

CRÉDITOS	Nombre del OVA	BAUPLAN LAB
	Profesor Experto temático	MARISOL BELTRÁN GUTIÉRREZ
	Asesor Pedagógico	GLORIA ALEXANDRA OREJARENA
	Diseñador OVA	WILLIAM ALARCÓN GÓMEZ
	Par académico	MARÍA ISABEL CRIALES HERNANDEZ
	Imágenes científicas	CRISTIAN JAIR ROMERO BARRAGÁN JENNIFER MELISSA GIORGI ORTIZ
	Traductor a lengua de señas	LIZETH VALENCIA GALVÁN
	Productor Audios	TELEUIS
	Lider de Proyecto	VICERRECTORÍA ACADÉMICA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

© Universidad Industrial de Santander

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción del material únicamente con fines educativos y se prohíbe para su uso comercial.

BAUPLAN LAB

INTRODUCCION

Un Bauplan es el mapa corporal de la estructura externa e interna de un animal. Este objeto virtual de aprendizaje tiene el propósito de explorar el plan morfológico básico de Cnidaria, Mollusca y Arthropoda, describir cómo se modifica dicho plan durante los ciclos de vida de las especies y resaltar cuáles son los principales rasgos que se han desarrollado como adaptación a diversos estilos de vida.

Existen alrededor de 10.000 especies descritas de cnidarios vivientes, 90.000 de moluscos y 1'300.000 de artrópodos, lo que hace que estos tres grupos representen casi un 70% de todas las especies animales conocidas! La diversificación de sus modelos corporales les ha permitido sobrevivir a una gran variedad de hábitats incluyendo ambientes pelágicos y del bentos marino, el agua dulce e incluso los ecosistemas terrestres.

Bauplan Lab es un útil complemento a las prácticas de laboratorio de la biología de los invertebrados, ya que resume la diversidad de cnidarios, moluscos y artrópodos, resaltando los cambios que han ocurrido en el curso evolutivo a partir de un diseño básico corporal hacia modificaciones, tales como el desarrollo de conchas o exosqueletos, que han contribuido al éxito de estos metazoarios.

1. CNIDARIA

1.1. Modelos corporales

Los cnidarios presentan variedad de modelos corporales a lo largo de su ciclo de vida. Son **POLIPOS** aquellos que con su forma columnar se encuentran adheridos a un sustrato por una base, y abren sus tentáculos alrededor de su boca hacia la superficie para atrapar su alimento. Mientras que son **MEDUSAS** aquellos que flotan libremente en la columna de agua con una estructura en forma de sombrilla, logrando su locomoción gracias a los movimientos de sus tentáculos abiertos hacia el suelo marino (**Figura 1**). Cualquiera que sea su forma de vida, las especies del phylum Cnidaria poseen simetría radial, lo cual proporciona una ventaja para la locomoción multidireccional en un eje corporal con los extremos oral y aboral (Martindale *et al.*, 2002). El cuerpo de un cnidario tiene forma de saco, constituyéndose por las capas de la epidermis y la gastrodermis. La conformación de estos tejidos se deriva de la diferenciación del ectodermo y el endodermo en el desarrollo embrionario, lo que los hace animales diblásticos (Seipel & Schmid, 2005). En el intermedio de estas dos capas, aparece una matriz acelular de consistencia gelatinosa denominada **mesoglea**. Distribuidos por todos sus tejidos pueden encontrarse **cnidocitos**, células urticantes que le dan el nombre al grupo.

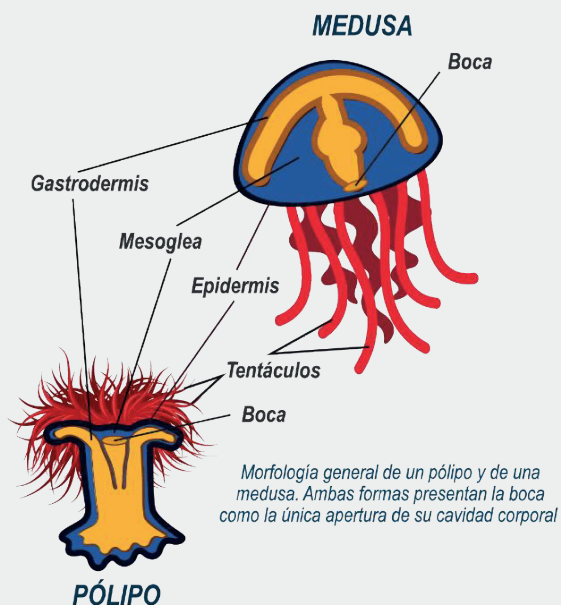


Figura 1. Morfología general de un pólipo y de una medusa.

1.2. Anthozoa

En la clase Anthozoa no se presenta la etapa de medusa, y se ha evidenciado que este grupo es el más basal del phylum Cnidaria (Ball *et al.* 2004; Dunn *et al.*, 2008). Los pólipos poseen en sus tejidos endosimbiontes dinoflagelados llamados zooxantelas, que gracias a su capacidad fotosintética proporcionan nutrientes. La cavidad gástrica de los pólipos de Anthozoa está dividida por septos o **mesenterios**, que son láminas formadas por plegamientos de la pared interna del cuerpo proporcionando mayor sostén.

La subclase Hexacorallia incluye las especies denominadas comúnmente como corales y anémonas, cuyos tentáculos y mesenterios se disponen de a múltiplos de seis. Los corales forman colonias en una base calcárea, ya que son capaces de segregar un esqueleto de carbonato de calcio, por lo que se denominan “corales duros o verdaderos”. La estructura en forma de copa en la que se aloja cada pólipo se llama cáliz, el cual se halla dividido internamente por septos calcáreos, que a su vez encajan entre los mesenterios de la columna de los pólipos. Cada uno de estos cálices con su estructura esquelética se conoce como el **coralite**, mientras que a todo el conjunto calcáreo se le llama **coralum** (Figura 2).

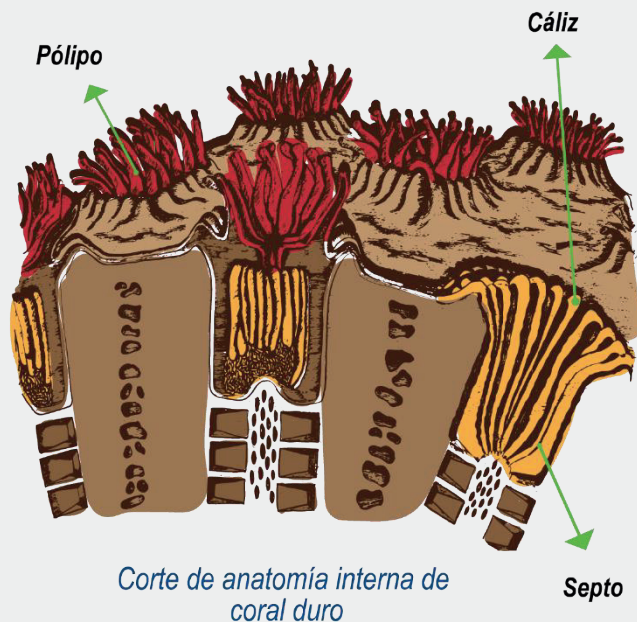


Figura 2. Coral duro con cálices separados mostrando corte de anatomía interna.

Los “corales blandos” de la subclase Octocorallia agrupan las conocidas gorgonias y plumas de mar. Todas son especies coloniales con pólipos que presentan **tentáculos pinados** y mesenterios de a múltiplos de ocho. Los tubos gástricos de los pólipos se conectan unos con otros a través de la **cenenquima**, una matriz de secreciones calcáreas irrigada por tubos gástricos que conforman la base de las colonias. Bajo la cenenquima hay una varilla de soporte compuesta de una sustancia proteica llamada gorgonina (**Figura 3**).

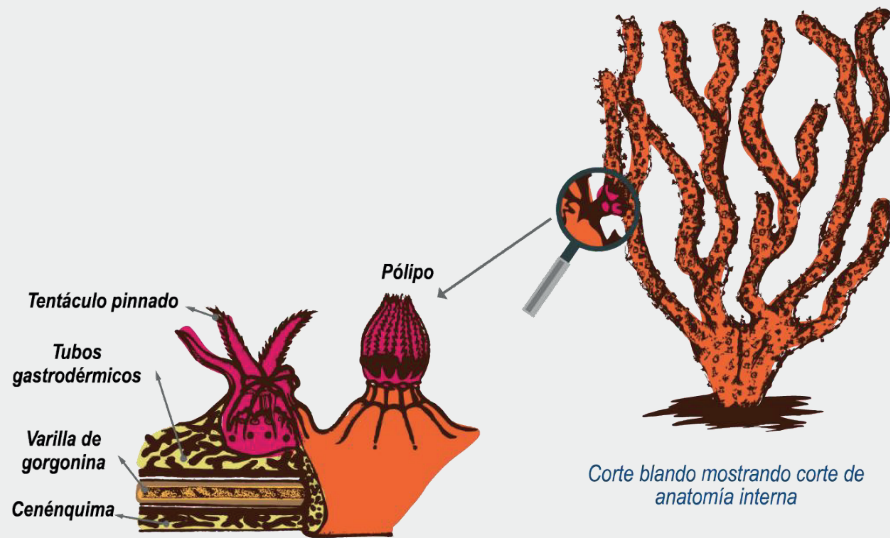


Figura 3. Coral blando mostrando corte de anatomía interna.

1.3. Medusozoa

Medusozoa es el grupo de cnidarios que en alguna etapa de su vida presenta la forma de medusa. Encontramos aquí las clases Hydrozoa, Schyphozoa y Cubozoa (**Figura 4**).

Las medusas poseen músculos estriados y lisos bien diferenciados derivados del ectodermo, así como un sistema nervioso que no solo consiste en una red intraepitelial uniforme por todos los tejidos (como en la clase Anthozoa), sino que puede concentrarse en un anillo nervioso e incluir tipos de órganos sensoriales para la fotosensibilidad (desde ojos simples hasta ojos altamente sofisticados, incluyendo lentes y retinas) (Watanabe *et al.* 2009).

¿Por qué si los cnidarios son animales diblásticos, presentan tejido muscular?

Algunas medusas presentan musculatura similar a la de los animales triblásticos, en los cuales se forman músculos derivados a partir del mesodermo. Pero el mesodermo no se forma en el

desarrollo de los cnidarios, entonces ¿cómo se explica la aparición de músculo estriado en las medusas? Durante la formación de la medusa temprana, el organismo se compone únicamente de células endo y ectodermales, y estas últimas se diferencian en una nueva capa de células: el entocodon. Es a partir del entocodon, que se forma la musculatura de la campana de la medusa (Ball *et al.* 2004).

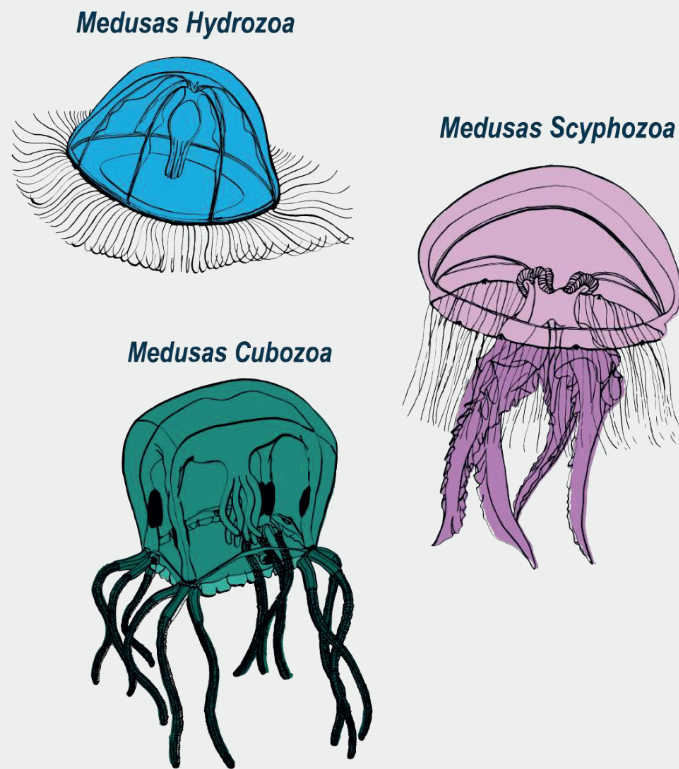


Figura 4. Ejemplares de las tres clases de Medusozoa

Las medusas de Hydrozoa suelen ser de tamaño pequeño y se caracterizan por la presencia del velo, una membrana en la parte interior del borde que le da mayor movilidad a la umbrela. También presentan el manubrio, un conducto que se encarga de conectar la boca con el saco digestivo y sus ramificaciones. A diferencia de las Hydrozoa, las medusas Schyphozoa no poseen velo y su umbrela puede llegar a medir hasta 2 metros de ancho. Se caracterizan porque rodeando su boca crecen cuatro brazos orales que les facilitan capturar e ingerir su alimento. A su vez, su cavidad gástrica se divide en cuatro bolsas en las que ocurre la digestión, y se alojan las cuatro gónadas del animal. Desde las bolsas gástricas se ramifican

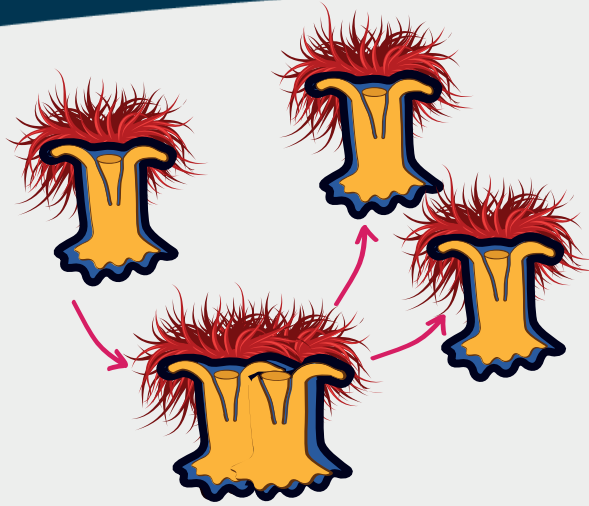
hasta los bordes de la umbrela los canales radiales que reparten el alimento y se unen en un solo canal anular que rodea la umbrela por todo su borde.

Mientras que las medusas de Hydrozoa presentan ocelos para la fotorrecepción y estatocistos para el equilibrio, en Scyphozoa y aún más en Cubozoa, se da un alto grado de especialización de estas estructuras sensibles en unos órganos denominados **ropalios**, que les confieren funciones ópticas con contraste de brillo, un comportamiento de visión guiada y hasta la diferenciación de colores (O'Connor, 2010). Por su parte, la umbrela de Cubozoa se caracteriza por presentar formas cubicas y en cada una de sus esquinas un tallo muscular de donde emergen sus tentáculos, conocido como **pedalium**. Como en todas las demás medusas, sus tentáculos están cubiertos de cnidocitos, pero son los de Cubozoa, aquellos que alcanzan mayor toxicidad.

1.4.Ciclos de vida

Los organismos de la clase Anthozoa presentan un ciclo de vida simple, con una larva y un pólipo adulto. En los corales la reproducción asexual tiene lugar por gemación: una parte del pólipo crece en forma de yema, la cual se va alargando hasta que se desarrolla y finalmente sufre una constricción y se separa de la madre (**Figura 5**). Otra forma de reproducción asexual de la colonia es a través de la fragmentación de una pieza de un coral, que puede ocurrir de manera natural o intencional. Esta propiedad se utiliza para el crecimiento de especies de coral en sistemas de guarderías, donde se disponen a madurar los fragmentos y posteriormente se trasplantan en el medio natural con el propósito de restaurar el ecosistema de arrecife coralino.

Por otra parte, la reproducción sexual puede ocurrir en especies hermafroditas (los oocitos y la esperma maduran en la misma colonia) o gonocóricas (los gametos femeninos y masculinos se desarrollan en colonias diferentes). A su vez, el modo de desarrollo del cigoto puede ser a través del desove (expulsión de gametos al medio y fusión externa al cuerpo del pólipo) o de la incubación (la fusión ocurre dentro del individuo y el cigoto madura hacia larva **plánula** dentro de la cavidad gástrica).



Reproducción asexual en corales

Figura 5. Reproducción asexual por gemación en corales.

La mayoría de especies son desovadoras y dependen de condiciones ambientales adecuadas para liberar sus gametos (oocitos y esperma) en la columna de agua (Soong, 1991). Allí flotan y ocurre la fertilización dando lugar a un cigoto que se divide hasta convertirse en una larva plánula, la cual busca un sustrato sólido adecuado para asentarse y llevar a cabo su proceso de metamorfosis. Una vez surge el joven pólipo, este comienza la construcción de su **coralite** de carbonato de calcio y a través de la reproducción asexual, continúa creciendo y expandiendo la colonia hasta alcanzar la madurez e iniciar el ciclo nuevamente (Castro *et al.* 2010) (Figura 6).



Figura 6. Ciclo de vida del coral escleractinio *Diploria*.

En las clases Scyphozoa y Cubozoa predomina el estadio de medusa, mientras que las especies de Hydrozoa pasan la mayor parte de su vida como pólipos. En Hydrozoa, los pólipos muestran una organización colonial fijados al sustrato por redes de estolones que actúan como una raíz (hidrorriza), de los que surgen tallos (hidrocaule) y ramas donde se ubican los pólipos (**Figura 7**). El recubrimiento de la cavidad gástrica conecta internamente a toda la colonia y una capa transparente endurecida por quitina recubre cada pólipo (hidroteca). Hay una división de las funciones biológicas, por lo que unos pólipos conocidos como gastrozoides se encargan de la alimentación mientras que los gonangios se especializan en la formación de yemas a través de la reproducción asexual. Las yemas originan medusas, que una vez se liberan del gonangio, llevan a cabo la fase de reproducción sexual del ciclo produciendo gametos masculinos y femeninos. Luego de la fecundación, se desarrolla una larva plánula que a su vez originará una nueva colonia de pólipos completando el ciclo.

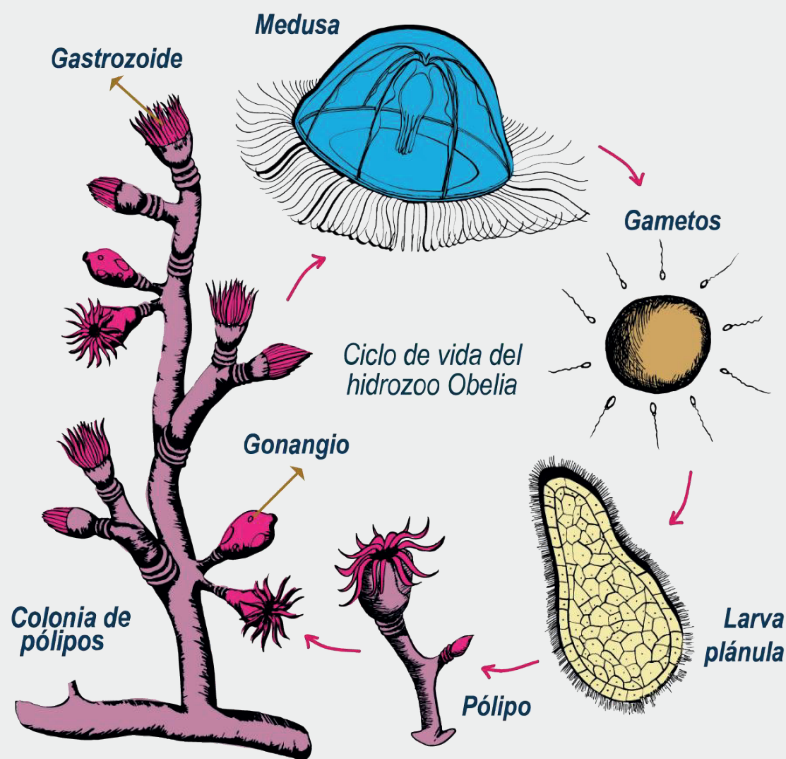


Figura 7. Ciclo de vida del hidrozoo *Obelia*.

En el caso de la medusa *Aurelia*, el fenómeno que ocurre para la reproducción asexual se conoce como estrobilación, en el que se producen pequeños discos por fisión transversal de la columna del pólipo o escifistoma (**Figura 8**). Esta etapa se conoce como estróbilo y cada uno de los discos liberados se convierten en jóvenes medusas conocidas como efiras. Posteriormente, se desarrollan en medusas adultas que completan la fase sexual del ciclo.

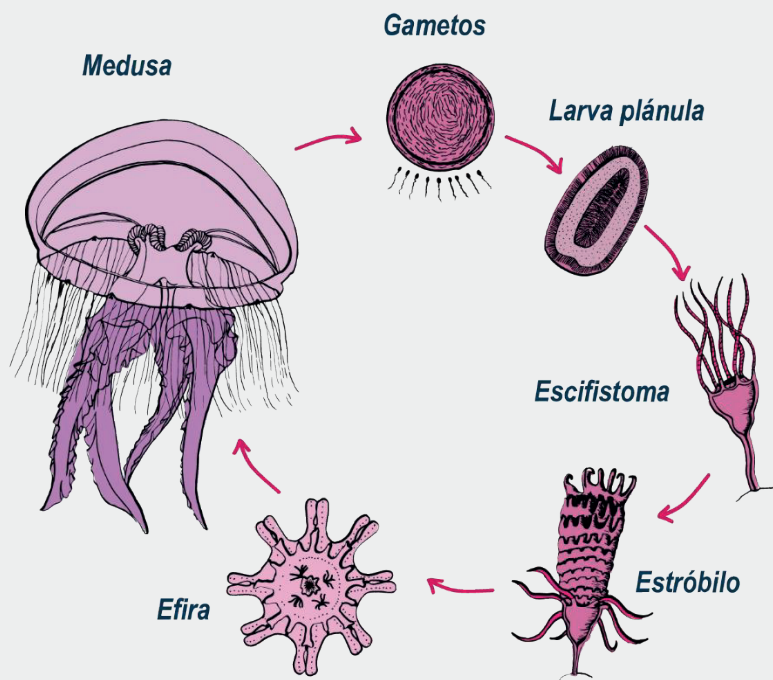


Figura 8. Ciclo de vida de *Aurelia*.

1.5. Resumen de Cnidaria

Los cnidarios presentan una estructura diploblástica así como una sola apertura de su cavidad corporal. El hábito bentónico del pólipo de la clase Anthozoa es considerado como un carácter basal presente en todas las clases de Cnidaria, mientras que la medusa pelágica es un estado que se desarrolla en el grupo de los Medusozoa abarcando especies de las clases Hydrozoa, Scyphozoa y Cubozoa. En la clase Hydrozoa, se presenta la organización de los pólipos en colonias hidroides de forma arborescente y tamaño microscópico. Durante los ciclos de vida, el pólipo lleva a cabo la fase de reproducción asexual a partir del cual se forman otros pólipos o se generan medusas que completan el ciclo llevando a cabo la fase de reproducción sexual.

2. MOLLUSCA

2.1. Molusco ancestral

En esta sección vamos a ver de qué forma la disposición de las estructuras corporales de los moluscos está relacionada con su historia filogenética y cómo ha evolucionado en las distintas clases del phylum. Se plantea que el molusco hipotético ancestral era un animal de cuerpo blando protegido por una concha calcárea, con músculos repetidos en serie en sentido dorso-ventral. Hablamos de un molusco cuyo modelo nos facilitará la comprensión del Bauplan de este grupo (**Figura 9**).

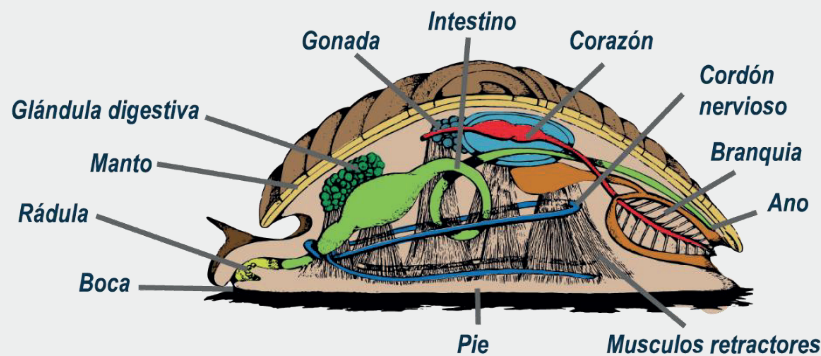


Figura 9. Esquema de molusco generalizado.

El patrón estructural de los moluscos se conforma por tres partes principales: (1) una región cefálica, donde se sitúan los órganos sensoriales y la boca, la cual contiene un órgano quitinoso raspador denominado **rádula**; (2) una masa visceral que concentra los órganos internos protegidos por el epitelio del **manto**; y (3) un **pie** que consiste en una superficie ventral aplanada para reptar por sustratos duros. El pie tiene una actividad secretora que proporciona adhesión y lubricación para facilitar el movimiento.

2.2. Diversificación

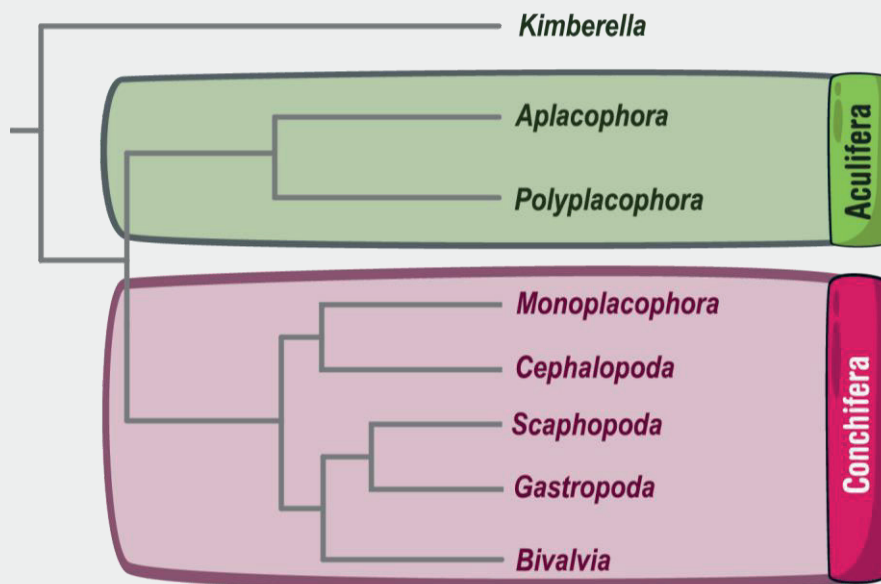


Figura 10. Hipótesis filogenética de los grupos de moluscos. Basado en Vinther (2015) y Wanninger & Wollesen (2019)

2.2.1. Aculifera

En Aculifera se consideran escleritos a las estructuras calcáreas que forman espículas o placas recubriendo la superficie dorsal del animal (Chen *et al.* 2015). Aquí se ubican especies de los grupos Aplacophora y Polyplacophora, que evolucionaron a partir de un ancestro con placas dorsales en serie. Los Aplacophora redujeron y perdieron secundariamente dichas placas y el pie característico de los moluscos (Vinther *et al.* 2012).

2.2.1.1. Polyplacophora

Estos animales se conocen comúnmente como quitones. Habitan adheridos a las rocas de los litorales mediante la musculatura de su pie. Su cuerpo es ligeramente aplanado de contorno ovalado, y se encuentra cubierto por **ocho placas calcáreas** articuladas entre sí. Evolucionaron a partir de moluscos vermiformes (en forma de gusano) que poseían una concha cónica que fue aplanándose y adhiriéndose firmemente a los tejidos internos musculares.

Estas estructuras se constituyen de igual forma del material calcáreo secretado por el epitelio del manto. La primera y última placa son semicirculares, mientras que las seis restantes son cuadrangulares y todas se encuentran recubiertas y rodeadas por otra estructura de consistencia más suave que recibe el nombre de **zona o cinturón** (Figura 11).

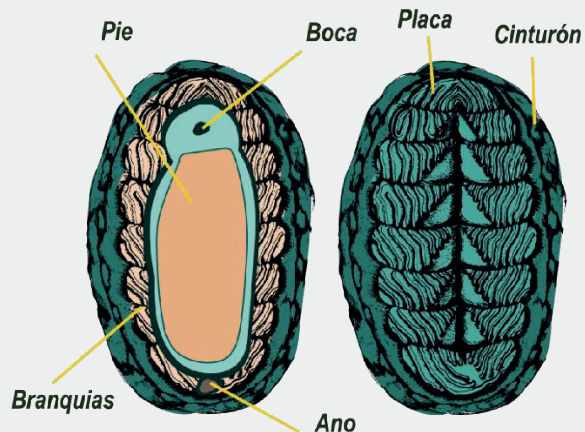


Figura 11. Esquema de especie de Polyplacophora.

Ventralmente se puede reconocer en el extremo anterior la **cabeza** del animal, y un surco que rodea el pie, el cual constituye la cavidad del manto. Es allí donde se abren al exterior los nefridioporos (del sistema excretor), los orificios genitales y el ano en el extremo posterior. En la cavidad del manto también se alojan las branquias, conocidas como **ctenidios**, las cuales se disponen en pares y realizan el intercambio gaseoso. La rádula representa para el quitón un eficiente implemento para su alimentación, ya que está cubierta de numerosos dientes biomineralizados que le permiten raspar las macro y microalgas de las rocas (Brooker & Shaw, 2012).

2.2.2. Conchifera

En los organismos con concha, el manto es el tejido que secreta el material endurecido para formarla. Según el registro fósil, los animales con concha aparecieron hace 500 millones de años. Esta estructura calcificada protectora contra predadores y el ambiente en general, se diversificó reduciendo su tamaño. En algunas especies se perdió completamente, y en otros casos, se convirtió en una cámara de gas para la flotación. Entre el tejido del manto y el cuerpo se forma la cavidad del manto donde se alojan los órganos de los sistemas reproductivo, respiratorio, circulatorio y excretor.

2.2.2.1. Bivalvia

A partir de moluscos de una sola concha comprimidos lateralmente, en este grupo evolucionó una segunda concha articulada con un mecanismo de bisagra y músculos aductores para mantener ambas valvas unidas (Vinther, 2014). Desarrollando una extensión del pie para excavar en la superficie del bentos marino, los bivalvos redujeron su cabeza y perdieron la rádula (**Figura 12**).



Figura 12. Transición evolutiva del plan corporal de un bivalvo.

La forma de alimentación de los bivalvos es a partir de la filtración de partículas, las cuales atrapan con sus filamentos branquiales y colectan con sus **palpos** alrededor de la boca. Las valvas presentan exteriormente líneas concéntricas, o estrías de crecimiento, dispuestas alrededor de una zona llamada **umbo** (**Figura 13**). Las dos valvas que cubren lateralmente el cuerpo del animal, se mantienen unidas por un **ligamento** oscuro y córneo, y se articulan entre sí mediante la **charnela**, un sistema de dientes y pequeñas fosetas, que se encuentran en posición dorsal respecto al cuerpo. Cuando ambas valvas son iguales en tamaño y forma (imágenes especulares) se dice que es una concha equivalva; si no lo son, se conoce como inequivalva.

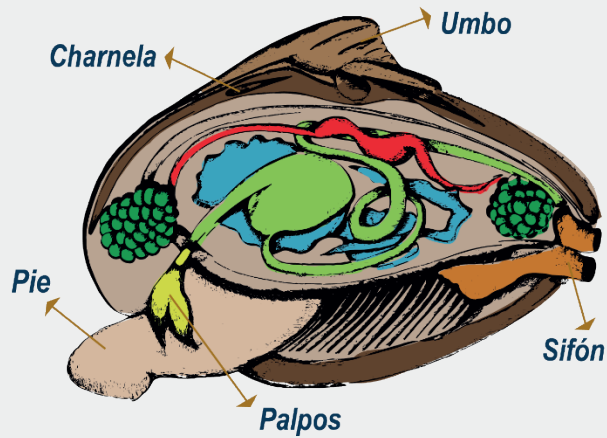


Figura 13. Anatomía interna de un bivalvo.

2.2.2.2. Gastropoda

Los gasterópodos se caracterizan por presentar una sola concha, y en algunos grupos como las babosas, esta se ha perdido secundariamente. Los comúnmente llamados caracoles atravesaron por el proceso de la **torsión**, conocido así porque a partir del plan corporal del molusco ancestral, su cuerpo giró 180° en torno a su eje longitudinal, trasladando la cavidad del manto hacia la parte anterior del animal (**Figura 14**). Esto significa que los órganos dispuestos por pares (branquias, riñones y las aurículas del corazón), así como el orificio genital y el ano, se trasladaron hacia la región cefálica. Si observamos el molusco ancestral, se asemeja a los gasterópodos más primitivos que presentan una concha planospiral, con una simetría bilateral. En estas conchas la última vuelta rodeaba a la anterior por completo, siendo esta la causa de un gran tamaño que limitaba la locomoción. Lo anterior se solucionó con la aparición de la concha conispiral, en la que cada vuelta o espira de la concha se encuentra ligeramente por debajo de la precedente. Sin embargo, implicó un crecimiento asimétrico que producía un desbalance del peso en el cuerpo, ya que el lado derecho del animal soportaba más peso. Se desarrolló entonces una concha inclinada hacia el lado opuesto y ligeramente hacia atrás, a la vez que estos caracoles perdieron uno de los órganos pares y se quedaron únicamente con una aurícula, una branquia y un riñón. Además, su hepatopáncreas y las gónadas también muestran un desarrollo unilateral. Al quedar las branquias situadas delante del corazón, los caracoles marinos son conocidos como **prosobranquios**.



Figura 14. Torsión en la clase Gastropoda.

En otro grupo de gasterópodos, la masa visceral giró parcialmente, lo que se conoce como detorsión (90° C). En este caso, la cavidad del manto se inclinó hacia el lado derecho del organismo, volviendo a situar la branquia detrás del corazón, por lo que se conocen como **opistobranquios** (de branquias posteriores). Por otra parte, los caracoles que colonizaron el ambiente terrestre, conocidos como **pulmonados**, perdieron las branquias y desarrollaron un tejido altamente irrigado por vasos sanguíneos surcado por capilares, que funciona de modo similar a un pulmón.

La concha típica de los gasterópodos se puede considerar como un cono alargado arrollado en espiral alrededor de un eje central, que recibe el nombre de columnilla o **columnella**, generalmente interna por lo que no es observable (**Figura 15**). La concha se inicia en el **ápice** o vértice, constituido por las vueltas más pequeñas y antiguas. A él sigue una serie de vueltas, cada vez de mayor tamaño, que pueden arrollarse en el sentido de avance de las agujas del reloj (concha dextrosa), o en el sentido contrario (concha sinestrosa). Para determinar este carácter en una concha basta con colocarla frente al observador con el ápice hacia arriba y la abertura de la concha hacia abajo: si la abertura queda a la derecha de la columnilla, la concha es dextrosa; en el caso contrario es sinestrosa.

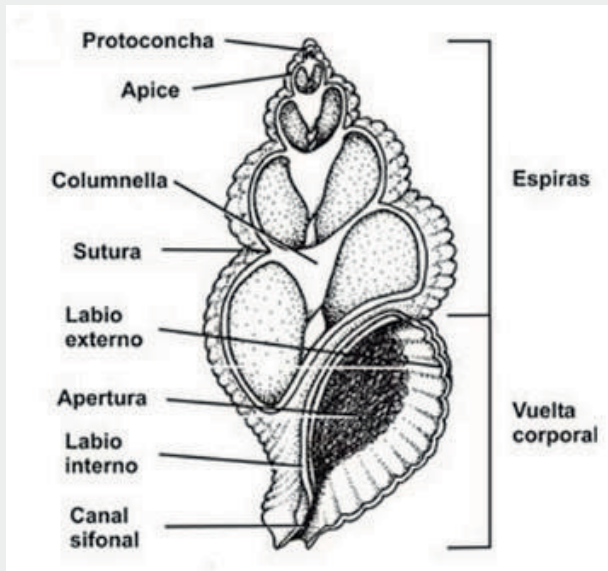


Figura 15. Concha conispiral de gasterópodo. Tomado de Asturnatura.com

2.2.2.3.Cephalopoda

A partir del modelo ancestral, un paso evolutivo hacia incrementar la eficiencia en el nado y colonizar nuevos hábitats fue el alargamiento de la concha, dado por la secreción de nuevas divisiones que originaron conchas con cámaras. Además, se desarrollaron brazos y tentáculos derivados a partir de la región del pie (Shigeno *et al.*, 2010). La mayoría de cefalópodos vivientes redujeron la concha, la cual fue envuelta por el tejido del manto hasta internalizarse y convertirse en un vestigio (Kröger *et al.* 2011) (**Figura 16**). En estas especies la liberación de la concha dio paso al nado horizontal para alcanzar altas velocidades en el agua, desarrollo de aletas, una cavidad del manto que puede contraerse y regular el flujo del agua para expulsarla a través de un sifón (nado por propulsión a chorro), así como el sistema nervioso más complejo de todos los animales invertebrados (Budelmann, 1995).

El alto grado de centralización del sistema nervioso de los cefalópodos da lugar a que hablemos de un cerebro y de un comportamiento complejo en estas especies. Su alta inervación de células receptoras ha desarrollado ojos sofisticados y órganos para el equilibrio que les permite incluso cazar peces.



Figura 16. Transición evolutiva del plan corporal de un cefalópodo.

También presentan motoneuronas que les proporcionan una fina coordinación de movimientos con los músculos de sus brazos. Adicionalmente, poseen cromatóforos, órganos pigmentados dérmicos que producen una increíble variedad de patrones de coloración del cuerpo, innovando en lo que ahora se conoce como fotorecepción dérmica (Kingston, 2015), útil no solo para camuflarse sino para comunicarse (How *et al.* 2017). Lo anterior junto al gran repertorio de comportamientos que caracterizan a los cefalópodos, han demostrado que tienen una capacidad de aprendizaje cognitivo y lo que conocemos mejor como inteligencia (Mather & Dickel, 2017).

Más sobre los cefalópodos: <https://ocean.si.edu/ocean-life/invertebrates/cephalopods>

2.3. Resumen de Mollusca

El escenario con mayor aceptación respecto a la filogenia de los moluscos, propone la división de este phylum en dos grupos monofiléticos. El primero de ellos es Aculifera, que incluye formas de cuerpo blando cubiertas por espículas calcáreas secretadas por la epidermis del manto, por lo que se consideran estructuras homólogas a la concha del segundo grupo, conocido como Conchifera. En este último, se agrupan aquellos organismos con formación de una concha calcificada y endurecida.

3. ARTHROPODA

Podemos interpretar el modelo corporal de los artrópodos como una serie de módulos articulados en sentido anterior-posterior, conocidos como segmentos. Estos segmentos se integran en su función y morfología formando a su vez regiones, llamadas **tagmas**. En la mayoría de artrópodos, el cuerpo segmentado se encuentra cubierto por un exosqueleto que puede variar en su composición, y en cada segmento se articula un apéndice (**Figura 17**) (Gillott, 2005).

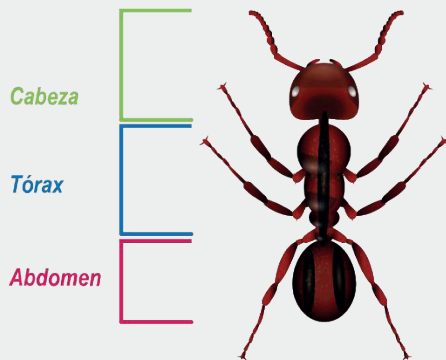


Figura 17. Esquema general del cuerpo de un artrópodo.

La organización de un cuerpo con segmentos en serie es un rasgo que ha llevado a agrupar a los artrópodos junto a otros grupos de metazoarios que presentan esta característica, como es el caso de los anélidos. A la repetición de unidades estructurales se le conoce como segmentación y dicha similitud entre estos dos grupos ha llevado a considerarlos cercanos filogenéticamente en la hipótesis de **Articulata** (Nielsen, 2003). Sin embargo, otro carácter morfológico ha planteado que los artrópodos se relacionan más estrechamente con aquellos animales que crecen a través de la muda de la capa más externa de su exosqueleto llamada cutícula. A este fenómeno se le conoce como la ecdisis y sustenta la hipótesis conocida como **Ecdysozoa**. Actualmente, esta última hipótesis ha sido ampliamente apoyada por evidencia en el patrón de desarrollo embrionario y análisis de datos moleculares (Giribet, 2004).

3.1. Diversificación

Los grandes subgrupos en los que se divide el phylum Arthropoda se diferencian tradicionalmente en términos de sus segmentos y tagmas (Fusco & Minelli, 2013). Los artrópodos comprenden a: Chelicerata (donde se ubican los escorpiones, las arañas y los ácaros), Crustacea (que incluye a las langostas, los cangrejos y copépodos), Myriapoda (representado por los gusanos cienpies y milpies), Hexapoda (principalmente el gran grupo de los insectos) (Figura 18).

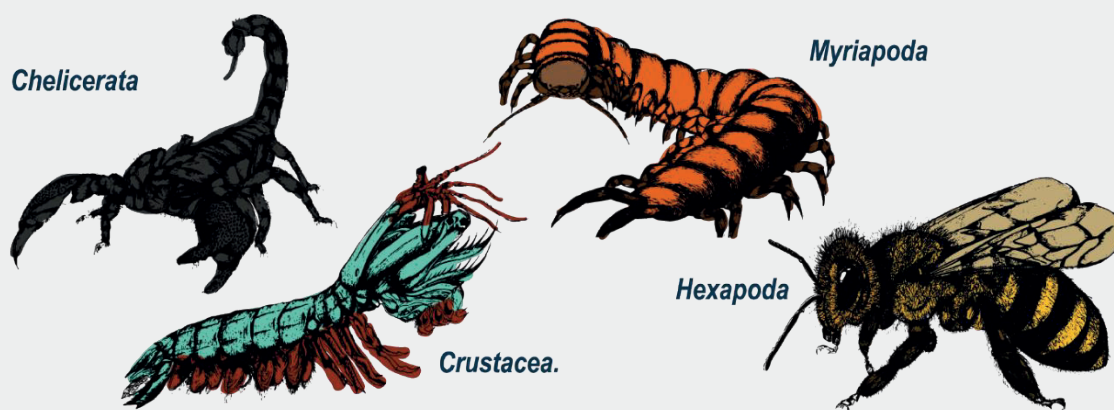


Figura 18. Ejemplares representantes de los principales grupos de artrópodos.

3.1.1. Tagmiosis

Los diversos grupos de artrópodos se caracterizan por presentar una organización particular de sus tagmas, es decir una tagmiosis que define el Bauplan de cada uno de ellos. Dentro de las principales funciones relacionadas con la tagmiosis encontramos: la centralización de órganos nerviosos y estructuras para la captura e ingestión del alimento (que ocurre en el tagma de la región cefálica); la locomoción (en el tagma de la región torácica); la respiración y reproducción (generalmente en el tagma de la región abdominal). El número de segmentos que conforma cada tagma, así como su función especializada puede variar de grupo en grupo (Figura 19).

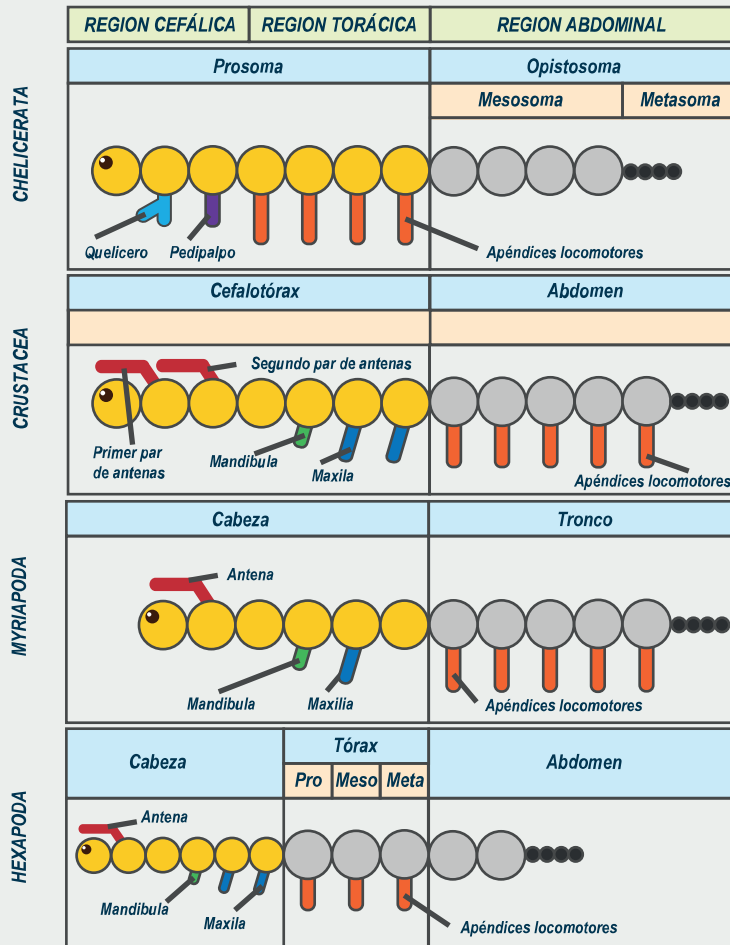


Figura 19. Tagmosis y distribución de apéndices en los principales grupos de Arthropoda.

3.2. Filogenia

Son varias las hipótesis sobre la relación filogenética de los principales grupos de artrópodos basados tanto en análisis morfológicos como moleculares. Zrzavy & Stys (1997) introdujeron el término **Pancrustacea** para indicar la relación monofilética entre Hexapoda y Crustacea, mientras que Myriapoda se ubica como su grupo hermano (**Figura 20**). Esta propuesta apoya la idea de que “Los insectos son crustáceos terrestres” indicando que posiblemente los hexápodos se originaron a partir de los crustáceos (Regier *et al.* 2010). A su vez, los tres grupos conforman **Mandibulata** propuesto por Snodgrass en 1938, ya que todos ellos poseen un par de mandíbulas como órganos masticadores primarios.

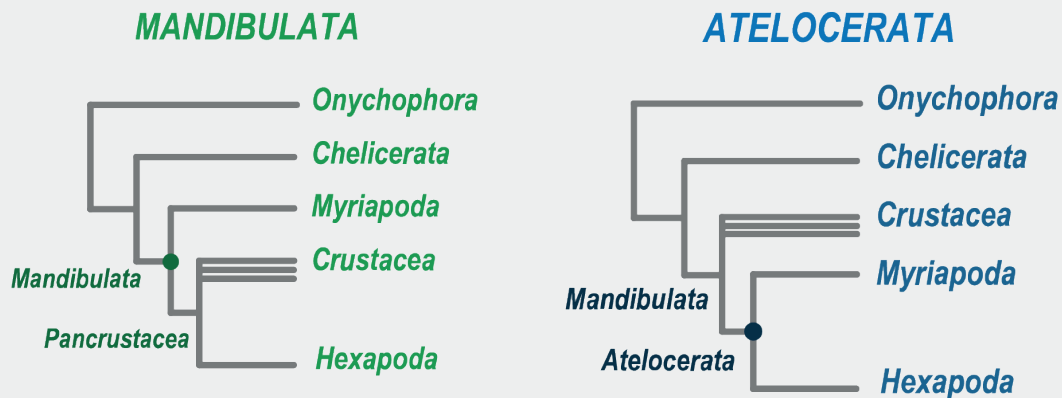


Figura 20. Hipótesis de filogenia de los principales grupos del phylum Arthropoda. Basado en Sharma *et al.* 2014.

Otra hipótesis anterior a Pancrustacea, es conocida como **Atelocerata**, la cual afirma que la presencia en los hexápodos y miriápodos de un solo par de antenas, traqueas como estructuras respiratorias y apéndices unirrámeos (lo que quiere decir que la terminación de los apéndices se da en un solo eje) son características que relacionan de manera más cercana a estos dos grupos de hábitos terrestres (**Figura 20**). Esto los separa de los crustáceos acuáticos, los cuáles poseen dos pares de antenas, su respiración es por medio de branquias y presentan apéndices birrameos (Giribet, 2004).

3.3. Crustacea

Con alrededor de 40.000 especies descritas, los crustáceos presentan un exosqueleto formado a partir de quitina y carbonato de calcio. Su cuerpo está organizado en dos grandes tagmas: el cefalotórax (fusión estructural del cefalón y torax) y el abdomen. En el cefalón, los crustáceos se caracterizan por presentar dos pares de antenas, un par de mandíbulas y dos pares de maxilas. Mientras que en su sección torácica y abdominal presentan segmentos con apéndices para la manipulación del alimento (maxilípedos) y la locomoción (pereiópodos para marchar y pleópodos para nadar).

Para conocer más sobre la diversidad y características de crustáceos observa el siguiente video: Artrópodos marinos: Un diseño exitoso

<https://www.shapeoflife.org/video/marine-arthropods-successful-design>

3.4. Resumen de Arthropoda

La organización por módulos del cuerpo de los artrópodos es el principal atributo que define su Bauplan, el cual se consiste en segmentos que forman regiones funcionales o tagmas, clasificados en cefálicos, torácicos y abdominales. La evolución de la tagmosis al interior del phylum es la que diferencia a los grandes grupos Chelicerata, Crustacea, Myriapoda y Hexapoda.