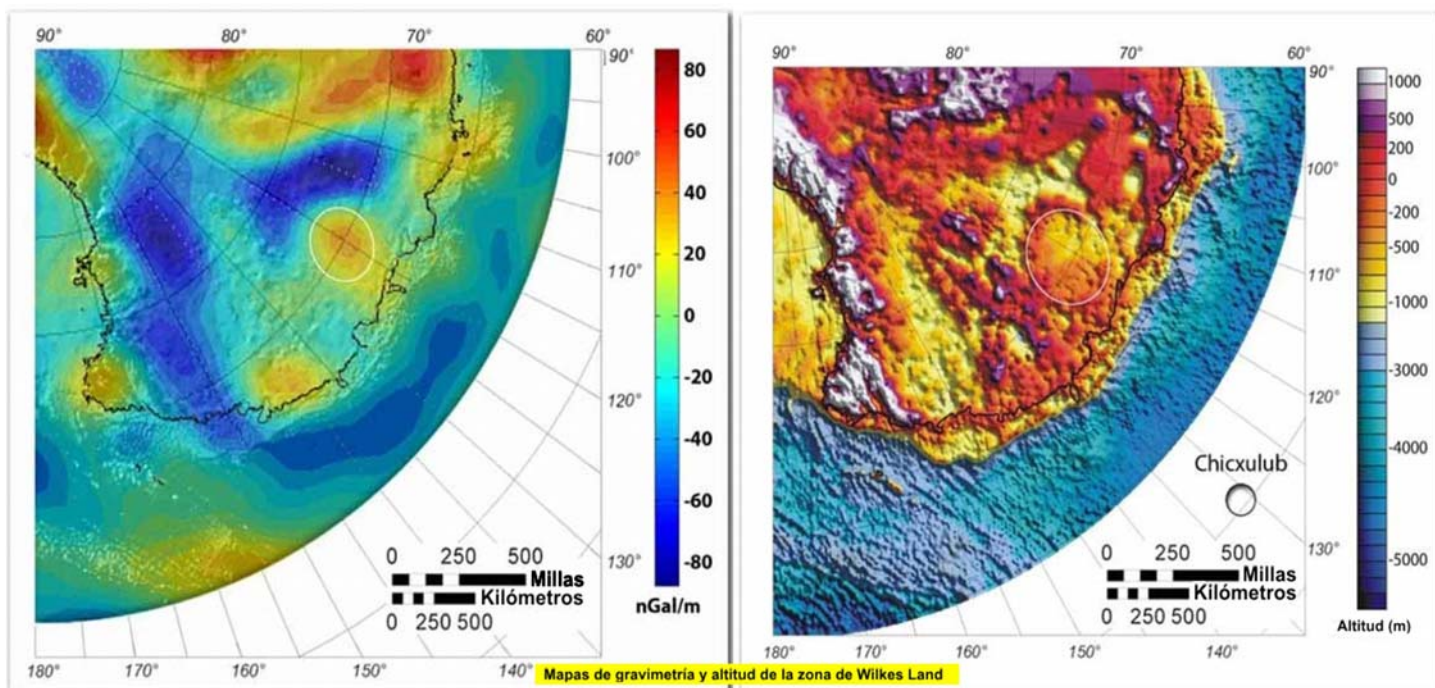
2.- Extinción del Devónico, la cual tuvo lugar hace 364 millones de años en el límite Frasnense-Fameniense con una incidencia mayor en la vida marina que la terrestre y afectando al 22% de las familias (McGhee 1996), el 57% de los géneros y el 75% de las especies. En el Silúrico aparecieron en el mar familias de peces como los tiburones, y ya durante el Devónico aparecieron los anfibios, insectos y, las primeras plantas terrestres y dominaron los océanos los constructores de arrecifes como los estromatoporoides y los corales. La extinción se produjo siguiendo un patrón común a la mayoría y afectando primero y mayormente a la fauna marina. Los más perjudicados fueron los constructores de arrecifes, los cuales ya no se repondrían del castigo hasta la era Mesozoica y los peces agnatos que desaparecieron. Otras especies muy afectadas fueron los braquiópodos, trilobites, conodontos, acritarcos, peces sin mandíbula y los placodermos. Las causas mas aceptadas son muy similares a las que provocaron la anterior crisis ordovícica, aunque existe también una teoría que culpa de este evento al impacto de meteoritos.

3.- De la gran extinción del Pérmico hace unos 252 millones de años y afectó al 53% de las familias marinas, al 84% de los géneros marinos, a más del 95% de las especies marinas y al 70% de especies terrestres. Durante el Pérmico, la formación de Pangea permitió el mayor desarrollo y diversificación de los vertebrados terrestres y la reducción de las comunidades marinas. Se cree que fué precedida por otra pequeña extinción 9 millones de años antes. Las especies más afectadas fueron muchas y destacaremos foraminíferos, trilobites, corales, blastoideos, acantodianos, placodermos

y pelicosauridos, las cuales desaparecieron, y afectó en gran manera a briozoos, braquiópodos, ammonideos, peces cordados, crinoideos, euriptéridos, ostrácodos y equinodermos. Sobre las causas que provocaron este desastre parece que una de las opiniones que prevalece es la misma que para las dos anteriores. Otra considera que la formación de Pangea provocó además de una glaciación una reducción de las plataformas continentales durante el Pérmico inferior y medio provocando la crisis en el superior. Las secuencias de arenas y evaporitas encontradas en depósitos de zonas templadas de este período nos hace pensar en sucesivas fluctuaciones climáticas que bien pudieron ayudar a agravar el proceso. También tenemos a la actividad volcánica verificable en Siberia como otro argumento de peso. Muestras halladas en China con alto nivel silíceo nos hablan de erupciones explosivas, un factor que debió de producir grandes nubes de cenizas que unidas a la expulsión de sulfuros debieron bajar la temperatura global sustancialmente. En Mayo de 2006 tuvo lugar la asamblea de Unión Geofísica Americana en Baltimore. En este foro el Dr. Ralph von Frese e investigadores de la Universidad de Ohio y la NASA comentaron haber encontrado la prueba de la colisión con un meteorito de unos 50 km. hace unos 250 millones de años. La evidencia es un cráter de unos 480 km. situado a 1,6 km. bajo el hielo de la Antártida al sur de Australia, en la región denominada Wilkes Land (ver gráfico). Si esto es así, este impacto pudo muy bien suponer el comienzo de la desmembración de Pangea y ser al menos una causa principal de la gran extinción del Pérmico.

4.- Extinción del Triásico de hace 213-208 millones de años, y que afectó al 23% de las familias marinas y a todos los reptiles marinos excepto ictiosaurios y plesiosaurios. Otros estudios hablan de hasta el 60% de las especies. Los conodontos también desaparecieron y las especies más afectadas fueron los braquiópodos, moluscos, artrópodos y vertebrados terrestres. Como en casi todas, también en este evento hubo grandes erupciones volcánicas según Pangea se dividía. Se conoce también un cráter de esta época, el Manicouagan en Canadá y, aunque este impacto se ha datado unos 12 millones de años antes, bien pudo ser el principio de lo que vino a continuación. Los nichos que quedaron libres permitieron una excelente oportunidad a los dinosaurios que no desaprovecharon.





5.- Extinción del Cretácico, la más conocida y ocurrida hace 65 millones de años y que extinguió entre el 70 y el 85% de las especies conocidas incluidos los populares dinosaurios. Tras de la del Pérmico es la segunda mayor extinción estudiada. Entre las especies extintas mencionaremos pterosaurios, belemnites, muchas especies de plantas, ammonites, reptiles marinos y bivalvos rudistas. Además sufrieron gran desgaste los foraminíferos planctónicos, diatomeas, dinoflagelados, braquiópodos, moluscos, equinoideos y peces. De forma curiosa, algunas especies no se vieron apenas afectadas, como los mamíferos, aves, tortugas, cocodrilos, lagartos, serpientes y anfibios. Las causas de esta catástrofe ha sido ampliamente debatida. Desde que en 1980 Luis Alvarez y su hijo Walter descubrieron las altas concentraciones de Iridio y anomalías isotópicas del cromo en los sedimentos italianos de esta época se comenzó a buscar un cráter de impacto de esta época, puesto que este material tan escaso en la corteza terrestre, sí que se encuentra en cantidades que justifican este hallazgo en los meteoritos.

Alan R. Hildebrand y Glen Penfield encontraron un primer candidato en el Yucatán y lo llamaron Chicxulub (cola del diablo en Maya) deduciendo de sus 200 km. de diámetro que el objeto tendría unos 10 km. Posteriores perforaciones han datado el impacto unos 300.000 años antes de la extinción. Más tarde se ha localizado con una datación similar un gran cráter de entre 450 y 600 km. (llamado Shiva) en el Indico que como ya se ha mencionado justificaría la intensa actividad volcánica del Decán indio y ayudaría a explicar mejor este proceso y la aceleración del subcontinente indio en su deriva Norte. Y por si no fuese suficiente, hay registrados hasta otros 4 grandes impactos del mismo periodo: el cráter Boltysh en Ucrania de 24 km., el Silverpit del Mar del Norte de 20 km., el Eagle Butte en Alberta (Canadá) de 10 km. y el Vista Alegre en Paraná (Brasil) de 9,5 km. Todo esto parece evidenciar que el evento no fué consecuencia de un simple suceso, sino una combinación de varios y se pueden encontrar trabajos que aportan hasta 45 diferentes hipótesis para explicar en todo o en parte esta extinción cretácica.



FÓSILES · MINERALES · BISUTERÍA

Francisco Alonso Couce

Geólogo Paleontólogo

Colegiado en el ICOG N° 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



Museo "La Salle" (Teruel)

Historia:

El museo del Colegio La Salle empezó a gestarse a partir de 1950; cuando el Colegio La Salle se encontraba en la calle San Miguel.

Los años siguientes 1951, 1952, fueron muy importantes para la génesis del museo, pues se empezó a trabajar en la recogida de materiales, sobre todo en los yacimientos del terciario, que en ese momento se descubrieron en Teruel. También es importante, en esos años, el recorrido de las sierras de Albarracín y la recogida de fósiles del secundario, así como la captura de insectos. Todo ello debido a los profesores de ciencias naturales del centro y a los alumnos del entonces 2º y 3º de bachillerato. Entre los profesores debemos destacar como iniciadores y continuadores a los Hnos Emilio Castro y Eulogio Bravo, entre otros y muy especialmente al Hno. Rafael Adrover, Dtor en Paleontología.

El material recogido es, el que en gran medida, forma parte de las colecciones más importantes que hoy presenta el museo del Colegio La Salle.

Hay que destacar también, en este período, la aportación de grandes investigadores que a nivel nacional e internacional colaboraron en el estudio y catalogación de los ejemplares pertenecientes a los yacimientos de Libros, Concud, Rubielos y que se hallaban en el museo, entre ellos debemos mencionar: al Dtor. Villalta, Dtor. Casafont, Dtor. Emiliano Aguirre, Dtor. Luis Alcalá,.....Dtor. Etienne Moissannet y otros de las universidades españolas y europeas: francesas, holandesas, alemanas,....

Todos estos investigadores acudieron atraídos por la singularidad e importancia de los fósiles recolectados.

Este período, hasta los 1970, fue el que dio fama al museo a nivel nacional e internacional. También en este período se completaron las colecciones del museo que hoy contiene del terciario de Teruel.

La etapa segunda del museo comprende hasta hoy. Está unida al cambio de emplazamiento del Colegio la Salle que de la calle San Miguel, en el centro histórico de Teruel, pasa al ensanche en la avenida Sagunto. En el nuevo Colegio se coloca en una gran sala, con vitrinas nuevas y muy bien acondicionadas. En el nuevo emplazamiento el gran trabajo posterior. realizado fue la ambientación, que fue realizado, durante varios meses, por el Hno. León Esteban. A partir de ese momento se va completando el museo con donaciones de personas de Teruel, padres de alumnos del Colegio La Salle, alumnos del colegio y otras personas que siempre se preocuparon de que sus donativos estuvieran en el museo.



Vista general de las vitrinas

En el último período fueron los Hnos. Antonio Nespereira y Jesús Díaz los que hicieron las reformas y mejoras con gran aumento de vitrinas, ya que las anteriores resultaban insuficientes por la gran cantidad de materiales que iban llegando.

Después de ellos fue el Hno. Miguel Pérez el que fue completando las cosas y tramitando todos los permisos para el reconocimiento oficial de todo cuanto hay en el museo.

El trabajo de hoy día consiste: en su conservación y mantenimiento, para que los estudiosos de Teruel, de Aragón y los interesados por estos temas tengan una referencia. Se halla abierto a todas las personas que deseen visitarlo.

Contenido:

En el museo del Colegio la Salle de Teruel debemos destacar las siguientes secciones: paleontología, mineralogía, entomología y zoología.

A) Paleontología:

Ranas fósiles de Libros.



Rana Puleyoi

El yacimiento de Libros (Teruel) es conocido internacionalmente por la cantidad y calidad de los fósiles encontrados, que quedaron enterrados hace unos 10 millones en el fondo de un antiguo lago, en el que existían unas condiciones especiales de anoxia (falta de oxígeno).

Descubierto durante la primera mitad del siglo pasado, con motivo de los trabajos mineros

para explotar azufre, proporcionó abundantes ejemplares de anfibios (ranas, renacuajos y salamandras), reptiles (lagartos y serpientes) y aves.

Las condiciones especiales que tuvieron lugar durante la sedimentación de los depósitos, hicieron que hoy podamos apreciar, con todo tipo de detalles unos fósiles completos, incluido restos carbonosos de las partes blandas del ejemplar, como órganos internos, músculos y la piel.

Fósiles de esta calidad, aparecen raras veces, en estratos de la era Terciaria, sobre margas pizarrosas, bituminosas o azufrosas (en nuestro caso) de color oscuro.

Incluso se ha logrado identificar la médula ósea fosilizada en ranas y salamandras de Libros, gracias al proceso de fosilización por el que los propios huesos de los anfibios, constituyeron barreras microambientales de protección, impidiendo el flujo microbiano al interior de las vértebras.

Colección de fósiles de mamíferos de Concul, Mansuetos. Conocido desde mediados del siglo XVIII, es uno de los más importantes de España comprende dos afloramientos: el Cerro de la Garita y El Barranco de la Calaveras. Pertenecientes al Mioceno superior se han encontrado distintos tipos de anfibios, roedores, carnívoros, proboscidos, perisodáctilos, artiodáctilos...



Mandíbula de hiparión

Colección de micromamíferos del Dtor. Hno. Rafael Adrover.

Insectos fósiles de Ribesalbes y de Rubielos de Mora, pertenecientes al mioceno, son los yacimientos más meridionales de Europa de estas características.

La zona de afloramientos se corresponde con el lecho de un antiguo lago, que fosilizado a lo largo de veinte millones de años que se ha convertido en ritmita bituminosa de fácil exfoliación en finas capas.

Entre estas se han encontrado extraordinarias impresiones de insectos desconocidos en el registro fósil mundial, figurando varias especies descritas por vez primera entre las que destaca la mariposa Zygaena turolensis.

Fósiles del periodo secundario de Teruel.



Ammonites del jurasico

(Estas colecciones fueron iniciadas y muchas terminadas por los fundadores del museo los Hnos Emilio Castro y Rafael Adrover)

B) Mineralogía:



vitrina de minerales

Presenta una rica colección de minerales de la provincia de Teruel, así como de toda España, muchos de ellos han sido debidos a intercambios con otros museos y a donaciones particulares. El Hno. Emilio Castro realizó un gran intercambio de minerales con D. Manuel Borrás de Zaragoza.

C) Entomología:



vitřinas de insectos

Presenta, el museo, una colección de insectos de la primera época, que luego se ha ido complementando con la donación de la colección del Sr. D. Vicente Plá Catalán, la amplia colección realizada por D. Jesús Mateo y la aportación de muchas especies exóticas de África y Latino América recogidas por el Hno. Jesús Díaz .

D) Zoología

También se encuentran ejemplares disecados de vertebrados, sobre todo de aves y de mamíferos, todos de donaciones particulares, son un buen ejemplo de la fauna de Teruel, preparados magníficamente por D. José Villarroja y sus hijos, antiguos alumnos y grandes colaboradores con el museo. También se encuentran en él especímenes de la antigua Guinea Española, sobre todo pieles de serpiente.

Localización y horario de visitas: El museo puede ser visitado de 16'00 h. hasta las 18'00 h. durante el curso escolar y de 10'00 h. a 12'00 h. en período de vacaciones, previa petición de visita al **Colegio La Salle**.

C/ Avenida Sagunto s/n 44002- Teruel

Teléfono: 978 61 71 78 Fax: 978 61 71 77

H. Miguel Pérez



**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

Galería de Paleontólogos



Daniel Jiménez de Cisneros y Hervás nace en Caravaca de la *Cruz* (Murcia) el 16 de abril de 1.863, Hijo de D. Miguel Jiménez de Cisneros y Gúseme (Médico Forense). En 1.866 fijan su residencia en Huerca-Overa (Almería), donde permanecerían hasta 1872, en este año y por motivos de trabajo de su padre se trasladan a Lorca (Murcia) donde realiza el bachillerato obteniendo brillantes calificaciones.

Fue en esta localidad y a la edad de 14 años donde nació su vocación por la paleontología. A la edad 17 años decide iniciar sus estudios superiores en la Facultad de Ciencias Naturales en Madrid, a donde se traslada en enero de 1.881, las incomodidades de su vida estudiantil le llegaron a afectar en su salud y tubo de simultanear estudios y trabajo, por las estrecheces económicas.

Obtuvo una plaza de profesor en el Colegio de la Santísima *Cruz* de Caravaca donde cursó por libre muchas de las asignaturas de su carrera.

Tomó parte activa en la vida social y cultural de la ciudad, iniciándose en sus aficiones literarias. Por fin y gracias a su tenacidad y a la ayuda de algunos parientes, consiguió la licenciatura en 1.887, en este año se traslada a Cartagena como profesor en el Colegio Politécnico, donde participó en diversos concursos y juegos florales de la zona, consiguiendo frecuentes premios, y la satisfacción de ver publicados sus trabajos en periódicos y revistas.

Durante los cinco años que permaneció en Cartagena preparó el doctorado y unas oposiciones a catedrático de instituto. Tras obtener el número 1 en 1.882 consiguió la cátedra de Historia Natural del Real Instituto Jovellanos de Gijón, al año siguiente es nombrado Director del Jardín Botánico de dicho Instituto e inmediatamente se encarga de su instalación, así como del arreglo y remodelación del Gabinete de Historia Natural de que es nombrado vice-director en 1.898. En esta ciudad conoce a Avelina Goicoechea Solís, catorce años más joven que él, con la que se casaría y tendría cinco hijos.

En 1903 solicitó, traslado a Alicante donde obtuvo plaza en el Instituto Nacional de Segunda Enseñanza de Alicante, el actual I.E.S. Jorge Juan donde desarrollaría su obra científica y su personalidad docente. En este Instituto ocupó el cargo de vice-director de 1.913 a 1.918 y en dos ocasiones, el de Director: de 1.918 a 1.923, y de 1.928 a 1.933, año de su jubilación. Después de esta seguiría colaborando con el Instituto y prosiguiendo sus investigaciones.

Su labor científica fue reconocida y premiada en numerosas ocasiones: en 1.895 fue comisionado por el Museo de Ciencias Naturales de Madrid para la adquisición y envío del esqueleto de una ballena hallada en las playas de Gijón. En 1.899 presentó un trabajo en la Exposición regional de Gijón que obtuvo medalla de plata acerca de la aclimatación del gusano de seda en Asturias. En 1.902, la Junta del Museo de Ciencias Naturales de Madrid acuerda nombrarle corresponsal científico.

Apenas toma posesión en Alicante se hizo popular por organizar con sus alumnos excursiones científico-didácticas. de cuya importancia dan fe las Memorias del Seminario de Ciencias Naturales, estas excursiones suponían una nueva metodología y una interesante experiencia interdisciplinar para los estudiantes ya que además de los hallazgos Paleontológicos se anotaban fenómenos celestes, climáticos, etc.; y se visitaban, tanto minas y yacimientos, como restos arqueológicos.

Su dedicación docente no le impidió proseguir su labor científica. En la provincia de Alicante descubrió el piso Maestrichtiense y el Triásico fosilero, y el Lías Alpino en esta provincia y en la región de Murcia. Mantuvo numerosos contactos con los mejores especialistas de su tiempo de diversos países que con las constantes publicaciones en las que exponía sus observaciones y descubrimientos, le otorgaron una merecida fama como paleontólogo mas allá de nuestras fronteras prueba de ello son los numerosos reconocimientos, premios, becas, corresponsalías que jalonan su carrera. Entre ellos cabe destacar su nombramiento como co-responsal de la Academia Pontificia de Ciencias en 1.923, presidente de la Sociedad Ibérica de Ciencias

Naturales en 1.924 en cuyo Boletín publicó gran número de artículos. En 1.925 fue nombrado corresponsal académico nacional de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Viajó por el sur Francia, norte de Italia y Suiza becado por la Junta de Ampliación de Estudios, investigando y comparando fósiles de formaciones análogas en los Museos de estos países. El Museo Nacional de Ciencias Naturales le encargó la revisión y catalogación de sus colecciones paleontológicas.

Su legado tanto paleontológico como mineralógico y es impresionante prueba de ello son sus artículos, notas y estudios editados en las siguientes publicaciones:

Boletín de la Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales, de Zaragoza
7 artículos publicados entre 1.927 y 1.923, entre los cuales destaca:
El yacimiento liásico de la Loma del Rebalso, en la provincia de Alicante. Tomo XXIII, abril-mayo 1.924.

Revista *Ibérica*, de Barcelona.
29 artículos publicados entre 1.913 y 1.935. entre los cuales destaca:
Consideraciones acerca del Triásico del sureste de España. Y su Conclusión. Tomo xxx, números. 741 y 757, 1.928.

Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural, de Madrid
98 artículos publicados entre 1.903 y 1.935. entre los cuales destaca:
Sobre la existencia del Maestrichtiense en algunos puntos en la Provincia de Alicante. Marzo 1.914.

Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales.
4 artículos publicados entre 1.912 y 1.923. entre los cuales destaca:
Geología y paleontología de Alicante. Madrid 1.914.

Memorias de la real Sociedad Española de Historia Natural:
1 artículo publicado en 1.929.
Depósitos cuaternarios y actuales en la región sudeste de España

Revista *Ciencias*.
2 artículos publicados en 1935. de los cuales destaca:
Identidad de las faunas del Barremiense de Colombia y del sureste de España. Madrid

Memorias de la Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales.
1 artículo publicado 1.935.
La fauna Liásica de los cerros de Ayala y de la cruz de la Algueña (Alicante)

Participo en los Congresos científicos siguientes:
Congreso Geológico Internacional, Madrid, 1926; Congreso de Cádiz, mayo 1927; Congreso de Barcelona, mayo 1929; Congreso de Lisboa, mayo 1932.

También merecen especial interés las dos grandes colecciones de fósiles y minerales que logró reunir a lo largo de su vida, una para el Instituto Jorge Juan convertida en la actualidad en Exposición permanente y otra particular, cedida en depósito por sus herederos a este Instituto.

Aparte de su labor docente y científica tuvo cierta relevancia su faceta literaria escribiendo cuentos, dramas y poemas de entre los cuales destaca el drama *La Cueva de la Barquilla*

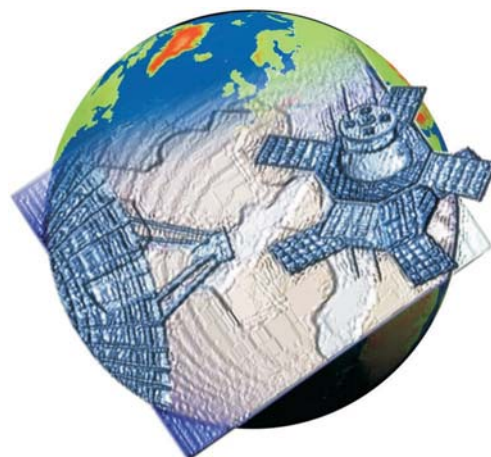
La personalidad de este naturalista se caracterizaba por su gran humanidad, el respeto a las ideas y a personas y la pasión por la vida y la naturaleza, toda su vida es un modelo de entrega a sus ideales científicos prueba de ello es que solo una enfermedad del corazón pudo apartarlo de sus excursiones paleontológicas a los «setenta años». Falleció el 17 de enero de 1.941 a la edad de 77 años

Para Saber mas:
Federico Gómez Llueca. *Don Daniel Jiménez de Cisneros y Hervás.*
Instituto Geológico y Minero de España. *Libro homenaje a D. Daniel Jiménez de Cisneros y Hervás*
Consuelo Jiménez de Cisneros y Baudin. *Huércal-Overa hace sesenta años*



TELEDETECCIÓN: Su evolución

Águeda Arquero Hidalgo



El término Teledetección proviene de la traducción latina del correspondiente en inglés “*Remote Sensing*”, que fue ideado a principios de los años 60 para indicar cualquier medio de observación remota de la superficie terrestre. Una definición más completa se puede dar diciendo que la teledetección es la adquisición y medida de datos o información de algunas propiedades de un fenómeno, objeto o material, mediante dispositivos de registro que no están en contacto físico con él. Las técnicas involucradas proporcionan conocimiento por medida de campos de fuerza, radiación electromagnética o energía acústica, empleando para ello cámaras, radiómetros y escáneres, láseres, receptores de radiofrecuencias, sistemas de radar, sonar, dispositivos térmicos, sismógrafos, magnetómetros y otros instrumentos.

Como la Teledetección es una técnica aplicada, presenta una gran dependencia del desarrollo tecnológico en cada momento. Esto es debido a que están implicados tanto la óptica y detectores de los sensores, el vehículo que los transporta, los sistemas de transmisión, los equipos de tratamiento de los datos, como el desarrollo de nuevos modelos aplicables a los datos. Por estas razones su evolución, progresión y variedad de datos obtenidos por esta técnica han variado y aumentado con el tiempo, abriendo nuevos ámbitos de aplicación, como por ejemplo, la ecología; la agricultura de precisión y producción forestal; la meteorología; la geología, geomorfología y geodesia; las ciencias del suelo; la oceanografía e hidrología; la topografía y cartografía y aplicaciones en planificación como la evaluación catastral, determinación de recursos y control de cambios de usos del suelo.

En la actualidad un sistema de Teledetección consta de los elementos indicados en la Figura 1: una fuente de radiación electromagnética, siendo la más habitual el Sol; la superficie te-

rrestre con la que interacciona; un sensor remoto, habitualmente transportado por un satélite; un sistema de recepción de datos, que puede estar en la superficie terrestre o en otro satélite y un sistema de almacenamiento de datos digitales o informático. Posteriormente, se puede hacer un análisis y tratamiento de los datos tanto visual como digital, para poder ofrecer al usuario final el producto que necesita.

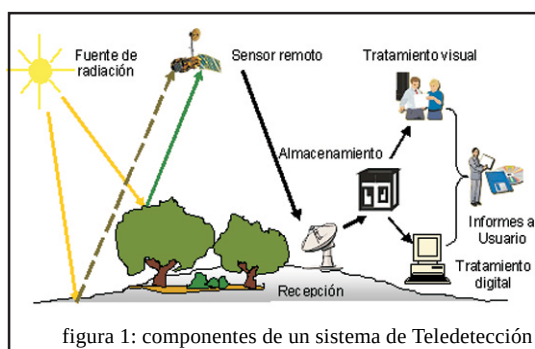


figura 1: componentes de un sistema de Teledetección

En la Figura 2 se muestra de forma esquemática aquellos momentos de la historia que han resultado especialmente interesantes en el avance de la teledetección. En la dirección web, http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_7.html, hay una extensa relación de los hitos en la evolución de la Teledetección.

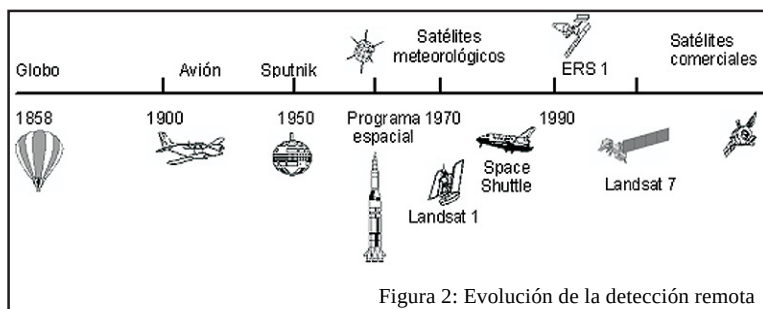


Figura 2: Evolución de la detección remota

Se puede considerar que las primeras experiencias de teledetección fueron las fotografías tomadas desde un globo cautivo en 1859 por Gaspar Félix de Tournachon, repitiéndose esta experiencia al año siguiente sobre Boston, para obtener una visión con perspectiva aérea de la organización urbana.

En 1909, Wilbur Wright adquiere la primera fotografía desde avión, aunque la primera cámara específica para avión la desarrolla J.T.C. Moore-Brabazon como consecuencia de la guerra en 1915. Las técnicas de adquisición y procesamiento fotográfico adquieren un gran auge como consecuencia de la importancia que suponen estas primeras fotografías.

Sin embargo, es durante la Segunda Guerra Mundial cuando se produce un gran desarrollo de las técnicas de teledetección aérea, mejorando la óptica de las cámaras, así como las emulsiones usadas, como por ejemplo, las primeras películas de infrarrojo de Kodak. Se introducen nuevos sensores, como el radar, y se mejoran los sistemas de comunicación. También se logra una mayor estabilidad de las plataformas de observación por los avances en aeronáutica.

Estos avances tecnológicos se aplican a usos civiles, mostrando las variadas aplicaciones de la exploración aérea para aumentar el conocimiento y control de los recursos naturales. Después de la guerra se mejoran los sistemas de radar y se introduce el radar lateral transportado (SLAR) y además se ponen a punto los sensores térmicos de barrido.

A finales de los años 50, debido a los avances en sistemas de navegación se conciben los ingenios espaciales y comienza la llamada guerra fría. En 1957 se lanza al espacio el satélite soviético llamado Sputnik y otras misiones civiles y militares de observación del espacio exterior.

Iniciada la carrera espacial aumenta el interés, usando estas plataformas para adquirir datos interesantes de la superficie terrestre. En 1959 se inventan los exploradores multiespectrales en la Universidad de Michigan. En 1960 la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) puso en órbita el primer satélite meteorológico, TIROS-1 (Television InfraRed Observation Satellite), que se usó en modelos automáticos de nubes y en la interpretación manual de las condiciones meteorológicas. Los datos recogidos se referían a una sola banda ancha en la zona del visible y a otra en el infrarrojo del espectro electromagnético. En años sucesivos, dentro de su programa de satélites para estudios climáticos y meteorológicos, ha ido poniendo en órbita más satélites (decenas) que en la actualidad se denominan NOAA y que se usan para su fin original tanto como para otros estudios de observación de la superficie terrestre. Así, el 1 de Abril de 2000, la organización celebró el 40 aniversario del lanzamiento del primer satélite de este tipo.

Con el NOAA-K, que pasó a denominarse NOAA-15, comienza una nueva serie de satélites con cambios y mejoras tecnológicas en la instrumentación respecto a los anteriores. En esta serie, denominada KLM, están incluidos otros dos

satélites, el NOAA-L y el NOAA-M que se caracterizan por la presencia de instrumentos de microondas que permiten el trabajo en zonas nubosas, en las cuales los instrumentos que operan en las zonas visible e infrarroja tienen problemas de operación. La política de operación de los satélites NOAA establece que haya dos satélites operativos: uno de ellos cruza el Ecuador a las 7:30 h a.m. hora local, y el otro lo hace a las 1:40 p.m. hora local. Por convenio, los satélites impares cubren las órbitas diurnas y los pares las nocturnas. De esta forma se asegura la continua cobertura de toda la Tierra (Figura 3).

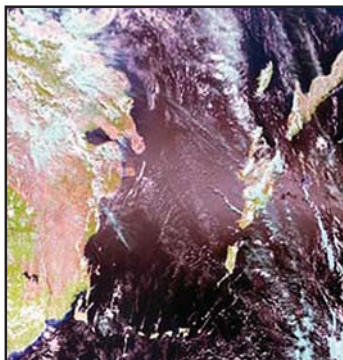


Figura 3. Composición color de imagen NOAA

En los años 60 también se desarrollaron misiones espaciales tripuladas para la exploración solar y lunar. Como también proporcionaron fotos de la Tierra, se planearon proyectos que exclusivamente se dedicaron a la observación terrestre. Durante las misiones del Apollo-6 y 7 se adquieren fotografías verticales y con el Apollo-9 se realiza el primer experimento multiespectral, que constaba de cuatro cámaras Hassenbland con distintos filtros. A mitad de los años 70, la NASA diseñó los SMS (*Synchronous Meteorological Satellites*), que evolucionaron a los GEOS (*Geostationary Environmental Operational Satellites*), que son también manejados por la NOAA. Actualmente los reportajes ofrecidos por la televisión son proporcionados por los sistemas GEOS. Estas experiencias y los datos suministrados por los satélites meteorológicos potencian el interés de la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) para concebir proyectos dedicados exclusivamente a la cartografía y evaluación de recursos naturales y en 1972 lanza el primer satélite de la serie ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*). Este proyecto se llamó Landsat cuando se lanzó el segundo satélite en 1975. A partir de esta serie de satélites (de los que ya se han lanzado 7) aumentó el interés de la comunidad científica internacional por esta técnica en grado exponencial. El programa LANDSAT ha resultado ser uno de los más fructíferos en el ámbito de la Teledetección espacial. Los instrumentos incluidos en estas plataformas han adquirido hasta la fecha millones de imágenes, cuyos datos se han aplicado en diversos campos de investigación como: agricultura, geología, estudios forestales, catastro regional, estudios topográficos, educación e investigaciones medioambientales en general y más

particularmente dedicadas al cambio global (Figura 4).

En 1975, en Europa se crea una organización nueva, la ESA (*European Space Agency*), reuniendo a las anteriormente vigentes y siendo el foco europeo que centralizará las experiencias espaciales europeas a partir de ese instante.

Después se han desarrollado numerosos proyectos diseñados para la observación del medio ambiente, como el laboratorio espacial tripulado Skylab (1973), el satélite oceanográfico Seasat (1978) y el de investigación térmica.

HCMM (1978) propiedad de la NASA; el satélite francés SPOT (1986), el japonés MOS-1 (1987), el indio IRS-1 (1988) y los rusos Soyuz y Salut.

Las misiones del transbordador espacial norteamericano Space Shuttle han revitalizado el papel de los sensores fotográficos.

En la década de los años 80 comienza a gestarse la cooperación entre la organización NOAA con EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites), alrededor del programa POES (Polar-Orbiting Environmental Satellites), culminando en el programa IJPS (Initial Joint Polar-Orbiting Operational satellite System). Este sistema incluye dos series de satélites independientes pero bien coordinados, NOAA y EUMETSAT, con intercambio de instrumentos y datos globales, cooperación en estudios de desarrollo de algoritmos y mapas en tiempo real. Bajo estos términos en el acuerdo del IJPS, los satélites NOAA cubrirán en el futuro los vuelos vespertinos, mientras que los de EUMETSAT (MetOp), los diurnos.

El programa del satélite SPOT (Satellite pour L'Observation de la Terre) ha sido llevado a cabo por la agencia Espacial Francesa, CNES, y producido por Francia en cooperación con Bélgica y Suecia. El sistema SPOT comprende una serie de plataformas espaciales y sistemas terrestres que permiten su seguimiento. El programa está en funcionamiento desde el 22 de febrero de 1986, cuando fue lanzado el SPOT-1. El 22



Figura 4. Corte de imagen Landsat en banda ETM+5 del norte de Madrid del año 2000, donde se distinguen el aeropuerto de Barajas, los municipios de Alcobendas y Fuencarral y la zona de explanación para los nuevos barrios cercanos a la M40.

tes SPOT. Estos nuevos satélites incorporarán importantes innovaciones y asegurarán la continuidad del servicio hasta el año 2015.

La década de los años 90 será un periodo más conocido como la época en que los sistemas espaciales militares han testeado las guerras. La guerra de Kuwait puede ser considerada la primera guerra del espacio. Muchos sistemas se perfeccionaron y también algunos programas fueron desclasificados como oficiales. En 1992 se anunció oficialmente la existencia de la NRO (National Reconnaissance Office) en EEUU y en



Figura 5. Imagen (composición color) de la ciudad de Canberra tomada por el SPOT5

1995 el presidente Clinton desclasificó el programa CORONA, consistente en la fotografía de reconocimiento desde satélite. Respecto a las comunicaciones se sustituyeron los existentes por otra red de 7 satélites UFO (Ultra-High Frequency Follow-On). Las Fuerzas aéreas americanas confirmaron una constelación de satélites DSCS III con el lanzamiento del quinto en 1993. Los satélites con fines militares incluyeron nuevos sistemas para detectar el lanzamiento de misiles llamados FEWS (Follow-On Early Warning System).

Con la guerra del Golfo pérsico, la constelación de satélites de posicionamiento global, GPS, no estaba totalmente operacional, por lo que de 1991 a 1994 se lanzaron 14 satélites de navegación de los modelos GPS II-A. El primer modelo del GPS II-R se lanzó en 1997.

Rusia continuó sus programas para Teledetección con los satélites Foton y Resurs. También lanzó el Almaz 1 que aporta imágenes radar, así como imágenes fotográficas o infrarrojas similares a las de los satélites Landsat o SPOT.

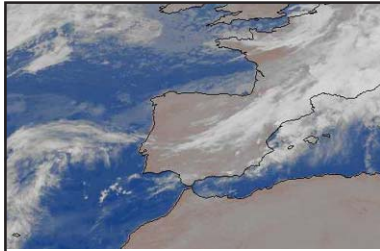


Figura 6. Imagen Meteosat de la Península en la banda que mejor detecta las nubes.

Europa ha seguido a EEUU en todos los aspectos de la tecnología avanzada, la ciencia espacial y las aplicaciones terrestres y en los programas satelitales interplanetarios. Como ya se ha indicado, Francia ha seguido lanzando satélites SPOT de observación de la Tierra, usados para mapas comerciales y estudios forestales, agrícolas y geológicos. También, Europa ha contribuido al estudio de la humedad con el lanzamiento de sucesivos satélites METEOSAT (Figura 6), similares a los NOAA GOES americanos, así como otras generaciones de satélites de comunicaciones para las necesidades comerciales y militares.

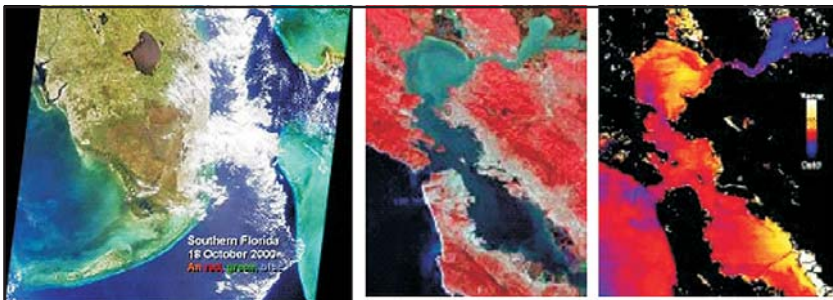


Figura 7. Imágenes TERRA MISR (composición rojo, verde azul), TERRA ASTER VNIR (composición en falso color de la bahía de San Francisco) y TERRA ASTER TIR (temperatura del agua de la bahía de San Francisco)

La realidad es que los programas más recientes se realizan en colaboración de varios países.

TERRA es un programa de monitoreo terrestre de muy alto coste en el que colaboran el Ministerio de Industria y Comercio Exterior del Japón, el Centro Langley de Investigación de la NASA, Agencia Espacial Canadiense, el Laboratorio de Propulsión a Chorro y el Centro Goddard de Vuelos Espaciales. Fue lanzado el 18 de diciembre de 1999. Lleva cinco sistemas de monitoreo muy sensibles (CERES, MODIS, ASTER, MOPITT, MISR) que rastrean diferentes variables de la atmósfera (Figura 7). ASTER es un sensor de imágenes de alta resolución, transportado por el satélite TERRA. El proyecto de mayor aplicación en el campo de la generación de mapas temáticos es el que integra al Proyecto ASTER. A requerimiento de investigadores dedicados a la investigación de recursos, Japón desarrolló el Proyecto ASTER (Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer), con el fin de obtener datos geológicos más detallados y estudiar fenómenos que pudieran producir un impacto ambiental a escala global, como por ejemplo la actividad volcánica. Otro de los sensores es MOPITT que es un instrumento diseñado para mejorar el conocimiento sobre las capas mas bajas de la atmósfera y para observar, en particular, cómo interaccionan con la biosfera de la tierra y

los océanos. Su objetivo persigue la toma de datos sobre la distribución, el transporte y las fuentes del monóxido de carbono y del metano en la troposfera. El metano es un gas que participa en el «efecto invernadero» con casi 30 veces la capacidad calorífica del bióxido de carbono. Se sabe que se emite en las zonas pantanosas, granjas de ganado, y desde la biomasa de las incineradoras. El monóxido de carbono, que se expelle de fábricas, de coches, y de fuegos del bosque, obstaculiza la capacidad natural de la atmósfera de librarse de agentes contaminadores dañinos. MISR es un nuevo tipo de instrumento diseñado para realizar estudios relacionados con el clima, registrando imágenes de la tierra con sus cámaras desde nueve ángulos diferentes. Una cámara fotográfica señalando hacia el nadir (como si fuera perpendicular sobre sobre un terreno y mirando hacia el centro de la Tierra), y las otras proporcionan varias perspectivas de la superficie de la Tierra (26.1°, 45.6°, 60.0°, y 70.5°). Mientras que el instrumento vuela por encima, cada región de la superficie de la tierra es sucesivamente reflejada hacia las nueve cámaras fotográficas, en cuatro bandas de longitudes de onda (en las regiones azul, verde, rojo, e infrarrojo-cercano del espectro electromagnético). Además de mejorar el conocimiento de la influencia de la radiación solar en la superficie terrestre, los datos de MISR pueden distinguir diversos tipos de nubes y de partículas de los aerosoles.

Los satélites más recientes (Figura 8) se caracterizan por el suministro de imágenes para fines más comerciales (más caras) con una mayor resolución espacial (1-4 m) y temporal (2-11 días). Entre estos se encuentran el QUICKBIRD que fue lanzado en octubre de 2001, que adquiere imágenes blanco y negro (1 banda) con 61 cm de resolución e imágenes de las que se pueden hacer composición color (4 bandas) con 2,44 m de resolución, cubriendo una superficie de 16,5 km x 16,5 km. El producto que se vende ortorrectificado es directamente integrable dentro de un SIG (Sistema de Información Geográfico), fondo cartográfico ideal

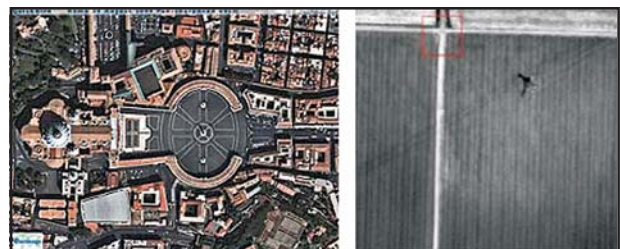


Figura 8. Imagen QUICKBIRD (composición color) de la plaza de San Pedro en el Vaticano y una imagen IKONOS (aplicada a agricultura).

para la creación o la actualización de mapas y bases de datos SIG, para detección de cambios y otros análisis de imagen que implican una precisión de localización muy grande.

Otro satélite es el IKONOS, que fue, lanzado en septiembre de 1999, adquiere imágenes blanco y negro con 1 m de resolución e imágenes para composición color (4 bandas) con 4 m de resolución. Las imágenes cubren una superficie de 11 km x 11 km. Ikonos es programable y el instrumento de toma de imágenes orientable, lo que permite la revisita de un mismo sitio en menos de 3 días.

La ESA tiene previsiones del lanzamiento secuencial de una serie de tres satélites EUMETSAT Polar System (EPS), para el estudio meteorológico, el primero el 17 de Julio de 2006 denominado MetOp-A (Figura 9), que proporcionen datos hasta el año 2020. Estos satélites, al igual que los NOAA, son heliosíncronos (síncronos con el sol) y su órbita es polar. Mientras que los MetOp presentan una órbita descendente, que pasa por el ecuador a las 9:30 hora local, los NOAA ocupan la órbita de la tarde, en modo ascendente, pasando por el ecuador a las 14:30 hora local (Figura 9). Así, estas dos órbitas maximizan la cobertura de las observaciones previstas.

Algunos de los sensores transportados por los MetOp son el IASI y el GOME-2 (Figura 10). El IASI es un instrumento que mide la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre originando perfiles de temperatura y humedad atmosféricas, de precisión sin precedentes y resolución vertical. El sensor GOME-2 permite determinar cantidades de ciertos gases presentes en la atmósfera considerando los principios de la espectrometría, cuando la luz desdobra su respuesta espectral y mostrando líneas correspondientes a los gases presentes en la muestra observada.

Respecto a misiones futuras se puede resaltar la SMOS (*Soil moisture & Ocean Salinity*)

que es una misión de observación de la Tierra que la Agencia Espacial Europea (ESA) desarrolla junto a Francia (que participa a través del *Centre Nationale d'Études Spatiales* CNES) y España (a través del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial, CDTI). La fecha prevista para el lanzamiento del satélite de la misión es el 27 de Febrero de 2007. SMOS tiene como objetivo científico principal monitorizar para la comunidad científica, de forma global y con un tiempo de revisita máximo de 3 días, dos variables climáticas cruciales para entender los procesos climáticos y meteorológicos en nuestro planeta: la humedad del terreno en zonas continentales y la salinidad de la capa superficial de la masa oceánica en zonas marítimas. SMOS es una misión experimental que pretende ser el primer paso de un programa a largo plazo de medidas de dichas variables geofísicas. Para realizar las medidas, el satélite llevará a bordo el radiómetro MIRAS (*Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis*) que, utilizando técnicas de interferometría polarimétrica, tomará imágenes instantáneas de la energía emitida por la superficie del planeta en la banda de frecuencias de 1400-1427 MHz (Banda L, especialmente sensible a la emisividad de la salinidad y la humedad del suelo), en polarizaciones vertical V y horizontal H.



Figura 9. Satélite MetOp y posición de la órbita para los satélites MetOp y NOAA.

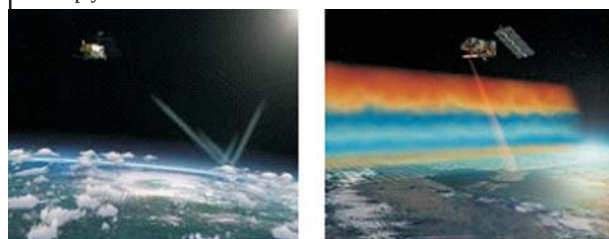


Figura 10. Principio de observación del sensor IASI. Perfil de recogida de datos del GOME-2.

Bibliografía

- A. Arquero, C. Gonzalo y E. Martínez 2003 Teledetección, una aproximación desde la superficie al satélite. Fundación General de la U.P.M., pp. 238.
- http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/index_e.php#tutor
- http://www.esa.int/esaLP/SEMZOGIO9PE_LPmetop_0.html
- http://www.sbg.ac.at/geo/idrisi/remote_sensing_tutorial/rst.gsfc.nasa.gov/front/tofc.html
- http://wwwhttp://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_7.html
- http://www.spotimage.fr/html/_253_255_265_266_268_.php



Reconstrucción de un fósil de ammonites

Pablo Antonio García Gil

INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta algunas de las técnicas que uso en la restauración de fósiles. Comentaré algunos trucos útiles, técnicas de limpieza y herramientas, y al final hablaremos de acabados y clasificación. Son algunas ideas que he ido recopilando de diversas fuentes y que me permiten disfrutar de uno de mis pasatiempos favoritos; la limpieza y restauración de ammonites.

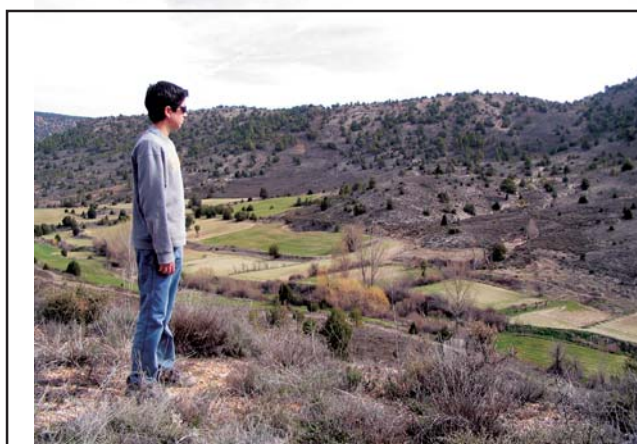


Figura 1. Mi hijo Pablo en los alrededores de Huertahernando. En el fondo del valle algunos campos arados en los que el trigo empieza a despuntar.

Todo comienza un fin de semana de finales de invierno. Hace buen tiempo y las últimas lluvias han lavado los campos arados de Guadalajara. Es el momento de hacer una escapada; una salida al campo. Preparo la mochila; unos bocadillos, agua, martillo y un pequeño cincel. Acompañado de mi hijo nos disponemos a pasar una agradable mañana de sábado caminando por los campos, tomando el sol y disfrutando de nuestro tiempo juntos.

El muchacho de 12 años me fusila a preguntas. Que si podríamos encontrar un fósil de dinosaurio, que por qué hay tantísimos

braquiópodos aquí, que qué es esto, ¿y aquello? ... Es agradable ver su inocencia y su interés por conocerlo todo.

Pasa la mañana y vamos tropezando con los restos que el tractor levantó al arar. Generalmente son trozos incompletos de ammonites sobre todo de especies de *Hildoceras* que son muy frecuentes en el Jurásico inferior (Lías) de Guadalajara.

De vez en cuando la fortuna te lleva hasta un ejemplar que se sale de lo común por alguna causa (tamaño, conservación, rareza) y hoy es uno de estos días; encontramos los restos de un ejemplar grande pero el tractor lo ha machacado así que empiezan las labores de salvamento. Lo primero que hacemos es recoger todos los pedazos. Con minuciosidad señalamos donde aparecen trozos. Ojeamos todas las piedras de los alrededores por si tienen algún fragmento del fósil y, cuando hemos terminado, se envuelve todo en periódico con cuidado y a la mochila.

La mañana discurre tranquila. Hemos terminado nuestro paseo, volvemos contentos por el buen rato pasado y además porque llevamos un ejemplar de ammonites que promete.

LAS PRIMERAS LABORES

Ya en casa, cuando hay tiempo libre, volvemos sobre nuestro ammonites. Hemos recogido 5 fragmentos y la primera tarea es lavarlos.

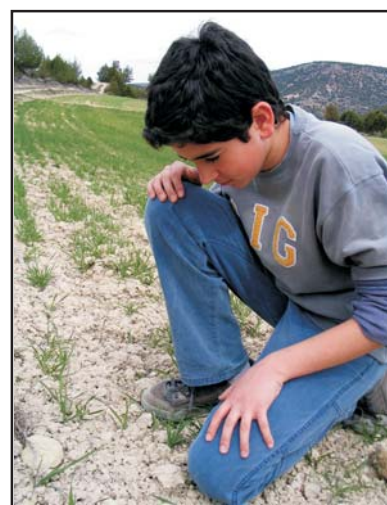


Figura 2. Un pequeño hallazgo en el sembrado; un *Hildoceras*.



Figura 3. Los fragmentos recogidos de un gran ammonites. El arado del tractor pasó por encima.

Se lavan con cuidado para quitarles el barro adherido pero sin frotar con energía porque muchas veces estos fósiles conservan óxidos que les dan un aspecto amarillento muy bonito.

¡Listo!. Co-

mienza el análisis. Examinamos los trozos, cómo encajan y las partes que faltan. El tractor no perdona y el problema es que en muchos casos alguno de los fragmentos queda enterrado y por tanto recogemos el fósil incompleto. Éste es nuestro caso. Al final de esta etapa hacemos un balance mental de lo que llevará limpiar el fósil y si será necesario restaurarlo. Tenemos trabajo para algunos meses pero por otra parte también se disfruta devolviendo al presente un buen espécimen de ammonites.

EL TRABAJO DURO

Ha llegado la hora de la verdad y comienza la parte dura. Hay que quitar la matriz, es decir, los restos de roca que cubren los trozos del fósil.



Figura 4. En este fragmento se puede observar la cantidad de matriz que hay que eliminar para llegar hasta el fósil.

Mi primera recomendación es que **NO** se deben pegar los trozos. En primer lugar porque se maneja mejor un trozo pequeño que todo un «mamotreto» y en segundo lugar porque en el canto de los trozos, a menudo se ve la sección del fósil y así sabemos cuanto material hay que quitar.

En esta tarea nos ayudaremos de algunas herramientas. Para quitar trozos grandes de roca utilizo una sierra radial pequeña. ¡Ojo! con esta no quiero bromas así que hay que tomar algunas precauciones: unas gafas protectoras para los ojos y unos guantes para las manos son imprescindibles.

Para eliminar trozos menores una sierra tipo «Dremmel» también es de mucha utilidad.

Por último la herramienta que nos permitirá

eliminar toda la matriz será un percutor eléctrico. Los hay de varios tipos; los grandes son más potentes y suelen tener puntas intercambiables mientras que los pequeños no, pero suelen ser más manejables.



Figura 5. Dos tipos de percutores existentes en el mercado. Como siempre no hay que olvidar la seguridad y el uso de unas gafas protectoras es muy conveniente. Todo este equipo se puede adquirir en ferreterías especializadas.

Se va eliminando la matriz de los trozos del fósil hasta que quedan bien limpios. Un consejo: no se deben limpiar los bordes donde encaja otro trozo. Esto debe ser así porque con frecuencia el borde es frágil y se rompe al tratar de limpiarlo. Es mejor dejar ahí la matriz y, cuando peguemos los trozos, procederemos a retirar la matriz de las zonas de unión.

¡Ah, y se me olvidaba algo importante!

Salvo casos excepcionales solo conviene limpiar uno de los lados del fósil. Por supuesto será aquel en el que el fósil esté en mejor estado. Hay varios motivos para esta norma: el primero es que el fósil queda más robusto si le dejamos la matriz en la parte de atrás. Además nos ahorraremos un montón de trabajo y, lo más importante, la matriz es fundamental cuando se estudia un fósil. Aporta muchísima información del medio donde se depósito (profundidad, energía del medio, ...), del entorno donde vivió (restos de otros organismos, posibilidad de establecer correlaciones, ...). Debemos dejar una parte de la matriz. Lo que suelo hacer es seleccionar la parte que quiero dejar y dar un corte con la radial para utilizarla como peana. Vayan como ejemplos las fotos siguientes:

Figura 6. Pequeño ammonites completo, es decir fragmocono y cámara de habitación. La caliza es de grano muy fino. Todo ello indica un ambiente de aguas tranquilas probablemente a cierta profundidad. Sin embargo en la matriz se observan restos de galerías de un organismo que vivía en el subsuelo por lo que probablemente el fondo no estaba a demasiada profundidad sino que estaba iluminado por la luz solar (la llamada zona fótica que llega hasta los 200 metros de profundidad en aguas transparentes). El fósil pertenece al Lías y fue recogido en el río Ablanquejo (Guadalajara).





Figura 7. Esta foto corresponde a la abertura de un baculites. La matriz ha sido cortada para que sirva de peana al fósil. Como en el caso anterior se trata de una caliza de grano muy fino indicando un medio de muy baja energía que ha posibilitado que se conserve la abertura de la concha en forma de pico de flauta. En la parte inferior se observan los restos de una galería que llega hasta el interior de la concha; probablemente, esta sirvió de cobijo a algún pequeño animal cuando estaba enterrada a escasos centímetros del fondo marino. El fósil es del Cretácico inferior de Cehegín (Murcia).

EL MONTAJE

Ya tenemos todos los trozos limpios y ha llegado la hora de montar nuestro fósil. Los trozos se pegan. Yo suelo utilizar cola de carpintero porque realiza una buena unión y me permite rectificar si no encajan perfectamente a la primera. Además con agua caliente se pueden despegar los trozos si fuese necesario una rectificación severa. En casos excepcionales utilizo pegamentos con cianocrilato si busco una unión rápida. Lo suelo usar en pequeñas cantidades y con mucho cuidado de que no entre en contacto con la piel.

Toda la cola/pegamento que sobre debe retirarse con la ayuda de un pedazo de papel y agua. Dejamos que la cola seque bien; uno o dos días por ejemplo.



Figura 8. El ammonites está limpio y libre de la roca que lo contenía en parte. Tiene 27 cm de diámetro.

Si somos muy estrictos nuestro trabajo puede haber terminado en este punto puesto que el fósil ya está limpio y montado, pero ahora entran en escena otros aspectos. ¿Queremos que el fósil quede como lo encontramos o queremos restaurarlo para hacerlo más atractivo para la vista? Bueno, esto es algo que cada uno debe elegir en cada caso. Personalmente prefiero restaurar y resaltar la belleza de aquellos fósiles que se salen de lo común así que decido proseguir con el trabajo.

LA RESTAURACIÓN

Ahora vamos a intentar reconstruir aquellas partes que faltan. Bueno hay muchos métodos; he oído de compañeros que usan plastilina, arcilla, u otros tipos de materiales. En cualquier caso la idea es siempre la misma; en la parte del fósil que falta se forma un armazón sobre el que depositar una capa que asemeje todo lo que sea posible al fósil original. Yo voy a describir el método que sigo.

Cuando elimino la matriz que envuelve el fósil guardo algunos trozos grandes de roca. Ahora es el momento de utilizarlos. Lo primero que hago es rellenar los huecos con esos trozos de matriz procurando que no sobresalga ninguno.

Figura 9. Se ha construido un armazón

con trozos de roca que hemos recogido junto al fósil o que hemos ido eliminando de él con ayuda de la radial y/o percutor. En la parte inferior se observan rayas azules que he trazado para ayudarme en la reconstrucción. Se trata de la ornamentación que debo reconstruir. Ahí he de «crear» las costillas sigmoidales que tiene este ammonites.



Cuando el conjunto está firme preparo la capa final. Para ello machaco trozos de matriz con una maceta procurando obtener el material lo más fino posible. Otro método para pulverizar la roca puede ser usando la radial. Esta genera un polvo muy fino que se puede intentar recoger en un recipiente. Sea como sea al final se debe colar el polvo obtenido para quedarnos con la parte más fina. Preparamos una masa con agua, cola de carpintero y el polvo de roca y, cuando está ligeramente compacta, se va aplicando sobre el fósil para ir rellenando los huecos que aún quedan. También se aplica a las grietas que quedaron en las zonas de unión de los trozos del fósil. Aplicamos sucesivas capas hasta que conseguimos dejar esas partes lo más parecidas al resto del fósil que seamos capaces. Si en algún punto nos excedimos siempre estamos a tiempo de lijar o eliminar por raspado la cantidad que sea necesaria.

Varias cosas hemos de tener en cuenta para que el resultado sea óptimo:

- Conviene escoger trozos de matriz del mismo tono que la parte que vamos a restaurar. Por ejemplo si el fósil tiene óxidos color ocre debemos coger trozos de matriz de una tonali-

dad similar.

- Debemos machacar la piedra tanto como seamos capaces y luego, muy importante; se debe colar para obtener un material tan fino como sea posible. El tamaño del grano es fundamental para que el aspecto final se asemeje al fósil.

Como siempre, cuando hemos terminado hay que dejar secar bien antes de proseguir con la siguiente fase.

LIMPIEZA CON ÁCIDO

Esta es una fase que no siempre es necesaria; veamos el por qué. Los cefalópodos con concha externa, es decir, nautilus y ammonites no suelen tener organismos adheridos a su concha mientras están vivos. Esto es lo más frecuente aunque hay casos excepcionales. En cambio, cuando mueren y las conchas se depositan en el fondo suelen ser colonizadas rápidamente por braquiópodos, gusanos y otros animales que se fijan a ella. Si la concha del cefalópodo queda enterrada al poco tiempo de morir aparecerá más o menos limpia, pero esto no es lo que suele ocurrir en el Lias de Guadalajara. Durante este periodo este lugar era una plataforma marina abierta, bien iluminada y llena de formas de vida. El fondo marino era una auténtica alfombra de organismos y sus restos. Todo esto lo atestigua la gran cantidad y diversidad de braquiópodos, moluscos bivalvos, ammonites, belemnites y equinodermos que se encuentran.

Nuestro ammonites tenía varios braquiópodos pegados, así como numerosas galerías de gusanos. Cuando atacamos todo esto con el percutor suelen quedar restos de estas estructuras y la zona queda blanca por el carbonato que contienen. Todo ello desfigura al ammonites y hace recomendable un tratamiento con ácido.

El ácido que uso es el llamado «agua fuerte» que se puede encontrar en droguerías. Lo diluyo; en un recipiente con agua vierto una cantidad similar de ácido. Después lo aplico sobre el fósil con un pequeño pincel. Esto me permite aplicarlo de manera controlada, solo donde hace falta. Damos una pincelada y, cuando termina el burbujeo, aplicamos la siguiente. Cada dos o tres pinceladas absorbemos el ácido neutralizado con un poco de papel absorbente.

Si vemos que han quedado trozos un poco grandes podemos volver a aplicar el percutor.

Con este método vamos rebajando los restos de organismos hasta que aparece la forma de nuestro ammonites.

EL ACABADO FINAL

Este es otro apartado discutible ¿debe barnizarse un fósil? Bueno, mi opinión es que depende. La regla de oro que sigo en todo el tratamiento de mis fósiles es no aplicar nada que no sea reversible y en este punto la sigo al pie de la letra.

Personalmente creo que dar una capa de barniz final ayuda a mantener esos óxidos de los que hemos hablado anteriormente.

Ayuda también a fijar esas zonas que hemos restaurado y en general protege al fósil ya que el barniz rellena todas las fisuras y fija la superficie. Además con frecuencia resalta las líneas de sutura de los ammonites haciéndolos más bellos.

El barniz que suelo usar es un barniz incoloro y mate que se puede eliminar con aguarrás. Siempre lo aplico diluido, en una capa fina y solamente al fósil casi nunca a la matriz, para conseguir que el fósil destaque al máximo.

Bueno, pues con esto ya tenemos restaurado nuestro ammonites pero solo hemos terminado el trabajo manual; nos queda otra tarea no menos interesante; la de confeccionar una etiqueta para que acompañe a nuestro fósil.

EL ETIQUETADO

Las etiquetas que confecciono son muy sencillas. En un trozo de catulina blanca de unos 4x2 cm coloco el nombre del fósil, la edad (periodo) con la precisión de la que soy capaz y el



Figura 10. El fósil una vez concluidas las diferentes etapas de limpieza y reconstrucción. El barniz incoloro resalta el color natural del fósil frente a la matriz. En estas dos fotografías se observa como han quedado ambas caras.

lugar de recogida. Pero lo de dar un nombre no siempre es sencillo y lo mejor es acudir «al santoral». Suelo utilizar los tres siguientes; la «Guía de los fósiles de España y Europa», la «Guía de campo de los fósiles de España» y el «Treatise». Las referencias completas de estos libros y alguno más están al final, en la sección de bibliografía de este artículo.

Al principio no es sencillo reconocer un ammonites porque casi siempre hay unos cuantos con características similares pero con el tiempo (y la lectura – no hay que engañarse), el ojo va descubriendo pequeñas diferencias.

Como se comenta en el artículo «*Ammonites. Descripción y biología*» de esta revista, el método más seguro para clasificar a un ammonites es mediante la línea de sutura, pero esto es complicado además de que no siempre son visibles.

Para que la tarea sea más sencilla lo que suelo hacer es acudir al mapa geológico de la zona donde he recogido el fósil. En la memoria de la hoja del mapa, generalmente indican los macrofósiles que suelen encontrarse en cada piso además de hablar de las formaciones que se pueden reconocer en el campo. Todo eso puede ayudar.

Hago una lista con los fósiles que aparecen en la zona y con ella, acudo a las guías que he comentado anteriormente. Normalmente se encuentra. Si como ocurre algunas veces, al final

Bibliografía:

- Frédéric Roman, 1938, *Les ammonites jurassiques et crétacées*, Masson et Cie Éditeurs, París
- J. A. S. Gómez-Alba, 1988, *Guía de campo de los fósiles de España y de Europa*, Ediciones Omega, Barcelona.
- Karl Beurlen & Gerhard Lichter, 1988, *Fósiles*, Editorial Blume, Barcelona.
- M. J. Comas-Rengifo y A. Goy, 1975, Estudios Geológicos vol. XXXI, pp 297-339, Estratigrafía y Paleontología del Jurásico de Ribarredonda (Guadalajara), Instituto «Lucas Mallada», C. S. I. C. (España).
- Nieves López Martínez, 1988, *Guía de campo de los fósiles de España*, Ediciones Pirámide, Madrid.
- W. J. Arkell, W. M. Furnish, Bernhard Kummel, A. K. Miller, R. C. Moore, O. H. Schindewolf, P. C. Sylvester-Bradley and C. W. Wright 1957, *Treatise on invertebrate paleontology Part L Mollusca 4*, Geological Society of America and University of Kansas Press

dudamos entre dos o tres especies lo que suelo hacer es poner en la etiqueta el nombre que me parece más probable y en la parte de atrás esos otros posibles nombres.

En nuestro ejemplar la etiqueta sería algo así:

Phymatoceras sp.

Jurásico Lías (Toarciense zona Bifrons)

Río Ablanquejo (Guadalajara)

Bueno, pues ahora sí que hemos terminado. Tenemos nuestro ammonites restaurado y su etiqueta; un buen ejemplar que nos ha proporcionado un montón de horas de entretenimiento. Ahora es el momento de hacerle un sitio en la vitrina y disfrutar del trabajo bien hecho.



Pablete, ¿cuando salimos otra vez? ...



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 2007.
Preparación de Ejercicios Prácticos.*

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

Excursiones: Primavera 2007.

Actualidad Paleontológica

Estimados lectores:

Desde hace bastantes años y por motivos de trabajo tengo que revisar la prensa nacional y alguna provincial, en total de 7 a 12 periódicos diarios, esto me ha permitido recopilar «gran numero» de noticias relacionadas con la Paleontología.



Evidentemente no se trata de grandes estudios, sino mas bien de noticias o reseñas de hallazgos de fósiles y yacimientos singulares y alguna que otra entrevista a eminentes paleontólogos.

En principio volver a publicar una noticia meses después parece un tanto absurdo pero siempre habrá algún aficionado que no las ha leído y gracias a las nuevas tecnologías puede visitar las páginas web de estos periódicos y recuperar estas noticias que con tan solo unos minutos de lectura nos mantienen al tanto de la actualidad paleontológica.

En esta nueva sección pretendemos dar una relación de las noticias más destacadas aparecidas a lo largo del año.

A nivel mundial y desde hace varios años los yacimientos chinos siguen siendo una fuente inagotable de este tipo de artículos.

«El Dragón coronado», un pariente lejano del Tiranosaurus Rex (El Mundo 09/02/06 pg. 34).

«Aves modernas de hace 110 años». (El Mundo 16/03/06 pg. 35).

No podía faltar Australia y sus bacterias fósiles más antiguas descubiertas hasta la fecha.

«Descubierta en Australia la evidencia más antigua de una forma de vida» (El Mundo 08/06/06 pg. 37).

La dinomanía sigue en pleno apogeo y mantiene el liderato de este tipo de artículos.

En Europa:

«Juravenator»: El pequeño cazador del viejo continente. (El Mundo 16/03/06 pg. 35).

«Los dinosaurios enanos del viejo continente.» (El Mundo 08/06/06 pg. 38).

«Los monstruos prehistóricos del Ártico.» (El Mundo 06/10/06 pg. 35).

En América:

«Descubierto en Estados Unidos un dinosaurio con plumas» (El País, 20/04/06 pg. 40).

«La trayectoria vital de los tiranosaurios, desvelada en un gran yacimiento canadiense» (ABC, 14/07/06 pg. 56).

«El reptil prehistórico que «volaba» en aguas del Polo Sur» (El Mundo, 13/12/06 pg. 35).

También tienen su hueco los «bichos raros»:

«Hallado el fósil de un «eslabón perdido» entre peces y vertebrados terrestres» (El País, 06/04/06 pg. 40).

Y tres artículos para un mismo «pájaro del terror» (El Mundo 26/10/06 pg. 37), (El Norte de Castilla, 29/10/06 pg. 75). (El País, 8/11/06 pg. 45).

En España también tenemos fósiles interesantes:

«Descubren en Teruel la tela de araña mas antigua» (El Mundo 23/06/06 pg. 35).

El tirisaurus de Teruel, curiosamente tres artículos en el mismo día 22/12/06 ABC, pg. 100, La Gaceta del viernes, pg. 53 y El Norte de Castilla, pg. 58.

No todo es malo en las obras de Madrid:

«Encuentran restos de mastodontes de hace 14 millones de años en las obras de la M-30» (ABC, 24/07/06 pgs. 38 y 39).

«Tortugas gigantes en la línea 2» (La Razón, 12/12/06 pg. 43)



Y por último nuestros Antepasados y parientes lejanos ¿o no?.

«Aparece en Atapuerca el primer cráneo completo del Homo Heidelbergensis desde 1992» (ABC 27/07/06 pgs 56 y 57).

Tres artículos sobre el ADN de los Neandertales: (El Norte de Castilla, 05/11/06, pgs 7 y 71, El Mundo, 16/11/06 pg. 31 y La Gaceta del lunes, 27/12/06.

Bibliografía

Título: *Un tesoro Geológico en la Autovía del Cantábrico.*

Autor: Juan Carlos Gutiérrez-Marco y Enrique Bernárdez Rodríguez.

Editorial: Ministerio de Fomento
ISBN: 84-607-9268-4

En septiembre de 2000 Juan Carlos Gutiérrez-Marco plantea por primera vez al Ministerio de Fomento el aprovechamiento científico de las obras de la Autovía del Cantábrico en el Túnel Ordovícico del Fabar.

Este buen ejemplo de la colaboración entre una gran obra pública y los estamentos científicos en el subsuelo de Asturias proporcionó unos resultados científicos de tal calidad, que cobraron dimensiones internacionales. En este libro se recoge de manera precisa y rica en imágenes esta hermosa campaña paleontológica.



Título: *La flora del estefaniense B de la Magdalena (León, España), un referente europeo.*

Autora: M^a Paz Castro Martínez.

Editorial: Instituto Geológico y Minero de España.

ISBN: 77 84-7840-599-2

Obra dividida en dos tomos, el primero dedicado a los antecedentes y análisis de la flora y el segundo a la descripción sistemática de las gimnospermas. Con prologo de Robert H. Wagner, esta obra marca un hito importante en el estudio de la flora estefaniense de la Cordillera Cantábrica y concretamente la cuenca minera de la Magdalena, la más completa de Europa. Para llevar a cabo este estudio se han examinado 4.827 piezas con un total de 11.334 vegetales fósiles los cuales han sido clasificados en 140 taxones reproducidos a lo largo de 115 láminas.



Título: «*Aparato para la Historia Natural Española*»

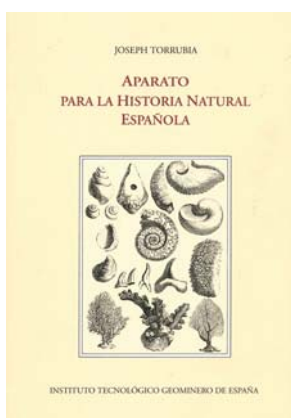
Autor: Joseph Torrubia

Editorial: Ediciones Polifemo.

ISBN: 84-7840-204-7

Edición facsímil del primer tratado de paleontología publicado en España en 1697.

Dividido en 35 capítulos con un índice de materias y 14 láminas de grabados. En su primera mitad trata de la descripción, interpretación y emigración de los fósiles marinos a los montes alejados de las costas donde los descubrió y propone el carácter orgánico de estos. En la segunda mitad plantea el origen diluviano de estos restos fósiles apostando decididamente por el método experimental, frente otras hipótesis como las de Benito Jerónimo Feijoo y su «Jugo lapidífico» que convertía en piedra todo lo que tocaba.



Título: *Libro homenaje a D. Daniel Jiménez de Cisneros y Hervás.*

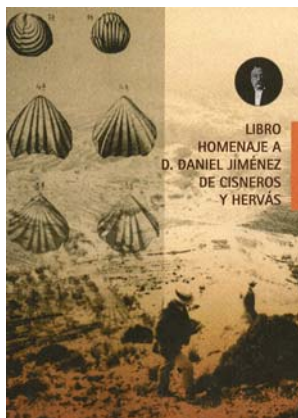
Autor: Varios

Editorial: Instituto Geológico y Minero de España

ISBN: 84-7840-555-0

Merecido homenaje a D. Daniel Jiménez de Cisneros del que hablamos en este número.

Con prólogo de D. Salvador Ordóñez en este libro en edición facsímil se reproducen los artículos más significativos de su extensa obra tratando temas como la paleontología, geología, mineralogía, arqueología, hidrogeología, movimientos sísmicos, excursiones y yacimientos y de entre los cuales destaca «Geología y paleontología de Alicante» publicado en 1.917 en «Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales» serie geológica núm. 21.



Título: *Un dinosaurio en un pajar.*

Autor: Stephen Jay Gould.

Editorial: Grijalbo.

ISBN: 84-7423-810-2

Nuevo libro de «Reflexiones sobre la historia natural» de Stephen Jay Gould, profesor de la Universidad de Harvard y uno de las más importantes paleontólogos de América. Este libro es posiblemente el más ameno y divertido de cuantos ha publicado hasta hoy en el que el lector queda atrapado desde las primeras páginas, una importante lección sobre la historia de la vida y sobre el papel del hombre en el universo.



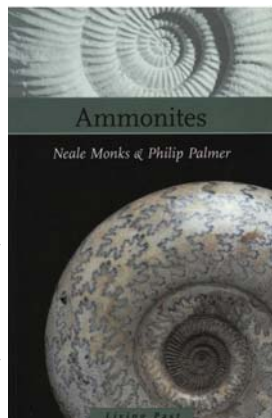
Título: *Ammonites.*

Autor: Neale Monks & Philip Palmer.

Editorial: Museo de Historia Natural, London.

ISBN: 0-565-09169-7

Este libro ha sido escrito por Neale Monks y Philip Palmer, ambos paleontólogos del Museo de Historia Natural de Londres. En él se desvelan los últimos conocimientos sobre la anatomía de los ammonites y su modo de vida. Este libro va dirigido al naturalista aficionado que encontrará un lenguaje conciso y asequible. El libro está escrito en inglés y aún no ha sido traducido a nuestra lengua.



Asociaciones Paleontológicas



Grupo Cultural Paleontológico de Elche

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

e-Mail: 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 acpm@wanadoo.es

Teléfono 968.82.29.80

WEB: 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

Juan José García Arnedo

C/ San Felipe Neri, nº 2º-A 28013 Madrid

e-Mail jjgarcia@subastasyconcursos.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. _____ País. _____

Teléfono. _____ E-Mail. _____

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

Firma

En..... , a de de 2.00

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 2.00



Director: Juan José García Arnedo. **Redacción:** Juan Carlos Lomas, Rafael Abad Arquer, Pablo A. García Gil. **Maquetación:** Juan José García Arnedo y Rafael Abad Arquer. **Publicidad:** Paco Martín San Martín. **Artículos de:** Pedro Javier Moreno Barahona, Juan Carlos Lomas, Pablo García Gil, Águeda Arquero Hidalgo, Miguel Pérez, Rafael Abad Arquer, Luís Fernando Real Martín, Juan José García Arnedo. **Asesoramiento Científico:** Francisco de Sales Córdoba Bravo, Rafael Roldán de la Rúa. **Colaboradores:** José Manuel Velasco Pérez, David Castellano Marín, Amaya Velasco Arquero, Juan Javier Iglesia Medina. **Imprime:** Artes Gráficas Juan José Redondo, **Deposito Legal** GU-162-2005. **ISSN 1885-4931**
© 2.006/07 Asociación Paleontológica Alcarreña NAUTILUS (Guadalajara)

Sumario

- Editorial.
- El ojo esquizocroal: Una adaptación defensiva de los Trilobites.
- Ammonites: Descripción y biología; «Spira mirabilis»: La geometría perfecta de las conchas.
- Morfología teórica - Morfología funcional de las conchas.
- El Silurico en la provincia de Guadalajara.
- Las Extinciones.
- Museo Lasalle (Teruel).
- Daniel Jiménez de Cisneros y Hervás(1841-1921).
- Teledetección: Su evolución.
- Reconstrucción de un fósil de ammonites.
- Actualidad Paleontológica.
- Bibliografía.

