

MANUEL GISBERT OROZCO

Origen y Evolución
Origen y Evolución
de los Moluscos
de los Moluscos

Diseñado por BARBARA GISBERT NADAL

ALCOY 26 AGOSTO 2000

INDICE

<i>Introducción</i>	1
<i>Capítulo primero</i>	
El Origen de los Moluscos.....	3
<i>Capítulo segundo</i>	
Los Aplacóforos.....	7
El primer molusco.....	9
¿Quién fue el siguiente?.....	13
El fósil molusco más antiguo.....	14
<i>Capítulo tercero</i>	
Los Poliplacóforos.....	17
Un nuevo logro: La concha calcárea.....	21
<i>Capítulo cuarto</i>	
Los Monoplacóforos.....	22
<i>Capítulo quinto</i>	
Los Gasterópodos.....	26
Clasificación de los gasterópodos.....	35
<i>Capítulo sexto</i>	
El gran salto.....	44
¿Cómo se efectuó el cambio?.....	46
<i>Capítulo séptimo</i>	
Los Bivalvos.....	59
Clasificación de los bivalvos.....	62
<i>Capítulo octavo</i>	
Los Escafópodos.....	72
<i>Capítulo noveno</i>	
Los Cefalópodos.....	77
Evolución de los Coleoideos.....	81
Los casos extraños.....	82
Clasificación de los cefalópodos.....	87
<i>Resumen</i>	89
<i>Cuadro: Origen y evolución de los Moluscos</i>	90
<i>Bibliografía</i>	
<i>Agradecimientos</i>	

INTRODUCCION

En todos los libros sobre moluscos el origen de los mismos, si el autor decide tocar ese tema, es tratado de una forma breve, sin darle demasiada importancia y sin querer involucrarse demasiado en el asunto.

Se representa con el ya clásico dibujo de un "Molusco ancestral" que difieren, en lo esencial, muy poco unos de otros y se acompaña con una breve descripción de la parte de la anatomía que es común en algunas de sus clases.

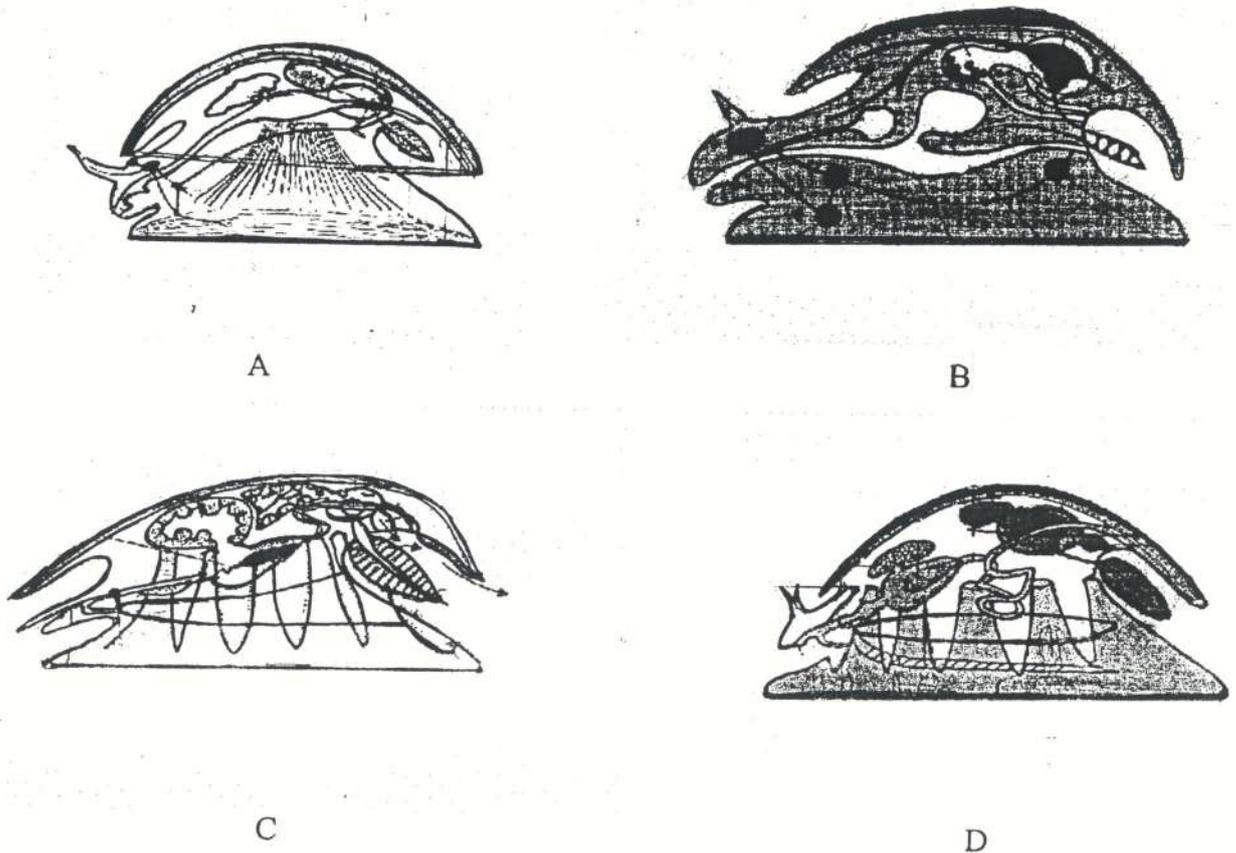


Fig. 1 Anatomía generalizada de un molusco ancestral (A: Según D'Angelo & Garguiullo, 1978. B: Según Lindner, 1977. C: Según Peter Dance, 1976. D: según Sabelli, 1982.).

Los libros más especializados como: "*Zoología de Invertebrados*" (P.A. Meglitsch, 1986) nos muestra prácticamente lo mismo, aunque, eso sí, descrito mas extensamente.

La imagen del “Molusco ancestral” difiere solo en unos pocos detalles y lo compara con unos croquis de los órganos internos de las cinco clases más importante de los moluscos actuales: Polioplacoforos, Bivalvos, Gasteropodos, Cefalopodos y Escafopodos.

Cualquiera de los órganos de estos croquis están presentes en el molusco hipotético. Por lo que parece claro que todos descienden de ese antepasado común.

Ante esta situación cabe preguntarse. ¿Qué fue antes: el huevo o la gallina?. ¿Las clases de moluscos actuales son así porque sus antepasados lo eran?. O, gracias a los datos actuales, hemos imaginado ese hipotético ancestro.

Yo creo que ha partir de la gallina han inventado el huevo, pues los moluscos actuales se parecen a su antepasado común, como una gallina se parece a un huevo.

Curiosamente las dos clases de moluscos que faltan en esa comparación: Aplacoforos y Monoplacoforos son los que mas elementos idénticos pueden tener con ese antepasado común que estamos tratando de encontrar y que no difiere mucho de lo que seria un gusano metamerizado pero con una rádula.

Meglitsch, en su libro, trata de establecer una lista de caracteres que son, mas o menos comunes, a todas las clases de moluscos. Una de las cuestiones que más divide a los Malacologos es aceptar, o no, que los primeros moluscos pudiesen estar metamerizados.

El tardío descubrimiento de los Monoplacoforos vivos en 1953, ocurrió cuando la teoría del origen de los moluscos ya estaba definida e institucionalizada. Las pocas voces que se alzaron pidiendo una revisión, pronto fueron acalladas.

Los dibujos actuales del molusco ancestral no difieren casi nada de los que aparecen en ilustraciones de libros editados con anterioridad a los años cincuenta.

Actualmente, a excepción de los Monoplacoforos, ningún molusco presenta segmentación, aunque otros pueden mostrar indicios de que en el pasado podrían haberlo estado.

Es difícil creer que los moluscos en sus inicios no estuviesen segmentados. Los monoplacoforos lo están actualmente y la posibilidad de que hubiesen adquirido esa condición posteriormente no parece lógica. Máxime si están emparentados, como todos los moluscos, y aunque sea de lejos con los anélidos.

Creo tener una buena biblioteca especializada en malacología ya que trato de adquirir cualquier libro que, sobre el tema, llega a mis manos. En un principio adquiría los libros por la iconografía y con el único fin de identificar los ejemplares de concha que adquiría o conseguía para mi colección. El idioma en que estaban escritos era lo menos importante pues como ya he comentado solo me interesaban las ilustraciones. Pronto comprendí, que en la mayoría de las ocasiones, la fotografía podría ser engañosa y que era necesario la lectura de la descripción para adquirir la plena seguridad en la identificación.

Mis fundamentos de los idiomas: ingles, francés, italiano y portugués, no así el alemán, son suficientes para enfrentarme con un libro de malacología escrito en cualquier de esos cuatro idiomas. Eso sí, con mucha paciencia y provisto de un buen diccionario.

Su lectura te ofrece una serie de conceptos y datos, en principio inconexos. Poco a poco vas ligando la afinidad que existe entre los distintos taxones de los moluscos hasta el nivel de clase, e incluso entre estas. Cada vez que leía un dato que relacionaba una clase con otra, lo anotaba en una libreta y pronto me di cuenta que todos estos datos, debidamente interpretados conducían a una historia sobre la evolución de los moluscos y cual podía haber sido sus orígenes.

CAPITULO PRIMERO *EL ORIGEN DE LOS MOLUSCOS*

Como ya he mencionado en la introducción, los tratados sobre malacología nos ilustran un “Molusco ancestral hipotético” idéntico, con pequeñas diferencias, mas producto de la imaginación del dibujante que de la descripción del investigador.

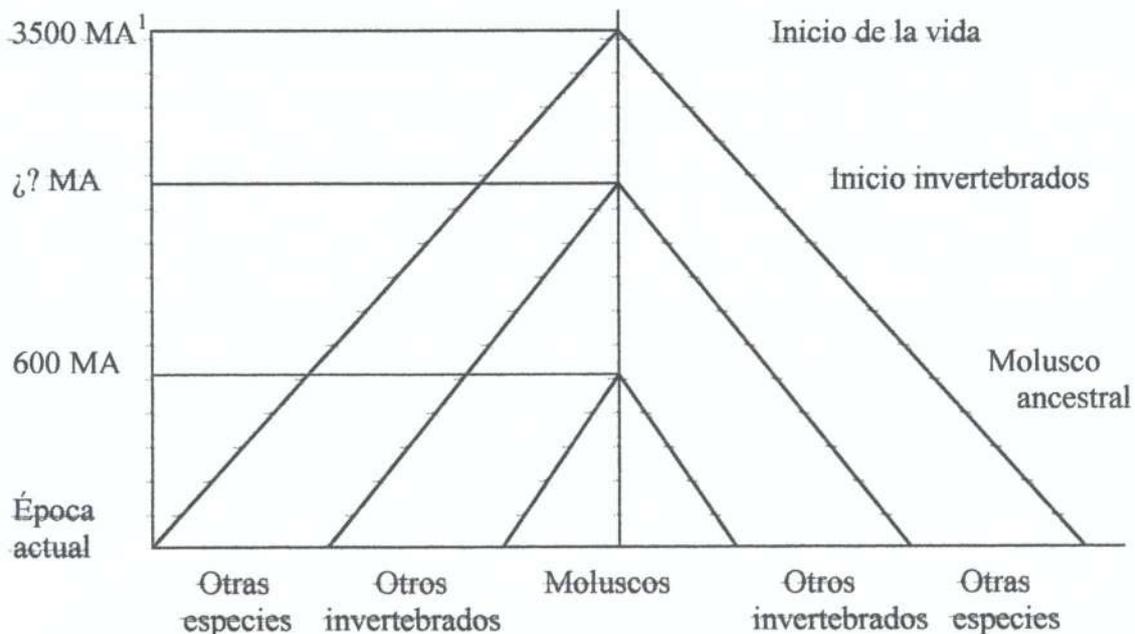
El mismo representa un gasterópodo con concha pateliforme y provisto de una serie de órganos que parcialmente o en su totalidad pueden formar parte de la anatomía de las distintas clases de moluscos actuales.

La unanimidad es tal que parece no dejar ninguna duda sobre su veracidad. Aunque posiblemente sea que ante la imposibilidad de encontrar una alternativa mejor, dan por buena la interpretación actual y pasan directamente a otro tema que juzgan más importante.

Contemplando este molusco ancestral podríamos llegar a la conclusión de que es el antecesor común de los actuales: gasterópodos, bivalvos y escafopodos, pero no de las restantes clases de moluscos.

Si partimos de la base, cierta y que nadie discute, que todos los seres vivos que habitan o han habitado la faz de la tierra proceden de esas moléculas primitivas que se transformaron en células hace ya varios cientos de millones de años. Hemos de suponer que el primer molusco es el resultado de la mutación de otro animal similar procedente de un grupo sistemático superior al tipo molusca y que en este caso, son los invertebrados.

Gráficamente podríamos representarlo de la siguiente manera:



¹ MA: millones de años

El inicio de la vida en la tierra es el vértice superior de un triángulo en cuya base están situadas todas las especies vivientes en la actualidad. Una parte de esa base esta ocupada por los moluscos y en el ápice formado por la proyección de un triángulo inscrito estaría situado nuestro molusco ancestral.

Pero, ¿cómo definiríamos ese molusco ancestral?.

Los sucesores de ese primer soplo de vida son, sin duda, los invertebrados. Comenzando por los Protozoos y seguidos por los Metazoos, Parazoos, Radiados, Bilaterales, Acelomados, Pseudocelomados y ¡ por fin ¡ los celomados.

La aparición del celoma proporciona al cuerpo una arquitectura mas compleja y estable. Una de las corrientes evolutivas de los celomados es la Protostomia que incluye “los filum” de invertebrados: gusanos planos, moluscos, anélidos y artrópodos, así como otros de menor importancia.

Los moluscos y los anélidos deben de haber convergido en un momento determinado. Los anélidos eligieron entre otras particularidades una organización metamérica que les permite regenerar la parte posterior de su cuerpo si eran comidos parcialmente por algunos de sus depredadores. En la actualidad algunos moluscos, como las Harpas, pueden regenerar parte de su pie que ofrecen como señuelo para despistar a sus atacantes (otros caracoles regeneran sus tentáculos). Aunque aun existen especies que emplean estos mecanismos de defensa, este posible éxito evolutivo carece de importancia en la actualidad, pues algunos anélidos, como las sanguijuelas, pierden la metamerización en la edad adulta.

Sea como fuese lo cierto es que el primer molusco no debía diferenciarse demasiado de un gusano plano o un anélido. Tendría un cuerpo alargado con simetría bilateral, boca y ano terminal. Cuerpo musculoso. La superficie del cuerpo cubierta por una sustancia protectora, posiblemente unas pequeñas espículas. Un sistema circulatorio cerrado y otro neurológico completo. Posiblemente tendría el cuerpo metamerizado dividido en siete u ocho segmentos.

Sin duda la aparición de un instrumento masticador como la rádula fue la que dio una ventaja evolutiva al permitirle explotar nuevas fuentes de alimentos.

Los actuales aplacoforos se parecen mas a ese molusco ancestral que cualquiera de las otras actuales clases de moluscos.

Las especies

La creación de un nuevo filum, como en su día fue el de los moluscos, es un hecho que no se produce de un día para otro. Un investigador que hubiese podido seguir el proceso, aun viviendo un millón de años, posiblemente le pasaría desapercibido.

Una vez logrado el primer grupo de individuos iniciadores de una nueva especie, que con el tiempo pueden alcanzar el rango de filum por haber adquirido el rasgo que las diferencia de las demás especies vivientes en un momento dado, todo resulta más fácil.

La evolución de las especies es constante y son fuentes de otras nuevas. Una especie, salvo cataclismo total, nunca desaparece, solamente se trasforma. Cuando algunos de los individuos de una especie adquieren unos rasgos diferentes, pueden convertirse en otra distinta; pero como quedan una serie de individuos con los caracteres iniciales, la especie no se da por extinguida.

Puede ocurrir, sin embargo, que todos los individuos se transformen y los que no lo hacen sean incapaces de generar descendencia, por lo que a la larga se dice que la especie esta extinguida.

Aunque técnicamente sea así. Resulta duro en este caso emplear la palabra extinción, pues en definitiva han sido capaces de crear una descendencia aunque con unos rasgos diferentes.

Una especie se define como una población cuando es, simultáneamente, una comunidad reproductora, una unidad ecológica y una unidad genética. Ello significa que los individuos que constituyen una determinada especie son interfecundos, ocupan el mismo nicho ecológico (compiten generalmente por el mismo alimento y sufren los mismos tipos de depredadores) y comparten el mismo acervo genético, que pasa de una generación a la siguiente. Cuando por algunos de estos factores se modifica el animal, puede sufrir una transformación tal que paulatinamente le apartan de sus hermanos, convirtiéndole en una especie diferente.

Las variaciones se producen muy lentamente y en el transcurso de varias generaciones. Se comienza por denominarlas “razas” o “variaciones de una especie”, hasta que se modifican lo suficiente para adquirir el rango de “subespecie”. Hasta ese momento los grupos pueden cruzarse entre sí y producir descendencia fértil.

Una de las causas principales de las modificaciones específicas es el cambio de hábitat

Son múltiples las situaciones que pueden provocar al cambio de hábitat de una especie o la separación de individuos de una misma especie. Entre las más usuales podemos citar las siguientes:

1. **Fenómeno ecológico:** Un terremoto o una erupción volcánica puede provocar una falla o montaña que separare una comunidad determinada. Los dos grupos evolucionan de forma diferente y al no poder intercambiar sus genes con el tiempo pueden convertirse en especie diferente. Si cualquier otra circunstancia volviese a unirlos no se reconocerían mutuamente, y si no compiten por los mismos recursos pueden subsistir en la misma región
2. **Actividad humana:** El Canal de Suez fue inaugurado en 1869 y une, a través de territorio Egipcio, el Mar Rojo y el Mediterráneo oriental. Tiene una longitud de 161 Km., una anchura de entre 80 y 150 metros que se amplía cuando aprovecha los cuatro lagos salados que atraviesa en su recorrido y es accesible a barcos con calado de hasta 11,25 metros por lo que su profundidad mínima es superior.

Durante los primeros cien años no se detectó la presencia en el Mar Mediterráneo, de ejemplares procedentes del Mar Rojo. Pero en los últimos años, desde Israel, país más avanzado malacológicamente que las naciones limítrofes, nos llegan ofertas de ejemplares capturados en sus costas y originarios del Mar Rojo.

En principio se localizaron gasterópodos: *Cypraeas*, como por ejemplo la *Purpurarusta gracilis notata*, y *Strombidos* principalmente. Pero últimamente también se ha detectado la presencia de bivalvos, como el *Spondylus spinosus*. Se supone que el tráfico en sentido contrario puede haber sido idéntico.

Lógicamente esas especies al encontrarse con unas condiciones ambientales diferentes: salinidad, alimentación y posiblemente nuevos predadores. Cambien sus hábitos y originen especies diferentes.

3. **Traslados accidentales:** La *Scapharca cornea*, especie de origen indopacífico, y la *Scapharca natalensis*, sudafricana, han aparecido y se han aclimatado, incluso demasiado bien, en el Mar Adriático. Se ignora como llegaron, pero al pertenecer al Orden de las *Arcoida* que fijan su concha mediante un biso al sustrato, pudieron llegar adheridas al casco de algún barco, o bien, sus larvas estaban presentes en el agua contenida en las bodegas con la que algunos buques se lastran y que al ser devuelta al mar pudieron encontrar las condiciones idóneas para ocupar nuevos territorios.

Anteriormente hemos definido que es una especie y descrito el proceso por el cual puede transformarse en otra.

Este proceso repetido infinidad de veces, durante cerca de 600 millones de años, han producido un número indeterminado de especies de moluscos. Muchas han desaparecido o se han transformado.

Algunos autores estiman en 125000 el número de especies de moluscos actuales descritas y en un número similar la de los moluscos fósiles conocidos. Posiblemente gran parte de estas especies caerán en sinonimia cuando sean revisadas. En contrapartida debe ser muy elevado el número de especies, sobre todo fósiles que quedan por descubrir.

En los capítulos siguientes describiremos, según nuestra apreciación, la evolución de estos animales.

CAPITULO SEGUNDO

LOS APLOCOFOROS

Generalmente los científicos encargados del estudio de los Aplacoforos los han considerado como moluscos aberrantes, aunque indiscutiblemente no lo son y los podemos considerar como verdaderos moluscos y perfectamente adaptados a su modo de vida.

Nunca han sido estudiados profundamente. Habitan en cotas comprendidas entre los 30 y los 1800 metros de profundidad. Se alimentan de los detritus que encuentran en el fango entre los corales o colonias de hidroideos. Son animales pequeños de entre 25 a 300 milímetros, y en definitiva reúnen todas las características para no llamar la atención de nadie excepto, como es natural, de sus predadores.

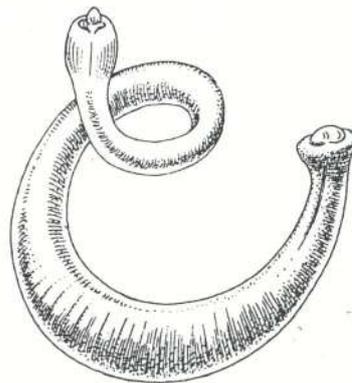


Fig. 2. Ejemplo de un Aplocoforo

En épocas relativamente recientes Morton y Yonge (1964) los describen: “Con un manto que rodea completamente el cuerpo, a excepción de un surco longitudinal ventral... y que contiene vestigios de un pie lineal”. Se refería exclusivamente al Orden de los Neomenioideos.

Hyman (1967) los describía aun peor: como animales “ Sin cabeza, ni manto, ni pie, ni concha y sin nefridios”.

No podían estar mas equivocados pues a excepción de la concha, tienen una cabeza reducida, un manto que recubre al animal por completo y un pie vestigial. Con respecto a los Nefridios, que son órganos excretores simples que se encuentran prácticamente en todos los invertebrados celomados, a falta de uno poseen dos.

Durante mucho tiempo los Aplacoforos fueron incluidos dentro de la clase de los Anfineuros, junto con los Quitones. Las diferencias entre ambos son tan evidentes que han merecido la designación de dos nuevas clases:

Aplacoforos.- (sin placas) para Solenogastros

Poliplacoforos.- (Muchas placas) para Quitones

La clase se caracteriza por:

- A.- Tener un cuerpo alargado con simetría bilateral.
- B.- Boca y ano terminal.
- C.- Superficie del cuerpo recubierta por una cutícula tachonada de espiculas.
- D.- Tubo digestivo recto, generalmente con una rádula.
- E.- Un par de conductos celomados, que sirven para liberar los gametos, y probablemente con una función escretora.

Se distinguen dos líneas completamente diferentes:

A) Orden *Neomenioideos*: más primitiva y se caracteriza por un surco longitudinal medio que contiene vestigios de un pie que esta reducido a una simple cresta ventral. El manto recubre al animal casi por completo, no segrega ninguna concha aunque si unas pequeñas espiculas parecidas a las que poseen los quitones en el borde de sus placas. La boca se abre en la parte anterior en lo que parece una cabeza reducida y un orificio cloacal en el extremo opuesto.

A ambos lados del pie vestigial aparece una expansión en forma de hendidura que parece ser una cavidad paleal y que puede contener, en ocasiones, branquias.

En la línea media los dos nefridios se unen para desemboca a través de un solo conducto por encima del ano.

La forma de la radula varia de una manera considerable según los tipos de alimentación, a veces suele faltar.

Los Neomenioideios son unisexuales pero sus gomadas realizan simultáneamente las funciones de ovario y testículos: es decir la producción de óvulos y espermatozoides.

Las glándulas situadas en la pared de los nefridios, después de su punto de unión, se cree que segregan las cápsulas de los huevos. Cuando eclosionan las larvas jóvenes están encerradas en un tejido de células ciliadas derivadas del velo y que se pierden poco a poco antes de comenzar la metamorfosis. Durante la misma, aparecen una serie transitoria de placas dorsales semejantes a la de los quitones. Que demuestran la estrecha relación que existe entre las dos clases.

B) Orden *Quetodermatoideos*: mas evolucionadas y carecen del surco longitudinal, pero poseen una cavidad paleal posterior que alberga el corazón y las branquias. El pie falta por completo y el manto forma un tubo cilíndrico alrededor del cuerpo. Las branquias, situadas en la región cloacal, son bipectinada y semejantes a la de los quitones. Los quetodermatoideos son dioicos, es decir que cada individuo produce gametos masculinos o femeninos; y las gonadas se vacían por medio de los órganos renales y no presentan signos de realizar ninguna otra función.

El sistema nervioso de los aplacoforos es fundamentalmente el mismo que el de los quitones y monoplacoforos.

Se compone de un par de nervios pedio y otro par de nervios paleales que parten de un anillo nervioso. Los lados derecho e izquierdo están unidos por las comisuras posteriores y existen conectivos que ponen en contacto los nervios principales. Este sistema nervioso demuestra la estrecha relación existente entre estas tres clases de moluscos y quizás la única nota discordante es comprobar que los Aplacoforos, que son la clase aparentemente menos evolucionada de los tres y seguramente la más arcaica, posee unos ganglios cerebrales y pleurales completamente delimitados y muy desarrollados.

posee unos ganglios cerebrales y pleurales completamente delimitados y muy desarrollados.

También es evidente que poseen numerosos caracteres muy primitivos, posiblemente más primitivos de lo que muchos malacólogos creen.

La forma de gusano, las espículas externas en lugar de una concha, la cavidad paleal posterior y el sistema celómico tan primitivo, pueden considerarse como prueba suficiente de que estos animales son estirpes tempranas de moluscos o más bien premoluscos.

Resumiendo, los aplacoforos podemos definirlos como: Moluscos vermiformes, poco cefalizados, con boca y ano terminales; la superficie del cuerpo provista de espículas; branquias en la parte posterior de la cavidad paleal o ausentes; tubo digestivo recto, generalmente con una rádula; un par de órganos renales, que se abren en la cavidad pericardía y sirven también para liberar los gametos. Esto es lo que conocemos de los Aplacoforos actuales.

Si nos remontamos unos 600 millones de años, podemos encontrarnos con un animal similar o tal vez completamente diferente. Por desgracia no hay registro fósil que lo confirme o lo desmienta. Probablemente descienden de los anélidos o por lo menos de un tronco común. Pudieron estar metamerizados o no. Según desciendan de los anélidos ya metamerizados o si se separaron antes de que estos alcanzasen ese estado.

De todas formas probablemente los anélidos ya poseían genes que les llevaba irremediablemente a la metamerización e igualmente lo transmitieron a los moluscos; que inicialmente, o por lo menos transmitido a una de sus clases: Monoplacoforos, lo asumieron. El hecho de que posteriormente la mayoría de los moluscos lo rechazaran no es extraño pues actualmente algunos anélidos, como por ejemplo la sanguijuela, que nacen metamerizados, al llegar a adulto la pierden por no serle necesaria.

El primer molusco.

Cuando uno de los gusanos descritos anteriormente, cambió su hábitat de fango por un ambiente rocoso, cubierto seguramente por una fina capa de algas que le proporcionaría una alimentación abundante y nutritiva, tuvo que desarrollar una lengua áspera con el fin de roer esa fina capa de algas. Esa lengua cada vez mas especializada se convirtió, con el tiempo, en una verdadera rádula.

La rádula.

Este órgano es el más característico de la cavidad bucal de los moluscos. La mayoría de estos animales aseguran su subsistencia ramoneando la superficie de las rocas. Actualmente algunos, como los bivalvos, han optado por modificar sus hábitos alimenticios y como sus ancestros se han vuelto filtradores. La rádula ha desaparecido.

Otros, como los Cónidos, la han transformado en una especie de arpón, en realidad un diente hueco, con el que capturan los peces, casi tan grandes como ellos, y que les sirven de alimento.

Los cefalópodos la han transformado en un pico corneo, parecido al de un loro, con el que destroza las presas que le sirven de alimento.

El aparato radular se compone de la rádula, una especie de cinta dentada, que se desarrolla sobre un soporte, el odontóforo, y del saco radular, que contiene la rádula cuando esta en reposo.

Cuando la utiliza, el odontóforo se prolonga fuera de la boca por la contracción de los músculos protractores y la rádula se apoya sobre la superficie que va a raer.

El odontóforo esta constituido por un tejido muy resistente, lo que le permite ejercer una presión muy fuerte sobre la superficie rocosa.

La rádula posee un movimiento de vaivén, parecido al de las modernas maquinas lijadoras, controlado por unos músculos especiales. Los dientes, en forma de garra, están curvados hacia adentro y cuando se colocan sobre las partículas, vegetales o animales con las que se alimentan, las enganchan, y cuando el odontóforo se retrae, las arranca de la superficie.

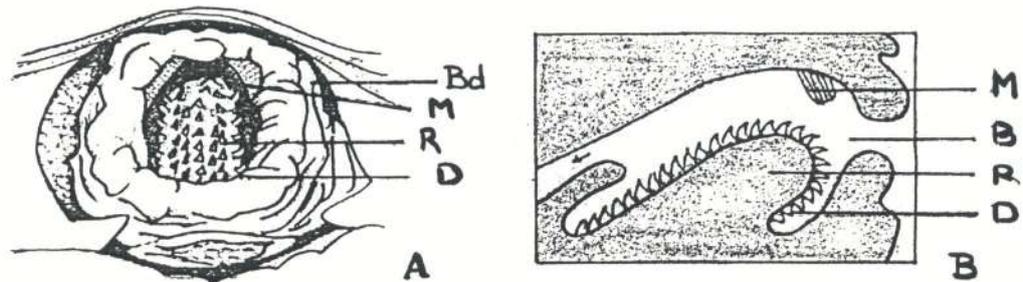


Fig. 3 A: Vista frontal de la rádula de *Natica millepuncta*. B: Vista lateral de la rádula Bd: Boca dilatada; M: Mandíbula; R: Rádula; D: Dientes radulares;

Lógicamente los dientes utilizados de esta forma se desgastan rápidamente. Los odontoblastos, situados en el extremo anterior de la rádula, son los encargados de fabricar nuevos dientes que se desplazan hacia delante a medida que se van gastando los del extremo anterior.

Cada especie tiene un numero determinado de filas transversales, y estas, un numero determinado de dientes. El numero, tamaño y forma es constante al nivel de especie, por lo que esta característica tiene un gran valor taxonómico. Estos datos son capaces de identificar una especie con igual rigor que una huella digital identifica a un individuo.

Fundamentalmente pueden desarrollarse siete tipos distintos de rádulas.

1. **ISTRICOGLOSA.**- formada por un denticulo raquidiano y numerosos denticulos laterales y marginales que dificilmente son distinguibles entre sí; algunos denticulos marginales son portadores de haces de seda y de ahí procede el nombre de este tipo de rádula.

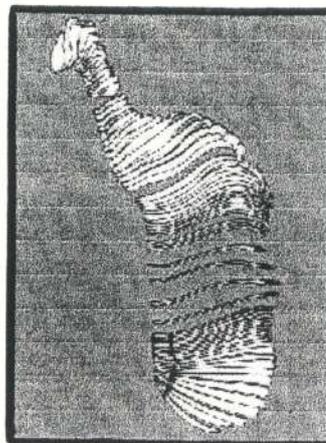


Fig. 4 Rádula isticoglosa de arqueogasterópodo

2. **RIPIDOGLOSA.**- Esta formada por un diente raquidiano, generalmente cinco laterales a cada lado y numerosos marginales.

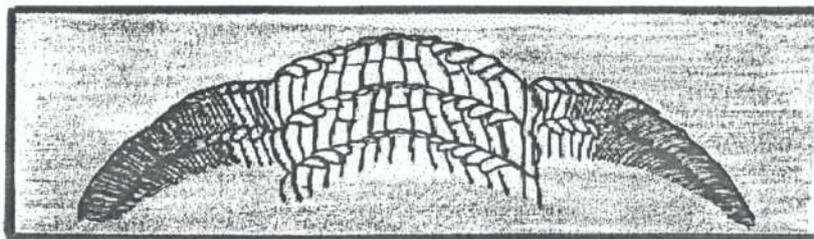


Fig. 5 Rádula ripidoglosa de arqueogasteropodo

Los malacólogos suelen esquematizar este modelo de rádula con la fórmula siguiente:

$$\infty+5+R+5+\infty$$

Evidentemente el signo infinito significa que posee un elevado número de dientes marginales difícil de evaluar exactamente. Cinco dientes laterales. Y la R. un único denticulo raquidiano.

En determinadas especies el denticulo lateral más externo es un poco más grande se le denomina denticulo dominante. En estos casos la fórmula anterior es sustituida por la siguiente:

$$\infty+D+4+R+4+D+$$

3. **DOCOGLOSA.**- El diente raquidiano es muy pequeño o incluso en algunos casos esta ausente; en cambio están presente tres denticulos laterales en cada lado, de los que el más externo es el dominante, y se disponen también tres marginales en cada lado.

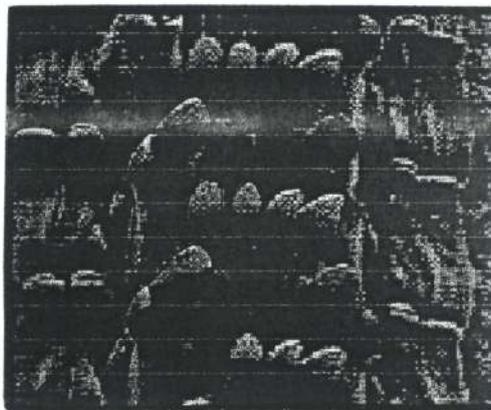


Fig. 6 Rádula docoglosa de *Patella*

4. **TENIOGLOSA.**- Se caracteriza por la posesión de siete denticulos en cada fila; un raquidiano, un lateral y dos marginales en cada lado.

$$2+1+R+1+2$$

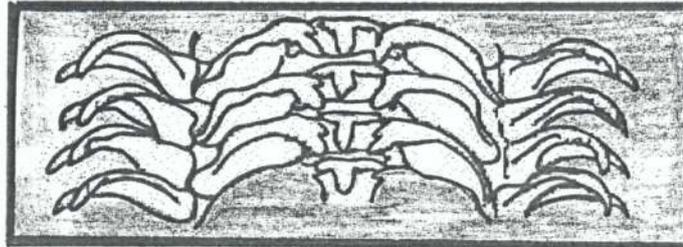


Fig.7 Rádula tenioglosa

5. **PTENOGLOSA.**- Se considera derivada de la anterior y se caracteriza por la perdida del denticulo raquidiano y por la presencia de un número variable de denticulos, todos ellos mas o menos iguales.

$$n+0+n$$

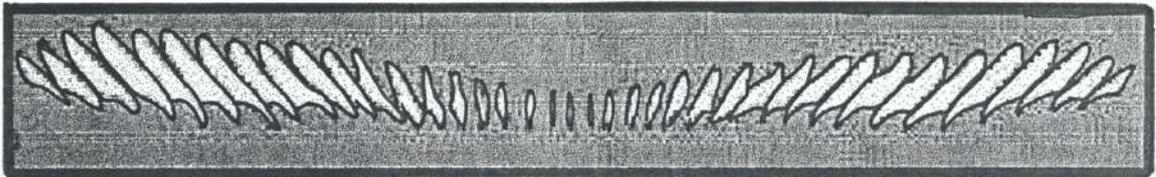


Fig.8 Rádula ptenoglosa de mesogasterópodo

6. **RAQUIGLOSA.**- Con tres denticulos por fila, uno raquidiano y uno lateral en cada parte, en algunos casos pueden faltar los denticulos laterales.

$$1+R+1$$

En algunos casos puede faltar el denticulo lateral y entonces se expresa así:

0+R+0

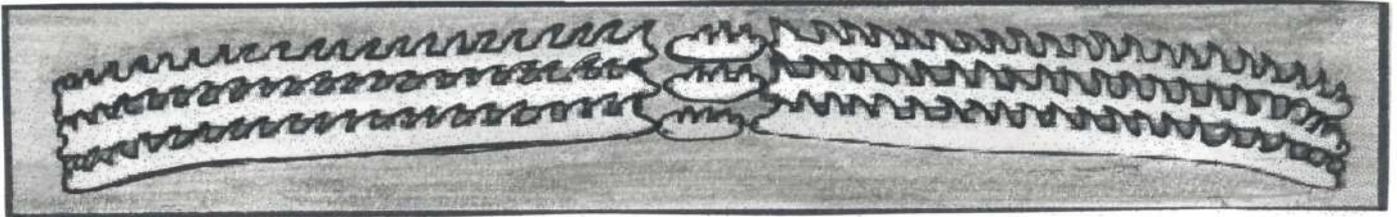


Fig 9. Rádula raquiglosa de neogasterópodo

7. **TOXOGLOSA.**- Esta formada solo por dos denticulos laterales en cada fila y carece del central.

1+0+1

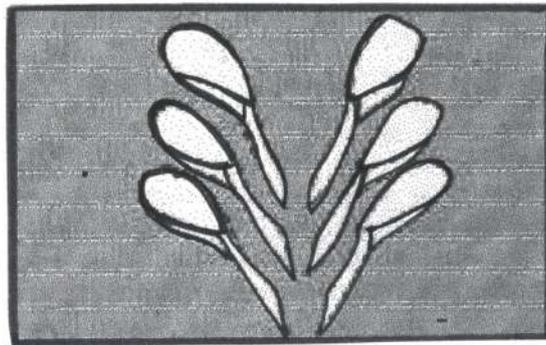


Fig. 10 Rádula toxoglosa de neogasteropodo

El número de denticulos en cada especie es muy variable, pero existen dos casos extremos que como curiosidad exponemos aquí. *Chaetoderma*, un Aplacoforo que tiene un solo diente radular. En el lado contrario encontramos la Umbrella, un gasterópodo que, según Cooke, puede alcanzar aproximadamente los 750.000 dientes.

¿Quién fue el siguiente?

Darwin, escribe Eigen, propuso que lo más complejo se origina de lo menos complejo, por propia selección natural.

Es decir que, por lógica, los actuales Cefalópodos, sofisticados moluscos, descienden de los simples Aplacoforos. Y no al revés.

Siguiendo la misma lógica, puede deducirse que después de los Aplacoforos surgieron los Poliplacoforos, contradiciendo a los expertos, que basándose únicamente

en los registros fósiles dan una antigüedad superior a los doscientos millones de años a los Monoplacoforos sobre los Poliplacoforos.

Basándose exclusivamente en los registros fósiles encontrados hasta la fecha, eso es cierto y nadie lo puede discutir. Pero también es cierto que pueden haber existido otros factores, inapreciable en estos momentos, y que pueden haber cambiado, y mucho, esa teoría.

Pongamos un ejemplo: Una persona encuentra, a pleno sol, una vasija porosa con un corcho en su interior.

Puede llegar correctamente a la conclusión de que ese corcho nunca a flotado en el agua. Alguien le puede insinuar que lógicamente en algún momento puede haber llovido, el agua habrá llenado la vasija y por lo tanto el corcho ha tenido necesariamente que flotar. Posteriormente el agua ha desaparecido ya sea por perdida o por evaporación y la escena queda en una situación en donde es muy difícil saber exactamente que ha ocurrido.

El experto puede continuar manteniendo su opinión, pues solo la basa en hechos comprobados y nadie puede asegurar que ha llovido.

El fósil de molusco más antiguo.

En 1909 mientras exploraba las Montañas Rocosas canadienses, el paleontólogo Estadounidense Charles Doolittle Walcott dio con los restos fósiles de organismos de 530 millones de años de antigüedad. Habían vivido en los tiempos cámbricos sobre una repisa de lodo en un mar somero de América del Norte. Un deslizamiento submarino de barro arrastra a los habitantes del repecho lanzándolo a las aguas profundas, frías y carentes de oxígeno. Allí quedaron conservadas con exquisito detalle en el sedimento. Con el transcurso de los milenios, el sedimento se compactó para formar las canteras de Burgess Shale.

Entre los organismos encontrados aparecieron ejemplares de Pleurotomaridos, que junto con los Nautilus y Monoplacoforos son considerados, actualmente, auténticos fósiles vivientes.

Los registros de moluscos fósiles más antiguos proceden del periodo Paleozoico inferior.

Los Monoplacoforos, Gasteropodos y Bivalvos se conocen desde el cámbrico inferior. Los Cefalopodos y Poliplacoforos son conocidos desde el Cámbrico superior. Estos últimos son muy raros como fósiles y suelen encontrarse solo placas sueltas, que aparte dificultar su identificación, intuyen la posibilidad de una mayor antigüedad. Por ultimo los Escafópodos aparecen por primera vez en el Ordovicio.

Como es natural no existe rastro fósil de los Aplacóforos y de los Gasterópodos sin concha.

Si basándose en lo antedicho tuviésemos que desarrollar la evolución de los moluscos de seguro que llegaríamos a conclusiones equivocadas.

Por suerte la teoría evolucionista moderna se apoya no solo en un amplio conjunto de pruebas, recopiladas tanto antes como después de que Charles Darwin realizara sus importantes trabajos, sino también en la hábil especulación de los biólogos. Quizás la prueba mas determinante de cómo evoluciona la vida procede de los fósiles. Estos restos de organismos extinguidos hace mucho tiempo, como ventanas del pasado, ayudan a los científicos a construir una línea temporal, aproximada, de la evolución. Sin embargo hay que tener en cuenta que solo nos muestran una pequeña parte de esa evolución, de una forma discontinua y desde luego sin ningún dato sobre sus orígenes que hay que dejar a la imaginación e inspiración de los expertos.

El proceso de la evolución es lento y una de las primeras cosas que no parecen lógicas es que en un periodo determinado: el Cámbrico inferior, concurren elementos tan dispares como puede ser los Monoplacoforos, Gasteropodos, y Bivalvos. Si suponemos que los registros fósiles de los Bivalvos son los primeros de su clase, cosa que también podíamos poner en duda, los Monoplacoforos, Gasteropodos y, si nuestra teoría es cierta, los Poliplacoforos deberían aparecer fosilizados en una época precedente. ¿Qué ocurrió para que no sea así?

El registro fósil de los invertebrados.

La paleontología no puede ofrecer un cuadro completo de la evolución de los invertebrados; como mucho puede presentar una perspectiva a la que puedan referirse otros tipos de evidencia obtenidos del estudio actual de estos organismos.

El registro fósil comienza demasiado tarde para ayudar a desenredar los sucesos de la primitiva evolución de los invertebrados. Sin embargo, ese registro nos muestra la complicada historia dentro de cada phylum, de su apogeo o extinción, de sus divergencias y especialización hacia nuevos modos de vida y la explotación de nuevos hábitats. Todo ello correspondientes a unas épocas mas o menos lejanas, pero muy poco de sus inicios.

Fósiles del precámbrico.

Lógicamente investigar un registro fósil es necesariamente más complejo conforme nos remontamos en el tiempo. Pero la dificultad con que se encuentran los paleontólogos, al intentar estudiar el precámbrico, es superior a la que cabría esperar. A excepción de unos contadisimos lugares estudiados exhaustivamente, esta época esta completamente vacía de evidencia de vida pasada.

Es tan marcada la diferencia, que al tiempo geológico anterior a los 570 millones de años se le conoce con el termino “criptozoico” que significa animales escondidos. Mientras que al periodo posterior se le conoce con el termino de “fanerozoico” (animales visibles).

El problema mas grave es que este ultimo periodo representa solo el 20% de la historia total de la vida sobre la tierra y lógicamente el otro 80%, salvo en muy contadas ocasiones, debemos imaginarla.

Junto con otros muchos animales el ancestro de los moluscos vivió en esa oscura época.

Un riesgo adicional es que muchos de los pocos datos que nos llegan no lo hacen en las debidas condiciones.

Algunos “pseudofósiles” del precámbrico dados como buenos, después de haber sido sometidos a efectos fisicoquímicos han resultado ser simples moldes de estructuras inorgánicas. Los registros del precámbrico más fiables están situados en lugares tan dispares como: Gran Cañón de Arizona, Africa sudoccidental, Siberia y Australia meridional.

Los fósiles de Ediacara en Australia merecen una mención especial. Aunque no han aparecido moluscos, si se han encontrado algunas especies de anélidos, animales muy cercanos a los moluscos por lo que no seria extraña su presencia en aquella época.

Cuando comienza el periodo Cámbrico observamos la aparición súbita de un gran número de phylum de invertebrados, entre los que se encuentran los moluscos. No encontramos, sin embargo, ninguna forma de transición. Y los ejemplares que aparecen son perfectamente identificables y, aunque diferentes, comparables con los moluscos que viven actualmente.

Parece lógico pensar que el ancestro de toda esa variedad de especies tuviese sus orígenes en una época anterior: el Precámbrico.

Y de ser así. ¿Por qué no existe rastro fósil de ellas?. Los expertos han intentado dar varias explicaciones que por una razón u otra no parecen muy convincentes. Desde la catástrofe cósmica que terminó con casi todo el registro faunístico y fósil, hasta la posibilidad de que los seres vivientes en aquella época habitaran en aguas muy profundas u otros lugares que en ningún caso facilitara la fosilización.

Pero la explicación que está más de acuerdo con los hechos conocidos es que la capacidad de construir esqueletos duros se adquirió solo durante el periodo fanerozoico y los organismos anteriores o eran blandos como los Aplacoforos o, como máximo, esqueletos quitinoides como los Poliplacoforos. El registro fósil de estos animales era difícilísimo de conservar, por lo menos durante un periodo de tiempo tan grande como el que ha transcurrido desde entonces.

A lo largo de los casi 100 millones de años de duración del Cámbrico muchos phylum adquirieron la capacidad de fabricarse una concha, como hicieron los moluscos y de esa forma surgieron los primeros Monoplacoforos y Gasterópodos.

Este es el motivo por lo que el célebre y reiterado “molusco ancestral” que se nos muestra como antecesor de todos los moluscos, con todos los atributos de los moluscos actuales y cubierto con una placa calcárea; no solo no existió, es que ni siquiera es representativo.

Existen muchas versiones para justificar la carencia de placas calcáreas en los animales del periodo criptozoico. Entre ellas la posible carencia o baja concentración de calcio, aunque esa posibilidad es poco probable.

Es más lógico pensar que cuando los animales comenzaron a protegerse con una concha calcárea es porque simplemente desarrollaron un mecanismo que les permitió transformar el calcio que consumían, en excreciones para fabricar esa concha.

CAPÍTULO TERCERO

LOS POLIPLACOFOROS

En el capítulo precedente dejamos a los Aplacoforos, con su recién adquirida rádula, pastando de las algas que cubrían las rocas. La hidrodinámica de su cuerpo era el apropiado para ocupar rocas no batidas por las corrientes marinas que podían arrastrarlos. No mencionamos el batir de las olas ya que por entonces la posibilidad de vivir en la orilla del mar, como lo hacen actualmente, y aun a profundidades inferiores a 10 metros eran nulas.

La posibilidad de ocupar unos espacios vírgenes y más ricos en nutrientes y no tener que competir con sus congéneres y otros gusanos, era demasiado tentador. Algunos lo intentaron y fracasaron, otros tuvieron que modificar su cuerpo para poder lograr su objetivo y con el tiempo lo consiguieron.

Si como suponemos los Aplacoforos eran animales metamerizados su cuerpo debía estar dividido en ocho segmentos. Desarrolló un pie musculoso o tal vez dos al estar separados por el surco longitudinal. Aunque en definitiva los dos pies llegaron a unirse en uno solo.

Para lograr una mejor sujeción al sustrato aumentó su superficie de contacto ampliando la anchura de su cuerpo a la vez que disminuía su altura, ofreciendo una menos resistencia a los embates de las corrientes. Y por ultimo, para proteger su cuerpo de los predadores, que no dejaban la oportunidad de complementar su dieta con una excelente ración de proteínas, cubrieron cada uno de los segmentos de su cuerpo con una concha quitinosa, que a su vez los camuflaba al coincidir su color con el del ambiente en donde vivían. Seguramente hubiesen preferido una concha calcárea, más segura, como la que desarrollaron posteriormente los Monoplacoforos, pero por entonces los chitones no conocían el proceso que debían seguir para segregarla.

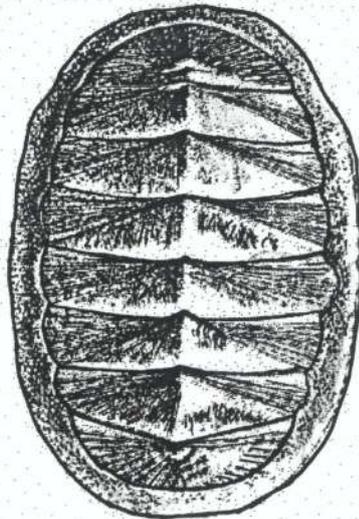


Fig. 11 *Chiton cumingi* (Flemby)

Eran un puente entre los moluscos atestados y los testáceos y tal vez destinados a extinguirse cuando hubiesen cumplido su cometido. Por suerte eso no ha ocurrido y aunque muy cambiados de cómo eran en esa época han llegado a la nuestra para dejar constancia de su existencia, ya que no ha quedado reflejado en ningún registro fósil de cómo eran en sus orígenes. Posteriormente una parte de estos moluscos lograron adquirir la técnica de segregar una concha calcárea y se transformaron en Monoplacoforos, de estos escribiremos mas adelante. Otros, sin embargo, optaron por modificar su cuerpo aunque no la protección quitinosa que poseían. Era, desde luego, más débil que la calcárea pero a su vez más flexible. Esto le permitía enrollarse a si misma y proteger el musculoso pie que quedaba al descubierto cuando accidentalmente se desprendían de su soporte a diferencia de los Monoplacoforos y Gasteropododos de concha cónica, como por ejemplo las *patellas*, que quedan de esa forma indefensas. Con el tiempo perdieron la metamerización.

Los Poliplacoforos actuales son unos seres insignificantes, mayoritariamente, de color verde pardusco y que les hace pasar casi inadvertidos en su ambiente. Su longitud es de apenas unos pocos milímetros a los 300 que alcanza el *Cryptochiton steleri* que habita las costas del norte del Océano Pacifico, desde Japón a California pasando por Alaska.

Podemos localizarlos adheridos a las rocas desde el nivel intermareal, en donde con frecuencia quedan al descubierto, hasta profundidades que pueden alcanzar los 4000 metros. Su pie esta mas dotado para la adherencia que para caminar. Apenas se desplazan unos pocos centímetros, del punto que consideran su casa, para comer y regresan seguidamente. Algunos géneros como las *Nuttallina*, son menos aventureros y nunca abandonan su punto de fijación que aparece, cuando se les quita, como un pequeño hueco en la roca. Generación tras generación ocupan el mismo hueco que han dejado sus predecesores y solo se alimentan de los nutrientes que les llega arrastrados por la corriente. Otros son fotonegativos (el sol les molesta) y cuando están expuestos a él tienden a desplazarse a la parte inferior de la piedra, en donde residen, para protegerse.

La Concha.-

La concha esta formada por dos placas articuladas por un solo lado: la cefálica y la anal, que ocupan los dos extremos del animal y seis placas intermedias, articuladas por ambos lados, y que junto con la anal, prolongan su borde anterior por debajo de la placa precedente. La concha es tan flexible que si logras separar de la roca al animal, este se enrolla como un armadillo para proteger su pie.

A diferencia de la concha de otros moluscos que tienen tres capas, las de los Poliplacoforos solo poseen dos. La superior o tegmentun, que esta compuesta de conquiolina impregnada de carbonato cálcico y la inferior, articulamentun, que es totalmente calcárea

El borde del manto se pliega sobre el borde de la concha y en algunos casos puede cubrirla por completo. Las distintas características de la concha sirven perfectamente para la identificación del animal. Vistas con lupa puedes apreciar una escultura que no es ornamental ya que esta asociada a los órganos sensoriales llamados: estetos. La concha esta atravesada por una gran cantidad de poros que dejan pasar terminaciones sensoriales; táctiles, las más numerosas, y visuales, mas localizadas pero también abundantes que terminan en una especie de ojos, que pueden ser simples ocelos o verdaderos ojos muy diferenciados con cornea calcárea y cristalino.

Algunos tienen miles de ojos captadores de luz, estrechamente ligados al tegmento de la concha. Con el tiempo este se desgasta y la agudeza visual de los ojos disminuye hasta desaparecer en los animales viejos que son indiferentes a la luz.

La disposición de las terminaciones sensoriales, en la pared calcificada dorsal del cuerpo, no deja de tener semejanza con la distribución de las terminaciones sensoriales sobre el cuerpo de los anélidos.

Esto evidencia, aun más si cabe, la relación entre moluscos y anélidos. Estas aproximaciones tienen mucha más importancia para determinar un posible origen común, que la semejanza que pueda existir entre las larvas trocoforas de ambos phylum. La ornamentación de las placas centrales de los poliplacóforos es muy variable y como hemos comentado anteriormente facilitan la identificación de las diversas especies.

La estructura puede consistir en costillas radiales o longitudinales, bifurcaciones, canales, nódulos, gránulos y lógicamente lisas. Los bordes de la concha también suelen tener unos elementos diferenciados que consisten en: espinas calcáreas; escamas y protuberancias espiculadas; escamas lisas, estriadas e incluso penachos suturales.

La cavidad paleal.-

La cavidad paleal de los chitones primitivos era amplia, pero esta ha quedado reducida posteriormente. Probablemente fue cuando decidieron aplanar su cuerpo para mejor adherirse a las rocas que le sirven de soporte; como compensación la cavidad paleal se ha extendido hacia delante, rodeando el cuerpo.

Las branquias ocupan todo el espacio disponible en la cavidad paleal. Los expertos no se ponen de acuerdo en determinar si esas branquias son consecuencia de la subdivisión de un primer par inicial o el añadido de nuevos pares. Aunque bien pudieran corresponder al número de branquias que tenían los Poliplacóforos antes de perder la metamerización.

El borde del manto está ligeramente levantado en la parte anterior, permitiendo la entrada de agua que ayudada por la corriente que producen unos cilios situados en la pared del manto, transcurre entre las branquias y es desalojada por la parte posterior en donde el manto está también ligeramente levantado.

Digestión.-

Los quitones se alimentan arrancando algas y otras sustancias de las rocas, de la misma forma como se supone se alimentaban los primeros moluscos, por lo que se cree que el aparato digestivo no ha variado sustancialmente.

Vamos a extendernos en la descripción del sistema de alimentación de estos animales que creemos es muy parecido al que tenían sus ancestros.

El tubo digestivo anterior conserva su carácter primitivo. En la entrada de la cavidad bucal hay siete mandíbulas, pero es la rádula quien realiza la gran tarea de aprovisionamiento alimentario.

La rádula es muy larga y a menudo penetra más allá del comienzo del estómago. Tiene un gran número de filas transversales de diecisiete dientes; generalmente distribuidos en tres dientes centrales, tres laterales y cuatro marginales a cada lado.

4+3+3+3+4

Los dientes de la rádula son además muy duros, mineralizados por impregnaciones de magnetita, es decir óxido de hierro, dureza de 5,5 a 6,5 en la escala de Mohs.

Inmediatamente por debajo de la abertura del saco radular está el saco subradular que contiene un órgano quimiorreceptor, el órgano subradular. Un quitón cuando tiene hambre extiende de vez en cuando el órgano subradular para examinar la situación a su alrededor; en el momento que localiza su alimento, el órgano subradular se retrae y la rádula se extiende. Ésta se encuentra lubricada con un mucus que segregan las glándulas salivares y que aglutinan las pequeñas partículas, a medida que son arrancadas de las rocas. El mucus forma filamentos con las partículas alimenticias, que son progresivamente arrastradas hacia el estómago por los cilios del surco ventral del esófago. A su paso por el surco ventral, los alimentos son embebidos en amilasa, que es una enzima digestiva, proporcionada por un par de glándulas. El estómago no tiene una zona de selección como ocurre con algunos gasterópodos como la *Diodora*.

Los enzimas proteolíticos, segregados por un par de glándulas digestivas, son vertidos en el estómago a través de dos conductos. El alimento y los enzimas se mezclan en el estómago ayudados por los movimientos peristálticos. Después el alimento pasa al intestino anterior, ligeramente dilatado, donde permanece algún tiempo retenido por la válvula intestinal. Se ha sugerido que el intestino anterior es realmente el saco del estilo.

La absorción y digestión tiene lugar en el estómago y en el intestino anterior; ambos contienen glándulas mucosas y en el momento en que los residuos llegan al intestino posterior están impregnados de una gran cantidad de mucus. Cada vez que se cierra y abre la válvula intestinal, se expulsa una bola fecal que pasa al intestino posterior y se condensa por reabsorción del agua, a medida que va hacia el ano. Las corrientes de agua limpian la cavidad paleal de las heces arrastradas hacia fuera.

El sistema circulatorio.-

El sistema circulatorio es primitivo. Dos aurículas simétricas bilaterales, situadas en el extremo posterior del cuerpo. Se abren independientemente en el ventrículo a través de uno a cuatro orificios. El ventrículo lleva la sangre a la aorta que se dirige a la cabeza, la pared del cuerpo y rodea los órganos internos.

La sangre oxigenada después de pasar por los vasos branquiales se vacía en las venas branquiales que las devuelven a la aurícula. El sistema transporta hemoglobina, en la que se encuentra disuelto un pigmento respiratorio, la hemocianina.

El sistema nervioso.-

El sistema nervioso es relativamente difuso y descentralizado para animales del tamaño de los quitones y está apenas más centralizado que el de los gusanos planos. Parece probable que las formas antecesoras de los chitones tuviesen tentáculos cefálicos con ocelos y que poseían un sistema nervioso más centralizado. El sistema nervioso de los chitones actuales es en parte primitivo y en parte está algo degenerado debido a sus costumbres sedentarias.

Reproducción.-

En los chitones los sexos están separados, pero no existe dimorfismo sexual. Unas pocas especies han conservado las dos gónadas. Aunque la mayoría han optado por fusionarlas formando un solo órgano grande con un par de gonoductos. Los espermatozoides son liberados en la cavidad paleal, y como los quitones viven en grupos, algunos espermatozoides llegan hasta las hembras próximas. Estas han estado reteniendo los óvulos y a la llegada de los espermatozoides, seguramente por un estímulo químico, los liberan, depositando los huevos generalmente aislados, en pequeñas masas o bien aglutinados en filamentos.

En algunas especies más evolucionadas, los espermatozoides penetran en los oviductos, siendo la fecundación interna, y los jóvenes son incubados allí; estas especies tienen huevos grandes, ricos en vitelo y el desarrollo está modificado. El desarrollo lleva a la formación de la larva trocófora que sigue el esquema habitual de los moluscos. Los quitones no pasan por el estado veliger y la metamorfosis de la trocófora da directamente una forma juvenil que cuando caen al fondo comienzan su vida como adultos.

*

Un nuevo logro: la concha calcárea

Cuando a principios del Cámbrico los poliplacoforos adquirieron la capacidad de poder segregar una concha calcárea tuvieron que hacer frente a un dilema:

Unos, escogieron hacer uso de esa nueva ventaja evolutiva sin perder la metamerización. Se convirtieron en Monoplacoforos.

Otros, decidieron no hacer uso de esa ventaja evolutiva, pero sí suprimir la metamerización, por juzgarla innecesaria.

Hay que tener en cuenta que la metamerización permite la supervivencia del animal en caso de perder parte de su cuerpo y la posterior regeneración del mismo. Una vez protegido el cuerpo con una concha la metamerización pierde parte de su razón de ser. Su pérdida puede ser sustituida por otras ventajas evolutivas y es perfectamente asumible por el animal. Esta es la opción que eligieron los actuales Poliplacoforos.

Y por último los que después de seguir esta segunda opción se arrepintieron parcialmente y decidieron hacer uso también de la concha calcárea. Los Gasterópodos.

CAPÍTULO CUARTO

LOS MONOPLACOFOROS

Los Monoplacoforos, como ya hemos comentado anteriormente, pueden ser el resultado de la evolución de un Poliplacoforo que ha logrado segregar una concha calcárea.

Hasta el año 1953 el registro fósil mostraba una concha parecida a una lapa pero que se diferenciaba de la de estos gasterópodos por tener una corona de impresiones musculares, dispuesta por pares, en vez de una única impresión, central, en forma de herradura y que solo se interrumpe en la parte posterior de la concha.

El fósil recibió el nombre de *Pilina*, y no mereció más atención por parte de los expertos que la que se podía dar a una concha considerada un gasterópodo primitivo y de la que no se comprendía el significado de esas impresiones que podrían corresponder a un molusco metamerizado. Posibilidad que no querían asumir la mayoría de los malacólogos anteriores a ese año.

En 1948 científicos daneses, a pesar de las dificultades propias de una postguerra, con las lógicas restricciones en créditos y subvenciones, emprendieron una expedición orientada al estudio de los mares profundos y la productividad oceánica.

A finales de 1950, una vez superado el último obstáculo originado por la guerra de Corea, se embarcaron en una balandra construida, en 1934, en Inglaterra y rebautizada con el nombre de *Galathea*. Zarparon el 15 de octubre de 1950 de Copenhague para realizar una vuelta al mundo que iba a durar alrededor de dos años. Así, el 6 de mayo de 1952, encontrándose el barco al oeste de Panamá, exactamente a 9° 23' N y 89° 32' W, la draga que había sido descendida a una profundidad de 3570 metros, subió una arcilla fangosa y oscura que encerraba tres conchas vacías y diez conchas aun habitadas de un extraño molusco del que no se conocía ningún representante actual.

De momento nadie prestó el más mínimo interés por estos animales; se efectuaron los trabajos de rutina para conservarlos lo mejor posible, y no se pensó más en ellos.

Por suerte en 1956 cayeron en manos de los malacólogos Wingstrand y Lemche, los cuales comprendieron inmediatamente la importancia de la captura, que hizo tambalear muchas ideas y modificar sensiblemente todas las suposiciones hechas hasta entonces sobre el origen de los moluscos.

Destapado el tarro, pronto se originaron nuevos descubrimientos. En diciembre de 1958 cuatro ejemplares más de *Neopilina*, (nueva *Pilia*) nombre con el que fue bautizado el género recién descubierto, fueron sacados a la luz del día desde una profundidad superior a los seis mil metros. Hasta que llegó el arrastre del barco de investigación americano "Vema" estos moluscos han estado viviendo en el fondo de un valle oceánico conocido con el nombre "Brecha Perú- Chile" situado a 150 km. de la costa norte de Perú.

Los ejemplares capturados por el *Galathea* recibieron el nombre de *Neopilina galathea* en honor del barco que las recogió. Las del *Vema*, las bautizaron *Neopilina*

ewingi para homenajear al Dr Maurice Ewing de la Universidad de Colombia que había preparado la expedición.

Los dos hallazgos habían sido localizados a una distancia de 500 km. Y una diferencia, en la profundidad, de más de 2000 metros, aunque ambos puntos están situados al oeste de las Costas de América

Desde entonces se han descubierto hasta una docena de especies distribuidas en cuatro generos: *Monoplacophorus*, *Neopilina*, *Venna* y *Rokopella*. Este último genero, el más extendido de la familia, incluye a la especie *Rokopella zografi* que se puede encontrar en fondos abisales cercanos a las Azores y en sedimentos detríticos circalaterales del Mediterráneo occidental. La primera noticia que tuve de esta especie fue verla incluida en el “*Catalogo Illustrato delle conchiglie marine del Mediterraneo*” elaborado por cuatro malacólogos italianos, encabezados por Guido Arduino y editado por los “Amigos del Museo F. Eusebio”. La primera de las conchas ilustradas en precisamente: *Neopilina zografi* (Dautzenberg y Fischer 1896). Como en el mismo solo se reproducen especies vivas actualmente, me extrañó muchísimo su presencia. Parecía claro que esta especie se había incluido como única representante de los Monoplacoforos y se trataba de un fósil, o de una concha actual considerada como tal, descrita en 1896 por Dautzenberg. Este, cuando describió la concha, debió incluirla como fósil, pues en caso contrario hubiese anticipado su descubrimiento oficial en casi 60 años.

Las *Pilinas* son conocidas desde el Cámbrico inferior y aparecen en el registro fósil hasta el Devónico, a partir del cual desaparecen súbitamente. Por lo que se daba por seguro que la especie había desaparecido. Hasta entonces habían habitado aguas relativamente superficiales y fue en el Devónico cuando decidieron emigrar a aguas más profundas, similares a las que residen actualmente y en la que sus habitantes difícilmente llegan a fosilizarse. Solo han podido ser rescatados, para la ciencia, cuando las posibilidades técnicas de los hombres lo ha permitido.

Descripcion.-

La *Neopilina* es plana, con una concha en forma de cúpula, de forma parecida a las lapas. La protoconcha, resto de la concha embrionaria, se encuentra enrollada en espiral, como la que desarrollaron posteriormente los gasterópodos.

La cavidad paleal, poco profunda, rodea completamente el pie, que es ancho y aplanado, como el de los chitones y lapas.

En el interior de esa cavidad se encuentran cinco pares de branquias. Las corrientes respiratorias son semejantes a la de los quitones; el agua penetra por la parte anterior y sale por la posterior.

Estos caracteres son los que le aproximan a las lapas y quitones actuales. Pero la *Neopilia* tiene otras estructuras peculiares, que parecen adquiridas pero que probablemente eran comunes, tanto a los Monoplacoforos como a los Poliplacoforos y Gasterópodos y fueron los segundos quienes las perdieron y no transmitieron a los últimos.

Dichos caracteres son: tentáculos preorales como pequeñas papilas y la boca esta flaqueada por lóbulos laterales que se considera como homologo del velo larvario.

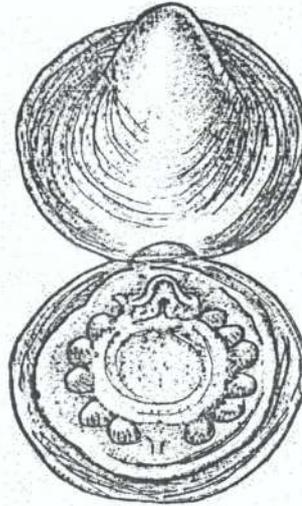


Fig 12 Vista dorsal y ventral de *Neopilina*

El sistema nervioso.-

El sistema nervioso es del tipo de los quitones. El celoma esta dividido en una serie doble de compartimentos dorsales y completamente separados del gonocelo y de los pares de las cavidades pericárdicas.

Alternando con las branquias están los seis pares de riñones.

El tubo digestivo anterior se compone de un saco radular largo enrollado, que contiene una rádula con caracteres parecidos a la de los quitones; el estomago es sencillo, provisto de un saco que contiene el estilo cristalino y a continuación el intestino, que esta enrollado.

La sangre que sale de las branquias pasa a través de dos pares de aurículas y entra en el doble ventrículo, de donde es recogida por las dos aortas, que se fusionan poco después de su salida del ventrículo, para continuar por una larga aorta anterior.

El desarrollo embrionario indica claramente las relaciones tan estrechas que existen entre los anélidos segmentados y los moluscos. Así, el carácter mas notable de los Monoplacóforos es la repetición de sus partes, lo que plantea la cuestión de si los moluscos primitivos estaban segmentados o no.

Nadie se pone de acuerdo. Unos dicen si, otros dicen no.

Aunque los Monoplacóforos no parecen ser los verdaderos moluscos ancestrales. Lo cierto es que su primitivismo y falta de evolución si que conserva muchos de los caracteres de ese hipotético molusco ancestral.

Ha trasmitido:

- El pie, cavidad paleal y el sistema respiratorio a las lapas (Gasterópodos).
- El par de tapas carnosas, a cada lado de la boca, sugieren los órganos manipuladores de la comida de algunos bivalvos.

- La serie de cortos tentáculos situados inmediatamente detrás de la boca, frente al pie, podría perfectamente representar, en escala diminuta, los brazos de los cefalópodos.

Ha heredado:

- El pie, cavidad paleal, sistema respiratorio y rádula de los Poliplacóforos.
- El duplicado de sus partes, branquias o tubos excretores (nefridia), los músculos sujetadores de la concha, todos muestran una similitud con los gusanos anélidos. En concreto, los tubos excretores son mucho más parecidos a los de los gusanos anélidos marítimos que a los de todos los demás moluscos conocidos.

CAPÍTULO QUINTO

LOS GASTERÓPODOS

Hasta ahora, las tres clases de moluscos estudiadas: Aplacóforos, Poliplacóforos y Monoplacóforos, han evolucionado, en mayor o menor medida, e incluso, tal vez, no se parezcan en casi nada a como fueron originariamente. Pero nunca se disgregaron, siempre marcharon juntas y las posibles variaciones evolutivas las sufrieron todas.

Los gasterópodos que aparecieron a comienzos del Cámbrico cuando, probablemente, un grupo de Poliplacóforos, que ya habían perdido la metamerización, decidieron sustituir sus placas quitinosas articuladas por una fija y calcárea, como no hacía mucho tiempo habían realizado los Monoplacóforos.

Con el tiempo no todos siguieron viviendo en el mar y se adaptaron a ambientes de agua dulce e invadieron la tierra. Para ello tuvieron que modificar su cuerpo, su metabolismo y su sistema reproductor. Produciendo una variedad tan grande que es imposible estudiarla en su conjunto.

Gasteropodos marinos.

El camino hacia el éxito no ha sido fácil. Los gasterópodos han tenido que vivir con dos caracteres, que a la mayoría de los animales les imposibilitaría para tener éxito en la competencia, y sin embargo se han adaptado perfectamente a ellos.

La mayoría de los gasterópodos viven con el cuerpo enrollado en espiral, y por si fuera poco, durante su estado embrionario la masa visceral sufre una torsión repentina, llevando el extremo posterior hacia delante.

La mayoría mantienen esa torsión, y aunque unos pocos se desenrollan durante su crecimiento posterior, todos muestran los resultados de esa torsión. Estos dos caracteres de la estructura de los gasterópodos no se pueden ignorar nunca, ya que nos dicen mucho sobre la evolución de estos y sobre la organización interna de los sistemas orgánicos.

Los primeros gasterópodos tenían, lógicamente, una concha cónica, que han mantenido hasta la actualidad algunas especies. Otras optaron por modificar su cuerpo completamente plano por otro que les permitiese, tal vez, desplazarse más cómodamente. Consecuentemente la espira tuvo que subir.



Fig. 13 *Palaeacmea*

Esto provocó que varios gasterópodos primitivos tuvieran dificultades para equilibrar su alta espira, ya que el ápice de la concha tiende a caer y a enrollarse. Por esa causa primeramente tuvo que transformarse en una concha espirada inclinada.

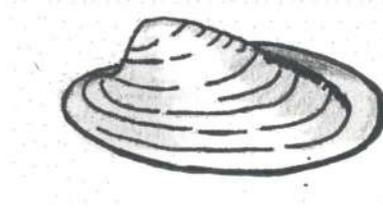


Fig. 14 *Scenella*

Y posteriormente en *Pelagiella*. Que es el mas antiguo de los gasterópodos enrollados conocidos.

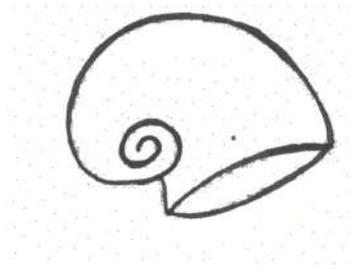


Fig. 15 *Pelagiella*

Estos animales no habían sufrido, todavía, la torsión; su cuerpo tenia simetría bilateral, y el enrollamiento estaba restringido a un plano.

La concha de los gasterópodos.-

El crecimiento de la concha de los moluscos esta estrechamente relacionada con el animal que lleva dentro. Un experto, observando solo la concha, puede deducir la anatomía de su habitante. Un gasterópodo es un animal que vive y crece y la abertura de la concha es proporcional al tamaño del animal. La concha crece al mismo tiempo que el cuerpo; la nueva concha crece con la abertura y refleja el crecimiento del cuerpo. Si el crecimiento, por cualquier circunstancia, cesa o se aminora, la concha deja de crecer o lo hace muy lentamente.

Como resultado, si la concha fuese desenrollada, a menudo seria un simple cono con el borde recto. En otras especies, el cuerpo crece en longitud mas rápidamente que la concha, y esta si la desenrolláramos adquiriría la forma abocinada de una trompeta.

Una breve lección de geometría.

Los gasteropódos actuales, salvo honrosas excepciones, como las lapas y similares, no tienen la concha cónica, sino espirada. Que es una espiral y como se forma lo estudiamos, en su día, en el colegio. Pero tal vez los recuerdos no sean muy recientes, por lo que la lectura de las líneas siguientes y la observación de una concha le pondrá al día en un instante.

Si dos puntos están a una cierta distancia uno de otro, y uno se mueve alrededor del otro, se forma una circunferencia.

La circunferencia se transforma en una espiral si durante la rotación el punto móvil se aproxima o se aleja del punto central.

El punto móvil puede considerarse como el punto medio de la abertura de la concha, que se mueve con respecto al ápice, a medida que el animal crece, y como la espiralización de la concha va acompañada del crecimiento, solo se deben considerar las espirales formadas por un punto que se mueve alejándose del punto central.

Se pueden distinguir dos casos generalmente: el punto móvil puede alejarse del punto central a una velocidad constante; en este caso, cada espira nueva tiene la misma anchura que la precedente; o bien, el punto móvil puede tener un movimiento acelerado. En este caso cada nueva espira será más ancha que la anterior si la aceleración es positiva, o más estrecha si la aceleración es negativa.

La velocidad del movimiento del punto móvil, al alejarse del centro es, por tanto, un factor importante en la determinación de la forma de la espiral.

El segundo factor es la dirección del movimiento del punto móvil; el punto puede moverse alejándose del centro en línea recta, permaneciendo en un mismo plano; este movimiento centrífugo simple da como resultado una espiral plana:



Fig. 16 Representación de las diferentes formas de espiras: abierta y cerrada

Cada espira tiene la misma anchura si el movimiento tiene una velocidad constante, y si el movimiento es acelerado, cada nueva espira es más ancha.

Pero dejemos de teorizar y vamos a la práctica. Los caracoles, alumnos aplicados, han entendido perfectamente la lección y la han aplicado, en la construcción de su concha, según las necesidades de cada uno.

No se encuentran nunca espirales planas con las espiras exactamente iguales, aunque algunas conchas de caracoles se aproximan a esta forma.

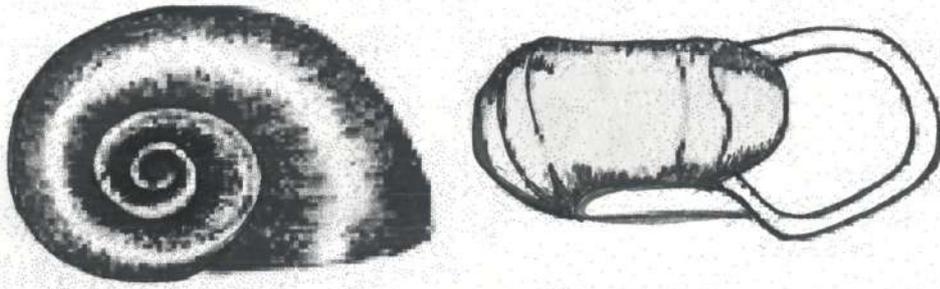


Fig.17 Dibujo de una *Helisoma*. Claro ejemplo de espiral plana

Son mas corrientes las espirales planas, cuyas espiras se ensanchan en cada vuelta, pero si la aceleración es grande, la forma de la concha se modifica mucho, como ocurre en la *Haliotis*

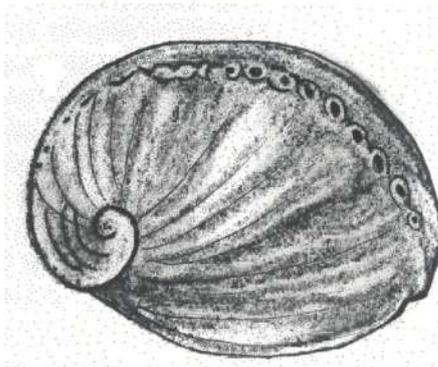


Fig. 18 Ejemplo de espiral plana con espira ensanchada: *Haliotis*

El punto puede moverse hacia abajo en línea recta, originando una espiral tubular helicoidal. Si el movimiento del punto móvil no es acelerado, resulta una espiral en forma de muelle.

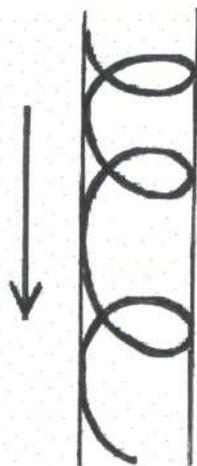


Fig. 19 Espiral en forma de muelle

Y si el movimiento es acelerado las espiras se alejan cada vez mas unas de otras, de manera que parece mas una torsión que una espiralización. Este tipo de espiral no esta nunca reflejada perfectamente entre los gasterópodos, aunque algunas conchas se aproximan a él.

En la mayoría de los casos, el punto se mueve hacia fuera y hacia abajo originando una espiral cónica. Según la anchura de la base puede ser un *Tectus* o una *Terebra*.

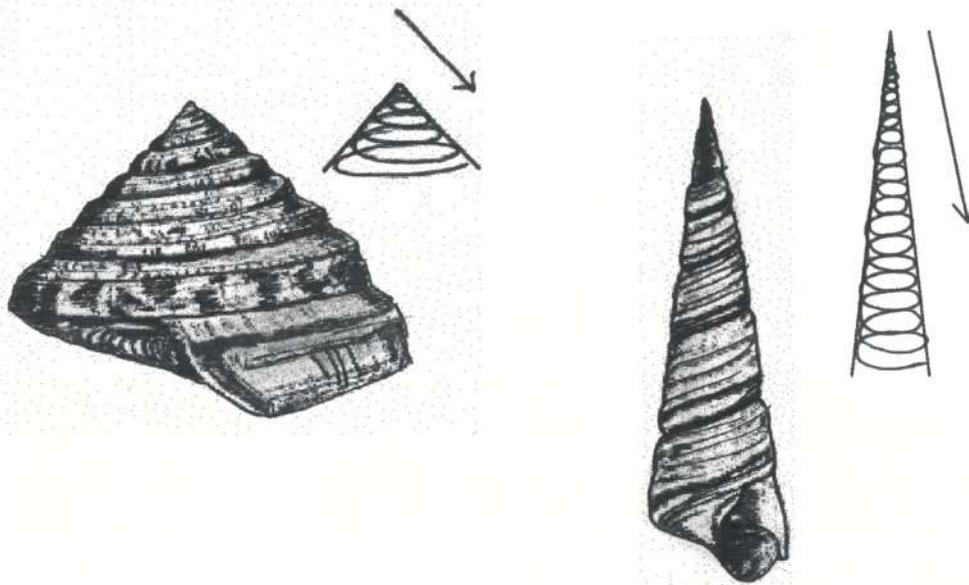


Fig. 20 Las conchas cónicas espiradas de lados rectos pueden ser relativamente bajas y anchas como en *Pleurotomaria* o altas y estrechas como en *Turritella*.

Esto ocurre en el caso que la velocidad hacia fuera y hacia abajo sea constante o se mantengan proporcionales.

No obstante, en muchos casos, los movimientos hacia fuera y hacia abajo no son proporcionales, porque la aceleración es en una dirección o bien exista una aceleración desigual en las dos direcciones.

Si el movimiento centrifugo es mas acelerado que el movimiento hacia abajo se obtiene una espiral cónica con lados cóncavos

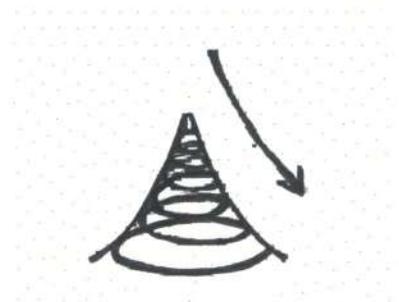


Fig.21 Espiral típica del ápice de algunas especies de cónidos

Si por el contrario el movimiento hacia abajo es el mas acelerado, se obtiene una espiral cónica con los lados convexos.

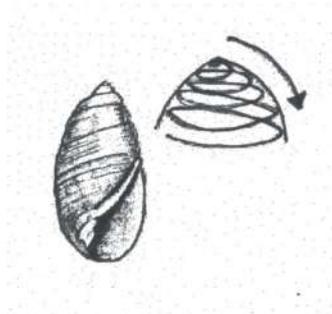


Fig 22 Espiral cónica con lados convexos perteneciente al género *Acteon*

La relación entre la dirección y la velocidad de los cambios esta estrechamente relacionada con la dinámica del sistema biológico del animal.

No se puede decir que los caracoles son tan inteligentes que pueden construir una concha tan perfecta que pocos hombres en cualquier época pueden imitar. Simplemente la fabrican a la vez que ellos crecen sin hacer nada e incluso sin poder hacer algo para evitarla. Es como la piel del cuerpo humano, simplemente esta en donde debe estar, y nadie tiene que hacer nada para que se amolde a nuestro cuerpo conforme este va creciendo.

Pero si el cuerpo hace la concha, esta tiene que ser como el cuerpo. Si la concha es espiralada; por la misma regla de tres el cuerpo debe ser espirado.

¿He dicho espirado?. Los primeros moluscos, ¿no tenían simetría bilateral?

Un animal con simetría bilateral puede ajustarse a una concha espirada plana si esta convenientemente orientada; el único medio para que un animal, con simetría bilateral, pueda adaptarse a una concha espirada cónica, aunque la abertura de la concha sea un círculo perfecto y todas las espiras sean circulares en sección transversal, seria el de enroscar su cuerpo siguiendo las espiras, y la misma forma de que el borde de la concha pueda ser segregado, es que el animal se encuentre constantemente orientado con respecto a la abertura..

Los caracoles no pueden comportarse de esta manera y verdaderamente la mayoría de las conchas cónicas no han permitido que un animal con cualquier tipo de simetría bilateral pudiera adaptarse a ellas.

Tan pronto como los gasterópodos empiezan a producir conchas espiradas cónicas, entran dentro de un laberinto biológico, complejo y completamente nuevo para ellas.

Todos hemos tenido ocasión de contemplar, alguna vez, una compañía de soldados desfilando. Mientras marchan en línea recta no hay ningún problema. Pero cuando tienen que realizar un giro, aunque solo sea de 90 grados, la marcha de los que van en la parte interior de la curva se ralentiza mientras los de la parte exterior tienen que acelerar su paso para que cada fila continúe siendo una línea recta. Esto suponiendo que el recorrido este en un mismo plano, porque si además esto ocurre bajando, por ejemplo en unas escaleras, posiblemente los soldados que ocupan el lado exterior no podrían evitar darse un batacazo.

Si imaginamos que esa compañía de soldados es el cuerpo de un caracol, comprenderemos rápidamente que los lados derecho e izquierdo deben de crecer de forma desigual y de una manera tal que forme una espiral sólida y manejable para no tener problemas con la concha.

La adquisición de un ritmo de crecimiento equilibrado, hasta en sus más mínimos detalles, del diámetro de la espira, y del crecimiento hacia fuera y hacia debajo de la espira, a medida que se enrollan, que es lo que requiere la formación de una concha de estructura aceptable, constituye un fenómeno biológico muy llamativo.

Ni que decir tiene que el más pequeño cambio en el ritmo y dirección del crecimiento del animal, produce una gran variedad de formas en las conchas, pero por cada uno que produce una concha eficaz, hay muchos que producen monstruosidades.

Por ejemplo, si el crecimiento del diámetro de la espira no va acompañado, al mismo tiempo, del enrollamiento externo e interno, la concha no se desarrolla como una espiral y llega a ser tan pesada que el animal está obligado por fuerza, a adaptar su comportamiento a su habitáculo. A pesar de tales anomalías, unas pocas especies han logrado sobrevivir. Como es el caso de la siliquaria.

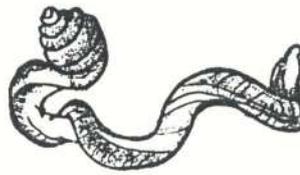


Fig 23 *Siliquaria*

Las conchas no crecen eternamente. Cuando el animal llega a la edad adulta, el crecimiento se detiene. Muchas especies refuerzan el borde de la concha, para evitar su rotura o proteger su cuerpo del roce cortante de su borde en sus continuas entradas y salidas de la concha. Ese refuerzo lo suelen hacer los moluscos, bien engrosando el borde o abocinándolo.

Algunos moluscos toman una extraña decisión cuando están en el último tramo antes de completar su concha. Cansados del continuo enrollamiento, el último tramo de la concha lo convierten en un simple tubo dirigido hacia el ápice.



Fig 24 Ejemplo de anomalía en el último tramo de la concha de un *Opisthoma*

Esta especie perteneciente al género *Opisthotoma*, habita en el norte de la isla de Borneo y apenas alcanza los dos milímetros de longitud. Si el último tramo de la concha se hubiese prolongado en dirección contraria al ápice, el animal hubiese tenido un grave

problema de estabilidad al haber desplazado su centro de gravedad. La opción elegida ha sido la correcta, pues evita ese problema y debe de haberle dado una ventaja evolutiva que, por lo menos nosotros, desconocemos.

Como hemos dicho anteriormente, en los moluscos, el animal y la concha están estrechamente relacionados. Si cualquier variación en el cuerpo del animal se refleja en la concha, lógicamente cualquier variación en la concha es por que el cuerpo del animal se ha transformado.

Sería interesante saber si se ha estudiado la anatomía de los moluscos de este genero y las posibles diferencias que se desarrollan en el animal al llegar a la edad adulta.

Pero incluso con todos los problemas de crecimiento que tiene la concha espirada cónica, es mucho mas sólida que la concha espirada plana y las ventajas mecánicas aparentemente han compensado los inconvenientes.

Las conchas espiradas planas no han desaparecido por completo en la historia evolutiva de los moluscos. Pero muy pronto la mayoría de las especies optaron por la concha espirada cónica que es la que predomina actualmente.

La torsión.

El siguiente acontecimiento importante en la evolución de los moluscos ha sido la aparición de la torsión. Se supones, por referencias fósiles, que esta se inicio en el Cámbrico superior, es decir hace 500 millones de años.

En los gasteropódos actuales, la torsión se produce cuando la larva alcanza el estado veliger. En este estado ya ha aparecido el manto que tiene la forma de una boina; y el velo, una ancha región ciliada, forma el extremo anterior del embrión.

El cuerpo esta curvado, con la cabeza y el pie sobresaliendo del manto. La masa visceral ha empezado ya a formar una espiral.

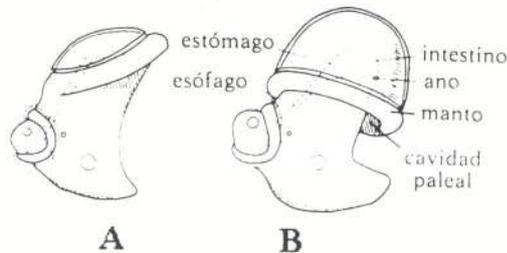


Fig. 25 Fases de la torsión en *Paludina vivípara*

El conjunto de la masa visceral gira 180°, y según especies puede durar, desde unos pocos minutos a mucho mas tiempo.

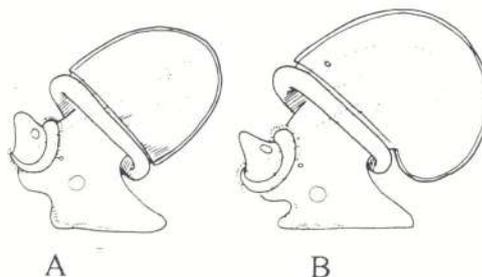


Fig. 26 Fases de la torsión en *Paludina vivípara*

En las *Haliotis*, por ejemplo, la torsión se realiza en dos tiempos. Un primer giro rápido de 90°, seguido de un segundo giro de igualmente 90° pero este mucho mas lento. Los resultados de la torsión para cualquier gasterópodo son drásticos, como se pueden apreciar en las ilustraciones siguientes.

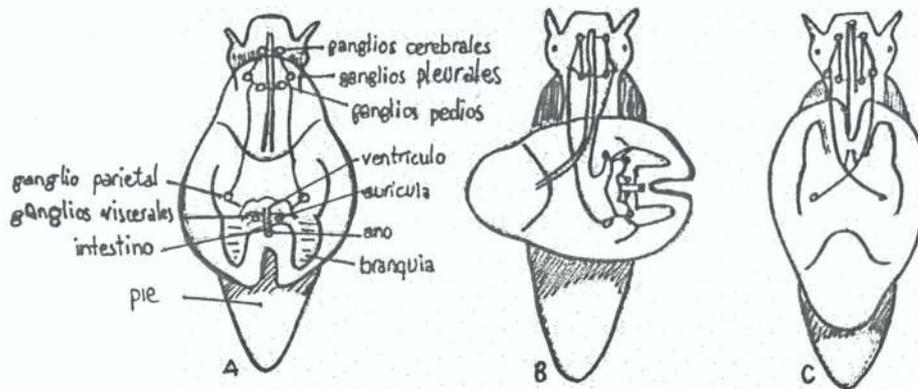


Fig. 27 Fases de la torsion de *Helix sp.*

Los efectos más importantes son:

- 1° Antes de la torsión, el esófago se abre normalmente en el estómago. Después de la torsión, entra en el estomago por detrás.
- 2° Antes: la cavidad paleal que contienen las branquias y el ano es posterior. Después: es anterior.
- 3° Antes: los nervios viscerales y los ganglios forman un asa sencilla. Después: están retorcidos en forma de ocho al tratarse de un giro en sentido contrario a las agujas del reloj, el nervio visceral izquierdo pasa a ser dorsal en el lado derecho; y como la torsión se produce entre los ganglios pleurales y parietales, los ganglios pleurales no quedan afectados, pero el parietal izquierdo es llevado hacia arriba, trasformándose en ganglio supraparietal, mientras que el derecho es llevado hacia la parte ventral, trasformándose en el ganglio infrapareal.

Si esta disposición tan peculiar tiene alguna ventaja o no, lo cierto es que todos los moluscos que no realizaron la torsión han desaparecido mientras que los que la realizaron han perdurado. Tal vez esa torsión en el estado de veliger no tenga ninguna ventaja, pero si la tiene al llegar a la edad adulta. De no haberlo hecho antes, lo tendrían que hacer ahora y probablemente seria mas traumática, sino imposible.

Tampoco es cierto que la torsión la precisan solo los moluscos con concha helicoidal como, por ejemplo, las del genero *Helix*, ya que también la realizan los que poseen una concha plana como: *Haliotis*, *Fissurellas* o *Emarginulas*, entre otras.

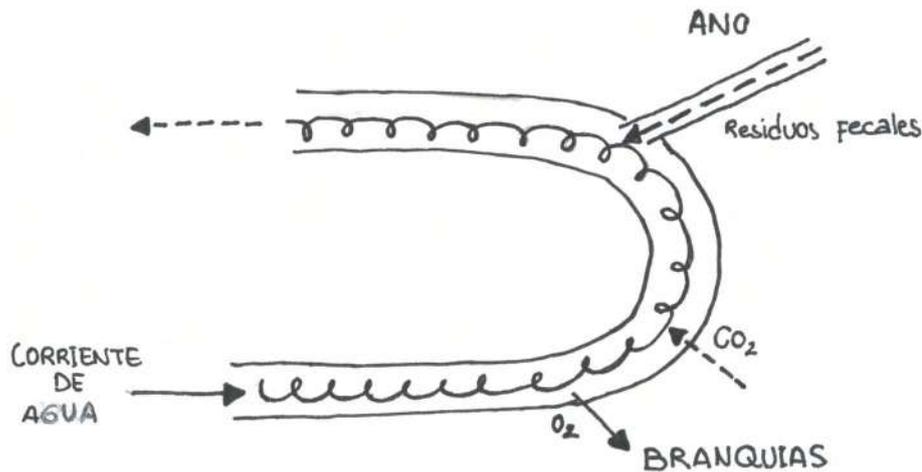
El mayor inconveniente de la torsión es que el ano es llevado directamente encima de la cabeza, con lo que se corre el peligro de que contamine los órganos

El mayor inconveniente de la torsión es que el ano es llevado directamente encima de la cabeza, con lo que se corre el peligro de que contamine los órganos respiratorios y los órganos de los sentidos que hay en ella. Cada uno ha tratado de resolver el problema lo mejor que han podido.

Las especies más arcaicas como los *Pleurotomaria*, verdaderos fósiles vivos, que habitan en la tierra hace por lo menos la friolera de 530 millones de años, poseen una ranura, en el centro de la última vuelta, que les permite evacuar los residuos antes de llegar a la abertura en donde se encuentra la cavidad paleal.

Actualmente la mayoría de los moluscos han resuelto el problema provocando en la entrada del agua en la cavidad paleal una corriente, en forma de herradura, que en primer lugar oxigena los filamentos branquiales y al salir ayuda a evacuar los residuos fecales.

El emplazamiento del ano puede cambiar a medida que el animal crece, adaptándose a una muesca muy pequeña situada en el borde de la concha, o puede permanecer en el lugar de origen, cerrándose la hendidura de la concha conforme el animal crece.



Clasificación de los gasteropodos.

Seguidamente mostramos un cuadro con la clasificación de los gasterópodos a escala taxonómica de la subclase y orden únicamente. Despreciamos los otros niveles inferiores ya que solo indica una especialización que no entra dentro de las pretensiones de este libro.

El nivel de subclase nos indica perfectamente el origen de los moluscos, mientras el nivel de orden nos muestra su situación actual y en algunos casos, incluso nos insinúan a donde pretenden ir.

SUBCLASE	ORDEN
PROTOGASTEROPODOS	Cinostracos
	Coclistracos
PROSOBRANQUIOS	Arqueogasterópodos
	Mesogasterópodos
	Neogasterópodos
OPISTOBRANQUIOS	Cefalaspideos
	Anaspideos
	Tecosomados
	Gimnosomados
	Ococlidiaceos
	Sacoglosos
	Acelos
Notaspidos	
PULMONADOS	Estilomatoforos
	Basomatoforos

Los Protogasterópodos

De las cuatro subclases de gasterópodo, una, los Protogasterópodos, esta actualmente totalmente extinguidas, no presentaban ningún signo de torsión; quizás con una cavidad paleal posterior. Se dividieron en dos Ordenes: los Cinostracos con concha cónica sin rastro de enrollamiento en espiral y los Cocliostracos, con conchas enrolladas. Visto de esta forma parece confirmar la teoría de que la especie que no evoluciona se extingue. Los Protogasterópodos no quisieron evolucionar con la torsión y ese fue su fin.

Yo soy de la opinión de que en realidad ninguna especie se extingue, solo se transforma. Ni siquiera una catástrofe como la que se supone extinguió a los dinosaurios es capaz de hacerlos desaparecer. Simplemente se transformaron. Se supone, y no sin razón, que las aves que surcan nuestros cielos actuales son dinosaurios transformados.

Hay dos formas de evolucionar. Cuando la totalidad de los individuos de una especie se modifican y dan lugar a otra especie diferente. Lógicamente la especie inicial desaparece y se la da por extinguida. La otra es cuando solo una parte de los individuos de la especie se modifican dando lugar a otra diferente, pero los restantes miembros mantienen su estructura y por lo tanto la especie no desaparece.

Los Protogasterópodos, a los que sin duda podemos señalar como los ancestros de los gasterópodos actuales, no han desaparecido de hecho, simplemente se han modificado y han llegado a nuestros días con un aspecto totalmente diferente.

Su inicial concha cónica del Orden de los Cinostracos, muy pronto se transformó en la concha enrollada del orden de los Cocliostratos.

La evolución seguía inexorablemente y llegó el momento de la torsión. Esta modificación era lo suficientemente importante, no solo para crear un orden diferente, sino incluso una nueva subclase en la escala taxonómica: los Prosobranquios.

Los Prosobranquios.

Son gasterópodos que han sufrido la torsión trasladando las branquias hacia delante (de ahí el nombre de Prosobranquios) junto con el ano y la cavidad paleal.

Primitivamente tenían un par de ctenidios y de nefridios pero posteriormente degeneraron en una sola branquia, una aurícula y conservando solo el nefridio derecho. El sistema nervioso retorcido en forma de ocho, por lo que también se les denomina Streptoneura (nervios cruzados), aunque puede corregirse en parte por la concentración de los nervios y los ganglios cerca de la cabeza.

Esta subclase está dividida en tres ordenes: *Archaeogastropoda* (caracoles antiguos) también denominados *Diotocardia* (por poseer dos aurículas) y *Mesogastropoda* y *Neogastropoda* pertenecientes al grupo de los Monotocardias por tener únicamente una aurícula.

1. **Orden *Archaeogastropoda*.** Caracoles con caracteres primitivos: dos aurículas, normalmente con branquias plumosas dobles (*Pleurotomariacea*), de las cuales la derecha puede haber sufrido una regresión (*Tronchacea*, *Neritacea*) o ambas pueden haber sido sustituidas por neoformaciones (*Patelacea*). El sistema nervioso del pie está desarrollado aun como cordón medular ya que las células nerviosas no están concentradas en ganglios. El pie es portador de numerosas células sensoriales. La concha está generalmente enrollada en espiral, ya sea en forma de peonza o bien de cono, (*Pleurotomaria*, *Tronchidea*), pero con frecuencia simplificada en forma de gorro o cuenco. La boca es redonda. Las formas primitivas presentan una hendidura en el borde externo de la boca (*Pleurotomaria*, *Scissurella*), y las que tienen forma de cuenco la tienen en el borde anterior (*Emarginula*); otras tienen una hilera de orificios (*Haliotis*) o bien un agujero (*Fissurella*) para la excreción del agua de respiración utilizada y de los excrementos.

Los animales viven predominantemente de alimentos vegetales; algas que arrancan de las piedras con la rádula, que es del tipo ripidoglosa.

Gracias a que los *Pleurotomaria* han llegado hasta nuestros días se ha podido estudiar la importancia de su escotadura así como su formación.

Dicha escotadura sirve para la evacuación de las aguas que ya han pasado por la cavidad paleal y para el paso del recto, es decir para la evacuación de las materias fecales. La longitud de la escotadura de los *Pleurotomaria* varía en función del tamaño de la concha que puede ser de 20 centímetros como el *Pleurotomaria rumphii* a los 2,5 centímetros de *P. lucaya*.

En la *P. hirasei* que es de un tamaño intermedio, 10 cm. su escotadura sobrepasa los 5 cm. de longitud, y esta formada debido a una retirada del manto secretor al nivel de la salida del recto y de la corriente de agua exhalada por la cavidad paleal. Anteriormente ya hemos dicho que la concha es fiel reflejo del animal que alberga y viceversa. Si el manto tiene una escotadura, la concha también debe de tenerla. El animal conscientemente no la fabrica para facilitar la excreción aunque esa sea realmente su función. Sencillamente la realiza porque no puede evitarlo. La longitud de esa escotadura es exactamente igual que la longitud de la retirada del manto del animal en un momento determinado de su vida. La fisura no es mas que un retraso en el crecimiento de la concha en su nivel. Su cierre se produce conforme la concha avanza en su desarrollo y el animal se desplaza, o crece, hacia la apertura. Para entonces la concha ya esta consolidada a una y otra parte y su obturación forma una banda cicatricial.

Esta familia era conocida como fósiles. Debido a que habitan en mares relativamente profundos no fueron redescubiertas hasta el año 1855.

- 2. Orden Mesogasterópodo** Caracoles con una organización interna transformada: Tienen solo una aurícula, un riñón y una branquia plumosa unilateralmente que esta fijada en el techo de la cavidad paleal (*Monopectinadas*) La reducción de estos órganos de dos a uno es una consecuencia del enrollamiento espiral de la concha. Pueden tener opérculo o no. Desaparecen las hendiduras u orificios para el sifón exhalante y generalmente no tienen un surco para el sifón inhalante; generalmente con un osfradio bien desarrollado, a veces pectinado; sexos separados; el macho, en general, con un pene. Las células nerviosas del pie muy concentradas en ganglios.

La rádula es tenioglosa (continúan siendo herbívoros) que es una derivación de la radula ripidoglosa de los *Archaeogastropoda*, modificada por una reducción de los dientes intermedios y laterales a 1 + 2, a cada lado de un diente central de cada línea transversal radular.

Es el orden de los gasteropódos más amplio, que incluyen muchas formas marinas, así como de agua dulce y caracoles terrestres opérculados. De estas dos ultimas variantes hablaremos mas adelante así como de los medios que han tenido que emplear para adaptar su cuerpo a los hábitats de agua dulce y terrestres.

- 3. Orden Neogastropoda.** Son semejantes a los *mesogasteropodos* pero con nuevas variantes, de ahí su nombre que significa nuevos gasteropódos.

Son animales altamente desarrollados, con sifón mas o menos largo, trompa invaginables y osfrario bien desarrollado. El sifón se desliza por un canal del tamaño correspondiente. Han cambiado sus hábitos alimentarios y han pasado de ser herbívoros a carnívoros por lo que el osfradio, que es el órgano del olfato, facilita a los animales la localización de sus presas. La rádula es mas o menos larga, delgada (del tipo stenoglosa o raquiglosa) o a modo de estilete (toxoglosa).

Las peculiaridades de cada uno de los tipos de radula ya las hemos descrito anteriormente en el apartado correspondiente. Hay que destacar solamente que en la forma *Toxoglossa* la placa central ha desaparecido completamente por regresión, mientras que las placas laterales se han alargado, formando largos estiletes, que por ejemplo en los *Conidae*, son acanalados y con garfio de retención (como arpones), y que en unión de glándulas venenosas suplementarias sirven como armas.

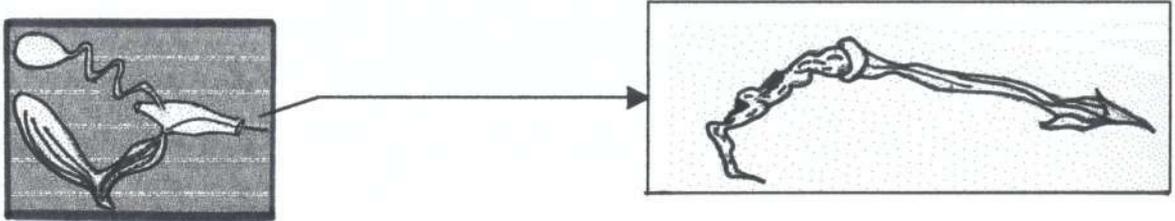


Fig 28 Radula perteneciente a un neogasteropodo. Detalle del estilete de un cónido. (según Bruno Sabelli)

Esta arma, mortal incluso para los humanos, le permite capturar peces más rápidos y mas grandes que ellos.

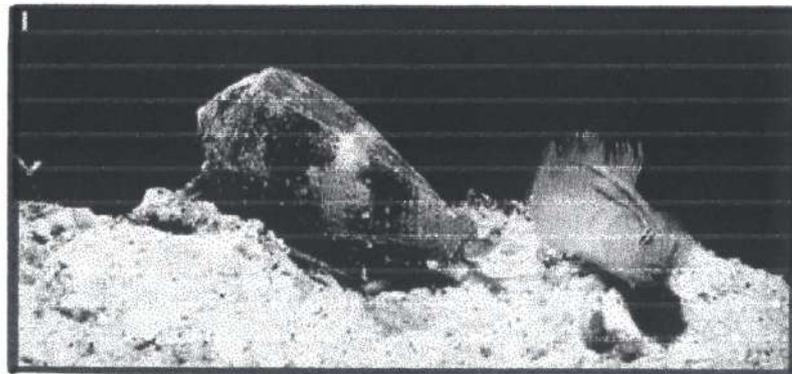


Fig 29 El *Conus purpurascens* de 4 cm de largo caza a su presa por la noche. El caracol llega hacia el gobio de 5 cm de largo que descansa. Con su tubo probísceo y por contacto inyecta una flecha venenosa en el cuerpo del pez. La víctima no tiene ninguna oportunidad: al cabo de unos segundos esta paralizada y será ingerida por el caracol. (imagen extraída de *La Guía de Nudibranquios y Caracolas de mar del Indopacífico* de Helmut Debelius)

Son animales de sexos separados, los machos con pene.

Se supone que este nuevo orden de *Neogasteropodos* desciende o deriva de la familia de los *Tonnaceos* pertenecientes a los *Mesogasteropodos* y con los cuales coinciden anatómicamente en muchos puntos, son los grupos emparentados más próximos entre sí y posiblemente el nexo de unión entre los dos ordenes.

Los Opisthobranquios.

En el estudio de la evolución de los moluscos en muchas ocasiones nos encontramos con verdaderas situaciones de vuelta atrás. Variaciones evolutivas que han sido un auténtico éxito para muchas especies no lo han sido para otras. Cuando un grupo de especies decide prescindir de la concha, total o parcialmente, comprende inmediatamente que la torsión ya no tiene razón de ser e inicia una retortorsión de su cuerpo.

Estos animales son los Opisthobranquios, también llamados *Euthyneura* (caracoles con nervios cruzados). Tienen la cavidad paleal desplazada hacia la derecha por la detorsión de los esbozos corporales. Branquias detrás del corazón, en la mayoría de los *Cephalaspidea* y *Anaspidea*, plumosas; en otros replegadas, formando pliegues en la pared del manto. Por regresión de la cavidad paleal las branquias pueden quedar libres como ocurre en los *Pleurobranchidae*. En los nudibranquios es sustituida por una corona branquial situada alrededor del ano o por una neoformación ramificada situada dorsalmente. Por último si faltan también estas formaciones es por que tienen una respiración cutánea. La cabeza, por lo general, no está claramente separada del cuerpo.

Cerca de la boca existen unos tentáculos para poder orientarse de cerca y detrás de ellos están los rinoforos que son los órganos encargados de la percepción olfativa de las corrientes dirigidas, y que a menudo están estructurados de una forma compleja. El pie es una suela reptadora que en algunos casos desarrolla unas, más o menos, grandes expansiones laterales que se emplean como órganos natatorios. Tiene una tendencia general a la reducción de la concha que en algunos casos llega incluso a desaparecer. La concha, cuando existe, es muy delgada y frágil, frecuentemente recubierta por el manto. Solo en los grupos más primitivos el animal puede aun retraerse completamente dentro de ella.

La tendencia de esta subclase de Opisthobranquios, vista la evolución que han tenido, es la de la desaparición de la concha y volver a la simetría bilateral. Subclase dividida en nueve ordenes.

1. **Orden *Entomotaeniata*.** Es un grupo fundamentalmente fósil. Actualmente solo representada por una sola familia: *Pyramidellidae*. Predominan las conchas desde estrechas y elevadas hasta cónicas ovoides, con conchas embrionarias heterostrofa (se alimentan de compuestos orgánicos ya sintetizados por otros seres) y poderosos repliegues de la columela. Algunas formas tienen una entalladura a modo de banda anal. La concha es capaz de albergar totalmente en su interior al animal. Eso, dentro de esta subclase, significa que el animal ha evolucionado muy poco. Las especies vivientes en la actualidad son ectoparásitos, es decir parásitos que se alojan en la superficie del hospedador, en este caso lo es de: Poliquetos, esponjas, ascidias y otros moluscos. Se nutren perforando la cubierta protectora del animal invadido, introduciendo algunos de sus órganos y succionando el alimento. Lógicamente han prescindido de una rádula que ya no precisan.
2. **Orden *Cephalaspidea*.** Animales con un ctenidio y generalmente con concha que en ocasiones está cubierta por el manto; surco genital masculino abierto; cavidad paleal bien desarrollada; con escudo cefálico, que es un ensanchamiento de la cabeza, que se ha originado por un engrosamiento de la pared del cuerpo de la región cefálica, y que sirve al animal para escarbar en la arena para obtener su alimento. Son depredadores sobre fondos sedimentarios y, en general, poseen una placa gástrica para triturar. Pie reptador con y sin parapodios, que son unas expansiones laterales que ayudan a la locomoción y en ocasiones pueden estar

adaptados para la natación. En este orden y para ese fin solo lo usa la familia de los *Gastropteridae*.

El opérculo solo esta presente en los *Acteonidae*. En otras familias la concha es incapaz de albergar la totalidad del cuerpo del animal por lo que este elemento es innecesario.

3. **Orden *Saccoglossa***. Animales con conchas bastante pequeñas, delgadas, incoloras, espirales, con espiras pequeñas y boca mas o menos fuertemente ensanchadas; en casos excepcionales es bivalva, concretamente en el genero *Berthelina* y de la que hablaremos mas extensamente cuando nos refiramos al origen de los bivalvos, y en otros muchos casos esta ausente. No tiene mandíbula pero sí una faringe succionadora. La rádula unilinal tiene su extremo anterior metido en un saco ciego, en el cual también son depuestas las placas usadas. Son herbívoros, succionan sustancias vegetales. Los animales desgarran las algas con su única hilera de dientes y se alimentan succionando su contenido. Animales con o sin parápodos, en las formas sin concha con apéndices dorsales. El surco genital masculino esta cerrado por encima y los ganglios nerviosos poco fusionados.
4. **Orden *Anaspidea***. Animales sin escudo cefálico, con tentáculos ensanchados planos o enrollados. Conchas pequeñas, poco desarrolladas, generalmente cubiertas por el manto o ausentes. Los animales nadan con ayuda de unos parápodos bien desarrollados. Cavidad paleal pequeña, en el lado derecho; surco genital masculino abierto; con varias placas gástricas y una radula grande con un diente mediano; se alimentan de algas; con ctenidio y mandíbulas. La masa visceral esta unida a lo largo del pie.
5. **Orden *Notaspidea***. Animales con concha externa y en forma de cuenco, o cubiertas y en forma de oreja; en otros casos no existe. A la derecha, entre el borde del manto y el pie, tiene una branquia biplumosa. Sin parápodos y sin placas gástricas, pero algunos con espinas quitinosas; surco genital masculino cerrado por encima; rádula variable, pero sin saco radular.
6. **Orden *Thecosomata***. Son animales pelágicos, viven en alta mar, en general en grandes enjambres, y se alimentan de un microplancton. Aunque también existen familias como *Procymbulidae* que habitan en aguas profundas. Concha reducida, a menudo ausente y sustituida por una pseudoconcha. Pie con aletas parapodiales que dan al animal un aspecto de mariposa. Tienen una cavidad paleal, pero con una branquia generalmente reducida; surco genital masculino abierto y los ganglios nerviosos centralizados y reunidos.
7. **Orden *Gimnosomados***. Animales sin concha y sin cavidad paleal; branquias detrás del corazón; pie con parápodos; surco genital masculino abierto y los ganglios nerviosos libres. El cuerpo es fusiforme y no sobrepasa generalmente los 20 mm. Estos animales se alimentan de presas vivas, aprehendidas mediante órganos bucales variados y potentes.
8. **Orden *Acoclidiaceos***. Animales cosmopolitas de pequeño tamaño, desde algunos milímetros hasta 30 mm. Sin conchas, branquias ni escudo cefálico; con rinoforos; masa visceral separada del pie; sin mandíbulas, pero con rádula; sin placas gástricas y con un anillo nervioso delante de la masa bucal.
9. **Orden *Acelos***. Animales sin concha en el estado adulto; con la masa visceral unida a lo largo del pie; sin parapodios; con el surco genital masculino cerrado por encima; y con un anillo nervioso detrás de la masa bucal.

Los Pulmonados.

Caracoles principalmente de agua dulce y terrestres, sin ctenidos; la cavidad paleal modificada como un saco respiratorio. La pared de esta cavidad esta cubierta por una red de vasos sanguíneos a modo de pulmón que permite la respiración aérea o sustituida en parte por una neoformación branquial utilizada para respirar en un medio acuático.

Tienen una aurícula y un nefridio; sistema nervioso con simetría bilateral como resultado de la concentración del tejido nervioso para formar un cerebro complejo; casi siempre sin opérculo; a veces falta la concha; hermafrodita y producen huevos ricos en vitelo, que se desarrollan sin pasar por estados larvarios.

Dos ordenes: Estilomatoforos y Basomatoforos.

1. **Orden *Estilomatoforos.*** Animales casi exclusivamente pulmonados terrestres, con un par de tentáculos anteriores táctiles, y probablemente quimiorreceptores, y un par de tentáculos posteriores con ojos en sus extremos; generalmente, con un atrio genital común, en el que se abren los órganos masculinos y femeninos.
2. **Orden *Basomatoforos.*** Pulmonados acuáticos principalmente, se encuentran en las aguas dulces y rara vez en los hábitats marinos; con un solo par de tentáculos; en general con los dos gonopodos masculinos y femeninos separados.

La lectura de la clasificación de los gasterópodos nos ha permitido, en una vista panorámica, apreciar la enorme variabilidad de estos animales. (ver fig.27 página siguiente).

Pocos animales han logrado colonizar la tierra y las aguas con tanto éxito como lo han logrado los moluscos. Sus miembros han invadido casi todos las clases de hábitats, desde los oscuros y abisales fondos marinos, donde la presión del agua puede convertir en gelatina un cuerpo humano, hasta las mas altas y áridas montañas barridas por los vientos y en donde los humanos pueden encontrar problemas para respirar y vivir en unas condiciones tolerables. Solo tienen como limite las nieves perpetuas.

Soportan las aguas marinas, salobres y dulces. Hay especies en aguas termales. Los ejemplares terrestres viven a pleno sol, en terrenos áridos y dunas, o en la oscuridad de las grutas.

Muchas especies están en clara progresión y otras en regresión. Unas han abandonado la concha que sus antepasados habían formado y que siempre se había considerado como un extraordinario éxito evolutivo. Lo mismo se podría decir de la rádula, de la que han prescindido al cambiar sus hábitos alimenticios. Y de algunos pulmonados terrestres que después de invadir la tierra han tenido que volver al agua.

Todos ellos, aunque no lo parezca, son consecuencia y descienden de un molusco que hace, por lo menos, mas de 530 millones de años se convirtió en un gasterópodo.

Las transformaciones del cuerpo del animal para ocupar todos esos hábitats no han sido fáciles y en la mayoría de las veces incluso traumática.

Seguidamente vamos a estudiar cuales han sido esos cambios y las modificaciones que han tenido que realizar los animales para adaptarse.

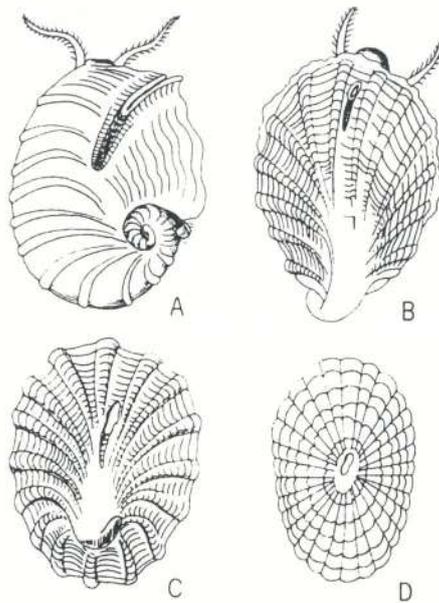


Fig.27 A-D Cuatro estadios de la metamorfosis de *Fissurella*. Comienza con una concha espiralada con una hendidura. A medida que en el borde se va formando la nueva concha, la hendidura va quedando rodeada, para ocupar, finalmente, una posición central

CAPÍTULO SEXTO

EL GRAN SALTO

Actualmente nadie duda que los primeros moluscos vivieron en el mar y que la vida primitiva se desarrolló allí. Aun hoy los procesos vitales fundamentales tiene lugar solamente en condiciones similares a las que se dan en el mar, y la vida fuera de él presenta dificultades casi insalvables. El animal que decida dar el "Gran salto", ya sea al agua dulce o, a los para ellos posiblemente tenebrosa vida terrestre, han tenido que adaptar sus células y tejidos a unas condiciones que le permitan continuar realizando sus procesos vitales en un medio muy distinto.

Solo dos de las ocho clases de moluscos han cambiado de ambiente: bivalvos y gasteropódos han pasado al agua dulces y solo los últimos han osado ocupar la tierra; ya sea pasando previamente por la condición de dulceacuícolas o directamente desde el agua salada.

El primer problema es el agua. El agua de mar es una solución salina que oscila, según lugares, de un 3% a un 3,5%, y la sangre y los líquidos orgánicos de muchos animales tienen una concentración de sales muy similar, por lo que la adaptación es completa y no tienen ningún problema.

El agua dulce más dura tiene solo una pequeña fracción de concentración de sales y los animales que viven en ese ambiente se hallan en el peligro constante de una dilución, que puede resultar fatal, de sus líquidos corporales por la difusión de agua hacia el interior de su cuerpo y la consiguiente salida de sales al exterior.

La inevitables salida y entrada de agua que tiene lugar en los animales de agua dulce entraña una regulación continua de la concentración de los líquidos orgánicos. Baldean gran cantidad de agua que se convierte en una orina muy diluida, al excretarla a través de los riñones. Pero se enfrenta todavía con el problema de la conservación de las sales corporales ya que ningún animal es capaz de excretar agua pura y la perdida de sal, pequeña pero continua, resulta inevitable.

La sal perdida de esta forma puede ser compensada con la que va a incorporar por medio del alimento que consume. Como esta puede resultar insuficiente, existe la posibilidad que los animales incorporen sal a su organismo por medio de unas células especiales concentradoras de sal que suelen situarse en las branquias y que la toman, a partir del agua, aprovechando el proceso de la respiración.

El proceso de respirar no se ve perjudicado al pasar el animal del agua salada a la dulce ya que la proporción de oxígeno en ambas aguas es similar. Las sobresaturadas de aire alcanzan una concentración del 0,70% de oxígeno y las branquias, externas o internas, de finas paredes son capaces de absorberlo.

Otra circunstancia adversa que pueden encontrarse es la temperatura. En el agua marina oscila entre los 0° y 20° centígrados anualmente y por lo general mucho menos. Si las mediciones se realizan diariamente las fluctuaciones son muy ligeras. La temperatura en ríos y lagos del interior son mas variables, dependiendo entre otras circunstancias de la altitud en que se encuentren, y pueden ser extremas si nos referimos a pequeñas charcas de aguas someras que pueden helarse en invierno y desecarse por completo en verano.

a pequeñas charcas de aguas someras que pueden helarse en invierno y desecarse por completo en verano.

Todo ello con independencia de las variaciones en su composición química y, según la flora que mantenga, grandes fluctuaciones en la concentración de oxígeno y de anhídrido carbónico.

Esta inestabilidad en el ambiente hace que la colonización de estos hábitats se haga especialmente difícil para los moluscos. Pero de hecho ninguna de esas circunstancias plantea dificultades insuperables. Se limitan a entrar en un letargo, después de sellar la abertura de la concha, y esperar tiempos mejores.

En Alcoy, ciudad en donde resido, el suministro de agua potable es aportada por un manantial, denominado *El Molinar*, que en ciclos de años lluviosos el agua mana caballera y el caudal sobrante forma el río del mismo nombre. Durante las épocas secas, el agua se extrae mediante bombas y lógicamente el cauce del río permanece seco.

Hace años, durante un largo periodo seco que duró siete años, el agua llegó a bombearse desde una profundidad de más de doscientos metros. El proceso quedó interrumpido por unas lluvias torrenciales, que durante dos días descargó una ingente cantidad de agua y hizo que a las pocas semanas, del manantial volviese a manar agua y el río ha transportarla.

Un día, en mi incesante búsqueda de moluscos, al voltear una piedra me sorprendió la gran cantidad de ejemplares de *Ancylus fluviatilis* adherida a la misma. ¿De donde habían salido?. ¿Cómo habían “invernado” durante siete años?.

No ignoro que este molusco no precisa condiciones demasiado óptimas para vivir y desarrollarse, ya que he llegado a encontrarlo dentro de tuberías o acequias cubiertas que en algún trozo de su recorrido por una rotura accidental de la misma, hizo que pudiera investigar en su interior y encontrar ejemplares de este molusco debajo de una piedra allí situada.

Que el agua sea potable, es decir que contenga cloro, no parece ser un obstáculo para la vida de estos animales, aunque no ocurra lo mismo para otras clases.

En cierta ocasión recogí un par de pequeños peces y unos ejemplares de *Melanopsis dufourii* de una balsa que se nutría del agua que manaba en una fuente situada en la *Sierra de Mariola*, paraje cercano a la población de *Alcoy*.

Los transporte en una bolsa de plástico con agua de la misma balsa y cuando llegué a casa me apresuré a depositarlos en una pecera con el agua, craso error, que normalmente se consume en una vivienda.

Recuerdo que cuando los peces tomaron contacto con el agua se desplazaron rápidamente como intentando huir a ninguna parte y caer casi inmediatamente muertos.

Los moluscos permanecieron, sin problemas, en la pecera durante las varias semanas que los tuve en observación.

La descendencia de los animales que han colonizado el agua dulce también se puede ver afectada, si la biología de la reproducción no hubiese sido modificada para salvaguardarlos de los rigores ambientales.

En primer lugar tienen que regular su balance hídrico y de sales hasta que hallan desarrollado los órganos necesarios para su control.

Un peligro adicional en las aguas dulces es que los ríos y corrientes de aguas, fluyen en definitiva hacia el mar. Para los animales que ya se han adaptado a la vida dulceacuícola, el agua salada es mortal, y el flujo unidireccional de las aguas dulces producen una transferencia continua de animales flotantes desde su ambiente propio hacia el mar. No es el caso de los moluscos ya que o bien se entierran en el fondo como los bivalvos o se aferran a las rocas o plantas como los gasterópodos.

¿ Cómo se efectuó el cambio?

Todos los procesos evolutivos necesitan tiempo. Tal vez millones de años, quizás miles y seguro que se deben de contar por cientos. Desde luego mas años de los transcurridos desde que los moluscos han sido estudiados e indiscutiblemente mucho más de los que puede dedicar, en toda su vida, un investigador.

Nadie lo ha podido comprobar, pero ha ocurrido y posiblemente ha sido así.

Para poder pasar de una habitación a otra, es preciso recorrer un pasillo o por lo menos la puerta que las une. En el caso que nos ocupa ese corredor o puerta es el estuario.

La región en la que un río penetra en el mar y en la que existe una transición desde el agua salada al agua dulce es un ambiente difícil y especializado que pocos animales han ocupado, pero los que lo han conseguido han sido capaces de dar el paso definitivo.

La mayor parte de animales de agua dulce pueden soportar solo una permanencia breve en agua salada. Por ello se deduce que la vuelta atrás es imposible, pues carece del tiempo necesario para una nueva aclimatación, y una vez que el molusco da el paso definitivo la situación se torna irreversible.

Sin embargo los animales marinos toleran cierta dilución del agua en que viven, aunque todos ellos tienen una tolerancia muy limitada en ese aspecto.

Como parece natural, existe una masa de agua salada que procedente del mar se adentra mas allá de la boca del estuario, hasta topar con el agua dulce situada por encima de la cabeza del estuario. De forma que los animales marinos pueden adentrarse una cierta distancia en el interior de este, y los animales dulceacuícolas hacen otro tanto por el suyo.

Sin embargo, solo un pequeño número de especies es capaz de medrar y sobrevivir en la zona media del estuario, y estas precisan especializarse fisiológicamente.

El gradiente de salinidad varia de un estuario a otro, dependiendo de sus características. En los estuarios estrechos con una desembocadura profunda, una lengua de agua marina, más densa, se extiende a cierta distancia hacia arriba de la desembocadura, mientras el agua dulce del río, menos densa, se prolonga por la superficie paralela a la anterior.

La adaptación a estas condiciones no serian tan difíciles si no fuese por el hecho de que la posición de estas masas de agua se desplazan dos veces al día, siguiendo los movimientos de la marea. La influencia de la marea afecta mucho menos a los animales nadadores, los cuales se dejan arrastrar y permanecen estables en una misma masa de agua. No ocurre lo mismo con los animales que habitan sobre el substrato, entre los que se encuentran los moluscos, y son en definitiva los que tienen que adaptarse.

Otro inconveniente, para algunos animales, es que aparte de tener que adaptarse a la salinidad, lo tienen que hacer también con el fango. En su parte mas baja los ríos transportan grandes cantidades de fino limo que se precipita sobre el fondo cuando el agua del río se encuentra con el agua del mar. Esta lluvia pesada y continua de sedimentos excluye a muchos animales, los que se verían sofocados o sufrirían la obstrucción de sus órganos respiratorios o digestivos. Estos inconvenientes para algunos, se tornan en ventajas para otros animales, entre los que casualmente se encuentran los moluscos.

Al encontrarse en un ambiente tan hostil, en primer lugar evitan la ocasión de tener que cruzarse con un posible depredador a la vez que disfrutan de una alimentación sin mucha competencia y que consiste en una fina capa de bacterias y algas que continuamente se depositan encima de los sedimentos.

En un estudio realizado en los bancos fangosos del centro de los estuarios de la costa atlántica Europea se localizaron seis especies diferentes de invertebrados: una especie de poliqueto, otra de un pequeño oligoqueto y un anfípodo. Además se localizaron tres especies de moluscos (50% de los animales localizados) de los cuales dos eran bivalvos y el otro un gasterópodo: *Hydrobia ulvae*.

Corriente abajo podemos encontrar formas marinas más resistentes como son los mejillones y las lapas, que son capaces de soportar, al cerrarse herméticamente, tanto el agua dulce como su exposición al aire.

Corriente arriba aparecen los primeros gasterópodos de agua dulce y que tal vez, hace algunos miles de años, ocupaban los hábitats antes descritos.

El litoral marino

Es la banda de tierra que se halla periódicamente cubierta y después descubierta por la marea y que según lugares oscila desde apenas un metro a varias decenas de ellos. A primera vista parece la puerta que separa la vida marítima de la terrestre, de la misma forma que el estuario es el pasillo que une la vida marina con la dulceacuícola.

De hecho el litoral es un ambiente marino y pocos invertebrados terrestres osan acercarse, guardando siempre una prudencial distancia. Ni los animales terrestres ni los dulceacuícolas pueden soportar la inmersión en agua de mar, pero un número sorprendentemente elevado de animales marinos soporta bien una exposición temporal al aire.

Con la marea baja la playa pierde todo vestigio de vida: las lapas se pegan a las rocas, los mejillones cierran herméticamente sus valvas, los gasterópodos se esconden en grietas y bajo las rocas. Cerrando con el opérculo su abertura. Y, por último, los bivalvos se entierran en la arena. Todo ello para poder soportar, durante unas pocas horas, unas condiciones de vida que aunque no les resulta extraña, no podrían soportar durante un periodo excesivo de tiempo.

El litoral es un microcosmo extraordinario. En el espacio de pocos metros, desde el límite más extremo de la bajamar, donde la playa se encuentra raramente expuesta al aire, hasta el nivel más alto, alcanzado solo por las salpicaduras de las olas en la pleamar máxima, existe un cambio ecológico tan grande como el que se puede dar entre la falda y la cumbre de una montaña.

El ejemplo más claro de adaptación a los distintos niveles de la zona de marea lo ofrecen, en la costa atlántica europea, tres especies de un mismo género: el de la *Littorinas*. La parte baja de la marea está colonizada por la *Littorina littorea* o bigaro común que suele ofrecerse, en grandes cantidades, en los mercados de alimentación, y que vive sobre las rocas desnudas. *Littorina obtusata*. O bigaro plano, de vivos colores y que vive sobre las algas, y por último la *Littorina neritorides*, el bigaro enano, que ocupa la parte más alta, incluso por encima de la pleamar. Escondido en las oquedades de las rocas para protegerse de su mayor enemigo: las pisadas de los humanos que frecuentan los espacios rocosos de las playas de moda. Tienen que soportar temperaturas tórridas y frecuentemente periodos de absoluta falta de agua. Si se encuentra en una charca que solo recibe agua marina después de una gran tempestad debe soportar temperaturas del agua superiores a los 40° C y una sobresaturación de sal al irse el agua, poco a poco, evaporándose. Las dos últimas especies descritas que deben

pasar largos periodos de tiempo expuestas al aire. Han tenido que modificar su cámara branquial, formando un pulmón simple que durante largos periodos de tiempo les puede permitir respirar aire. Sin duda han dado el primer paso para convertirse en especie terrestre.

¿Qué puede haber ocurrido para que un animal abandone un hábitat, en teoría, perfecto como es el marino?.

Con temperaturas suaves y una gran fuente de alimento, a cambio de unas condiciones ambientales de temperaturas extremas y viviendo prácticamente en un desierto rocoso.

Solo se me ocurre una respuesta: seguridad. Simplemente proteger su vida de la multitud de predadores que pululan por las costas de todo el mundo y que en apenas unos segundos pueden pasar de ser verdugos de unos a víctimas de otros.

Tanto se han identificado a la vida terrestre, que son incluso animales vivíparos, por lo que no tienen que arriesgarse a ir a la parte mas baja de la playa ni siquiera para reproducirse. Asignatura pendiente de muchas especies, que solo exponen su vida en el momento supremo que significa la perpetuación de la especie.

Las aguas dulces

Cuando una especie, después de un prolongado proceso de adaptación, logra instalarse en un hábitat dulceacuícola y, a excepción de que como condición indispensable debe regular la concentración de sales en sus líquidos orgánicos, las condiciones ambientales que encuentra no son muy distintas a las de sus parientes marinos que viven en situación comparable.

Existen básicamente dos tipos de ambientes de agua dulce.

A.- Ríos y torrentes; con corrientes unidireccionales de mayor o menor intensidad según el desnivel del terreno por donde transcurre.

B.- Estanques y lagos: aguas calmadas que aunque pueden existir corrientes producidas por el viento no son tan rápidas ni conducen solo en una dirección.

Los ríos pasan a través de varias etapas desde su nacimiento hasta llegar al mar. Al nacer como arroyos de montaña, son de curso rápido, turbulento de aguas claras al no arrastrar sedimentos en suspensión y generalmente con pocas sales disueltas.

En estos ambientes y adheridos a las piedras existen unas pequeñas lapas de agua dulce, pertenecientes al genero *Ancylus* que tienen una forma aerodinámica para poder hacer frente a las fuertes corrientes y un pie modificado en ventosa para una mayor adherencia. Para soportar las épocas de sequía no necesita el agua para respirar ya que son pulmonados. Pero se supone que si la precisan para alimentarse y mantener un cierto grado de humedad pues en caso contrario no viviría en ese ambiente. De todas formas deben de tener algún control biológico, que desconozco, pues como ya he comentado con anterioridad, he podido comprobar la existencia del *Ancylus fluviatilis* en el río *Molinar*, después de siete años de sequía.

Otras especies de gasterópodos como: *Limnaeas*, *Physas* y *Planorbis* medran en arroyos y ríos de corrientes menos rápidas. La carencia de sales, especialmente el calcio, evita que estos animales confeccionen una concha calcárea, siendo las que ocupan de constitución cornea.

Cuando el río llega a la llanura, forma meandros y pequeños estanques, son anchos y poco profundos y allí pueden depositar el fango y los limos que venia arrastrando.

Es el hábitat ideal para la *Anodonta*, un bivalvo filtrador, grande, que segrega una concha más cornea que calcárea, cubierta por un periostato, que cuando se seca, produce tal tensión en la concha que llega incluso a romperla.

El calcio es un material insustituible para que los moluscos puedan fabricar su concha. Los bivalvos de agua salada confeccionan una concha más sólida que los de agua dulce, debido a la mayor abundancia del calcio en su ambiente.

Los *Spondylus*, bivalvos marinos, parecidos a las ostras, de gruesa concha protegida por largas espinas y que habitan cementados al coral y por lo tanto en ambientes coralinos que son fuente inagotable de cal. Se ha comprobado que los animales que habitan en la zona de marea, en donde el roce del agua y de los materiales que esta lleva en suspensión, produce un mayor desgaste en los arrecifes que saturan de cal el agua que los rodea, son más gruesos y sus ramificaciones más largas que los ejemplares, de la misma especie, que ocupan espacios más tranquilos.

Salto a tierra

Si pasar del agua salada al agua dulce es un problema para los moluscos, el pasar al medio terrestre desde cualquiera de los dos ambientes anteriores multiplica esas dificultades.

Si para los duceacuícolas su principal problema es afrontar la dilución de las sales corporales por el exceso de agua dulce, en los terrestres es a la inversa: deben evitar la concentración de los líquidos orgánicos por la pérdida de agua por evaporación. Dicha pérdida de agua, tan nefasta, puede mitigarse hasta cierto punto.

Habitar ambientes húmedos es la más lógica. Gran parte de los moluscos están provistos de una concha cuya boca puede sellarse de diversas formas aislándolos completamente del ambiente exterior. Los que no tienen concha, como las babosas, envuelven el cuerpo con una capa de mucus, que si bien no evita la pérdida de humedad, la reduce sensiblemente.

La impermeabilización no puede ser permanente pues el animal necesita respirar y esa simple acción representa una pérdida.

El aire, sin embargo, contiene una concentración de oxígeno del 20%, muy superior al 0,70% que contiene el agua. La respiración de los animales terrestres puede ser más espaciada e incluso detenerse por un periodo de tiempo más largo. Los caracoles terrestres sumergidos en agua tardan 24 horas en ahogarse.

Por esta causa el fin primordial de los moluscos terrestres es dosificar sus reservas de agua y esa es una tarea que corresponde a los órganos excretores.

Los moluscos terrestres conservan el agua mediante la excreción de unas heces completamente secas y una orina muy concentrada. Sin embargo la concentración de la orina es peligrosa y debe acarrear unas ulteriores adaptaciones.

El amoniaco que el cuerpo produce, es un producto muy tóxico y su concentración en la orina podía alcanzar un nivel letal para el animal. Los animales que sufren falta de agua evitan ese peligro convirtiendo, por lo menos parte de ese amoniaco, en una sustancia menos nociva. Los moluscos terrestres del género *Helix* han optado por convertirlo en ácido úrico, mediante una oxidación de los derivados púricos. Esta sustancia es menos soluble que el amoniaco, de forma que aunque excretándola el animal evita el riesgo de envenenamiento, debe resolver ahora el problema de que el ácido urico pueda cristalizar en los minúsculos conductos renales, bloqueándolos. Como defensa, la concentración de la orina no tiene lugar en estos conductos, sino que se retrasa hasta el último minuto. Frecuentemente es la parte final de los intestinos, el recto, el encargado de realizar esa función.

De pasada, anteriormente, hemos mencionado que habitar en ambientes húmedos era la opción más lógica que podían optar los moluscos terrestres. De hecho la mayor abundancia de ellos se encuentra en el sotobosque, en huertas de regadío, alrededores de las fuentes y en las riberas de los ríos. Pero como hay muy pocos lugares en la tierra, en los que no puedas encontrar un molusco. También habitan las cuevas, en donde aprovechan el 100% de humedad que pueda haber en el ambiente. En los desiertos y playas arenosas, con el único requisito de que exista algo de vegetación y donde, aun en los meses más calurosos, aprovechan el agua que deja el rocío, sobre las hojas, por las noches.

La temperatura del agua es menos extrema que la de la tierra en donde, según estaciones y lugares, se puede pasar de -30°C de diferencia. Los caracoles que viven en esos ambientes, normalmente situados en montañas con pobre vegetación, no obturan su abertura con un tenue velo, como hacen muchas especies, sino con un verdadero tapón de cal, como hacen los individuos del género *Sphincterochila*, para entrar en un letargo cuando las condiciones son extremas.

Los moluscos terrestres han tenido que cambiar sus hábitos reproductores. Los espermatozoides y los huevos no pueden ser liberados simplemente en el medio circundante, como ocurre con frecuencia en los animales marinos. Por lo que la fecundación tiene que realizarse directamente. La mayoría de los moluscos terrestres son hermafroditas, en el que ambos elementos sexuales se hallan presentes y son funcionales en el mismo individuo. Esta ventaja evolutiva es indispensable para el buen fin de la reproducción si se tiene en cuenta la limitación de movimiento de los caracoles terrestres y lo esporádico que pueden ser sus encuentros.

La concha.-

La concha es el carácter externo más sobresaliente de la mayoría de los gasterópodos; generalmente esta enrollada, y a menudo ornamentada y con bonitos colores.

La concha es muy variable y generalmente se puede reconocer a la gran mayoría de las especies por su forma, ornamentación, dibujo o color.

Las conchas de cada especie tienen unas características que pueden parecer insignificantes desde el punto de vista funcional, pero son constantes y parecen estar fijadas genéticamente.

La mayoría de los gasterópodos tiene una concha dextrorsa, es decir enrollada en el sentido de las agujas del reloj, si el enrollamiento es a la inversa, se la denomina sinistrorsa. Algunas especies pueden tener ambos tipos de conchas, pero estas últimas, que no son muy frecuentes, se consideran simples aberraciones.

La formación de la concha comienza en la larva; al principio es una especie de casquete, después forma una espira plana que, generalmente, evoluciona gradualmente hacia una espiral cónica.

Las primeras espiras de la concha embrionaria constituyen la protoconcha y que, en muchas especies, se conserva hasta la edad adulta y se distinguen del resto de la concha por su ornamentación o en el enrollamiento. Esta circunstancia permite identificar conchas aparentemente iguales como especies diferentes.

Cada espira de la concha se une con la siguiente en una sutura; la última espira, que contiene el cuerpo, lleva la abertura por donde salen la cabeza y el pie. La forma de la abertura es muy variable, dependiendo de la conformación de la concha, de la presencia o ausencia de un sifón inhalante o hendidura anal, y de la medida en que el manto se extiende sobre sus bordes.

Algunas conchas son planas como las de las lapas y orejas de mar (*Haliotis*). Esta forma es característica de los animales sedentarios que viven adheridas a las rocas. Algunas conchas aplanadas constan de unas pocas espiras muy anchas pero otras han perdido su carácter espirado y presentan una forma de copa, semejante a los primitivos gasterópodos. Sin embargo todas las especies actuales, con este tipo de concha, empiezan su vida con una concha espirada bien definida y pierde esta forma a medida que se va formando la nueva concha durante su crecimiento.

Cuando la concha tiene forma de copa, el cuerpo esta menos firmemente adherido a ella, porque al faltar la columela espirada, solo esta sujeto por el músculo dorsal que la fija.

La concha no solo presenta ventajas; ofrece protección, pero a expensas de un aumento de peso. En muchos gasterópodos se observa una fuerte tendencia a la reducción del peso superfluo de la concha; esta tendencia se observa mas claramente en los opistobranquios.

La reducción de la concha esta asociada con la detorsión y en general el grado de detorsión esta estrechamente relacionado con el grado de reducción y en algunos casos la concha desaparece por completo. Estas tendencias van asociadas a un aumento de la movilidad, pues muchos opistobranquios son pelágicos, buenos nadadores pero han conservado la costumbre de reptar. La concha es una carga mas pesada en la tierra que en el mar, y los gasterópodos terrestres, en general, tienen una concha muy delgada, y quizás las babosas terrestres representan la etapa final de una línea adaptativa, que tiende a la reducción del peso de la concha y posiblemente a su desaparición.

Algunas formas tratan, por todos los medios disponibles, hacer las conchas más ligeras y manejables sin perder ninguna de sus ventajas. La *Rumina decollata* es un gasterópodo terrestre que rompe y desecha las espiras mas altas, dando la impresión a los inexpertos que se trata de restos de la concha sin ningún valor.

Las neritas, olivas y porcelanas reducen el peso de la concha por reabsorción de los tabiques internos y que les sirve como aportación de calcio extra para construir la misma; esto tiene una ventaja suplementaria, porque las vísceras, enrolladas muy apretadamente, se relajan y se adaptan a un espacio interno más amplio.

¿ Pero que les indujo a suprimir la concha?

Si la adopción de una concha, fue una opción evolutiva acertada para muchos. ¿Por qué, posteriormente, han optado por suprimirla?

En primer lugar hay que tener en cuenta que esa opción no era absolutamente imprescindible. Los aplacoforos no la aceptaron y aunque no han evolucionado como sus compañeros han logrado sobrevivir hasta el presente y de eso ya hace 600 millones de años. Por otra parte otra clase de moluscos como los cefalópodos, en principio todos testáceos, han prescindido completamente de la concha y nadie puede negar que son los moluscos mas inteligentes y evolucionados. Si no hubiesen prescindido de ella posiblemente tampoco les hubiera ido demasiado mal como demuestran los *Nautilus*, auténticos fósiles vivientes, que han logrado sobrevivir hasta nuestros días.

Cuando un animal evoluciona y toma una decisión de cambio, tiene que tener en cuenta una serie de condicionantes. El mas importante es la reproducción, ya que en definitiva es la encargada de perpetuar la especie y demostrar su éxito evolutivo. El Argonauta que ha solventado el problema de la adaptación sin la concha, no ha podido solventar el de la reproducción sin la misma. La hembra tiene que confeccionar una concha para poder transportar los huevos hasta que eclosionan. Una vez cumplida su misión, la concha es abandonada.

Pero dejemos ya a los cefalópodos de los que nos ocuparemos con mayor profusión mas adelante y centrémonos en los gasterópodos que son los que nos ocupan actualmente.

Si otros moluscos han conseguido vivir sin la concha. ¿Por qué no podían conseguirlo también los gasterópodos?

En primer lugar ya hemos comentado que la concha puede ser necesaria pero no determinante. Es buena si no hay una solución mejor, pero si encontramos otra alternativa. ¿Para qué conservarla?

La concha protege a los moluscos de una clase de predadores pero no de otros. Todos los que hemos tenido la ocasión de recoger conchas en las playas, alguna vez, hemos observado que algunas tienen un agujero perfectamente redondo. Dicho agujero probablemente lo ha provocado un gasterópodo del genero *Natica* que posee una rádula que actúa como una barrena y con mucha paciencia, tarda varias horas en completar su trabajo, logra horadar la concha para poder introducir unos jugos digestivos que disuelven al animal para que posteriormente pueda ser absorbido.

El animal que sufre este ataque, si no tuviese la concha posiblemente podía haber escapado mas velozmente, haberse ocultado en una grieta más profunda o, por ultimo, como hacen algunos nudibranchios, proveerse de unas papilas venenosas que no lo hagan apetecible al predador. Otros gasterópodos son capaces de soltar un chorro de tinta como hacen algunos cefalópodos para desorientar a su atacante y poder escapar.

Esa ventaja no solo la han aprovechado los gasterópodos marinos sino incluso también los terrestres, como las babosas, con la agravante de que estos no solo necesitan la concha para protegerse sino también para poder conservar la humedad. El problema se soluciona simplemente con no abandonar los lugares húmedos.

La fabricación de la concha.-

El manto también denominado “palio” es una suerte de pliegue externo que recubre el cuerpo de los moluscos y es el encargado de la construcción de la concha.

Su borde externo forma el periostrato, mientras que las restantes zonas forman la concha propiamente dicha, contribuyendo tanto a su crecimiento, en espesor, como al incremento de sus dimensiones.

El periostrato cubre por completo la concha, es de naturaleza proteica, por lo tanto orgánica. Inicialmente se origina como una simple capa homogénea que posteriormente se diversifica en dos o más capas. La concha constituye una estructura de carbonato cálcico originada del siguiente modo: los iones de calcio procedentes del medio ambiente externo se incorporan al animal, que los lleva por vía sanguínea hasta el manto y de aquí al liquido extrapaleal situado en el espacio comprendido entre el manto y la concha. A este nivel tiene lugar la formación del carbonato cálcico, que en una construcción serian los ladrillos, que quedan englobados por la conquiolina, el cemento, que a su vez también es segregada por el manto hacia el espacio extrapaleal, para la formación de la concha.

La composición del liquido extrapaleal, que depende de la concentración de las diversas sustancias en la sangre y en los tejidos; y a su vez, por lo tanto, de la composición del medio ambiente externo, determina la naturaleza química y la conformación de la matriz de la conquiolina y la morfología y la tasa de crecimiento de los cristales de carbonato cálcico.

En relación con la morfología de los cristales, conviene recordar que el carbonato cálcico puede cristalizar de diversas formas, y dos de esas formas están presentes en la concha de los moluscos: calcita y aragonito.

Por tanto la estructura de la concha depende de su naturaleza y del tipo de agregación que adopten estos cristales. La calcita se presenta como una estructura microcristalina de prismas orientados perpendicularmente a la superficie y forma el ostrato. En cambio, el aragonito tiene una estructura laminar paralela a la superficie interna de la concha y constituye el hipóstraco, o nácar, de aspecto iridiscente. Hay una tercera capa: el periostraco. Ocupa la parte externa de la concha y esta formada por una concentración mínima de sales minerales y una sustancia orgánica, la conquiolina, que forma una estructura microcosmica reticular.

No siempre las tres capas están presentes, conjuntamente, en todas las conchas. La capa de nácar falta en muchas conchas y la capa de conquiolina (periostrato) en unas pocas. Sin embargo la constituida por calcita esta siempre presente.

Posiblemente lo que más nos atraiga de una concha es su colorido.

El color de la concha es de origen físico, en las nacaradas, y químico en las calcáreas.

Son pigmentos orgánicos de diversas composiciones, que se fijan a la calcita a medida que la concha crece y son segregados igualmente por el manto.

En las conchas terrestres el colorido tiene la misión específica del camuflaje. En las marinas frecuentemente el periostrato oculta los colores y dibujos y cuando este no existe, como por ejemplo en la cypraeaes, es el mismo manto el que oculta la concha.

En estos casos es el manto y no la concha la que realiza la función de camuflaje.

Las conchas de muchas especies de la familia de las *Ovulidae* contrasta con la forma y color de los corales en donde habita y, sin embargo, cuando extiende su manto pasan completamente desapercibidas.

Parece ser que la dieta y las condiciones ambientales exteriores tienen mucho que ver en el colorido de la concha, que puede ser uniforme cuando esta segregado de modo continuo o forman dibujo variados cuando las células que los producen detienen, por un tiempo, su trabajo.

En los moluscos existen cuatro sustancias que se encargan de fabricar todos los colores que pueden aparecer en una concha:

- La melanina produce los negros y marrones.
- Los carotenoides: amarillos y anarajados.
- Los indigoides: rojos, azules y violetas.

Y por ultimo,

- Las porfinas producen el verde que es el color menos común.

La respiración.-

La respiración es una función de capital importancia en la evolución de los gasteropodos que han sido los únicos moluscos capaces de ocupar hábitats terrestres.

Las modificaciones del aparato respiratorio de los gasteropódos nos muestran perfectamente las distintas etapas en la evolución de estos animales. Posiblemente, antes de producirse la torsión, han podido haber gasteropódos con varios pares de branquias, como ocurre actualmente con los Monoplacoforos o con solo dos pares, como tienen los cefalópodos tetrabranquios actuales. Hasta nuestros días solo han llegado gasteropódos con un par de branquias y de ahí debemos partir en nuestro estudio.

La torsión hace que la cavidad paleal se traslade hacia delante, colocando los ttenidios pares por encima de la cabeza y con el ano situado entre las branquias.

Esta disposición es característica de los arqueogasteropodos dibranquios. Otros gasteropodos antiguos son monobranquios, es decir que tienen una sola branquia pero conservan restos de la aurícula derecha.

Los mesogasteropodos tienen una disposición branquial semejante a estos últimos pero han perdido por completo los restos de la aurícula derecha.

La tendencia evolutiva que les sigue en importancia implica la reducción del ctenidio izquierdo, que llega a adherirse a la pared del manto, a lo largo de todo su eje.

En estos momentos los filamentos branquiales están libres en la cavidad paleal y se encuentran situados a ambos lados del eje. Después de la reducción de las branquias, los filamentos de un lado han desaparecido por completo y los del otro lado se adhieren a la pared del manto. Esta branquia adherida unilateralmente se le denomina monopectinada. El último estado de la reducción de las branquias implica la desaparición de los últimos filamentos branquiales que quedaban y el que la pared del manto contenga los elementos vasculares que antes estaban en los filamentos.

De este modo la pared del manto se convierte en la zona donde ocurren los intercambios respiratorios, funcionando como un pulmón aéreo o acuático.

La reducción de ctenidios en los gasteropódos monobranquios parece estar favorecido por la exposición al aire libre. Es pues una adaptación previa a la formación de un pulmón que le permita invadir la tierra.

Muchas gasteropódos que viven en la zona intermareal y que están sumergidos en el agua y expuestos al aire alternativamente, han reducido mucho el ctenidio izquierdo, y en algunos han desaparecido por completo. En estas formas se desarrolla un verdadero pulmón, semejante al de los pulmonados y esto ha ocurrido independientemente en varias familias de prosobranquios.

Los prosobranquios con pulmón se pueden reconocer fácilmente por la gran abertura de la cavidad paleal, en contraste con la abertura más pequeña, el pneumostoma, característicos de los pulmonados.

Paralelamente a la detorsión y a la reducción de la concha, los opistobranquios tienden a perder la cavidad paleal. Algunos tienen un solo ctenidio reducido y una sola aurícula, demostrando con esto que pueden haber derivados de grupos ancestrales de prosobranquios. No obstante, muchos carecen de ctenidios, por lo que para los intercambios respiratorios dependen de la superficie del cuerpo o de branquias secundarias derivadas de esta.

Los pulmonados tienen una cavidad paleal anterior con las paredes muy vascularizadas.

La sangre vuelve a una sola aurícula, lo que demuestra que descienden de los prosobranquios monobranquios. El manto está comprimido contra el lado derecho del pie, dejando solo un pequeño orificio, el pneumostoma, a través del cual entra y sale el aire.

Los pulmones de los gasteropódos pueden funcionar como pulmones de difusión, es decir que el aire llega a las superficies pulmonares por simple difusión. Sin embargo, algunos son pulmonados de ventilación, donde el aire puede ser inspirado y expirado con movimientos de ventilación más o menos regulares.

Un ciclo de respiración normal incluye los siguientes pasos:

1°.- Apertura de pneumostoma.

2°.- Bajada del suelo de la cavidad paleal para aspirar el aire.

3°.- Cierre del pneumostoma.

4°.- Relajación de los músculos de la cavidad paleal, reduciendo su volumen e imprimiendo una ligera presión al aire para facilitar la absorción del oxígeno que contiene.

5°.- Y apertura del pneumostoma, permitiendo que el aire salga para poder iniciar de nuevo el proceso.

Todos sabemos que un pulmón es más eficaz cuando mayor es la superficie del mismo en contacto con el aire que aspira. La capacidad de un pulmón esta en consonancia con el animal que lo alberga.

Algunos gasterópodos, como los Janelidos, han ampliado su capacidad pulmonar gracias a unas invaginaciones tubulares de la pared del pulmón que forman las traqueas, que se extienden por todo el cuerpo, penetrando en los senos sanguíneos, donde el intercambio gaseoso y la absorción del oxígeno puede efectuarse con la máxima eficacia.

Es evidente que el pulmón de los pulmonados se desarrolla como una adaptación a la vida terrestre, pero no esta restringido únicamente a los pulmonados terrestres.

Como hemos comentados en capítulos anteriores, la vuelta atrás en la evolución de los moluscos se ha producido en diversas ocasiones y esta es una de ellas. Muchos de estos han vuelto a las aguas dulces y unos pocos al mar; algunos respiran el aire en la superficie antes de introducirse en el agua y otros tienen el pneumostoma localizado en el extremo de una trompa, de manera que puedan respirar el aire mientras el animal esta sumergido.

Cuando iniciaba mi actividad malacológica solía recoger algunos ejemplares de *Melanopsis dufourii* del fondo de una balsa de dos metros de profundidad y con el fondo cubierto de cieno. Aunque los animales estaban ocultos, el rastro que dejaban en el cieno facilitaba su localización y captura por medio de una red.

Son pulmonados y para poder respirar no reptan por las paredes del estanque o balsa para poder alcanzar la superficie. Simplemente sueltan un lastre y ascienden rápidamente, respiran y una vez de nuevos lastrados descienden hasta el barro del fondo en donde obtienen seguridad y alimentos.

Me extrañaba que un animal que vivía permanentemente en el agua fuese pulmonado. Esa circunstancia solo podía deberse a que estaban a punto de dar el salto a tierra firme o por el contrario ya habían probado esa opción y al no darle el resultado previsto, optaban por volver a su hábitat natural y que probablemente no debían de haber abandonado nunca. Aunque rectificar siempre ha sido de sabios.

Si existía alguna duda, de cual de las dos opciones era la correcta, creo que ha quedado suficientemente decantada a favor de la segunda, visto el sistema respiratorio de los *Melanopsis* y la evolución de este en la historia de los moluscos.

La reproducción.-

Cuando un animal decide abandonar un medio acuático para trasladarse a otro terrestre, tiene que solucionar, básicamente, cuatro problemas:

- 1º.- Protección contra la deshidratación.
- 2º.- Locomoción
- 3º.- Alimentación
- 4º.- Reproducción.

De los tres primeros ya hemos estudiado la forma que los moluscos la han solucionado, aunque en algunos casos, como en la locomoción, no han modificado casi nada pues han empleado el mismo sistema para desplazarse que es el de la reptación.

Como no es lo mismo reptar sobre superficies húmedas y lisa como la que podemos encontrar normalmente debajo del agua, a hacerlo sobre una superficie seca y áspera, es por lo que tienen que segregar un mucus para facilitar su desplazamiento.

Pero vamos ya con el tema que titula este capítulo.

La reproducción es mucho más que la simple sustitución de una pareja de animales por otra de descendientes que sobreviven lo suficiente para reproducirse a su vez.

La reproducción proporciona una oportunidad para la preservación de un grado de variabilidad en la población, que puede ser importante en un sentido evolutivo a corto plazo. Con frecuencia representa la oportunidad para que los miembros una especie exploren y colonicen nuevos territorios y a largo plazo puede evolucionar a una especie diferente.

En los invertebrados hay dos formas de reproducción.

La asexual en la cual un individuo es capaz de reproducirse vegetativamente, es decir, hacer brotar, crecer y proliferar nuevos individuos que son copia de la madre y la sexual que es la que emplean los invertebrados más evolucionados y entre ellos, como no, los moluscos.

La importancia de la reproducción sexual reside en el hecho de que la descendencia recibe una herencia genética de dos partes, de forma que no son replica exacta de la madre y la población permanece variada y heterogénea.

El beneficio de esta variabilidad se aprecia cuando cambian las condiciones ambientales. Entonces los individuos que previamente se encuentran en desventaja y no sobrevivían en tan gran número como las otras variantes mejor adaptadas, pueden ser más favorecidos y el equilibrio de la población cambia. Igual podría ocurrir que esa variación en las condiciones ambientales terminase con los más débiles y solo sobreviven los mejor adaptados.

Sea como fuese, lo cierto es que esta forma de adaptabilidad de la población prima más al conjunto que a cualquier individuo de la misma.

La capacidad de la población para producir nuevos individuos depende del número de hembras capaces de reproducirse. Sin embargo cuando la reproducción es sexual la proporción de hembras está limitada por la existencia de machos suficientes para asegurarse que todas ellas sean fertilizadas.

El equilibrio es necesario tanto en el ámbito reproductivo como para asegurar la continuidad de la especie.

Si un macho es solo capaz de fecundar a una única hembra. A salvo de predadores y en un área limitada en recursos alimenticios, es más fácil que se reproduzcan y sobreviva una sola pareja, que una colonia de un solo macho o hembra y un millar de individuos del sexo opuesto, que son inútiles, todos excepto uno, reproductivamente; pero que pueden terminar con los recursos energéticos de la zona y provocar la extinción de la especie.

Aunque podemos encontrar grandes colonias de caracoles. El ejemplo más claro, en nuestra zona, es la especie *Theba pisana*, que la solemos encontrar sobre tallos de hierba formando grandes racimos. Normalmente viven en solitario y los encuentros entre individuos de la misma especie son, a veces, raros y esporádicos. La posibilidad de que el encuentro sea entre individuos de sexo diferente la reduce a un 50%, y esa alternativa hay muchas especies que no se la pueden permitir.

La naturaleza es sabia y por ese motivo inventó el hemafroditismo.

La mayoría de los prosobranquios son dioicos, es decir que individuos distintos producen gametos masculinos y femeninos.

Ser macho o hembra depende de factores genéticos, hormonales y en algunos casos por influencias ambientales. Por la concha es prácticamente imposible saber el sexo de un molusco, salvo en caso muy puntuales como por ejemplo el de la concha de

Cassis cornuta, que la del macho es más pequeña y provista de una protuberancias, que dan lugar a su nombre específico, mas desarrolladas que las de las hembras.

El hemafroditismo, en el que ambos elementos sexuales se hallan presentes y son funcionales en el mismo individuo esta bastante extendido.

Existen dos clases de hemafroditismo: el proterándrico en el que el animal funciona primero como macho y después como hembra y el proterogínico en el que poseen ambos sexos simultáneamente.

Entre los primeros el caso más curioso es el de la especie *Crepidula fornicata*. Se presenta a la vista del curioso formando una cadena de conchas superpuestas con la más grande de ellas situada en la base y las sucesivas van disminuyendo paulatinamente de tamaño. La posición semeja a la del acto correspondiente a su nombre específico. Aunque la base de la cadena la forman las hembras y los machos ocupan lugares elevados no están realizando ninguna función reproductora, sencillamente porque son estériles. Los individuos de esta especie nacen como machos pelágicos que producen esperma para fecundar a las hembras ya establecidas. Una vez cumplida su misión se posa formando una nueva cadena o sobre una hembra sedentaria y, tras una fase estéril, se convierten en hembras que ponen huevos y que serán fecundados por otro individuo, pero nunca perteneciente a su misma cadena, con lo que se asegura una variabilidad genética. Sin embargo son los proterogínicos los que imperan sobre los gasterópodos, excepto los más primitivos, pero no en los demás moluscos.

El hemafroditismo plantea un buen número de interesantes problemas biológicos. El más importante de ellos es la autofecundación que aunque se da en algunas clases de invertebrados no la es en los moluscos que toman una serie de medidas para evitarlo. Los animales tienen una sola gónada que produce a la vez espermatozoides y óvulos y que se abre paso en un solo conducto que esta generalmente dividido, por pliegues longitudinales, en un conducto de esperma y otro de óvulos.

Dichos conductos terminan en un poro que se encuentra cerca de la entrada de la cavidad paleal y en el lado derecho del cuerpo.

El pene no esta cerca del poro genital, por lo que el esperma debe ser conducido por la superficie del cuerpo, a través de un canal ciliado, hacia el pene que esta situado mas anteriormente.

Con este sistema la fecundación cruzada se asegura.

Los *Helix* realizan una curiosa ceremonia nupcial. Los dos animales se acercan en sentido inverso, como si se cruzasen en el camino, de forma que sus dos lados derechos entren en contacto. A la vez que los penes se encaran con el órgano femenino de su pareja. Lanzan un dardo calcáreo que se introduce profundamente en los órganos internos de su oponente, posteriormente tiene lugar la cúpula y el intercambio mutuo de espermatozoides.

Un sistema perfecto para aprovechar todas y cada una de las oportunidades de apareamiento.

Esta forma de fecundación es mas evolucionada y segura para los gasterópodos modernos y necesaria para los pulmonados terrestres que no tienen otra alternativa.

No ocurre lo mismo con los arqueogasterópodos cuya fecundación es todavía externa y se limitan a producir y expulsar una ingente cantidad de espermatozoides y óvulos para que la suerte pueda unir algunos y el resto sirva, por lo menos, como alimento a otras especies.

La evolución de los gasterópodos también esta reflejada en el desarrollo de los huevos.

En los arqueogasteropodos no están encerrados en cápsulas, y dan las lavas trocoforas nadadoras típicas de otros moluscos. Todos los demás huevos de

gasteropódos eclosionan en un estado más tardío. En general los prosobranquios y los opistobranquios eclosionan como larvas nadadoras libres, algo más evolucionadas que las trocóforas. Este estado se llama larva veliger. Los pulmonados van más allá, manteniendo la larva veliger encerrada dentro de la membrana del huevo y eclosionan ya con la forma de diminutos caracoles.

CAPÍTULO SÉPTIMO

LOS BIVALVOS

El nombre bivalvia, adoptado por Linneo en 1758 para designar las conchas con dos valvas, es la clase de moluscos bautizada con los nombres mas dispares. En 1814 Blainville propuso el nombre de *Lamelibranchiata* (Lamelibranquios) por tener las branquias en forma de laminas. Pero en realidad es solo una subclase de los bivalvos que se llama también *Eulamelibranquios* y solo representan el 60% del total de las especies de esta clase. Por la misma razón podrían haberse llamado *Protobranquios* que son los que presentan los caracteres más primitivos y poseen una branquias dispuestas en dos series de laminas triangulares. Tambien existe otra subclase denominados *Filibranquios*: que presentan unas branquias formadas por filamentos alargados y plegados que forman una asa bifurcada en su terminación y unidas por unas simples conexiones ciliadas. Y por ultimo *Septibranquios* que tienen una branquias en forma de septo.

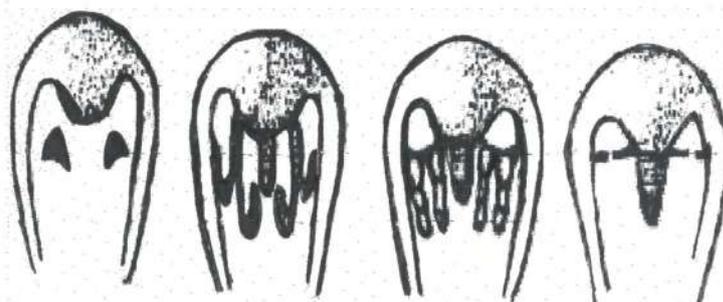


Fig 28. De izquierda a derecha branquias de Protobranquio, Filobranquio, Eulamelibranquio, Septibranquio respectivamente.

Otro nombre con el que fue bautizada esta clase es el de *Pelecipodos*, dado por Goldfuss en 1820, que significa pie de hacha, simplemente porque algunas especies, principalmente las excavadoras, tienen en la terminación del pie un engrosamiento con la forma del hierro de una hacha. No es lo suficiente común este hecho para poder otorgarle este nombre.

El menos conocido de los nombres que se les da es el de acefalos (sin cabeza) y fueron bautizados así por Link en 1807. Aparentemente es cierto, pues algunos bivalvos, como por ejemplo los mejillones, no la tienen; pero otras especies, aunque en forma reducida, si la poseen.

El nombre mas adecuado para esta clase de moluscos es el de bivalvos. En primer lugar porque así fueron bautizados, inicialmente, por Linneo en 1858 y en definitiva porque todos poseen dos valvas.

Los defensores de los nombres anteriores, y con el fin de desprestigiar el de Bivalvo, argüían que la concha de *Terero navalis*, animal alargado que se introduce en la madera formando multitud de galerías y causando innumerables destrozos. Se le conoce también con el nombre de broma y era el terror de los marinos en épocas anteriores cuando casi la totalidad de los barcos que surcaban los mares eran de madera. El único resto visible de estos bivalvos, es un tubo calcáreo que cubre las galerías que el animal abre, para así proteger su cuerpo del roce con la madera. Pocos conocían que en el extremo posterior posee dos pequeñas valvas, que aunque no les sirven para proteger su cuerpo si le ayudan a abrir las galerías donde se ocultan.

Existe otra especie similar: el *Penicillus*. Vive convencionalmente dentro de una concha de dos delgadas piezas que están unidas por los umbones de una forma usual. Su crecimiento, sin embargo, no es convencional. En lugar de alargar las dos valvas alrededor de sus bordes, el molusco segrega una concha en forma de tubo. Uno de sus extremos, con la forma de una porra, esta fuera de la arena mientras el otro permanece enterrada en ella. El extremo mas desarrollado presenta una extraordinaria estructura, parecida a la rosa de una regadera, su superficie esta cubierta de pequeños agujeros, tiene en el centro una ranura y la periferia esta poblada de cortos tubos.

Lo único que nos indica la naturaleza bivalva del *Penicillun* es ese par de valvas embrionarias las cuales están empotradas absurdamente en el lado principal del tubo. Esas valvas no pueden observarse fácilmente lo que ha hecho posible que este extraño molusco pudiera haber pasado por un gasterópodo hasta que el cuerpo del animal pudo ser observado exhaustivamente.

Quien iba a suponer que esos detractores al final tendrían razón. No porque hubiese un bivalvo sin sus dos valvas sino porque hay un gasterópodo que también las tiene.

Hasta 1959 era axiomático que cualquier concha de dos piezas tenia que ser un bivalvo. En ese año, sin embargo, lo imposible ocurrió: un bivalvo gasterópodo era hallado.

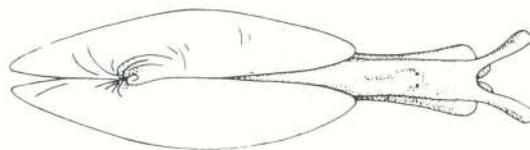


Fig 29. El bivalvo gasteropodo, *Berthelinia*. (Según S. Peter Dance)

El Dr Siro Kawaguti, un zoólogo japonés, estaba observando un “ bivalvo “ delgado, verde; sobre unas hierbas marinas de igual color, cuando, ante su asombro, las valvas se abrieron y apareció la cabeza y los tentáculos de su ocupante.

En muy poco tiempo, la existencia del bivalvo gasterópodo era conocida en todo el mundo científico especializado en moluscos.

Muy pronto fue considerado el descubrimiento malacológico más importante desde la aparición de la *Neopilina*, ocurrida unos años antes.

Este descubrimiento posiblemente es menos importante que la aparición del viejo fósil viviente, pero creó mucho más interés entre los malacólogos; porque, de algún modo, aunque menos espectacular iba contra las reglas establecidas y por otra parte se había encontrado el eslabón perdido, no en forma de fósil sino vivo y coleando, que mostraba la transición entre gasterópodos a bivalvos y la forma en que pudo producirse.

Varias y diferentes especies de este nada ortodoxo molusco han sido halladas. Todas ellas pequeñas y con la característica espira embrionaria de los gasterópodos sobre el “umbo” de una de las valvas.

Los bivalvos gasterópodos, ahora colocados en el género *Berthelinia*, son opistobranquios sacoglossos, según se desprende del examen del animal.

Sería fácil conjeturar que se trata de bivalvos si se encontrasen las valvas por separado. De hecho las valvas de un par de especies de este género ya eran conocidas bastante tiempo antes de 1959 pero ellas habían sido siempre clasificadas como bivalvos.

Uno de los nombres genéricos con el cual eran conocidos estos pequeños moluscos antes de su descubrimiento como gasterópodos era el de *Edentellina*, indicativo de que eran identificados como pertenecientes al grupo de las conchas de la familia *Tellinidae*. Nada podía estar más alejado de la verdad.

La concha embrionaria de la *Berthelinia* es espiral, como en el caso normal, y operculada, pero durante el crecimiento se divide en dos lóbulos, uno izquierdo que conserva la espira y otro derecho, que carece de ella, entre la cual se forma una charnela de articulación. El animal sigue siendo un gasterópodo provisto de una rádula y de una cabeza, pero ha adquirido órganos de bivalvos como por ejemplo un ligamento en la charnela, uno o dos músculos abductores y ocho músculos retractores.

La *Berthelinia limax* ha podido ser estudiada, en un acuario, por su descubridor el Dr. Siro Kawaguti y no terminan de sorprendernos las series de modificaciones que sufre durante los primeros días de su desarrollo. Y que más mal que bien y traducido de un texto en francés, viene a decir así:

“Los huevos eclosionan alrededor de los 20 días después de la puesta, a una temperatura de 25°. La larva es una veliger bien desarrollada, dotada de una concha helicoidal, de un opérculo, de un pie reptador, pero posee todavía una velo ayudado del cual nada ocasionalmente. Muy rápidamente, el crecimiento de la concha presenta una ruptura. El labio adquiere la forma de una visera y el conjunto parece un casquete. Después el crecimiento se acelera sobre los lados de la visera que se reducen para formar dos mantos semicirculares. Solo el manto y el cuerpo del animal se desarrollan prácticamente.

Diez días después de la eclosión, aparece una charnela, al mismo tiempo que un músculo abductor que une los dos mantos, que en adelante formaran las valvas que recubren totalmente al animal cuando este se retrae.

El opérculo es rechazado, aunque a veces permanece, durante algún tiempo, pegado a la espira, antes de desaparecer definitivamente.

La concha bivalva así constituida no es equivalva. La valva derecha no es mas que un cierre que protege el lado derecho del cuerpo que esta enteramente contenido en la valva izquierda. Es un hecho que la abertura de la concha larvaria puede ser comparado con el batiente de una puerta lateral. El desarrollo de la concha bivalva se produce tan rápidamente que 14 días después de la eclosión parece un semibivalvo semiespirado. Al cabo de 20 días alcanza la forma adulta, definitivamente la concha es un bivalvo que lleva una pequeña protoconcha espirada sobre el umbo de la valva izquierda.”

Si tuviésemos la oportunidad de ser eternos y poder seguir la evolución de este molusco podríamos comprobar, tal vez dentro de algunos millones de años, que la *Berthelina* vuelve a ser *Edenttellina*.

Con el tiempo la rádula se atrofiará hasta desaparecer por completo. La cabeza se reducirá hasta desaparecer igualmente. En un principio conservará una pequeña cavidad bucal y un par de glándulas salivares, como actualmente poseen las arcaicas *Nuculas*, pero al final desaparecerá para especializarse en una nutrición ciliar y depender exclusivamente de ella como ocurre en casi la totalidad de los bivalvos contemporáneos.

Se supone que los primitivos bivalvos tenían una boca ventral, posiblemente con rádula y vivían en substratos duros.

Algo debió ocurrir en esos momentos para tomar una decisión tan drásticas. Unos derivaron hacia los actuales *Scaphopodos*, de los que hablaremos mas adelante, y otros cambiaron sus hábitos alimenticios los que provocó la desaparición de la rádula, la reducción de la cabeza y el cambio de hábitos hacia substratos blandos.

La adaptación a vivir en este tipo de hábitat implica la compresión lateral del cuerpo y de su masa visceral, la mayor o menor reducción del pie que cuelga por debajo de ella en forma de lengüeta. El manto esta formado por dos grandes repliegues que encierran una espaciosa cavidad paleal y segrega una concha bivalva.

Las dos valvas se unen por una charnela dorsal, y generalmente son casi simétricas. La cabeza es rudimentaria, pero tiene una boca flanqueada por un par de palpos labiales.

El cuerpo tiene una simetría típica con respecto a un plano que pasa entre las dos valvas, pero a veces por la diferencia existente entre ellas esa simetría se pierde.

Es decir, con el tiempo se convirtieron en un bivalvo moderno.

Desde luego la adaptación al sustrato blando no es definitiva. La evolución en los moluscos no se detiene y muchos bivalvos han ocupados nuevos hábitat.

Los mytilus han vuelto a las rocas pero esta vez no para reptar sino para sujetarse, a ella, por medio de unos filamentos. Las ostras y spondylus hacen los mismo pero cementando su valva inferior. Las *Pholas* se introducen en las rocas formando galerías mientras los *Teredos* igualmente forman galerías pero en la madera. Las *pecten* se desplazan dentro del agua como si volasen, en vez de ocultarse debajo de la arena como hacen la mayoría de los bivalvos.

Clasificación de los bivalvos.

Los primeros estudiosos de los moluscos, llamados conquicólogos, basaban sus estudios en la característica de la concha. Principalmente, porque la mayoría de las veces no disponían del cuerpo del animal para su estudio y en los casos en que disponían de él, carecían de los necesarios elementos de comparación.

La clasificación se realizaba pues, por las características del animal reflejadas en la concha.

Una clasificación se basaba por la impresión que dejan en la concha los músculos abductores del animal.

Muchas especies poseen dos músculos de cierre y reciben el nombre de *Dimyaria*.

Si las impresiones son idénticas se les llama: *Isomyaria* y si el anterior es más pequeño: *Anisomyaria*.

Este último puede desaparecer por completo y entonces recibe el nombre de *Monomyaria*.

Otra clasificación se basa en la integridad o no del seno paleal. Que es la marca que deja en la concha el borde del manto.

Pero la más extendida y a su vez la más completa es la que está determinada por la posición y variabilidad de los dientes que evitan el desplazamiento lateral de la concha.

- Cierre taxodonto: con numerosos dientes, casi iguales, situados en una hilera situada transversal o diagonal respecto a la placa del cierre. Las Arcas y *Glycimeris* son los ejemplos más representativos.

- Cierre heterodonto: Lo tienen la mayoría de los bivalvos y corresponde a unos pocos dientes principales, que se articulan entre sí, y con cuatro dientes laterales, anteriores y posteriores, en forma de listones.

- Cierre desmodonto: Formados por dos dientes principales fusionados entre sí. *Myidae* y *Mactridae*.

- Cierre paquiodontos: Como el de las *Chamidae*, con unos pocos dientes a modo de piña o muñones y las correspondientes fosas en la valva opuesta.

- Cierre disodontos: Sin dientes. En Ostras y *Mytilus*.

- Cierre esquizodonto: Como el de la *Trigonia*. Con un diente central frecuentemente ahorquillado en la valva izquierda, en cuya hendidura se introducen dos dientes de la vaina opuesta que se oponen entre sí formando una cuña.

- Cierre isodonta: Con dos poderosos y gruesos dientes del mismo tipo y las correspondientes fosas en la valva opuesta, simétricamente a ambos lados del resilium. *Spondylus*.

- Cierre hemidapedonto. El de las *Tellinas*. Con placas de cierre débilmente desarrolladas y dientes principales poco destacados, casi siempre sin dientes laterales.

- Cierre anomalodesmático: con placas de cierre débilmente desarrolladas, sin o con solo débiles listones dentales, en la mayoría de los casos con condroforo y resilium.

Cuando comenzaron a estudiarse el cuerpo de los animales estas clasificaciones cayeron en desuso y se elaboraron otras basadas en las características de las branquias.

Orden Protobranquios.

Son los bivalvos actuales más primitivos, se caracterizan por tener branquias del tipo ctenidio, simples, no replegadas y que no utilizan para la alimentación. La nutrición la realizan ayudada por unos palpos y generalmente con largas probóscides. Pie con superficie plantar ventral que aprovecha para excavar el fondo y enterrarse parcialmente. Posee una cavidad faríngea aunque carece de la rádula que tuvieron sus ancestros.

Orden Filibranquios.

Bivalvos con branquias replegadas, utilizadas para la alimentación; filamentos branquiales adyacentes unidos por unos penachos de cilios entrelazados. El pie generalmente posee unas glándulas que segregan un bisco con el que se fijan al sustrato. A diferencia del Orden anterior los palpos son pequeños y carecen de las glándulas hipobranquiales.

Orden Eulamelibranquios.

Branquias compuestas de filamentos replegados, como en los filibranquios, pero con filamentos adyacentes conectados por uniones interfilamentosas, a través de las cuales pasan los vasos sanguíneos; tampoco tiene glándulas hipobranquiales generalmente con dos músculos abductores y con los bordes del manto unidas en una o más suturas.

A este grupo pertenecen los bivalvos más evolucionados. Han invadido la tierra ocupando hábitats de agua dulce.

Las *Lucinas*, perteneciente a este grupo, son bivalvos de origen muy antiguos. Se supone y no sin razón que *Babinka*, concha fósil del Ordovícico inferior, hace casi 500 millones de años, encontrada en pisos Tremadociense y cuya musculatura perfectamente simétrica esta muy cerca de los Monoplacóforos, y se halla integrada en la línea evolutiva que conduce a las *Lucinas*.

La *Babinka* nos muestra un nexo de unión entre bivalvos y las otras clases de moluscos. A su vez demuestra que los ordenes actuales ya estaban perfectamente determinados desde el inicio de los bivalvos con la única diferencia de que algunos grupos como los Protobranquios han llegado a la actualidad conservando algunos caracteres primitivos, mientras otros nos han llegado muy evolucionados.

No todas las especies de este grupo han evolucionado, algunas como las *Trigónias* son auténticos fósiles vivientes.

Hoy en día las Neotrigónias están localizadas exclusivamente en el sur de Australia y norte de Tasmania. Pero era un grupo ampliamente representado en los depósitos fósiles de Asia y Europa desde el Triásico hace unos 200 millones de años.

Su ornamentación, antiguamente muy variable, se ha modificado. Actualmente tiene unas costillas parecidas a las de los berberechos, con unas espinas escamosas repartidas regularmente por la concha. La capa interna es nacarada lo que demuestra sus orígenes primitivos. Lo que más llama la atención es que el ápice, situado delante de la concha, esta dirigido hacia atrás lo que le aproxima a una característica observada solo en distintos protobranquios.

Aparte de otras características de la concha que actualmente no se encuentra en ningún otro bivalvo, su pie tiene la cara ventral no aplanada y ocupada por una cresta roma que no permite al animal la progresión por reptación, siéndole solo posible enterrarse o saltar.

Esta facultad ha permitido frecuentemente la evasión de magníficos ejemplares, bajo la mirada desconsolada de los coleccionistas que terminándolas de pescar la han depositado imprudentemente sobre la cubierta de la embarcación.

Orden *Septibranchios.*

Bivalvos cuyas branquias han sido reemplazadas por septos musculares que utilizan para bombear el agua a través de la cavidad paleal; manto con dos suturas y dos sifones; pie largo y delgado, sin las glándulas del biso bien desarrolladas.

La concha.-

La concha de los bivalvos se empieza a formar en el estado de larva veliger. Los dos repliegues del manto segregan la conquiolina para formar dos pequeñas valvas, unidas por un delgado ligamento. La sustancia que continua segregándose se va incorporando a los bordes de las valvas, produciéndose una serie de anillos concéntricos que, en ocasiones, sirven para determinar la edad del animal.

Cuando la larva veliger se establece en el fondo, el crecimiento de la concha continua, pero más rápidamente en el lado ventral. Ese es el motivo por el que la concha larvaria primitiva se desplaza hacia el dorso formando una elevación, que es el umbo.

El manto esta adherido a la superficie interna de la valva y termina en tres pliegues, de los que el mas externo segrega la nueva concha, mientras que su borde interno forma el periostraco, el borde externo se encarga de segregar la sustancia calcárea de la capa prismática. Toda la superficie de este manto segrega una sustancia nacarada que va engrosando toda la concha a medida que envejece.

En el borde de la concha en donde se encuentra la charnela, no se deposita sustancia calcárea, solo conquiolina, con lo que se forma un ligamento que une las dos valvas. En la mayoría de las especies los músculos abductores son capaces de cerrar las valvas pero no son capaces de abrirlas, por tal motivo ese ligamento es elástico, de forma que cuando los músculos abductores cierran las valvas el ligamento se estira y cuando se relajan vuelven a su sitio y las valvas se abren.

Otros bivalvos utilizan un principio mecánico diferente; la conquiolina de la charnela se deposita formando un resorte elástico, que se extiende entre los bordes de las valvas. Cuando los músculos abductores cierran las valvas, el resorte se comprime y cuando estos músculos se relajan el resorte se suelta y las valvas se abren.

En la mayoría de las conchas la charnela posee una serie de adaptaciones en forma de dientes y alvéolos dentarios que los integran perfectamente y sirven para evitar el desplazamiento lateral de las valvas. La dentición de la articulación es muy variada y ha servido como base para realizar una clasificación de los bivalvos como ya hemos indicado anteriormente.

La capa regular de nácar que segrega toda la superficie externa del manto se ve perturbada con los lugares en que los músculos se insertan en las valvas y se forma las llamadas impresiones musculares.

Las impresiones musculares más aparentes se producen por los grandes músculos abductores que cierran las valvas. El numero de esas impresiones y su situación en la concha es muy variable por lo que también ha tenido su importancia en la clasificación.

Existen otros músculos que también dejan impresión. El lóbulo interno del manto contiene el músculo orbicular que deja sobre la concha una impresión llamada línea paleal.

El borde del manto esta adherido a la concha a lo largo de esa línea y su única misión es la de impedir la entrada de partículas extrañas en ese espacio. A veces no puede evitarse su entrada y suelen convertirse en el núcleo de una perla. Aunque para ello deban de concurrir una serie de circunstancias que omitimos por no corresponder a este tema.

En muchos bivalvos, los pliegues derecho e izquierdos están unidos delimitando sifones.

Para poder invaginar esos sifones al no poseer el animal ningún músculo específico para esa misión. Aprovecha unas partes especiales del músculo orbicular lo que produce un entrante en la línea paleal. Que recibe el nombre de seno paleal. El tamaño de ese seno corresponde aproximadamente con el del sifón. También los músculos del pie producen impresiones.

Es evidente que el tamaño de la concha, la disposición de la charnela, la forma, posición, número de impresiones musculares y el tamaño relativo del seno paleal son un conjunto de caracteres esenciales validos para los paleontólogos, quienes a partir de las partes duras disponibles, podían deducir la estructura de las partes blandas de su cuerpo. Igualmente los primeros malacólogos que realizaban la clasificación de las especies basándose únicamente en las características de la concha por no poder disponer del animal realizaron un trabajo excelente ya que ha sido modificada muy poco esa clasificación cuando finalmente pudo disponer de la anatomía del animal.

La cavidad paleal.-

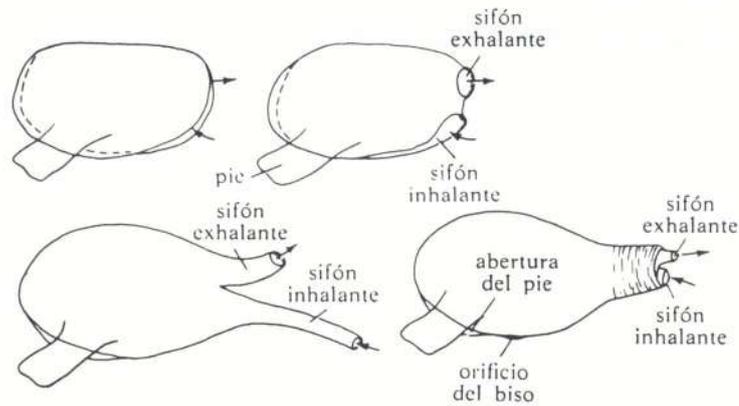
El flujo del agua a través de la cavidad paleal, es uno de los factores más críticos para la supervivencia de los bivalvos. El agua que entra lleva el oxígeno y los alimentos, mientras que la que sale arrastra los desechos fecales y el anhídrido carbónico.

Los bivalvos han tenido que realizar unas adaptaciones para poder regular la entrada y salida de las aguas, fusionando los repliegues derechos e izquierdo del manto en uno o varios lugares, delimitando de esta forma los canales por donde entra y sale el agua.

Esta adaptación no aparece en algunos de los bivalvos más primitivos pertenecientes a los grupos protobranquios y filibranquios, en que los repliegues del manto están aun completamente libres.

En muchos eulamelibranquios, mas evolucionados, los repliegues del manto están unidos posteriormente, delimitando una abertura ventral para el pie y otra exhalante para el agua.

Esta ultima abertura puede estar soldada por el centro formando dos canales. Inhalante el ventral y exhalante el situado un poco mas arriba. Estas aberturas pueden alargarse formando dos sifones, sueltos en ocasiones o protegidos por una especie de vaina musculosa con la suficiente fuerza para abrirse paso entre la arena para poder respirar y alimentarse mientras están enterrados.



El aparato digestivo.-

Los bivalvos a excepción de los *septibranchios*, son todos filtradores.

La región proximal globosa del estomago de los *protobranchios*, que son los más primitivos, realiza una función de selección.

Por la boca admite toda clase de alimentos, las partículas más finas pasan sin problema, mientras que las más gruesas son reducidas por la rotación de los protostilos contra las placas gástricas y posteriormente son seleccionadas de nuevo.

Las partículas finas pasan a las glándulas digestivas y después al intestino en donde se unen, con las que no habían sido seleccionadas.

Los *filibranchios* y los *eulamelibranchios* son más eficaces para seleccionar el alimento. Al filtrarlo por mediación de sus branquias no ingieren partículas gruesas. Tienen un estilo cristalino en lugar de protostilo y las placas gástricas reducidas por lo que no pueden realizar la misma misión que en los *protobranchios*.

La rotación del estilo cristalino desgasta su sustancia y libera: amilasas, lipasas y celulosas para poder realizar la digestión de las partículas ingeridas.

Los *septibranchios* han seguido líneas evolutivas diferentes; absorben gruesos organismos dentro de la cavidad paleal y los capturan con los grandes palpos.

Tiene un estomago muy quitinizado, que funciona muy eficazmente como una muela; el estilo está reducido y se cree que sirve únicamente para lubricar los alimentos con una especie de baba y proteger las paredes estomacales.

La respiración.-

La proporción de oxígeno que existe en el agua es muy baja comparándola que la que existe en el aire.

Sin embargo el enorme desarrollo de las branquias de los *filibranchios* y *eulamelibranchios* les proporciona un gran margen respiratorio.

En general solo toman un 10% del oxígeno disuelto en el agua que pasa sobre sus branquias.

En los bivalvos de la zona intermareal, que se encuentran expuestos al aire durante la bajamar, durante un rato antes de este acontecimiento toman hasta un 25% del oxígeno del agua que pasa por sus branquias con objeto de atesorar el rico elemento

hasta que se restablezca la situación. Es como la profunda inspiración que realizan los humanos antes de zambullirse en el agua y que les permite permanecer bajo ella algunos minutos.

La baja proporción del oxígeno que toma del agua esta estrechamente relacionada con la gran cantidad de agua que pasa a través de su cavidad paleal. Es decir que absorben mas agua que la que precisan para proveerse de alimento y para evacuar los excrementos.

La excreción.-

Como ya hemos comentado anteriormente, los gasteropódos que han ocupado un hábitat terrestre y no disponen de la ingente cantidad de agua que les permita eliminar el amoniaco, tienen que trasformar este, en una sustancia menos peligrosa, como es el ácido úrico.

Los bivalvos, cien por cien animales acuáticos no deberían tener ese problema. Ocurre, sin embargo, que en algunas especies de bivalvos intermareales, como son los *mytilus* y *myas*, la excreción del amoniaco esta muy reducida.

Estos, a diferencia de los gasteropodos, nunca forman grandes cantidades de ácido úrico. Cuando la excreción de amoniaco disminuye, el nitrógeno se excreta en forma de aminoácidos o de otra forma.

La locomoción.-

Aunque los bivalvos a diferencia de los gasteropódos no emplean la reptación para sus desplazamientos, si continúan teniendo en los pies su aparato locomotor.

Algunos de los más primitivos pertenecientes al grupo de los protobranquios, conservan en el pie una superficie plantar.

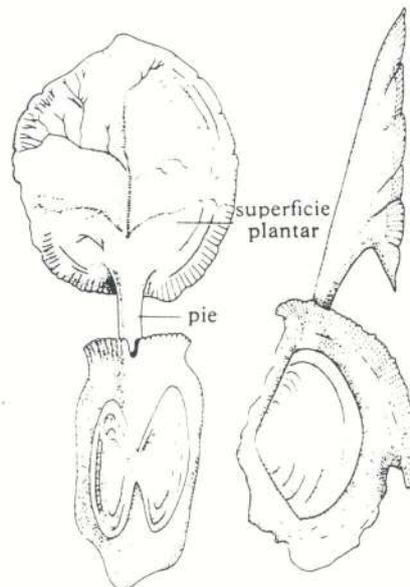


Fig 30. Vista dorsal y lateral de *Entovalva semperi*. Notese el tamaño relativamente pequeño de la concha, en comparación con el manto y la expansión distal del pie.
(Según Ohsima, de franc, en Grassé)

Que se retrae cuando el pie es empujado hacia delante, pero se dilata cuando el pie esta completamente extendido.

La contracción de los músculos del pie empujan al animal hacia delante y después de retraer el extremo anterior es empujando de nuevo en el mismo sentido. Sin embargo, la mayor parte de los bivalvos presentan, en el pie, una dilatación en forma de hierro de hacha y que ha motivado que algunos les den el nombre de pelecipodos.

La dilatación del pie se debe tanto a la cantidad de sangre que le llega como a la contracción de los músculos pedios.

Algunos bivalvos realizan movimientos especializados con el pie. Mientras unos lo emplean para escarbar en la arena y ocultarse; otros, mediante bruscas contracciones del pie, que los empujan con fuerza hacia atrás, pueden realizar movimientos de huida como el que realiza un *Cardium* al protegerse del ataque de una estrella de mar.

Algunos bivalvos son sésiles, es decir que permanecen siempre en el mismo sitio. Las ostras y los *Spondylus* cementan una de sus valvas en el substrato en donde deciden establecerse. Los *Mytilus* se adhieren por medio de un biso que forman al prolongar el pie y ponerlo en contacto con el substrato. Entonces sueltan una sustancia que se solidifica por la acción del agua y que forma un filamento al retraerse. De esta forma los filamentos se van colocando y alargando, uno a uno, por los movimientos del pie de un lugar a otro.

Las anomias constituyen una excepción, ya que los filamentos del biso no salen entre las dos valvas, pues pasan a través de un orificio sito en la valva derecha.

El biso de los animales de este genero no es tan largo y visible como el de los *Mytilus*, pues el pie esta prácticamente unido al substrato y parece que el nexos de unión sea el vacío que produce el pie, como ocurre con las lapas y otros gasteropódos, y no un filamento.

Como los bivalvos sésiles apenas se mueven es lógico que tengan un pie muy reducido.

Los *teredos* perforan la madera y otros como las *Lithophagas* (comedoras de piedra) perforan las rocas. Para ello no usan el pie, sino unas valvas especiales modificadas para raspar.

Las *vieiras* se desplazan propulsadas por los chorros de agua, que producen los movimientos bruscos de las valvas, como si fuesen castañuelas. El agua la expulsan por los extremos de la charnela, empujando al animal hacia el borde ventral. No obstante pueden invertir, en caso necesario, el sentido de la huida expulsando ventralmente el agua, de forma semejante a como lo hacen las *limas*.

Estos animales nadadores también tienen el pie muy reducido.

Reproducción.

El aparato reproductor de los bivalvos es muy sencillo. La mayoría son dioicos, es decir de sexos separados, con un par de gónadas que se abren en un par de gonoductos. En los bivalvos primitivos los gonoductos se unen con los nefridios a cada lado del cuerpo; el punto de unión es variable según especies. En algunos *protobranquios* esta cerca del poro renopericardio y en algunos *filibranquios*, cerca del nefridiopodo.

En los *eulamelibranquios* y algunos *filibranquios* ha desaparecido la relación entre el nefridio y el gonoducto.

Estos grupos tienen un gonoducto completo a cada lado del cuerpo, que terminan en los gonoductos.

Aparentemente el hemafroditismo ha aparecido de forma independiente en varios grupos de bivalvos.

Algunas especies hemafroditas tienen una sola gónada, que produce óvulos y espermatozoides y se abre a través de un solo gonoducto.

En el otro extremo están las especies con testículos y ovarios completamente separados, con un gonoducto y un gonopodo cada uno; pero se les conoce también una gran variedad de disposiciones intermedias.

Desarrollo.

Los bivalvos constituyen un buen ejemplo del principio según el cual los grupos más primitivos tienen un desarrollo más arcaico y los huevos son más grandes y más ricos en vitelos, mientras que los incubados sufren un desarrollo modificado.

En algunos protobranquios la larva se parece a una de anfineuro o de *Dentalium*; las células de la concha se desprenden rápidamente; mientras que las del velo son desechadas cuando comienza la metamorfosis.

Las larvas sin velo se establecen en el fondo y las formas sésiles, como los *Spondylus*, se adhieren a los objetos.

La larva veliger de los bivalvos está organizada de forma similar a la de los gasterópodos. Como no produce torsión, la veliger conserva la simetría bilateral y la concha se forma de un principio con la forma bivalva.

Los unionidos, de agua dulce, incuban la prole en las branquias.

Estas especies viven en estanques y remansos de ríos por lo que están expuestas a las corrientes. Su desarrollo tiene que ser rápido. El velo está muy reducido, pues prácticamente no lo usan.

Los *esferidos* evolucionan directamente en jóvenes cuando salen de sus progenitores; sin embargo, los unionidos son liberados en forma de gloquidios, que son unas pequeñas larvas con concha parásita obligada.

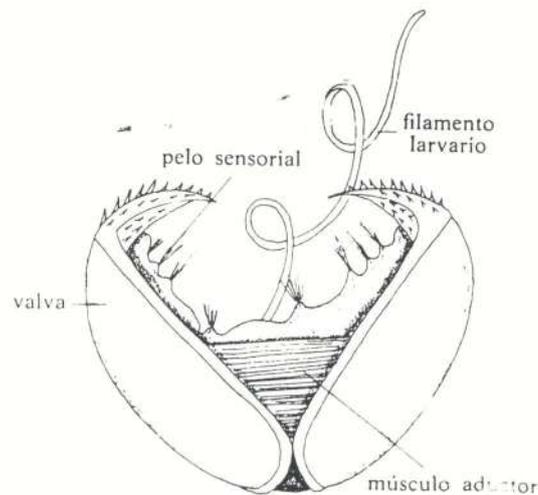


Fig31. Gloquidio de la almeja de agua dulce *Anodonta* según Pennak.

Algunas pueden nadar algo mediante el movimiento de castañeteo de las valvas, como las *vieiras*, mientras que otras esperan en el fondo con las valvas muy abiertas; al cabo de unos pocos días se adhieren a las branquias, aletas o la superficie del cuerpo de algún pez. Se clavan con las valvas, que en algunos casos están provistas de ganchos, en el tejido del hospedador. La epidermis de este crece alrededor de ella formando un quiste, en el interior del cual la larva completa su desarrollo. Transcurrido de dos a seis semanas, rompen el quiste y caen al fondo donde se adhieren temporalmente con un bicho o se entierran en la arena del fondo.

CAPÍTULO OCTAVO

LOS ESCAFOPODOS

Los *escafopodos* son seres característicos con una concha en forma de tubo cónico, en general ligeramente curvadas y abiertas en sus dos extremos. No tienen parecido alguno con los moluscos gasteropódos actuales como los caecum y salvando las distancias que existen en tamaño. Pero los primitivos gasteropódos, antes de la torsión, y los cefalópodos poseían una concha similar pero no truncada por el ápice.

Se entierran en la arena o en el fango, con el extremo anterior más ancho hacia abajo y el otro sobrepasando ligeramente la superficie.

Algunos *escafópodos* viven en aguas poco profundas, la mayoría en profundidades medias y otros alcanzan los 5000 metros de profundidad.

Origen

Existen dos teorías. La más reciente basada en la teoría de Francfort que concibe a los organismos como unidades hidráulicas transformadora de energía sujetas a transformaciones evolutivas de acuerdo con los principios constructivos que regulan la organización. Según esta teoría los *escafópodos* se forman a partir de los monoplacóforos ancestrales que no eran como los actuales pues tenían, como las emarginulas, un corte en la parte posterior de la concha para facilitar la expulsión de las heces.

La prolongación dorso ventral de su cuerpo causa la reducción del número de sus músculos y pares de branquias y la formación de una concha igual a un tubo. El pie toma una forma diferente y pasa de una plataforma destinada a la reptación a otro alargado, mas parecido al de los bivalvos, que le sirve para escarbar en la arena, en donde se oculta, a la vez que le sirve de ancla. El corte posterior asciende con la concha para transformarse en el agujero posterior. Agujero que sirve para ventilar la cavidad paleal cuando el animal esta semienterrado en el sustrato.

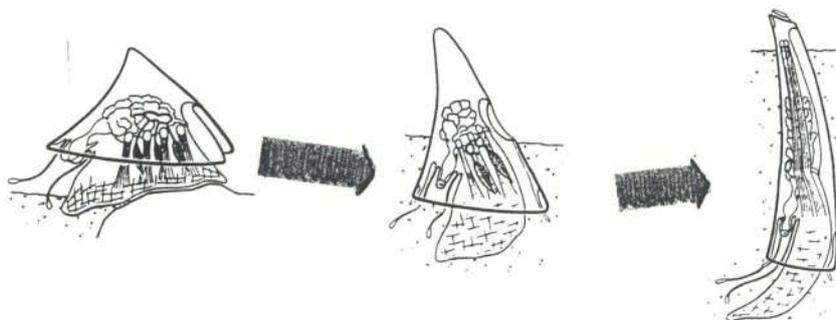


Fig 32. Transformación de ancestros tipo monoplacóforo en escafópodos mediante elongación dorsoventral extrema.

Esta forma de evolución que puede ser tan buena como cualquier otra, adolece de un defecto que prácticamente la descalifica. El registro fósil data a los Monoplacóforos, gasterópodos y Poliplacóforos desde el Cámbrico Inferior.

Los primeros Cefalópodos y Poliplacóforos son conocidos desde el Cámbrico Superior. De estos últimos hay que tener las oportunas reservas sobre su antigüedad. Ya hemos comentado anteriormente que esta debe ser más antigua y el hecho de no conocerse fósiles anteriores es solo debido a las características de su concha. Por último los *Escafópodos* aparecen en el Ordovicio.

Por lo tanto los *escafópodos* podrían ser descendientes de cualquiera de las otras clases de moluscos.

El motivo de eliminar como posibles ancestros a los Monoplacóforos es debido, principalmente, a que no aparece, que yo sepa, ningún registro fósil de Monoplacóforos con la estría posterior. Para esta opción sería más fácil que hubiese evolucionado a partir de un gasterópodo, posiblemente una *Emarginula* y por último, como explicaremos posteriormente, la larva veliger de los *Escafópodos* se asemeja más a los bivalvos.

Existe una segunda teoría que indica que el crecimiento se efectúa por acreción en la abertura y reabsorción simultáneamente del ápice. Todo ello a partir de una concha embrionaria, bivalva, que se pierde en los primeros estadios de desarrollo del animal.

Cada una de esas valvas es segregada por uno de los lóbulos dorsales del manto, al soldarse estos, se sueldan también las dos valvas, por lo que la concha toma un aspecto tubular.

Desarrollo embrionario.-

Los huevos son liberados uno a uno y pasan por los estados de larva trocofora y veliger.

La larva veliger, simétrica, es semejante a la de los bivalvos. El manto y la glándula de la concha se forman muy temprano en el desarrollo. El manto crece rápidamente y no tarda en soldarse a lo largo del borde ventral formando un tubo alrededor del cuerpo; como consecuencia y siguiendo la lógica de la relación que existe siempre en los moluscos entre concha y cuerpo del animal, aquella tiene que ser preciso tubular y el cuerpo se alarga a medida que crece.

Si no hubiese escogido el sistema de vida de los bivalvos: enterrarse en la arena.

No hubiese podido prosperar con este tipo de concha. Como en los primitivos gasterópodos hubiese tenido que modificar la concha a helicoidal e iniciar la torsión del cuerpo.

No eligió este camino y continuó como sus ancestros, los bivalvos, con un cuerpo con simetría bilateral y muy semejante al de ellos, con el manto y la concha sellada ventralmente, excepto en los dos extremos anterior y posterior.

Anatomía.-

Las afinidades de los Escafópodos con los otros moluscos no están muy claras. En el comienzo de su desarrollo se parecen mucho a los bivalvos, y al igual que estos, los adultos tienen la cabeza reducida. Poseen una masa bucal bien desarrollada, que contiene una radula igualmente bien desarrollada con cinco dientes en cada fila transversal, lo que les diferencia de los bivalvos actuales. No así de los arcaicos que sí tenían radula, por lo que se deduce que la segregación se realizó antes de que la perdiesen.

No tienen branquias en la cavidad paleal; tampoco tienen corazón, y la circulación es a través de una serie de senos abiertos.

Cuando se entierran, proyectan hacia delante el pie, que es largo y delgado y termina en un disco o en unas expansiones laterales que se pueden extender para formar una especie de ancla.

La cabeza tiene forma de trompa y esta provista de tentáculos cefálicos largos y delgados, llamados captáculos.

Los captáculos son prensiles y se utilizan para examinar el fango situado a sus alrededores, recoger el alimento y al contraerse llevarlo a su boca.

La cavidad bucal, espaciosa, contiene la radula que les sirve para fragmentar y trabar el alimento. El esófago está provisto de un par de bolsas; el estómago, más pequeño, desemboca en un ciego donde se abren un par de glándulas digestivas que se ramifican por el manto.

El intestino enrollado se abre a través de ano ventral. Las heces son expulsadas de la cavidad paleal por las corrientes respiratorias.

Los *Escafopodos* no tienen la circulación del agua a través de la cavidad paleal muy bien organizada. Los cilios arrastran el agua hacia adentro, y una vez que esta completamente llena, se expulsa el contenido de la cavidad paleal, por bruscas contracciones musculares y por la abertura posterior.

Cuando el animal está semienterrado en la arena, tanto la entrada como la salida del agua se realiza por esa misma abertura posterior.

Reproducción.-

Los sexos están separados, la única gónada mediana es larga y se prolonga desde un gonoducto anterior hasta el extremo posterior del cuerpo; el gonoducto está conectado con el riñón derecho, como en los gasterópodos aspirobranquios.

La concha.-

La concha de un *Escafopodo* típico recuerda a una miniatura de defensa de proboscidio, de ahí el nombre vulgar de “defensa de elefante” con el que se le conoce a nivel popular en muchos países.

De forma troncoconica, más o menos curvada, puede decrecer regularmente desde la apertura u orificio anterior hasta el ápice u orificio posterior, o bien puede presentar un estrechamiento en las proximidades de la abertura y un abultamiento en la región central. Se considera, debido a su forma de vida y a la morfología de las partes blandas, como parte dorsal a la cara cóncava y como parte ventral a la parte convexa.

La ornamentación es muy variable. La concha puede ser lisa o estar ornamentada longitudinalmente, mediante costillas más o menos gruesas, filamentos o estrías; o transversalmente con anillos o estrías de crecimiento.

El orificio posterior puede tener el borde continuo, excavado por una muesca o ranura o lobulado. A veces puede existir en el interior del ápice un segundo tubo, el denominado tubo terminal.

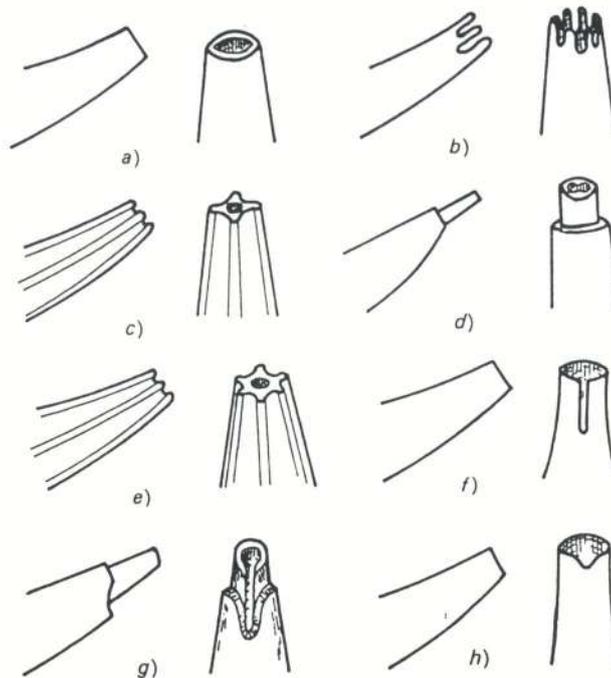


Fig 32. Tipos de terminación apical en los escafópodos: a) , c) y e) borde continuo; d) y g) con tubo terminal; b) lobulado; f) ranurado; h) con muesca

Clasificación de los escafopodos

Los *escafopodos* pertenecen a una clase muy uniforme y con escasas variaciones, tanto en su anatomía como en su concha, es decir: poco evolucionada. Bien sea porque han acertado a la primera o porque su cuerpo, dentro de una concha alargada, y su modo de vida no le permiten mas variaciones.

Subclase: Cirrobranquiata

Denominada así por la presencia de unos filamentos interpretados como branquias.

Orden: Solenoconcha

Recibe este nombre por su concha en forma de tubo arqueado.

La primera división es al nivel de familia.

Dentaliidae: Pie alargado, con lóbulos terminales; conchas generalmente con estrías o costillas longitudinales, sin entalladuras ni lóbulos terminales.

Siphonodentaliidae: Pie vermiforme, con disco terminal, vuelto sobre sí mismo; conchas generalmente lisas y con lobulaciones o entalladuras posteriores.

CAPÍTULO NOVENO **CLASE CEFALOPODOS**

Generalidades

En cuanto a la complejidad de la estructura y comportamiento, los cefalópodos son los invertebrados más evolucionados.

Nunca dejan de sorprendernos. Un tratado sobre los mismos nunca puede estar cerrado, pues cada día se realizan nuevos descubrimientos sobre el asombroso comportamiento de estos animales.

Las variaciones cromáticas de las sepias, calamares y pulpo son bien conocidas y han sido considerados como los camaleones marítimos.

El ingenio de estos animales no tiene límites. Recientemente un grupo de biólogos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, mientras navegaban por el sur de la isla de Tenerife, toparon con una especie de pulpo abisal que no ha podido ser identificado. Cuando intentaron capturarlo, el animal inició un movimiento de defensa que consistió en desprenderse de su piel, que entregó como señuelo, para poder escapar. El chorro de tinta ya no está de moda.

Su huida no fue desordenada, pues incluso después del susto, emergió para dar un último vistazo a sus potenciales enemigos. Momento que aprovecharon estos para fotografiarlo y poder dar fe de su descubrimiento. Inmediatamente se perdió de vista, volviendo a su oscuro hábitat del que había salido, tal vez, por equivocación.

En el pacífico existen otra clase de pulpos, denominado popularmente: pulpo transformista y que puede tomar las formas más dispares si es sorprendido en campo abierto y no tiene ocasión de poder alcanzar su escondrijo. Lo consigue disponiendo su cuerpo y patas de la misma forma que un hombre coloca sus dedos y manos para proyectar sombras chinescas sobre la pared e imitar a distintos animales. Igual toma la forma de un pez que el de una estrella de mar entre otros muchas formas de animales.

Demuestra una gran inteligencia y debe tener conocimiento de los hábitos alimenticios del animal que le sorprende. Un comedor de pulpos en el que no entra en su dieta las estrellas de mar, lógicamente no le prestará la menor atención si el pulpo toma esa forma. Lo mismo ocurre cuando se transforma e imita a un pez. ¿Cómo sabe el pulpo que estos animales no entran en la dieta de su posible predador? Lógicamente debe saberlo, pues en caso contrario no permanecería quieto como un pez o se arrastraría lentamente como una estrella de mar, sino que huiría rápidamente protegiéndose con una cortina de tinta o permanecería quieto, camuflándose solo con una adaptación del color de su piel al del sustrato en donde se encuentra, como hacen otros congéneres.

Cualquiera de las formas que tome es visible para el ojo humano y cromáticamente si un animal cualquiera logra verlo como pulpo también lo verá como al animal que trata de imitar y si no ataca a estas últimas formas es porque no le interesa.

Si se topa con un animal que admite cualquier clase de dieta. Entonces puede alargar su cuerpo y transformarse en una serpiente, animal venenoso y que prácticamente no tiene ningún enemigo.

Algunos cefalópodos fósiles y actuales son organismos muy pequeños, de dos a tres centímetros de longitud, pero el calamar gigante el *Architeuthis* puede alcanzar 18 metros o más de longitud, y las conchas cónicas gigantes del Ordovicio tenían 4,50 metros de largo y una abertura de 30 centímetros.

Pachydiscus seppouradensis, la mas grande de las conchas arrolladas del Cretaceo, alcanza los 2,50 metros de diametro.

Los primeros cefalópodos aparecen en el Cámbrico Superior. Se pueden distinguir tres grupos principales: los *Nautiloideos*, representados en la actualidad por un solo genero: *Nautilus*. Los *Amonoideos*, hoy completamente extinguidos y por ultimo.

Los *Coleoideos*: que incluyen a los calamares, las sepias y los pulpos actuales. Aunque los *Nautiloideos* hoy están representados por un solo genero los *Nautilus*. Tuvieron su máximo esplendor durante los periodos Ordovicio y Silúrico, hace aproximadamente unos 400 ó 500 millones de años.

Los *amonoideos* alcanzaron el suyo en el Mesozoico, hace unos 200 millones de años. Debieron coger una línea evolutiva equivocada pues con el tiempo desaparecieron.

Los *coleoideos* no aparecen hasta el final del Paleozoico, y como tienen una concha muy reducida, sus residuos fósiles son muy incompletos.

Posiblemente su antigüedad podría ser un poco superior, dato que en definitiva carece de mucha importancia. Lo que parece cierto es que son los sucesores de los desaparecidos amonoideos y han ocupado el hábitat que estos dejaron.

Actualmente parecen estar en su máximo esplendor, pero seguramente ni por asomo, han llegado a el. Su evolución es constante y cada especie nueva que descubrimos no deja de sorprendernos. Tienen una distribución muy amplia y pueden encontrarse desde la zona litoral hasta las grandes profundidades.

Los primeros cefalopodos.

Como hemos comentado anteriormente la concha de los primeros gasteropódos eran cónicas

En un momento determinado la longitud de la concha provocó problemas de estabilidad, por lo que el animal tuvo que optar por una concha helicoidal y consecuentemente la torsión de su cuerpo.

El animal por razones de espacio tiende a ocupar la parte de la concha mas cerca de la abertura y desaprovecha el resto de la concha que con el tiempo, a partir de una cierta longitud, puede convertirse en una carga. Algunos gasteropódos como las *Truncatella* o *Rumina* lo han solucionado, simplemente, desprendiéndose del ápice.

Los futuros cefalópodos, sacaron una ventaja evolutiva de lo que a priori era un inconveniente y desarrollaron las cámaras de gas en la parte apical de la concha mediante la fabricación de una especie de tabiques que separa la cámara, que en todo momento ocupa el animal, del resto de la concha.

El crecimiento del animal provoca la construcción de una concha más amplia, un lógico desplazamiento hacia delante y un nuevo tabique posterior. Estas cámaras no están aisladas y selladas sino que están comunicadas entre sí y realizan una función hidrostática.

Los submarinos descienden llenando de agua unos depósitos especiales. Para ascender los vacían inyectando aire a presión. Ignoro si Isaac peral, reinventó el proceso o lo copió de los *Nautilus*. Yo me inclino por lo segundo. Julio Verne en “Veinte mil leguas de viaje submarino” ya debía conocer este proceso, pues al submarino que describe en su novela le da el nombre de “*Nautilus*”. Lo cierto es que los inventores fueron los primeros cefalópodos y de eso ya hace muchos millones de años.

Efectivamente estos animales podían descender llenando de agua las cámaras de la concha y ascender vaciándolas. Ustedes se preguntaran. ¿De donde sacan el aire a presión para su vaciado?

Simplemente de los gases producidos por la digestión de los alimentos. Si, esos que esta usted pensando y que, en ocasiones, sufrimos todos.

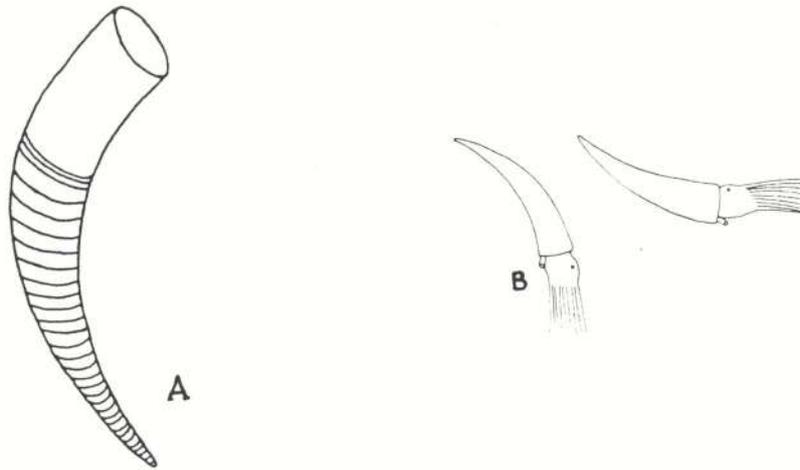


Fig 33. A) Concha primitiva de Cyrtococono procedente, tal vez, de un gasterópodo que todavía no ha iniciado la torsión y la sustituye por cámaras estabilizadoras. B) El cuerpo del animal se modifica adaptándose a la nueva concha

Esta modificación de la concha es motivada, como ocurre siempre, por la del animal. El pie se deforma y se convierte en una serie de musculosos brazos prensiles. La retracción del cuerpo del animal al interior de la concha, inevitablemente, provoca la salida del agua que se había introducido cuando salió. Si el proceso se realiza lentamente el agua sale, igualmente de forma lenta, por el borde de la concha. Pero si este proceso se realiza más rápidamente y el animal ocupa todo el espacio de la abertura, como si fuese un embolo, la entrada no sería posible si el agua no tuviese otra salida opcional.

Un pequeño orificio en el cuerpo del animal realiza esta función, pero el agua sale con tanta presión que produce el efecto de propulsión a chorro, por lo que el cuerpo y concha del animal salen despedidos en dirección contraria.

Los cefalópodos que no poseen concha pueden realizar el mismo efecto expulsando el agua contenida en la cavidad paleal.

La concha.-

La concha externa de los primitivos cefalópodos es aragonítica y esta constituida por tres capas.

La interior, o hypostracum, que es laminar y de aspecto nacarado.

La intermedia, u ostracum, aporcelanada con estructura prismática.

Y la exterior, o periostracum, muy fina y que desaparece rápidamente por lo que al nivel de estudio fósil es irrelevante y queda reducida a las dos primeras.

Tiene forma de cono expandido, pudiendo ser recta o enrollada en espiral.

El enrollamiento de la espira puede ser lento de forma que cada vuelta se yuxtapone, o no envuelve la precedente; o, por el contrario, ser rápida de forma que cada vuelta cubre parcialmente a la precedente.

Las primeras tienen un ombligo ancho y se denominan evolutivas y las segundas, con un ombligo estrecho, reciben el nombre de involutivas.

La sección de la vuelta puede ser comprimida o deprimida y tomar diversas formas: circular, ovaladas, cuadrangular o triangular. Generalmente estas mismas formas se reflejan en la abertura.

La parte apical de la concha recibe el nombre de fragmocono y esta dividido en compartimentos mediante una serie de tabiques transversales. Actualmente solo existe una especie viviente: *Nautilus* y ha podido comprobarse que segregan un tabique cada dos semanas aproximadamente y llegan en un año al estado adulto. La parte blanda del animal se aloja en la parte anterior al último tabique en la llamada cámara de habitación.

Una prolongación del manto forma un sifón que se extiende hacia atrás a través de los tabiques, hasta la cámara inicial situada en la protoconcha. Este sifón es el encargado de llenar o vaciar las cámaras que sirven para estabilizar al animal.

Los tabiques del fragmocono son de formas diferentes: pueden ser cóncavos o convexos con respecto a la cámara habitación; pueden formar pequeños golletes alrededor del orificio por donde pasa el sifón, originando dos tipos estructurales que pueden estar situados en la parte anterior o posterior de cada tabique. Estas estructuras, en ocasiones, se alargan tanto que pueden conectar un tabique con otro.

En general, en los *nautiloideos*, el sifón ocupa una posición central o subcentral; pero en los *ammonoideos* y en algunas formas paleozoicas, como en los *endoceratoideos*, ocupan una posición marginal que posiblemente correspondería a la región ventral, por coincidir con la posición del seno hiponómico de la concha donde esta situado el embudo.

En los *nautiloideos* los tabiques interiores no se reflejan en el exterior de la concha, cosa que si ocurre en los *ammonoideos*.

El éxito evolutivo de los cefalópodos no incluye estos dos grupos. Uno ha desaparecido y del otro apenas quedan en la actualidad unas pocas especies del único género existe: *Nautilus*, y con tendencia a su desaparición.

Los *coleoideos* han prescindido de la concha externa y solo algunos poseen un endoesqueleto.

La mas característica es la concha de la *Spirula*. Parecida a un *Gyrocono*, esta situada en el fondo del cuerpo, es caliza y esta enrollada ventralmente en espiral, con las vueltas libres; en su interior existen septos que la dividen en cámaras, todas ellas perforadas para el paso de un tubo, el sifón que llega hasta el fondo de la espira.

Con distinta forma y tamaño pero que en definitiva realiza la misma función que la concha del *Nautilus*.

Es un animal pelágico y su concha puede encontrarse, ocasionalmente, en las playas.

Recuerdo una anécdota referida por Rafael Muñiz un excelente malacólogo malagueño. En cierta ocasión, mientras vivía en Marruecos, encontró una playa, situada en la costa Atlántica, cubierta literalmente de conchas de *Spirula*. Recogió unas cuantas, pensando que cuando necesitase más solo tenía que regresar a esa playa. Posteriormente no logró conseguir ni siquiera una concha más en esa playa.

El resto de las conchas internas de los cefalópodos ya no tiene nada que ver con lo que podemos llamar una "concha clásica". Toman la forma de una tabla de "wind-surf" en las sepias o de una simple pluma en los calamares.

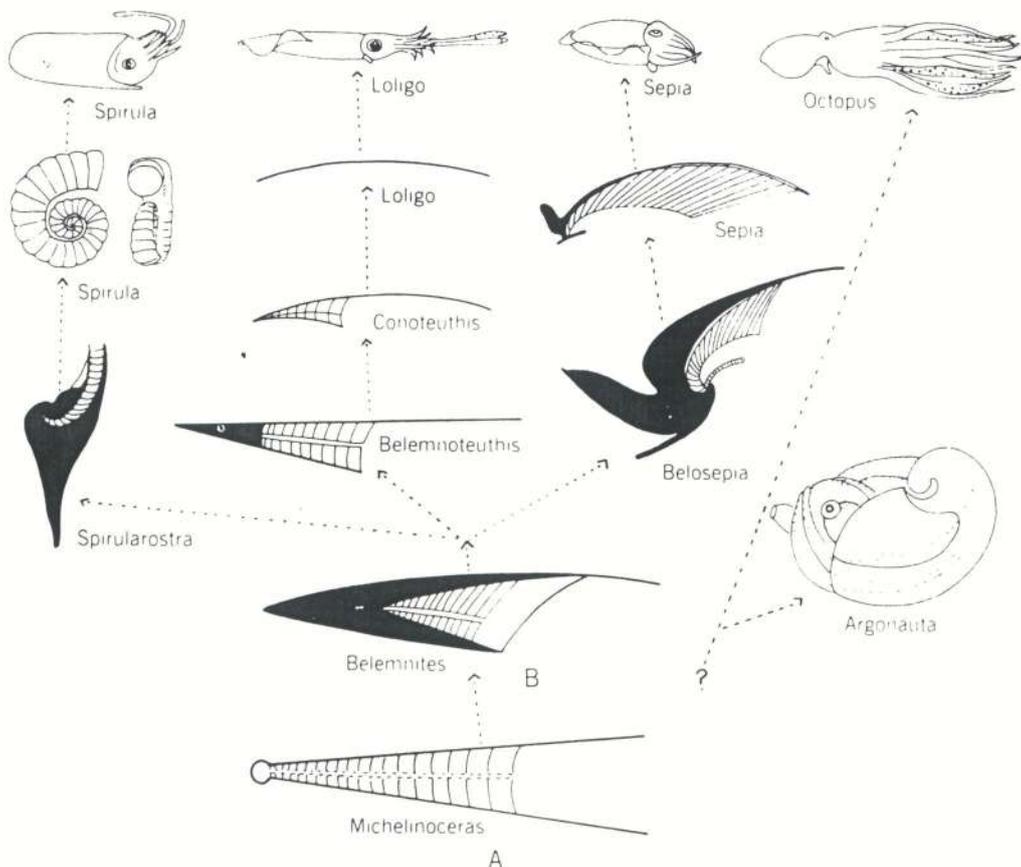
Las hembras de los *Argonautas* poseen una enorme membrana dorsal redondeada, capaz de segregar una concha, parecida exteriormente a la de los *Nautilus* pero de una sola cavidad, sin septos, y de un material muy frágil parecido al pergamino, llamada cápsula nidamentaria, que aloja a parte del animal y los huevos hasta su total desarrollo.

Una vez cumplida su función la concha es abandonada.

Este es un claro ejemplo de los animales que evolucionan, prescindiendo de la concha por ejemplo, sin tener solucionados todos los problemas derivados de esa pérdida. Tienen, por lo tanto, que volver a sus orígenes, es decir recuperar la concha, para poder realizar una función tan esencial como es la de la reproducción.

La evolución de los coleoideos

Existe una teoría sobre una hipotética evolución de las formas de *coleoideos* actuales a partir de las formas fósiles.



Probablemente, una forma ancestral con concha recta, estando esta concha encerrada en el manto, condujo a una diferenciación del rostro, fragmacono y prostraco, como en *Belemnoteuthis*.

La reducción total de la concha condujo a los *Octopodos*, aunque en *Argonauta* ha desarrollado una envuelta calcárea para los huevos, semejante a una concha. Las diferentes líneas de reducción de la concha conduce hacia las *Spirulas* actuales, que conservan el fragmacono; el loligo tiene el gladius, pero carece del fragmacono, y las sepias, que conservan a su vez restos del rostro y de fragmacono.

Los casos extraños

La concha de gran cantidad de gasterópodos esta retorcida en espiral, sin embargo los cefalópodos *testaceos*, tanto el único que perdura actualmente: el *Nautilus*, como los *Nautiloideos* y *Amonoideos* primitivos que aparecen frecuentemente representados en los libros especializados de moluscos actuales o fósiles, están completamente enrollados, pero en un solo plano vertical, sin pérdida de simetría

Sin embargo todos los esquemas se rompen cuando en un libro, concretamente el tomo primero de "La evolución animal" de Alfred S. Romer, te encuentras la reproducción de una concha parecida a una *Turbinella pyrum* y denominada *Sycum bulbus*.



Fig 35. *Sycum bulbus*. Cefalópodo carnívoro muy cercano a los buccinos

En dicho libro se indica solamente que se trata de un molusco prosobranquio marino del Luteciense, hace unos cuarenta millones de años, de Damery. Advierte de la importancia de la escotadura sifonal y continua catalogándolo como un cefalópodo carnívoro bastante próximo a los buccinos.

No puedo añadir nada mas al respecto pues los fósiles no son mi especialidad y entre mis colegas no he podido obtener ninguna respuesta convincente, probablemente porque tampoco están muy introducidos en el tema. Continuare, desde luego, tratando de averiguar algo mas sobre esta, por lo menos para mi, enigmática concha pues es uno de mis asuntos pendiente.

Anatomía y fisiología de los cefalópodos.

La evolución de los cefalópodos ha dado como resultado un desplazamiento completo de los ejes funcionales del cuerpo. Con el alargamiento de la masa visceral y con el desarrollo del hiponoma en el extremo posterior del pie, la superficie ventral primitiva, se ha desplazado hacia el extremo funcional anterior. El ápice de la masa visceral, primitivamente en la superficie dorsal, se ha transformado en el extremo posterior del cuerpo; el embudo, que originariamente estaba en el extremo posterior del animal, es funcionalmente ventral.

Durante el desarrollo, la cabeza y el pie se encuentran íntimamente mezclados.

Un anillo, que en general se considera derivado parcialmente del pie, rodea la cabeza; a partir de ese anillo se desarrollan los brazos o tentáculos.

El *Nautilus* tiene más de noventa tentáculos, los *sepioideos* y los *teutoideos*, diez y los *octopoides*, ocho; es decir que cuando más evolucionado es el animal menos número de tentáculos posee. Aunque, eso sí, les saca un mejor rendimiento.

Un carácter excepcional del *Nautilus* es la presencia de un capuchón muscular dorsal en la cabeza, que hace el papel de opérculo cuando el animal se retrae dentro de la concha.

Otras características de los cefalópodos son la presencia de dos grandes ojos, situados en la superficie lateral o en el dorso lateral.

El manto rodea el cuerpo; el de *Nautilus* tapiza la cámara de la concha donde vive y se prolonga en forma de sifón a través de los septos hasta la última cámara apical.

Los coleoideos, al carecer de concha externa, han transformado su manto en una masa resistente y musculosa.

El del calamar se proyecta hacia delante como un cuello alrededor de la cabeza y el embudo, dejando una entrada libre de agua que llega hasta la cavidad paleal.

Existe una especie denominada vulgarmente el calamar volador que puede huir de sus enemigos con una velocidad superior a la de casi todos los demás animales marinos. Su cuerpo aerodinámico, en forma de torpedo, les permite nadar con facilidad y sin encontrar apenas resistencia. Haciendo pasar el agua por un embudo situado bajo el ojo, son capaces de propulsarse, hacia arriba y fuera del agua, a una velocidad de 55 kilómetros por hora. Se impulsan hacia arriba con tal fuerza que algunos calamares acaban sobre la cubierta de los barcos. No obstante, estos velocistas pueden también frenarse y avanzar a la velocidad de un caracol, sobre todo cuando pretenden sorprender a una presa.

Una vez en el aire, el calamar mantiene un rumbo gracias a una aleta en forma de punta de flecha que posee en un extremo del cuerpo. Esta aleta le ayuda a mantener el equilibrio.

Los ocho tentáculos cortos y los dos largos que salen de la cabeza del calamar se despliegan a modo de alas. Aunque no ha podido comprobarse. Algunos científicos opinan que el espacio que queda entre los tentáculos extendidos está ocupado por una capa viscosa, que forma una especie de membrana que ayuda al animal a ascender y a mantenerse en el aire.

Por el contrario el manto del pulpo se adhiere a la superficie dorsal y lateral de la cabeza, reduciendo considerablemente la abertura.

Los cromatoforos

La principal protección de los moluscos es la concha. Cuando deciden prescindir de ella a cambio de una mayor libertad de movimientos y rapidez en los desplazamientos, adquieren además una serie de protecciones adicionales.

Los gasterópodos nudibranchios eligieron unos colores vivos y vistosos, que en el reino animal es sinónimo de: “No me comas. Peligro.” Y la adición de una serie de papilas venenosas que corroboran el efecto que produce su color.

Los cefalópodos, como los camaleones en tierra, han optado por el camuflaje.

En el epitelio del manto de los *coleideos* existen unas células pigmentadas especiales llamadas cromatoforos. Cada una contiene un solo pigmento, amarillo, rojo pardo o azul, según los casos.

Las diversas especies poseen diferentes combinaciones de colores en distintas proporciones.

Los cromatóforos tienen una membrana celular elástica que esta unida por un anillo de células musculares lisas; la contracción de los músculos extiende la membrana y las células se dilatan; la membrana celular se contrae cuando los músculos se relajan.

La presencia de cromatóforos permite los cambios de color para la adaptación al fondo. Los reflejos postulares normales mantienen la superficie ventral mas clara que la superficie dorsal, proporcionando un buen camuflaje durante la natación.

Un ganglio central del cerebro es el responsable de controlar un centro especial del color.

La tiramina que es el equivalente a la adrenalina de los humanos, se altera según el estado emocional del animal y provoca la expansión del cromatóforo y su coloración más oscura. Por el contrario la betaina, estimula el centro inhibitor y produce una coloración más clara.

La captura de alimentos

Los cefalópodos en general utilizan los brazos para la captura de las presas; estos tienen una musculatura compleja y están controlados hasta en sus más mínimos detalles. Los brazos del *Nautilus* son cortos, numerosos y no tienen ventosas, pero son adhesivos gracias a unas secreciones.

Los *coleideos* tienen ventosas musculares de succión en la superficie interna de sus brazos. La succión no se realiza por medio del vacío por salida del aire que es el sistema que emplean las lapas, sino por una ampliación de la cavidad que diluye el aire que contiene provocando igualmente un efecto similar.

Algunas de esas ventosas tienen bordes córneos, otros ganchos que colaboran a la sujeción de las presas y algunos pulpos abisales, que habitan en la mas completa oscuridad, sustituyen las ventosas por puntos luminiscentes que sirven de señuelo para atraer las presas.

Esta es llevada hasta la boca y atacada por las mandíbulas corneas, muy musculosas y que semejan a un pico de loro.

Aunque sepias y pulpos utilizan un veneno segregado por glándulas salivares posteriores para inmovilizar a las presas, las especies pelágicas, generalmente, matan sus presas de una sola dentellada.

La sepia mastica su alimento, pero los pulpos son mas selectivos pues solo consumen las partes blandas despreciando las duras.

La cavidad bucal contiene una rádula, generalmente con cinco dientes en cada fila transversal.

Respiración.-

Los intercambios respiratorios tienen lugar en la superficie de las branquias plegadas y muy vascularizadas. Las corrientes ciliares, tan importantes en la aireación de las branquias en otros moluscos, no tienen gran importancia en los cefalópodos; los movimientos musculosos son suficientes para llenar y vaciar la cavidad paleal.

A excepción de los *Nautilus* que tienen dos pares de branquias, todos los cefalópodos actuales tienen un solo par. Con los conocimientos actuales es imposible precisar si los cefalópodos primitivos tenían un par o más.

Los ojos.-

Los ojos son los órganos de los sentidos más llamativos. El *Nautilus* tiene ojos relativamente sencillos, con una gran capa pigmentada, pero sin cornea, ni cristalino, ni otras partes de refracción.

Otros cefalópodos tienen ojos con una estructura más evolucionada, de los que algunos son semejantes a los de los vertebrados, siendo capaces de formar una buena imagen.

Los ojos de sepia y loligo están entre los más perfeccionados de los cefalópodos. Una cornea transparente recubre el cristalino que se mantiene en su sitio por medio de suspensores que contienen músculos ciliares. Una pupila ajustable se encuentra en el centro de un iris pigmentado. La vesícula óptica está tapizada de capas pigmentadas y retinianas; a partir de los cartílagos cefálicos se forma una cápsula que protege el ojo; posee unos músculos especiales con ayuda de los cuales puede realizar diversos movimientos.

Reproducción.-

En los cefalópodos los sexos están casi siempre separados; los machos en general son más pequeños que las hembras y a veces muestran otros caracteres de dimorfismo sexual. Las gónadas impares están situadas en la pared del celoma y los gametos se separan de estas y entran en el celoma, de donde son recogidos por los gonoductos.

Los huevos están envueltos por una sustancia gelatinosa que al contacto con el agua se endurece y permite su fijación a los objetos.

Los machos del *Nautilus* tienen cuatro brazos que están permanentemente modificados para la cúpula, pero la mayoría de machos de los cefalópodos maduros sexualmente solo tienen un brazo especializado, cuya forma y función varía considerablemente.

Durante la cúpula, el extremo modificado del brazo se separa y queda en la cavidad paleal de la hembra.

Curiosamente Aristóteles había descrito correctamente la función de este brazo copulador, sin embargo, no había sido correctamente interpretado por los zoólogos del siglo XIX.

Estos brazos, que si reciben el nombre de *Hectocotilos* dado por Cuvier, son aplanados, con una cavidad en forma de copa, donde lleva los espermatoforos. En la madurez sexual, en el extremo del brazo, se desarrolla un filamento delgado que penetra en la cavidad paleal de la hembra, separándose del macho y llevando consigo los espermatoforos. Por esta causa es lógico que Cuvier lo confundiera con un gusano parásito que se separaba del macho y se instalaba en la hembra por algún motivo indeterminado.

Los espermatoforos se depositan, bien en la cavidad paleal o bien en otros lugares de la superficie del cuerpo, según especies. Los espermatoforos de los *Nautilus* y de los calamares se adhieren a la región de la cabeza o bien se insertan en un receptáculo seminal cerca de la boca.

Los huevos son fecundados cuando salen del oviducto, antes de que las secreciones de las glándulas nidamentarias se hallen endurecidas.

Los huevos aislados o formando masa, se fijan sobre las piedras u otros objetos, pero algunas especies pelágicas tienen huevos flotantes.

Los Argonautas, como ya hemos comentado anteriormente al hablar de las conchas, tienen un par de tentáculos dorsales muy modificados capaces de segregar una concha delgada, ligeramente estriada, en la que se depositan los huevos para la incubación.

La hembra transporta el nido, si por similitud podemos llamarlo así, durante todo el tiempo de desarrollo de los huevos, y cuando se le molesta puede entrar dentro, no se sabe si para protegerse ella o proteger los huevos.

Es curiosa la similitud del comportamiento sexual de la sepia y la de los leones. Es un hecho bastante conocido que cuando el jefe de una manada es derrotado por otro ejemplar más joven y fuerte. Su primera y cruel misión es dar muerte a todos los cachorros.

Las hembras no pueden oponerse pues el macho las dobla en tamaño y fortaleza. Al dejar de amamantarlos, las hembras entran en celo y el macho puede aparearse y asegurar, como propia, la descendencia. Las hembras, por su parte, no guardan ningún rencor al macho pues se aseguran un padre fuerte que defenderá su descendencia frente a otros opositores.

Las sepias reciben de los machos un saco con espermatoforos, como su efecto no es inmediato, tienen que permanecer en el lugar para proteger a las hembras del acoso de otros machos. Si son derrotados, el vencedor insufla agua a presión en la cavidad de la hembra hasta eliminar todos los restos de esperma e introducir el suyo.

Los calamares tienen un cuerpo ovalado y han sustituido la jibia por una pluma cornea que les otorga cierta flexibilidad. Realizan auténticas orgías sexuales en sus apareamientos y una vez depositados los huevos mueren para ser pasto de sus depredadores.

Los huevos toman formas de racimos de coral y están cubiertos por una sustancia que protege su apetitoso contenido y los hace inmune. Es curioso ver a los tiburones devorando a los calamares entre un bosque de huevos sin hacerles el menor caso.

En la naturaleza se dan casos que después del coito un macho se “ofrece” a la hembra para ser devorado y proveerla de las suficientes sustancias alimenticias para poder sacar adelante a su prole. En otros casos es la madre la que se sacrifica y es devorada por sus hijos.

En el caso de los calamares no se sabe con certeza las causas que provocan su muerte, que podíamos decir es natural y consecuencia directa del acto de la reproducción. Y lo que parece seguro, es que no se trata de un acto de suicidio colectivo para proteger de alguna forma los huevos, ya que los padres son devorados cuando ya están muertos o en un estado de máxima debilidad. Por otra parte aunque los padres no muriesen y pudiesen huir después de la puesta dejando abandonados los huevos sería prácticamente imposible que los depredadores pudiesen consumir la totalidad de la inmensa cantidad de huevos depositados.

De todas formas la naturaleza es sabia y si la reproducción se realiza de esa forma es porque así debe ser. Cualquier variación a este hecho podía haber provocado la desaparición de la especie.

Clasificación de los cefalópodos

Clase *cefalópodos* dividida en tres subclases.

Subclase *Nautiloideos.*

Cefalópodos con concha externa recta y arrolladas, divididas en cámaras por septos rectos que se unen a la concha por suturas simples. En la actualidad únicamente existe un Genero: *Nautilus*.

Subclase *Amomoideos.*

Cefalópodos con concha externa arrollada, dividida en cámaras por septos de diversas formas, que se unen a la concha por suturas complejas; las conchas, generalmente, poseen escultura externa. Se han descrito hasta 5000 especies diferentes pero ninguna ha vivido hasta la actualidad.

Subclase *Coleoideos.*

Cefalópodos con solo un par de branquias a diferencia de las subclases anteriores que poseen dos pares, y con una concha interna muy reducida o sin concha. Esta dividida en cuatro ordenes:

Orden *Belemnoideos.* Coleoideos extinguidos, con una concha interna, cuya parte apical, rostro y prostraco dorsal en forma de placa, que están bien desarrollados; y un fragmacono con cámaras.

Orden *Sepioideos.* Coleoideos con concha de rostro reducido, un prostraco modificado y un fragmacono rudimentario; con diez tentáculos y un celoma bien desarrollado. El cuarto par de tentáculos esta bien especializado y provisto de una fosela especial donde pueden retraerse.

Orden *Teutoideos.* Coleoideos sin rostro y con un fragmacono rudimentario o ausente; el prostraco modificado para formar el gladius en forma de pluma; con diez brazos, el cuarto par puede estar modificado, pero nunca se retrae en fosetas especiales.

Este orden se subdivide en los oegópsidos, generalmente sin el cuarto par de brazos modificado y con un ojo sin cornea, y en los myopsidos, con un cuarto par de brazos muy alargados y con cornea.

Este orden se subdivide en los oegópsidos, generalmente sin el cuarto par de brazos modificado y con un ojo sin cornea, y en los myopsidos, con un cuarto par de brazos muy alargados y con cornea.

Orden *Octopodos*. Coleoideo con ocho tentáculos y un celoma reducido; el cuerpo corto y redondeado y generalmente sin restos de concha.

En este grupo se encuentra el pulpo, el más evolucionado de todos los cefalópodos y el más inteligente. Es capaz de desenroscar el tapón de un frasco para capturar el alimento encerrado en su interior. El carecer de concha, tanto interna como externamente, le da una rapidez y elasticidad que le posibilita poder pasar por los más angostos rincones. Puede trasladarse de un tanque a otro a través de un largo tubo de un diámetro diez veces inferior al suyo propio, lo que le permite ocultarse o perseguir a sus presas hasta los lugares más recónditos.

RESUMEN

En el cuadro adjunto intentamos dar una idea gráfica de la evolución y desarrollo de los moluscos.

Los moluscos descienden de los Protostomos celomados, bien segregados de los primitivos anélidos o con independencia de estos.

Sea como fuese en un principio el molusco ancestral debía ser un animal metamerizado y muy parecido a un gusano o a los *Aplacoforos* actuales. Posiblemente la única diferencia esencial con los anélidos era la rádula que les permitió ocupar nuevos territorios y eclosionar.

Los *aplacoforos* metamerizados son los padres del resto de los moluscos. Pronto, algunos, perdieron la metamerización y así es como los conocemos actualmente.

Pero antes, tuvieron la ocasión de realizar una transformación en su cuerpo y protegerlo con unas placas flexibles: Los *poliplacoforos*.

Los *poliplacoforos* no han modificado su concha pero si, con el tiempo, perdieron la metamerización que es como han llegado a nuestros días.

La compactación de la concha de los *poliplacoforos* ocasiona el nacimiento de los *monoplacoforos*. Los actuales, son auténticos fósiles vivientes y apenas han evolucionado. Posiblemente el cuerpo blando de los antiguos chitones sea parecido al que conocemos actualmente de los *monoplacoforos*.

Paralelamente a todo este proceso algunos *aplacoforos* que ya habían perdido, por lo menos, parte de su metamerización adquirieron una concha cónica: los gasterópodos.

La prolongación de la concha provoca una inestabilidad en su control, que solucionaron enrollando la misma en forma helicoidal y la consecuente torsión del cuerpo del animal.

Otros, sin embargo, escogieron una solución más original. Desplazaron su cuerpo al final de la concha y cubrieron con septos el inicio de la misma, formando unas cámaras que llenándolas o vaciándolas de agua proporcionaban la estabilidad necesaria. Se convirtieron en los primeros cefalópodos.

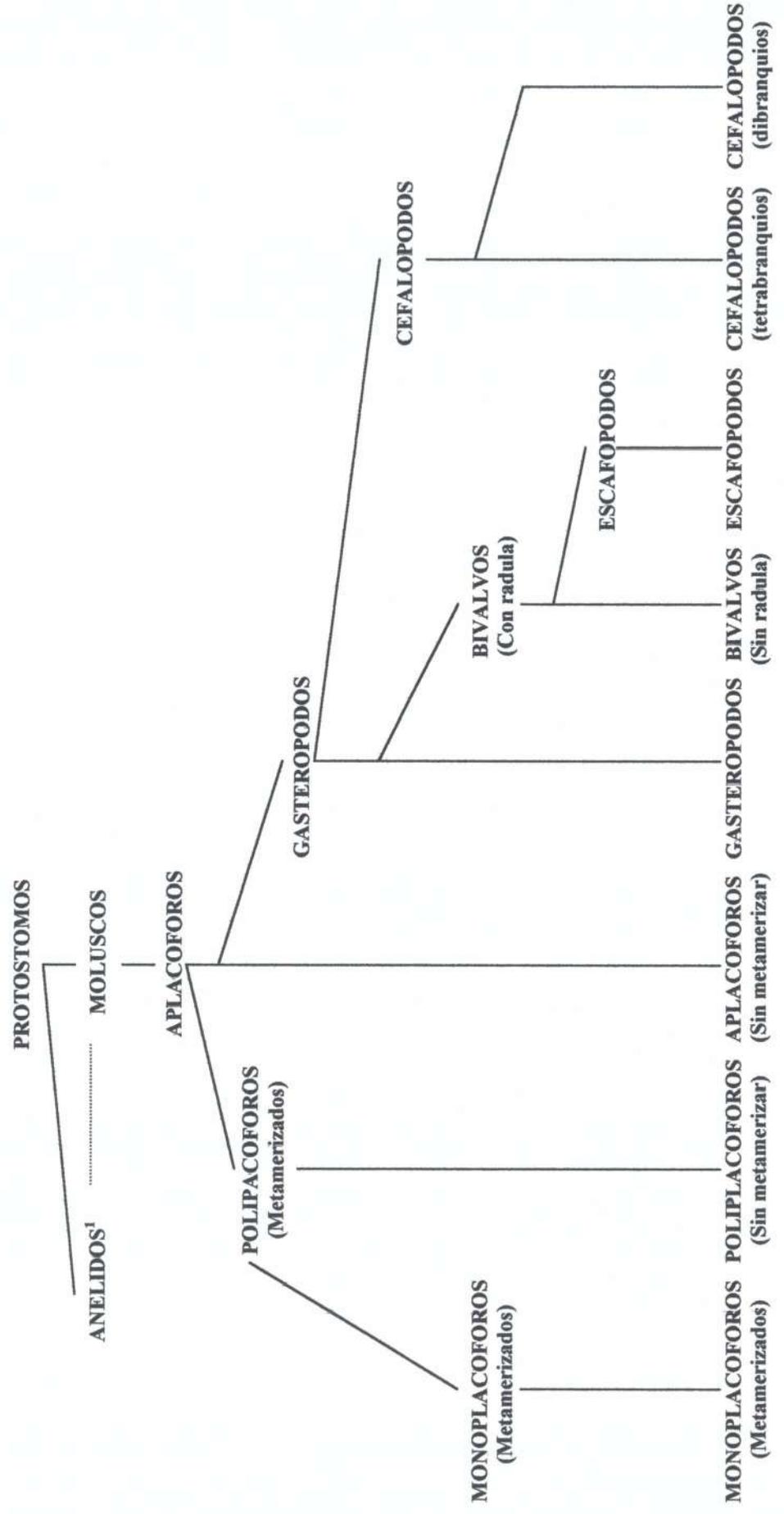
Los *Nautilus*, que son los más arcaicos que han llegado a la actualidad poseen cuatro branquias a diferencia del resto de los cefalópodos, mas evolucionados, que solo conservan dos. Lo que en cierta forma insinúa que tanto los primeros gasterópodos como los cefalópodos conservan parte de su metamerización.

Los gasterópodos continuaron evolucionando y algunos lo hicieron tanto que lograron modificar su cuerpo para formar un nuevo grupo: los bivalvos.

Los primitivos bivalvos conservaban la rádula heredada de los gasterópodos. Aunque con el tiempo la perdieron. Antes, sin embargo, aun tuvieron tiempo de evolucionar uniendo los bordes de su manto y formar una concha, en forma de colmillo de elefante: los *escafopodos*.

A grandes rasgos este puede ser el proceso que han seguido los moluscos para su evolución y formación de las distintas clases. Los detalles y circunstancias de estas variaciones ya han sido expuestas ampliamente con anterioridad y aquí, lógicamente, las omitimos para no ser reiterativos.

ORIGEN Y EVOLUCION DE LOS MOLUSCOS (Según Gisbert, 2000)



¹ Los protostomos son el antecesor de anélidos y moluscos. Lo que todavía no se tiene claro es si los moluscos descienden directamente de los protostomos o bien descienden de los anélidos de ahí que se indique con una línea discontinua esa posibilidad.

BIBLIOGRAFIA

- DANCE, PETER. *The Shell Collector's Guide*. Londres, 1976.
- EDLINGER, K & GUTMANN, W.F. *Iberus* 15 (2) 1997.
- GANTÉS, R.T.F. *Les coquillages*. Verviers, 1974.
- LÓPEZ MARTINEZ, NIEVES. *Guía de Campo de los Fósiles de España*. Madrid, 1986.
- MENGLITSCH, P.A. *Zoología de Invertebrados*. Madrid 1986.
- ROMER, ALFRED S. *La evolución animal*. Barcelona, 1971.
- SABELLI, BRUNO. *Guía de los Moluscos*. Barcelona, 1982.
- SMITH, J.E. et al. *Panorama de los Invertebrados*. Barcelona, 1971.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a un sinfín de libros anónimos de los cuales he extraído algunas ideas y que harían de esta bibliografía una relación interminable. A mi mujer por su inconmensurable paciencia y a otros muchos colaboradores que han hecho posible que este libro llegara a ver la luz.