

ZOOLOGÍA

TEMA I: CONCEPTO DE ZOOLOGÍA.

El término zoología proviene del griego zoion (animal) y logos (tratado, estudio). La zoología es la parte de la biología que se dedica al estudio de los animales, vivientes o extinguidos. Los fines de la zoología abrazan sin exclusión ni límite alguno todos los conocimientos relativos al mundo y a la vida animal, es objeto de la zoología todas las investigaciones relativas a los animales que pueblan o poblaron la Tierra. Este estudio comprende todos los aspectos posibles y se investiga sobre las estructuras (los cuerpos) y su función en el estado actual, o en animales extinguidos donde podemos establecer una comparación con los organismos denominados como fósiles vivientes.

Los animales son estudiados desde el punto de vista individual y colectivo. Todas las relaciones de los animales frente al medio ambiente se estudian aquí, así como las relaciones entre animales y plantas de estas relaciones surge la zoología aplicada (indicadores biológicos). Ningún aspecto de la vida animal se omite en las investigaciones, que son amplísimas y multiformes debido a la multitud de campos de estudio. El núcleo básico de los conocimientos necesarios para el estudio de los animales reside en el aspecto anatómico, fisiológico y ecológico. Nos da idea de la diversidad del mundo animal, este estudio nos permite establecer los modelos generales de organización (modelos anatómicos) que expresan a grandes rasgos una serie de grandes grupos animales que nos permite compararlos entre sí. Esta es la base de la anatomía comparada. Según se crean los modelos aparece la necesidad de una agrupación de los mismos lo que da lugar a la taxonomía animal (grupos ordenados y jerárquicos), cuando los grupos quedaron ordenados taxonómicamente, y a la luz de la evolución se vieron relaciones filogenéticas (relaciones de parentesco) y se entra en el campo de la sistemática. Un aporte importantísimo fue el estudio del desarrollo de los animales la ontogenia animal (embriología, etc.)

El primer paso es la anatomía externa y después el estudio ecológico y por último la fisiología. Por otra parte los primeros estudios eran sobre la anatomía externa (Aristóteles), y así fue pasando hasta llegar a la anatomía microscópica.

TEMA II: TAXONOMÍA, SISTEMÁTICA Y CLASIFICACIÓN.

La clasificación consiste en el establecimiento de sistemas de comparación en un conjunto de objetos. Se distribuye un conjunto de objetos en clases, basándose en una serie de cualidades fundamentales las cuales tienen subordinadas otras accesorias. Análogamente ocurrió lo mismo con los seres vivos, posteriormente se emplearon unos caracteres menos corrientes con el avance de la tecnología. A mediados del siglo XVIII *Linneo* (1708–1788) se dio cuenta que los organismos poseían una serie de caracteres muy generales y otros subordinados que podían dar un sistema de clasificación muy útil de ordenación de animales y plantas que facilita el estudio zoológico. Esta clasificación linneana de jerarquizar los caracteres dio lugar a la taxonomía, entendiéndola como una clasificación ordenada y jerárquica. En realidad, los primeros intentos de clasificación de los animales ocurrieron en los tiempos de Aristóteles con la distinción entre animales sin sangre y animales con sangre. *John Ray* (1627–1705) ya propuso un sistema de clasificación que no era tan perfecto ni comprensible como el de Linneo, pero éste último pudo inspirarse en él. Ray ya introduce el concepto moderno de especie.

Linneo publica el *Systema Naturae* que nos deja la base del actual sistema de clasificación taxonómica. Nos deja categorías como clase, orden, género y especie, siendo ésta última la unidad del sistema. Linneo, ya al final de sus años, se dio cuenta que dentro de una misma especie existe variabilidad y reconoció que la unidad debía ser el género.

A mediados del siglo XIX *Charles Darwin* (1809–1882) llega a la conclusión de que las especies no son inmutables, los caracteres pasan a ser consideradas como adaptativas. La existencia de estos caracteres nos indica unas relaciones de parentesco, se puede conocer la filogenia (génesis de los troncos) y las clasificaciones dejan de ser puramente taxonómicas para empezar a ser más dinámicas, filogenéticas. Esta es una clasificación más natural y que da lugar a la verdadera sistemática.

La taxonomía tiene por objeto establecer grupos de seres vivos (taxones) con una ordenación jerárquica, y generalmente tomando como base la organización anatómica se establecen una serie de bases para imponer un conjunto de taxones cada vez más completos.

Taxón: son grupos de organismos reales que pueden ser reconocidos a cualquier nivel de una clasificación como unidades formales de ésta. Son jerárquicos.

Sistemática: explica por un proceso de razonamiento mental el encuadramiento de los animales en unos determinados taxones basándose para ello en la morfología (anatomía comparada) y en la dinámica filogenética, por ello la sistemática transfiere esa organización jerárquica y posicional de la taxonomía en una verdadera clasificación coordinada a la vez que subordina por relaciones de parentesco entre los demás taxones. Utiliza todo aquello que se sabe acerca de los animales.

Nomenclatura biológica:

La taxonomía tiene su propio lenguaje. Parte de esta terminología ha sido destinada para dar nombre a los distintos taxones. La nomenclatura biológica es un sistema de nombres científicos que se aplica a los organismos ordenados taxonómicamente y que lógicamente constituyen a su vez el objeto de la sistemática. El nombre científico se suele confundir con el nombre que recibe la especie, pero también son nombres científicos los de familia género, etc. La complejidad es enorme, y esto es debido a que el mundo biológico es inmenso y también es debido a que las familias se crean y se deshacen conforme se descubren nuevos organismos, existe un continuo cambio. A principios de siglo se quiso formar unas reglas de nomenclatura biológica que dieron pie a la clasificación internacional de nomenclatura biológica (C.I.N.B) que engloba a la C.I.N.Z. en la actualidad se reconocen varios niveles de organización y se utiliza un sistema basado en el de Linneo y que se ha ido ampliando, de manera que todo organismo que se clasifica tiene que pasar por 7 categorías obligatorias (reino, tronco, clase, orden, familia, categoría, especie). Cada uno de los rangos obligatorios se puede subdividir para dar más flexibilidad al sistema, un ejemplo puede ser el superorden o el suborden. Conforme se desciende por el sistema se gana en afinidad.

Homologías y analogías:

Todas las semejanzas biológicas entre moléculas, células tejidos u órganos o bien son el resultado de una relación genealógica muy estrecha o bien porque no existe un parentesco y sí una misma funcionalidad. Surgen los conceptos introducidos por Owen:

Homologías: órganos homólogos son aquellos que procediendo de esbozos embrionarios similares poseen una estructura básica y común presentando una posición similar en el cuerpo del animal. Los órganos pueden ser homólogos aún cuando aparecen estructuras aparentemente distintas y realizan distintas funciones. En muchas ocasiones también realizan una función similar. Del quiridio proceden todas las formas básicas homólogas.

Analogías: aparecen por caracteres que son análogamente funcionales con la condición de que aquellos órganos que realizan la misma función pero que no cumplan las condiciones de los homólogos.

Si las homologías son el resultado de una relación evolutiva, la aparición de una homología en dos o más especies indica que tienen un ancestro común. Las homologías permiten reconstruir las filogénias. La llave para poder discriminar entre homologías está en el estudio de las estructuras y sus detalles relacionados con

una posibles estructura general como ancestros.

Se utilizan varios criterios para distinguir una analogía de una homología. Si una estructura es homóloga en dos especies ésta debería ocupar una posición anatómica semejante (p.e. insectos y crustáceos con ojos compuestos que son homólogos y ocupan el mismo lugar en el acron y en ambos casos están inervados por el protocerebro).

Si dos estructuras se encuentran en dos grupos distintos deben ser análogas si poseen una estructura anatómica similar.

Las estructuras homólogas durante el desarrollo embrionario tienen patrones de desarrollo iguales, al menos durante un periodo de tiempo. Cuando las homologías no se descubren por rasgos anatómicos lo hacen por rasgos embriológicos.

Sistemas naturales y artificiales de clasificación.

Para establecer un sistema de clasificación actual es necesario que responda a una realidad filogenética. Se distingue entre sistema artificial y natural. Un *sistema artificial* es aquel sistema que está fundado sobre criterios diferenciales escogidos arbitrariamente y en los que a alguna simple analogía se le puede dar valor sistemático.

Un *sistema natural* es aquel que está basado en las homologías, este criterio es el empleado actualmente y están sostenidos por una fuerte base filogenética.

Un sistema de clasificación ha llegado a su meta ideal cuando reconstruye la genealogía de los miembros que componen un sistema. Todos los sistemas de clasificación adolecen algo de artificial. Los sistemas se han ido mejorado con el avance de las técnicas científicas.

Escuelas sistemáticas (numérica, evolutiva y cladista).

Existen tres escuelas fundamentales:

Escuela numérica:

También recibe el nombre de fenética. Mide en el individuo animal o vegetal un gran número de caracteres, entendiéndose por *caracter* cualquier rasgo o atributo del individuo que puede ser descrito, medido, pesado, dibujado, numerado, comparado, etc. El caracter es seleccionado por el autor. Con estas medidas se constituye una matriz matemática y se trata con las técnicas numéricas pertinentes para obtener la semejanza entre individuos. No aparece para nada la evolución.

Se basa en la clasificación politética del fenotipo, de modo que todos los caracteres tomados se consideran de igual valor y se estudia cualitativamente en cuanto sus variables de presión, o en cuanto su ausencia o presencia. Las distintas taxonomías nos sirven para establecer modelos de clasificación por diferentes técnicas numéricas. Las unidades a clasificar se denominan *unidades taxonómicas operativas*. La elección de los caracteres es subjetiva recomendándose coger el mayor número posible de caracteres. La ventaja de este método, que es el más utilizado en botánica, es que se trata de un método repetible, pero tiene la desventaja que prescinde de la historia evolutiva. Últimamente se está intentando introducir aspectos filogenéticos dentro de esta escuela. En zoología se emplea mucho como herramienta auxiliar.

Escuela evolutiva:

Esta sistemática admite las categorías taxonómicas basadas en la jerarquización de los caracteres, admite

también el parecido morfológico como un criterio pudiendo caer en la analogía. Esta escuela intenta ordenar los distintos grupos animales en función de su historia filogenética, de modo que resulta un sistema natural en el que la posición de cada grupo viene dada por sus relaciones de parentesco. La mayor pretensión es llegar a ser lo más natural posible. Los que más han defendido a esta escuela han sido Simpson y Mayr. El sistema evolutivo contempla los distintos grupos animales y pasa a ordenarlos en un determinado sistema filogenético que estudia los caracteres comunes con la intención de discernir cuales se deben a un parentesco y cuales son debidos a convergencias adaptativas (analogías) y basándose en los caracteres homólogos intenta reconstruir la filogenia.

Cuando se establecen estos sistemas no se debe buscar en los adultos, sino también en embriones o larvas; además de la anatomía comparada una buena herramienta es la embriología. El estudio de formas fósiles también nos arroja luz, pero tiene un par de limitaciones, una es la ausencia de fósiles de muchos grupos como los animales de cuerpo blando, y la otra es que se conocen escasos fósiles del principio del cámbrico y del precámbrico ya que se supone que en este periodo muchos grupos empezaron a diferenciarse, estos fósiles tendrían un valor inmenso para establecer relaciones filogenéticas. Las aportaciones del registro fósil a la filogenética son las *series filogenéticas fósiles* como la de la evolución del caballo, otras aportaciones serían la de las *formas intermedias* que ocupan un punto de desviación entre dos grupos distintos, y por último las *formas sintéticas* a partir de las cuales irradiaron muchos caracteres. En la escuela evolutiva se emplean los arboles filogenéticos (*dendrogramas*).

Escuela cladista:

También denominada filogenética, esta escuela genera el *cladismo* que es un método racional para deducir relaciones filogenéticas y plasmarlas en una clasificación lógica en forma de cladograma. Para que un *cladograma* refleje coherentemente su historia evolutiva los organismos que se integran en cada rama deben quedar definidos por un único rasgo siempre de carácter homólogo.

La escuela cladista exige el *monofiletismo* (los caracteres derivan de un solo antecesor) y si se obtienen a partir de dos o más antecesores serían caracteres *polifiléticos* y no tendrían valor dentro de la escuela cladista. Esta escuela implica la dicotomía (o se posee un caracter o no se posee).

Henning (1950–1975) opina que de una forma viva derivan una o varias formas que difieren entre sí al menos en un caracter. La formación de nuevas especies y la formación de nuevas ramas será dicotómica. La filogenia en esta modalidad se expresa con una serie de dicotomías organizadas en un sistema jerárquico y que siempre va en un mismo sentido desde el origen. No existe correlación estricta entre la similitud y los grados de filiación, esto exige que para definir taxones los caracteres sean de tipo monofilético. Esta es una diferencia importante con la escuela evolutiva que admite los caracteres polifiléticos y también los parafiléticos.

Grupo monofilético: es aquel grupo de especies que descienden todas de una misma especie y que incluye todas las especies derivadas de esa especie. Es aplicable a la escuela cladista. Los grupos monofiléticos se basan en una serie de caracteres que se denominan apomorfías o sinapomorfías.

Grupo parafilético: definen los caracteres que forman los grupos parafiléticos. Son los caracteres plesiomórficos.

Grupo polifilético: cada grupo de especies derivan de unas líneas. Son el resultado de un proceso de convergencia.

Para definir los taxones se realiza un análisis que diferencia entre dos tipos de caracteres homólogos, los apomorfos y los plesiomorfos.

Los caracteres *plesiomorfos* son las condiciones o caracteres ancestrales de una cierta estructura, de una cierta

condición variable. Son caracteres ancestrales no derivados.

Hay otros caracteres (homólogos siempre) que son los *apomorfos* y que son un estado derivado y compartido de un determinado carácter, estos son los que se utilizan para construir patrones de ascendencia común de dos o más taxones.

Los caracteres utilizados en la construcción de los cladogramas son los apomorfos, no los plesiomorfos. Éstos últimos pueden incluir especies que no son ni más ni menos que de tipo parafilético.

Un *clado* es un organismo o especie que comparte un estado derivado de un determinado carácter dentro de un cladograma, es pues un subconjunto interno de éste. Un carácter derivado compartido por los miembros del clado es una sinapomorfía.

Las ramas del cladograma son un instrumento formal para indicar las jerarquías de un clado a otro y no es considerado equivalente al árbol filogenético (que representa linajes reales que existen o que existieron en el pasado). Para obtener un árbol filogenético se debe añadir al cladograma los antecesores. La estructura del cladograma es correspondida con el árbol filogenético.

Las categorías taxonómicas en la sistemática evolutiva representan nociones convencionales basadas en el éxito y en la importancia de los caracteres distintivos de los diferentes taxones. Cada categoría taxonómica en la sistemática cladista es una noción predominantemente objetiva y que viene marcada por el número de dicotomías que se van sucediendo a lo largo del cladograma.

Nomenclatura zoológica y su clasificación.

Es el conjunto o sistema de nombres científicos que se aplica a los distintos taxones y que a su vez constituye el objeto de la sistemática. Los miles de nombres o de parejas de nombres que se han sucedido desde Linneo hasta hoy son los que se emplean para clasificar la zoología. Se ha dado nombre a más de un millón y medio de especies animales y aún se siguen descubriendo más y más. Se considera que sólo se conoce el 20% de las especies actuales y tan sólo el 1% de las especies extinguidas. En la época de Linneo se conocían unas 6500 especies vegetales y unas 4500 especies animales.

Los nombres de los taxones deben ser siempre latinos o latinizados, esto es debido a un lastre histórico ya que la lengua científica en los tiempos de Linneo era el latín, a los taxones se los tiene que nombrar de forma unívoca. Una de las principales condiciones de la codificación debe de ser que el nombre de las especies debe ser universal.

Linneo introdujo la nomenclatura binomial con la publicación de su *Systema Naturae* (1758).

Debido a determinados problemas a la hora de nombrar a las especies la situación se reglamenta apareciendo las reglas que se recogen en el C.I.N.Z. (Código Internacional de Nomenclatura Zoológica). El C.I.N.Z. no es ni más ni menos un convenio que sirve de apoyo a la taxonomía y que se basa en características obligatorias y en una serie de normas que aparecen como ejemplos o recomendaciones, además de unas normas con sentido histórico. Este sistema es tanto aplicable a los animales vivos como a los extintos.

Nombres científicos:

El C.I.N.Z. afecta a los niveles de especie, género y familia. Para los restantes niveles no existen normas tan estrictas y aparecen ciertas recomendaciones surgidas de los distintos especialistas.

Niveles uninominales: son nombres taxonómicos por encima de la especie. Esa palabra única debe llevar la inicial mayúscula. Existe una terminación característica para ciertas categorías taxonómicas:

Superfamilia.....OIDEA.....Formicoidea

Familia.....IDEA.....Formicidae

Subfamilia.....INAE.....Formicinae

Tribu.....INI.....Formicini

Subtribu.....INA (IDI).....Formicina

Si un taxón cambia de nivel conserva la raíz y cambia la desinencia:

Género.....ICA.....Formica

Niveles binominales: se emplea para designar el nombre a las especies.

Niveles trinominales: se emplea para designar el nombre a las subespecies.

La especie:

Para el nombre de las especies la primera palabra corresponde al género al que pertenece y se denomina *nombre genérico* siempre se escribe con inicial mayúscula. El segundo nombre se denomina *nombre específico* y se escribe con minúsculas y en concordancia gramatical con el nombre genérico. El nombre de la especie se escribe en cursiva en las publicaciones y subrayado en los manuscritos. A veces los nombres genéricos y específicos pueden ser iguales y a este fenómeno se le denomina *tautonomía*. Poner únicamente la inicial del nombre genérico es correcto si el nombre de la especie ha sido nombrado anteriormente en el texto, pero no es recomendable porque pueden haber nombres genéricos con la inicial igual que otros y llegar a coincidir el nombre específico. Dos especies pertenecientes al mismo género no pueden tener el mismo nombre específico.

El subgénero:

La denominación de una especie puede aceptar la inclusión entre el nombre genérico y el nombre específico del nombre del subgénero al que pertenece y lo hará entre paréntesis y también con inicial mayúscula. Distinguimos así el subgénero al que pertenece.

La subespecie:

La denominación de la subespecie es trinomial, al binomio de la especie se le añade un tercer nombre siempre con minúsculas.

Categorías infrasubespecíficas:

Cuando nos encontramos frente a formas, variedades, razas, formas aberrantes se antepone al nombre de la especie la abreviatura en cuestión. Para las formas f., para las razas una r.

Cuando se hace referencia a un taxón se recomienda indicar a continuación una abreviatura, o el apellido del autor que describió por primera vez ese taxón y la fecha de publicación separada por una coma y en grafía distinta del taxón en cuestión. El nombre del autor no forma parte del taxón, no es necesario que vaya en mayúsculas sino en grafía distinta.

Cuando una especie es transferida de un género a otro es obligatorio que el autor de la especie original y fecha

original vayan entre paréntesis y se recomienda que detrás del paréntesis aparezca el nombre y fecha del autor que realiza el cambio. Un simple paréntesis quiere decir que la especie es anónima, es decir, que la especie se describió y no se sabe el nombre del autor que lo hizo.

Homonimias y sinonimias:

Cuando dos taxones o más del nivel género o familia presentan el mismo nombre se dice que estamos en un caso de *homonimia*, esto es que distintos autores han dado el mismo nombre a dos taxones o más del nivel familia o del nivel género. Esa homonimia debe ser deshecha por el autor que la detecta evitándose confusiones. Para decidir cual de los dos nombres prevalece existe la *ley de prioridad* que establece que el nombre que prevalece es el más antiguo, el que primero se describió. *La norma o regla del punto de partida* se establece porque muchos taxones descritos en los tiempos de Linneo o antes del autor no aparecen y se reconocen en la X Ed Systema Naturae Linneo 1758, se acordó que la fecha del punto de partida fuera el 1 de Enero de 1758, todas las especies descritas en tiempos anteriores a esa fecha carecen de valor nomenclatural, cuando queremos deshacer una homonimia prevalece el más antiguo con la fecha anteriormente nombrada como tope. El género *Bubo* se debe a Linneo en 1758, pero también existe el género *Bubo* descrito por Rambour en 1842 y que se refiere al nombre de un insecto, este es un caso de homonimia y prevalece el nombre dado por Linneo ya que es el más antiguo, el autor que detectó esta homonimia fue McLahan y propone un nuevo nombre *Bubopsis*, desaparece el nombre dado por Rambour y aparece el dado por el nuevo autor además de la fecha (1898). Si dos especies presentan el mismo nombre específico pero pertenecen a géneros distintos no se da homonimia.

La *sinonimia* se da cuando uno o varios autores, generalmente varios, han dado al mismo taxón diferentes nombres. De los varios nombres que recibe la especie solamente uno será el válido aplicándose también aquí la ley de prioridad, por la tanto dentro de la lista sinónímica solamente será válido el nombre más antiguo en virtud de la ley de prioridades y teniendo en cuenta la norma de partida, entonces el conjunto de sinónimos carece de valor nomenclatural. En los trabajos de taxonomía y sistemática es muy frecuente que debajo del nombre de la especie aparezca una serie de nombres.

Tipos nominales o método del tipo.

Se trata de que el C.I.N.Z. determina que ciertos taxones (género, familia) tengan como representante a un taxón de la categoría inferior que ha sido subjetivamente elegido por el autor como tipo nominal por ser de alguna forma el que mejor representa a ese taxón. La raíz nominal de un taxón inferior suele ser la que adopta el taxón superior a él. Cada uno de los taxones debe tener un representante real que nos sirve de referencia y que son ejemplares materiales o *material tipo de la especie*, dentro de este material tipo de la especie existe una serie de ejemplares taxonómicos idéntico sobre los que se basó la descripción y es lo que se llama *serie tipo o típica*. Se coge uno, a criterio del autor, como más representativo y recibe el nombre de *holotipo*. Puede ocurrir que en esa especie exista un marcado dimorfismo sexual y entonces en la serie típica se escoge otro individuo de sexo contrario al holotipo y que recibe el nombre de *alotipo*. El resto de individuos que quedan en la serie típica reciben el nombre de *paratipos*, hay que designar la localidad típica que se localiza y describe mediante las coordenadas, es el *locus típico*. Si en la descripción original el autor designa la serie típica pero no designó ni un holotipo ni un alotipo los individuos reciben el nombre de *sintipos*. Es posible que una comisión u otro autor pueda seleccionar un holotipo y un alotipo como individuos representantes, esto es lo que recibe el nombre de *lectotipo (hololectotipo o alolectotipo)* el resto recibe el nombre de *paralectotipos*. Si se ha destruido por cualquier motivo un elemento de la serie tipo se pueden crear los *neotipos* que sirven para designar cualquier elemento que se ha esfumado. No ha de crear confusión sobre el concepto biológico de la especie en cuestión.

Concepto de especie.

Existe dificultad para establecer un concepto de especie, existen varios conceptos de especie como el

tipológico, biológico, evolutivo y el filogenético. La especie no se puede definir debido a que es una entidad dinámica. Se puede establecer un concepto de especie.

Criterios:

- *Criterio de la ascendencia común:* es el núcleo de la mayoría de los conceptos de especie, los miembros que pertenecen a una misma especie pueden ser capaces de rastrear su ascendencia hasta llegar a una población ancestral común. Son entidades históricas.
- *Criterio de ser el grupo más pequeño distinguible:* la especie debe de ser la unidad de organismos que comparten patrones de ascendencia y descendencia. Esa unidad tiene su historia hacia una población ancestral. Se utilizan los caracteres morfológicos para identificar estos grupos.
- *Criterio de comunidad reproductora:* es aplicable a los animales con reproducción sexual, los miembros de una especie han de formar una comunidad natural reproductora que excluya a los miembros de otras especies. Es otro de los criterios básicos para el concepto de especie moderno actual.

Conceptos de especie:

- *Concepto tipológico o morfológico:* antes de Darwin las especies eran consideradas como entidades independientes e inmutables con una serie de caracteres morfológicos fijos y que representaban un patrón inamovible, un arqueotipo, al que se le asignaba un origen divino. Al no existir variaciones, las desviaciones eran consideradas como imperfecciones. La morfología se sigue empleando y es muy importante para reconocer las especies. Los ejemplares tipo representan una forma media en sentido estadístico de lo que son los caracteres morfológicos de la especie en cuestión. En una publicación pueden aparecer otras características.
- *Concepto biológico:* inspirado en la teoría de la evolución de Darwin y que fue perfeccionado por Dobzhansky y Mayr. Este concepto establece que una especie es una comunidad reproductora de poblaciones que ocupa un determinado nicho ecológico en la naturaleza, esa comunidad reproductora de poblaciones está aislada de otras bajo el punto de vista de la reproducción. La especie se identifica con la capacidad reproductora haciendo poco hincapié en cuestiones morfológicas, además esta definición comprende una variación muy gradual de la especie.
- *Concepto evolutivo:* debido a los problemas surgidos en el concepto biológico Simpson propuso este nuevo concepto. Existen vacíos en las líneas genealógicas, añade una dimensión temporal al concepto biológico de especie. Esperamos un único linaje de poblaciones ancestrodependientes que mantiene su identidad frente a otros linajes y que posee sus propias tendencias evolutivas y su propio destino histórico. Se mantiene el criterio de ascendencia común. En tanto un linaje en evolución mantenga la continuidad de sus caracteres podrá mantenerse como especie.
- *Concepto filogenético:* la especie sería un grupo irreductible o basal de organismos diagnósticamente distinguibles de otros grupos semejantes y dentro del cual existe un parentesco de ascendencia y descendencia. Se destaca el criterio de ascendencia común, es aplicable tanto a grupos de reproducción sexual como asexual. Este concepto de especie sería una entidad típica y estrictamente monofilética. La principal diferencia entre este concepto y el evolutivo es que en el reconocimiento de la filogenia se hace más hincapié en que la especie es el más pequeño grupo que experimenta cambio evolutivo, el concepto evolutivo agruparía a las especies en poblaciones geográficamente disjuntas que podrían tener sus divergencias genéticas pero que se juzgan similares porque tienen las mismas tendencias evolutivas, pero por el concepto filogenético de especie serían consideradas especies distintas. Se describen muchas más especies con este concepto que con el evolutivo. Este concepto sigue la metodología cladista ideal cuando la filogenia se explica por el método cladista. No contempla detalles del proceso evolutivo, nos permite conceptualizar la especie sin entrar en detalles de los procedimientos evolutivos por los que ha pasado la especie en cuestión. Se reconstruye un patrón de ascendencia común con el máximo de semejanza con las unidades más pequeñas posibles.

Especiación:

Existen dos tipos de especiación:

- *Especiación alopátrica*: las poblaciones alopátricas son aquellas que ocupan áreas geográficamente separadas, estas especies no se mezclan activamente entre ellas pero lo harían si no existieran barreras geográficas que lo impiden. Las especies evolucionan independientemente hasta que aparecen barreras reproductivas que son el resultado de sus distancias evolutivas cerrándose y apareciendo dos especies distintas. Se puede producir el fenómeno de la *vicarianza*, se inicia al producirse cambios climáticos o geológicos que fragmentan el hábitat de una especie apareciendo barreras impenetrables que separan una población con un origen común. También se puede producir el *suceso fundador* cuando un número pequeño de individuos de una población se separa y emigra a una localidad distante donde no existen miembros de esa misma especie y evolucionan quizá en un sentido distinto apareciendo una nueva especie, se altera con mayor probabilidad el genotipo de la población lo que se refleja en el fenotipo de esa población, la población inicial tenía una mayor estabilidad genética, las poblaciones emigradas también pueden fracasar y desaparecer si no soportan el cambio evolutivo.
- *Especiación simpátrica*: en este tipo de población las diferentes poblaciones que comprende una misma especie se especializan para ocupar distintos nichos ecológicos, mediante el uso de hábitats muy específicos de una misma área geográfica subdividiéndose la especie en especialistas que ocupan cada uno de los nichos ecológicos. Se llega a tal grado de especialización física y adaptativa que se pueden constituir barreras reproductoras y aparecen especies distintas aunque muy próximas.

Dinámica de la especie y de las categorías intraespecíficas.

En general, el concepto de especie siempre suele aparecer como una entidad con doble vertiente una politépica y otra dinámica. La especie es un mosaico de subespecies, la especie está subdividida en subespecies que son subunidades que pueden tener una máxima uniformidad genética en los clones (biotipos) pero, si como es habitual en el reino animal, el flujo genético da lugar a una heterozigosis dentro de la especie se formarán grupos en los cuales la interfecundación es más frecuente y completa que entre otros grupos aunque sea posible en todos, pero al haber mayor uniformidad genética en el mismo grupo se produce con más frecuencia. Estas subespecies se pueden aislar genéticamente, de modo que la posibilidad de interfecundación entre estos subgrupos queda excluida, transformándose en nuevas especies donde cada una de las subespecies se escinde en especies. Esto se resume en una frase: la especie es una unidad taxonómica genéticamente cerrada y que agrupa entidades taxonómicas genéticamente abiertas (categorías intraespecíficas) las cuales en su devenir evolutivo pueden cerrarse genéticamente originando nuevas especies. Este mecanismo evolutivo implica siempre dos cuestiones: el grado de interfecundidad será más o menos acentuado según la fase en que se encuentre el proceso de especiación, y la posibilidad de diagnóstico de la especie dependerá del grado de diferenciación. Si ha alcanzado a las especies más incipientes será más difícil de diagnosticar que las especies estabilizadas.

TEMA III: PROMORFOLOGÍA.

Promorfología: es la parte de la morfología animal que trata de definir los planes arquitectónicos según los cuales está constituido el cuerpo de los distintos grupos zoológicos.

Los múltiples tipos de organización pueden organizarse según el tipo funcional o bien refiriéndolo a un proceso evolutivo. Se ha recurrido a las interpretaciones filogenéticas cuando las evidencias funcionales no son patentes.

Cualquier organismo padece el resultado de un dinamismo morfológico que se ha ido plasmando en las estructuras según las necesidades funcionales que se han sucedido durante su evolución, aquí interviene la ontogenia y la filogenia.

Estructuras palingenéticas: se refieren a condiciones primitivas que se conservan como un recuerdo

filogenético y que carecen de función. Importantes en filogenética (p.e. extremidades posteriores en ballenas).

Estructuras cenogenéticas: son aquellas que corresponden a adaptaciones funcionales más recientes en la historia evolutiva (p.e. placenta en mamíferos placentarios).

Tipos de simetría.

El aspecto del cuerpo más general de todos los animales viene definido por sus relaciones de simetría, relaciones geométricas que vienen dadas en el animal por planos y ejes. Todos los organismos presentan determinado grado de simetría. Es posible que se desvíen de esta norma general como consecuencia de adaptaciones secundarias por aptitudes funcionales o bien por irregularidades ocurridas durante el desarrollo embrionario que hacen desaparecer la simetría o parte de ella. Existen distintos tipos de simetría:

- *Anaxonia*: el animal ha perdido la simetría por las aptitudes funcionales, adaptaciones al medio.
- *Homoaxonia*: simetría con respecto a un punto interno del animal, por ese punto pueden pasar infinitos planos, de modo que cada uno divide al animal en dos partes de simetría (p.e. radiolarios). Los ejes que pasan por ese punto interno son todos ejes iguales que unen partes iguales del animal, son *ejes homopolares*. Estas formas se dan exactamente. Típico de organismos flotantes, o que se desplazan rodando.
- *Monoaxonía*: simetría con respecto a un eje que recibe el nombre de *eje heteropolar principal* porque los extremos del eje unen dos puntos del animal de distinta categoría (p.e. en gato eje que une cabeza con la cola) perpendiculares a este eje existen otros pero de categoría homopolar (*parameros*) según el número de parameros aparece un tipo de simetría llamado *simetría radial*. Tenemos simetría radial tetrámera cuando tenemos cuatro parameros y por cada uno pasa un plano, pentámera con cinco parameros (p.e. equinodermos), hexámera con seis parameros (p.e. corales hexacorarios), octómeras con ocho parameros (p.e. corales octocorarios como el coral rojo) o polímero cuando el número de parameros es múltiplo constante de seis. La simetría radial es típica de aquellos organismos que viven fijos al sustrato (sésiles, bentónicos) o bien son planctónicos que se mueven libremente.

Otro tipo de simetría es la *simetría bilateral* donde existe un único eje heteropolar. Este tipo de simetría está asociada al dinamismo de invertebrados y cordados. La simetría bilateral simple es la más generalizada y existe un único plano que pasando por el eje heteropolar divide al animal en dos partes idénticas. La simetría doble o birradial está poco difundida, por el eje heteropolar existen dos planos que dividen al cuerpo en dos partes diferentes (izqda. y drcha. no equivalentes a anterior y posterior). La simetría constituye unos criterios para la clasificación del mundo animal en Radialia o en Bilateria.

Ejes y planos de referencia.

Para orientar de un modo uniforme el cuerpo de los animales hay que referirse a un sistema de ejes y planos. Se habla de determinadas secciones. El eje de referencia en la forma de simetría radial son el eje heteropolar que une dos polos que son el superior, apical u oral y que contiene la boca y el extremo opuesto donde está el polo inferior, basal u aboral. En las formas de simetría bilateral se adopta un sistema de tres ejes, el llamado *eje anteroposterior, cefalocaudal o longitudinal* que une la parte anterior (boca) con la posterior (ano), luego el *eje dorsoventral o vertical* que atraviesa el animal de arriba abajo y el *eje transversal* que es el que une los dos flancos. De esos tres ejes dos son heteropolares (anteroposterior y transversal) mientras que el vertical es homopolar. A partir de este sistema de ejes se traza un sistema de planos como son el *plano vertical, medio o sagital* que da simetría y que comprende al eje vertical y al eje anteroposterior. El *plano horizontal o frontal* que divide al animal en una parte dorsal y otra ventral y que comprende al eje anteroposterior y al eje transversal. El *plano transversal* que parte al animal en una parte anterior y otra posterior y que contiene los ejes transversal y vertical. Nos aparecen tres secciones la sagital, la frontal y la transversal originadas respectivamente por los planos sagital, frontal y transversal. La zona *anterior* se refiere al extremo del eje que designa al extremo cefálico. El extremo *posterior* es el opuesto al anterior y que puede situarse en el extremo

de la cola o el ano. Cuando se habla de *medial* se refiere a la línea media longitudinal del cuerpo. *Lateral* se refiere siempre a los lados del cuerpo. Se entiende por *distal* aquellas partes que se encuentran lejos del centro del cuerpo, de modo que comparándolas con un punto de referencia, la distancia es mayor al centro del cuerpo que a un punto de referencia. *Proximal* implica que se está más cerca del centro del cuerpo que de un punto de referencia. Se entiende por *pectoral* la región del pecho o bien la región soportada por las extremidades superiores. Se entiende por *pélvico* la región de las caderas o el área que soportan las extremidades inferiores. Con respecto a un eje un organismo puede estar situado en dos posibles posiciones, *apical* si es inmediato a la parte superior del eje y *antiapical* si está situado en la parte inferior del eje.

Cefalización y polaridad.

Cuando en el animal existe un eje heteropolar, en la parte anterior de este eje hay una diferenciación del resto del cuerpo que es la cabeza, y cuando esto ocurre se dice que hay *cefalización*, esto supone una formación de órganos y una concentración de terminaciones nerviosas en muchas ocasiones de gran volumen produciéndose una cerebralización detectándose así rápidamente los posibles peligros y demás sucesos.

Se entiende por *polaridad* las actividades dependientes de la región cefálica de máxima actividad y que va disminuyendo conforme nos acercamos a la región caudal. Existen gradientes de actividad ascendientes (hacia la cabeza) o descendientes (hacia la cola) que constituyen el principio de los gradientes axiales, esto es que existe un gradiente de actividades fisiológicas en el cuerpo desde la región anterior de máxima actividad a la región posterior de baja actividad. En los platelmintos se observa que este principio se pone de manifiesto cuando seccionamos una planaria, entonces se genera una cabeza a partir de la parte de la sección más próxima a ésta. Lo que haya de ser una parte que se regenera viene determinada como la relación de un animal como un todo.

Metamería y ciclomería.

En la organización animal también influye el tamaño, en el transcurso de la evolución los animales han aumentado su tamaño. La relación S/V varía al aumentar las dimensiones lineales, esto es importante porque muchas funciones están ligadas a superficies como p.e. la respiración, la absorción intestinal. En muchos organismos el intercambio gaseoso está regulado por la superficie externa, y la filtración de los fluidos corporales está sometida a la superficie. Los organismos tuvieron que recurrir a planes de organización que permitieran el aumento en superficie sin desmadrar el volumen y esto se solucionó de dos formas:

- Con la repetición de órganos a lo largo del eje de simetría (metamería, ciclomería).
- Aumentando las dimensiones de un órgano único pero con la existencia de polimerización de estructuras organizadas como unidades funcionales de éste. El aumento de dimensiones de un órgano único estaba limitado y las unidades funcionales del órgano se multiplican en unidades funcionales.

La *metamería* es una condición propia de los anélidos, de los artrópodos, de los vertebrados. Está asociada a la dinámica de la locomoción y se basa en la repetición de segmentos mesodérmicos a lo largo del eje cefalocaudal afectando a todos los sistemas orgánicos. Cada segmento que se repite se llama *metamero*, cada metamero va aumentando en número según el animal crece, pero otras veces el número de metameros es fijo, de todas formas los metameros más antiguos están siempre cerca de la cabeza y los más nuevos en la región caudal. El fenómeno de la metamería ha ocurrido dos veces por separado en el mundo animal, una en la línea de los anélidos y artrópodos y otra independiente en la línea de los cordados y vertebrados; este fenómeno tiende a desaparecer en la filogenia cuando el eje principal se descompensa durante el desarrollo embrionario de los moluscos. Existen cuatro tipos fundamentales de metamería:

- *Homonoma*: es el caso de los anélidos en el que todos los segmentos o metameros son iguales y equivalentes dado que contienen los mismos órganos, cada uno es independiente del siguiente y del anterior. Todos los segmentos son iguales excepto el primero que recibe el nombre de *acron* y el último que

se denomina *pigidio*.

- *Heteromona*: los metameros se diferencian, se agrupan en unidades de orden superior que se denominan regiones (*tagmas*). Un ejemplo es los cangrejos que están divididos en cefalotórax, abdomen y terso. A su vez la cabeza está formada por distintos segmentos. Recibe el nombre de *tagmosis* la agrupación de varios segmentos para formar una unidad funcional suprasegmental que recibe el nombre de *tagma*. Los tagmas en artrópodos se reconocen fácilmente ya que cada uno está altamente especializado y tiene una morfología diferente. Quizá el proceso de tagmatización ha sido el responsable del éxito de los artrópodos.
- *Pseudometamérica*: se da en las sanguijuelas que externamente tienen típicamente 101 anillos y que no corresponden a verdaderos metameros, porque en realidad las sanguijuelas tienen 31 metameros. Los metameros se reconocen por sus estructuras, como p.e. que cada uno tiene un par de poros excretores y nunca nos tenemos que fiar por la apariencia externa.
- *Oligometamérica*: los animales que la presentan tienen tres metameros que son el *prosoma*, el *mesosoma* y el *metasoma*. Es típico de animales muy antiguos como pueden ser los zoforados, briozoos, foroloides o braquiópodos.

La *ciclomeria* consiste en la repetición de partes a partir de un eje de simetría, aparece la simetría radiada. Cada una de las partes recibe el nombre de *antimero* p.e. se da en cnidarios y equinodermos (pentarradiados).

TEMA IV: DESARROLLO.

El *desarrollo* de los animales consiste en una serie de progresivos cambios que se dan en el individuo desde su gametogénesis hasta que alcanza la madurez sexual y que comprende toda clase de procesos que da lugar a varios tipos de huevos que se segmentan, viniendo a continuación la gastrulación, después la neurulación, formándose los distintos órganos que integran el cuerpo en la organogénesis y que crecen y aumentan de tamaño hasta adquirir el tamaño típico de la especie mediante el crecimiento. El desarrollo de los animales pluricelulares con reproducción sexual comienza desde que aparece el cigoto que se divide en mitosis sucesivas, de modo que se forman los distintos tipos celulares que se van diferenciando. La generación de la diversidad no se produce de una vez sino que se produce como resultado de una jerarquía de acontecimientos durante el desarrollo. Los diversos tipos celulares que constituyen el organismo no aparecen en un punto sino que aparecen como consecuencia de estados iniciales. En la diferenciación cada vez más distintiva, cada etapa limita más el destino que tendrán los blastómeros, se pierde potencialidad y según avanzamos vemos que se llega a un momento en el que el destino de los blastómeros está irreversiblemente comprometido. Una vez alcanzado el destino, el desarrollo está determinado. La diferenciación celular, el desarrollo de los blastómeros tiene un carácter progresivo e irreversible.

Fecundación.

El proceso de fecundación abarca la actuación del desarrollo y la recombinación de los genes maternos y paternos para establecer el número típico de cromosomas de la especie.

Normalmente el contacto del espermatozoide con el óvulo crea la activación de éste para que se realice la fecundación. Existen animales que son partenogénéticos de modo natural, el óvulo se divide sin la presencia del espermatozoide o artificialmente también se puede activar al óvulo, la partenogénesis se da en rotíferos, algunos crustáceos, algún gasterópodo acuático. En las especies con fecundación externa, en la que no existe acoplamiento, los gametos son expulsados por los machos y las hembras al agua lo que hace que la posibilidad del encuentro del óvulo y espermatozoide sea grande, pero de todas formas existe un mecanismo de atracción y que consiste en que el óvulo posee un *factor quimiotáctico* que es liberado y que atrae a los espermatozoides, estos factores son específicos para cada especie. Una vez alcanzado el óvulo, el espermatozoide libera una proteína de reconocimiento a través del acrosoma, esta proteína se fija en los receptores específicos de la membrana vitelina. El óvulo sólo reconoce espermatozoides de la misma especie y rechaza a todos los demás espermatozoides una vez ha penetrado el primero (se evita la poliploidía). Se forma el cono de fertilización, se ha fusionado la membrana del huevo con la del espermatozoide, entonces

ocurren una serie de cambios a nivel de la membrana ovular que impiden la entrada de nuevos espermatozoides y una vez ocurre esto se forma lo que se llama membrana de fecundación, todos los gránulos corticales debajo de la membrana del óvulo vierten su contenido bloqueando la posible poliespermia, estos gránulos liberan el contenido en el espacio existente entre la membrana del óvulo y a membrana vitelina.

Polarización del embrión.

El *polo animal* del óvulo es aquél donde se halla los núcleos del espermatozoide y el óvulo fusionados. El *polo vegetal* es aquél donde se sitúa el vitelo. Uno de los pasos más importantes para establecer el arquetipo para establecer la simetría bilateral viene dado por la polarización del huevo o embrión. En muchos animales, la entrada del espermatozoide en el huevo no tiene lugar al azar sino que lo hace en un punto fijo, hecho que puede ser determinante para la simetría bilateral que será determinante a su vez en todo el desarrollo. El polo animal gira 30° dejando una zona opuesta al punto de penetración que es lo que se denomina *creciente gris*, marcando los tres ejes del animal. El tiempo de polarización varía según los distintos grupos animales, desde la ovogénesis queda marcada para siempre el punto por donde entra el espermatozoide pero en otros casos lo hace más tarde.

Ciclos vitales del desarrollo.

En muchos animales acuáticos el desarrollo embrionario produce una forma intermedia entre el embrión y el adulto, esta forma intermedia es de vida libre y recibe el nombre de *larva*. Este es uno de los medios más importantes de dispersión de la especie, ya que las larvas suelen ser arrastradas por las corrientes y también es un periodo de gran riesgo debido a los predadores y a la necesidad de buscarse el alimento. Con el tiempo las larvas se vuelve bentónicas sufriendo un proceso de metamorfosis, tipo de desarrollo que se denomina *desarrollo indirecto*.

Las posibilidades de fecundación se tienen que aumentar surgiendo distintas adaptaciones enfocadas a dos aspectos como la sincronía (los gametos han de ser liberados simultáneamente) y la proximidad (debe existir una proximidad mínima para que los gametos se reconozcan). Estos dos aspectos están bajo el control de estímulos del medio externo como pueden ser el pH, la temperatura, la luz o las mareas.

El hermafroditismo suele aparecer cuando los niveles de población son bajos o porque los adultos viven sésiles, de modo que algunos individuos colindantes pueden ser una pareja potencial. Se utiliza más la fecundación cruzada que la autofecundación, la mayoría de hermafroditas se acoplan. El hermafroditismo supone un coste energético ya que se producen gametos de los dos tipos en el mismo individuo, las gónadas tienen organizaciones accesorias que consumen energía. Esto se puede solucionar cuando los hermafroditas no son hermafroditas simultáneos, a estos individuos se les denomina *protándricos*. La *protandria* consiste en que primero un individuo madura el aparato genital masculino y después el aparato genital femenino. El sexo pasa pues de macho a hembra, normalmente la inversa no se produce.

Muchos grupos animales con larvas reducen su vida libre larvaria con la existencia de suficiente vitelo en ellas y así no necesitan alimento exterior, de esta manera al acortarse el tiempo de vida larvaria la posibilidad de ser predados también disminuye, a este tipo de larvas se le denomina *larvas vitelotróficas*.

En otros grupos se prescinde totalmente del estado de larva por dos razones, una es que existe suficiente vitelo en el embrión y cuando nace el individuo está perfectamente conformado (adulto en miniatura) y la otra

La metamorfosis supone una serie de profundos cambios en la organización de los individuos. Existen dos tipos de metamorfosis:

- *Progresivas*: se adquieren los órganos característicos del adulto, que son los más complejos.
- *Regresivas*: los adultos que tienen vida sésil o parásita van a prescindir de algunos órganos que tienen en el

estado larvario, o bien generan estructuras importantes para la vida parasitaria. Se consigue un aumento de la simplicidad.

Tipos de huevo.

Según la cantidad y distribución de vitelo tenemos cuatro tipos de huevos:

- *Alecito u oligolecito*: estos huevos presentan muy poco o nada de vitelo y se dan p.e. en algunos equinodermos.
- *Heterolecito o mesolecito*: posee cierta cantidad de vitelo pero no la suficiente para conseguir el desarrollo total, presentan pues un estado larvario, p.e. en anélidos, crustáceos, anfibios y algunos peces.
- *Telolecito*: tienen un pequeño casquete de polo animal y el resto está formado por vitelo. Es el huevo de muchos peces, los reptiles y las aves.
- *Centrolecito*: se da en insectos, el vitelo ocupa el centro del huevo, donde está el núcleo, y está rodeado de citoplasma. En la mayoría de los casos el vitelo no es suficiente y se produce el desarrollo larvario.

Segmentación.

Aunque la segmentación es generalmente muy regular, el patrón que sigue depende del tipo de huevo que se tenga. La *segmentación* consiste en que la célula huevo se divide por mitosis sucesivas, de modo la grande y pesada masa citoplasmática se convierte en un gran número de células manejables (llamadas *blastómeros*) apiñadas a modo de una pompa de jabón. Las divisiones pueden ser más o menos rápidas, a ese agregado de células posee una primera fase denominada *mórula*, que se va ahuecando para darnos los distintos tipos de blástulas. Las blástulas tienen una cavidad interna que se denomina *blastocèle*.

Tipos de segmentación.

Hay que tener en cuenta los patrones de segmentación, tenemos pues presentes un par de aspectos. Primero hay que tener en cuenta la cantidad de vitelo y su distribución, surge la regla de Balfour que dice que un cigoto se segmenta tanto más rápidamente cuando menos vitelo tenga, el vitelo en consecuencia ralentiza el proceso de divisiones. El segundo aspecto que hay que tener en cuenta es la simetría del proceso, la simetría de las divisiones.

Según si la división es completa o no se habla de segmentación total y de segmentación parcial. A la segmentación total se le denomina *holobástica*, mientras que la segmentación parcial recibe el nombre de *meroblástica*.

Segmentación holoblástica:

En la segmentación holoblástica (G. *holos*, completo + *blastos*, germen) se atiende a las dimensiones de los blastómeros y a su disposición. Si todos los blastómeros son aproximadamente del mismo tamaño se habla de segmentación holoblástica *igual*, pero si no todos los blastómeros tienen el mismo tamaño se habla de segmentación holoblástica *desigual*. Según la simetría la segmentación holoblástica será radial, espiral o bilateral. Se da en los *isolecitos* que son los huevos propios de equinodermos, tunicados, cefalocordados, nemertinos, la mayoría de los moluscos y otros diversos invertebrados, así como de marsupiales y placentarios (incluido el hombre). Los cigotos de la mayoría de los invertebrados acuáticos contienen poco vitelo para el crecimiento y se transforman rápidamente en un estado larvario que nada libremente, y se alimenta por sí mismo para mantener su propio desarrollo posterior. Esto se denomina *desarrollo indirecto* porque la etapa larvaria se interpone entre el embrión y el adulto. La larva sufrirá posteriormente una metamorfosis para dar lugar a la forma adulta. Los cigotos de los mamíferos, como los del ratón, también contienen poco vitelo, pero han perfeccionado una estrategia que les permite saltarse la etapa larvaria. Desarrollan una unión placentaria a la madre, a través de la cual se alimentan durante una gestación prolongada. En este caso se habla de

desarrollo directo. Los huevos de los anfibios tienen una moderada cantidad de vitelo, concentrado en el polo vegetal. En el polo animal está contenido el citoplasma y muy poco vitelo, de manera que en este polo las divisiones son más rápidas que en el polo vegetal a tenor de la regla de Balfour. Este tipo de segmentación corresponde a una segmentación holoblástica desigual y se habla de macrómeros (polo vegetal) y micrómeros (polo animal), se tiene entonces una blástula desigual. Si los macrómeros son muy grandes el blastocelo queda como virtual ya que es invadido por los blastómeros y se forman las *estereoblástulas*. Atendiendo a la simetría de la división celular, que es un factor heredado los cigotos de la gran mayoría de los invertebrados se dividen de una de dos formas: radial o espiral.

En la *segmentación holoblástica radial* los planos de segmentación producen hileras o capas simétricas de células, con éstas situadas exactamente unas sobre otras. La segmentación radial se califica de *reguladora*, porque cada blastómero del embrión temprano, si se separa del resto, puede ajustar o regular su desarrollo para producir un embrión completo y bien proporcionado (aunque probablemente más pequeño). Esto sucede porque los blastómeros son al principio equipotentes en sus destinos; no existe una relación definida entre la posición de los blastómeros iniciales y el tejido específico que formarán en el embrión en desarrollo, a este tipo de segmentación también se le denomina segmentación indeterminada y al desarrollo se le llama indeterminado. La segmentación radial es propia de los equinodermos, quetognatos, tres filos de los lóforados, los hemicordados y los cordados.

La *segmentación holoblástica espiral* se diferencia en varios aspectos de la radial. En vez de dividirse según planos paralelos o perpendiculares al eje polo animal–polo vegetativo, el huevo se divide oblicuamente con respecto a dicho eje, dando lugar típicamente a cuartetos de células que se sitúan, no unas sobre las otras, sino sobre los surcos que separan células contiguas, es decir, al tresbolillo. Además, los huevos con segmentación espiral empaquetan sus células como pompas de jabón, mucho más estrechamente de lo que lo hacen los embriones con segmentación radial, cuyas células simplemente se tocan unas a otras. Los embriones espirales también se diferencian de los radiales por su desarrollo en *mosaico*. Esto significa que los determinantes para la formación de órganos están estrictamente localizados en el citoplasma del huevo, incluso antes de la primera división de la segmentación. El resultado es que si se separan los primeros blastómeros, cada uno de ellos continuará desarrollándose durante un tiempo como si fuera aún parte del conjunto. Estos blastómeros formarían embriones incompletos y defectuosos. Una curiosa característica de los embriones con segmentación espiral (excepto los de los nemertinos) es que, aproximadamente en el estado de 29 célula, aparece un blastómero 4d, que dará lugar posteriormente a todo el mesodermo del embrión. A este tipo de segmentación también se le llama segmentación determinada o predeterminada y el desarrollo recibe el nombre de determinado o predeterminado. La segmentación espiral se da en anélidos, nemertinos, platelmintos tubelarios, todos los moluscos excepto los cefalópodos, algunos braquiópodos y en los equiúridos.

La *segmentación holoblástica bilateral* es menos frecuente, el primer plano de segmentación marca para siempre la simetría bilateral del embrión, el huevo aparece bajo el aspecto de dos mitades idénticas. Un ejemplo es el de las ascidias

La importancia de estos dos modelos de desarrollo se extiende mucho más allá de las diferencias que acabamos de describir. Son la prueba de una dicotomía fundamental: la divergencia evolutiva, muy temprana, de dos linajes diferentes de metazoos bilaterales que son los linajes de protóstomos y deuteróstomos.

Segmentación meroblástica:

La segmentación meroblástica (G. meros, parte + blastos, germen) se produce en los huevos telolecitos y centrolecitos, los surcos de las divisiones no pueden atravesar la densa masa de vitelo de estos tipos de huevos y se detienen en el límite entre este y el citoplasma. Las aves y los reptiles no tienen etapa larvaria ni placenta, pero poseen vitelo suficiente para mantener su crecimiento hasta que nacen como individuos jóvenes, se produce pues desarrollo directo. En los telolecitos tenemos una segmentación discoidal, mientras que para los

centrolecitos se tiene segmentación superficial.

En la *segmentación merobástica discoidal* debido a la gran masa de vitelo de estos huevos meroblásticos, la segmentación está limitada a un pequeño disco de citoplasma situado sobre una gran esfera de vitelo (es el blastodisco o discoblasto). El núcleo se divide sucesivamente y queda inmerso en el vitelo, los núcleos hijos se reorganizan y se desplazan a la periferia donde se sitúan ordenadamente, no hay separación entre ellos apareciendo una capa sincitial, a continuación se tabica el citoplasma de modo que cada núcleo tiene su porción de citoplasma. Tenemos una blástula con todos los blastómeros periféricos y el vitelo ocupando lo que sería el blastocele, este tipo de blástulas reciben el nombre de *periblástulas*. No toda la periblástula interviene en la formación del interior, sólo lo hace la zona ventral de manera que el resto será absorbido y se empleará en la nutrición.

La segmentación conduce a las blástulas que tienen una morfología típica dependiendo del tipo de segmentación, así pues la holobástica produce celoblástulas y estereoblástulas, mientras que la meroblástica produce discoblástulas y periblástulas.

Gastrulación y la formación de las hojas embrionarias.

Se establece el patrón general del grupo zoológico que sea. Las células superficiales emigran hacia el interior del embrión, hacia el blastocele formándose nuevas asociaciones celulares. Los primeros movimientos celulares son muy similares en las dos líneas evolutivas. Los mecanismos de gastrulación dependen de los tipos de huevo de los cuales procede la gástrula. En huevos con poco o sin vitelo los procesos de gastrulación son más sencillos que en los que tienen más vitelo. Como consecuencia del proceso de gastrulación pasamos de un embrión monoblástico a uno diblástico, con una capa más externa denominada *ectodermo*, y otra más interna que recibe el nombre de *endodermo*. Existen casos en los que la gastrulación termina una vez se ha llegado a la formación de estas dos capas y a partir de ellas se forman todos los tejidos. En la mayoría de los metazoos se forma una tercera hoja embrionaria denominada *mesodermo* de la cual derivan la mayoría de los órganos, tenemos metazoos triblásticos. Se forma una nueva cavidad en la gástrula que es el intestino primitivo o *arquenteron* que comunica con el exterior con el *blastoporo*. Durante la gastrulación ocurre que disminuye el ritmo de las divisiones mitóticas que fue muy intenso en la segmentación. Ahora el crecimiento es insignificante cambiando el tipo de metabolismo (se producen más oxidaciones) con una mayor actividad intracelular debido a los movimientos morfogenéticos.

Modalidades de la gastrulación:

Invaginación o embolia: en aquellas blástulas regulares que proceden de huevos alecitos la gastrulación se realiza por invaginación (del polo vegetal al interior), como consecuencia aparece un embrión con este aspecto. Se forma el ectodermo y una invaginación produce el endodermo, desapareciendo el blastocele y formándose una cavidad denominada arquenteron. Típico de huevos con segmentación holoblástica igual.

Recubrimiento o epibolia: en huevos ¿? Hay una proliferación de los micrómeros del polo animal que inicia una migración importante hacia abajo y recubre a los macrómeros del polo vegetativo. Esos micrómeros terminan por formar el ectodermo, y los macrómeros formarán el endodermo. Posteriormente se ahuecan los macrómeros para dar lugar a una cavidad interna (el arquenteron). Se da en huevos de segmentación holoblástica e igual, algunos de segmentación espiral, otros de segmentación radial (anfibios, moluscos, anélidos y arcidias).

Deslaminación: es una gastrulación más o menos regular en la que las células del blastodermo se dividen de tal forma que los husos de fragmentación son perpendiculares a la superficie. Los planos de división son paralelos a la superficie. Estas células se van desplazando hacia el interior y el resultado es una serie de células que producen el ectodermo y otras células hijas más internas que constituyen el endodermo y que dejan una cavidad que es el arquenteron y se abrirá el blastoporo. Se da en huevos con segmentación

holoblástica igual y en muchos telolecitos con segmentación discoidal que es el caso más frecuente. Se observa en algunos cnidarios, algunos celentéreos y en algunas aves.

Inmigración: las células exteriores comienzan a invadir el blastocele llegado el momento en que se reorganizan en dos capas para formar todo. Se da en vertebrados superiores y en algunas aves.

Mixta: cuando se produce la mezcla de más de un modelo.

Con la gastrulación se llega a un estado diblástico. Existen animales que durante su desarrollo no pasan de este estado diblástico (esponjas, poríferos, cnidarios, ctenóforos), estos animales tienen tejidos más o menos diferenciados que derivan del ectodermo y del endodermo, entre ectodermo y endodermo existe una capa donde aparecen células móviles o no, y que son de origen ectodérmico constituyendo la denominada *mesoglea* que también puede recibir el nombre de ectomesodermo (es un mesénquima de origen ectodérmico), de esta mesoglea no derivan ni órganos ni tejidos, únicamente ayuda a sostener el cuerpo, actuando como un tipo de esqueleto elástico. Todos estos animales tienen en común la simetría radiada (Radialia), tienen larvas tipo plánula, tienen una sola abertura al exterior que es el blastoporo inicial que no se cierra actuando simultáneamente como boca y ano, presentan una única cavidad interna que es la cavidad gastrovascular. Todos estos animales están esclavizados al medio acuático y no aparece la segmentación, son metazoos insegmentados.

El resto de animales, la mayoría, sigue el proceso de formación del mesodermo, de modo que tenemos animales con tres capas embrionarias (triblásticos). Todos estos animales tienen en común la simetría bilateral (Bilateria), existen varios tipos característicos de larvas, aparecen dos orificios al formarse el tubo digestivo y que conforman la boca y el ano. Estos animales tienen dos cavidades internas que son la cavidad digestiva y la cavidad celomática. Estos animales ya han podido colonizar el medio aéreo, aunque todavía los hay que siguen en el medio acuático. Para este tipo de animales es importante la aparición del metamerismo, de igual forma que la aparición del celoma. También aparece la cerebralización.

Para alcanzar el estado triblástico se tiene que formar el mesodermo.

Variantes de formación del mesodermo:

Enterocelia: en la parte superior del arquenteron se diferencian dos pequeños sacos a expensas del endodermo, son células endodérmicas pero que tienen potencialidad mesodérmica. Se forman, pues, dos grandes sacos mesodérmicos, que se ahuecan formando dos cavidades tapizadas por células mesodérmicas, las cavidades reciben el nombre de *celoma*. El antiguo blastocele desaparece ya que es ocupado por el mesodermo y su cavidad. Se forma un endomesodermo. Este mecanismo de formación de mesodermo se da en aquellos embriones de gastrulación por invaginación.

Esquizocelia: se aíslan masas de células de potencialidad mesodérmica que van invadiendo el antiguo blastocele, estas masas de células se van segmentando a medida que se ahuecan dejando (visto en corte transversal) dos cavidades rodeadas por mesodermo que forman el celoma. Los *mesenterios* son tabiques mesodérmicos que forman las paredes de las cavidades celomáticas, y lo que recubre el celoma se denomina *peritoneo*. Una parte del peritoneo más externa forma la denominada *somatopleura* (próxima al ectodermo), mientras que la zona más próxima al tubo digestivo se denomina *esplacnopleura*. La esquizocelia se produce en huevos que tienen gastrulación por epibolia.

Inmigración: en los embriones de los huevos telolecitos que tienen segmentación discoidal, propia de los reptiles y aves, la gastrulación comienza por una proliferación de las células del blastodermo y un engrosamiento de la parte superior que es la *línea primitiva*. Esta línea viene a ser la línea anteroposterior que constituye el eje cefalocaudal del embrión y el centro del crecimiento temprano. La línea primitiva es homóloga del blastoporo del embrión (p.e. de rana), pero no se llega a abrir del todo ya que lo impide la masa

de vitelo. Las células de la capa superior migran hacia la línea primitiva y se enrollan sobre el borde hacia el blastocele. Estas células migradoras forman el mesodermo y contribuyen a la formación del endodermo. Las células de la superficie del embrión constituyen el ectodermo. El embrión ya presenta tres capas embrionarias (triblástico), que en este momento tienen forma de hojas o láminas, con el ectodermo encima y el endodermo debajo.

Hace muchos millones de años algún organismo no conocido consiguió en el interior del cuerpo un espacio lleno de líquido, posiblemente el antiguo blastocele retenido. Organizó un esqueleto hidrostático como el de los actuales anélidos, aunque no fuera la mejor adaptación, ya que los órganos quedaban sueltos en el cuerpo. Algunos de los descendientes, del grupo de los pseudocelomados consiguieron una mayor adaptación, un espacio lleno de líquido. En el interior del mesodermo surge el celoma. El espacio interior ya no es el blastocele retenido, por tanto los órganos ya no quedan sueltos, sino que quedan sujetos por el peritoneo y los mesenterios que presentan un apoyo ideal para el desarrollo de los vasos sanguíneos y el tubo digestivo. Además se asumen una serie de funciones más o menos desarrolladas según los grupos zoológicos.

Funciones esenciales del celoma:

- Dar turgescencia al cuerpo de los animales sin esqueleto interno ni externo, el animal recibe un esqueleto hidrostático que le permite procesos musculares.
- Función trofocélica: en el líquido celomático aparecen sustancias nutritivas, se dan procesos de digestión de modo que el celoma contribuye a la distribución y almacenamiento de estas sustancias.
- Función respiratoria: muchos invertebrados poseen pigmentos respiratorios y a ese nivel se realiza el intercambio gaseoso, ese líquido celomático se encarga de oxigenar a las gónadas en desarrollo que se suelen situar en ¿?
- Función gonocélica: en celomados primitivos, como ocurre en muchos poliquetos, los gametos aparecen y se desarrollan en el seno del celoma y salen al exterior por los **celomiporos** o por conductos sexuales, o por conductos excretores.
- Función nefrocélica: excretora, se han visto sustancias resultantes del metabolismo celular (catabolismo) en el líquido celomático, donde hay una serie de células ameboides que se llaman **celomicitos**, que se encargan de incluir esa sustancia en su citoplasma, cuando están cargados se aproximan a los celomiporos y por estos expulsan estas sustancias perjudiciales.

En la mayoría de los animales, el mesodermo, además de tener apariencia epitelial (mesotelios), presenta un complejo laxo de células más o menos aisladas, ameboides, que posiblemente dará lugar a algunos tejidos y que se emplea para rellenar huecos interorgánicos que darán lugar al tejido conjuntivo y que recibe el nombre de **mesénquima**. En invertebrados hay mesénquima de origen mesodérmico?. En los vertebrados, el origen ectodérmico del mesénquima es muy raro, es mesodérmico. Se considera como parte de la hoja media y tiene una gran importancia en la forma de los estados larvarios y durante la metamorfosis.

Animales acelomados, pseudocelomados y eucelomados.

Según el desarrollo del mesodermo encontramos dentro de los metazoos triblásticos tres líneas evolutivas, tenemos tres filos animales, los acelomados, pseudocelomados y los eucelomados.

En los animales **acelomados** en desarrollo embrionario, se forma durante la gastrulación el mesodermo, el ectodermo y el endodermo. La esplacnopleura y los mesenterios no llegan a formarse y la somatopleura se forma en parte. Se desarrolla enormemente el mesénquima. Los órganos internos están incrustados en esa abundante masa mesenquimática sin dar lugar a ninguna cavidad interna excepto el tubo digestivo (platelmintos, solitaria, las duelas).

En los **pseudocelomados** aparece más el mesodermo y menos el mesénquima. Se forma el ectodermo y el endodermo. Además del tubo digestivo se forma una capa muscular de origen mesodérmico que corresponde a la somatopleura, pero no se forman ni los mesenterios ni la esplacnopleura y el mesénquima se desarrolla moderadamente. Aparecen órganos mesodérmicos que están libres en una cavidad que es el antiguo blastocele ahora conocido como **pseudococele**.

En los **eucelomados** se observa un gran desarrollo del mesodermo que da lugar a un modelo donde todos los órganos del animal son retroperitoneales, lo que quiere decir que están recubiertos por peritoneo. En el mesodermo, se excava una cavidad que el celoma y como tal persiste el desarrollo de los mesenterios.

Blastoporo y su destino. Modalidades del cierre blastoporal.

Otro de los pasos más importantes, definitivo en los triblásticos es el paso de arquenteron a tubo digestivo. Todo se inicia con el cierre del blastoporo, cerrado éste o cerrado parcialmente, la boca y el ano pueden tener orígenes distintos, se tienen dos líneas evolutivas distintas. Existen tres modalidades del cierre blastoporal (regresamos al estado de gastrulación):

Gastrorrafia: existen fuerzas laterales que hacen que proliferen células que llegan a soldarse en la zona celular del blastoporo, peor la parte anterior (boca), y, a veces, la posterior (ano) no se cierran y no se sueldan. Siempre la boca deriva del antiguo blastoporo. Este tipo da lugar a la protostomía y los animales que pertenecen a estas líneas se llaman animales protóstomos, en estos se incluyen la mayoría de los invertebrados.

Isoquilia: ocurre en equinodermos donde existen una serie de fuerzas de tipo radial que cierran totalmente el blastoporo con lo que la boca es una neoformación que generalmente se abre en el polo opuesto y, a veces, donde estaba el blastoporo o en sus proximidades se forma el ano. Este tipo da lugar a la deuterostomía.

Nototenia: se da en los cordados. El blastoporo se va cerrando de atrás a adelante, como si fuera una lengüeta que va avanzando, es decir, cierra como si fuera una cremallera, se cierra totalmente. Aquí la boca también es una neoformación y también este modelo nos conduce a la deuterostomía.

Importancia fundamental en la distribución del sistema nervioso.

Aquellos organismos que presentan gastrorrafia son animales **hiponeuros**, de la zona donde se ha producido la soldadura es de donde derive el sistema nervioso, tiene pues un origen ectodérmico, el tubo digestivo está por encima del sistema nervioso, de modo que el sistema nervioso es infraintestinal y ventral, de ahí el nombre de hiponeuros.

En los animales que presentan isoquilia, el sistema nervioso está alrededor del tubo digestivo y reciben el nombre de animales **cicloneuros** (epitelioneuros).

En los animales que presentan nototenia, el sistema nervioso se sitúa por encima del tubo digestivo constituyendo un sistema dorsal, reciben el nombre de animales **epineuros** y el fenómeno recibe el nombre de epineuria.

Diferencias entre protóstomos y deuteróstomos:

PROTÓSTOMOS	DEUTERÓSTOMOS
Simetría espiral y desarrollo determinado (mosaico)	Simetría radial y desarrollo indeterminado
Mesodermo derivado del blastómero 4d	Mesodermo derivado de los sacos endodérmicos
Larva trocófora, no se da el parasitismo	Larva dipléurula, no se da parasitismo

Esqueleto quitinoso de origen ectodérmico	Esqueleto no quitinoso de origen mesodérmico
Animales acelomados, pseudocelomados y eucelomados	Animales eucelomados

–.DIVERSIDAD.–

TEMA VI: CARACTERES GENERALES DE LOS METAZOOS.

Posición en el Reino Animal:

La tendencia actual en la división de los metazoos es la de formar tres grupos: mesozoos, parazoos y eumetazoos. Los mesozoos comprenden un único filo (filo mesozoos), mientras que los parazoos comprenden dos filos (filo placozoos y filo poríferos). Los eumetazoos componen el resto de los animales (todos los triblásticos).

Los mesozoos y parazoos se presentan como animales que no encajan entre los verdaderos metazoos. Basándonos en una serie de caracteres que presentan los clasificamos como animales, ya que son pluricelulares y no unicelulares coloniales como pretenden algunos autores, un hecho es que pasan por un estado larvario, pero no acaban de encajar en el modelo general de los típicos metazoos como se puede observar al comparar las capas que presentan no son homólogas a las capas blastodérmicas de los verdaderos metazoos. Los grupos de mesozoos y parazoos presentan pautas del desarrollo embrionario un tanto particulares y que no concuerdan con las pautas generales del desarrollo que completan todos los metazoos. Los poríferos son considerados como aberrantes, esto es, muy desviados del modelo general. Esta es la explicación del nombre de parazoos, que significa animales al lado de (los otros). En los eumetazoos los únicos diblásticos que quedan son los cnidarios y los ctenóforos.

Aportaciones biológicas:

- Aunque estos grupos son los metazoos de organización más simple, manifiestan un mayor nivel de integración morfológica y fisiológica que el que se encuentra en las colonias de protozoos. Se puede decir que los mesozoos y los parazoos pertenecen a un **nivel de organización celular**.
- Los mesozoos, aunque están formados simplemente por una capa externa de células somáticas y una interna de células reproductoras, tienen, no obstante, un ciclo reproductor muy complejo. Los metazoos son completamente parásitos.
- Los placozoos están esencialmente constituidos por dos capas epiteliales que encierran una cavidad con fluidos y algunas células fibrosas, no se forman verdaderos tejidos.
- Las esponjas (poríferos) avanzan un poco más en la estructura corporal, presentan varios tipos de células diferenciadas para funciones diversas y grupos celulares totipotentes, algunas de estas células están organizadas a modo de **tejidos incipientes** de un bajo nivel de integración.
- Los modelos de desarrollo de estos tres filos son diferentes al de otros filos, y sus capas embrionarias no son homólogas a las capas germinales de los eumetazoos.
- Las esponjas han desarrollado un sistema exclusivo de **corrientes de agua**, de las que dependen tanto para su alimentación como para la adquisición del oxígeno respiratorio.

Poríferos.

Caracteres generales del filo Poríferos:

- Son pluricelulares; cuerpo formado por una agregación laxa de células de origen mesenquimatoso. No pasan del estado diblástico.
- Presentan el cuerpo perforado por poros (ostiolos), con canales y cámaras que sirven para el paso del agua.
- Todas las especies son acuáticas; la mayoría marinos.

- Con simetría radial o sin simetría, esto último debido a adaptaciones al sustrato (adaptaciones fisiológicas).
- La pared corporal está formada por células ectodérmicas que se llaman **pinacocitos** y que son aplanados formando la capa denominada **pinacodermo**. Existen otras células de origen endodérmico que tapizan la mayor parte de las cavidades internas y que reciben el nombre de **coanocitos**, estas células son flageladas con collar y provocan las corrientes de agua, forman el **coanodermo**; entre el pinacodermo y el coanodermo existe una capa más o menos engrosada que es una matriz proteica gelatinosa y que recibe el nombre de **mesohilo** (mesoglea) y que contiene amebocitos de varios tipos y elementos esqueléticos.
- Esqueleto de **espículas** cristalizadas, calcáreas, o silíceas con colágeno diversamente modificado (**espongina**). Las espículas son de suma importancia para la sistemática.
- No tienen verdaderos órganos ni tejidos, la digestión es de tipo intracelular; la osmorregulación y la excreción son por simple difusión a través de la corriente de agua.
- Aparentemente, las reacciones a los estímulos son locales e independientes; probablemente carecen de sistema nervioso sino que las neuronas se encuentran sueltas sin que existan verdaderos contactos.
- Todos los adultos son sésiles y viven fijos al sustrato. Se conocen más de 5000 especies marinas y unas 150 de agua dulce, así como numerosos fósiles desde el Cámbrico.
- La reproducción asexual es por gemación o por gémulas, y la reproducción sexual mediante óvulos y espermatozoides, la fecundación es externa pero puede llegar a producirse en el interior de los canales; las larvas son de tipo plánula (ciliadas) y son nadadoras libres.

Las esponjas pertenecen al filo Poríferos (L. *Porus*, poro + *fero*, llevar). Los cuerpos de las esponjas tienen muchísimos poros finos y canales que representan un sistema filtrador de alimento, adecuado para su tipo de vida poco activa. Son animales sésiles y dependen de las corrientes de agua que fluyen a través de su exclusivo sistema canalicular, ya que les proporcionan alimento y oxígeno (eferente), y llevan fuera del cuerpo los desechos (exhalante). Sus cuerpos son poco más que masas de células englobadas en una pared gelatinosa y sostenidas por un esqueleto de diminutas espículas de carbonato cálcico, o de sílice y de colágeno. Carecen de órganos o de verdaderos tejidos, e incluso alguna de sus células muestran un cierto grado de independencia. Como son animales móviles con movimientos corporales sin importancia, no han desarrollado un sistema nervioso ni órganos sensoriales y únicamente poseen elementos contráctiles muy simples.

Así pues, aunque las esponjas son pluricelulares, manifiestan pocas características de otros filos de metazoos. Parece como si hubieran quedado al margen de la línea evolutiva que condujo desde los protozoos a los otros metazoos: una rama terminal sin salida. Por esta razón, a menudo se han denominado parazoos (G. *Para*, al lado de, o a lo largo de + *zoon*, animal).

El polimorfismo es un carácter muy extendido, ya que existe una variada morfología en función de las distintas adaptaciones al medio. Debido a la variabilidad morfológica no se pueden clasificar por su forma estructural, así que la clasificación de los poríferos radica en la morfología de sus espículas.

El tamaño de las esponjas varía desde unos pocos milímetros al de las grandes esponjas masivas que pueden llegar a alcanzar 2 o más metros de diámetro. Muchas especies de esponjas tienen colores brillantes debido a los pigmentos de las células dermales. Son frecuentes las esponjas de color rojo, amarillo, naranja, verde y púrpura; sin embargo, estos colores desaparecen rápidamente al sacarlas del agua. Algunas, incluidas las más simples y primitivas, tienen simetría radiada, pero muchas son de forma totalmente irregular. Algunas se alzan erguidas desde el fondo, otras son ramificadas o lobuladas y otras bajas e incluso incrustantes. Ciertas esponjas perforan conchas o rocas.

Forma y función.

La única abertura del cuerpo de estos animales tan extraños son los poros denominados **ostiolos**, generalmente muchos y finos, para la entrada del agua y unos pocos de mayor tamaño, denominados **ósculos**, para su salida. Estos orificios están conectados por un sistema de canales, algunos de los cuales están tapizados por células

peculiares flageladas denominadas coanocitos, cuyos flagelos mantienen una corriente del agua circundante a través de los canales. El agua entra en los canales a través de una multitud de finos poros incurrentes y sale por uno o más ósculos de mayor tamaño. Los coanocitos no sólo mantienen la corriente del agua, sino que también atrapan partículas de alimento transportadas por el agua. Las células que tapizan los orificios y pasos de entrada tienen una organización muy laxa. El cierre de los canales es impedido por un sistema esquelético que, según las especies, puede estar formado por un sistema de espículas aciculares calcáreas, silíceas o por una red de fibras orgánicas de espongina, o por una combinación de ambas.

En las esponjas la principal actividad es el mantenimiento de la corriente de agua que la atraviesa, esta corriente es de gran volumen y de baja presión. En los conductos radiales o en las cámaras se produce el intercambio de los aportes de los nutrientes y se desprenden los catabolitos y el CO₂

. La corriente abandona la esponja por el ósculo. Algunas esponjas pueden filtrar al día hasta 1500 litros de agua.

Tipos de sistemas canaliculares:

La mayor parte de las esponjas se puede incluir dentro de tres tipos de sistemas canaliculares: asconoide, siconoide o leuconoide.

- **Asconoides: espongoceles flagelados.** Las esponjas asconoides tienen el tipo más simple de organización. Son pequeñas y de aspecto tubular. El agua ingresa a través de los poros dermales microscópicos (3 de diámetro), tapizados por los porocitos, que están formados por células del pinacodermo que son pinacocitos modificados, y progresa hacia el interior de una amplia cavidad llamada **espongocele** o cavidad atrial, que está tapizada por coanocitos. Los coanocitos flagelados empujan el agua hacia el interior a través de los poros y la expulsan a través de un único ósculo grande. *Leucosolenia* (G. *Leukos*, blando + *solen*, tubo) es un tipo de esponja asconoide. Sus individuos, de cuerpo estrecho y tubular, crecen en grupos fijados por un estolón común, o tallo, sobre objetos en aguas someras. Las esponjas asconoides se encuentran solamente en la clase Calcáreas.
- **Siconoides: canales flagelados.** Las esponjas siconoides se parecen algo a una versión ampliada de las esponjas asconoides, a partir de las cuales se pueden considerar derivadas. Tienen un cuerpo tubular y un único ósculo, pero la pared del cuerpo, que es más gruesa y más compleja que la de las asconoides, comprende un sistema de **canales radiales**, que son invaginaciones más o menos digitiformes y que están tapizados por coanocitos, que vierten hacia el espongocele. Así pues los coanocitos quedan relegados a los canales radiales. El espongocele en las siconoides está tapizado por células de tipo epitelial (pinacocitos), pero no por células flageladas como en las asconoides. El agua penetra a través de un gran número de ostiolos dermales en los **canales incurrentes** y, a través de ellos, pasa por unos orificios finos llamados **prosopilos** hacia el sistema de canales radiales. Allí, el alimento es ingerido por los coanocitos, cuyos flagelos empujan el agua a través de poros internos (**apopilos**) hacia el espongocele. De allí el agua sale a través del ósculo. Las esponjas siconoides generalmente no forman colonias demasiado ramificadas, como ocurre con las asconoides. Durante el desarrollo, las esponjas siconoides pasan por un estado asconoide; los canales flagelados se forman por evaginación de la pared del cuerpo. Esta es una prueba de que las esponjas siconoides han derivado de un tronco ancestral de tipo asconoide. Las siconoides son tanto calcáreas como silíceas.
- **Leuconoides: cámaras flageladas.** La organización leuconoide es la más compleja y la mejor adaptada para incrementar el tamaño de la esponja. La mayor parte de las formas leuconoides forman grandes masas con numerosos ósculos. Grupos de cámaras flageladas (**cámaras vibrátiles**) reciben el agua de los canales incurrentes y la descargan en canales excurrentes que eventualmente conducen hacia el ósculo. La mayoría de las esponjas son de tipo leuconoide, y éste se presenta en la mayoría de las calcáreas y en todas las clases restantes. Se produce un gran desarrollo de la mesoglea y el espongocele se ve obliterado y prácticamente desaparece. Debido al aumento de volumen,

normalmente aparece más de un ósculo. La circulación del agua se efectúa de la siguiente manera: el agua entra por un ostiolo y pasa a un canal incurrente que comunica con la correspondiente cámara vibrátil, el agua entra por el prosopilo (intercambio gaseoso) y se produce una salida de ésta por el apopilo que desemboca en el canal excurrente y desde allí busca la salida.

Tipos celulares.

Las células de las esponjas se disponen en una unión laxa dentro de una matriz gelatinosa llamada mesohilo (mesoglea, mesénquima). El mesohilo es el tejido conjuntivo de las esponjas; en él se encuentran varios tipos de células ameboides, fibrillas y elementos esqueléticos. En las esponjas hay diversos tipos celulares.

- **Pinacocitos.** Lo más próximo a un verdadero tejido en las esponjas se encuentra en la disposición de los pinacocitos del pinacodermo. Éstas son células de tipo epitelial, planas y finas, que cubren las superficies externas y ciertas superficies internas. Algunas tienen forma de T y sus cuerpos celulares se extienden dentro de la mesoglea. Los pinacocitos son algo contráctiles, y pueden ayudar a regular el área superficial de la esponja. Algunos pinacocitos se modifican como **miocitos** contráctiles, que generalmente se disponen en círculos en torno a los poros, en donde pueden intervenir en la regulación de la entrada de la corriente de agua. Pueden producir fibras de colágeno, espongina para fijarse al sustrato, en las especies de agua dulce existen vacuolas pulsátiles para regular la presión. También de los pinacocitos derivan los porocitos.
- **Coanocitos.** Las células de un aspecto ovoideo con un extremo hundido en la mesoglea y el otro haciendo saliente en la superficie del canal o cámara son los coanocitos que tapizan las cámaras y canales flagelados. El extremo que sobresale lleva un flagelo rodeado por un collar. El microscopio electrónico ha mostrado que el collar está formado por microvellosidades paralelas, conectadas entre sí por unas delicadas microfibrillas, de manera que forma un mecanismo de filtración fino para recoger y seleccionar las partículas (de hasta 0.5 de diámetro) de alimento que haya en el agua. El batido del flagelo impulsa el agua a través del collar, que funciona como una especie de colador y la impulsa hacia la abertura del ápice del collar. Las partículas demasiado grandes para pasar por el collar quedan atrapadas por el moco segregado y se deslizan desde el collar hasta la base, donde se encuentran los logopodos que son pseudópodos que fagocitan estas partículas.
- **Arqueocitos.** Son células ameboides que se mueven a través de la mesoglea y llevan a cabo un gran número de funciones. Pueden fagocitar partículas en el pinacodermo y recibirlas de los coanocitos para su digestión. Aparentemente pueden diferenciarse en cualquiera de los otros tipos celulares más especializados de la esponja (son pues de carácter indiferenciado y totipotenciales). Un tipo denominado **tesocito** se encarga de almacenar sustancias de reserva. Algunos, denominados **esclerocitos** (escleroblastos o espiculoblastos), segregan las espículas. Otros llamados **espongocitos** (espongioblastos) producen las fibras de espongina del esqueleto, y los **colenocitos** segregan fibrillas de colágeno que genera fibras de espongina y se distribuyen entre el sistema de conductos. Los **lofocitos** producen grandes cantidades de colágeno pero se diferencian de los colenocitos por su morfología. Los colenocitos tienen forma estrellada con prolongaciones más o menos ramificadas, mientras que los lofocitos son oblongos. Existe un derivado de los colenocitos que recibe el nombre de **dermacito** y que es similar a un coanocito pero que sólo tiene dos prolongaciones.
- **Neuronas.** Presentan un aspecto bipolar y por lo general ponen en contacto distintos tipos celulares, aunque se da el caso de que el contacto sea entre dos células del mismo tipo. Las neuronas en las esponjas no forman redes nerviosas.

El esqueleto.

El esqueleto sostiene a la esponja, evitando el cierre de los canales y de las cámaras. En la matriz intercelular

de todas las esponjas se encuentran fibras de colágeno, que es la principal proteína estructural del reino animal. En muchas esponjas existen fibras de espongina, que es una proteína rica en yodo, hay varios tipos de espongina que difieren entre sí por su composición química y por su forma (fibras, espículas, filamentos, espículas rodeadas de espongina, etc.). Las esponjas también pueden producir espículas que son de dos tipos. Uno de estos tipos es el de **espículas silíceas** y el otro es el de **espículas calcáreas** en función de la composición de éstas. Destacan unas espículas que son grandes (100 – 1mm de diámetro), aunque la media es de 300 , estas son las megascleras. Con un diámetro de 3 – 30 nos encontramos las microescleras, que constituyen el soporte del pinacodermo y que se sitúan alrededor de los canales. Atendiendo al número de ejes tenemos las espículas monoaxonas si cuentan con un único eje, y dentro de éstas aparecen las monoactinas (una única punta) y las diactinas (dos puntas). También aparecen las triaxonas (tres ejes, y que son triactinas) y las tetraxonas (cuatro ejes, siendo estas espículas tetractinas).

Formación de las espículas:

Un esclerocito divide el núcleo y se alarga el citoplasma, entre los núcleos se forma una varilla calcárea o silícea que es la espícula y que progresivamente, mientras continua la división, se separa quedando finalmente suelta la espícula monoactina o diactina. En el caso de la formación de una espícula triactina son tres los esclerocitos que se dividen, y en el caso de una espícula del tipo tetractina los esclerocitos son cuatro.

Reproducción.

Las esponjas se reproducen tanto asexual como sexualmente. La **reproducción asexual** se presenta como formación de yemas (**gemación**) y por **fragmentación** seguida de regeneración. Las yemas externas, después de haber alcanzado un cierto tamaño, pueden desprenderse del cuerpo que las originó y flotar hasta formar una nueva esponja, o bien pueden permanecer unidas para formar colonias. Las yemas internas o **gémulas** se forman en esponjas de agua dulce y en algunas esponjas marinas. En ellas los arqueocitos se reúnen en masas en el mesohilo y quedan rodeadas por una cubierta sólida de espongina con espículas que recibe el nombre de **anfidisco**. Cuando el individuo progenitor muere, las gémulas sobreviven y permanecen en estado de vida latente; de esta manera se conserva la vida de la especie durante períodos de heladas o de desecación intensa. Luego, las células del interior de las gémulas salen a través de una abertura, el **micropilo**, y desarrollan nuevas esponjas cuando se dan las condiciones adecuadas. Así pues, la gemación en las esponjas de agua dulce (espongílicos) es una adaptación a los cambios estacionales. Las gémulas son también un medio de colonización de nuevos hábitat, puesto que pueden ser difundidas por medio de corrientes o de otros animales (pág. 250).

En la **reproducción sexual** la mayoría de las esponjas son monoicas (tienen gametos masculinos y femeninos en el mismo individuo). Los espermatozoides se producen a partir de la transformación de los coanocitos, los óvulos dependiendo del tipo de esponja pueden derivar de los arqueocitos o de los coanocitos. La mayor parte de las esponjas son vivíparas, es decir, después de la fecundación retienen el cigoto en su interior, le alimentan y finalmente se desarrolla una larva ciliada que liberan por el ósculo. En estas esponjas, un individuo deja los espermatozoides en el agua y éstos son recogidos en el sistema de canales del otro. Aquí son fagocitados por los coanocitos, que se transforman en células transportadoras para llevar los espermatozoides a través de la mesoglea hasta los oocitos. Otras esponjas son ovíparas y liberan en el agua tanto óvulos como espermatozoides. La larva de vida libre y nadadora de la mayoría de las esponjas es una **parenquímula** de cuerpo compacto. Las células flageladas, dirigidas hacia el exterior, migran hacia el interior después de que la larva se ha fijado y darán lugar a los coanocitos de las cámaras vibrátiles. También aparecen, en otras especies, larvas en estado de blástula hueca, denominada **anfiblástula** con células flageladas dirigidas hacia el interior. Después, la blástula se vuelve hacia fuera (inversión), quedando entonces los extremos flagelados de las células dirigidos hacia el exterior. Las células flageladas (micrómeros) de la larva están en un extremo y las células no flageladas, más grandes (macrómeros), en el otro. En contraste con otros embriones de metazoos, los micrómeros se invaginan y quedan recubiertos por los macrómeros. Los micrómeros flagelados dan lugar a los coanocitos, arqueocitos y colenocitos de la nueva esponja, y las células no flageladas originan

el pinacodermo y los esclerocitos.

Filogenia.

Las esponjas se originaron antes del Cámbrico. La posibilidad de que las esponjas procedan de los coanoflagelados (protozoos coloniales que llevan collares y flagelos) ha conseguido mantenerse por un tiempo. No obstante muchos zoólogos ponen reparos a esta hipótesis debido a que las esponjas no adquieren collares hasta una fase tardía de su desarrollo embrionario. Las células externas de las larvas son flageladas pero sin collar, y no se convierten en células con collar hasta que no se hacen internas. Ciertos corales y equinodermos también presentan células con collar, por lo que no son exclusivas de las esponjas.

Sin embargo, estas objeciones son contrarrestadas por la evidencia basada en las secuencias de RNA ribosómico. Estas pruebas apoyan la hipótesis de un antecesor común para los coanoflagelados y los metazoos. También sugieren que las esponjas y los eumetazoos son grupos hermanos, habiendo divergido los poríferos antes de que se originaran los radiados y los placozoos, aunque compartiendo un antecesor común.

Radiación adaptativa.

Los poríferos han sido un grupo de gran éxito evolutivo, que se ha ramificado en varios miles de especies y una gran diversidad de hábitat marinos y de agua dulce. Su diversificación se basa fundamentalmente en su sistema de corrientes de agua, único en el reino animal, y sus diversos grados de complejidad. La proliferación de cámaras vibrátiles en las esponjas leuconoides fue más favorable para un incremento del tamaño corporal que el sistema de las esponjas siconoides y asconoides, ya que las facilidades para la alimentación e intercambio de gases aumentaron enormemente. Con certeza otras de las razones del éxito de las esponjas como grupo es el de tener pocos enemigos. Debido al elaborado esquelético de las esponjas y al olor a menudo nocivo, la mayor parte de los posibles depredadores encuentra al probar una esponja algo tan placentero como comer un bocado de astillas de cristal embebidas en un cartílago que huele a demonios.

TEMA VII: CNIDARIOS Y CTENÓFOROS.

Los filos Cnidarios y Ctenóforos forman los animales radiados, caracterizados por su **simetría radial primaria o birradial**, que se supone ancestral para todos los eumetazoos. La simetría radial, en la que las partes del cuerpo se disponen concéntricamente alrededor de un eje oral-aboral, es muy apropiada para todos los animales sésiles o sedentarios y para los que flotan libres, ya que acceden a su entorno (o éste accede a ellos) igualmente por todos los lados.

Generalmente, ninguno de los dos filos ha progresado más allá del **nivel de organización tisular**, aunque se encuentran algunos órganos incipientes (p.e. órganos de flotación). En general, los ctenóforos tienen una estructura más compleja que los cnidarios.

Filo Cnidarios:

Características del filo Cnidarios:

- Los cnidarios son completamente acuáticos, algunos de agua dulce pero la mayoría marinos.
- **Simetría radial** o birradial alrededor de un eje longitudinal con extremos **oral** y **aboral**; sin cabeza definida.
- Dos tipos básicos de individuos: **pólipos y medusas**. El polimorfismo en los cnidarios ha ampliado mucho sus posibilidades ecológicas. En muchas especies la presencia de los estados pólipo (sésil y fijo) y medusa (nadadora libre), permite la ocupación por la misma especie de un hábitat bentónico (de fondo) y de un hábitat pelágico (de mar abierto). El polimorfismo también actúa las posibilidades de la complejidad estructural.

- Pueden presentar exoesqueleto o endoesqueleto, ambos, de componentes quitinosos, calcáreos o proteicos.
- Cuerpo con dos capas, epidermis y gastrodermis, con mesoglea (**diblásticos**); en algunos, mesoglea con células y tejido conjuntivo que forman el ectomesodermo (**triblásticos**).
- **Cavidad gastrovascular** (a menudo ramificada o dividida por septos) con una abertura única que sirve como boca y ano, y que deriva del blastoporo inicial; tentáculos extensibles que por lo general rodean la boca o región oral y que contienen la mayoría de las terminaciones nerviosas, además están cargados de nematocistos.
- Los **nematocistos** son órganos celulares urticantes, contenidos en los cnidocitos y que se sitúan tanto en la epidermis como en la gastrodermis o en ambos; los nematocistos abundan en los tentáculos, donde pueden formar baterías o anillos.
- El aparato neurosensorial está formado por un **plexo nervioso** donde aparecen sinapsis simétricas y asimétricas; presenta algunos órganos sensoriales muy rudimentarios que consisten en la agrupación de varias neuronas pero no se forma un sistema nervioso central; la conducción es difusa.
- El sistema muscular es de tipo epiteliomuscular (mioepitelial) formado por una capa externa de fibras longitudinales en la base de la epidermis y una interna de fibras circulares en la base de la gastrodermis; en los cnidarios superiores hay modificaciones de este modelo, como la presencia de haces de fibras independientes en la mesoglea.
- La reproducción puede ser asexual o sexual. La reproducción asexual puede ser por gemación (en los pólipos) las yemas se pueden separar y fijarse en las proximidades como formas individuales o formando colonias, y en la reproducción sexual se da por gametos (en todas las medusas y algunos pólipos), estas formas sexuales pueden ser monoicas o dioicas. Algunos cnidarios como los antozoos y parte de los hidrozooos no presentan la forma medusoide. Normalmente la fecundación es externa y el tipo de larva que se da en los cnidarios es la **larva plánula**. Los cnidarios tienen segmentación holoblástica indeterminada.
- Los cnidarios no presentan ni sistema excretor ni sistema respiratorios. El intercambio gaseoso y la excreción se realizan por difusión.
- No presentan cavidad celomática.

Este filo (*G. knide*, ortiga + *aria* [sufijo pl.], como o relacionado con) es un interesante grupo con más de 9000 especies. Toma su nombre de las células llamadas **cnidocistos**, que contienen órganos urticantes (**nematocistos**) característicos de este filo, es decir, los nematocistos son producidos y utilizados exclusivamente por los cnidarios. Otro nombre del filo, Celenterados (*G. koilos*, concavidad + *enteron*, intestino), es usado con menos frecuencia que el anterior; actualmente se emplea a veces para referirse a ambos filos de radiados (cnidarios y ctenóforos), ya que su significado es aplicable a ambos.

Son un grupo antiguo con el registro fósil más largo de los metazoos, pues se remonta a más de 700 millones de años. Aunque su organización tiene una simplicidad estructural y funcional no encontrada en otros metazoos, constituyen parte significativa de la biomasa en algunos lugares. Están ampliamente distribuidos en hábitats marinos, y hay unos pocos de agua dulce.

Forma y función.

Son animales polimórficos que se presentan en **forma pólipo**, o forma hidriforme, que está adaptada a una vida sésil o sedentaria, y la **forma medusa**, que está adaptada para la flotación o una vida nadadora libre. Se da una alternancia de generaciones que recibe el nombre de metagénesis. Sin embargo, existen cnidarios que únicamente presentan la forma medusa y otros que sólo presentan la forma pólipo.

Forma pólipo:

La mayoría de los pólipos tienen cuerpos tubulares, con una boca rodeada por tentáculos en uno de sus extremos. Generalmente, el extremo aboral está fijado al sustrato por un disco (**discopodio**) u otro medio. La boca se sitúa en el extremo opuesto al discopodio, en una elevación cónica que recibe el nombre de **hipostoma**. La cavidad gastrovascular ocupa el interior del cuerpo y puede ser tabicada o no. Presentan una

capa externa que es la epidermis y una más interna con células flageladas que es la gastrodermis. La mesoglea es fina y uniforme, aproximadamente con el mismo grosor en todas las zonas, la mesoglea puede contener células en su seno, pero estas también pueden estar ausentes. Los pólipos pueden vivir solitarios o en colonias. Las colonias de algunas especies incluyen individuos diferentes, cada uno especializado para una determinada función, como alimentación, reproducción o defensa, son los **zooides**.

Forma medusa:

Las formas medusoide son de vida pelágica, son nadadoras libres o bien únicamente se dejan arrastrar por las corrientes. Tienen cuerpos con forma de campana o paraguas y simetría tetrámera (las partes del cuerpo dispuestas en cuartos). Superficialmente la medusa y el pólipo son muy diferentes. Pero en realidad cada uno de ellos ha conservado el modelo corporal en forma de saco, que es básico en el filo. La medusa es esencialmente un pólipo no fijado, con la porción tubular ensanchada y aplanada en forma de campana, este ensanchamiento es debido a un desarrollo enorme de la mesoglea, la forma umbrelar adquiere forma convexa, mientras que el interior de esta zona se torna cóncavo y en el antro de esta concavidad aparece la boca que se abre en el extremo de una prolongación que recibe el nombre de **manubrio**.

En la umbrela se distinguen dos partes, una es la que ocupa la parte externa de la campana y recibe el nombre de **exumbrela**, y la otra zona que es la **subumbrela** que ocupa la zona del disco oral invaginado. Ambas confluyen formando el **borde umbrelar** y a lo largo de este borde se implantan los tentáculos que son más o menos largos y más o menos numerosos dependiendo de la especie.

El esófago es un trozo de la cavidad gastrovascular que conforma el manubrio. La cavidad siguiente es el estómago que ocupa la parte central. Del estómago pueden partir una serie de **canales radiales** que van a la periferia donde son recogidos por el **canal anular** que va por el borde umbrelar. El manubrio también puede subdividirse en brazos denominados **brazos orales**.

Nematocistos: los orgánulos urticantes.

Una de las estructuras más características de todo el grupo de los cnidarios son los orgánulos urticantes denominados nematocistos. Hasta ahora se han descrito unos 20 tipos diferentes de nematocistos, que son importantes en las determinaciones taxonómicas. El nematocisto es una pequeña cápsula (de pared doble) compuesta por un material semejante a la quitina y que contiene una hebra tubular enrollada, o filamento, que es una continuación del extremo estrechado de la cápsula. Este último está recubierto por una pequeña tapa u **opérculo**. El interior del filamento no descargado puede llevar minúsculas púas o espinas.

El nematocisto está encerrado en la célula que lo ha generado, el **cnidocito** (que es denominada, durante su desarrollo, **(cnidoblasto)**). Excepto en los antozoos, los cnidocitos están provistos de un **cnidocilo** en forma de gatil, que es un cilio modificado que actúa como mecanorreceptor. La estimulación táctil produce la descarga del nematocisto. Los cnidocitos se producen en invaginaciones de las células ectodérmicas y, en algunas formas, en las células gastrodérmicas; son especialmente abundantes en los tentáculos. Cuando un nematocisto se descarga, su cnidocito es absorbido reemplazado por otro nuevo. No todos los nematocistos tienen púas o inyectan veneno. Algunos, por ejemplo, no penetran en la presa sino que se retraen rápidamente como un resorte después de la descarga, apresando y sujetando una parte de la presa capturada en el filamento enrollado. Los nematocistos adhesivos generalmente no se descargan para la captura de alimento.

El mecanismo de descarga del nematocisto es destacable. Las evidencias actuales indican que la descarga se debe a una combinación de fuerzas tensionales generadas durante la formación del nematocisto, y a la asombrosa presión osmótica que hay en el interior del nematocisto: 140 atmósferas. Cuando se estimula su descarga, la alta presión osmótica interna hace que el agua se precipite dentro de la cápsula. El opérculo se abre, y el rápido incremento de la presión hidrostática dentro de la cápsula empuja con gran fuerza al filamento y éste se evagina hacia el exterior. En el extremo evertido del filamento, las púas sobresalen hacia

fuera como diminutas varillas con forma de espada. Esta diminuta pero terrible arma inyecta veneno cuando penetra en la presa. Los nematocistos de la mayoría de los cnidarios no son perjudiciales para el hombre y en el peor de los casos pueden ser una molestia. No obstante, las picaduras de la carabela portuguesa y de ciertas medusas son muy dolorosas y, en algunos casos, peligrosas.

Sistemática:

Se reconocen cuatro clases de Cnidarios: Hidrozoos (la clase más variable, que incluye hidroide, corales de fuego, la carabela o fragata portuguesa, y otros), Escifozoos (las verdaderas medusas), Cubozoos (cubomedusas), y Antozoos (la clase mayor, incluye anémonas, corales pétreos, corales blandos y otros).

Clase Hidrozoos:

La mayoría de los hidrozoos son marinos (unos pocos en aguas continentales) y coloniales, y el ciclo de vida típico incluye el estado pólipo asexual, y el estado medusa sexual. Algunos, no obstante, como la hidra de agua dulce, carecen de forma medusa. Algunos hidroides marinos no tienen medusas libres, mientras que ciertos hidrozoos sólo tienen el estado medusa y carecen del pólipo.

La hidra, aunque no es un hidrozoo típico, se ha convertido en el favorito como modelo para la introducción al filo Cnidarios, por su tamaño y fácil adquisición. Combinando su estudio con el de un hidroide colonial representativo como *Obelia* (*G. obelias*, pastel redondo) se obtiene una excelente idea de la clase Hidrozoos.

El pólipo tiene el aspecto de un tubo cilíndrico con el extremo aboral alargado, formando un delgado tallo, que termina en un disco basal o **discopodio** para la fijación. Este disco basal está provisto de células glandulares que permiten a la hidra adherirse al sustrato, y también secretar una burbuja de gas para flotar. En el centro del disco puede haber un poro excretor. La boca se encuentra localizada en una elevación cónica denominada **hipostoma**, está rodeada por 6–10 tentáculos huecos que, al igual que el cuerpo, se pueden extender cuando el animal está hambriento.

La boca se abre en la **cavidad gastrovascular** (también denominada **celénteron**) que comunica con las cavidades de los tentáculos. En algunos individuos pueden sobresalir yemas a los lados, cada una de ellas con boca y tentáculos semejantes a los del progenitor.

La pared del cuerpo que rodea a la cavidad gastrovascular consta de una epidermis externa (ectodérmica) y de una gastrodermis interna (endodérmica) con una mesoglea sin células entre ambas.

Cuando existe la fase medusa, ésta se caracteriza porque presenta una forma que tiende a cerrar la cavidad subumbrelar formando lo que se conoce con el nombre de **velo**. Las medusas que presentan velo reciben el nombre de **craspedotas**, y en este tipo de medusas todos los tentáculos se sitúan en el borde umbrelar, estos tentáculos tienen una especie de botones adhesivos, que se denominan **papilas adhesivas**, además de tener baterías de nematocistos. Las medusas se originan normalmente por la producción de yemas de medusa que desarrollan medusas sexuales (son las portadoras de los gametos).

Colonias de hidroides:

Las formas coloniales presentan polimorfismo, ya que los pólipos se diferencian en varios tipos según la función que desempeñan, a cada uno de estos tipos se les denomina **zoóide** o **hidrante**. Para explicar el tipo hidroide se suele utilizar el ejemplo de *Obelia*.

Un hidroide típico tiene una base, un tallo, y uno o más zooides terminales. La base por la que la colonia se fija al sustrato es un estolón con forma de raíz, o **hidrorriza**, de la cual parten uno o más tallos denominados **hidrocaules**. La parte celular viva del hidrocaule es el **cenosarco** tubular que comunica a todos los miembros

de la colonia entre sí. La cubierta protectora del hidrocaule es una funda quitinosa inerte o **perisarco**. Los pólipos individuales, o zooides, están unidos al hidrocaule.

Muchos de los zooides son pólipos alimentadores llamados **hidrantes** o **gastrozoides**. Éstos pueden ser tubulares, con forma de botella o de vaso, pero todos tienen una boca terminal y un círculo de tentáculos. En algunas formas, el perisarco se continúa a modo de copa protectora alrededor del pólipo, dentro de la cual puede retraerse para su protección, a esta copa o cápsula se le denomina **hidroteca**. Se puede establecer una distinción entre pólipos tecados y atecados. En otros el pólipo es desnudo. Los gastrozoides, muy semejantes a hidras en miniatura, capturan e ingieren las presas: diminutos crustáceos, gusanos y larvas, y proporcionan alimento para toda la colonia. Tras realizarse una digestión extracelular en el hidrante, el caldo digestivo pasa a la cavidad gastrovascular común donde es captado por las células gastrodérmicas, en las que tiene lugar la digestión intracelular. La circulación dentro de la cavidad gastrovascular es una función realizada por la gastrodermis ciliada, aunque también es ayudada por las contracciones rítmicas y las pulsaciones del cuerpo de los hidroides.

Al igual que las hidras, se reproducen asexualmente por gemación; los hidroides coloniales producen nuevos individuos a partir de yemas, aumentando así el tamaño de la colonia. Por gemación se originan nuevos pólipos alimentadores y también yemas de medusas en la colonia. En *Obelia* estas yemas de medusas se forman a partir de un pólipo reproductor denominado **gonangio** o **gonozoide**, que puede protegerse dentro de una cápsula que recibe el nombre de **gonoteca**. En el gonozoide hay un eje central encargado de formar las medusas por gemación, el **blastostilo**. En el extremo de la gonoteca hay un orificio por donde salen las medusas, es el **gonoporo**. Las jóvenes medusas abandonan la colonia como individuos nadadores libres que maduran y producen gametos (óvulos y espermatozoides). Las medusas liberan los espermatozoides y los óvulos, la fecundación es externa. Después de la fecundación aparece una larva plánula ciliada que nada durante algún tiempo. Después se fija al sustrato y se forma un diminuto pólipo que origina, por gemación, la colonia hidroide, completando así el ciclo.

Tipos celulares:

En la **epidermis** se localizan células epiteliomusculares, intersticiales, glandulares, cnidocitos, y células nerviosas y sensoriales.

Las **células epiteliomusculares** son grandes y prismáticas, algunas más o menos cilíndricas y forman la mayor parte de la epidermis y sirven como cubierta y para la contracción muscular. Las bases de la mayoría de estas células se extienden paralelas a los tentáculos o al eje del cuerpo y contienen miofibrillas, de modo que forman una capa de musculatura longitudinal próxima a la mesoglea. La contracción de estas fibras acorta el cuerpo o los tentáculos.

Las **células intersticiales** son células indiferenciadas que se encuentran entre las bases de las células epiteliomusculares. La diferenciación de las células intersticiales da lugar a cnidoblastos, células sexuales, yemas, células nerviosas y otros tipos, pero generalmente no dan lugar a células epiteliomusculares (que se reproducen por sí mismas).

Las **células glandulares** son células altas que se encuentran alrededor del discopodio y de la boca, y secretan una sustancia adhesiva para la fijación y a veces una burbuja de gas para la flotación.

Los **cnidocitos** que contienen los nematocistos se extienden por toda la epidermis. La hidra tiene tres tipos funcionales de nematocistos: los que penetran en la presa e inyectan el veneno (**penetrantes**); los que envuelven y enredan a la presa (**envolventes**); y los que secretan una sustancia adhesiva utilizada en la locomoción y fijación (**glutinantes**).

Las **células sensoriales** están dispersas entre las demás células de la epidermis, especialmente cerca de la

boca y de los tentáculos y en el disco basal. El extremo libre de cada célula sensorial lleva un flagelo, que es el receptor sensorial para estímulos químicos y mecánicos. El otro extremo se ramifica en finas prolongaciones que forman sinapsis con las células nerviosas, se forma un plexo nervioso subepidérmico y otro subendodérmico.

Las **células nerviosas** de la epidermis son generalmente multipolares (tienen muchas prolongaciones), aunque los cnidarios más organizados pueden ser bipolares (con dos prolongaciones). Sus prolongaciones (axones) forman sinapsis con las células sensoriales y otras células nerviosas, y uniones con las células epiteliomusculares y cnidocitos. Hay sinapsis unidireccionales (morfológicamente asimétricas) y bidireccionales con otras células nerviosas.

La **gastrodermis** es una capa que tapiza la cavidad gastrovascular, se compone principalmente de grandes células columnares ciliadas, con bases planas irregulares. Las células de la gastrodermis incluyen células nutritivomusculares, intersticiales y glandulares.

Las **células nutritivomusculares** son, por lo general, células columnares altas con bases que se extienden lateralmente y que contienen miofibrillas. Éstas son perpendiculares al eje del cuerpo o de los tentáculos, y forman una capa de musculatura circular. No obstante, esta capa muscular es muy débil en la hidra y la extensión longitudinal del cuerpo y de los tentáculos se lleva a cabo principalmente por un incremento del volumen de agua en la cavidad gastrovascular. El agua es conducida a través de la boca mediante el batido de los cilios de las células nutritivomusculares. De este modo, el agua de la cavidad gastrovascular actúa como un esqueleto hidrostático. Así, los dos cilios del extremo libre de cada célula sirven también para la circulación del alimento y de los fluidos en la cavidad digestiva.

Las **células intersticiales** están esparcidas entre las bases de las células nutritivas. Se transforman en otros tipos celulares cuando es necesario.

Las **células glandulares** del hipostoma y de la columna secretan enzimas digestivas. Las glándulas mucosas que rodean la boca ayudan a la digestión.

Clase Escifozoos:

Esta clase (G. *skyphos*, copa) incluye muchas de las grandes medusas o animales copa. Unas pocas como *Cyanea arctica* pueden alcanzar un diámetro de campana que supera los 2 m y los tentáculos 60 a 70 m de longitud. No obstante, la mayoría de los escifozoos fluctúan entre 2 y 40 cm de diámetro. Aunque la mayor parte flotan en mar abierto, algunos se encuentran a profundidades de 3000 m; hay un orden, poco frecuente, cuyos miembros son sésiles y se fijan por un tallo a las algas y otros objetos en el fondo. Su coloración puede oscilar desde incoloras a matices naranja fuerte y rosa.

Las medusas no presentan velo a nivel de la subumbrela y se llaman **acraspedotas**. Las campanas de las diferentes especies tienen grosores distintos, ya que pueden tener desde una forma de platillo a una forma globosa o de casco. La capa gelatinosa (mesoglea) es inusualmente gruesa, dando a la campana una consistencia firme. El 95–96% de la gelatina es agua. Esta capa, al contrario que las hidromedusas, contiene células ameboides y fibras. El movimiento se produce por contracciones rítmicas de la umbrela. Pueden tener muchos o pocos tentáculos, que pueden ser cortos o largos dependiendo de la especie.

El borde de la umbrela es festoneado; generalmente cada incisión lleva un par de **pedalias** y en ellas se encuentra un órgano sensorial denominado **ropalia** (tentaculocisto). El género *Aurelia* tiene ocho de estas incisiones. Algunos escifozoos tienen cuatro, otros dieciséis. En algunas especies las ropalias llevan ocelos.

La boca se sitúa en el centro de la subumbrela. El manubrio suele ser alargado y forma cuatro **brazos orales** que son utilizados en la captura e ingestión de la presa. Los tentáculos, el manubrio, y a menudo toda la

superficie del cuerpo, están bien provistos de nematocistos que pueden causar picaduras dolorosas. No obstante, la función principal de los nematocistos de los escifozoos no es atacar al hombre sino paralizar a las presas, que son conducidas hacia los lóbulos bucales con la ayuda de otros tentáculos, o por la flexión del borde de la umbrela.

Internamente, el estómago de los escifozoos se expande en **cuatro bolsas** gástricas en las que la gastrodermis se evagina en pequeños salientes tentaculares denominados **filamentos gástricos**. Éstos están cubiertos de nematocistos que paralizan algunas presas que aún pudieran estar vivas. Las hidromedusas carecen de filamentos gástricos. Desde las bolsas, se ramifica un sistema complejo de **canales radiales** hacia un **canal anular** periférico que forma parte de la cavidad gastrovascular.

El **sistema nervioso** de los escifozoos es un plexo nervioso, con una red subumbrelar que regula las pulsaciones de la umbrela y otra, más difusa, que controla reacciones locales como la alimentación.

Los sexos son separados, con las gónadas localizadas en las bolsas gástricas. Normalmente la fecundación es interna; el esperma es transportado al interior de la bolsa gástrica de la hembra mediante corrientes ciliares. Los cigotos pueden desarrollar en el agua del mar o cobijarse en los pliegues de los brazos orales. Generalmente a nivel de los brazos del manubrio sale un huevo que luego se transforma en larva plánula ciliada, que tras un corto periodo de vida libre, se fija al sustrato y desarrolla una forma polipoide denominada **escifistoma**. Por un proceso de **estrobilación**, el escifistoma forma una serie de yemas con aspecto de platillo, las **esfiras**, y pasa a denominarse ahora **estróbilo**. Cuando las esfiras se desprenden, se convierten en medusas maduras, que son la forma sexual y que dura más que la forma polipoide.

Clase Cubozoos:

Esta clase era considerada hasta hace poco como un orden (Cubomedusas) de los escifozoos. La forma predominante es la medusoide; el polipoide es inconspicuo y, en muchos casos, desconocido. Algunas medusas de cubozoos pueden alcanzar hasta los 25 cm de altura, aunque la mayoría está entre 2 y 3 cm. La sección transversal (pág. 268) de la campana es casi cuadrangular. En el borde umbrelar de cada esquina del cuadrado se encuentra un tentáculo o un grupo de ellos. En la base de cada tentáculo se diferencia una lámina fuerte denominada **pedalia**. Existen ropalias. El borde umbrelar no es festoneado y el margen de la subumbrela se pliega hacia el interior para formar un **velario**. Éste funciona como el velo de las medusas de los hidrozoos, incrementando la eficacia de la natación, aunque es estructuralmente distinto. Las cubomedusas son grandes nadadoras y depredadoras voraces, alimentándose principalmente de peces. Las picaduras producidas por algunas especies pueden ser fatales para el hombre.

El ciclo vital completo se conoce sólo en una especie, *Tripedalia cystophora* (L. *tri*, tres + G. *pedalion*, timón). El pólipo es diminuto (1mm de altura), solitario y sésil. Produce nuevos pólipos por yemas laterales (gemación), que se desprenden y se alejan. Los pólipos no producen esfiras, pasan directamente a medusas por metamorfosis. En otras especies no se conoce la forma pólipo, lo que no quiere decir que no exista.

Clase Antozoos:

También denominados animales flor, son pólipos con esta apariencia. No presentan estado medusa. Los antozoos son todos marinos y se encuentran tanto en aguas profundas como superficiales, en mares polares y tropicales. Varían mucho en tamaño, y pueden ser solitarios o coloniales.

Un caracter muy importante es una invaginación ectodérmica a nivel de la boca, y que forma la **faringe** o **estomodeo**, que es más o menos aplanada. La cavidad gastrovascular es amplia y dividida por septos (tabiques), o mesenterios, que son invaginaciones de la pared del cuerpo (endodérmica). Estos mesenterios pueden ser completos (se unen con la faringe) o incompletos (también llamados secundarios). A nivel de la faringe existen dos escotaduras, dos canales (a veces uno) que reciben el nombre de **sifonoglifos** por los que

circulan corrientes de agua.

Los nematocistos se sitúan tanto externa como internamente. Están por los tentáculos y por los mesenterios. La mesoglea puede adquirir un gran desarrollo o permanecer como una lámina delgada. Esa mesoglea contiene células ameboides. Hay una tendencia general hacia la simetría birradial en la disposición septal y en la forma de la boca y de la faringe. No hay órganos especiales para la respiración o la excreción.

La clase tiene tres subclases: **Hexacoralarios** (o **Zoantarios**, **Actiniarios**), formada por las anémonas, corales duros y otros; **Octacoralarios** (o **Alcionarios**) que comprenden los corales córneos y blandos, como los abanicos de mar, las plumas de mar, los pensamientos de mar y otros; y los **Ceriantipatarios**, que incluyen sólo a las anémonas tubo y a los corales espinosos.

Subclase Hexacoralarios (Zoantarios):

Tienen tentáculos simples, cilindros de sección, siempre en número de seis o múltiplo de seis. Presentan los mesenterios formando pares, encontrando seis o múltiplo. Encontramos formas solitarias y formas coloniales. Algunas especies forman un esqueleto calcáreo macizo que se denomina **polípero**. Otros no forman polípero y suelen ser solitarios. También los hay que forman un esqueleto córneo, de naturaleza proteica y que da formas arborescentes formando colonias.

Poseen dos sifonoglifos, a veces uno sólo. La faringe conduce a una amplia cavidad gastrovascular que está dividida en seis cámaras radiales por seis pares de **septos primarios** (completos), o mesenterios, que se extienden verticalmente desde la pared del cuerpo hacia la faringe. Las aberturas que existen entre las cámaras (perforaciones septales) en la parte superior de la faringe contribuyen a la circulación del agua. Hay septos más pequeños (**incompletos**) que subdividen parcialmente las grandes cámaras y proporciona un aumento de la superficie de la cavidad gastrovascular. El borde libre de cada septo incompleto forma una especie de cordón sinuoso llamado **filamento mesentérico** que está cargado de nematocistos y de células glandulares para la digestión, se produce el comienzo de una digestión interna. Los extremos inferiores de los filamentos mesentéricos se prolongan en los **acantios o acantias**, también cargados con nematocistos y células glandulares, que pueden salir al exterior a través de la boca o de poros de la pared del cuerpo para ayudar a sujetar la presa o proporcionar defensa. Los poros por los que los acantios salen al exterior se denominan **cinclidos** y también colaboran en la descarga rápida del agua del cuerpo cuando el animal está en peligro, con lo cual se contrae y se hace pequeño.

Subclase Octacoralarios (Alcionarios):

Son todos coloniales, más pequeños que los zoantarios y normalmente blandos. El esqueleto de la colonia puede ser de naturaleza calcárea, estar formado por una proteína córnea, o por una combinación de los dos tipos. Los tentáculos no son lisos sino que son aplanados y más o menos pinnados. Los octocorales tienen una estricta simetría octómera, con ocho tentáculos y ocho septos no pareados. Las cavidades gastrovasculares de los pólipos que integran la colonia se comunican a través de un sistema de tubos gastrodérmicos denominados **solenios**. Por estos solenios circulan los nutrientes que abastecerán a toda la colonia. En la mayoría de los alcionarios los solenios atraviesan una mesoglea extensa, el **cenénquima**, y la superficie está cubierta por la epidermis. El esqueleto se segrega en el cenénquima y puede estar formado por espículas calizas, sueltas o fusionadas, por una proteína córnea, o por la combinación de ambos tipos. De este modo, el esqueleto que soporta la mayoría de los alcionarios es un endoesqueleto.

Normalmente tienen los sexos separados y las gónadas son simples acumulaciones de células madres de los gametos (oogonias y espermatogonias) que están situadas en el primer tercio de los septos, especialmente en los dos ventrales y en cuatro laterales. Normalmente la larva plánula se fija y da lugar a unos divertículos huecos que constituyen el estolón. De los estolones se generan los distintos pólipos que integran la colonia.

Subclase Ceriantipatarios:

Los miembros de la subclase Ceriantipatarios tienen parejas simétricas de septos, pero éstos no son pares, y estos septos son seis o múltiplos de seis. Sólo queda un sifonoglifo considerado dorsal. Las anémonas tubo son individuos solitarios que viven en sedimentos blandos del suelo, enterrados hasta el nivel del disco oral. Los corales espinosos o negros son coloniales y viven fijados al sustrato firme, su esqueleto es de un material córneo y tiene espinas. Los ceriantipatarios tienen un número pequeño de especies y están limitados a las aguas marinas cálidas.

Filo Ctenóforos.

Este filo (*G. kteis*, *ktenos*, peine + *phora*, pl. de llevar) comprende menos de 100 especies.

Características del filo Ctenóforos:

- Los ctenóforos se caracterizan por tener **simetría birradial**; la disposición de los canales internos y la posición del par de tentáculos convierte la simetría radial en una combinación de dos (simetría radial + simetría bilateral).
- Los ctenóforos presentan generalmente forma elipsoidal o esférica, presentan los llamados **ctenes** (peines o paletas natatorias) dispuestas radialmente para nadar. De ahí viene su nombre, de las ocho filas de ctenes (laminas en forma de peine) que usan para la locomoción.
- Poseen ectodermo, mesodermo y una mesoglea más desarrollada que puede recibir el nombre de **ectomesodermo**, es una mesoglea con células dispersas y fibras musculares. Esta es una estructura que nos recuerda a los triblásticos.
- No tienen nematocistos, pero tienen **coloblastos** que son células adhesivas y con un filamento helicoidal, que actúa a modo de muelle. Las presas quedan adheridas a los coloblastos, el filamento helicoidal facilita una cierta flexibilidad. Los coloblastos son una estructura única y característica de los ctenóforos. Existe una única especie de ctenóforos, *Haeckelia rubra*, que si que tiene nematocistos, probablemente sea porque se alimenta de cnidarios.
- El sistema gastrovascular consiste en una boca, una faringe, un estómago y un sistema de canales gastrovasculares que se ramifican a través de la mesoglea hacia los ctenes, vainas tentaculares y otras partes. Hay dos canales ciegos que terminan cerca de la boca, y un canal aboral que se divide y acaba en dos poros anales, a través de los cuales se expulsan los alimentos no digeridos.
- El sistema nervioso consiste en un plexo subepidérmico que se concentra alrededor de la boca y por debajo de los ctenes. Se desarrolla un órgano sensorial aboral, un **estatocisto**, este órgano está implicado en la coordinación del batido de las filas de ctenes. La epidermis de los ctenóforos tiene abundantes células sensoriales, por lo que son sensibles a estímulos químicos y de otro tipo.
- En los ctenóforos no se da el polimorfismo.
- En cuanto a la reproducción, son monoicos; las gónadas son de origen endodérmico y se sitúan en la pared de los canales digestivos, que están por debajo de las paletas natatorias. La segmentación de los ctenóforos es determinada (mosaico), ya que las diversas partes del animal que se formarán a partir de cada blastómero se establecen tempranamente en la embriogénesis. Desarrollan una larva característica que se denomina **larva cidipoide** y que es nadadora libre, se parece superficialmente al individuo adulto y se desarrolla directamente.
- Presentan una luminiscencia común, es decir, son organismos luminiscentes.

Todos son formas marinas que se encuentran en todos los mares, especialmente en aguas cálidas y someras. Los ctenóforos son animales nadadores libres, excepto unas pocas especies reptantes y sésiles. Aunque son delicados nadadores y viven generalmente en la superficie de las aguas, a veces se encuentran a considerable profundidad. Con frecuencia están a merced de las mareas y de las fuertes corrientes pero escapan de las tormentas nadando hacia abajo.

Diferencias con respecto a los cnidarios:

Los ctenóforos no forman nematocistos y presentan un desarrollo de células musculares de la mesoglea (ectomesodermo). Destaca la presencia de ctenes (paletas natatorias) y de coloblastos, que son exclusivos de los ctenóforos. El tipo de desarrollo de los ctenóforos es en mosaico o determinado (dirigido hacia los triblásticos). Generalmente presentan faringe y no presentan polimorfismo (no hay zooides). Los ctenóforos nunca son coloniales. Destaca la presencia de aberturas anales.

TEMA VIII: ACELOMADOS. PLATELMINTOS.

Los animales acelomados.

Se consideran tres filos. Se trata de los Platelminos (*G. platys*, aplanado + *helminis*, gusano) o gusanos planos; los Nemertinos (*G. Nemertes*, una de las nereidas, la infalible), o gusanos cinta y los Gnatostomúlidos (*G. gnathos*, mandíbula + *stoma*, boca + *L. ulus*, diminutivo), o gusanos con mandíbula. Estos filos sólo tienen un espacio interno, la cavidad digestiva, y la región comprendida entre el ectodermo y el endodermo está rellena de mesodermo en forma de fibras musculares y mesénquima (parénquima). Los órganos quedan incrustados en el seno de esa mesénquima. Dado que carecen de celoma se les dio el nombre de **acelomados** para diferenciarlos de los pseudocelomados y los eucelomados, y por poseer tres capas germinales bien definidas, reciben el nombre de **triblásticos**. Los acelomados presentan más especialización y división del trabajo entre sus órganos que los animales radiados, puesto que el mesodermo hace posible la elaboración de más órganos; por eso se dice que han alcanzado un nivel de organización de órganos y sistemas.

Estos filos pertenecen a la división protóstoma de los Bilaterales y tienen segmentación espiral típica y, al menos los platelmintos y los nemertinos, presentan segmentación determinada (en mosaico).

Los animales acelomados han desarrollado el plan de organización **bilateral** básico que ha sido explotado ampliamente en el reino animal. El mesodermo se desarrolla como una capa germinal embrionaria bien definida (**triblásticos**), lo que permite una gran variedad de tejidos órganos y sistemas. Junto con la simetría bilateral, se ha establecido la **cefalización**. Hay una cierta centralización del sistema nervioso, evidente en el **sistema de tipo de escalera de cuerda**. Junto con la musculatura subepidérmica hay también un sistema mesenquimático de fibras musculares. Son los animales más sencillos con un **sistema excretor** (u osmorregulador), además los nemertinos son el grupo de animales más sencillos que presentan un **sistema circulatorio** con sangre y un **tubo digestivo unidireccional**. En los tres filos aparecen estructuras únicas y especializadas. Los hábitos parásitos de muchos platelmintos han conducido a muchas adaptaciones especializadas, como órganos de sujeción.

Filo Platelminos.

Características del filo Platelminos:

- Tres capas germinales (**triblásticos**).
- Presentan **simetría bilateral**; polaridad definida de los extremos anterior y posterior, es decir, una región anterior más o menos polarizada y una región posterior donde puede estar localizado el ano.
- Presentan el **cuerpo aplanado dorsoventralmente** y con las aberturas oral y genital principalmente en la superficie ventral.
- Aparecen epidermis completamente definida, que puede ser celular o sincitial, y que en algunos es ciliada.
- El sistema muscular es en un principio en forma de funda y de origen mesodérmico; debajo de la epidermis hay capas de fibras musculares circulares, longitudinales y a veces oblicuas.
- No hay ningún espacio interno en el cuerpo salvo el tubo digestivo (acelomados). Los espacios entre los órganos están rellenos de mesénquima, a partir del cual se forma tejido conjuntivo.
- El tubo digestivo de los platelmintos es incompleto, de tipo gastrovascular, en el que existe una boca pero

no el ano. El tubo digestivo puede estar ausente en algunos platelmintos.

- En términos generales, **el sistema nervioso está formado por un par de ganglios anteriores (cerebroides), situados a nivel periesofágico y de los cuales parten cordones nerviosos longitudinales conectados por nervios transversales y localizados en el mesénquima** en la mayoría de los casos (este sistema recuerda a una escalera de cuerda). En las formas primitivas el sistema nervioso es similar al de los cnidarios (plexo nervioso difuso).
- Los platelmintos presentan órganos sensoriales sencillos, como pueden ser ojos o quimiorreceptores.
- El sistema excretor está formado por dos canales laterales con ramas que llevan **células flamíferas (protonefridios)**, estas células son un tipo especial de célula excretora. A este tipo de sistema excretor se le denomina sistema protonefridial. Este sistema falta en algunas formas primitivas.
- Los sistemas respiratorio, circulatorio y esquelético son inexistentes, en todo caso, algunos trematodos presentan canales linfáticos con células libres.
- Se dan en los platelmintos muchas formas monoicas; el sistema reproductor es complejo; en general con gónadas, conductos y órganos accesorios bien desarrollados ocupando la mayor parte del cuerpo. La fecundación es interna y el desarrollo es directo en las formas de vida libre nadadoras y en aquellas con un único hospedador en el ciclo vital; es generalmente indirecto en los parásitos internos (endoparásitos) en los que puede haber un ciclo vital complicado, con frecuencia con varios hospedadores.
- Se distinguen cuatro clases: la clase Turbellarios (la mayoría de vida libre) y las clases Monogéneos, Trematodos y Cestodos (que son totalmente parásitos).

Clase Turbellarios:

Presentan un mesénquima bien desarrollado que rellena los espacios interorgánicos. La mayoría de los turbelarios son gusanos de vida libre con una longitud comprendida entre los 5 mm o menos y 50 cm. En general están cubiertos de una epidermis ciliada, la mayoría son gusanos que reptan, combinando los movimientos ciliares con los musculares para su locomoción. La boca está en el lado ventral.

Presentan un sistema nervioso bien diferenciado, en general con ganglios cerebroides. El tubo digestivo es incompleto se abre hacia la parte media, los turbelarios poseen una boca seguida de una faringe. El sistema excretor presenta los protonefridios.

Normalmente los turbelarios son hermafroditas, que presentan un aparato sexual complejo y que ocupa gran parte del cuerpo. Están carentes de aparato respiratorio y circulatorio. Normalmente predomina el desarrollo directo. El tegumento de los turbelarios presenta distintos tipos celulares, y en él no suelen aparecer estructuras exteriores como papilas sensoriales u órganos adhesivos. Los turbelarios pueden ser marinos, de aguas continentales o terrestres.

Epidermis, musculatura y locomoción:

Los turbelarios a nivel ventral presentan un epitelio ciliado, todas las células del cual descansan sobre una membrana basal. En el seno del epitelio aparecen dos tipos celulares importantes. Uno de estos tipos celulares son los **rabditos**, tienen forma de varilla que, cuando se descargan en el agua, se hinchan y forman una funda mucosa protectora alrededor del cuerpo. El otro tipo celular importante de la epidermis son las **células mucosas glandulares**. En la epidermis de la mayoría de los ordenes turbelarios se encuentran órganos adhesivos **duo-glandulares** (fig. 15.6). Éstos constan de tres tipos celulares: células glandulares viscosas, células de liberación y células de anclaje. Las secreciones de las células fijan aparentemente las microvellosidades de las células al sustrato, y las secreciones de las células de liberación proporcionan un mecanismo químico de rápido desprendimiento.

En la pared del cuerpo, por debajo de la membrana basal de los turbelarios hay tres capas de **fibras musculares** que corren circular, longitudinal y diagonalmente. Una red de células parenquimáticas (mesénquima), desarrolladas a partir del mesodermo, llenan los espacios entre los músculos y los órganos

viscerales.

Las planarias muy pequeñas se mueven mediante cilios. Otras se mueven por deslizamiento, con la cabeza ligeramente levantada sobre una vía mucosa secretada por las glándulas adhesivas marginales. El batido de los cilios epidérmicos arrastra al animal a través de la vía mucosa, mientras que se observa cómo pasan desde la cabeza hacia detrás ondas musculares rítmicas. Los turbelarios terrestres se arrastran mediante ondulaciones musculares, de modo parecido al de los caracoles.

Excreción y osmorregulación:

El sistema osmorregulador de los turbelarios consta de **protonefridios** (órganos excretores y osmorreguladores con su extremo interno cerrado) con **células flamígeras**. La célula flamígera tiene forma de copa con un penacho de cilios que se extienden desde su cara interna (fig. 15-7A). En algunos grupos de turbelarios se da una condición evolutiva derivada, en la que el protonefridio forma un entramado, esto es, el borde de la copa se continúa en expansiones en forma de dedo que se entrelazan con expansiones similares de una célula tubular. El espacio (luz) de la célula tubular se continúa en conductos colectores que finalmente se abren al exterior mediante poros. El batido de los cilios (que recuerda a una llama vacilante) proporciona una presión negativa para extraer fluido a través de las delicadas interconexiones entre la célula flamígera y la tubular. Generalmente la pared del conducto fuera de la célula flamígera posee pliegues o microvellosidades que probablemente actúan en la reabsorción de ciertos iones o moléculas.

En los distintos puede haber un único protonefridio o de uno a cuatro pares. En las planarias se anastomosan a lo largo de cada lado del animal (fig. 15-7) y pueden vaciarse a través de muchos nefridioporos. Se puede decir que este sistema es principalmente osmorregulador ya que en los turbelarios marinos, que no tienen que expulsar exceso de agua, está reducido o falta.

Los restos metabólicos se eliminan en gran parte por difusión a través de la pared del cuerpo.

Respiración:

No hay órganos respiratorios. El intercambio de gases tiene lugar a través de la superficie del cuerpo.

Aparato digestivo:

El tubo digestivo consta de boca, faringe e intestino. La faringe está encerrada en una **vaina faríngea** y se abre posteriormente justo en el interior de la boca, a través de la cual puede salir. El intestino tiene tres ramas o troncos muy ramificados, uno anterior y dos posteriores. El conjunto forma una cavidad gastrovascular revestida de epitelio columnar.

Las planarias son principalmente carnívoras, alimentándose especialmente de pequeños crustáceos, nematodos, rotíferos e insectos. Pueden detectar alimento a cierta distancia mediante los quimiorreceptores. Enredan a sus presas en secreciones de las mucosas y de los rabditos. Las planarias agarran sus presas con su extremo anterior, enrollan su cuerpo alrededor de su víctima, extienden su probóscide y absorben pequeños pedazos de comida. Las secreciones intestinales contienen enzimas proteolíticas para la **digestión extracelular**. Los trozos de alimento son succionados al interior del intestino, donde las células fagocíticas de la gastrodermis completan la digestión (**intracelular**). La cavidad gastrovascular se ramifica por todo el cuerpo, y el alimento se absorbe a través de sus paredes hacia el interior de las células del cuerpo. La comida no digerida se expulsa por la faringe.

Sistema nervioso:

El sistema nervioso más primitivo de los turbelarios es un plexo nervioso subepidérmico parecido al plexo

nervioso de los cnidarios. Otros turbelarios tienen, además del plexo nervioso, de uno a cinco pares de **cordones nerviosos longitudinales** situados bajo la capa muscular. Los turbelarios más evolucionados tienden a tener un menor número de cordones. Las planarias de agua dulce tienen un par ventral. Los nervios conectivos forman un modelo de tipo escalera de cuerda. El cerebro es una masa bilobulada de células ganglionares que surgen anteriormente desde el cordón nervioso ventral

Órganos sensoriales:

La locomoción activa en los turbelarios se ve favorecida no sólo por la cefalización del sistema nervioso, sino también por los avances en el desarrollo de los órganos de los sentidos. Los **ocelos**, manchas oculares sensibles a la luz, son comunes en los turbelarios.

Las células táctiles y quimiorreceptoras son abundantes por el cuerpo, y en las planarias forman órganos definidos en las aurículas (lóbulos con aspecto de orejas a los lados de la cabeza). Algunos también tienen estatocistos para el equilibrio y reorreceptores para apreciar la dirección de la corriente.

Reproducción y regeneración:

Muchos turbelarios se reproducen tanto asexualmente (por división) como sexualmente. Asexualmente, las planarias de agua dulce se constriñen por detrás de la faringe y se separan en dos animales, cada uno de los cuales regenera las partes perdidas –un sistema rápido de incrementar la población–. Hay pruebas de que una densidad de población reducida va seguida de un incremento en la tasa de división

Los turbelarios son monoicos (hermafrodita) pero practican la fecundación cruzada. Durante la época de reproducción, cada individuo desarrolla los órganos masculinos y femeninos, que generalmente se abren en un poro genital común. Después de la cópula, uno o más huevos fecundados y algunas células con vitelo se encierran en un pequeño capullo. Los capullos se fijan por pequeños pedúnculos a la cara inferior de piedras o plantas. Los embriones emergen como jóvenes que parecen adultos maduros. En algunas formas marinas, a partir de los huevos se forma una larva ciliada de vida libre.

Clase Trematodos:

También reciben el nombre de digenea. Se trata de platelmintos no segmentados, que se caracterizan por la posesión de ventosas campanuliformes, sin ganchos y que se emplean como órganos fijadores. Los trematodos tienen el cuerpo ovalado, lanceolado, foliáceo. Son todos endoparásitos de vertebrados y con un ciclo biológico complicado debido a la existencia de uno o varios hospedadores invertebrados en los cuales se desarrollan las formas larvarias características.

Existen seis tipos morfológicos distintos en función de la disposición de las ventosas: el primer tipo es **distoma**, es el más frecuente y presenta la ventosa anterior en un extremo donde se abre la boca y la ventosa ventral que es imperforada y situada próxima a la anterior; el segundo tipo es **monostoma**, en el que sólo existe una ventosa oral muy desarrollada; el tercer tipo es **anfistoma**, en él la ventosa ventral es muy grande y desplazada totalmente desplazada al extremo posterior; el cuarto tipo es **holostoma**, este es muy curioso ya que divide el cuerpo en dos una parte anterior que es aplanada y ensanchada y en la cual existe la ventosa oral y ventral más un órgano accesorio de fijación, es en esta zona donde están los órganos digestivos, a continuación viene un estrangulamiento y una parte posterior más cilíndrica en la que no existen ventosas y es donde están los órganos genitales; el quinto tipo es **equinostoma** y es una forma distoma, pero que en la ventosa ventral presenta una corona de ganchos empleados en la fijación; el sexto tipo se denomina **schistostoma**, es una forma de morfología alargada (foliácea) y de sexos separados, el masculino presenta un canal interno (ginecóforo) que es por dónde se instala la hembra.

Características generales:

Los trematodos son todos duelas parásitas y, cuando adultos, se encuentran casi todos como endoparásitos de vertebrados. Tienen principalmente forma de hoja. La mayor diferencia con los turbelarios se encuentra en la cubierta del cuerpo, o **tegumento**, que no está provisto de cilios en el adulto. Todo el tegumento está cubierto de una cutícula externa que es característica de cada grupo, y cuya función más importante es la protección contra los agentes externos. Dado que el citoplasma distal es continuo, sin membranas celulares, el tegumento es **sincitial**. La musculatura es de tipo longitudinal, circular y diagonal.

Adaptaciones al parasitismo:

Existen adaptaciones al parasitismo que son muy aparentes: diversas glándulas de penetración que permiten atravesar la piel del hospedador y penetrar en su torrente sanguíneo, o glándulas que producen el material del quiste; órganos de fijación como ventosas o ganchos; una capacidad reproductora incrementada y sus ciclos les permiten vivir en hospedadores distintos, lo que significa la ocupación de distintos nichos ecológicos. Los nichos ecológicos que ocupan los trematodos son únicos en el reino animal.

Sistema digestivo:

El aparato digestivo de los trematodos está muy desarrollado y en el que la boca se abre en el extremo anterior, en la ventosa oral. A la boca le sigue un esófago, que en su principio incluye una faringe que es musculosa y que tiene función masticadora. Llegado un punto el esófago se bifurca y se forman dos ramas que acaban en ciegos intestinales. Pueden existir expansiones laterales.

Sistema excretor:

Es protonefridial y también existen aquí las células flamígeras o bulbos, éstas secretan a dos tubos longitudinales que confluyen en la zona inferior formando una vesícula excretora o vesícula urinaria, esa vesícula se abre en la región caudal mediante uno o dos poros excretores.

Sistema nervioso:

Consta de dos ganglios cerebroides que se sitúan a nivel del esófago y por delante de la faringe. Estos dos ganglios están unidos por un collar periesofágico, dos conectivos que rodean por arriba y por abajo al esófago. De cada uno de éstos sale una serie de nerviaciones hacia la parte anterior, y hacia la posterior salen tres pares de nerviaciones (tres de cada ganglio), dando un par dorsal, otro par ventral y un último par intermedio o lateral.

Aparato reproductor:

Es hermafrodita y está sumamente desarrollado y ocupa la mayor parte del cuerpo del animal. El aparato reproductor masculino consta de un par de testículos ramificados. De cada testículo sale un **vaso eferente** que se unen para formar el conducto o **vaso deferente**. En el transcurso del vaso deferente surge un pequeño ensanchamiento que es la **vesícula seminal**. A continuación, vienen las llamadas **células prostáticas** o próstata. También está el pene o cirro, que está retraído en la bolsa del cirro. El aparato reproductor femenino consta de un único ovario, del cual parte el correspondiente **oviducto**, al que se unen los conductos del **receptáculo seminal**, el **vitelario** y el **ootipo**. El ootipo está rodeado de una masa glandular, las **glándulas de Mehlis**. Cuando se libera del ovario un óvulo, se une con un espermatozoide y un grupo de células vitelinas y es fecundado. Las células vitelinas liberan una cáscara de material proteico que se estabiliza por una reacción química, se le añaden las secreciones de las glándulas de Mehlis y el huevo pasa al útero.

Reproducción, desarrollo y ciclos:

Todos los trematodos, salvo alguna excepción, son hermafroditas. Sus órganos reproductores están adaptados

para la fecundación interna, la cópula y la formación de la cáscara del huevo.

En el ciclo biológico aparecen uno, o varios, estadios de desarrollo, con la aparición de distintos tipos larvarios que viven en diferentes hospedadores intermediarios. El primer tipo larvario que aparece es el llamado miracidio, el tipo que ha abandonado el hospedador se denomina cercaria, que a veces se puede transformar en un quiste, la metacercaria.

Un ejemplo típico incluiría los estados adulto, huevo, miracidio, esporocisto, redia, cercaria y metacercaria (fig. 15–11). El huevo pasa generalmente del hospedador definitivo a sus heces y debe alcanzar el agua para su desarrollo posterior. En ella eclosiona dando una larva ciliada de vida libre, el **miracidio**, que penetra en los tejidos de un caracol gracias a un espolón cefálico que está conectado a las glándulas de penetración, que producen una hialuronidasa que es capaz de disolver los tejidos del primer hospedador, en este caso un caracol, el espolón permite la fijación, generalmente el miracidio se sitúa en el hepatopáncreas. Una vez en los tejidos del primer hospedador, el miracidio se transforma en una estructura larvaria que se denomina **esporocisto** y que se reproduce asexualmente para producir más esporocistos (esporocistos hijos) o un cierto número de **redias**, que ya tienen aparato digestivo y que se alimentan de los tejidos digestivos del caracol y de sus órganos reproductores. De esta forma, un único huevo puede dar lugar a un enorme número de descendientes. A continuación, la **cercaria** emerge del caracol y penetra en un segundo hospedador intermediario o se enquistaba en la vegetación u otros objetos para convertirse en **metacercaria**, que son las duelas juveniles. Hay muchos tipos de cercarias y cada caracol expulsa cientos de ellas. Los ciclos, a partir de aquí, dependen del comportamiento de cada cercaria. El adulto procede de la metacercaria cuando este estado es comido por el hospedador definitivo.

Caso de una cercaria activa:

Las cercarias escapan del caracol y nadan hasta que entran en contacto con la piel del hospedador definitivo. Penetran en la piel y alcanzan un vaso sanguíneo por el que entran al torrente circulatorio. Los individuos jóvenes se dirigen a los vasos sanguíneos del sistema porta hepático y pasan un periodo de desarrollo antes de migrar a sus sitios característicos. Los huevos se expulsan con las heces y la orina del hospedador, según las especies. Llegan al agua y eclosionan dando miracidios ciliados, que deben encontrar el tipo requerido de caracol en pocas horas para sobrevivir. En el caracol se transforman en esporocistos, que producen otra generación de esporocistos que a su vez originan las cercarias directamente, sin formar redias. Este ciclo lo presenta el género *Schistosoma* (antiguamente denominado *Bilharzia*).

Casos de una metacercaria:

En este tipo de ciclos la cercaria se transforma en una forma quística, que forma una metacercaria. Tenemos cuatro posibilidades:

La primera de las posibilidades viene representada por *Fasciola hepatica*. En este ciclo el adulto de la duela vive en los canalículos hepáticos del hígado, y los huevos pasan a las heces. Después de la eclosión, el miracidio penetra en un caracol y se transforma en un esporocisto. Hay dos generaciones de redias, y la cercaria se enquistaba en la vegetación. Cuando el hospedador definitivo come la vegetación infestada, la metacercaria se desenquista (el quiste se disuelve en el digestivo del hospedador definitivo) y crece dando lugar a una duela joven.

Una segunda posibilidad viene representada por *Dicrocoelium dendriticum*. En este caso la metacercaria puede pasar a segundos hospedadores intermediarios, que pueden ser insectos, de modo que el hospedador definitivo se infesta al ingerir accidentalmente hormigas (p.e.) en el pasto.

En el tercer caso el hospedador intermediario pedir.

En el último de los casos tenemos al género *Paragonimus*. La metacercaria se encuentra en cangrejos dulceacuícolas, y la infección se adquiere al ingerir cangrejos no cocinados.

FALTA.

Clase Monogeneos:

Son todos ectoparásitos, principalmente en las branquias y superficies externas de los peces. Existen tendencias, en algunos casos, al endoparasitismo ya que algunos se encuentran en vejigas urinarias de ranas y tortugas. Aunque están muy extendidas y son comunes, parece que los monogeneos causan poco daño a sus hospedadores en condiciones naturales. No obstante, como otros numerosos organismos patógenos de peces, se convierten en una seria amenaza cuando sus hospedadores están amontonados, como en una piscifactoría.

Los ciclos vitales de los monogeneos son directos, con un único hospedador. Los huevos eclosionan en una larva ciliada que ya ha desarrollado el tubo digestivo, el **oncomiracidio**, que se fija al hospedador o nada alrededor un rato antes de fijarse. El oncomiracidio lleva unos ganchos en su parte posterior que en muchas especies se transforma en un gran órgano fijador posterior (**opisthaptor**) del adulto. Dado que el monogeneo debe adherirse al hospedador y resistir la fuerza del agua que fluye sobre las agallas o piel, la radiación adaptativa ha producido un extenso atavío de opisthaptores en diferentes especies. Los opisthaptores pueden llevar ganchos grandes y pequeños, ventosas y grapas, que con frecuencia se combinan entre sí. Los opisthaptores pueden funcionar de dos maneras, con una estructura única (*Gyrodactylus*) y que forman el grupo de los **monoopistocotylea**; y con una serie de órganos de fijación que funcionan independientemente los unos de los otros, éstos forman el grupo de los **poliopistocotylea**. También poseen los **prohaptores** en los que se sitúa la ventosa oral, éstos son menos complejos que los opisthaptores.

El ciclo de los monogeneos está íntimamente relacionado con los ritmos hormonales del hospedador. Las gonadotropinas, estimulan la maduración del óvulo, la estimulación de los genitales. Las gonadotropinas estimulan al mismo tiempo los huevos de los parásitos, de modo que cuando, p.e., la rana realiza la puesta salen los huevos de ella y al mismo tiempo los huevos del parásito, que posteriormente se transformarán en oncomiracidios que penetrarán en los renacuajos por el poro branquial y seguirán un proceso paralelo al de éste.

Clase Cestodos:

Los cestodos, o tenias, difieren en muchos aspectos de las clases precedentes. Generalmente tienen cuerpos largos y planos que pueden llegar a medir según las especies desde los 15 m hasta a algunos mm. Una de sus estructuras más especializadas es el **escólex**, que es un órgano de fijación situado en la zona cefálica y que presenta ventosas y una serie de coronas de ganchos y espinas. El escólex es muy pequeño. Al escólex le sigue una larga cinta que es el **estróbilo** que está segmentado, pero los segmentos no son auténticos metámeros. Cada segmento recibe el nombre de **proglótide** y tienen una morfología variable dependiendo del estado de maduración sexual de cada segmento.

Son endoparásitos del intestino de numerosos vertebrados. Carecen de boca y de aparato digestivo, de manera que el animal se alimenta a expensas del hospedador haciéndolo por ósmosis. Casi todos los cestodos son monoicos (hermafroditas), la mayoría de ciclo indirecto, requiriendo de al menos dos hospedadores. Con frecuencia uno de los hospedadores intermediarios es un invertebrado. El mayor daño que causan a los animales que parasitan lo realizan las formas larvarias intermediarias.

Tenia:

En el cuerpo acintado de una tenia reconocemos tres regiones. La primera de estas regiones es el **escólex** que tiene una longitud de uno o dos mm, a continuación viene una zona insegmentada que es el **cuello** y de la que

continuamente se están formando anillos nuevos. Por último tenemos la secuencia de segmentos que constituye el **estróbilo** y que puede llegar a estar constituido por hasta 900 segmentos en los que la morfología es variable según el estado de maduración.

Los proglótides más cercanas a la base del cuello constituyen la **región inicial** y tienen forma trapezoidal, esta zona llega hasta las 200–250 proglótides, las cuales no tienen completamente desarrollado el aparato genital. La región inicial viene seguida por la **región media** en las que los proglótides adquieren un contorno más bien cuadrado, esta región abarca 200 proglótides más, y en ellas está bien desarrollado el aparato genital masculino (madura primero), por lo que las tenias son hermafroditas protándricos. A partir de aquí hasta el final, los proglótides tienen una morfología rectangular presentando a cada lado un saliente que es la **papila genital**. El aparato genital masculino entra en regresión y se desarrolla progresivamente el aparato genital femenino. Del proglótide número 600 en adelante, los proglótides ya son maduras y cada una aparece cargada de huevos fecundados. Las últimas proglótides se desprenden produciéndose la **apolisis**. Los proglótides desprendidas y cargadas de huevos (cucurbitinos) se evacúan con las heces del hospedador, cada huevo contiene una tenia embrionaria. La morfología del cucurbitino tiene valor taxonómico.

La morfología del escólex también tiene carácter taxonómico. Hay cuatro tipos básicos de escólices:

- **Acetabular:** consta de cuatro ventosas laterales, una prominencia en la parte distal que recibe el nombre de roseta y que puede estar rodeada por una corona de ganchos o de espinas. Todo el conjunto tiene una cutícula, por debajo de la cual hay fibras musculares que se implantan en la línea basal. Este tipo es el más efectivo en cuanto a fijación y se presenta en los proterocéfalos y en los ciclofilídeos.
- **Botrial:** en este tipo se aprecia una hendidura por delante y otra por detrás. Es típico de los pseudocilídeos. Tiene menos efectividad en la fijación que el anterior.
- **Botridial:** se observan expansiones laterales en forma de trompeta que reciben el nombre de botridios. Tienen poco efecto fijador. Es característico de los tetrafilídeos.
- **Probóscides espinosas:** es típico de los tripanorrincos.

En la base del cuello lo primero que se forman son los **cordones nerviosos** longitudinales, forman un **anillo nervioso** en el escólex, para continuar después por el interior de los proglótides. Después se forma el aparato excretor que es protonefridial, las células flamígeras están fijadas a los conductos excretores. Lo que más sitio ocupa en cada proglótide es el aparato reproductor masculino y femenino. El aparato reproductor masculino consta de dos testículos de aspecto reticular que confluyen en un espermiducto que conecta con el exterior y es por donde se expulsan los espermatozoides. El aparato reproductor femenino consta de dos ovarios, un útero y una vagina que contacta con el exterior a través del poro genital siendo por aquí por donde penetran los espermatozoides. El proglótide es fecundado generalmente por otro proglótide del mismo o de diferente estróbilo. El embrión, que tiene cáscara, se forma en el útero del proglótide, y es expulsado a través del poro uterino, o bien el proglótide completo se separa del animal cuando alcanza el extremo posterior.

Ciclos de Taeniarhynchus saginatus:

Es la tenia de la vaca. Con las heces salen del intestino los cucurbitinos cargados de huevos fecundados, de manera que pueden acabar en una zona de pasto, de ahí pueden ser ingeridos por una vaca. Los huevos eclosionan, y la larva (**oncosfera**) utiliza sus ganchos para perforar la pared intestinal y pasar a los vasos sanguíneos o linfáticos; finalmente alcanzan la musculatura donde se enquistan y se transforman en **cisticercos**, que son los individuos jóvenes. Aquí los jóvenes desarrollan un escólex invaginado, pero permanecen quiescentes. Cuando un hospedador apropiado ingiere la carne infestada, la pared del quiste se disuelve, el escólex se evagina y se fija a la mucosa intestinal, empezando a desarrollarse nuevos proglótides. Para que se forme un animal adulto se necesitan 2 ó 3 semanas.

Ciclo de Echinococcus:

Es la tenia del perro, tiene tres proglótides. Al expulsarse los huevos se desarrolla una larva hexacanta en un hospedador intermediario que puede ser el hombre, buey, cerdo, oveja... en el que se forma un **quiste hidatídico** que crece lentamente y que se sitúa en el hígado, en los pulmones, en el cerebro, o en los riñones. Este quiste puede alcanzar el tamaño de una naranja. En el interior del quiste brotan nuevos quistes que contienen cada uno miles de escólices, cada uno de los cuales producirá un individuo cuando sea comido por un cánido.

Diphyllobothrium latum:

Es la tenia de los peces. El adulto se encuentra en el intestino del hombre, perros, gatos y otros mamíferos; los estados inmaduros aparecen en crustáceos y peces. Es el mayor de los cestodos que infestan al hombre y alcanza más de 20 m de longitud. Las infestaciones de la tenia de los peces se producen en todo el mundo, entre las personas que comen pescado crudo; en los Estados Unidos las infestaciones son más comunes en la zona de los Grandes Lagos.

TEMA IX: PSEUDOCELOMADOS.

Consideraciones generales.

- Presentan simetría bilateral; sin segmentación; son triblásticos (tres capas blastodérmicas).
- La cavidad del cuerpo es un **pseudocèle**.
- En general son de pequeño tamaño; algunos microscópicos; unos pocos de más de un metro de largo.
- Tienen el cuerpo vermiforme; la pared del cuerpo es una epidermis **sincitial** o celular con una cutícula engrosada, a veces con muda; las capas musculares son principalmente de **fibras longitudinales**; los cilios faltan en varios filos.
- El sistema digestivo (falta en acántocéfalos) es completo y con boca, intestino y ano; presentan una faringe muscular y bien desarrollada; **disposición de «tubo dentro de tubo»**; tubo digestivo en general sólo con un revestimiento epitelial y con una **capa muscular no definida**.
- Carecen de órganos respiratorios y circulatorios.
- En algunos, sistema excretor de canales y protonefridios; puede presentarse una cloaca que recibe los productos excretores, reproductores y digestivos.
- Sistema nervioso de ganglios cerebroides o con un anillo nervioso circumentérico conectado a nervios anteriores y posteriores; órganos sensoriales en fosetas ciliares, papilas, cerdas y en algunos, también ojos.
- Aparato reproductor con gónadas y conductos que pueden ser simples o dobles; sexos casi siempre separados, con los machos generalmente más pequeños que las hembras; los huevos son microscópicos con una cáscara que con frecuencia contiene quitina.
- El desarrollo puede ser directo o estar incluido en un ciclo vital complejo, la segmentación es principalmente en mosaico; **es común la constancia en el número de células o núcleos**.

En los nueve filos tratados en este tema, el blastocèle original del embrión persiste como un espacio o cavidad del cuerpo, entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo. Esta cavidad se denomina **pseudocèle**, ya que carece del revestimiento peritoneal que se encuentra en los verdaderos celomados, y los animales que la poseen se denominan **pseudocelomados**. Éstos pertenecen a la división protóstoma de los animales bilaterales, pero no son polifiléticos, (no derivan de un antecesor común).

Aportaciones biológicas:

El pseudocèle es un nuevo avance en el plano corporal comparado con la estructura sólida de los acelomados. El pseudocèle puede estar lleno de fluido o contener una sustancia gelatinosa con algunas células mesenquimáticas. Presenta, en común con el verdadero celoma, ciertos potenciales adaptativos: 1) mayor

libertad de movimientos; 2) espacio para el desarrollo y diferenciación de los sistemas digestivo, excretor y reproductor; 3) un medio simple para la circulación o la distribución de los materiales a través del cuerpo; 4) un lugar de almacenamiento para los productos de desecho que son vertidos al exterior por los conductos excretores; y 5) un órgano hidrostático. Ya que muchos pseudocelomados son bastante pequeños, las funciones más importantes del pseudoceloma son, probablemente, la circulación y el mantenimiento de la presión hidrostática interna alta.

Estos filos y todos los filos más complejos presentan un tubo digestivo completo, de boca y ano. A la categoría de los pseudocelomados pertenecen nueve grupos distintos: Rotíferos, Gastrotricos, Kinorincos, Nematodos, Loricíferos, Priapulidos, Acantocéfalos, Endoproctos. Los cinco primeros grupos tienen ciertas semejanzas que han llevado a algunos autores a situarlos como clases de un filo denominado Asquelmintos (*G. askos*, ampolla o saco + *helmins*, gusano). No obstante, difieren tanto entre sí que algunas relaciones filogenéticas son muy discutibles, y otros autores prefieren considerarlos como filos separados.

Los pseudocelomados son un conjunto heterogéneo de animales. La mayoría son pequeños, muchos microscópicos, otros bastante grandes. Algunos, como los nematodos, se encuentran en hábitat dulceacuícolas, marinos, terrestres y parásitos; otros, como los acantocéfalos, son estrictamente parásitos.

Todos tienen una pared del cuerpo con epidermis (con frecuencia sincitial), dermis y musculatura que rodea al pseudocele. El tubo digestivo completo (excepto en acantocéfalos) se halla en el interior del pseudocele, junto con las gónadas, los órganos excretores y el líquido perivisceral. En muchos, la epidermis secreta una cutícula inerte con algunas especializaciones, como cerdas o espinas.

Filo Rotíferos.

El nombre de los rotíferos (*L. rota*, rueda + *fera*, los que llevan) proviene de la corona ciliada característica, **corona** o **troca**, que cuando bate da con frecuencia la impresión de una rueda girando. Los rotíferos oscilan entre 40 μ m y 3mm de longitud, pero muchos están entre 100 y 500 μ m. Algunos tienen bonitos colores, aunque muchos son transparentes y tienen formas extrañas. A menudo sus formas están correlacionadas con su modo de vida. En general los flotantes son globosos y con forma de saco; los reptantes y los nadadores son algo alargados y con forma de gusano; y los tipos sésiles por lo general tienen forma de saco con una epidermis engrosada por fuera (loriga).

Son un grupo cosmopolita de unas 1500 especies. Muchas especies son dulceacuícolas, unas pocas marinas, algunas terrestres y otras son epizoicas (viven sobre el cuerpo de otro animal) o parásitas.

Forma y función:

El cuerpo de un rotífero está compuesto de una cabeza que lleva una corona ciliada, un tronco y una cola posterior, o pie. Está cubierto por una cutícula* no ciliada, excepto en la corona.

La corona ciliada rodea un área central de la cabeza, no ciliada, que puede llevar cerdas sensoriales o papilas. La apariencia de la cabeza depende del tipo de coronas que lleve, generalmente algún tipo de círculo, o un par de discos trocales (coronales). Los cilios de la corona baten en sucesión, dando la impresión de una rueda giratoria o de un par de ellas. La **boca** está situada en la corona, en la cara medioventral. Los cilios de la corona se usan para la alimentación y para la locomoción.

El cuerpo puede ser alargado o con forma de saco. Contiene los órganos viscerales y con frecuencia lleva antenas sensoriales. La pared del cuerpo de muchas especies está anillada superficialmente, lo que parece una segmentación. Aunque algunos rotíferos segregan una verdadera cutícula, todos tienen una capa fibrosa en su epidermis. En algunos esta capa fibrosa es bastante gruesa y forma una especie de escudo o **loriga**, a veces dividida en placas o anillos.

El **pie** es más estrecho y por lo general lleva de uno a cuatro **dedos**. Su cutícula puede estar anillada y es retráctil telescópicamente. Está afilado gradualmente en algunas especies y de manera brusca en otras. El pie es un órgano de fijación, contiene **glándulas pedias** que segregan un material adhesivo usado por las formas sésiles y reptantes. En las formas pelágicas nadadoras, el pie está por lo general reducido.

Caracteres internos:

Por debajo de la cutícula está la **epidermis sincitial**, que secreta la cutícula, y bandas de **músculos subepidérmicos**, algunos circulares, otros longitudinales y otros que cruzan el pseudocele hacia los órganos viscerales. El **pseudocele** es amplio y ocupa el espacio entre la pared del cuerpo y las vísceras. Está lleno de líquido, algunas bandas musculares y una red de células ameboideas mesenquimáticas.

El tubo digestivo es completo. Algunos rotíferos comen arrastrando pequeñas partículas orgánicas o algas hacia la boca con el batido de los cilios de la corona. Los cilios son capaces de separar y ordenar las partículas no apropiadas. La faringe (**mástax**) dispone de una porción muscular que está equipada con mandíbulas duras (**trofos**) para succionar y moler las partículas alimenticias. La faringe, en masticación constante, es con frecuencia una característica distintiva de estos animales. Se cree que las **glándulas salivales** y **gástricas** segregan enzimas para la digestión extracelular. La absorción se produce en el estómago. Las especies carnívoras se alimentan de protozoos y de pequeños metazoos que capturan, engulléndolos o sujetándolos.

El sistema excretor consta típicamente de un par de **tubos protonefridiales**, que tienen cada uno unas **células flamígeras** que descargan en una vesícula común. La vesícula se vacía por pulsaciones en la **cloaca**, en la que también se abren el intestino y los oviductos.

El sistema nervioso consta de un **cerebro** bilobulado, dorsal respecto al mástax, que envía pares de nervios a los órganos sensoriales, mástax, músculos y vísceras. Los órganos sensoriales incluyen **ojos pares**, cerdas sensoriales, papilas, fosetas y antenas dorsales.

Reproducción:

Los rotíferos son dioicos y por lo general los machos son más pequeños que las hembras. COMPLETAR.

Filo Gastrotricos.

Los gastrotricos (G: *gaster*, *gastros*, estómago, vientre + *thrix*, *thichos*, pelo) incluyen pequeños animales aplanados ventralmente de unos 65 a 500 μ m de longitud, a veces parecidos a los rotíferos, pero sin corona ni mástax, y con cerdas y unas escamas características en el cuerpo. Se encuentran generalmente deslizándose en el fondo, en alguna planta acuática o en un sustrato animal, por medio de sus cilios ventrales, o forman parte de la meiofauna de los espacios intersticiales entre las partículas del fondo.

Los gastrotricos se encuentran en agua dulce y salada. Las 400 o más especies están repartidas por igual en ambos medios. Muchas especies son cosmopolitas, pero sólo unas pocas se encuentran simultáneamente en aguas dulces y en el mar. Todavía queda mucho por saber de su distribución.

Forma y función:

COMPLETAR.

Filo Kinorrrincos.

Los kinorrrincos (G. *kinein*, moverse + *rhynchos*, pico) son animales marinos un poco mayores que los rotíferos y los gastrotricos, pero generalmente de no más de 1mm de longitud (180 – 1mm). El filo se ha

llamado también *Echinodera*, por su cuello espinoso. Se han descrito unas 175 especies.

Los kinorrrincos son cosmopolitas que viven de polo a polo, desde la zona intermareal a 6000m de profundidad. Muchos viven en el fango o en la arena fangosa, pero a veces se han encontrado entre masas de algas, esponjas u otros invertebrados. Se alimentan fundamentalmente de diatomeas.

Forma y función:

El cuerpo de los kinorrrincos está dividido en 13 segmentos, que llevan espinas pero no cilios. Los kinorrrincos están formados por 3 **zomites**, el primero de ellos es la cabeza que ocupa un segmento y grandes círculos de largas espinas curvadas que reciben el nombre de escáldas, el segundo zomite es el cuello también de un segmento y el último zomite es el tronco constituido por 11 segmentos. La cabeza retráctil tiene un círculo de espinas y una pequeña probóscide extensible. El cuerpo es plano ventralmente y convexo dorsalmente. La pared del cuerpo está compuesta por una cutícula, una epidermis sincitial y unos cordones epidérmicos muy parecidos a los de los nematodos. La disposición de los músculos está correlacionada con los segmentos y se presentan bandas circulares, longitudinales y diagonales.

Un kinorrrinco no puede nadar. En los sedimentos y en el lodo, donde vive normalmente, cava extendiendo la cabeza en el fango y anclándose con las espinas. Entonces tira del cuerpo hacia delante hasta que la cabeza se retrae dentro del cuerpo. Cuando son molestados, los kinorrrincos retraen la cabeza y la protegen mediante un sistema de cierre formado por paletas cuticulares.

El tubo digestivo es completo, con una boca que se abre en el extremo de la probóscide, una faringe trituradora que no es un mástax, un esófago, un estómago-intestino y un ano. El sistema excretor está formado por protonefridios con solenocitos multinucleados a cada lado de los segmentos 10 y 11 del animal. Cada solenocito tiene un flagelo largo y otro corto.

El sistema nervioso está en contacto con la epidermis, existe un cerebro multilobulado que rodea a la faringe, un cordón nervioso ventral con ganglios que se extiende a través del cuerpo. Los órganos sensoriales están representados por ocelos en algunos y por cerdas sensoriales.

Los sexos están separados, con gónadas pares y gonoductos. El desarrollo es directo, hay una serie de seis estados juveniles y un adulto definitivo que no sufre mudas.

* La microscopía electrónica ha demostrado que la llamada «cutícula» de los rotíferos es en realidad una red *intracelular*, más o menos desarrollada, de fibras semejantes a la actina.

58

58