

# Zoología

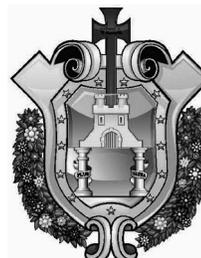




# Zoología

Amparo González Montalvo





GOBERNADOR CONSTITUCIONAL DEL ESTADO DE VERACRUZ  
DE IGNACIO DE LA LLAVE

*Javier Duarte de Ochoa*

SECRETARIO DE EDUCACIÓN DE VERACRUZ

*Adolfo Mota Hernández*

SUBSECRETARIA DE EDUCACIÓN MEDIA  
SUPERIOR Y SUPERIOR

*Denisse Uscanga Méndez*

DIRECTOR GENERAL DE BACHILLERATO

*Daniel Lugo Carrasco*

SUBDIRECTORA ACADÉMICA

*Judith M. Medina Zurutuza*

SUBDIRECTOR DE EVALUACIÓN Y  
SUPERVISIÓN ESCOLAR

*Francisco Lima Aguirre*

COORDINACIÓN GENERAL

*Mario Jareda Meseguer*

ASESORÍA ACADÉMICA

*Valente Salazar Díaz*

ASESORÍA PEDAGÓGICA Y  
CUIDADO DE LA EDICIÓN

*Víctor Jaramillo Ramírez*

CORRECCIÓN

*Gerardo Rafael Pérez Gómez*

*Alicia Mora Rodríguez*

DISEÑO DE LA CUBIERTA

*Edson Rafael Hernández Acosta*

DISEÑO EDITORIAL

*Trazo Diseño*

FORMACIÓN

*Jorge Adrián Miranda Montero*

ILUSTRACIONES

*Víctor Manuel González Montalvo*

Primera edición: 2010  
Primera reimpresión: 2011

Derechos reservados 2010

Secretaría de Educación de Veracruz  
Km. 4.5 carretera Xalapa-Veracruz  
Xalapa-Enríquez, Ver.

ISBN 970-670-148-6 (Colección)  
Registro en trámite

Impreso en México

## INTRODUCCIÓN

### UNIDAD I. EL REINO ANIMALIA, OBJETO DE ESTUDIO DE LA CIENCIA DE LA ZOOLOGÍA

1.1 Objeto de estudio de la ciencia de la zoología	11
1.1.1 Dominios de vida	11
1.1.2 Conceptos de animal y niveles de organización animal	11
1.2 Desarrollo histórico de la zoología: el problema de ordenar y entender la variedad animal	13
1.2.1 Conceptos de taxonomía, sistemática y filogenia	14
1.2.2 Concepto de especie	15
1.2.3 Nomenclatura y clasificación del reino animal	15
1.2.4 Conceptos de riqueza y biodiversidad	17
1.3 Ontogenia general de un animal tipo	20
1.3.1 Desarrollo y ciclo de vida	20
1.4 Riqueza de los animales	23
1.4.1 Riqueza de la fauna de México	23
Ejercicios	

### UNIDAD II. DIVERSIDAD EN EL REINO ANIMALIA

2.1 Los grupos animales más importantes: una cuestión de cantidad	33
2.2 Subreino parazoa	33
2.2.1 Phylum porífera (características y ciclo de vida)	33
2.3 Subreino eumetazoa	35
2.3.1 Rama Radiata: proyectos de vida con simetría radial	36
2.3.2 Rama bilateral: proyectos de vida con simetría bilateral	38
Ejercicios	

### UNIDAD III. EVOLUCIÓN EN EL REINO ANIMAL

3.1 Los hechos de la evolución	83
3.1.1 Eras geológicas y registro fósil	83
3.1.2 Extinción de especies: un hecho natural	91
3.2 La explicación teórica basada en los hechos	94
3.2.1 Revisando los principios de la teoría de la evolución	94
3.3 Teorías sobre el origen y evolución de los animales	96
3.3.1 Origen de los metazoarios	96
3.3.2 Radiación de mamíferos	97
3.4 Causas históricas de la distribución actual de la fauna	100
3.4.1 Deriva continental y zoogeografía (distribución en el mundo de los tipos de fauna)	100
3.4.2 Regiones zoogeográficas y riqueza faunística de México	102
3.5 La relación de la fauna con el hombre	103

3.5.1 Alteración ecológica del hábitat	103	
3.5.2 Áreas naturales protegidas: una alternativa para los animales		105
Ejercicios y actividades		

## **UNIDAD IV EVOLUCIÓN DEL HOMBRE**

4.1 Evolución del hombre	117	
4.1.1 Etapas en la evolución humana	118	
4.1.2 Registro fósil	128	
4.2 La evolución de la organización social	129	
4.3 Origen de la cultura simbólica	133	
4.4 Cultura, inteligencia y selección sexual	133	
4.5 La evolución del lenguaje	135	
Ejercicios y actividades		

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>137</b>
---------------------	--	------------

# INTRODUCCIÓN

La zoología es el estudio científico de los animales y desde la antigüedad se han planteado muchas interrogantes, acerca de su estructura y de cómo los animales realizan sus funciones metabólicas y de conducta.

De los animales con que compartimos este planeta algunos son benéficos como polinizadores, otros porque limpian y controlan enfermedades y por su intervención crítica en complejas cadenas alimenticias. Por otro lado, algunos son perjudiciales para el bienestar del hombre, ya que son plagas, parásitos y agentes infecciosos.

Sin embargo y aun cuando el ser humano interactúa con la diversidad biológica de manera cotidiana ésta no ha creado imágenes suficientemente claras para el manejo de la fauna de nuestro país.

Debido al aumento en las presiones que ejercen las poblaciones humanas en constante crecimiento y al desarrollo de la agricultura moderna, el uso de la biodiversidad ha perdido su importante papel en los sistemas biológicos. Esta tendencia ha ocasionado su rápida destrucción a nivel local y regional en los sistemas agrícolas, menospreciando a la vegetación natural y a la fauna silvestre como recurso natural.



**El reino animalia.  
Objeto de estudio de la  
ciencia de la zoología**

**UNIDAD I**

# OBJETIVO

## El estudiante:

- Relaciona los niveles de organización de la materia viva con la Zoología.
- Identifica y fundamenta las principales características de un animal.
- Organiza, registra y sistematiza información sobre el desarrollo histórico de la Zoología.
- Identifica y valora los servicios ambientales que proporciona la biodiversidad.
- Identifica y localiza la riqueza faunística de nuestro país.

## INTRODUCCIÓN

Los organismos del reino animal son pluricelulares y sus células poseen un núcleo. Todos son heterótrofos y viven en diversos ambientes. Su organización varía según su complejidad, en los más simples no se observa diferenciación de tejidos y a medida que estos son más complicados están formados por distintos tipos de tejidos y órganos.

La mayoría de los organismos heterótrofos posee diferentes formas de locomoción, lo que les permite desplazarse por diversos hábitats y presentan un sistema nervioso que se destaca por su enorme evolución.

Los grupos más importantes de animales en orden de menor a mayor complejidad son los rotíferos, cnidarios, platelmintos, nematodos, anélidos, artrópodos, moluscos, equinodermos y cordados. Muchos de ellos tienen importancia en la nutrición, en enfermedades de plantas y animales, como por ejemplo, plagas de los cultivos y vectores de enfermedades. Es evidente que para comprender qué

papel juegan los seres vivos en la naturaleza, es necesario saber qué especies hay y cómo se relacionan unas con otras en su ambiente natural.

Estudiar a los animales implica, entre otros retos, alcanzar una visión general de la posición de dicho reino en el contexto de la biodiversidad global, tomando en cuenta el hecho de que todos los animales optimizan sus relaciones con el medio, desarrollando formas y funciones semejantes, aunque adaptadas a distintos recursos evolutivos. Por ello, es recomendable que el alumno que curse esta asignatura ingrese con cierto bagaje biológico (logrado en cursos anteriores), e igualmente disponga de capacidades organizativas para realizar trabajo en equipo, así como el desarrollo cognitivo y estructurado de la materia. Esto le permitirá abordar cualquiera de las diferentes especialidades de las ciencias biológicas en el siguiente nivel educativo, como son: Biología, veterinaria, medicina, agronomía, entre otras.

## 1.1 OBJETO DE ESTUDIO DE LA CIENCIA DE LA ZOOLOGÍA

### 1.1.1 Dominios de vida

Se ha sugerido recientemente que las tres principales divisiones de la vida (eubacterias, arqueobacterias y eucariontes) deberían ser reconocidas como un nuevo nivel taxonómico llamado dominio.

Sin embargo, aún quedan importantes interrogantes sobre éstos, como cuántos grupos naturales (reinos) engloban cada uno de ellos o si los propios dominios representan grupos naturales (monofiléticos) y cuáles son las relaciones con los reinos que contienen.

Por sus características diferenciales a nivel celular, los organismos vivos se ubican en tres dominios, como se muestra en la tabla 1.1.

#### Dominio Eukaria

Se le considera el dominio de los reinos eucarióticos (con núcleo bien diferenciado), lo que implica un aislamiento del material génico en membranas internas y el desarrollo de funciones específicas regidas por el núcleo, es decir, el centro de comando celular. Este dominio incluye una gran variedad de organismos, cuya única característica común es contar con estructuras eucariontes.

Entre los reinos que se pueden ubicar en este dominio se encuentran el protocista, el fungi, el plantae y el animalia.



Sólo está permitido hacer experimentos con animales seleccionados de la especie y calidad adecuada, sin exceder del número mínimo necesario para obtener resultados y evitar causarles mayor dolor, además de mantenerlos en las mejores condiciones de vida.

**Figura 1.1**  
Roedor usado en investigación científica.

	Bacteria	Archae	Eukaria
Células	Procarionta	Procarionta	Eucarionta
Núcleo con envoltura	No	No	Sí
Membranas lipídicas	Enlazados por éster no ramificado	Enlaces éster ramificado	Enlazados por éster no ramificado
Organelos	No	No	Sí
Ribosomas	70S	70S	80S

**Tabla 1.1**  
Dominios de vida.

### 1.1.2 Conceptos de animal y niveles de organización animal

#### ¿Qué se entiende por animal?

El *Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua*, define el término *animal* como ser orgánico que vive, siente y se mueve por su propio impulso. Esta definición, hoy en día, es inadmisibles, ya que si sentir se refiere a la capacidad de experimentar sensaciones internas o externas, entonces ciertas plantas, como la estructura celular de la mimosa o de las plantas carnívoras cumplen dicha condición. Por otro lado, existen numerosos animales que no se mueven, aunque lo haga alguno de sus órganos o de sus células, y existen plantas con movimientos parciales de algunas de sus partes.

*La Gran Enciclopedia Larousse* define el término *animal*, como ser vivo que se nutre principalmente de alimentos orgánicos sólidos, que ingiere con ayuda de una boca, digiere con un aparato especializado y los absorbe, distribuyéndolos por todo el cuerpo.

Desde el punto de vista de un biólogo, o específicamente de un zólogo, el concepto “animal” podría ser definido como un *ser vivo multicelular* (actualmente no se incluye a los protozoos o *animales unicelulares* en el reino animalia, sino en el reino de los prototistas), cuyas células no poseen pared celulósica como envoltura externa, con una alimentación heterótrofa (se alimentan de seres vivos), se reproducen sexualmente por **anisogamia** y se desarrollan a partir de una blástula (estado embrionario que se origina a partir de un cigoto o huevo), esta última característica es la única que no comparten con otros reinos, ya que es global y excluyente, por lo tanto, se puede decir que está presente en una concepción científica de lo que es un animal, a pesar de ser difícil de observar.

Se pueden reconocer cinco grados de organización entre los distintos grupos de organismos unicelulares y metazoos (tabla 1.2). Los protozoos unicelulares son los organismos más simples semejantes a los animales, todas sus funciones las realizan en una sola célula. Los metazoos o animales multicelulares desarrollaron una mayor complejidad estructural al combinar células en unidades mayores. Una célula de éstos es una parte especializada del conjunto del organismo y a diferencia de las células de un protozoo, es incapaz de tener vida independiente. Las células



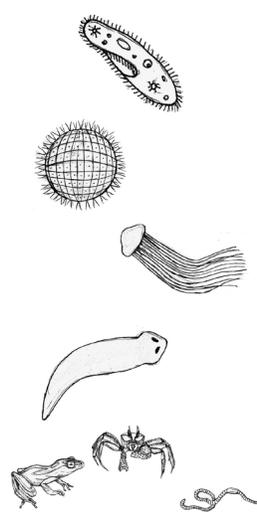
## Glosario

**Anisogamia.** Condición en la cual los gametos son diferentes.

de un organismo multicelular están especializadas para cumplir los distintos objetivos que llevan a cabo los elementos subcelulares en los protozoos.

Dentro de los metazoos más simples se muestra el grado *celular* en el que las células tienen su división de trabajo. En el grado *tisular*, más complejo, las células similares se agrupan y realizan funciones comunes, como un conjunto altamente coordinado. En animales con mayor organización los tejidos se agrupan en unidades funcionales mayores: *los órganos*.

La mayor parte de los metazoos (desde nemertinos hasta cordados) tienen distintos órganos que actúan juntos como *sistemas orgánicos*, distinguiéndose hasta once tipos: esquelético, muscular, tegumentario, respiratorio, digestivo, excretor, nervioso, endocrino, inmunitario y reproductor.



Grado protoplasmático	Todas las funciones están confinadas en una sola célula. Protozoos y organismos unicelulares.
Grado celular	Agrupaciones de células diferenciadas. Ejemplo Volvos.
Grado tisular	Agrupación de células similares formando un tejido. Esponjas y Celenterados.
Grado órganos	Estructuras formadas por más de un tejido, con funciones especializadas. Platelmintos.
Grado sistemas	Nivel de organización más complejo. Varios órganos trabajan para una misma función. La mayoría de filos.

**Tabla 1.2**  
Niveles de organización.

## 1.2 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA ZOOLOGÍA: EL PROBLEMA DE ORDENAR Y ENTENDER LA VARIEDAD ANIMAL

Los zoólogos han nombrado más de 1.5 millones de especies de animales, y se describen miles más cada año. Algunos zoólogos creen que las especies conocidas hasta hoy constituyen solamente el 20% de la totalidad de animales vivos y menos del 1% de todos los que han existido.

Todas las culturas humanas clasifican sus animales familiares de acuerdo con distintos modelos en la diversidad animal. Estas clasificaciones tienen muchos y variados propósitos. En ciertas sociedades los animales pueden clasificarse de acuerdo con su utilidad o perjuicio para la actividad del hombre.

Los biólogos reúnen a los animales según sus relaciones evolutivas que derivan de los modelos ordenados según los caracteres que comparten. Esta clasificación se denomina “sistema natural” porque refleja las relaciones existentes entre los animales en la naturaleza, independiente de

la actividad humana (familia de los felinos: tigres, leones, pumas, guepardo, chita, gato montés, entre otros). En cambio, el zoólogo sistemático tiene tres objetivos principales: descubrir todas las especies animales, reconstruir sus relaciones evolutivas y, por último, clasificarlos de acuerdo con ellos.

El filósofo griego Aristóteles fue el primero en clasificar los organismos según sus semejanzas estructurales. Tras el renacimiento europeo, el naturalista inglés John Ray (1627-1705) introdujo un sistema de clasificación más complejo y un nuevo concepto de especie. El florecimiento de la sistemática en el siglo XVIII con el trabajo de Carl Von Linneo (1707-1778), quien nos dotó de nuestro actual esquema de clasificación. Tenía un gran talento para coleccionar y clasificar. Ideó un amplio sistema de clasificación tanto para plantas como para animales. Publicado en su gran obra *Systema Naturae*, usaba la morfología para distribuir los ejemplares. Dividió el reino animal en especies y le dio a cada uno un nombre distinto. Gran parte de su clasificación ha sufrido drásticas alteraciones pero los principios básicos de su esquema siguen vigentes.

El sistema de Linneo para ordenar organismos en una serie ascendente de grupos incluidos unos en otros en sucesión siempre creciente, es el sistema jerárquico de clasificación. Las categorías principales, o taxones, en las que se agrupan los organismos, fueron dotadas de rango taxonómico para indicar el grado en que contenían a otros grupos. La jerarquía de los rangos taxonómicos se ha ampliado considerablemente desde el tiempo de Linneo. Actualmente consta de siete rangos obligados para el reino animal, en serie descendente: *reino, filo, clase, orden, familia, género y especie* (reino animalia; filo chordata; clase mamíferos; orden primates; familia hominidae; género *homo*; especie h. *sapiens*). Todo organismo que se clasifique debe colocarse al menos en siete taxones, uno por cada rango obligado; los taxónomos tienen la facultad de subdividir aún más éstos para reconocer más de siete rangos (supraclase, infraclase, superorden, suborden, etc.).

### 1.2.1 Conceptos de taxonomía, sistemática y filogenia

La ciencia de la sistemática o taxonomía se ocupa de descripciones de organismos (semejanzas y diferencias), la historia filogenética, de los organismos a lo largo del tiempo y la historia, de la distribución de los organismos en el espacio. Para realizar una clasificación biológica, a los organismos se les delimita, organiza y jerarquiza en grupos. Los ejemplares se agrupan en *especies*; las especies relacionadas se agrupan en *géneros*, los géneros forman *familias*, y así sucesivamente. Con esto se crean taxones subordinados y dispuestos jerárquicamente. Si se agrupan correctamente, la jerarquía reflejará las líneas de descendencia evolutiva.

Los nombres empleados en las clasificaciones se encuentran regidos por reglas. El objetivo primario de la nomenclatura es crear clasificaciones en las que cada tipo de organismo tenga uno y sólo un nombre correcto.

En 1758 Linneo establece su famoso *Systema Naturae*, hoy conocido como nomenclatura binominal. El nombre científico está formado por dos nombres, el genérico o género y el epíteto específico (un binomen). El nombre genérico es siempre un sustantivo y el epíteto específico es un adjetivo que

debe concordar en género gramatical con el nombre genérico. Por ejemplo, el nombre científico del tordo es *Turdus migratorius* (*L. turdus*, tordo, y *migratorius*, que migra). Nunca el epíteto específico está aislado, siempre va con el género, o bien el género se abrevia (*T. migratorius*). Los nombres de los animales generalmente son descriptivos, o pueden indicar el área geográfica en que vive la especie o el nombre de un científico.

Para comprender la sistemática biológica y la teoría evolutiva es necesario comprender los siguientes conceptos.

- Grupo monofiléticos. Grupo natural cuyas especies están relacionadas a partir de un antecesor común (un único linaje evolutivo).
- Grupo parafilético. Todos son descendientes de un antecesor común, pero no contiene a todas las especies que proceden de tal ancestro.
- Grupo polifilético. Comprende especies procedentes de dos o más antecesores comunes.

### 1.2.2 Concepto de especie

Antes de Darwin, las especies se consideraban como entidades independientes e inmutables; presentaban características fijas (generalmente morfológicas) y representaban un patrón o arquetipo. Esta práctica constituye un concepto *tipológico* (o morfológico) de especie. El concepto de especie inspirado en la teoría evolutiva de Darwin que se ha extendido más en la actualidad es el concepto biológico de especie formulado por Theodosius Dobzhansky y Ernst Mayr.

Ernst Mayr considera a la especie como grupos naturales de poblaciones que se reproducen entre sí (o que pueden hacerlo) y que están aislados de otros grupos semejantes desde el punto de vista de la reproducción. Esto no se aplica a organismos de reproducción asexual. Por esto G. G. Simpson y E. O. Wiley desarrollaron el concepto *evolutivo de especie*, que establece a la especie como un único linaje de poblaciones ancestro-descendientes que mantiene su identidad frente a linajes semejantes y tiene sus propias tendencias evolutivas. Para apoyar este concepto los biólogos se apoyan, en gran medida, en aspectos anatómicos y morfológicos de los organismos.

### 1.2.3 Nomenclatura y clasificación del reino animal

Desde los tiempos de Aristóteles hasta finales del siglo XIX era costumbre asignar a cada organismo vivo en uno de los reinos aceptados: animal o vegetal. Sin embargo, el sistema de los reinos planteaba inconvenientes: con los organismos superiores no había problema, con los organismos unicelulares algunas especies eran reclamadas tanto por los zoólogos como por los botánicos. El ejemplo típico lo constituye *Euglena*, que es móvil como los animales y realiza la fotosíntesis como las plantas.

En 1866 Haeckel creó el reino protista para incluir a todos los organismos unicelulares, bacterias y cianofíceas. Pero se reconocieron diferencias entre ellas como la ausencia de membrana nuclear y la presencia de ésta en las segundas. En 1969 Whitaker propuso un sistema de cinco reinos que incorporaba la distinción básica entre procariontes y eucariontes. El reino monera incluía a los procariontes. El reino protista contenía a los organismos unicelulares eucariontes. Los organismos multicelulares fotosintéticos se reunieron en el reino plantae. El reino fungi abarcaba hongos, levaduras y mohos que obtienen su alimento por absorción. Los vertebrados constituían el reino animalia, la mayoría de estas formas ingieren su alimento y lo digieren internamente, aunque algunas formas parásitas se alimentan por absorción.

Todos estos sistemas se erigieron sin ningún tipo de referencia a las relaciones filogenéticas necesarias para construir taxonomías evolutivas o **cladistas**. Los sucesos evolutivos más antiguos en la historia de la vida han permanecido oscuros, porque las distintas formas de vida comparten muy pocos caracteres que se pueden comparar para reconstruir la filogenia. Sin embargo, y recientemente, se ha propuesto una clasificación cladista de todas las formas de vida, basada en información filogenética obtenida a partir de datos moleculares (la secuencia de nucleótidos del RNA ribosómico, ver tabla 1.3). De acuerdo con este árbol, Woese, Kandler y Whellis (1990) reconocen tres dominios monofiléticos por encima del nivel del reino: *Eucarya* (todos los eucariontes), *bacteria* (las bacterias verdaderas) y *archae* (otros procarionte), separados de las bacterias por la estructura de la membrana y la secuencia de RNA ribosomal. Estos autores no dividen los *eucarya* en reinos, ya que si bien se pueden respetar los reinos de Whitaker, plantae, animalia y fungi, los protista resultan ser un grupo parafilético. Si queremos mantener una clasificación cladista, los protista deben dividirse, y reconocerse como reinos independientes a ciliados, flagelados y microsporidios, tal como se muestra en la figura 1.2.

## Glosario

**Cladista.** Con semejanza a las plantas, reflejando un origen reciente de un ancestro común. Un tipo de relación patristica.

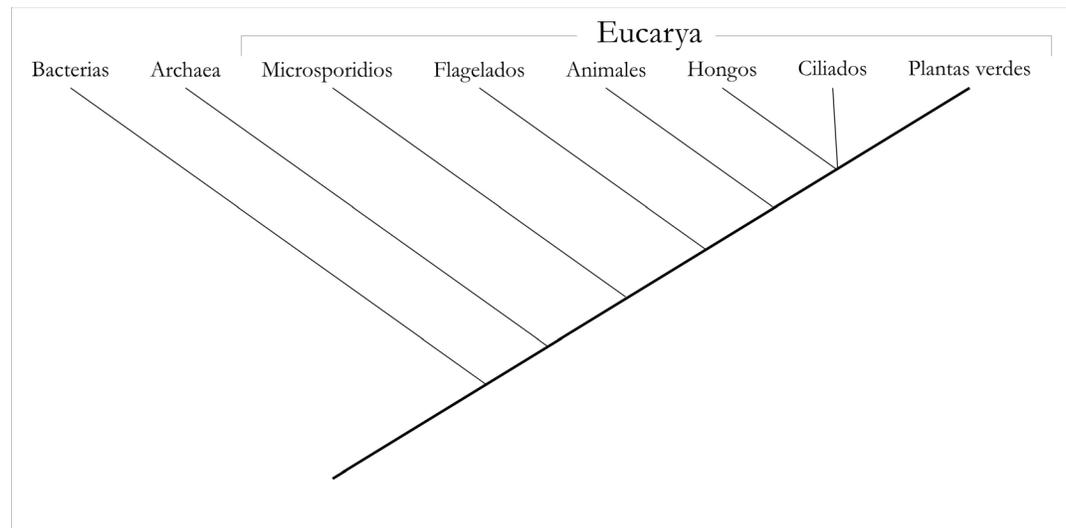
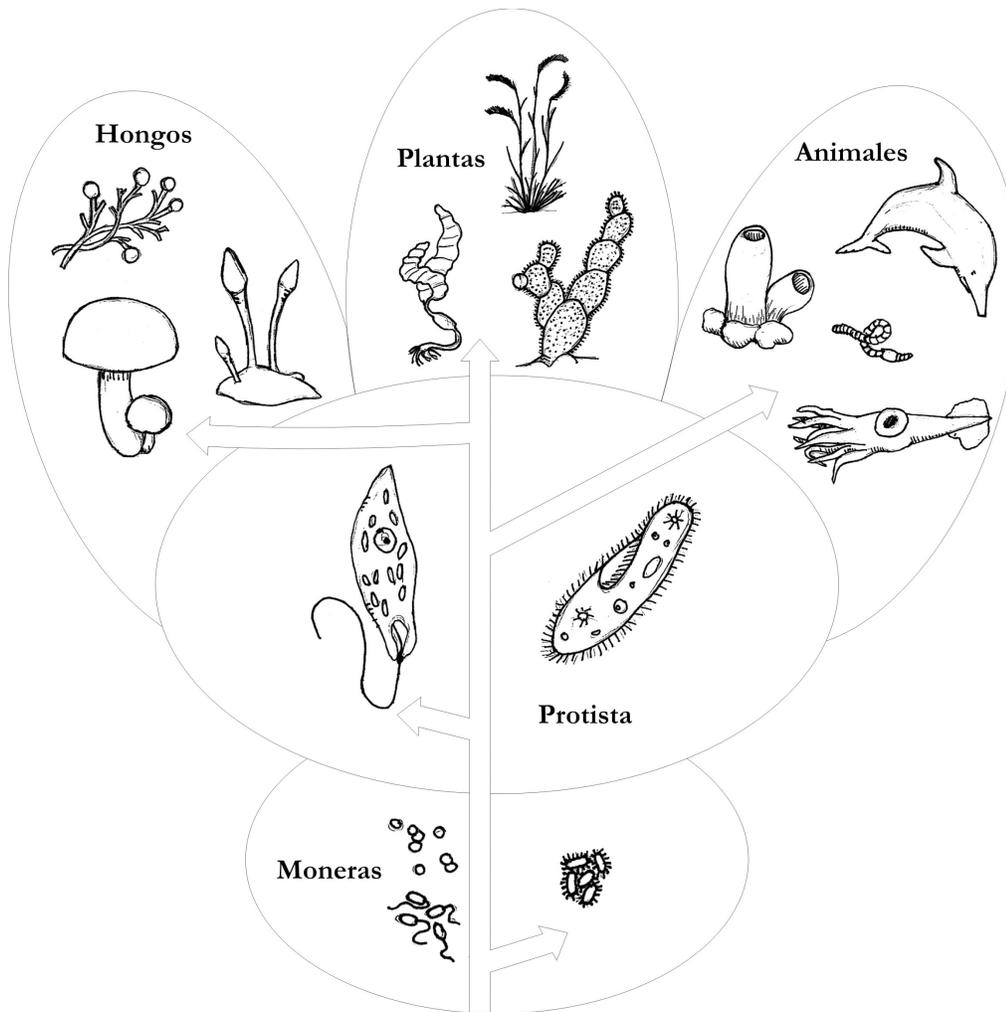


Tabla 1.3



**Figura 1.2**  
La clasificación de los cinco reinos, según Whittaker, superpuesta a un árbol filogenético que muestra representantes actuales de dichos reinos.

### Principales subdivisiones del reino Animalia

El filo es la mayor categoría taxonómica formal de la clasificación linneana del reino animal. Muchas veces, los filos animales se agrupan y dan lugar a taxones informales, intermedios entre el filo y el reino. Estos taxones están basados en caracteres anatómicos y embriológicos que revelan las afinidades filogenéticas entre los distintos filos de animales. Los zoólogos antiguos reconocieron el subreino protozoa, que contiene a los filos primariamente unicelulares, y el subreino metazoa, que comprende a los filos multicelulares. Sin embargo, y como se ha detallado anteriormente, los protozoos no son un grupo taxonómico válido que no pertenece al reino animal, sinónimo de metazoa. Las agrupaciones de mayor nivel de los filos de verdaderos animales se muestran en la figura 1.3.

#### 1.2.4 Conceptos de riqueza y biodiversidad

Al cierre del siglo XXI los seres humanos se encuentran enfrentando una crisis ecológica a escala planetaria, como la pérdida de biodiversidad, resultado de la transformación de los hábitats, de

la contaminación por las industrias y zonas urbanas, de la sobreexplotación de los recursos y del tráfico ilegal de especies; esta problemática ha cimbrado a los académicos relacionados con esta área.

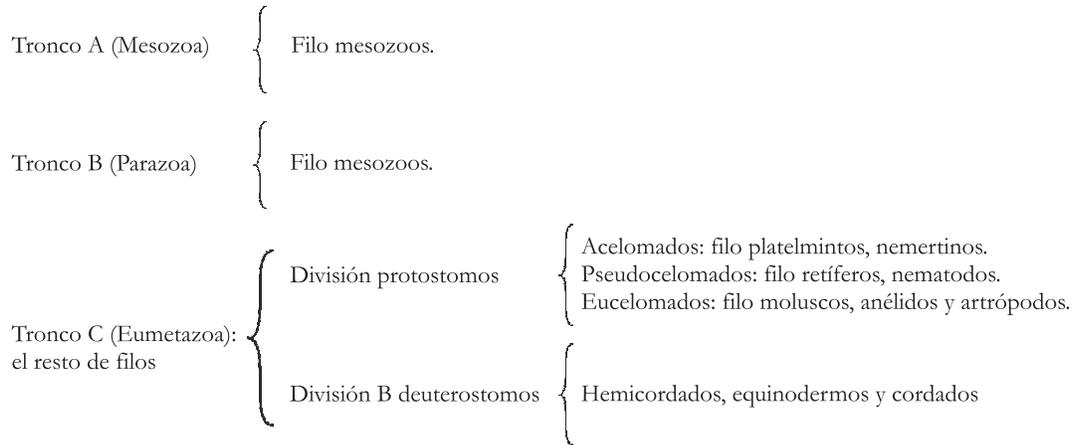


Figura 1.3

Sabemos que la **biodiversidad** es un concepto fundamental, complejo y general, que abarca todo el espectro de organización biológica, desde genes hasta sus comunidades y componentes estructurales, funcionales y de composición, así como las escalas del espacio y tiempo. Empero, los múltiples elementos que lo componen y sus variados significados suelen generar confusión limitando la utilidad del mismo. El análisis de la pluralidad significativa de la biodiversidad, comparando definiciones y acepciones permite inferir los sentidos provenientes de los distintos contextos en donde se origina, con el fin de esclarecer un marco de referencia útil y apropiado, con el propósito de conservación de la diversidad biológica.

La biodiversidad nos provee ciertos servicios ambientales, es decir, proporciona las condiciones y procesos naturales de los ecosistemas (incluyendo las especies y los genes) por medio de los cuales los seres humanos obtenemos variados beneficios. Algunos de los servicios proporcionados por la biodiversidad son la degradación de desechos orgánicos (lombricomposta), la formación de suelo y el control de la erosión (reforestación natural), la fijación del nitrógeno, el incremento de los recursos alimenticios de cosechas y su producción, el control biológico de plagas, la polinización de plantas, la regulación del clima, los productos farmacéuticos y naturalistas, el secuestro de dióxido de carbono y muchos más. Los seres humanos se benefician de todos estos servicios y bienes, muchos de los cuales se encuentran profundamente asociados a valores religiosos, culturales, éticos y estéticos, por ejemplo, la equinoterapia y la delfinoterapia que constituyen una fuente inagotable de estímulos que favorecen la coordinación motora, la atención, el equilibrio, los reflejos y muchas otras respuestas autónomas en personas con capacidades diferentes.

Sin embargo, aun cuando el ser humano interactúa con la diversidad biológica de manera cotidiana y en numerosas formas, el significado de biodiversidad no ha creado imágenes claras en los distintos sectores y grupos sociales; sus implicaciones no han sido comprendidas en toda su magnitud y su manejo es confuso, lo que ha limitado la participación social en la formu-



Una herramienta imprescindible es la investigación etnozoológica, que permite el uso medicinal de ciertos animales. Dicho uso se preserva total o parcialmente, principalmente en comunidades rurales de nuestro país.



**Biodiversidad.** Variedad de especies animales y vegetales en su medio ambiente.

lación de políticas públicas en la materia. Esto se debe, en parte, a que la biodiversidad es un concepto complejo que trasciende los niveles de vida, desde los genes hasta las comunidades, así como todas las escalas de espacio y tiempo, lo que dificulta su enunciación y su consecuente interpretación en las estrategias educativas y de comunicación. Por todo esto nos corresponde, como comunidad educativa, participar en actividades programadas por la SEMARNAP, la INECOL, la PROFEPA, entre otras, como son la reforestación, identificación y manejo de especies silvestres en diferentes localidades de nuestra entidad. Así como las visitas guiadas a diferentes UMAs de nuestra Entidad donde se maneja la reproducción de especies vulnerables o en peligro de extinción, para repoblar hábitats naturales y generalizar la comercialización de éstas en establecimientos que cuenten con los permisos correspondientes.

La biodiversidad del planeta está siendo severamente afectada por modificaciones sin precedentes, inducidas por las actividades humanas sobre los ecosistemas, entre las cuales destacan el cambio de usos del suelo, la alteración de los ciclos biogeoquímicos, la destrucción y la fragmentación de hábitats, la introducción de especies exóticas y la alteración de las condiciones climáticas.

El gran reto sobre la biodiversidad en cuanto a su utilización impone el conocerla. Catalogar la flora y la fauna del planeta se ha convertido en una necesidad impostergable. En el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Naciones Unidas sobre biodiversidad, 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil; entró en vigor para México el 29 de diciembre de 1993), se establece que: “la conservación de la diversidad biológica es de interés común para toda la humanidad”; y al lado de esta afirmación se manifiesta la preocupación por la considerable reducción de la diversidad biológica, como consecuencia de determinadas actividades humanas, así como por la falta de información sobre la biodiversidad. A partir de lo anterior surge una nueva inquietud: ¿cómo podemos contribuir a evitar la pérdida de la diversidad de especies?

En primer lugar, consideramos que todos los esfuerzos tendientes al conocimiento de la diversidad biológica tanto en el plano teórico como en la práctica (inventarios, monitoreos, definición de políticas, etc.), y en la conservación *in situ* de los ecosistemas y hábitats son vitales. Sin embargo, teniendo presente que la biodiversidad, además de ser un concepto teórico en pleno desarrollo conceptual, y que se considera se ha convertido en un vocablo popular para científicos, políticos, celebridades y público en general, es conveniente optar como estrategia inmediata y de acceso a la mayoría, el dar a conocer y resaltar los valores de la biodiversidad.

El otorgarle diferentes valores a la biodiversidad como el ético, el estético, económico, de servicio o los asignados por Léveque y Glachant (1992) valor de uso, valor ecológico, valor de opción y valor de existencia, no sólo representa una concepción multidimensional de la “riqueza” contenida en la naturaleza sino un reconocimiento a la complejidad de los retos que esta sociedad produce y enfrenta al mismo tiempo.

Por ejemplo, en Veracruz se ha perdido 80% de la cubierta vegetal original, lo que nos obliga éticamente a conservar los remanentes de los ecosistemas sobrevivientes. La riqueza biológica

(tabla 1.4) que aún existe enfrenta un grave problema, pues se carece de especialistas que aborden los aspectos básicos de la biología de los grupos taxonómicos más representativos, por lo que la información disponible hasta el momento es bastante pobre y fragmentada.

	Grupo	Total	Especies de la NOM-59
	Peces	470	49
	Anfibios y reptiles	243	109
	Aves	664	65
	Mamíferos	188	28
	Plantas	8000	166

Tabla 1.4

Otro ejemplo, se desconoce la ictiofauna dulceacuícola de la Entidad, por lo tanto, es fácil imaginar el reto que representa abatir la ignorancia sobre insectos y otros taxa, especialmente los microscópicos que no son menos importantes.

## Glosario

**Epigénesis.** El origen de una estructura completamente nueva durante el desarrollo embrionario.

### 1.3 ONTOGENIA GENERAL DE UN ANIMAL TIPO

La biología del desarrollo se ocupa de la aparición del orden y la complejidad durante el desarrollo de un nuevo individuo a partir de un huevo fecundado y del control de este proceso. El primitivo concepto de la preformación del siglo XVIII dio paso a la teoría de la **epigénesis**, que mantiene que el desarrollo es la aparición progresiva de nuevas estructuras que surgen como producto de un desarrollo anterior.

#### 1.3.1 Desarrollo y ciclo de vida

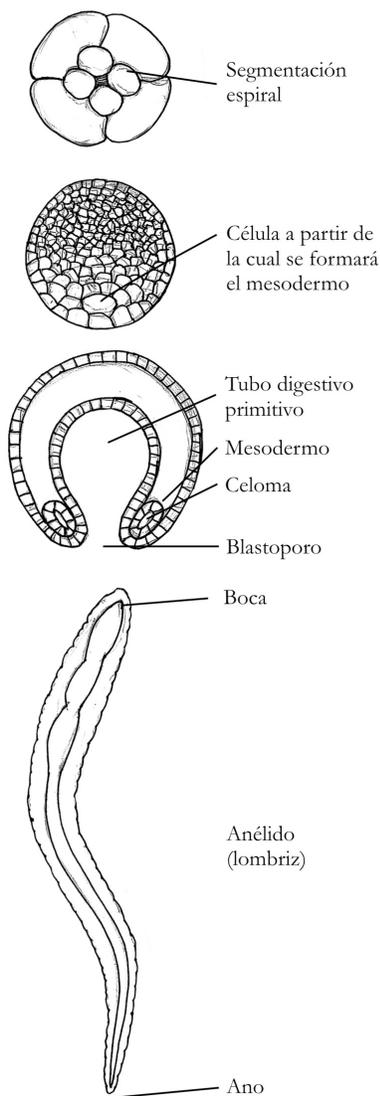
La fecundación de un óvulo por un espermatozoide restablece el número diploide de cromosomas y activa el desarrollo del huevo. Tanto el óvulo como el espermatozoide han desarrollado mecanismos que facilitan una fecundación eficaz. El espermatozoide es, en esencia, un núcleo haploide, muy condensado provisto de un flagelo locomotor. Muchos óvulos liberan atrayentes químicos para el espermatozoide, y la mayoría posee receptores de superficie que reconocen solamente a los espermatozoides de su misma especie (**polispermia**).

Durante la segmentación, el cigoto se divide rápidamente y, en general, de forma sincrónica, produciendo una blástula multicelular. La segmentación está en gran manera influida por la cantidad y distribución del vitelo en el huevo. Los huevos con poco vitelo, como los de la mayoría de los invertebrados marinos, se dividen por completo (**holoblástico**) y generalmente presentan un desarrollo indirecto, con un estado larvario entre el embrión y el adulto. Los huevos con vitelo

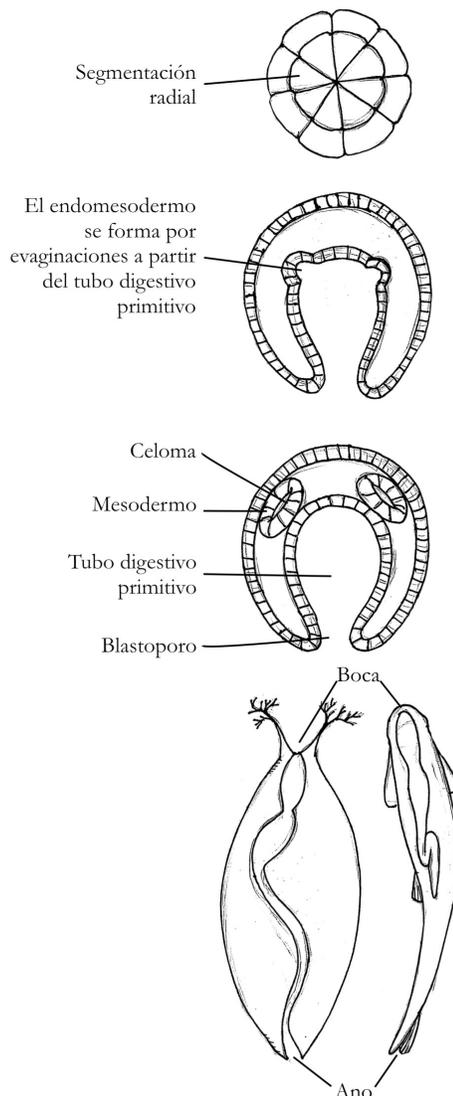
abundante, como los de las aves, los reptiles y la mayoría de los artrópodos se dividen sólo parcialmente (**meroblástico**) y no suelen tener etapa larvaria.

Los animales metazoos bilaterales se pueden dividir en dos grandes líneas, basándose en diversos rasgos del desarrollo. Los **protostomos** se caracterizan por la segmentación espiral y en mosaico, en la que la boca se forma en o cerca del **blastoporo** embrionario. Los **deuterostomos** tienen segmentación radial y reguladora, y la boca se forma después que el ano y no a partir del **blastoporo** (figura 1.4).

### Protóstomos



### Deuteróstomos



**Polispermia.** Penetración de numerosos espermatozoides en un óvulo durante la fecundación. Ocurre normalmente en huevos con mucho vitelo (Ej. tiburón y ave).

**Holoblasto.** Cigoto que se segmenta. Se presenta en huevos con moderado o poco vitelo.

**Meroblasto.** Parte del cigoto que sufre segmentación. Común en la gallina, la parte rica en vitelo no se divide.

**Protostomados.** Animal triblástico en el que la boca deriva de la región anterior del blastoporo. Esta es la situación en la mayoría de invertebrados, salvo en equinodermos (estrellas, erizos y pepinos de mar).

**Deuterostomado.** Animal triblástico en el que la boca es una formación secundaria, el blastoporo de la gástrula se convierte en origen del ano (Ej. vertebrados).

**Blastoporo.** Abertura transitoria en la superficie del embrión en la etapa de gástrula, por la cual la cavidad interna se comunica con el exterior; producida por la invaginación.

**Figura 1.4**  
Diferencia entre protóstomos y deuteróstomos.

## Glosario

**Gastrulación.** Término embriológico en el complejo de movimientos celulares que aparece en todos los animales al final del período de segmentación, formando tres grupos principales de células: el endodermo (que da origen al intestino), el mesodermo (da origen a músculos, sangre, etc.) y el ectodermo (da origen al sistema nervioso central).

**Vitelino.** Saco que contiene los nutrientes para el embrión.

En la **gastrulación**, las células de la superficie del embrión migran hacia el interior de éste para formar las capas germinales (endodermo, mesodermo y ectodermo). Al igual que la segmentación, la gastrulación se ve afectada, en gran medida, por la cantidad de vitelo.

A pesar de los distintos destinos de las células embrionarias cada una de ellas contiene un genoma completo y, por tanto, la misma información. El desarrollo inicial está regido por productos del genoma materno, porque el córtex del huevo contiene determinantes citoplasmáticos, establecidos durante la oogénesis, que dirigen el desarrollo durante la segmentación. Conforme se acerca la gastrulación, el control pasa gradualmente del maternal al cigótico, a medida que los genes nucleares del propio embrión comienzan a transcribir mRNA.

La diferenciación armoniosa de los tejidos depende en gran parte de la inducción o capacidad de un tejido para producir una respuesta en el desarrollo de otro. En los vertebrados, los movimientos celulares que establecen el arquetipo corporal están coordinados por el organizador primario, localizado en los anfibios en el labio dorsal del blastoporo. La inducción guía una secuencia de sucesos locales, necesaria para la siguiente en una jerarquía de desarrollo.

Durante el desarrollo, ciertas partes del genoma de cada célula se expresan mientras que las restantes quedan anuladas. Los genes expresados al inicio del desarrollo producen proteínas que regulan la expresión de los genes subordinados en la jerarquía del desarrollo. Un grupo de genes de control llamados homeóticos, contiene la información para la síntesis de proteínas reguladoras con segmentos altamente conservativos, llamados homeodominios que se unen al DNA. Los genes homeóticos controlan la subdivisión del embrión en distintos destinos del desarrollo a lo largo del eje antero posterior (ver tabla 1.3).

El estado de postgástrula del desarrollo de los vertebrados representa una importante convergencia morfológica, en la que los vertebrados con mandíbulas, desde los peces hasta la especie humana, tienen caracteres comunes. Conforme avanza el desarrollo, estos rasgos van haciéndose cada vez más característicos de la especie.

Los amniotas son vertebrados terrestres que desarrollan membranas extraembrionarias durante su vida como embriones. Las cuatro membranas son amnios, corion, alantoides y saco **vitelino**, cada una de ellas con una función específica de soporte vital para el embrión que se desarrolla dentro de un huevo como en los reptiles y en las aves o dentro del útero mamífero.

El embrión de los mamíferos es alimentado mediante la placenta, una compleja estructura materno-fetal que se forma en la pared uterina. Durante la gestación la placenta se transforma en un órgano independiente, nutritivo, endocrino y regulado por el embrión.

Las hojas embrionarias formadas en la gastrulación se diferencian en tejidos y órganos. El ectodermo da lugar a la piel y al sistema nervioso; el endodermo se convierte en el tubo digestivo, la faringe, los pulmones y ciertas glándulas, y en el mesodermo se formarán los sistemas muscular, esquelético, circulatorio y excretor.

## 1.4 RIQUEZA DE LOS ANIMALES

### 1.4.1 Riqueza de la fauna de México

México con sus dos millones de kilómetros cuadrados presenta una extraordinaria diversidad de formas; del total de especies vegetales, animales y de microorganismos conocidos en el planeta, cerca de 10% se encuentran en nuestro país. Muchas de ellas viven exclusivamente en México, que tiene tercer lugar con mayor diversidad biológica, el primero en número de especies de reptiles; el segundo lugar en número de mamíferos aunque estos datos no son definitivos, pues falta mucho por investigar.

Como resultado de una intensa historia geológica el territorio está lleno de contrastes, dunas de yeso, manantiales y oasis en el desierto de Coahuila; ventilas hidrotermales a 1,500 m de profundidad en el Golfo de California; bosques de niebla en los Altos de Chiapas; sistemas de cenotes en las entrañas de la Península de Yucatán; páramos alpinos en las faldas del Popocatepetl y del Iztaccihuatl y selvas húmedas en las cuencas del Usumacinta.

Al noroeste frente al desierto de Sonora, una península solitaria delimita un estrecho golfo de aguas profundas salpicada de islas e islotes. Al norte, hondas cañadas tropicales surcan la Sierra Tarahumara, que se resuelve en los vastos pastizales de Chihuahua. Al noreste, las mesetas áridas se extienden hasta la Sierra Madre Oriental cuya otra vertiente desciende al Golfo de México por las llanuras de Tamaulipas y sus lagunas costeras.

Con una altitud promedio de 2,200 m y cumbres de más de 5,500 m un complicado eje neo volcánico punteado de lagos, atraviesa de una costa a otra el centro del país. Más al sur, las abruptas serranías de Guerrero y Oaxaca quedan llanamente interrumpidas en el Istmo de Tehuantepec. La Sierra Madre de Chiapas cede el paso a la Selva Lacandona, por donde el Usumacinta corre hacia el Golfo de México inundando, junto con el Grijalva, los pantanos de Centla ya en Tabasco. Por último, la Península de Yucatán, plana y caliza, separa el somero Golfo de México de las aguas del Caribe, donde se localiza la segunda barrera coralina más extensa del mundo.

De este complejo escenario geográfico se deriva una gran diversidad de climas, en algunos lugares la precipitación pluvial es tan escasa que no llega a 5 cm anuales, mientras que en otros se vuelve torrencial y alcanza hasta 5 m, y en las cumbres más elevadas el intenso frío mantiene nieves perpetuas, mientras que en el desierto de Sonora se llegan a registrar temperaturas de 57 grados centígrados, las más altas de Norteamérica.

Por su posición en el continente, el territorio mexicano es un eslabón entre las dos grandes regiones biogeográficas de América, la región neártica en el norte y la neotropical en el sur.

Tras haber sido una serie de volcanes que comenzaron a unirse hace siete millones de años, este puente, cuya angostura meridional se prolonga hasta centroamérica, sirvió como paso y permitió la propagación de plantas y animales terrestres provenientes tanto del norte como del sur que, una vez establecidos, evolucionaron y se diferenciaron; sirviendo a su vez de barrera insalvable entre la fauna marina del pacífico, la del caribe y del Golfo de México.

De los descubrimientos de fósiles se deduce que durante los períodos fríos del pleistoceno, clímax de las glaciaciones en norteamérica, emigraron al sur las especies oriundas de climas fríos, y a la inversa, al final del pleistoceno aumentó en el planeta la temperatura y se extendieron desde el sur y hasta centroamérica y parte de México las especies tropicales.

La fauna neártica penetró ampliamente en la franja central del país, en cambio, la fauna neotropical apenas logró extenderse al norte por las planicies costeras, pues las elevadas montañas del eje neovolcánico y de la Sierra Madre Oriental y Occidental constituyeron formidables obstáculos.

Las tortugas del desierto, la mariposa monarca y las grullas; los ajolotes, los gansos, topos y osos; el bisonte, el berrendo y el borrego cimarrón, todos provenientes del norte, se distribuyeron exclusivamente en las zonas templadas del país. En cambio, las iguanas, nauyacas y guacamayas; los monos araña y aullador, los osos hormigueros y el tapir, procedentes del sur, colonizaron únicamente las regiones tropicales de México. Los colibríes, el armadillo común, el tlacuache, el pecarí y algunos otros animales lograron salvar el escollo geográfico y climático y se distribuyeron en ambas regiones (ver figura 1.5).



Las migraciones de plantas y animales, así como los cambios de la corteza terrestre y del clima fueron dejando aisladas muchas especies en cañadas, valles, islas y cimas, lo que favoreció que un gran número de especies se hicieran endémicas, es decir, exclusivas de un determinado país o región, hasta el punto de que casi la mitad de las especies de plantas, anfibios y reptiles y un tercio de los mamíferos que se encuentran en México, no existen en otro lugar de la tierra. Algunas de estas especies viven en zonas muy circunscritas, como el caso de la mariposa papillo de la huasteca, del pez bagre ciego de Coahuila, sólo hallado en un pozo artesiano cerca de Múzquiz; de la rana de Xochimilco, del ajolote de Zempoala de un riachuelo y de una lagu-

**Figura 1.5**  
Mapa de la migración y establecimiento de las especies animales en la región neártica y neotropical de México.

na, del periquillo exclusivo de isla Socorro, y del conejo de Omiltemi en Guerrero, del que se conocen cuatro ejemplares.

La distribución de las especies en México obedece a la historia geológica del país. A grandes rasgos, las regiones tropicales son ricas en número de especies pero pobres en endemismos, esto se debe a que estas regiones son relativamente jóvenes, pues hace apenas 10,000 años que las selvas húmedas tras haberse replegado al sur durante los periodos fríos del pleistoceno, nuevamente se extendieron hacia el norte de centroamérica y el sureste de México. En cambio, la mayor parte de los vertebrados endémicos viven en regiones geológicamente antiguas o muy aisladas, como los mamíferos del eje neovolcánico y de la llanura costera del Pacífico, o los reptiles de las islas del Golfo de California y de la Sierra Madre del Sur.

Así pues, en el trópico mexicano lo que abunda es el número de especies. En las selvas tropicales húmedas, como la de Los Chimalapas en Oaxaca y la región lacandona en Chiapas, con su penetrante olor a tierra, intensa humedad y vegetación exuberante de helechos, palmas y platanillo, árboles gigantescos con hojas de innumerables tonalidades de verde y amarillo cargados de musgos, lianas, orquídeas y otras epífitas poseen una biodiversidad de proporciones inusitadas. Una hectárea de selva chiapaneca puede albergar 100 especies de plantas vasculares y hasta 3,250 árboles, y en un solo árbol pueden existir cientos de especies de escarabajos, hormigas y otros insectos. En la selva chiapaneca se han registrado no sólo 500 especies de mariposas diurnas, sino 27% de los mamíferos y 30% de las aves de todo el país.

En cuanto a fauna marina, la mayor biodiversidad se localiza en los arrecifes coralinos del Caribe, que se extienden a lo largo de 200 km frente a las costas de Quintana Roo; ahí encuentran cobijo y alimento millares de especies de esponjas, medusas, camarones, pepinos de mar, cangrejos, langostas y peces con infinidad de formas y colores.

En cambio, en el norte abundan especies endémicas, tanto acuáticas como terrestres. El valle de Cuatro Ciénagas, que resalta en la seca monotonía del centro de Coahuila con sus innumerables manantiales tanto de aguas termales como de aguas frías, lagos, pozas profundas y someras y dunas de arena es una región de gran interés para la biología, su aislamiento y la variedad de sus hábitats acuáticos han favorecido la existencia de una fauna endémica que incluye por lo menos diez especies de caracoles, seis de crustáceos, dos de tortugas y 13 de peces como sardinas, bagres y mojarras.

Asimismo, las áridas islas del Golfo de California separadas de las tierras continentales desde hace miles de años y dispersas a lo largo de 1,000 kilómetros de frías aguas, sustentan comunidades biológicas relativamente simples, pero con una increíble variedad de especies endémicas, 18 de plantas vasculares, 16 de reptiles y 18 de pequeños mamíferos.

La silueta de elevados volcanes, los accidentados relieves, los fríos inviernos, los helados amaneceres y los bosques de pinos y encinos caracterizan las montañas del eje neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, regiones ricas en especies endémicas que se originaron a lo largo de millones de años por el aislamiento causado por las expansiones, contracciones y fragmentaciones

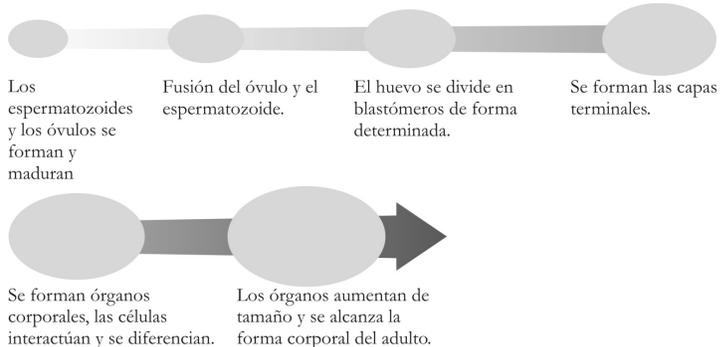
de la vegetación durante el pleistoceno. En los períodos cálidos y secos de esta época geológica, persistieron en las cimas de las más altas montañas y volcanes islas de bosques templados. En esos ambientes se diferenciaron y sobrevivieron especies únicas de mamíferos, como el conejo de los volcanes o teporingo, la tuza de Nahuatzen, la gallina de monte coluda del Desierto de los Leones, el ajolote de Zempoala y la víbora de cascabel del Ajusco. En los períodos fríos y húmedos, los bosques templados se extendieron cubriendo valles y montañas del Eje, y formaron una barrera formidable para las especies tropicales.

## Ejercicio

- I. Dibuja en el siguiente mapa de México dos especies de la región neártica (ilumina esta región de amarillo) y tres de la región neotropical (ilumínala de verde); además dos especies comunes en ambas regiones.



- II. En el siguiente esquema ordena los diferentes sucesos clave en el desarrollo animal, utiliza los siguientes términos: gastrulación, fecundación, formación de gametos, organogénesis, segmentación y crecimiento.



III. Escribe los cinco niveles de complejidad en la organización de los organismos y explica cómo cada uno de ellos es más avanzado que el precedente.

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_
- d. \_\_\_\_\_
- e. \_\_\_\_\_

IV. Escribe en el paréntesis de la derecha la letra que corresponda de cada grupo animal a su arquetipo o modelo de organización.

- a. Nematodos Unicelular ( )
- b. Vertebrados Agregado celular ( )
- c. Protozoo Saco ciego, acelomado ( )
- d. Platelmintos Tubo en un tubo, pseudocelomado ( )
- e. Esponjas Tubo en un tubo, eucelomado ( )
- f. Artrópodos
- g. Nemertinos

V. Enumera por orden de menor a mayor las principales categorías (taxones) del sistema de clasificación de Linneo tal como se aplica en la actualidad a los animales.

VI. Explica por qué el sistema de denominación de las especies ideada por Linneo es binominal.

---

---

---

---

VII. ¿En qué se diferencia el concepto biológico de especie del concepto tipológico más antiguo?

---

---

---

---

VIII. ¿En qué se diferencian los taxones monofilético, parafilético y polifilético? ¿Cómo afectan estas diferencias a la validez de los taxones para las taxonomías evolutiva y cladista?

---

---

---

IX. ¿Cuáles son los cinco reinos de Whitaker? ¿Por qué su reconocimiento entra en conflicto con los principios de la taxonomía cladista?

---

---

---

X. ¿Qué se conoce como epigénesis?

---

---

---

XI. Describe los acontecimientos que se producen tras el contacto de un espermatozoide con un óvulo.

---

---

---

XII. ¿Qué es el desarrollo indirecto? Menciona dos ejemplos.

---

---

---

XIII. ¿Cuáles son los rasgos distintivos del desarrollo de las dos grandes líneas de animales bilaterales, los protostomos y los deuterostomos?

---

---

---

XIV.Cita dos sistemas orgánicos derivados de cada una de las tres capas embrionarias.

---

---

---



**Diversidad en el  
Reino animalia**

**UNIDAD II**

# OBJETIVO

El estudiante:

- Reconoce el origen de los metazoarios y su diversidad temprana.
- Identifica y fundamenta las principales características de un organismo animal.
- Reconoce los diferentes filos de la fauna actual de invertebrados y vertebrados, con un enfoque de forma y función, y con un sentido evolutivo.
- Puntualiza sobre el origen de la multicelularidad, de los tejidos embrionarios, de la simetría bilateral, cavidades del cuerpo, y peculiaridades de la pared del cuerpo.
- Identifica y fundamenta las estrategias reproductivas y la relevancia ecológica de cada grupo.

## INTRODUCCIÓN

Es evidente que para comprender qué papel juegan los organismos en la naturaleza, primero es necesario saber qué especies hay y cómo se relacionan unas con otras. Cada especie tiene un nombre distintivo; se conocen uno o dos millones de especies en el mundo entre plantas y animales, sin embargo, algunos autores consideran diez millones y la prueba es que cada día se descubren nuevas especies, basta hojear cualquier revista científica (Lamothe- Argumedo, 1989).

Los organismos del reino animalia viven en diversos ambientes. Su organización varía según su complejidad, en los más simples no se observa diferenciación de tejidos, pues a medida que son más complicados están formados por distintos tipos de tejidos y órganos.

Los grupos de animales más importantes en orden de menor a mayor complejidad son los rotíferos, cnidarios, platelmintos, nematodos, anélidos, artrópodos, moluscos, equinodermos y cordados. Muchos de ellos tienen importancia en la alimentación, en la tabla de enfermedades de plantas y animales, como plagas de los cultivos y vectores de enfermedades.

## 2.1 LOS GRUPOS ANIMALES MÁS IMPORTANTES: UNA CUESTIÓN DE CANTIDAD

Hoy día los zoólogos reconocen 32 filos de animales, cada uno de ellos caracterizado por un arquetipo o modelo de organización propio y por un conjunto de propiedades biológicas que lo distinguen de los demás filos. Casi todos ellos sobrevivientes de los quizá 100 filos que aparecieron hace 600 millones de años, durante la “explosión cámbrica”, el suceso evolutivo más importante de la vida animal. En unos cuantos millones de años se establecieron la mayoría de los arquetipos que conocemos actualmente, junto con otros de los que tenemos noticias únicamente a través del registro fósil.

## 2.2 SUBREINO PARAZOA

Los metazoarios carecen de verdaderas capas germinales embrionarias y de tejidos, además, la mayoría de células de su cuerpo son capaces de cambiar de forma y de función, es decir, son totipotentes.

### 2.2.1 Phylum porífera (características y ciclo de vida)

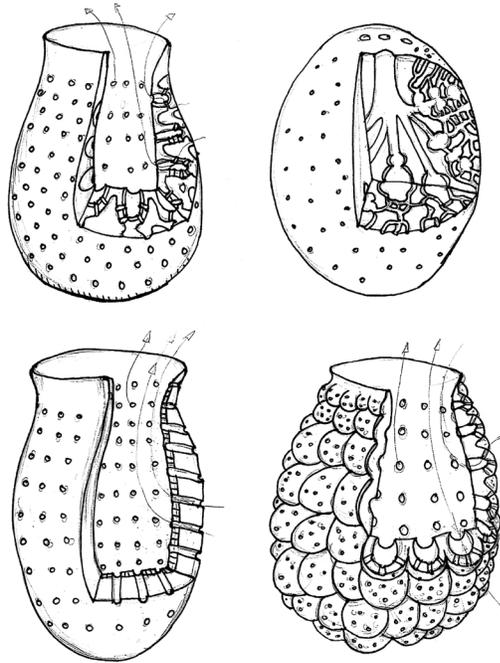
El filo porífera (del L. *porus*, “poros”; *ferre* “llevar”) está constituido por los animales a los que conocemos comúnmente como esponjas. Se han descrito alrededor de 5,500 especies de esponjas, casi todas ellas procedentes de ambientes bentónicos marinos. Habitan a cualquier profundidad, pero las zonas litorales no contaminadas y los arrecifes tropicales tienen faunas de esponjas especialmente ricas. La mayoría de las esponjas litorales crecen en forma de costras delgadas o gruesas, sobre superficies duras. Las esponjas bentónicas que viven en superficies blandas son alargadas y se desarrollan verticalmente.

Hay dos características exclusivas que definen a las esponjas y que han tenido especial importancia en su éxito evolutivo: el sistema canicular o sistema acuífero (incluidos sus coanocitos), y la naturaleza totipotente de sus células. El sistema acuífero hace que el agua recorra todo el cuerpo de la esponja y la acerca a las células responsables de la captura de alimentos y del intercambio gaseoso. Al mismo tiempo, los desechos de excreción y digestivos y los gametos son expulsados al exterior por medio de las corrientes de agua.

Las células de la superficie externa de una esponja forman el *pinacodermo* y se denominan *pinacocitos*. La superficie interna está constituida por el *coanodermo* formado por células flageladas llamadas *coanocitos*. Los coanocitos bombean a través del cuerpo de la esponja grandes cantidades de agua. El coanodermo puede mantener el grosor de una capa de células (organización de tipo asconoide), puede plegarse (organización siconoide) o puede subdividirse hasta quedar formando una serie de cámaras flageladas independientes (organización leuconoide) (ver figura 2.1).



Las esponjas son la principal fuente de metabolitos bioactivos. Clasificados químicamente como terpenoides y esteroides, algunos han mostrado efecto citotóxico y anticancerígeno. La esponja oceanopía muestra actividad fúngica contra cáncida (causante del algodoncillo en niños).



**Figura 2.1**  
Tipos de esponjas.

Aunque las esponjas carecen de los órganos y sistemas que pueden verse en los metazoarios superiores, son un grupo de animales con un notable éxito adaptativo. A diferencia de lo que ocurre con la mayoría de los metazoarios, casi todas las esponjas dependen de la digestión intracelular y, por lo tanto, la fagocitosis y la pinocitosis son los mecanismos para la captura de los alimentos.

La excreción, principalmente de amoníaco y el intercambio gaseoso se producen por difusión simple, sobre todo a través del coanodermo. Además, en las esponjas de agua dulce hay vacuolas contráctiles que eliminan el exceso de agua y que posiblemente intervengan en la osmoregulación.

Parece que todas las esponjas son capaces de reproducirse sexualmente, y también son muy comunes diferentes procesos de reproducción asexual. No obstante, se desconocen muchos de los detalles de estos procesos, sobre todo porque las esponjas carecen de gónadas diferenciadas.

### Reproducción asexual

Posiblemente todas las esponjas son capaces de producir nuevos individuos perfectamente viables a partir de fragmentos. Los fragmentos desprendidos caen al sustrato y a partir de ellos se generan nuevos individuos. Otros procesos de reproducción asexual utilizados por las esponjas son la gemulación, gemación y probablemente la formación de larvas asexuales.

En esponjas de agua dulce durante el principio del invierno se producen pequeñas estructuras esféricas llamadas *gémulas*, resistentes tanto a la congelación como a la falta de humedad.

Muchas especies marinas producen yemas de diferentes tipos, éstas son pequeñas salientes del cuerpo de la esponja y terminan desprendiéndose transportadas por las corrientes, hasta que terminan fijándose al sustrato para dar lugar a nuevos individuos.

### Reproducción sexual

La mayor parte de las esponjas son hermafroditas, pero su producción de huevos y espermatozoides se realiza en momentos diferentes. En algunas especies los individuos actúan

como machos o como hembras de modo permanente, y en otras muchas especies algunos individuos son de sexos separados, mientras que otros, incluso de la misma población, son hermafroditas. En todos los casos lo habitual es que la fecundación sea cruzada.

Parece que los espermatozoides se forman de los coanocitos y probablemente los ovocitos de quistes rodeados por células foliculares y células alimentarias. Los espermatozoides y los ovocitos maduros son liberados por el sistema acuífero. En el agua se produce la fecundación dando origen a larvas planctónicas. Las larvas pueden asentarse de manera inmediata, pueden llevar una existencia nadadora durante horas o simplemente pueden arrastrarse por el sustrato hasta estar preparadas para asentarse.

## 2.3 SUBREINO EUMETAZOA

Los verdaderos animales o metazoarios, son animales multicelulares, que desarrollaron una mayor complejidad estructural al combinar las células en unidades mayores. Una célula de metazoario es una parte especializada del conjunto del organismo y, a diferencia de las células de los protozoarios es incapaz de llevar una vida independiente. En el grado *tisular*, más complejo, las células similares se agrupan y realizan sus funciones comunes como un conjunto altamente coordinado. En los animales con organización tejido-órgano, los tejidos se disponen en unidades funcionales aún mayores denominadas *órganos*. Generalmente un tipo de tejido se encarga de llevar el peso de la función primordial del órgano, como lo hace en su caso el tejido muscular en el corazón; otros tejidos como el epitelial, conjuntivo o nervioso tienen papeles de apoyo.

La mayor parte de los metazoarios tienen un nivel de complejidad adicional, en el que distintos órganos actúan juntos como *sistemas orgánicos*. En los metazoarios se pueden distinguir once tipos de sistemas orgánicos: esquelético, muscular, tegumentario, digestivo, respiratorio, circulatorio, endocrino, inmunitario y reproductor.

### 2.3.1 Rama radiata: Proyectos de vida con simetría radial

La rama radiata aparece en formas que pueden quedar divididas en mitades semejantes por más de dos planos contenidos en su eje longitudinal. Se trata de las formas tubulares, de vasija o cuenco que aparecen en hidras, medusas, erizos de mar y similares, en los que generalmente el extremo de su eje longitudinal es la boca.

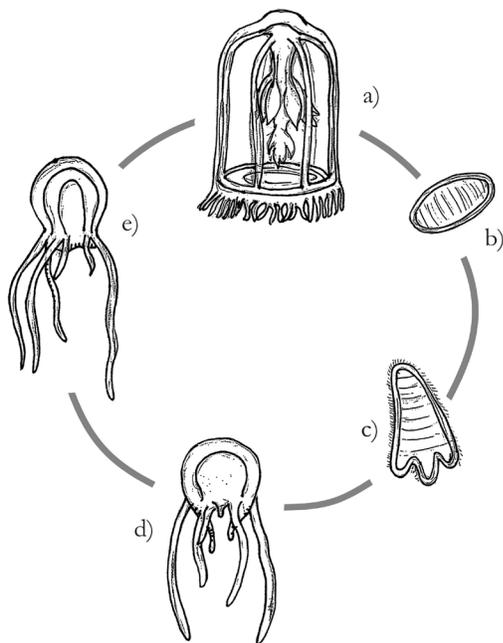
#### Phylum cnidaria. Características y ciclo de vida

El filo cnidarios es un grupo con gran diversidad en donde se incluyen las medusas, las anémonas, los corales y la hidra de agua dulce. La gran diversidad del filo se debe primero a la tendencia de formar colonias de tamaños y formas que ningún individuo podría solo. Y a su ciclo vital dimórfico, con dos fases adultas diferentes, el pólipo y la medusa.

Los cnidarios metazoos diblásticos con nivel de organización tisular, poseen simetría radial primaria, tentáculos, estructuras urticantes llamados cnidos, cavidad gastrovascular. Y carecen de cefalización, sistema nervioso centralizado y órganos respiratorios, circulatorios y excretores diferenciados.

La simetría radial está relacionada con diferentes necesidades morfológicas y fisiológicas. En los cnidarios hay formas sésiles y sedentarias, como formas pelágicas, sus desplazamientos no son unidireccionales en estos últimos. La simetría radial interactúa con estructuras para la alimentación y con los órganos sensoriales (coronas de tentáculos y plexo nervioso dispuesto radialmente).

- *Fase pólipo*. Más variables que las medusas por su capacidad de reproducirse asexualmente y formar colonias. Tienen formas tubulares y poseen epidermis externa, cavidad gastrovascular, tapizada por gastrodermis, y una capa intermedia la mesoglea o mesénquima. El celenterón o cavidad gastrovascular actúa tanto en la circulación como en la digestión y distribución de los nutrientes. En los pólipos los términos **hidratante** o **gasterozoides** son los encargados de la alimentación, poseen tentáculos y boca. Los **dactilozoides** son los encargados de la defensa, los **gonozoides** son los reproductores. Los gasterozoides son los individuos que capturan e ingieren a las presas y proporcionan energía y nutrientes al resto de la colonia. Los dactilozoides, que pueden presentarse con tamaños y formas variables, están armados con gran cantidad de cnidos. Los gonozoides producen yemas de medusas, que pueden terminar liberándose de la colonia o quedar unidos a ella (ver figura 2.2).



**Figura 2.2**

Ciclo de vida de un celenterado:

- a) adulto;
- b) larva plánula;
- c) desarrollo de boca y tentáculo;
- d) larva actínula;
- e) medusa joven.

- *Fase medusa*. Las medusas libres están presentes en todas las clases de cnidarios, excepto en la clase antozoa. Aunque su forma es variable no lo es tanto como en los pólipos. Su uniformidad relativa se debe, en parte, a que viven de manera similar y no se reproducen sexualmente. Tienen formas de campana, plato o paraguas. La boca está en el extremo del manubrio. La parte central es el celenterón o cavidad gastrovascular.

La mayoría de los cnidarios son carnívoros. Capturan a las presas con los tentáculos, que están cargados de nematocistos, y las llevan hasta la boca para ser tragadas enteras. La digestión tiene una primera fase que es extracelular, ésta ocurre en el celenterón. En la gastrodermis hay una gran cantidad de

células glandulares. La digestión termina intracelularmente en vacuolas digestivas, y los residuos no digeridos en el celenterón son expulsados por la boca.

En la mayoría de los cnidarios los mecanismos de digestión y los de captura de los alimentos están íntimamente relacionados. Entre los cnidarios existen relaciones de mutualismo como en las anémonas que viven pegadas a las conchas de caracoles habitadas por cangrejos ermitaños. Algunos están reportados como parásitos de peces. Un ejemplo de esta simbiosis es la de los



En el caso de que te roce una medusa, la aplicación de frío, con bolsas de hielo o gasas mojadas en agua fría aliviará el dolor. Además, el frío contrae las venas y con esto se reduce la difusión del veneno.

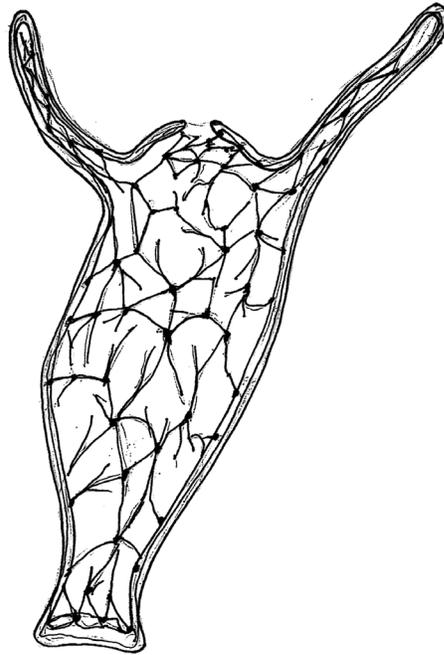
**Figura 2.3**  
Quemadura por medusa o agua mala.

peces payasos y las anémonas, en donde las últimas dan protección a los peces.

Los cnidarios no tienen un sistema circulatorio independiente, por lo que el celenterón asume esta función haciendo circular de modo limitado los nutrientes digeridos por el interior del cuerpo, recogiendo los residuos metabólicos de la gastrodermis y, por último, elimina los desechos de todo tipo por la boca. También carecen de órganos especializados en el intercambio gaseoso y para la excreción. Los pólipos tienen paredes delgadas y las medusas tienen distancias de difusión mínimas. Los residuos nitrogenados se eliminan, en forma de amoníaco, a través de la superficie del cuerpo hacia el exterior o hacia el celenterón.

Poseen un sistema nervioso difuso y no centralizado. Las células neurosensoriales de este grupo son las más primitivas del reino animal. Las neuronas se disponen en tramas reticulares, llamados plexos nerviosos (ver figura 2.4). Generalmente, los pólipos tienen pocos órganos sensoriales; en todo el cuerpo tienen pequeñas prolongaciones sensoriales filiformes. Éstas actúan como mecanorreceptores y probablemente como quimiorreceptores.

Las medusas poseen un sistema nervioso más complejo y órganos de los sentidos más desarrollados.



**Figura 2.4**  
Plexo nervioso de la hidra.

Los procesos de reproducción están muy relacionados con la alternancia de generaciones. En el ciclo vital de los cnidarios hay una fase pólipo que se reproduce asexualmente y una fase medusa que se reproduce sexualmente para que se forme la larva plánula (ver figura 2.2). En la reproducción asexual el pólipo de hidrozoo se reproduce por gemación y otras especies se reproducen asexualmente por fisión transversal.

### 2.3.2 Rama bilateral: Proyectos de vida con simetría bilateral

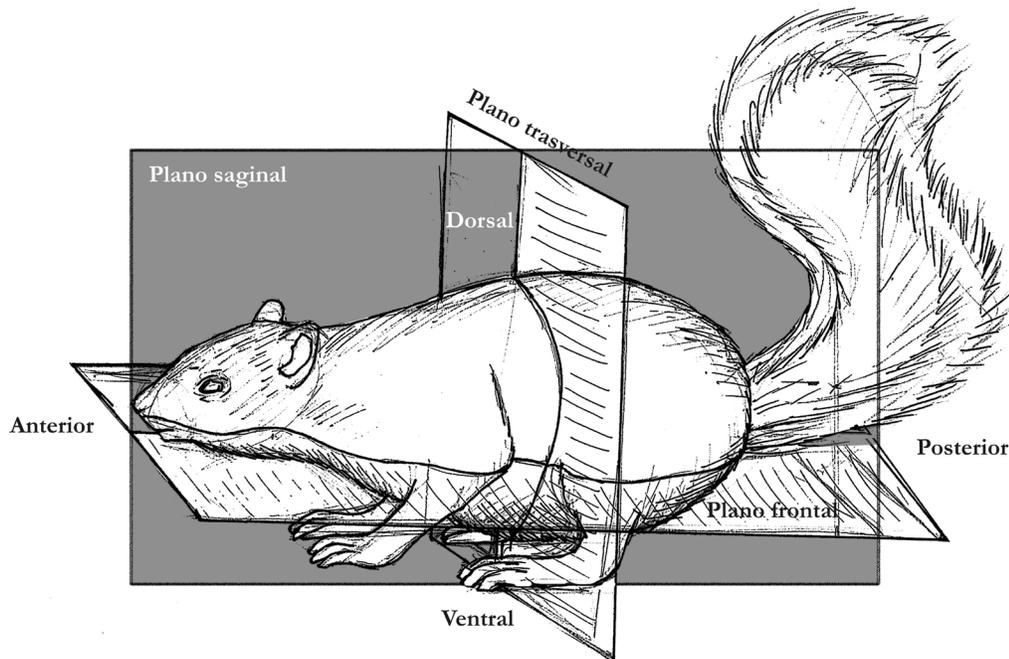
En los organismos con simetría bilateral solamente un plano sagital puede dividir al animal en mitades especulares izquierda y derecha. La aparición de la simetría bilateral en la evolución animal constituyó un enorme avance, ya que éstos están mejor

adaptados para moverse en una dirección determinada (hacia adelante) que los animales con simetría radiada. Los animales bilaterales forman un grupo monofilético de filos denominado bilateria. También esta simetría está estrechamente ligada a la cefalización.

Algunos términos necesarios para señalar o localizar regiones en el cuerpo de animales bilaterales:

- **Anterior:** extremo cefálico o de la cabeza.
- **Posterior:** extremo opuesto o cola.
- **Dorsal:** lado del lomo y **ventral** el del vientre o del frente.
- **Medial:** se refiere a la línea media longitudinal del cuerpo.
- **Lateral:** a los lados.
- **Partes distales:** son las que se encuentran más lejos del centro del cuerpo que un punto de referencia.
- **Proximales:** que están más cerca.
- **Plano frontal:** divide al cuerpo en dos mitades, dorsal y ventral.
- **Plano sagital:** divide al animal en dos mitades, izquierda y derecha.
- **Plano transversal:** contiene al eje dorsal-ventral e izquierda-derecha, y es perpendicular tanto al plano sagital como al frontal, lo que produce en el animal mitades anterior y posterior (ver figura 2.5).

Los animales bilaterales se pueden agrupar de acuerdo con su tipo de cavidad interna o la ausencia de ésta. Una innovación fundamental que aparece en los animales bilaterales es el celoma, un espacio lleno de fluido que rodea al tubo digestivo. Proporciona un diseño del tipo



**Figura 2.5**  
Planos de simetría  
bilateral en un  
animal.

tubo dentro de un tubo, lo que permite una flexibilidad mucho mayor de la cavidad interna. El celoma también supone la disponibilidad de espacio para los órganos viscerales, y permite un mayor tamaño y complejidad al dejar mayor superficie expuesta para intercambios celulares. El celoma lleno de fluido funciona en ciertos gusanos como esqueleto hidrostático, contribuyendo a funciones de traslado y excavación (ver figura 2.6).

### Grados acelomados: Proyectos de vida sin celoma

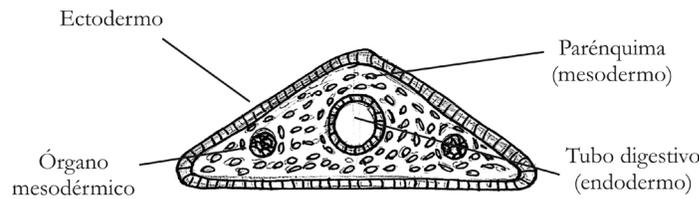
Los animales bilaterales más primitivos no tienen un celoma verdadero. Los platelmintos no poseen cavidad corporal alrededor del tubo digestivo. El espacio entre la epidermis (ectodérmica) y el tubo digestivo (endodérmica) está completamente ocupado por mesodermo, en forma de una masa esponjosa de células de relleno, denominado parénquima.

### Phylum platelmintos (características y ciclo de vida)

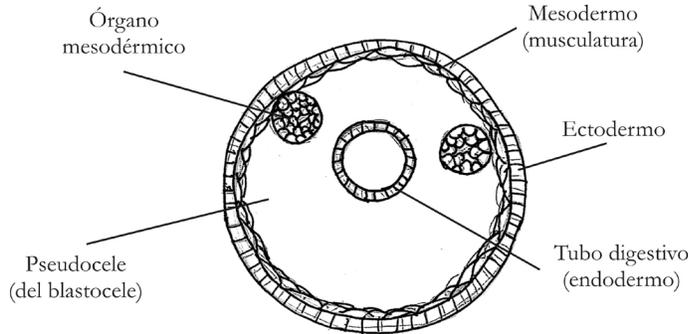
El filo platelmintos (*Platyhelminthes*, Gr. *Platy*, “plano”, *helminth*, “gusano”) comprende unas 20,000 especies de gusanos tanto de vida libre como parásitos. Son metazoarios triploblásticos acelomados con simetría bilateral. La forma del cuerpo de los platelmintos es muy variable y se han adaptado a vivir en una gran variedad de hábitat. La mayoría de los platelmintos de la clase trematoda y cestoda tienen importancia médica y sanitaria porque incluyen especies que parasitan al hombre. La clase trematoda, parásitos de forma foliácea, se incluyen los *Fasciola* hepáticos, que parasita a una gran variedad de mamíferos herbívoros y carnívoros; es muy común en el ganado lanar, en el porcino y en el vacuno. Los turbelaria están formados por especies ben-



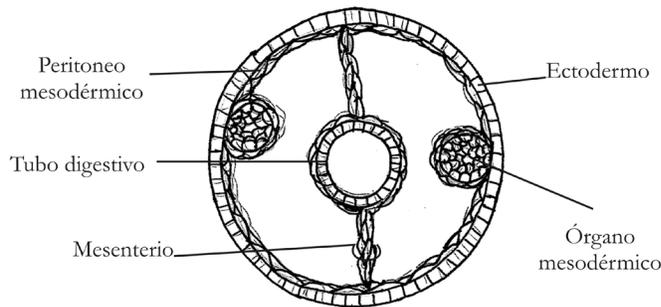
Las larvas de los parásitos, comúnmente llamados cisticercos o solitaria, tienen predilección por el sistema nervioso (cerebro).



**Acelomado**



**Pseudocelomado**



**Figura 2.6** Modelos de organización acelomados, pseudoacelomados y eucelomados.

tónicas de vida libre, tanto marinas como de agua dulce, aunque hay unas pocas especies terrestres. Como su nombre lo indica, los platelmintos están comprimidos dorsiventralmente, aunque la forma varía desde la ovalada a la alargada y en forma de cinta. El tamaño de las especies de vida libre oscila entre 1 mm y 30 cm de longitud, aunque la mayoría miden de 1 a 3 cm. Los de mayor tamaño son las tenias, que llegan a medir varios metros.

Los platelmintos son animales triploblásticos, bilaterales y acelomados, al mismo tiempo se desarrollaban estructuras complejas; órganos, sistemas, cefalización, centralización del sistema nervioso, así como unidades sensoriales de integración y motoras. Se han desarrollado sistemas reproductores complejos que favorecen la fecundación interna y la producción de huevos con más vitelo y con cubiertas.

*Alimentación y digestión*

**Turbelarios.** La mayoría de los turbelarios son carnívoros, depredadores o carroñeros, y se alimentan de casi cualquier material de procedencia animal que está a su disposición. Unos pocos son herbívoros y se alimentan de microalgas, y algunos pasan de ser herbívoros a carnívoros cuando maduran.

Se conocen más de 100 especies de turbelarios que son simbiotes de otros invertebrados. Algunos de ellos son comensales que obtienen una cierta



**Figura 2.7** Forma adulta de un platelminto parásito, que en su forma larvaria dentro del cerdo los conocemos como cisticerco.

protección del otro animal, y únicamente tienen algunas modificaciones físicas para la fijación temporal. En general, el tubo digestivo de los turbelarios está formado por la boca, la faringe y el intestino o cavidad entérica. El tubo digestivo de los turbelarios es incompleto, ya que sólo tienen un orificio de comunicación con el exterior, y por eso se denomina cavidad gastrovascular.

Los métodos de alimentación de los turbelarios de vida libre dependen del tamaño del animal y de la complejidad de sus estructuras para conseguir los alimentos, especialmente de la faringe.

*Trematodos y cestodos.* Los trematodos adultos se alimentan de tejidos y líquidos de hospedador o, en algunos casos, de las sustancias que hay en el tubo digestivo de éste. El alimento es ingerido a través de la boca mediante el bombeo muscular que realiza la faringe, algunas moléculas orgánicas son captadas por pinocitosis a través del tegumento. En la parte anterior del tubo digestivo se encuentra la boca, la faringe muscular y un corto esófago que conduce hasta un par de ciegos intestinales.

Los cestodos carecen de cualquier resto de boca y de tubo digestivo, por lo que obtienen todos sus alimentos a través del tegumento del cuerpo. Probablemente se producen por pinocitosis y por difusión, atravesando la superficie del cuerpo.

#### *Circulación e intercambio gaseoso*

Los platelmintos carecen de estructuras diferenciales para la circulación y el intercambio gaseoso. Esta carencia impone una limitación, la clave para la supervivencia radica en mantener unas distancias pequeñas de difusión.

Los platelmintos endoparásitos son capaces de vivir en zonas del hospedador en las que no hay oxígeno, producen diversos productos finales reducidos (p. ej., lactato, succinato, alanina y ácido graso de cadena larga).

#### *Excreción y osmoregulación*

Uno de los principales avances de los platelmintos es que han desarrollado protonefridios. Los protonefridios de los turbelarios son bulbos en llama. Están conectados en una red de túbulos conectores que terminan en uno o en dos poros nefridianos.

Los trematodos tienen un número variable de protonefridios, del tipo de los bulbos en llama y dos nefroductos que desembocan en la vejiga en la que almacenan los desechos y que en los trematodos digenéticos abre al exterior por medio de un poro excretor posterior.

Los cestodos tienen numerosos protonefridios, del tipo de los bulbos en llamas, repartidos por todo el cuerpo. Desembocan en dos pares de conductos excretores, un par latero dorsal y otro latero ventral, que recorren longitudinalmente todo el cuerpo.

### *Sistema nervioso y órganos de los sentidos*

*Turbelarios.* El sistema nervioso de los turbelarios varía desde un plexo sencillo, en el que sólo destaca una pequeña concentración de neuronas en la cabeza, hasta un sistema nervioso claramente bilateral, con un ganglio cerebroide bien desarrollado y cordones nerviosos longitudinales unidos a intervalos regulares por comisura trasversales.

La mayoría de los turbelarios tiene órganos quimiorreceptores que contribuyen a la localización de alimentos.

*Trematodos y cestodos.* El sistema nervioso de los tremátodos tiene una disposición en escalera, bien desarrollado y muy parecido al de muchos de los turbelarios. El ganglio cerebroide tiene dos lóbulos unidos por una comisura dorsal trasversal. Desde éstos salen nervios que se dirigen hacia la región anterior para inervar la zona de la boca, los órganos adhesivos y los órganos sensoriales cefálicos. Hacia atrás salen tres pares de cordones nerviosos. En las ventosas de los trematodos hay receptores táctiles en forma de seda y pequeñas espinas.

El ganglio cerebroide de los cestodos está representado por un anillo nervioso complejo situado en el escólex. Tiene engrosamientos ganglionares y de él salen varios nervios.

En los cestodos están muy bien reducidos los órganos sensoriales y sólo tienen receptores táctiles, bastante numerosos en el escólex.

### *Reproducción y desarrollo*

*Reproducción asexual y regeneración.* Es común en los turbelarios dulceacuícolas y terrestres que se produzca por fisión trasversal.

El extraordinario poder de regeneración de los turbelarios ha sido muy estudiado durante mucho tiempo.

*Reproducción sexual: turbelarios.* Son hermafroditas y tienen un sistema reproductor complejo y muy variable. El sistema reproductor masculino está formado por un testículo, un par de testículos o por testículos múltiples. De los testículos salen conductos deferentes que se reúnen para formar uno o dos espermiductos que llegan hasta una bolsa de almacenamiento previa de los órganos copuladores.

El aparato reproductor femenino es más variable que el masculino. En el ovario se producen óvulos sin vitelo que se mueven por el oviducto hasta el atrio genital donde se almacena el esperma. Durante el apareamiento, normalmente se produce una fecundación cruzada. Se colocan de manera que el gonoporo masculino de cada uno de ellos queda presionado contra el gonoporo femenino de la pareja. Después de la copulación, los individuos se separan y cada uno sigue su propio camino, llevando el esperma del otro en su interior.

Cuando ya se ha producido la fecundación, los cigotos pueden ser retenidos en el útero o depositados en forma de filamentos gelatinosos, o como masas de huevos encapsulados.

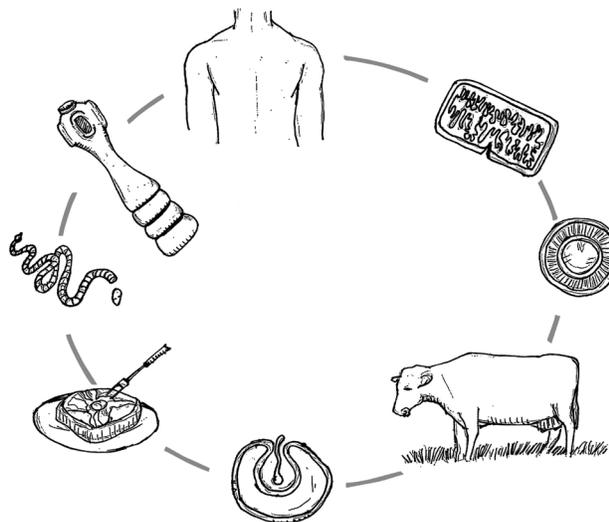
*Reproducción sexual: trematodos.* Son hermafroditas y tienen fecundación cruzada. El aparato reproductor masculino puede presentar un número variable de testículos de los cuales salen conductos, que se unen en un espermiducto común; el cual conduce hasta el aparato copulador, normalmente un cirro evaginable. El aparato reproductor femenino consta de un solo ovario, que se comunica por un oviducto con el atrio genital y útero.

En los testículos se producen espermatozoides, que se almacenan en la vesícula seminal hasta la cúpula, en la cual se sitúan de tal manera que el cirro de cada uno de ellos se introduce en el poro femenino del otro.

*Reproducción sexual: cestodos.* La mayor parte de su existencia, energía y biomasa se dedican a producir nuevos individuos. Son hermafroditas, con fecundación cruzada, aunque puede haber auto fecundación. Los testículos son numerosos. Los conductos deferentes que salen de cada uno de los testículos se unen en un espermiducto sinuoso que llega hasta la bolsa del cirro. El aparato reproductor femenino está formado por dos ovarios, cada uno con un oviducto que desemboca en el útero.

*Taenia saginata* se conoce vulgarmente como tenia de la vaca, ya que el ganado vacuno actúa como hospedero intermediario. Los adultos, que pueden medir más de un metro de longitud, viven en el intestino delgado humano. Los proglótides grávidos salen con las heces, y los huevos fecundados quedan libres al romperse los proglótides. Cada cigoto forma una oncósfera rodeado por una cubierta resistente que le permite permanecer durante dos o tres meses en el ambiente.

Al pastar el ganado vacuno ingiere las oncósferas que se liberan de su cubierta y es transportado por el sistema circulatorio hasta los músculos esqueléticos, donde se desarrolla en cisticerco, que se enquista en el huésped. Si una persona come la carne infestada cruda o poco cocinada, el escólex se evagina y se fija en epitelio del intestino delgado del nuevo huésped donde se desarrolla hasta llegar a estado adulto (ver figura 2.8). Otra tenia, *Taenia solium*, utiliza el cerdo como hospedero intermediario y tiene un ciclo similar.



**Figura 2.8**  
Ciclo de vida de una  
*Taenia solium*.

### Grado pseudocelomados: Proyectos de vida con falso celoma

Los nematodos, y algunos otros filos, presentan una cavidad rodeando al tubo digestivo, pero no está limitado por peritoneo mesodérmico, sino que se deriva del blastocele embrionario y por ello puede considerarse como un blastocele persistente. Este tipo de cavidad corporal se denomina pseudocele o pseudoceloma.

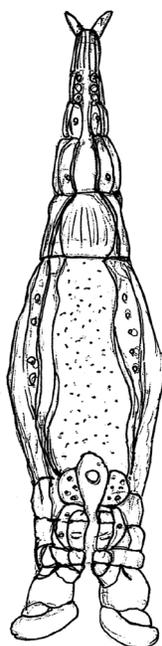
### Phylum rotífera (características y ciclo de vida)

El filo rotíferos (*L. rota* “rueda”, *fera* “llevar”) está constituido por más de 1,800 especies. Leeuwenhoek, a finales del siglo XVII, los observó y fueron agrupados como animálculos en el grupo protista. Unas pocas especies llegan a medir 2 o 3 mm, pero la mayoría mide menos de 1 mm. A pesar de su tamaño los rotíferos presentan una gran variedad de formas corporales. La mayoría son solitarios, pero algunas formas sésiles son coloniales y algunos de ellos secretan una cubierta gelatinosa en la que pueden retraerse los animales. Son comunes en aguas dulces, pero también existen especies marinas y otras viven en el suelo húmedo o en la película de agua que cubre los musgos.

El cuerpo tiene tres regiones principales, la cabeza, el tronco y el pie. En el extremo anterior poseen un órgano ciliado llamado corona. La superficie del cuerpo de muchos rotíferos está anillada, lo que le confiere una cierta flexibilidad. Es frecuente que tengan espinas, tubérculos u otras ornamentaciones. En la mayoría de las especies el pie es alargado y en la base tiene glándulas que secretan sustancias que les permiten sujetarse al sustrato. Aunque hay pocos rotíferos sésiles, la mayoría son móviles y bastante activos, y se desplazan nadando o mediante movimientos de reptación (ver figura 2.9).



El cultivo de rotíferos logra cubrir las demandas en calidad nutricional y cantidad, especialmente en la primera alimentación de peces.



Los rotíferos se alimentan de formas muy distintas, típicamente de detritos y pequeños organismos. La corriente alimenticia se origina por la acción de los cilios. Las partículas son dirigidas hacia el surco alimentario ciliado y son transportadas por el campo bucal hacia la boca.

Existen algunas especies depredadoras, en éstas los cilios se encuentran reducidos y sólo se usan para la locomoción. Sujetan a sus presas, deglutiéndolas para luego fragmentarlas y succionan sus líquidos. En la mayoría de los rotíferos el tubo digestivo es completo y más o menos rectilíneo. La boca se continúa con la faringe (mástax), que desemboca en un pequeño esófago para llegar al estómago. El intestino es corto y conecta con el ano por medio de una cloaca, en la que también desembocan el oviducto y los conductos excretores.

Los rotíferos carecen de órganos especiales para el intercambio de gases entre los tejidos y el ambiente. El líquido del blastocele sirve como medio para el transporte por el interior del cuerpo, lo que se

**Figura 2.9**  
Cuerpo típico de un rotífero.

ve favorecido por los movimientos generales y las actividades de los músculos. El pequeño tamaño del cuerpo hace que las distancias de difusión sean cortas, lo que facilita el transporte y el intercambio de gases, nutrientes y desechos. El intercambio gaseoso probablemente se produzca en todas las zonas de la superficie del cuerpo en las que la cutícula sea bastante delgada.

La mayoría de los rotíferos tiene un par de protonefridios, del tipo de los bulbos en llama, localizados en la zona anterior del cuerpo. Desde cada uno de ellos sale un nefroducto que va hasta la vesícula colectora que, a su vez se vacía en la cloaca a través de un poro ventral. Los protonefridios en los rotíferos tienen un papel en la osmoregulación, especialmente en especies de agua dulce.

El ganglio cerebroide de los rotíferos está situado en el cuello, en posición dorsal con respecto a la faringe. Desde el ganglio cerebroide salen varios nervios, algunos de los cuales presentan pequeños engrosamientos ganglionares. Generalmente tienen dos nervios longitudinales principales que pueden ser lateroventrales o uno dorsal y el otro ventral. En la zona de la corona hay diversas sedas y espinas sensoriales táctiles y, frecuentemente, un par de rosetas ciliadas que se cree son quimiorreceptoras. Las antenas dorsal y lateral probablemente son táctiles.

Probablemente la partenogénesis sea el método más común de reproducción entre los rotíferos, pero se desconoce si existe alguna forma de reproducción asexual la mayoría de los grupos muestran un poder de regeneración muy reducido.

El aparato reproductor masculino está formado por un testículo, un espermiducto y un poro genital posterior, cuyas paredes suelen estar plegadas para formar un órgano copulador. El aparato reproductor femenino consta de uno o dos germivitelarios. Los huevos que producen los ovarios reciben el vitelo directamente del vitelario antes de recorrer el oviducto y llegar a la cloaca.

Si existen los machos, la cópula puede producirse mediante la inserción del órgano copulador masculino en la cloaca de la hembra o por impregnación hipodérmica. De alguna manera los espermatozoides encuentran el camino hacia el aparato reproductor de la hembra, donde se produce la fecundación. Una vez fecundado el huevo produce una serie de membranas de encapsulamiento y puede quedar adherido al sustrato o ser transportado e incubado, externa o internamente, por la hembra.

El cultivo de rotíferos ha sustentado exitosamente el cultivo de larvas de crustáceos y peces, logrando cubrir las demandas tanto en calidad nutricional como en cantidad, especialmente en la primera alimentación de peces, etapa en la cual se presenta alta mortandad sino se cuenta con el alimento adecuado.

### **Phylum nematoda (características y ciclo de vida)**

Hay una extensa bibliografía sobre los nematodos (gusanos redondos), gran parte de esta se encuentra dedicada a especies parásitas de importancia económica o sanitaria. Muchas de ellas

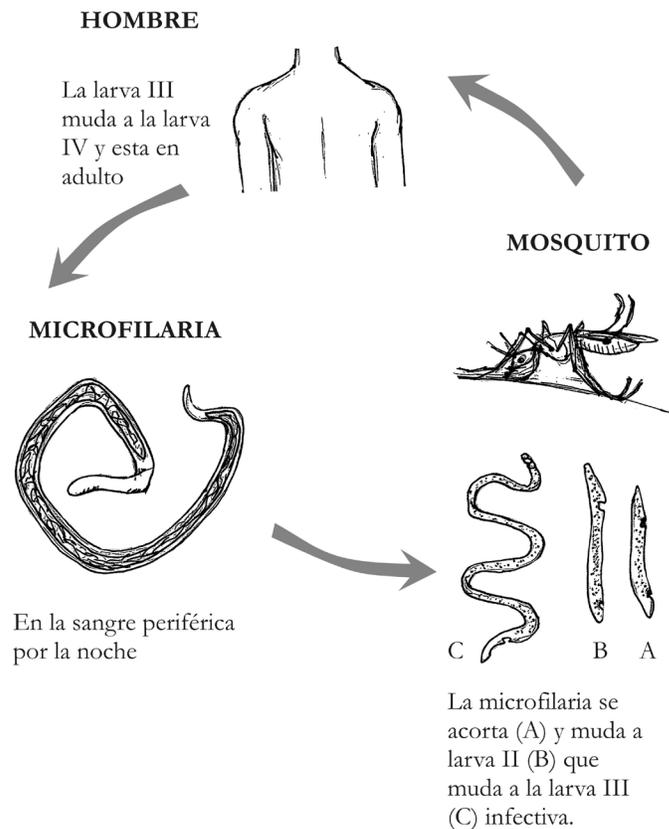
se conocen desde la antigüedad, por su gran tamaño, pero las pequeñas y de vida libre se descubrieron hasta la invención del microscopio. La mayoría de los especialistas en este grupo prefieren usar el nombre nemata (Gr. *nema* “hebra”) para este filo, aunque es muy frecuente usar el término nematodos. Con unas 25,000 especies descritas (y las que faltan), es uno de los grupos de metazoarios más abundantes. Se ha citado que en una manzana podrida podrían existir más de 90,000 nematodos.

Mientras que la mayoría de las especies de vida libre son microscópicas, muchas de las especies parásitas son mucho mayores, algunos individuos llegan a medir hasta 8 m. Se encuentran en todos los hábitats marinos, de agua dulce y terrestre. Los marinos son de los más comunes y extendidos, encontrándose desde las orillas hasta las profundidades abisales.

Hay nematodos parásitos de todos los grupos de animales y plantas. Algunos producen grandes daños en las cosechas y en el ganado, y algunos producen enfermedades en el humano. Los propietarios de mascotas encuentran tarde o temprano nematodos parásitos en ellas, ya sea en sus heces o en el vómito de sus perros y gatos. Una especie, *Onchocerca volvulus*, produce una enfermedad ocular en los seres humanos denominada “ceguera de río”, que afecta a casi 20 millones de personas en Latinoamérica y África. En nuestro país se encuentra en los límites entre Oaxaca y Chiapas (ver figura 2.10). La oncocercosis se transmite por la picadura de diferentes especies de, *simulium*, moscas muy pequeñas cuyas larvas viven en los ríos.



La OMS reconoce a la oncocercosis (causada por un nemátodo) como un grave problema de salud pública, existen 123 millones de personas en riesgo, 17.7 millones están infectadas y 270,000 ciegos. La oncocercosis afecta a los individuos de comunidades alejadas y aisladas que se dedican a la agricultura y su economía es de las más pobres (Oaxaca y Chiapas).



Los nematodos son blastocelomados vermiformes con el cuerpo relativamente delgado y normalmente con una sección transversal. El cuerpo de los nematodos está cubierto por una cutícula bien desarrollada, compleja y formada por numerosas capas que son secretadas por la epidermis. La cutícula es la responsable de que los nematodos hayan invadido ambientes desfavorables, como en los suelos secos y el tubo digestivo de los hospederos, ya que reduce mucho la permeabilidad de la pared del cuerpo. Los nematodos terrestres o parásitos tienen la cutícula con una capa fibrosa

**Figura 2.10**  
Ciclo de vida de *Onchocerca Volvulus*, parásito que produce la “ceguera de río” en nuestro país.

interna densa y en la mayoría de las especies de vida libre, tanto marinas como de agua dulce carecen de dicha capa.

Por sus costumbres y hábitats los nematodos han desarrollado una variedad de estrategias de alimentación que suelen reflejarse en las características anatómicas del área de la boca. Los labios, espinas, dientes, mandíbulas y las demás estructuras bucales se disponen siguiendo una simetría radial. Muchos nematodos son detritívoros, pero otros son microcarroñeros y viven en el interior o sobre los cadáveres y las heces. Muchos nematodos de vida libre son carnívoros depredadores, que se alimentan cazando una gran variedad de animales pequeños. Otros se alimentan de diatomeas, algas y bacterias. Los nematodos fitoparásitos, dañan las células de las raíces y succionan su contenido.

Se conocen parásitos de casi cada grupo de plantas y animales. En los invertebrados y vertebrados (incluido el hombre), los nematodos parasitan diferentes líquidos corporales y órganos, donde pueden causar grandes daños tisulares.

El tubo digestivo de los nematodos es sumamente variable, tanto en complejidad como en especialización. La boca está localizada en el extremo anterior del cuerpo y tras ella hay una pequeña cavidad bucal que se conecta con el esófago, tapizado por cutícula; en ocasiones se le llama faringe. El esófago es alargado y puede estar subdividido en diferentes regiones musculares y glandulares. Los músculos del esófago bombean los alimentos desde la cavidad bucal hacia el intestino, tras el cual hay un corto recto que finaliza en el ano (ver figura 2.10).

Al principio se produce una digestión extracelular; la digestión intracelular tiene lugar en el digestivo medio y la absorción se produce a través de las microvellosidades de las células de esta región del tracto digestivo.

Los nematodos no poseen estructuras especiales para la circulación ni para el intercambio gaseoso. Como en muchos de otros grupos anteriores, estas funciones se realizan por difusión y por los movimientos del líquido de la cavidad corporal. Entre los diferentes nematodos existen algunos que tienen un metabolismo aerobio y otros son anaerobios, e incluso existen muchos de estos animales que son capaces de cambiar su metabolismo de un tipo a otro en función de la concentración de oxígeno del ambiente. Los anaerobios facultativos son muy importantes en los nematodos parásitos y en los que viven en ambientes anóxicos.

Las estructuras excretoras de los nematodos son exclusivas y, aparentemente, no son homólogas a ningún otro tipo de protonefridios de los demás metazoarios que los presentan. En muchos nematodos de vida libre, el sistema está constituido por una o dos células glandulares llamadas *renetas*, que comunican directamente con un poro excretor medio ventral y, en algunos casos, hay una tercera célula que forma una *ampolla* situada junto al poro excretor.

La mayoría de los nematodos son amoniotelicos, aunque algunos excretan mayores cantidades de urea en un entorno hipertónico. Gran parte de los desechos nitrogenados se pierde a través de la pared del digestivo medio y las renetas son principalmente osmoreguladoras.

El ganglio cerebroide está formado por un anillo nervioso periesofágico y varios ganglios asociados a él. Desde el anillo periesofágico sale hacia el extremo anterior del cuerpo una corona de nervios sensoriales y motores, al servicio de los órganos sensoriales cefálicos y de las estructuras bucales. Los órganos de los sentidos más abundantes en los nematodos son las papilas y las sedas sensoriales, que sirven como receptores táctiles. Los *anfidios* son un par de órganos que se sitúan a los lados de la cabeza, probablemente con función quimiorreceptora.

La mayoría de los nematodos son dioicos y tienen cierto grado de dimorfismo sexual. El aparato reproductor femenino generalmente está constituido por un par de ovarios alargados, que se ahuecan gradualmente en un par de oviductos y aumentan de tamaño para formar unos oteros. Éstos se unen en una pequeña vagina que abre al exterior por un único gonoporo, que es independiente del ano.

Los machos son menores que las hembras y generalmente tienen el extremo posterior recurvado. El aparato reproductor está constituido por uno o dos testículos tubulares o filiformes, cada uno de los cuales presenta una especialización regional, en la que se pueden diferenciar una región distal o zona germinal, una región media o zona de crecimiento y una región proximal o *zona* de maduración, cercana a la unión con el espermiducto. El espermiducto se extiende hacia atrás y se ensancha para formar una vesícula seminal que conduce hasta un conducto eyaculador muscularizado, que se une al digestivo posterior cerca del ano.

Antes de realizar la cópula los machos producen el espermatozoide y lo almacenan en la vesícula seminal, mientras que las hembras producen óvulos que se van acumulando en la luz del útero. Cuando los miembros de una pareja entran en contacto, el macho enrolla su extremo posterior alrededor del cuerpo de la hembra a la altura de su gonoporo. En esta posición, las espinas copuladoras se insertan en la vagina y se produce la transferencia del espermatozoide debido a las contracciones de los músculos del canal eyaculador. La fecundación se produce en el interior del útero. Alrededor de cada cigoto se forma una cáscara, de doble capa, relativamente gruesa. La puesta de los huevos se produce en el entorno, donde se lleva a cabo el desarrollo.

### **Grado celomado: Proyectos de vida con celoma**

El gran tamaño en el reino animal trae consecuencias tanto físicas como ecológicas para el organismo. La superficie de un animal grande puede resultar insuficiente para la respiración y la nutrición de células situadas profundamente en el interior del cuerpo. Una solución es el desarrollo de sistemas de transporte para acarrear nutrientes, gases y productos de desecho entre las células y el medio externo.

Una innovación fundamental que aparece en los animales bilaterales es el celoma, un espacio lleno de fluido que rodea al tubo digestivo. El celoma proporciona un diseño del tipo “un tubo dentro de otro tubo”, lo que permite una notable flexibilidad de la cavidad interna. El celoma también supone la disponibilidad de espacio para los órganos viscerales y permite un mayor tamaño y complejidad al dejar una superficie considerable expuesta para intercambios celulares. El celoma, lleno de fluido, funciona adicionalmente como un esqueleto hidrostático en ciertos

casos, especialmente en muchos gusanos, contribuyendo a actividades como la traslación y la excavación. El celoma está tapizado por peritoneo mesodérmico (ver figura 2.6).

### **Serie Protostomados: Proyectos de vida en que el blastóporo origina la cavidad bucal**

#### **Phylum Mollusca (características y ciclo de vida)**

##### *Filo molusco (Mollusca)*

Entre los moluscos están incluidos algunos de los invertebrados más conocidos. A todos nos son familiares los caracoles, las almejas, las babosas, los calamares y los pulpos. Las conchas de los moluscos han sido populares desde épocas antiguas y algunas culturas todavía las utilizan como herramientas, envases, instrumentos musicales, dinero, amuletos y como objetos decorativos.

Hay descritas cerca de 93,000 especies de moluscos actuales y se conocen otras 7,000 de moluscos fósiles. Las tres clases de moluscos más conocidas, en las que están incluidas las almejas (Bivalvos), los caracoles y las babosas (Gasterópodos) y los calamares y pulpos (Cefalópodos), hay otras cuatro clases: los quitones (Poliplacóforos), las conchas colmillo de elefante (Escafópodos).

El filo moluscos (*Mollusca*) es uno de los grupos de animales con mayor diversidad morfológica. El tamaño de los moluscos varía desde el de algunas almejas microscópicas hasta el de la almeja gigante, que llegan a medir un metro de longitud, o de los calamares gigantes (*Architeuthis*) que alcanzan 20 metros de longitud total.

Es frecuente que el pulpo gigante del pacífico (*Octopus dofleini*) tenga unos brazos de 3 a 5 metros de longitud y que alcance un peso de más de 40 kilogramos.

Los moluscos tienen simetría bilateral y son protostomos celomados, pero el celoma sólo está representado por pequeños espacios residuales alrededor del corazón (cavidad pericárdica), de las gónadas, de algunas partes de los nefridios (riñones) y, en algunos casos, en parte del intestino (celoma perivisceral). La cavidad principal del cuerpo es un hemocele. El cuerpo está constituido por tres partes claramente diferenciadas: la cabeza, el pie y la masa visceral, en la que están concentrados la mayoría de los órganos. En la cabeza puede haber diferentes estructuras sensoriales, las más importantes son los ojos, los estatocistos y los tentáculos. El cuerpo está cubierto por una gruesa lámina de piel (epidermis y cutícula) denominada *manto* (también llamado *palio*), que tiene un papel fundamental en la organización del cuerpo, ya que secreta el esqueleto calcáreo, que puede estar constituido por pequeños escleritos o placas, incluidos en la pared del cuerpo, o por una concha sólida interna o externa. Generalmente tienen un gran pie ventral muscularizado.

Alrededor de la masa visceral o por detrás de ella, hay una cavidad que es el espacio que queda entre la masa visceral misma y los lóbulos del manto. En esta *cavidad del manto*, suele alojar las branquias (*ctenidios*) los orificios de salida del tubo digestivo, de los nefridios y del sistema reproductor.

El tubo digestivo es completo y está dividido en regiones especializadas. En la región bucal hay una región exclusiva de los moluscos llamada *rádula*, es una banda con dientes similar a una lengua, que emplean para alimentarse y que utilizan como si se tratase de un raspador. El sistema circulatorio abierto normalmente incluye un corazón, situado en una cavidad pericárdica y unos pocos vasos grandes que desembocan en los espacios hemocélicos. El sistema excretor está formado por uno o más pares de riñones (metanefridios), cuyos nefrostomas generalmente se encuentran en la cavidad pericárdica. El sistema nervioso está formado por un ganglio cerebroide dorsal, un anillo nervioso periesofágico, pares de cordones nerviosos longitudinales en escalera y varios pares de ganglios.

La fecundación puede ser interna o externa. El desarrollo es como el típico de los protostomos con segmentación espiral y uno de los estadios larvarios de tipo trocoforiano.

Entre los moluscos más extraños se encuentran los aplacóforos. Representantes de esta clase son pequeños y vermiformes, y hay formas excavadoras que habitan en aguas profundas.

Los polioplacóforos o quitones, son moluscos de forma oval en cuyo dorso tienen una concha formada por ocho placas independientes, pero articuladas unas con otras.

Su tamaño oscila entre 7 mm y 35 cm de longitud. Estos animales marinos habitan comúnmente la franja intermareal, viviendo en todos los mares y a cualquier latitud.

Los monoplacóforos son moluscos similares a las lapas, viven en océanos a profundidades moderadas o grandes. Su característica más llamativa es la disposición seriada de muchos de sus órganos.

Los gasterópodos son los moluscos mejor conocidos. A esta clase pertenecen los caracoles y las babosas de todos los hábitat marinos dulceacuíferas y terrestres.

Entre los bivalvos se incluyen las almejas, las ostras, los mejillones y todos sus parientes. Su concha está formada por dos *valvas* independientes. Los bivalvos de menor tamaño son los de la familia de agua dulce, esféricos (*Sphaeriidae*), que raramente miden 2 mm de longitud, y los de mayor tamaño son los tlacobos o almejas gigantes tropicales (*Tridacna*), una de estas especies (*T. gigas*) puede llegar a pesar 400 kg. Los bivalvos viven en todos los ambientes marinos y en algunos hábitats de agua dulce.

Los escafópodos, o conchas colmillos de elefante, viven parcialmente enterrados en la superficie de los sedimentos marinos a diversas profundidades.

Los cefalópodos probablemente sean los moluscos más modificados respecto al modelo general y entre ellos están los nautilus, los calamares, las sepias, los pulpos, y una gran cantidad de formas ya extinguidas.

Excepto los aplacóforos, todos los moluscos tiene una sólida concha calcárea (de aragonito o de calcita) producida por las glándulas de la concha del manto.

Los moluscos son famosos por los complejos diseños, a menudo con ostentosos colores y ornamentaciones de la concha, pero es poco lo que se sabe sobre el origen y la función evolutiva de estas características.

Los monoplacóforos tienen una concha grande de una sola pieza con forma de gorro rígido y con el ápice desplazado hacia el extremo anterior. Como en el caso de los quitones.

La concha de los bivalvos, como su nombre lo indica, está formada por dos valvas, unidas dorsalmente y entre las cuales queda el cuerpo y una cavidad paleal espaciosa.

La concha de los escafópodos es similar a un colmillo de elefante hueco y en miniatura, de donde proceden sus nombres vulgares “concha colmillo de elefante” y “conchas diente”. Están abiertas por los dos extremos, y el orificio menor es el que corresponde al extremo posterior del cuerpo.

La mayoría de los cefalópodos actuales tiene la concha reducida o no tiene concha. Los calamares y sepias tienen la concha reducida e interna. Los pulpos carecen totalmente de concha o sólo poseen un pequeño rudimento.

La concha de los gasterópodos es extraordinariamente variante en forma y tamaño. Las menores son microscópicas y las mayores miden más de 40 cm. La forma típica es la de las conocidas conchas espirales cónicas, enrolladas alrededor de un eje central o *columnela* (ver figura 2.11).

Los aplacóforos carecen de un pie bien desarrollado, la locomoción se debe principalmente a movimientos lentos de deslizamiento ciliar, a través o sobre el sustrato. Los gasterópodos tienen una gran *glándula pedial* que produce grandes cantidades de moco, especialmente en las especies terrestres que tienen que deslizarse sobre superficies relativamente secas.

En los bivalvos generalmente el pie tiene forma de hoja y está comprimido lateralmente.

La mayoría de los bivalvos viven en hábitat bentónicos blandos, donde excavan a diferentes profundidades del sustrato.

Por supuesto, los campeones de natación son los cefalópodos. Estos animales han abandonado los hábitos generalmente sedentarios de los demás moluscos y se han convertido en eficaces y veloces depredadores.

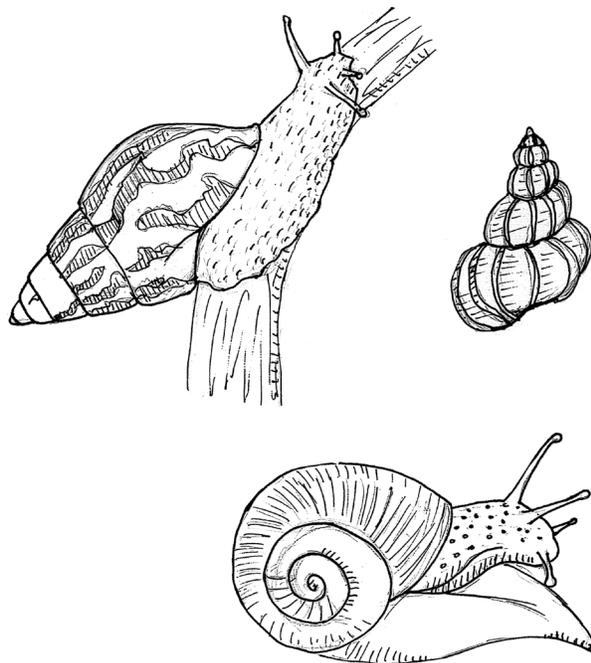
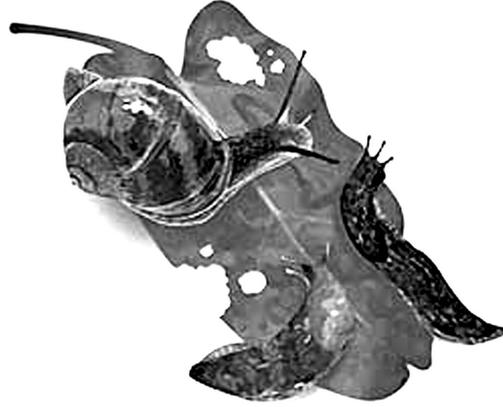


Figura 2.11  
Conchas de  
gasterópodos.



Los caracoles terrestres tienen importancia económica, pues algunos llegan a ser plagas de diversos cultivos (junto con las babosas), como frutas, verduras y otros.

Entre los moluscos hay dos tipos básicos de alimentación. Algunos son herbívoros o depredadores (macrofagia) y otros son suspensívoros (macrofagia).



**Figura 2.12**  
El caracol como plaga de hortalizas o frutales.

*La rádula de los moluscos y la macrofagia.* La rádula a menudo funciona como un raspador para arrancar las partículas alimenticias que van a ser ingeridas, aunque en muchos grupos se ha adaptado para otras acciones.

*Alimentación microfágica y suspensívora.* La alimentación de tipo suspensívora se ha desarrollado varias veces a lo largo de la evolución de los moluscos, pero en la mayoría de los casos implica modificaciones de los ctenidios que permiten al

animal atrapar las partículas orgánicas en suspensión en las corrientes de agua de la cavidad paleal. Muchos moluscos generan una sola corriente para el intercambio gaseoso y para la alimentación.

Los moluscos poseen un tubo digestivo completo. La boca conduce a una cavidad bucal, en cuyo interior está situado el aparato de la rádula y, a veces una faringe muscular. Generalmente el esófago es un tubo recto que conecta el digestivo anterior con el estómago.

Una vez que el alimento ha entrado a la cavidad bucal, en la mayoría de los moluscos, es transportado hacia el interior del esófago y del estómago en cintas de moco.

En la mayoría de los cefalópodos, cerca del intestino, hay una gran bolsa de tinta. En la pared de la bolsa hay una glándula productora de tinta y un conducto hasta un poro situado en el recto. Esta glándula secreta un líquido marrón o negro, con una alta concentración de melanina y moco que se almacena en la bolsa. Cuando está alarmado el animal libera la tinta a través del ano, hacia el agua circundante. Ésta se difunde en el agua formando una falsa imagen que confunde a los depredadores.

Los moluscos son dioicos, con un par de gónadas desde las que los gametos maduros se liberan al exterior, a través de los nefroductos o de gonoductos independientes. Algunas especies liberan los óvulos y su fecundación externa y el desarrollo indirecto. También se presenta formas de fecundación interna, con ciclos vitales directos o mixtos.

Cada espermatóforo está formado por una masa alargada de espermatozoides, un cuerpo adhesivo, un órgano eyaculado espiral y una caperuza. La masa de esperma se adhiere a la pared del receptáculo seminal o al manto de la hembra por medio del cuerpo adhesivo, donde comienza a desintegrarse y a liberar los espermatozoides por un par de días.

A medida que los huevos recorren el oviducto, se rodean con una cápsula membranosa. La masa de huevos se endurece a medida que reaccionan con agua de mar y después se fijan al sustrato.

La mayoría de los moluscos experimentan una segmentación espiral típica; la boca y el estómago se desarrollan a partir del blastóporo y el ano es una neoformación en la pared de la gástrula.

El desarrollo puede ser directo, mixto o indirecto. En el desarrollo indirecto, la larva trocófora nadadora es similar a la de los anélidos

### **Phylum Anélida (características y ciclo de vida)**

*Filo anélidos (anélida): los gusanos segmentados*

Filo anélido (anélida; Gr. “*annulatus*”, anillados), comprenden unas 16,500 especies. Entre los anélidos se encuentran algunos animales tan familiares, como las lombrices de tierra y las sanguijuelas, los diversos “gusanos de arena” y “gusanos de tubo” marinos. Algunos son muy pequeños, mientras que otros miden más de tres metros de longitud.

Los anélidos han invadido con éxito, prácticamente todos los hábitat en los que hay suficiente cantidad de agua disponible. Convirtiéndose en abundantes en el mar, frecuentes en agua dulce y ambientes terrestres húmedos. Hay especies parásitas, mutualistas y comensales.

La principal característica de los anélidos es que su cuerpo está segmentado, sus partes tanto externas como internas se repiten en cada uno de los segmentos, una condición que se denomina homología seriada (estructuras corporales que tienen un mismo origen genético y ontogenético y se forman durante el desarrollo embrionario del organismo). En los anélidos y artrópodos, esta repetición de estructuras produce una metamería o segmentación del cuerpo.

Los anélidos son triblásticos celomados con el tubo digestivo completo, un sistema circulatorio cerrado, un sistema nervioso bien desarrollado y estructuras excretoras en forma de protonefridios.

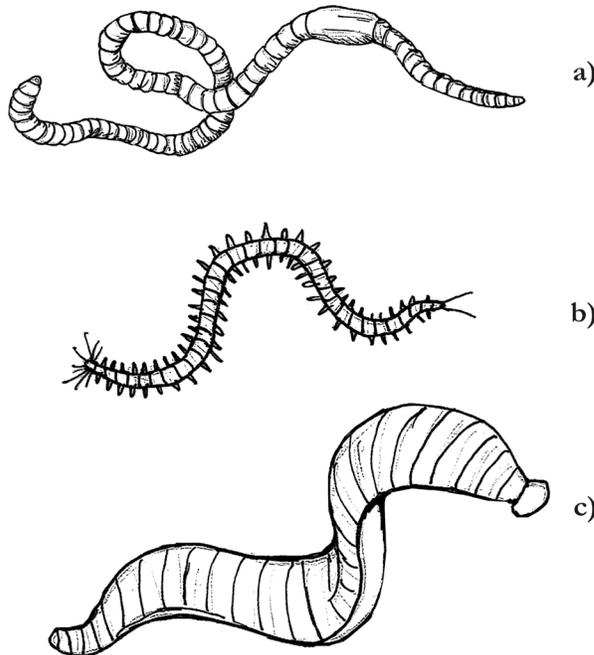
Ejemplo clásico de la organización de los animales triblásticos, celomados, bilaterales y metaméricos, cuerpo alargado y cilíndrico, aplanado en algunos grupos, sobre todo en las sanguijuelas. La cabeza está formada por el prostomio y el peristomio, que se encuentran en la boca.

Externamente, la segmentación del tronco puede apreciarse como una serie de anillos, que internamente se reflejan en la disposición sucesiva de los compartimentos celomáticos.

Internamente la segmentación se refleja en la disposición metamérica de los órganos y el sistema (homología sucesiva).

### Formas corporales

*Poliquetos.* En éstos se encuentran los anélidos más primitivos (ver figura 2.13). Casi todos son marinos, hay unos pocos que viven en aguas salubres y dulces, dos especies son de hábitos terrestres y también algunas formas simbiotas.



a) Normalmente, la forma del cuerpo de los poliquetos refleja sus hábitos y su hábitat. Los depredadores activos, algunos detritívoros excavadores se caracterizan por poseer una segmentación más o menos homónima.

b) Las múltiples variaciones en la forma del cuerpo de los poliquetos pueden describirse tomando como referencia el modelo básico de organización del cuerpo de los anélidos, dividido en cabeza, tronco segmentado y pigidio. La cabeza comprende el prostomio y el peristomio. En esta cabeza pueden tener apéndices en forma de palpos y antenas, prostomiales y cirros peristomiales carnosos.

Típicamente cada segmento lleva un par de apéndices independientes, llamados podios o parapodios, y fascículos de quetas.

*Oligoquetos.* Comprenden unas 6,000 especies de anélidos clitelados, la mayoría de los cuales viven en ambientes de agua dulce y terrestre. Aproximadamente 200 especies de oligoquetos se han adaptado a la vida en aguas salubres y marinas, donde pueden encontrarse desde la franja litoral hasta hábitat bentónicos de aguas profundas. La mayor parte de los oligoquetos son excavadores, aunque algunos son epibentónicos y viven entre los detritos y filamentos de las algas; pocos son tubícolas y otros son parásitos (ver figura 2.13).

**Figura 2.13**  
Anélidos típicos:  
a) Oligoqueto.  
b) Poliqueto.  
c) Hirudinio.



La lumbricomposta, fertilizante natural producido por las lombrices de tierra, protege al suelo de la erosión, aumenta la retención del agua y mejora la calidad de éste.



**Figura 2.14**  
Lumbricomposta.

Los oligoquetos se diferencian de los poliquetos en varias características, carecen de podios, poseen menos apéndices cefálicos y tienen menos quetas. Además de ser hermafroditas.

*Hirudínidos.* La mayor parte de las aproximadamente 500 especies de esta subclase son hirudínidos (verdaderas sanguijuelas).

Los hirudíneos son anélidos clitelados. Poseen un número fijo de segmentos. Por lo general pensamos que todas las sanguijuelas son grandes y chupadoras de sangre, sin embargo, muchas son depredadoras de vida libre o carroñeras. La mayoría de los hirudíneos miden entre menos de 0.5 y 2 cm de longitud, viven en agua dulce y de mar, pocas se encuentran en ambientes terrestres húmedos. Las que son total o parcialmente parásitas se alimentan de los líquidos corporales de diferentes hospedadores, tanto vertebrados como invertebrados (ver figura 2.13).

La mayoría de las sanguijuelas están aplanadas dorsoventralmente. Por lo general, en la región anterior hay unos ojos, y la boca se encuentra en posición vertical y rodeada por la ventosa oral o anterior. Además de los gonoporos y nefridioporos, las sanguijuelas tienen pocas estructuras externas diferenciadas.

#### *Soporte y locomoción*

*Poliquetos.* Ejemplo clásico del empleo de las cavidades celomáticas como esqueleto hidrostático. En colaboración con la bien desarrollada musculatura, la estructura metamérica del cuerpo y los podios, en este esqueleto hidrostático sirven para entender la locomoción de estos animales.

*Oligoquetos.* Los oligoquetos dependen totalmente de esqueleto hidrostático, tanto como elemento de soporte como para la locomoción. La acción de los músculos de la pared del cuerpo sobre el líquido celomático produce los cambios hidrostáticos asociados al patrón típico de locomoción de los oligoquetos.

*Hirudíneos.* El soporte del cuerpo de las sanguijuelas está proporcionado por la estructura más o menos maciza del cuerpo, el tejido conjuntivo fibroso y los paquetes musculares incluidos en él, y por las características hidrostáticas de los canales celomáticos.

#### *Alimentación*

*Poliquetos.* La diversidad de los poliquetos ha permitido que exploten casi todos los recursos alimentarios marinos en una u otra forma. Por motivos prácticos hemos clasificado a los poliquetos como cazadores, detritívoros y suspensívoros.



Las sanguijuelas se utilizan en cirugías reconstructivas para evitar la congestión venosa y con esto la pérdida de un miembro.



**Figura 2.15**  
Sanguijuelas en cirugía reconstructiva.

Los poliquetos cazadores más conocidos son depredadores activos, la mayoría de ellos se alimenta a base de pequeños invertebrados.

*Oligoquetos.* Las estrategias alimentarias de los oligoquetos son menos variables que las de los poliquetos. La depredación es la forma de alimentación que tienen algunos oligoquetos en agua dulce, los cuales obtienen sus presas succionándolas con la faringe muscularizada. Generalmente se alimentan de pequeños invertebrados, como otros gusanos y pequeños crustáceos.

Los oligoquetos detritívoros se alimentan de varias formas. Viven en la capa superficial de restos orgánicos del fondo de charcas y corrientes de agua, donde van ingiriendo pequeñas partículas de alimento por la acción de los músculos o cilios del digestivo anterior. La mayoría de éstos (detritívoros) también ingieren microorganismos vivos junto con las otras partículas.

La mayoría de los oligoquetos terrestres y muchos de los acuáticos son, al menos parcialmente, detritívoros directos. Lombrices de tierra que excavan galerías en el suelo ingiriendo el sustrato conforme se desplazan. A medida que el suelo recorre el tubo digestivo, la materia orgánica se dirige y se absorbe en él. Las partículas inorgánicas no digeribles salen al exterior a través del ano.

*Hirudíneos.* Más de la mitad de las especies conocidas de hirudíneos son ectoparásitos que se alimentan aspirando sangre u otros líquidos corporales de sus hospedadores. La mayoría de las otras especies de esta subclase son depredadoras de pequeños invertebrados, aunque hay algunas especies carroñeras que se alimentan de restos de animales muertos.

#### *Tubo digestivo*

*Poliquetos.* El tubo de los poliquetos sigue el modelo fundamental de los anélidos, con digestivo anterior, medio y posterior; el digestivo anterior es un estomodeo y está formado por la cápsula o tubo bucal, la faringe y al menos la parte anterior del esófago. El digestivo medio deriva del endodermo y generalmente está constituido por la porción posterior de esófago y el largo y rectilíneo intestino, cuya parte anterior puede estar modificada como área de almacenamiento o estómago, la región más posterior en la que se produce la absorción. Los alimentos recorren el digestivo medio por la acción de los cilios y por el movimiento peristáltico. Un corto recto comunica el digestivo medio con el ano.

*Oligoquetos.* El tubo digestivo es recto. En una lombriz de tierra la boca abre paso a un digestivo anterior formado por un corto tubo bucal, la faringe muscularizada y el esófago. La parte posterior de esófago suele llevar un buche engrosado en el que se almacenan los alimentos, y una o más mollejas muscularizadas, tapizadas internamente de cutícula y en la que se trituran mecánicamente los materiales ingeridos.

Las principales funciones del digestivo anterior son las de ingestión, el transporte, el almacenamiento y la digestión mecánica de los alimentos.

La parte anterior del intestino es principalmente secretor y produce enzimas digestivas que son liberadas a la luz del intestino. La digestión es principalmente extracelular. Los materiales no digeridos salen al exterior por el ano.

*Hirudíneos.* El tubo digestivo de las sanguijuelas está formado por una región anterior (estomodeo), una región media endodérmica y una corta región posterior. El digestivo anterior está formado por la boca, las mandíbulas, la cavidad bucal, la probóscide, la faringe y el esófago. Por detrás del esófago hay un digestivo alargado, que generalmente recibe las denominaciones de estomago o buche. Un corto recto comunica el digestivo medio con el ano.

#### *Circulación e intercambio gaseoso*

*Poliquetos.* Toda la superficie del cuerpo participa en el intercambio gaseoso. Algunas formas epibentónicas activas utilizan algunas partes muy vascularizadas de los podios como branquias.

Los vasos circulatorios longitudinales son el vaso dorsal, por el cual sangre se mueve hacia el extremo anterior del cuerpo; y el vaso ventral, por el que la sangre corre hacia atrás. El intercambio de sangre de ambos vasos se produce a través de sendos plexos sanguíneos.

Los poliquetos pueden tener pigmentos respiratorios en la sangre, en el líquido celomático, o en ambos.

*Oligoquetos.* El sistema circulatorio de los oligoquetos es similar al de los poliquetos, hay tres vasos longitudinales principales que recorren la mayor parte del cuerpo y, en cada segmento, están conectados unos a otros por vasos adicionales que se disponen metaméricamente.

Los diferentes vasos longitudinales están conectados en cada segmento a través de distintos vasos comisurales. La mayoría de los oligoquetos también poseen de dos a cinco pares de grandes y muscularizados vasos periesofágicos (también llamados corazones laterales). La mayoría de los oligoquetos tiene hemoglobina disuelta en plasma.

*Hirudíneos.* Este sistema está constituido por un sistema circulatorio anelidiano primitivo y por una serie de espacios celomáticos reducidos. En ambos casos, el líquido circulatorio se mueve por la acción de los vasos contráctiles y por los movimientos generales del cuerpo.

El intercambio de gases se produce por difusión a través de la pared del cuerpo. Algunas sanguijuelas tienen hemoglobina disuelta en líquido circulatorio.

#### *Excreción y osmoregulación*

*Poliquetos.* En su mayoría de poliquetos posee metanefridios que abren en el celoma, a través de un fóstoma ciliado.

*Oligoquetos.* Tienen un par de metanefridios en cada metámero. Los principales órganos para mantener los equilibrios hídricos y salinos en los oligoquetos de agua dulce son, por supuesto, los nefridios.

*Hirudíneos.* Los órganos excretores de los hirudíneos son estructuralmente diferentes a los de los poliquetos y oligoquetos. Los nefridios de las sanguijuelas están pareados y se dispone metaméricamente. El amoniaco es el principal desecho nitrogenado que se elimina a través de los nefridios. Aparentemente, las partículas de desechos son fagocitadas por fagocitos, tanto en el líquido celomático como en el mesénquima. Los nefridios de las sanguijuelas de agua dulce también actúan como órganos de osmoregulación.

#### *Sistema nervioso y órganos de los sentidos*

El sistema nervioso cerebral de los anélidos incluye un ganglio cerebroide dorsal, conectivos perifaringios pareados y uno o más cordones nerviosos longitudinales ventrales. El desarrollo de los ganglios está dispuesto segmentariamente.

*Poliquetos.* El ganglio cerebroide de los poliquetos es bilobulado y está situado en el prostomio. Desde dicho ganglio salen uno o dos pares de conectivos perifaringios que rodean el tubo digestivo.

Poseen una impresionante variedad de receptores sensoriales. Los poliquetos son sensibles al tacto. Los receptores táctiles están distribuidos por una gran parte de la superficie del cuerpo.

La mayoría de los poliquetos poseen fotorreceptores, aunque faltan en muchas especies excavadoras. Casi todos los poliquetos son sensibles a las sustancias químicas disueltas en el medio.

*Oligoquetos.* El sistema nervioso central de los oligoquetos está formado por un ganglio cerebroide dorsal, unido a una cadena nerviosa ventral con ganglios por medio de unos conectivos perifaringios y un ganglio subentérico.

Del ganglio cerebroide salen varios nervios postnominales hacia el extremo anterior, la mayoría de éstos son de carácter sensorial.

Los órganos de los sentidos de los oligoquetos están claramente relacionados con sus hábitos. Órganos sensoriales epiteliales, con variedad de órganos distribuidos por la superficie del cuerpo, que tienen una función claramente táctil y proporcionan una importante fuente de información durante la excavación y la reptación.

*Hirudíneos.* El sistema nervioso está formado por muy pocas neuronas y cada una de ellas es lo suficientemente grande como para que hayan podido seguir todo el circuito nervioso de manera muy detallada.

El ganglio cerebroide se encuentra situado a la altura de la faringe, de la región ventral, de este anillo salen los cordones nerviosos longitudinales hacia el extremo posterior del cuerpo.

Las sanguijuelas muestran tendencias al fototactismo negativo. También responden a los estímulos mecánicos, tanto al tacto como a las vibraciones que lo produzcan en su ambiente.

#### *Regeneración y reproducción asexual*

*Poliquetos.* Los poliquetos tienen un poder de regeneración muy variable. Todos son capaces de regenerar los apéndices perdidos, como palpo, tentáculos, cirros y podios. Diversos poliquetos aprovechan su poder de regeneración para la reproducción asexual. Otros se reproducen asexualmente por fragmentación múltiple.

*Oligoqueto.* La capacidad de los oligoquetos para regenerar las diferentes partes de su cuerpo es muy variable según la especie. La mayoría de los oligoquetos de agua dulce pueden reproducirse asexualmente. Los oligoquetos se reproducen asexualmente por una o más formas de fisión transversal.

*Hirudíneos.* Se desconoce la reproducción asexual entre los hirudíneos.

#### *Reproducción sexual y desarrollo*

*Poliquetos.* La gran mayoría son dioicos, aunque también se conocen algunas formas hermafroditas.

Los gametos se originan por proliferación de algunas células del peritoneo, que se liberan en el celoma como gametogonias o gametocitos primarios. La formación de los gametos puede producirse a lo largo de todo el cuerpo o sólo en alguna región particular.

Los gametos maduran en el celoma y se liberan en el exterior a través de gonoconductos. Muchas especies liberan los huevos y los espermatozoides en el agua, donde se produce la fecundación, por lo tanto, es externa. El desarrollo es indirecto y hay un estado larvario. Otros tienen ciclos vitales mixtos. En estas formas la fecundación es interna.

*Oligoquetos.* Son hermafroditas, tienen sistemas reproductores diferenciados y complejos, en los que hay gónadas permanentes. La distorsión del aparato reproductor facilita la fecundación cruzada mutua, seguida de un encapsamiento y de la puesta de cigotos.

El aparato reproductor masculino está formado por uno o dos pares de testículos localizados en uno o dos segmentos concretos. Los espermatozoides se liberan de los testículos al interior de las cámaras celomáticas, en donde van madurando, o bien pasan al interior de unos sacos de almacenamiento (vesícula seminal). Cuando maduran, los espermatozoides salen de las vesículas, pasan por embudos seminales y son transportados por los espermaconductos hasta los poros masculinos.

El aparato reproductor femenino consta de un solo par de ovarios, situados detrás de los órganos reproductores masculinos. Los óvulos se liberan en espacios celomáticos adyacentes y en algunos casos se almacena hasta que terminan de madurar en pequeñas bolsas localizadas en las paredes de los septos intersegmentarios llamados ovisacos. Los óvulos maduros entran en los oviductos y finalmente llegan al exterior por medio de los poros femeninos.

La estrategia reproductora de los oligoquetos es la presencia de una región de tejido glandular exclusiva llamada clitelo. El clitelo tiene la apariencia de un engrosamiento que rodea total o parcialmente el cuerpo del animal.

Durante la cópula las lombrices se sitúan una frente a la otra en direcciones opuestas y las secreciones mucosas de los clitelos contribuyen a que mantengan esta postura de cópula.

Después de la cópula, se produce un anillo de moco alrededor del clitelo y de todos los segmentos anteriores. Entonces, el clitelo produce el capullo. Los capullos de las especies terrestres son especialmente resistentes y soportan las condiciones adversas.

*Hirudíneos.* Son anélidos clitelados y hermafroditas con órganos reproductores complejos, tienen un desarrollo directo.

El aparato reproductor masculino incluye un número variable de pares de testículos, generalmente de 5 a 10 pares, dispuestos de manera seriada a partir del segmento. Desde los testículos salen un par de espermaconductos que conducen hasta el aparato copulador y un único aparato genital masculino situado en la línea medio ventral del segmento x.

Cada espermaconducto está plegado y engrosado en su posición distal y forma un conducto eyaculador.

Las sanguijuelas sólo tienen un par de ovarios. Los oviductos se extienden hacia adelante y se unen formando una vagina común, que conduce el poro femenino situado en la superficie medio ventral del segmento xi, justo detrás del poro masculino. La formación del capullo en las sanguijuelas es similar a la de los oligoquetos.

### **Phylum Artrópoda (características y ciclo de vida)**

#### **Artrópodos**

Los primeros artrópodos probablemente se originaron en los mares de los comienzos del precámbrico, hace unos 600 millones de años, y al principio del cámbrico los verdaderos crustáceos estaban bien establecidos. Desde entonces, los artrópodos han sufrido una impresionante radiación evolutiva, y hoy día aparecen en casi todos los medios de la Tierra, explotando cualquier modo de vida imaginable. Las formas modernas tienen un tamaño comprendido entre los minúsculos ácaros y crustáceos, menores

de 1 mm, hasta los grandes cangrejos arañas japoneses con una envergadura de patas que excede los 3 m, los artrópodos constituyen 85% de todas las especies animales descritas.

Hay cinco grupos de artrópodos claramente diferenciados y que nosotros reconocemos como subfilos: Trilobitomorfos (trilobites y grupos afines, todos extinguidos desde el final del Paleozoico), crustáceos (cangrejos, gambas, etc.), hexápodos (insectos y grupos afines), miriópodos (ciempiés, milpiés y grupos afines) y queliceriformes (cangrejos cacerola, eurípteridos, arácnidos, picnogónidos, etc.) (ver figura 2.16).

De estos animales algunos son benéficos como polinizadores, otros por su intervención crítica en las cadenas alimenticias, nos deleitan con sus sabores, como los camarones y los cangrejos.

Algunos son parte de la alimentación de algunos de nuestros pueblos (como los chapulines, escamoles, gusanos de maguey, chicatanas, etc.). En México la entomofagia es una alternativa para ayudar al problema de desnutrición, como lo muestran diferentes investigaciones sobre insectos comestibles. En ellos se ha demostrado la presencia de proteínas digeribles y de minerales.



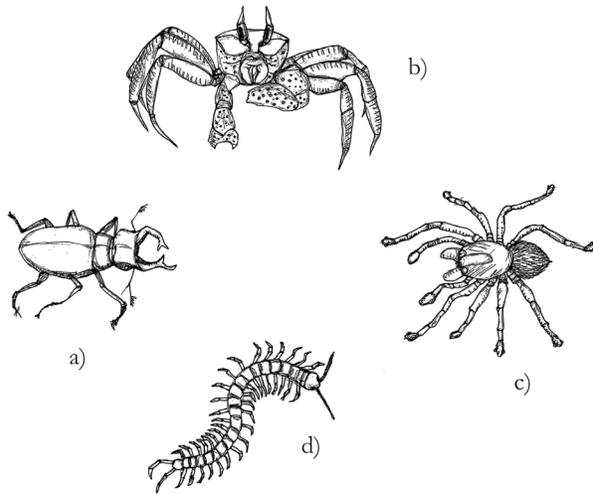
Por otro lado, algunos son perjudiciales para el bienestar del hombre, ya que viven en él como parásitos obligatorios o facultativos, permanentes o temporales en el organismo humano, y algunos más que sin poseer estrictamente esa calidad tienen importancia médica considerable porque desempeñan papeles de vectores (paludismo, dengue, oncocercosis, etc.).

El duro *exoesqueleto* articulado diferencia a estos animales de aquellos de cuerpos blandos relacionados con ellos, en particular los anélidos. Los artrópodos desarrollaron una serie de adaptaciones exitosas conocidas como *artropodización*.

El resultado obvio de estar el cuerpo encerrado por el exoesqueleto es una restricción de crecimiento y de la locomoción, incluyendo la desaparición de todos los cilios móviles del cuerpo.



Los ácaros que viven en el suelo son utilizados como bioindicadores de la contaminación de éste.



**Figura 2.16**  
Ejemplos típicos de artrópodos.  
a) Clase insecta  
b) Clase crustácea  
c) Clase arácnida  
d) Clase miriápoda.



Soltar la mosca es dar dinero o pagar en ciertas regiones de España.

**Figura 2.17**  
Ácaro terrestre.

El problema de la locomoción se resolvió por la evolución de las articulaciones del cuerpo y de los apéndices, por los músculos muy regionalizados. La flexibilidad fue proporcionada por áreas intersegmentarias finas (articulaciones).

Se desarrolló un sistema circulatorio abierto, la cavidad corporal se convierte en un *hemocel*. Los órganos excretores se cierran internamente, impidiendo así que la sangre se salga del cuerpo. Se diferencian los órganos sensoriales superficiales, haciéndose numerosas y especializadas, adquirieron diversos mecanismos para la transmisión de impulsos sensoriales al sistema nervioso.

Encerrados en esta cubierta externa rígida, para el crecimiento se desarrolló un complejo proceso de *eclisis*, forma de *muda* específica mediada por hormonas. El exoesqueleto se desprende periódicamente para permitir un aumento real del tamaño del cuerpo.

Una ventaja clara que les proporciona el exoesqueleto es la protección, no sólo contra depredadores y daños físicos sino también contra el estrés fisiológico. La cutícula proporciona una barrera eficaz contra los gradientes iónicos y osmóticos, constituyendo el principal medio de control homeostático.

La pared del cuerpo se compone de una *cutícula* compleja, formada por capas, que es secretada por la *epidermis* subyacente. El endurecimiento cuticular por *esclerotización* ocurre en distintos grados en todos los artrópodos.

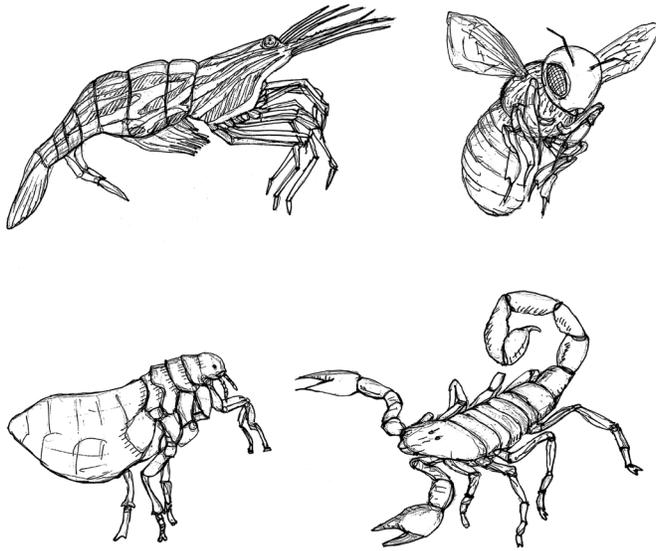
La *mineralización* del exoesqueleto es un fenómeno que afecta sobre todo a los crustáceos, y se produce al depositarse carbonato cálcico en la región externa de la procutícula.

*Anatomía de los apéndices.* Una gran parte de la evolución de los artrópodos ha estado relacionada con los apéndices, modificados de múltiples maneras a lo largo de 600 millones de años de historia del grupo. La exclusiva combinación de la segmentación del cuerpo y de los apéndices serialmente homólogos ha conducido a los artrópodos a modo de locomoción, alimentación y especialización de las regiones del cuerpo.

Los artrópodos carecen de espacios celomáticos importantes y de bandas musculares asociadas que funcionen en conjunto con ellos, cuentan con el exoesqueleto como medio de soporte y de mantenimiento de forma corporal. Los músculos se disponen como bandas cortas que se extienden desde un segmento hasta el adyacente, entre las articulaciones de los apéndices y otras regiones de la articulación. En contraste con la mayor parte del exoesqueleto, las articulaciones o uniones entre el cuerpo y los segmentos apendiculares están formados por cutícula muy fina.

Los artrópodos han desarrollado numerosos mecanismos de locomoción para deslizarse en el agua, en la tierra y en el aire. Para el movimiento en el agua disponen de varios modelos de natación, como es el suave remar de las gambas, el golpe de sacudida de algunos insectos y de pequeños crustáceos, y la propulsión hacia atrás debida a la flexión de la cola de las langostas y de los cangrejos asustados. La locomoción aérea es dominio de los insectos pterigotos (alados), pero también la practican ciertas arañas que ascienden sobre

los hilos de seda. Muchos artrópodos cavan o perforan varios tipos de sustratos, por ejemplo, hormigas, abejorros, termitas y crustáceos excavadores. Algunos como las pulgas simplemente saltan, otros saltan y planean (ver figura 2.18).



La importancia de un exoesqueleto rígido en los artrópodos, imposibilita el crecimiento mediante un aumento gradual del tamaño externo del cuerpo. El aumento completo del cuerpo tiene lugar por incrementos escalonados, asociados con la pérdida periódica del exoesqueleto viejo, y la formación de uno nuevo y mayor. El proceso se denomina *muda*. La muda de estos grupos se denomina también *ecdisis*. Los estados de intermuda son aquellos que tienen lugar entre mudas y se conocen como *estadios*.

Una vez que la vieja cutícula ha sido sustancialmente disuelta y se ha formado la nueva, tiene lugar la muda; la vieja cutícula se escinde de tal manera que el animal puede moverse libremente y despojarse de ella. Cuando vean un exoesqueleto intacto abandonado o *exuvia*, de un artrópodo, se quedarán impresionados por su maravilloso y perfecto detalle.

Tan pronto como un artrópodo emerge de su vieja cutícula, y mientras que la nueva cutícula todavía es blanda y flexible, su cuerpo se hincha con rapidez, tragando aire o agua, lo que produce el estiramiento de la cutícula.

La diversidad de los artrópodos queda reflejada en el gran despliegue de todos los métodos de alimentación imaginables.

El tracto digestivo de los artrópodos es complejo y generalmente recto, y se extiende desde la boca localizada en la parte ventral de la cabeza hasta el ano, situado en la región posterior. Son varios los apéndices que están asociados con el tratamiento del alimento y su movimiento en la boca.

El sistema hemocélico abierto es, en parte, una consecuencia de la implantación del exoesque-



**Figura 2.18**  
Locomoción en artrópodo.



Himenóptera reúne especies fitófagas, carnívoras, fluidófagas o entomófagas, pudiendo aparecer como predadoras, mutualistas, parásitas o hiperparásitas.

**Figura 2.19**  
Ejemplo de himenóptera.



Las larvas de moscas necrófagas pueden ayudar en lesiones con necrosis avanzada.

**Figura 2.20**  
Antes y después del tratamiento con larvas de dípteros necrófagos (moscas).



leto rígido, y de la falta de un celoma lleno de líquido y segmentado. La existencia de un sistema en el que la sangre es impulsada, a través de vasos cortos de la cámara cardiaca hasta el hemocele, en donde baña los órganos internos. La sangre retorna al corazón a través de un *seno pericardio* no celomático, y de las perforaciones en la pared del corazón llamadas *ostiolos*. Cuando

el corazón se contrae, disminuye gradualmente la presión en el seno pericardio y la sangre fluye por detrás de la cabeza.

La sangre de los artrópodos o *hemolinfa*, sirve para transportar nutrientes, los desechos y generalmente gases. Incluye varios tipos de amebocitos y en algunos grupos, agentes coagulantes. La mayoría contiene hemocianina y unas pocas llevan hemoglobina.

El cerebro de los artrópodos (ganglios cerebroide) está formado por dos o tres regiones. Los ganglios anteriores forman el *protocerebro* dorsal y el *deutocerebro*. Los ganglios posteriores forman el *tritocerebro*, el ganglio subesofágico ventral está formado por ganglios cefálicos. Hay un cordón nervioso ventral ganglionado, doble o sencillo, que se extiende por todos los segmentos del cuerpo.

La mayoría de los receptores táctiles de los artrópodos (mecanorreceptores) son expansiones cuticulares con forma de cerdas móviles o sedas, cuyo extremo interno está asociado con neuronas sensoriales.

Los artrópodos poseen tres tipos básicos de fotorreceptores: *ocelos simples*, *ocelos complejos con cristalino* y *ojos compuestos* o con facetas.

La diversidad de formas de adultos y de hábitat que existen en los artrópodos también se refleja en sus estrategias reproductoras y de desarrollo. Casi todos los artrópodos son dioicos, y la mayoría utilizan algún tipo de ceremonia de apareamiento. La fecundación generalmente es, aunque no siempre, interna y, a menudo, seguida de incubación. Frecuentemente el desarrollo es mixto, con incubación, encapsulación y estados larvarios, si bien en muchos grupos es directo.

Los huevos de los artrópodos son centrolecitos, pero la cantidad de vitelo puede variar y dar lugar a diferentes modelos de segmentación temprana.

### Los crustáceos

Los crustáceos constituyen uno de los grupos más conocidos de los invertebrados, incluso entre los que no son biólogos, ya que incluyen algunos de los manjares más deliciosos, como son

las langostas, cangrejos y gambas. Actualmente existen más de 67,000 especies de crustáceos descritas, manifiestan una diversidad de formas, hábitat y tamaños. Los crustáceos de menor tamaño conocidos tienen menos de 100  $\mu\text{m}$  de longitud. Los de mayor tamaño son los cangrejos araña de Japón con una envergadura de patas de 4 m.

Los crustáceos se encuentran en todas las profundidades, tanto en medio marino como en el salobre o dulceacuicola. Unos pocos han tenido éxito en la tierra, los más notables son las cochinillas, que son generalmente organismos dominantes.

El modelo corporal básico de los crustáceos es el formado por la cabeza (*cefalón*), seguida de un cuerpo largo (*tronco*) con muchos apéndices semejantes. Todos los crustáceos tienen, al menos primitivamente, un *escudo cefálico* o un *caparazón*.

Básicamente los crustáceos utilizan apéndices para desplazarse, sin ondulaciones laterales del cuerpo. Los crustáceos reptan o nadan, o más raramente excavan. Muchas de las formas ectoparasitas son sedentarias en sus huéspedes. Generalmente nadan remando con sus apéndices.

Los crustáceos han explotado todas las estrategias alimentarias imaginables, muchos generan corrientes de agua y emplean varios tipos de alimentación suspensiva.

Muchos de los pequeños crustáceos se pueden clasificar como microfágicos detritívoros selectivos, porque utilizan muchos métodos para extraer alimento de los sedimentos en los que viven. La depredación implica, en primer lugar, la captura de presas, después la presa es desgarrada, triturada o cortada, con varias piezas bucales, particularmente con las mandíbulas. Por lo general, los crustáceos herbívoros macrofágicos y carroñeros se alimentan simplemente comiendo la fuente de alimento y mordiéndola con sus mandíbulas. Finalmente, algunos grupos de crustáceos han adoptado diversas formas de parasitismo. Son ectoparásitos y otros son parásitos internos de otros crustáceos.

El sistema digestivo de los crustáceos incluye las tres partes usuales de los artrópodos: digestivo anterior, medio y posterior. La parte anterior, formada por la faringe y el esófago, a la que le sigue un estómago, este último especializado para el almacenamiento, trituración y la distribución. El digestivo medio se constituye en intestino corto o largo. El digestivo posterior casi siempre es corto y el ano se encuentra en el último segmento del abdomen.

El sistema circulatorio básico de los crustáceos suele estar formado por un corazón dorsal con ostiolas y dentro de una cavidad pericárdica, con vasos distintivamente desarrollados que desembocan en un hemocele abierto. La mayoría de los crustáceos cuenta con algún tipo de branquias.

El sistema nervioso central de los crustáceos está organizado según el modelo segmentado, organizado en forma de escalera de cuerda, en donde los ganglios segmentarios están ampliamente separados. Tienen receptores sensoriales que transmiten información al sistema nervioso central a pesar de la presencia del exoesqueleto.

Presentan sexos separados, es frecuentemente la partenogénesis. Los sistemas reproductores de los crustáceos son sencillos. La mayoría de los crustáceos copulan y muchos han desarrollado comportamientos de cortejo.

### Los hexápodos (insectos y sus clases)

El subfilo hexápodos comprende la clase de insectos y otros pequeños grupos no alados, parecidos a los insectos y estrechamente relacionado con ellos. Los hexápodos presentan un modelo de organización corporal característica, con cabeza, tórax y abdomen, tres pares de apéndices torácicos, un par de antenas, tres grupos de mandíbulas, un sistema de tráqueas y espiráculos para el intercambio gaseoso, túbulos de malpigio formados por evaginaciones proctodeales (ectodérmicas) y las alas.

Los hexápodos son artrópodos fundamentalmente terrestres, los grupos que actualmente viven en medios acuáticos son porque mediante adaptaciones de comportamiento y modificaciones de sus sistemas de intercambio gaseoso, han podido invadir secundariamente estos hábitat. Los insectos no sólo son diversos, sino también increíblemente abundantes. Se estima que hay 200 millones de insectos por cada ser humano.

El exoesqueleto de los insectos inherentemente proporcionó soporte físico y protección frecuente a los depredadores, mediante la incorporación de ceras en la epicutícula.

La mayoría de los insectos son pequeños, entre 0.5 y 3.0 cm de longitud. Los de menor tamaño son los trips, escarabajo alado plumoso y ciertas avispas parásitas que son casi microscópicas. Los más grandes son ciertos escarabajos ortópteros e insectos palos marchadores de hasta 30 cm de largo.

*Locomoción pedestre.* Los hexápodos cuentan con un exoesqueleto esclerotizado como soporte en la tierra. Sus apéndices proporcionan el soporte físico necesario para levantar el cuerpo del suelo durante la locomoción. Para ello, los apéndices deben ser lo bastante largos como para sostener el cuerpo despegado de la tierra, pero no tanto como para poner en peligro la estabilidad. La mayor parte de los hexápodos mantienen su estabilidad poniendo las patas en posiciones que suspenden el cuerpo de manera semejante a un cabestrillo, manteniendo el centro de gravedad bajo. Muchos insectos son buenos saltadores, como las pulgas, colémbolos y la mayoría de los ortópteros, aunque los campeones posiblemente sean los escarabajos chasqueadores.

*Vuelo.* Uno de los avances mas impresionantes de los insectos, quizá es el vuelo.

En los insectos la alimentación puede ser carnívora o herbívora, con una enorme colección de tipos de comensalismo y parasitismo.

*Sistema digestivo.* El tubo digestivo de los hexápodos es largo y recto, y como en todos los artrópodos, está dividido en una parte anterior o estomodeo, una media derivada del endodermo, y una posterior o proctodeo.

Los insectos han desarrollado, de acuerdo con sus amplios hábitos alimentarios, diversas estructuras digestivas especializadas. Típicamente, el digestivo anterior está dividido en faringe, esófago, buche y proventrículo.

El sistema circulatorio de los hexápodos está formado por un corazón dorsal tubular que bombea líquido hemocélico (sangre) hacia la cabeza.



Un kilogramo de estiércol puede producir cerca de 8,000 larvas de moscas.

En la mayoría de los artrópodos terrestres, la solución a todos estos problemas está en los túbulos de malpigio. Estas expansiones tubulares y ramificadas del intestino originan un transporte activo de diversos iones, especialmente potasio, desde la sangre a la luz de los túbulos de malpigio, que se realiza a través del epitelio de los túbulos.

Los dos cordones nerviosos ventrales, así como los ganglios segmentarios están a menudo muy fusionados. El ganglio cerebroide de los insectos, comprende tres regiones diferenciadas, protocerebro, deutocerebro y tritocerebro.

La superficie general del cuerpo de los hexápodos tiene una gran variedad de pelos sensoriales y sedas, conocidos colectivamente como sensilas.

Los hexápodos son dioicos y la mayoría ovíparos, unos pocos insectos son ovovivíparas, y muchos se pueden reproducir por partenogénesis. La inseminación y la cópula son directas en la mayoría de los insectos. Los insectos sexualmente maduros se denominan *imago*s. Los imagos hembras tienen un par de ovarios formados en donde los oviductos se unen en un conducto común antes de desembocar en una *cámara genital* que se abre a través de una bursa copuladora (*vagina*).

El sistema reproductor masculino está constituido por un par de testículos, cada uno formado por varios *tubos espermáticos*. Los espermiductos se dilatan para formar las vesículas seminales donde se almacena el esperma.

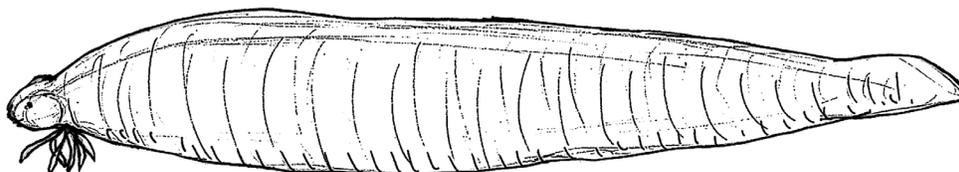
Los insectos tienen conductas de cortejo extremadamente diversas y a menudo bastante complejas, cada especie tiene su propio método de reconocimiento de la pareja. El cortejo puede consistir en una simple atracción visual o química, pero lo más habitual es que hay una liberación de feromonas.

### **Serie deuterostomados: Proyectos de vida en que el blastóporo origina la cavidad anal**

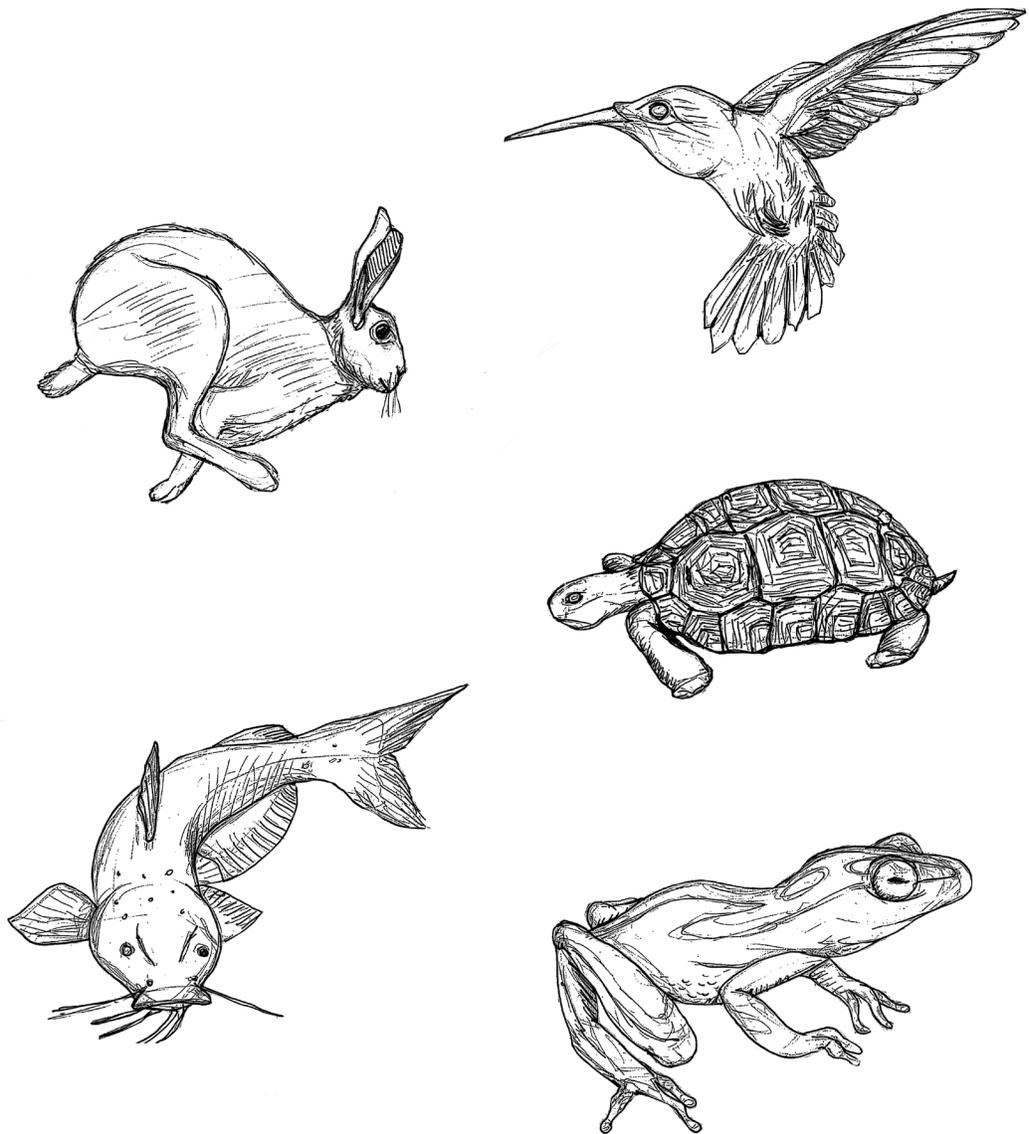
#### **Phylum chordata (Características y ciclo de vida)**

##### *Filo Cordados (Chordata)*

Los cordados forman un tipo zoológico que incluye urocordados o tunicados con unas 1,300 especies, acefalocordados o anfioxos (ver figura 2.21) con unas 30 especies descritas y a los vertebrados con unas 43,800 especies descritas. El filo cordado incluye a los vertebrados; peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (ver figura 2.22).



**Figura 2.21**  
Ejemplos de un  
Anfioxo.



**Figura 2.22**  
Filo cordados: Especies representativas.

Los cordados son metazoarios triblásticos, celomados deuterostomos y epineurus, sobre cuyo plano de simetría bilateral se superponen, por lo menos durante la vida embrionaria, una serie de órganos axiales característicos, el sistema nervioso en posición dorsal, la curda y el aparato digestivo en posición ventral, en cuya porción anterior se diferencia una faringe que presenta una serie de perforaciones.

Aunque el filo son en su mayor parte vertebrados, hay unos pocos cordados menos desarrollados que se agrupan como urocordados, los cuales carecen de columna vertebral. Hay una variación considerable en las formas de los adultos y muchas de las afinidades de este grupo se basan en consideraciones larvarias y de desarrollo. Tienen poca importancia económica, se estudian principalmente porque ilustran las características del filo, dan indicios sobre su origen y unen a éstos con los invertebrados.

### **Urocordados (Urochordada)**

Son cordados que se caracterizan por presentar, a veces de manera transitoria, la cuerda limitada a la región caudal. Presentan un revestimiento cuticular, en ocasiones notable, la túnica. Otra característica importante es lo restringido de su celoma que se limita a la cavidad pericárdica. Son exclusivamente marinos, pueden ser fijos, ascidiáceos o pelágicos, taliáceos y apendicularias, abundando en este caso en el plancton.

Las características de los cordados están bien ilustradas con el anfibio (ver figura 2.21). Alcanza 56 cm de longitud, su forma es lanceolada, son simétricos respecto de su plano medio. La región anterior de los anfibios forma un rostro, en cuya parte posterior y algo ventralmente se abre la boca, que se haya rodeada de cirros dispuestos en forma de corona. La boca es amplia y se comunica con la faringe a través de un orificio central. De aquí se inicia el digestivo y las partículas de alimento, captadas por el mucus segregado por el endostilo que penetran en él. Esta parte es el esófago que se continúa con el intestino.

El sistema circulatorio de los anfibios es cerrado y la sangre que contiene es incolora y carece de células sanguíneas. No presenta corazón y es la contracción del seno del vaso subendostilar y de los bulbillos branquiales lo que asegura la circulación. Es muy semejante al que presentan los peces.

La excreción la realizan los nefridios, pequeños tubos acodados dispuestos metaméricamente en la región dorsal de las paredes faríngeas. Hay un nefridio por hendidura branquial.

El sistema nervioso está formado por un tubo nervioso medio. Del tubo nervioso salen dos pares de nervios uno dorsal y uno ventral. El ventral es exclusivamente motor y el dorsal es motor y sensitivo.

Los anfibios presentan sexos separados. Las gónadas forman pequeños sacos metaméricos. Cuando las gónadas maduran se ponen en contacto, y los huevos maduros pasan a la cavidad peribranchial. El esperma va a la cavidad peribranchial por una hendidura.

### **Filo vertebrados (Vertebrata)**

Los vertebrados forman un subtipo de cordados que los define la posición de sus vértebras. Son metazoarios triblásticos, celomados, deuterostomos y epineurus en cuyo plano de simetría bilateral se superponen, al menos en su fase embrionaria, el tubo nervioso dorsal, la notocorda y el tubo digestivo ventral, en cuya región anterior se diferencia una faringe que presenta una serie de aberturas.

En su desarrollo embrionario hay tres formaciones características fundamentales, la cresta neural, las placodas de origen ectodérmico, que aparecen en la cabeza y forman la mayor parte de las estructuras sensitivas, olfatoria, óptica y el oído interno. También el hipómero que da origen a la musculatura de la boca faríngea, intestino y elementos adyacentes del sistema vascular.

Los vertebrados presentan además una serie de rasgos, como el cuerpo dividido en cabeza tronco y cola. En la cabeza se hallan los principales órganos de los sentidos olfatorios, ópticos, estatoacústicos y gustativos; ya que esta estructura es la primera que existe en la dirección de

avance de estos organismos, y por otra parte la distancia que ha de recorrer la información recogida por los órganos de los sentidos hasta alcanzar el cerebro es mínima, lo que reduce el tiempo que tarda en reaccionar el individuo.

Distribuidos por el cuerpo se encuentran receptores de la sensibilidad general, cutáneos musculares y tendinosos. Su cuerpo está limitado por el tegumento formado por una epidermis de origen ectodérmico y pluriestratificado, y una dermis de origen mesodérmico y más profunda. El tegumento limita el organismo respecto al medio externo y regula o limita los intercambios con el medio.

Pueden presentar apéndices impares y pares en números de dos, uno o ninguno.

En su sistema nervioso se distingue la médula espinal y una dilatación anterior al encéfalo denominado, a veces en sentido amplio, cerebro. Del cordón medular parten una serie de nervios espinales unidos a la médula por una raíz dorsal ganglionar y sensitiva y otra ventral motora. Excepto en las lampreas las raíces dorsal y ventral se unen formando un nervio mixto. Están bien diferenciados los sistemas nerviosos autónomos, ortosimpático y parasimpático.

Su esqueleto es interno y puede ser cartilaginoso u óseo, siendo este tejido característico de los vertebrados. Existe en todos ellos un cráneo, propiamente el neurocráneo que protege el encéfalo y los órganos de los sentidos. Alrededor de la cuerda y de la médula aparecen las médulas que progresivamente sustituyen de manera más o menos completa a la cuerda, permitiendo así al organismo un movimiento más eficaz y controlado. Los apéndices están sostenidos por un esqueleto, denominado apendicular que une a la columna gracias a las cinturas.

Su musculatura está muy desarrollada, es estriada la responsable de su movimiento, la lisa se encuentra en las vísceras. El celoma es de origen par, se forma por esquizocelia de las porciones ventrales del mesodermo embrionario. Se halla el celoma en la cavidad general del cuerpo, en él hacen profusión los órganos y en los mamíferos el diafragma parte en dos esta cavidad general, originándose el espacio interpleural en la cavidad torácica y el peritoneal en la abdominal. Otros restos de celoma son la cavidad pericárdica y los espacios sinoviales.

El digestivo después de la cavidad bucal en su extremo cefálico, presenta una faringe que emite una serie de bolsas viscerales a ambos lados del cuerpo. Estas bolsas pueden permanecer abiertas y estar revestidas de branquias en agnatos y peces o ser transitorias y únicamente embrionarias en los tetrápodos. Las glándulas digestivas son numerosas, se hayan incluidas en la pared del tubo o relacionadas con él.

El aparato respiratorio, sea branqueal o pulmón, deriva del digestivo.

El sistema circulatorio es cerrado y el líquido circulante es la sangre, que es un líquido, el plasma y una serie de células entre las cuales los hematíes encierran un pigmento respiratorio, la hemoglobina. El órgano responsable de la circulación es el corazón, que hace avanzar la sangre a través de un sistema de arterias y venas enlazadas entre sí por capilares. De los vertebrados es característico el sistema linfático.

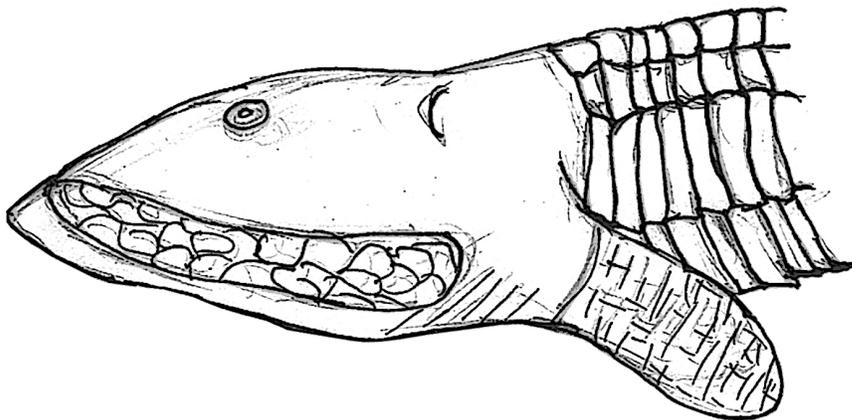
El aparato excretor se origina del mesodermo dorsal y segmentario. Gracias a él se eliminan los productos finales del metabolismo nitrogenado en donde interviene la regulación osmótica del organismo.

Los vertebrados son fundamentalmente gonocóricos, es decir, presentan los sexos separados, aunque algunos principalmente peces y anfibios son hermafroditas.

En ellos se da un exquisito control hormonal y neural responsable de un elaborado comportamiento.

### **Agnata: peces sin mandíbula**

Los primeros vertebrados aparecieron hace unos 500 millones de años. Los fósiles muestran que eran organismos extraños en forma de peces, cubiertos con placas gruesas de cartílago pesado, con una columna cartilaginosa primitiva y un cráneo que protege al cerebro y la médula espinal, con barras cartilaginosas de sostén entre las hendiduras branquiales, aunque carecían de mandíbulas. Tal vez todos se alimentaban por filtración, obteniendo el alimento del lodo y del agua que fluye a través de las branquias. Carecen de aletas, y por su pesada armadura quizá no eran muy eficaces para moverse. La mayor parte de las especies están ahora extintas (ver figura 2.23).



**Figura 2.23**  
Agnata extinto.

El grupo está representado hoy por pocas especies, la lamprea y las anguilas de fango, las cuales no se asemejan a sus ancestros. Sin embargo, presentan una etapa larvaria muy parecida al anfibio en su estructura. Como adultos carecen de armadura y han perdido toda traza de hueso, presentando un esqueleto cartilaginoso. La boca sin mandíbula está modificada como una ventosa, abastecida con dientes óseos y una áspera lengua.

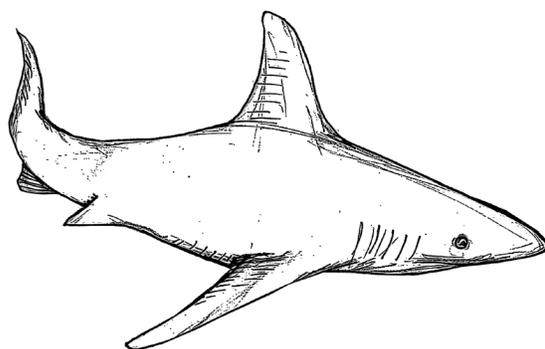
### **Placodermos: peces armados**

Conforme fueron declinando los antiguos peces óseos sin mandíbulas, tal vez se derivó una segunda clase de peces armados, llamados placodermos a partir de una especie de agnatos. En estos organismos el cartílago se reemplaza por los huesos, formando un esqueleto mucho más pesado pero más fuerte. Los placodermos son importantes porque se observa por primera vez el desarrollo de mandíbulas y aletas pares sostenidas por elementos esqueléticos, los antecesores

de alas, brazos y manos. Las dos barras de cartílago que soportan al primer par de branquias en los agnatos sin mandíbulas se movieron hacia adelante para reforzar a la boca. Esto fue un cambio muy importante en los vertebrados, ya que revolucionó su tipo de alimentación y liberó a las branquias para que funcionaran exclusivamente en el intercambio gaseoso. Muchos placodermos se convirtieron en depredadores voraces, pero su pesada armadura fue un obstáculo evolutivo, por lo que ahora están extintos. No obstante, surgieron dos líneas de peces modernos a partir de los placodermos ancestrales; los peces cartilagosos y los óseos.

### **Chondrichthyes: peces cartilagosos**

Incluyen tiburones, mantarrayas, rayas y sus parientes (ver figura 2.24). Sorprendentemente carecen de huesos, se cree que es un desarrollo secundario; la pérdida de los fuertes huesos y la conservación de un soporte cartilaginoso junto con el desarrollo de una piel correosa así como sus dientes en forma de espículas permitió que algunos miembros de este grupo se convirtieran en nadadores veloces y depredadores voraces. No tienen pulmones ni vejiga natatoria como los peces óseos y deben nadar constantemente para evitar hundirse hasta el fondo. Sus aberturas branquiales carecen de abertura u opérculo (característico de los peces óseos) ésta se abre directamente al exterior. La osmoregulación en los elasmobranquios (tiburones) no es usual, pues se conservan altas concentraciones de urea en los líquidos corporales para evitar la pérdida de agua.



**Figura 2.24**  
Ejemplo del elasmobranquio (tiburón).

Los elasmobranquios son base de algunas pesquerías de importancia reducida. Se les captura para aprovechar su carne. Sobre todos especies pequeñas como los cazones a los que se les consumen frescos, los adultos se preparan como carne salada y seca que sustituye al caro bacalao que importado a nuestro país. El consumo de las aletas por los orientales ha puesto en peligro a

una gran variedad de tiburones, ya que curten su piel y la emplean para la elaboración de calzado y otras prendas de cuero.

### **Osteichthyes: peces óseos**

Esta amplia y variada clase de peces óseos domina tanto las aguas dulces como las saladas. Los primeros miembros de la clase quizá surgieron de especies que habían invadido el agua dulce y en los cuales el esqueleto cartilaginoso ya había sido reemplazado por huesos, formando una armazón ligera pero rígida. Sin tal desarrollo, se duda que los vertebrados hubieran podido hacer la transición a la tierra, ya que los surcadores del aire carecen de la flotación y el soporte que se obtiene del agua, necesitando un sistema esquelético ligero pero fuerte que los sostenga.

Cuando los peces óseos se desarrollaron en el agua dulce, fue porque aparentemente en la tierra había largas épocas de sequía. Esto ayuda a explicar por qué los peces óseos desarrollaron bolsas externas de la faringe que servían como pulmones además de las branquias. Estos pulmones, tal vez se utilizaron como aparatos de respiración suplementarios, cuando el agua estaba estancada y baja en oxígeno. De tales ancestros primitivos surgieron dos líneas de peces óseos.

Una originó casi todos los peces óseos conocidos actualmente. El pulmón ventral se movió a la posición dorsal y se transformó en vejiga natatoria. En éste el volumen de gas cambia según la profundidad y la presión del agua. Estos peces varían en tamaño desde unos milímetros hasta 6 metros, con multitud de formas, alimentación variada, y habitando desde las grandes profundidades hasta los charcos de marea.

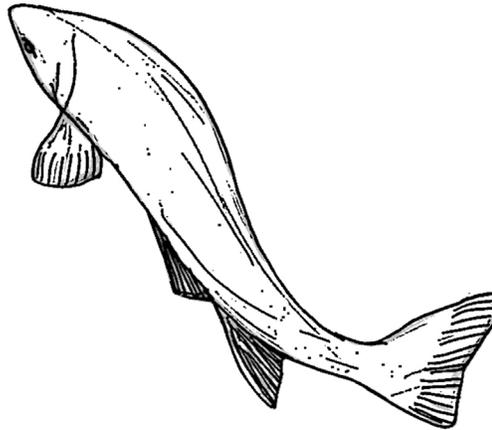
La otra línea está representada por especies africanas y australianas con pulmones, los cuales conservan un pulmón en funcionamiento.

En la actualidad puede decirse que los teleósteos son dueños de las aguas dulces y marinas. Desde el punto de vista ecológico se pueden agrupar por la zona y características del medio en donde viven. Los factores ambientales determinan la forma del cuerpo, la presencia o ausencia de órganos y color.

Este tipo de peces constituyen una de las principales fuentes de alimento de la humanidad, por su alto contenido en proteínas y vitaminas lo que equilibra las dietas basadas en carbohidratos (ver figura 2.25).

### **Anfibios y reptiles**

Los primeros anfibios eran un tanto parecidos a los peces y a pesar del desarrollo de pulmones y patas, permanecieron muy ligados al agua. Como adultos, presentan una desafortunada tendencia a secarse cuando están lejos del agua, a muchas especies aún les ocurre; otras pueden explotar las oportunidades disponibles en tierra depositando una capa de queratina en su piel. Esta proteína córnea los protege contra la pérdida de agua por evaporación. De este modo los sapos queratinizados pueden alejarse más del agua que las ranas y salamandras. Sin embargo, aún están ligadas al agua para su reproducción. Por lo general la fecundación es externa, los huevos carecen de cáscara y el desarrollo larvario es acuático con una compleja metamorfosis que lleva a la formación de un anfibio adulto (ver figura 2.26).



**Figura 2.25**  
Ejemplo de pez óseo  
(salmón).



**Figura 2.26**  
Ejemplo de anfibio  
(salamandra).

El principal aprovechamiento de anfibios para la alimentación humana en nuestro país es el caso de las ranas que son reproducidas en cautiverio en algunas zonas del Estado de México, en donde existen lugares que cuentan con pequeños restaurantes para su venta.

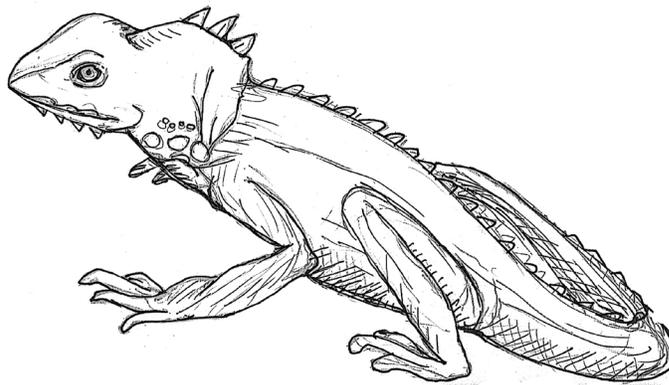
Los primeros reptiles se desarrollaron a partir de anfibios primitivos que presentaban patas pequeñas y débiles, fijas a los lados del cuerpo y capaces de soportar mucho peso.

Las patas de los reptiles suelen ser más grandes, largas y fuertes que están unidas por debajo de los lados del cuerpo; así soportan más peso y permiten que el animal se eleve del suelo, de manera que puede correr sin arrastrar su vientre.

La musculatura de las costillas de los reptiles se hizo más especializada que en los anfibios, de manera que la ventilación de los pulmones era más eficiente. El corazón de los reptiles presentaba cuatro cavidades, a pesar de que la separación de la inferior era incompleta había menos mezcla de la sangre oxigenada y desoxigenada que en el corazón de tres cavidades de los anfibios.

Los reptiles evitaban la desecación gracias al desarrollo de una piel escamosa muy resistente a la pérdida de agua. A partir de estas escamas queratinizadas, finalmente se desarrolló piel, uñas, garras, cuernos, plumas y picos de vertebrados superiores como aves y mamíferos. Más aún, los reptiles desarrollaron la fecundación interna y prescindieron de la necesidad de agua durante el desarrollo, ya que depositaron huevos resistentes al agua que presentaban una cámara llena de líquido, el amnios donde se desarrollaba el embrión. El pequeño nacía como un adulto en miniatura y necesitaba poco cuidado parental. Todas estas características adaptaron tan bien a los reptiles para la vida en la tierra, que reemplazaron la abundante y diversa variedad de anfibios de la era carbonífera de hace unos 300 millones de años. Durante la siguiente era, el mesozoico,

se transformaron en el grupo terrestre dominante y por ello se le conoce a esta era como la edad de los reptiles. Hoy la clase está representada por miembros de cuatro grupos: tortugas, cocodrilos y lagartos, lagartijas y víboras (ver figura 2.27).



**Figura 2.27**  
Ejemplo de reptil (lagarto).

Muchos reptiles han sido explotados por el hombre, lo que ha provocado la extinción de muchas especies. El uso no racional de este grupo se ha enfocado en su piel y carne, y algunas serpientes se han empleado en estudios para el control del cáncer. Los investigadores se han enfocado a la reproducción y crianza de estas especies en unidades de manejo ambiental (UMA) con el fin de repoblar las zonas diezmadas y para la venta como mascotas en centros autorizados, como ocurre con la iguana verde. También en el aprovechamiento de la piel y carne de cocodrilos.

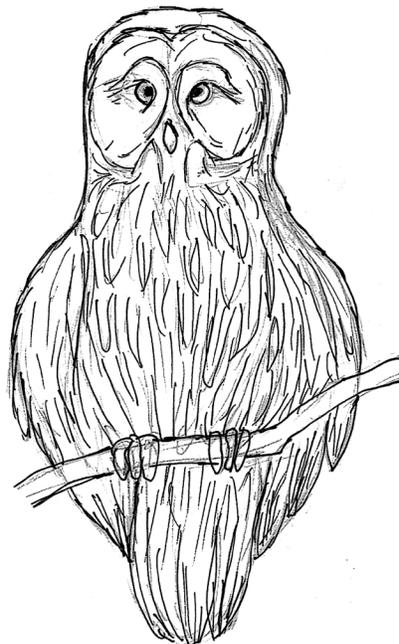
### Aves

Las aves se derivaron de una línea de reptiles voladores. Las alas en los miembros de esta clase, evolucionaron a partir de una piel ensanchada entre el cuerpo y las extremidades anteriores. Las plumas se derivan de las escamas de los reptiles y actualmente las aves presentan escamas sólo en sus patas. El ave fósil más antigua, el *archeopteryx*, presenta muchas características de los reptiles como dientes y una larga cola articulada. Sin embargo, las aves modernas presentan picos sin dientes y sólo un remanente de la cola reptiliana con largas plumas.

Otra adaptación del vuelo fue la sangre caliente (homotermia), que permitió que las aves conservaran una tasa metabólica alta en una temperatura corporal constante independiente del ambiente. Para ayudar a la eficiencia metabólica, se hizo posible la homotermia, que desarrolló un corazón con cuatro cavidades con una separación completa de los ventrículos, evitando así la mezcla de la sangre oxigenada y desoxigenada. Por supuesto, las plumas contribuyen al aislamiento y al control de la temperatura corporal. Entre otras adaptaciones para el vuelo están un sentido agudo de la vista, el oído y el equilibrio, así como huesos ligeros y huecos, y un sistema de sacos aéreos unidos a los pulmones (ver figura 2.28).

La presencia de minerales en las cáscaras de los huevos de las aves les da fuerza y dureza y evita la desecación. Sin embargo, las crías recién nacidas son, a menudo, casi ciegas e incapaces de volar, ya que cuentan con plumas poco desarrolladas, y con corta capacidad para regular la temperatura baja. Así, muchas especies de aves muestran complejas conductas parentales y de construcción del nido; muchas veces en relación con esto se presentan rituales de formación de la pareja y de apareamiento muy elaborados que ayudan a asegurar que las crías no tendrán sólo un adulto para cuidarlos, sino dos.

Un gran número de especies de aves han sido domesticadas para aprovechar su carne, para ornato o por su canto. También algunas especies se aprovechan por sus plumas. La cetrería también es un atractivo turístico en nuestro Estado. Además, las aves ayudan en el control de plagas y de vectores de enfermedades.



**Figura 2.28**  
Ejemplo de ave  
(búho).



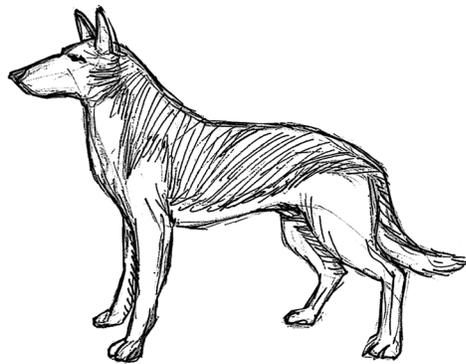
Nuestras mascotas son útiles en terapias asistidas, en Australia los niños que han tenido contacto con animales de granja padecen menos asma y enfermedades alérgicas.

## Mammalia

Los mamíferos descienden de una línea diferente de reptiles. Una que en lugar de fortalecer la envoltura de los huevos como hicieron las aves, lo conservaron dentro del cuerpo de la hembra en un útero, proporcionando al embrión en desarrollo un medio acuoso, nutritivo y de protección durante las primeras etapas críticas de desarrollo. Así, excepto en un grupo primitivo, el de los monotremas, las crías nacen y son alimentadas por leche secretada por las glándulas mamarias de la madre.

El único grupo moderno de mamíferos que deposita huevos, los monotremas, también secreta leche. Los únicos representantes actuales son el ornitorrinco y el edquina que viven en Australia.

En una etapa inicial de la evolución de los mamíferos, se formaron dos grupos divergentes: los placentados y los marsupiales. En estos últimos, el embrión se conserva dentro del útero sólo por un corto periodo, y después del nacimiento completa su desarrollo fijándose a un pezón que está dentro de una bolsa abdominal de la madre. En cambio, en los placentados completan su desarrollo dentro del útero y al nacer pueden ser independientes, aunque muchos requieren largos periodos de cuidado.



Los mamíferos son homeotermos con un corazón de cuatro cavidades. La mayoría presenta una capa aislante de pelo, aunque en los seres humanos está reducido y en los mamíferos acuáticos, como las ballenas, es una capa gruesa de grasa la que sirve con el mismo propósito. Los mamíferos presentan un diafragma que aumenta la eficiencia respiratoria. Tienen un oído altamente desarrollado, lo que les permite captar una amplia gama de señales. Su cerebro es más grande y desarrollado que el de las aves y los reptiles.

**Figura 2.29**  
Ejemplo de mamífero (perro doméstico).

La mayoría de los animales domésticos pertenece a esta clase (ver figura 2.29), y de ellos se aprovecha su carne, piel y también son usados como transporte en las zonas rurales. Los murciélagos reducen considerablemente plagas agrícolas y forestales. En este grupo existen animales plaga de los cultivos y alimentos del hombre. Algunos son vectores potenciales de enfermedades.

## Ejercicio

- I. En el siguiente cuadro menciona las principales características (hábitat, alimentación, reproducción sexual y asexual, género representativo e importancia ecológica) del filo platelmintos.

Criterio	Característica
Hábitat	
Alimentación	

Reproducción sexual y asexual	
Género representativo	
Importancia ecológica	

II. Describe cuáles son las principales diferencias entre las tres clases de anélidos.

---



---



---



---

III. Por medio del siguiente cuadro comparativo describe las diferencias entre los filos molusca anélida y artrópoda.

Criterio	Anélida	Artrópoda

IV. Enlista las principales características del filo cordados.

---



---



---



---

V. A través de la siguiente tabla comparativa menciona la importancia ecológica y económica de los siguientes grupos: cnidarios, nematodos, platelmintos, insectos, crustáceos y aves.

Grupo	Importancia ecológica	Importancia económica
Cnidarios		
Nematodos		
Platelmintos		
Insectos		
Crustáceos		
Aves		

VI. Describe cuáles son las principales diferencias entre organismos protozoarios y metazoarios.

---

---

---

---

VII. Escribe un ejemplo sobre las diferencias entre organismos con simetría radial y bilateral.

---

---

---

---

VIII. Señala una característica diagnóstica única para los filos porífera, cnidaria, molusca, artrópoda y cordada.

---

---

---

---

IX. Describe qué es el celoma.

---

---

---

---

X. Menciona cuál fue la razón por la que el desarrollo del celoma precedió necesariamente a la evolución de animales estructuralmente avanzados.

---

---

---

---

XI. Compara el método de locomoción en gusanos planos, nematodos y lombrices de tierra.

---

---

---

---

XII. ¿Cuál es el sello de los moluscos y por qué se les llama así?

---

---

---

---

XIII. Compara el esqueleto de los artrópodos con el de los vertebrados y menciona ¿cuáles son las principales diferencias estructurales funcionales?

---

---

---

---

XIV. ¿En qué son similares?

---

---

---

---

XV. Explica la diferencia entre deuterostomados y protostomados.

---

---

---

---



**Evolución en el  
reino animal**

**UNIDAD III**

# OBJETIVO

## El estudiante:

- Relaciona y sistematiza información acerca de la importancia de los animales en los procesos evolutivos.
- Identifica y fundamenta los principios de la evolución animal.
- Organiza, registra y sistematiza información sobre el desarrollo histórico de la Tierra.
- Identifica y reconoce los factores que provocan la extinción de especies.
- Identifica y localiza la riqueza faunística de nuestro país.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente vivimos un momento muy excitante en la biología evolutiva porque el estudio de la evolución ha progresado. Esto se debe a varios factores derivados del avance tecnológico, por ejemplo, al conocimiento de la secuencia del ADN, a la expresión génica o la capacidad de alcanzar la transformación genética pasando genes de un organismo a otro. Hoy se cuenta con datos de bancos de genes que hacen posible resolver problemas en las relaciones filogenéticas de grandes grupos de organismos que no hubieran podido ser resueltas en el pasado.

Buscar e interpretar las huellas que los procesos geológicos requiere de un largo aprendizaje. Conocer la historia global de la Tierra representa, por lo tanto, encontrar el origen y evolución de nuestro planeta, los principales rasgos de la vida, la diversidad de organismos que se conocen hoy día y los que existieron en el pasado, así como comprender el origen de nuestra especie.

Además, dicho conocimiento nos exige la utilización sostenible de los recursos naturales, la preservación de la diversidad biológica; el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y los sistemas de apoyo vitales (tales como el reciclamiento de nutrientes, la protección de las fuentes de agua y la calidad de ésta, y la conservación y rehabilitación de suelos). Concientizarnos en la conservación y uso racional de los recursos naturales es esencial para alcanzar un desarrollo sostenible a largo plazo y para prevenir una reducción en la calidad de vida.

### 3.1 LOS HECHOS DE LA EVOLUCIÓN

La historia del mundo natural tuvo origen en el momento preciso en que comienza el tiempo, un antes no existe porque no existía el tiempo. Posiblemente la historia comenzó como lo explica la teoría del Big Bang. Se sabe bastante de cómo han aparecido los seres vivientes en la Tierra. Se ha descubierto que el genoma de cada especie que hoy vive es un registro fósil de los cambios ocurridos en sus antecesores, lo que permite pasar de la elucubración a la hipótesis.

En el origen de cualquier especie están siempre los cambios que aparecen en el genoma. Después, y con mayor o menor intensidad se pueden seleccionar aquellos individuos portadores de pequeñas variaciones genéticas que les permiten adaptarse mejor a su entorno que las que no las posean. También estos individuos se reproducen más que las que no las poseen. Así, los cambios del entorno ponen a prueba lo aparecido mediante el mecanismo conocido como selección natural: mejora y optimiza las funciones naturales eliminando a los menos aptos.

#### 3.1.1 Eras geológicas y registro fósil

La historia de la Tierra está escrita en sus rocas, la de vida nos la cuentan los fósiles. Muchas líneas de la evolución se entretrejieron en las ramas del árbol de la vida, las especies dejaron sus huellas en los restos fósiles que representan tan sólo una parte de todos los seres que vivieron alguna vez. A través de la selección natural algunas especies prosperan y otras no.

##### **Precámbrico (comienzo de la vida)**

Los primeros 4,000 millones de años, 90% del tiempo geológico, lo constituye la etapa conocida como precámbrico que es el período más largo y menos comprendido en la historia de la Tierra. Se divide en dos períodos: el Arcaico y el Proterozoico. Durante el Arcaico hace unos 4,500 y 2,500 millones de años la Tierra se encontraba muy agitada por el extendido vulcanismo y el bombardeo de meteoritos. Estas actividades tuvieron un efecto primordial sobre la creación de la vida en el principio de la historia del planeta.

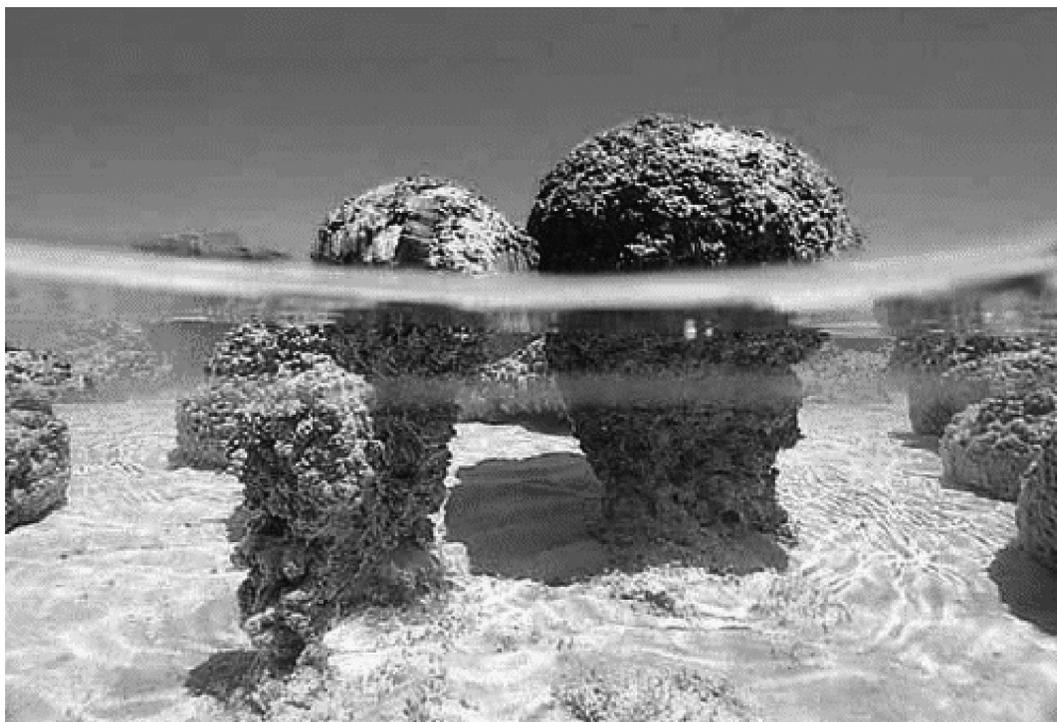
La vida arcaica consistía en su mayor parte en bacterias y algas primitivas. Vivían en condiciones anaeróbicas en ausencia de oxígeno y dependían, en su mayor parte, de las fuentes externas de nutrientes, que para ellos significaban la rica provisión de moléculas orgánicas, generadas continuamente por el mar que las rodea. El uso de la fotosíntesis como fuente de energía puede haber empezado hace 3,500 millones de años. Las bacterias sencillas fueron los primeros organismos que la utilizaron como principal fuente de energía. Al igual que las que existen en la actualidad, las primeras bacterias estaban muy bien preparadas para ambientes pobres en oxígeno. La reducción química de los metales disueltos en el agua de mar produjo oxígeno, que es venenoso para las formas primitivas de vida.

La evidencia de vida más antigua que se conserva en la Tierra son los microfósiles, restos de antiguos microorganismos y estromatolitos. Los más antiguos se encontraron en rocas sedimentarias de 3,500 millones de años de edad en Australia occidental. Se encontraron conjuntos parecidos con

## Glosario

**Estromatolitos.** Estructuras formadas por acumulación de pequeños granos de sedimentos segregados por colonias de bacterias primitivas. Acumulaciones estratificadas de carbonato de calcio.

microfósiles de bacterias filamentosas en rocas de 3,300 millones de años de edad en Transvaal Oriental, en África del Sur.



**Figura 3.1**  
Ejemplos de estromatolitos.

La abundancia de estos conjuntos en depósitos anteriores a los 2,500 millones de años indica que la mayor parte de la corteza estaba profusamente sumergida en aquella época. Los mares contenían mucho sílice disuelto que era extraído de las rocas volcánicas que caían sobre el fondo del océano.

En la actualidad el agua del océano es escasa en sílice porque diversos organismos, como las esponjas y diatomeas, lo asimilaban para construir sus esqueletos. Los enormes depósitos de tierra de diatomeas son un tributo al desarrollo de estos organismos durante el post precámbrico.

La estructura de los estromatolitos es evidencia indirecta de vida porque no se trata de restos de organismos en sí mismos, sino de las estructuras sedimentarias que esos organismos construyeron.

El Proterozoico (hace unos 2,500 y 600 millones de años) representó un cambio drástico en la Tierra, 75% de la corteza continental se había formado ya cuando este período iniciaba. Los continentes se estabilizaron y se reunieron formando un único y enorme supercontinente cerca del Ecuador. La vida marina del proterozoico estaba mucho más diferenciada que la del arcaico que era más compleja. Parece que durante los primeros 1,000 millones de años de estancia en la Tierra los organismos habían evolucionado muy poco. Este proceso fue lento debido a la primitiva reproducción, fisión simple. No hubo menos mutaciones con poca o ninguna variación genética. Además, esa forma primitiva de metabolismo, que usaba la fermentación, necesitaba que los organismos vivieran en un estado de baja energía.

## Sabías que...?

Los estromatolitos encontrados en Caborca, Sonora ayudaron a los científicos determinar la secuencia sedimentaria de la era precámbrica en esta región.

El primer gran avance en el Proterozoico vino con el desarrollo de un núcleo organizado y con la reproducción sexual, hace unos 1,400 millones de años. Produciéndose un nuevo grupo de organismos unicelulares, los eucariotas. Gracias a este avance la evolución se aceleró, también el metabolismo quedó completo con la respiración aerobia.

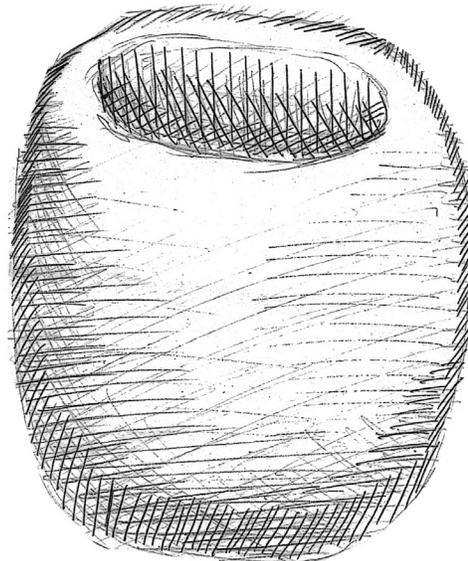
Los primeros animales unicelulares, llamados protistidos, tenían características comunes con las plantas, se mueven con la ayuda de flagelos, cilios o pseudópodos. Esta movilidad hizo posible que los animales se alimentaran de plantas y otros animales, estableciéndose así la relación depredador-presa que habría de convertirse en uno de los factores más importantes de la diversificación de las especies.

Los animales pluricelulares, llamados también metazoarios, evolucionaron en el último período del proterozoico (hace unos 700 millones de años) cuando el oxígeno del océano alcanzó casi 10% de su nivel actual. Los primeros metazoarios eran una organización libre de células unidas por objetivos comunes tales como la locomoción, la alimentación y la protección. Los metazoarios más primitivos estaban compuestos probablemente por un gran número de células, cada uno con su propio flagelo. Las células estaban agrupadas en una esfera pequeña y hueca y sus flagelos golpeaban el agua para desplazarse.

Otros metazoarios evolucionaron hacia tipos sedimentarios, que se fijaron al fondo del suelo. Con aberturas al exterior y flagelos en el interior, producían flujo de agua, proporcionando un sistema básico de sistema circulatorio que filtraba partículas y expulsaba productos de desecho. Éstos fueron los precursores de las esponjas (ver figura 3.2).

En el siguiente paso surgieron las medusas, que tenían dos capas de células separadas por una sustancia gelatinosa. Esta estructura les proporcionaba un medio de soporte. A diferencia de las esponjas, las células de la medusa eran incapaces de sobrevivir independientemente después de separarse de la masa principal. Las células estaban controladas por un primitivo sistema nervioso, es decir, eran la primera forma de vida con músculos simples para la locomoción.

El desarrollo de los músculos y de otros órganos rudimentarios, incluyendo órganos de los sentidos y un sistema nervioso central, vino con la evolución de los gusanos segmentados, quienes dejaron un gran número de señales fósiles de sus movimientos, como recorridos, rastros y galerías, tantos que a menudo se ha descrito al proterozoico como la “edad de los gusanos”. Sin embargo, no hubo animales que dejaran rastros de sus movimientos con anterioridad a los 670 millones de años.

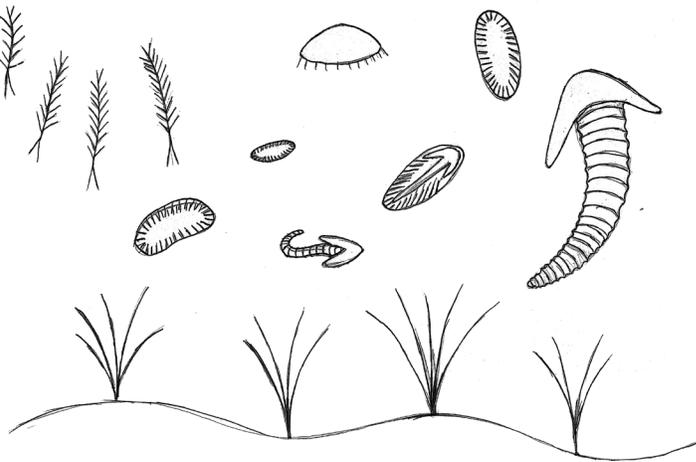


**Figura 3.2**  
Precursor de las esponjas.

Al final del Proterozoico, el mar contenía ya una gran población de criaturas diversas repartidas en todas partes. Los organismos dominantes eran los celenterados, como las gigantes medusas flotadoras que crecían en anchura hasta un metro. También había colonias con forma de pluma, probablemente antepasados de los corales, adheridos al fondo del océano y que crecían hasta medir más de un metro de largo. El resto de las criaturas eran en su mayor parte gusanos marinos, extraños animales desnudos parecidos a los artrópodos y estrellas “desnudas”, pequeñas y de aspecto curioso, con sólo tres brazos en vez de los cinco acostumbrados.

En la formación de Ediacara, en el sur de Australia, se encontraron muchas especies extrañas de hace unos 670 millones de años. Muchas de estas raras criaturas eran, con toda probabilidad, el resultado de una adaptación a las condiciones tan inestables del proterozoico y a la creciente provisión de oxígeno (ver figura 3.3).

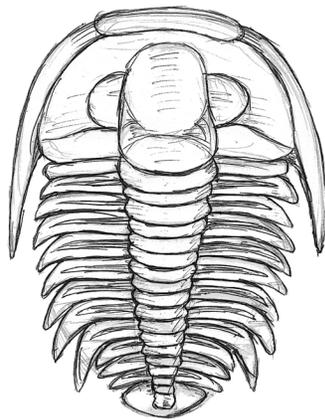
### Paleozoico (la edad de la vida antigua)



**Figura 3.3**  
Especies extrañas de hace 670 millones de años en el fondo del mar.

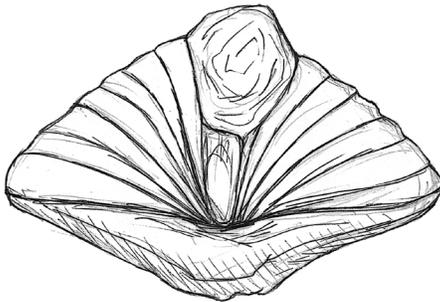
El Paleozoico, “la edad de los peces”, comprende desde hace unos 570 hasta 240 millones de años. Este tiempo de crecimiento intenso y de competencia produjo especies muy extendidas y diversificadas. A mediados de la era existían ya todos los principales filos de animales y plantas. Sin embargo al terminar la era, la mayor

extinción de especies que haya conocido la Tierra había dejado al planeta tan falto de vida como cuando estaba al empezar.

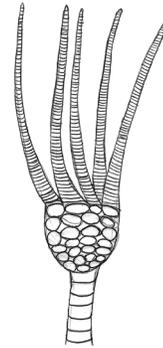


**Figura 3.4**  
Fósil de trilobites.

Al Cámbrico se le conoce mejor como “la edad de los trilobites” (ver figura 3.4). Los trilobites aparecieron al principio del período y se convirtieron en las especies dominantes del Paleozoico Inferior. Los braquiópodos o moluscos lámpara, tenían dos caparzones con conchas encajadas de frente que se abrían y cerraban con músculos simples. Los braquiópodos estaban sujetos al fondo del océano por una especie de apéndice parecido a una raíz. Se alimentaban por filtración (ver figura 3.5).



**Figura 3.5**  
Fósil de braquiópodo.



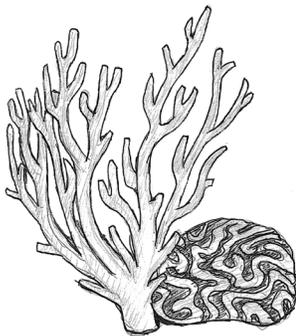
**Figura 3.6**  
Crinoideo o lirio del mar, especie dominante del paleozoico medio y superior.

Los crinoideos o lirios del mar, fueron otra de las especies dominantes del paleozoico medio y superior, y aún existen. Las prolíficas esponjas del paleozoico inferior fueron unas de las especies más primitivas, aparecieron con una variedad de formas y tamaños (ver figura 3.6). Compitiendo con las esponjas estaban los corales con esqueletos duros y cuyas generaciones construyeron arrecifes de caliza (ver figura 3.7). Muchos de los corales se extinguieron debido al retroceso de los mares.

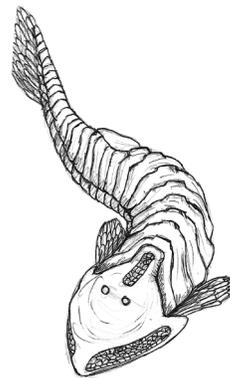
Los peces se hicieron dominantes en el Devónico. Los restos fósiles revelan una gran variedad de clases. Probablemente fueron malos nadadores y evitaban las profundidades. Los peces sin mandíbula fueron los primeros vertebrados, existieron hace 470 millones de años (ver figura 3.8).

Al igual que con los animales, las plantas no aparecen en los restos fósiles como organismos complejos hasta el cámbrico, después del cual empezaron a evolucionar rápidamente. Durante el ordovícico, hace unos 450 millones de años, el nivel del oxígeno era el suficiente para crear una eficaz pantalla de ozono en la estratosfera superior, que hizo posible que las plantas y los animales se acercaran a las costas.

Cuando las plantas llegaron a la tierra seca, fueron recibidas por un medio adverso, donde la sequía, los rayos ultravioleta y la falta de nutrientes hacían la vida difícil. Para sobrevivir tuvieron que confiar en las relaciones simbióticas. Probablemente fueron los líquenes (asociación hongo-alga) los que hicieron el primer intento. Siguió los mohos y los musgos, uno generó los licopodios y otro las gimnospermas, antepasados de la mayoría de las plantas modernas.



**Figura 3.7**  
Ejemplos de fósiles de corales.



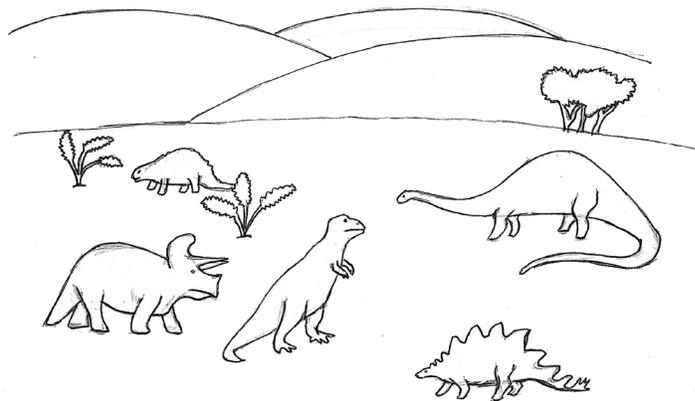
**Figura 3.8**  
Pez sin mandíbulas, extinto.

Probablemente fueron los crustáceos los primeros que se arrastraron fuera del mar, antepasados de los miriápodos. Fueron presa fácil de los descendientes del escorpión marino. A mediados del Devónico, hace unos 370 millones de años, los crossopterigios y sus parientes hacían cortas estancias en la costa para alimentarse de los abundantes crustáceos e insectos. Probablemente estos peces dieron origen a los anfibios, ya en el devónico superior.

Los anfibios llevan un modo de vida semiacuático que finalmente les condujo a un gran descenso cuando los grandes pantanos se secaron hacia el final del paleozoico. El espacio de los anfibios fue ocupado rápidamente por sus primos los reptiles, que estaban mucho mejor adaptados a la vida fuera del agua.

### Mesozoico (edad de la vida media)

El mesozoico, “la edad de los dinosaurios” se desarrolló entre 240 y 65 millones de años aproximadamente (ver figura 3. 9). Al inicio de esta era la Tierra se estaba recuperando de una gran glaciación y de la peor extinción de su historia geológica. Las especies que eran inmóviles y no podían migrar a hábitats mejores, o que habían evolucionado hacia modos de vida especializados y que eran incapaces de moverse a un medio ambiente cambiante fueron las más dañadas.



El inicio del mesozoico fue una especie de renacimiento de la vida, surgiendo 450 nuevas familias de organismos. Fue un periodo de transición, especialmente para las plantas. Se produjo un cambio drástico en la vegetación durante el cretácico medio con la introducción de las angiospermas, que aparecieron junto con los insectos polinizadores. El desarrollo de las angiospermas, asociadas al descenso del nivel

de bióxido de carbono en la atmósfera y a la reducción de las temperaturas, pudieron contribuir a la extinción de los dinosaurios y otros animales marinos a finales del cretácico.

El clima generalmente cálido del mesozoico fue una ventaja para los reptiles y los ayudó enormemente a colonizar la superficie terrestre. Los dinosaurios ocuparon una gran variedad de nichos ecológicos. Los dinosaurios más antiguos venían de la Gondwana siguiendo la gran glaciación del pérmico.

Las aves descendían de los **teodontes**, que también eran antepasados de los dinosaurios. Por eso a menudo se llama a las aves “reptiles glorificados”. Tenían sangre caliente para poder obtener una eficacia metabólica máxima, que era necesaria para sostener el vuelo. Sin embargo, conserva-

**Figura 3.9**  
Dinosaurios que dominaron el mesozoico.

ron el modo reproductor reptil de poner huevos. La capacidad de las aves para mantener sus temperaturas corporales ha llevado a plantear que algunas especies de dinosaurios fueran también de sangre caliente.

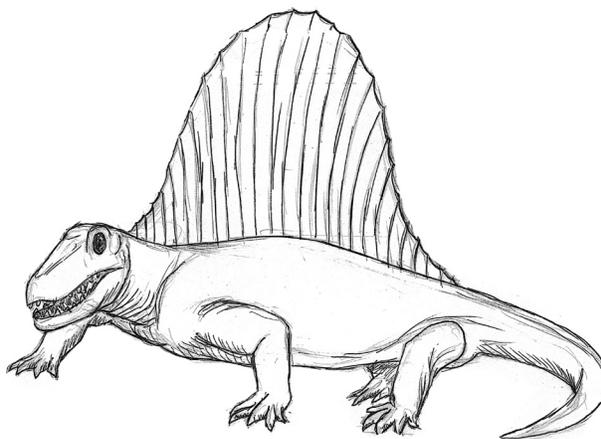
Los primeros animales que se diversificaron de los reptiles fueron los pelicosaurios (ver figura 3.10), aparecieron hace 300 millones de años. Se distinguían por su gran tamaño, con una longitud de hasta 30 metros. Con grandes aletas dorsales formadas por redes de membranas sobre espinas óseas protuberantes. Abundaron durante unos 50 millones de años.

Los mamíferos similares a los reptiles muestran una clara transición entre reptiles y mamíferos. Durante el pérmico superior miembros de este grupo invadieron los continentes del Sur. El desarrollo de los cueros cabelludos apareció en los terápsidos avanzados que se trasladaron a climas más fríos. Los terápsidos dominaron durante más de 40 millones de años hasta mediados del triásico. Dando paso a los dinosaurios.

Entre finales del triásico y el principio del jurásico, hace unos 210 millones de años, los dinosaurios llegaron a dominar la Tierra, manteniéndose así durante los siguientes 140 millones de años.

### El Cenozoico (la edad de la vida reciente)

El cenozoico, “la edad de los mamíferos” cubre los últimos 65 millones de años de la historia de la Tierra. Situaciones extremas en clima y topografía provocaron una variedad de condiciones de vida mayor que durante cualquier otro período equivalente del tiempo geológico. Un medio ambiente severo daba muchas oportunidades a las especies; además, el nivel al que las plantas y los animales llegaron para invadir hábitats diversos fue verdaderamente excepcional. Al final del paleoceno, los mamíferos empezaron a diversificarse rápidamente, hace unos 54 millones de años. A principios del eoceno empezaron a aparecer la mayoría de los vertebrados mamíferos actuales.



**Figura 3.10**  
Ejemplo de pelicosaurio

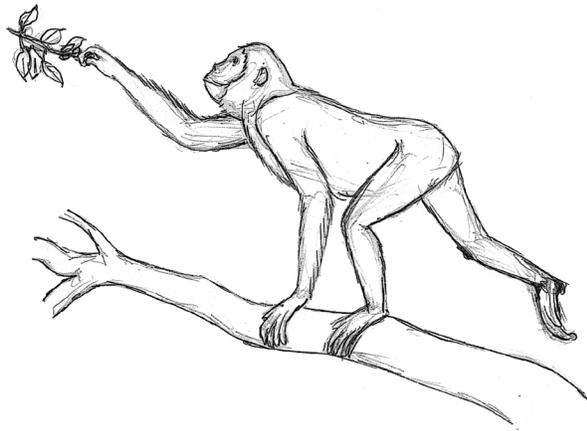
A mediados del cenozoico aparecieron unas 70 especies de mamíferos marinos, llamados cetáceos, como delfines, marsopas y ballenas. En el cenozoico inferior todos los grandes grupos de plantas estaban ya representados. Las angiospermas dominaron al mundo vegetal. Todas las familias actuales parecen haber evolucionado hace unos 25 millones, en el mioceno. Las hierbas eran el alimento de los **ungulados**.



**Teodontes.** Animales cuyas piezas dentarias se alojan en alvéolos.



**Ungulados.** Animales provistos de cascos o pezuñas.



**Figura 3.11**  
Procunsul, antecesor común del simio y el humano.

Las plantas con conos (coníferas), que fueron predominantes durante el mesozoico, tenían un papel secundario durante el cenozoico. La vegetación tropical, extendida durante el mesozoico, se retiró a las franjas alrededor del ecuador en respuesta al clima más frío y seco. Estas condiciones climáticas fueron causadas en su mayor parte por una elevación de las masas de la Tierra, que provocó, también, la desaparición de los mares interiores.

Era	Período	Época	Tiempo en millones de años	Primeras formas de vida
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.01	
	Terceario	Pleistoceno	2	Hombre
		Plioceno	7	Mastodontes
		Mioceno	26	Dientes de sable
		Oligoceno	37	
		Eoceno	54	Ballenas
	Paleoceno	65	Caballos, lagartos	
Mesozoico	Cretácico		135	Pájaros
	Jurásico		190	Mamíferos
	Triásico		240	
	Pérmico		280	Reptiles
Palcozoico	Carbonífero	Pensilvaniense	310	Árboles
		Mississippiense	345	Anfibios, insectos
	Devónico		400	Tiburones
	Silúrico		435	Plantas terrestres
	Ordovícico		500	Peces
Proterozoico	Cámbrico		570	Plantas marinas, animales con concha
			700	Invertebrados
			2,500	Metazoos
Arcáico			3,500	Primeras formas de vida
			4,000	Rocas más antiguas
			4,600	Meteoritos

**Tabla 3.1**

La mayoría de los científicos cree que los primeros primates evolucionaron a partir de pequeños mamíferos similares a las ardillas que vivieron hace alrededor de 50 millones de años. Después, el árbol de la familia de los primates se dividió en dos ramas, los monos del viejo mundo y los del nuevo mundo. El grupo del viejo mundo incluía también a los homínoides, nuestros an-

tepasados del tipo de los humanos. Hace aproximadamente unos 30 millones de años, los precursores de los simios vivían la mayor parte de su vida en las demás selvas húmedas tropicales de Egipto, en lo que hoy es un desierto. Estos antepasados del tipo de los simios se extendieron desde África hasta Europa y Asia entre 25 y 10 millones de años.

Se piensa que el antepasado común de los simios y el humano era el Procónsul, una criatura del tipo de los simios que vivió entre 22 y 16 millones de años (ver figura 3.11). Era un animal que habitaba en los árboles, comía fruta y caminaba principalmente sobre sus cuatro extremidades. Además los machos eran característicamente más grandes que las hembras. El procónsul evoluciona a partir del momento en que se separó la rama de los monos del árbol de la familia primate, pero antes de que se separarán chimpancés, gorilas, orangutanes y humanos.

### 3.1.2 Extinción de especies: un hecho natural

A lo largo de la historia de la Tierra, las especies han aparecido y desaparecido, de modo que las que existen en la actualidad constituyen tan sólo un pequeño porcentaje del total que ha existido en el planeta. Más de 99% de todas las especies que han habitado la Tierra alguna vez se han extinguido. Se estima que a lo largo de la historia geológica han existido 4,000 millones de especies de animales y plantas. La mayoría vivió durante los últimos 570 millones de años. Este período tuvo un fenomenal desarrollo de especies junto con trágicos episodios de extinciones en masa. Cada extinción significaba la desaparición de más de 50% de especies que vivían en aquel tiempo, de manera que la extinción de especies ha sido tan común como su origen.

Durante el gran desarrollo del cámbrico, que empezó hace unos 570 millones de años, se dio la mayor diversidad que jamás haya existido en la Tierra. Desde entonces se han producido cinco grandes extinciones en masa:

1. Al final del ordovícico (hace 440 millones de años).
2. En el devónico (hace 370 millones de años).
3. En el pérmico (hace 240 millones de años).
4. En el triásico (hace 210 millones de años).
5. En el cretácico (hace 65 millones de años).

También ha habido cinco o más extinciones en masa de carácter menor. Lo que existe de común en todas ellas es el hecho de que los sistemas biológicos sufrieran una tensión extrema producida, por regla general, por los cambios rápidos y generalizados en el medio ambiente.

Las causas propuestas para las extinciones en masa se agrupan en dos categorías:

1. Aquellos mecanismos condicionantes que son intrínsecos a los cambios dinámicos en el planeta. Por ejemplo, los efectos de enormes explosiones, el escape de gases tóxicos y de

elementos traza de las grietas del fondo oceánico. Lluvia ácida, cambios bruscos de temperatura de la atmósfera y del océano.

2. Causas extraterrestres: erupciones solares gigantes y supernovas cercanas, incrementan la insolación sobre la Tierra y trastornan el clima.



**Figura 3.12**  
Extinción en masa.

Mientras que las extinciones en masa han interrumpido severamente la diversificación de la vida en la Tierra durante sus 3,500 millones de años de evolución registrada, el ecosistema global ha sobrevivido a estas crisis y ha continuado expandiéndose a través de los tiempos. Esto refleja una gran capacidad de adaptación frente a las extinciones gracias a los altos niveles de diversidad genética, ecológica y de comunidades que existieron antes de la mayoría de los episodios de extinción en masa. En general, cuanto más alta es la diversidad biológica justo antes de un intervalo de extinción en masa, más rápida es la regeneración del ecosistema resultante.

### Modelos de extinción en masa

Los efectos a largo plazo del fenómeno de extinción en masa de la biodiversidad global también pueden estar regulados por modelos de extinción.

- Extinciones en masa catastróficas. Interpretadas como las acontecidas en un intervalo de días a centenares de años, están relacionadas con perturbaciones del ambiente global en muy corto plazo, con impactos de meteoritos o cometas gigantes. Tales catástrofes afectan simultáneamente a taxones genética y ecológicamente variados y a la mayoría de ecosistemas globales, a pesar de su ubicación en “estrategias” de supervivencia intrínsecas. Los supervivientes son pocos y la regeneración será a largo plazo abarcando millones de años. La gran extinción en masa del cretácico asociado con evidencias de por lo menos dos impactos de bólidos cercanos entre sí.
- Extinciones en masa escalonadas. Implica series de episodios de extinción conjuntos ecológicamente selectivos y en corto plazo. Espaciados por entre 100 y 500 mil años, aunque en conjunto llegan a extenderse en intervalos de 1 a 3 millones de años. Entre estos escalones, las tasas de extinción vuelven a los niveles iniciales y pueden producirse nuevas especies, así como la regeneración del ecosistema inicial. En ejemplos devónicos y cretácicos bien estudiados hay una tendencia de los organismos tropicales y subtropicales a verse más afectados

por la extinción durante los escalones iniciales, mientras que en los polos, los grupos templados y ecológicamente más flexibles tienden a verse más afectados durante los escalones de extinción más tardíos.

- Extinciones en masa graduales. Se refiere a procesos que duran entre 1 y más de 5 millones de años, durante los cuales las tasas y/o magnitudes de extinción son superiores a la formación de nuevas especies, dando lugar a una reducción de 50% o más en la diversidad. Los mecanismos causantes de la extinción gradual se consideran ligados a factores terrestres, como un persistente descenso del nivel del mar, empobrecimiento en los niveles de oxígeno oceánico, intoxicación química, prolongados intervalos de cambio de temperatura, etc. Un ejemplo fue la extinción en masa del límite pérmico-triásico. Existen indicios de un cambio ecológico gradual en lo que se refiere a la pérdida de taxones y a la sustitución de las formas más tropicales o ecuatoriales por otros más templados o polares.

### **El resultado final**

Un suceso catastrófico reduce el número de especies diferenciadas, así como el número total de especies. A continuación de este suceso, el sistema biológico parece quedar totalmente inmune a cualquier cataclismo. Las especies que sobreviven a una extinción en masa son particularmente resistentes y tienen la capacidad de recuperarse después de los sucesivos cambios ambientales. Además, tras una gran extinción, quedan menos especies que puedan desaparecer.

En consecuencia, cualquier catástrofe que pueda ocurrir tendría un efecto limitado mientras no hayan evolucionado muchas especies, incluyendo las que serían propensas a la extinción. Después de cada extinción, el mundo biológico necesita un período de recuperación antes de que esté preparado otra vez para hacer frente a otra extinción. Esta es la razón que explica por qué los mamíferos tardaron tanto en acabar diversificándose tras la desaparición de los dinosaurios. Desgraciadamente para algunas especies de mamíferos, esa diversificación condujo a una especialización excesiva, estando fuera de juego en la siguiente extinción.

Cada vez que ocurre una extinción en masa, el reloj de la evolución se pone en hora como si la vida se viera obligada a empezar de nuevo. Las especies que sobreviven se dispersan llenando nichos completamente nuevos, que en consecuencia produce especies totalmente nuevas. Una especie queda definida por su genética, no por su morfología. La cantidad de información genética contenida en cada célula crece sostenidamente de los organismos simples a los complejos. Además, especies diferentes pueden tener ciertos atributos físicos similares debido únicamente a que comparten el mismo ambiente. Por ejemplo, cuando los mamíferos y los reptiles volvieron al mar adquirieron la apariencia de peces.

La vida experimentó muchos avances extraordinarios tras la gran extinción del pérmico, hace 240 millones de años. Las especies que soportaron la extinción eran parecidas a las poblaciones de hoy día. Muchas de estas mismas especies sobrevivieron también a la extinción del cre-

tácico, lo que parece indicar que perfeccionaron las características de supervivencia que les faltaron a las otras especies.

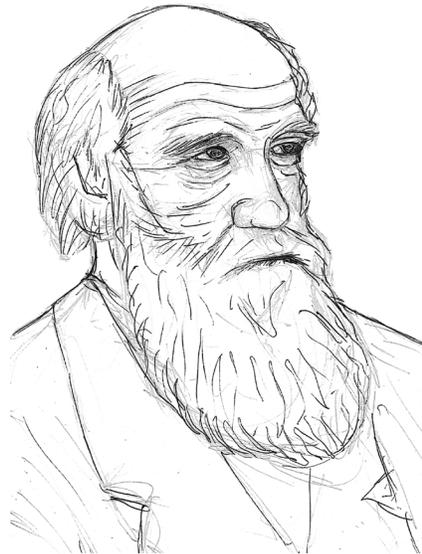
A medida que el mundo se recuperaba de la extinción, muchas zonas del océano se poblaron con numerosos organismos especializados y la diversidad global de las especies se elevó sin precedentes. Pero en vez de desarrollar formas completamente nuevas, como las que se iniciaron durante la explosión evolutiva del cámbrico, las especies que sobrevivieron a la extinción del final del Pérmico desarrollaron morfologías basadas en tipos de esqueletos simples con una presencia reducida de organismos experimentales.

## 3.2 LA EXPLICACIÓN TEÓRICA BASADA EN LOS HECHOS

### 3.2.1 Revisando los principios de la teoría de la evolución

El término evolución encierra dentro de sí toda su historia. Esta palabra fue adoptada en el siglo xvii para referirse a la teoría de Swammerman de la preformación del adulto dentro del embrión. La oposición al preformacionismo evolutivo, surge con las “Teorías de la evolución del embrión” inclinándose hacia las “Teorías del desarrollo gradual”. Se describía el desarrollo del embrión no como un precipitarse de inmediato en forma adulta, sino como un cambio gradual hacia las formas permanentes de especies inferiores. Es decir, el embrión recapitula los tipos morfológicos de las especies inferiores. Esta tesis de la recapitulación durante años fue directriz de muchos investigadores de la biología.

Muchos de los historiadores de las ciencias actuales piensan de otro modo, sostienen que Charles Darwin fue acertado al rechazar esta teoría, aceptando que el embrión simplemente cambia de una condición más homogénea a otras formas más heterogéneas. Es decir, vio claramente el desarrollo del embrión como comparable al despliegue rápido de una sucesión de daguerrotipos, lo cual produciría un retrato dinámico de la historia filogenética de la especie.



**Figura 3.13**  
Naturalista inglés Charles Robert Darwin (12 de febrero de 1809 - 19 de abril de 1882).

Las teorías de Darwin (ver figura 3.13) acerca de la adaptación y la herencia, explican cómo los rasgos comunes llegarían a caracterizar tanto al antepasado como al embrión de los descendientes. A finales del siglo xx, más de ciento cincuenta años después de que Darwin formulase por primera vez sus teorías de la evolución, sus ideas se han convertido en todo un ambiente de opinión. Los debates actuales tratan del tiempo y modo de evolución, si la evolución es gradual y constante o procede a saltos y ocasionalmente: si está dirigida hacia una mayor ramificación al proliferar la variabilidad, si la transformación está dirigida solamente por selección natural o también si la selección natural se centra

en unidades hereditarias mínimas o en sistemas más complejos, desde individuos hasta poblaciones y especies, pasando por grupos de parentesco.

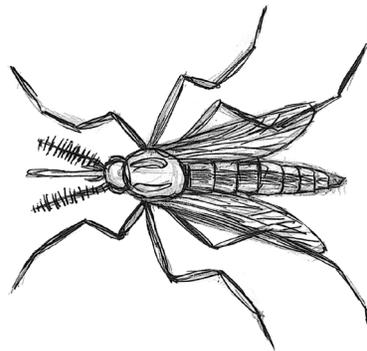
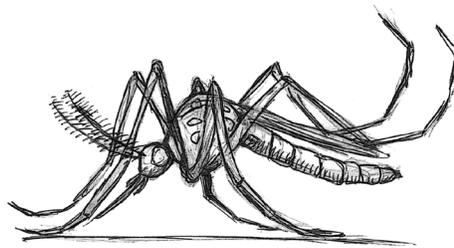
Charles Darwin fue el primero en mostrar que las especies biológicas, incluida la del hombre, no han aparecido ya formadas sino que proceden por transformación de otras existentes, es decir, las especies no son inmutables.

También fue el primero en plantear que la diversidad orgánica es una consecuencia de la adaptación a diversos ambientes; que la variedad de estructuras y funciones hace posible una diversidad infinita de modos de vida. Y así, porque existen tantas clases de organismos, la evolución puede explorar más exhaustivamente que lo que pudiera explorar desde cualquier organismo único concebible, las diversas oportunidades para vivir que ofrece un medio ambiente concreto.

Sin embargo, la posibilidad de adaptación al entorno no es la “única causa real” de la evolución de las especies y mucho menos de su origen. El éxito de la selección natural ha demostrado ser el mecanismo de optimización de las funciones y características de los individuos de las diferentes especies.

Actualmente se cuenta con nuevos paradigmas en la explicación científica de la evolución. Debido al mayor conocimiento de los procesos de organización de la materia inerte y de la autoorganización propia de los seres vivos. Dos puntos clave aparecen ahora como una explicación del proceso evolutivo. En primer lugar la razón de la diferencia entre la organización de los materiales en el mundo inerte y el vivo, siguiendo las mismas leyes que marcan el camino de lo simple a lo complejo. En el mundo inerte la materia y la forma se estructuran de maneras diferentes según las condiciones externas. Por el contrario, hasta el ser vivo más simple tiene un material, el ADN o patrimonio genético, que hereda de sus progenitores y transmite a sus descendientes material informativo. Éste contiene la clave para que se constituya y viva un individuo. De ahí que la emergencia de lo vivo sea la formación del primer y más simple material informativo: un tipo de molécula que se autosintetiza y se autorreplica.

El segundo aspecto es la lógica de la vida que da cuenta de la complejidad de los seres vivos y su modo de organización y con ello las propiedades funcionales que están ligadas precisamente a la adquisición de una determinada configuración espacial. Los seres vivos presentan una mecánica unitaria: tienen funciones propias dirigidas a su fin propio natural, que es vivir y transmitir vida. La aparición de lo nuevo es actualización de las potencialidades, congruente con lo que es actual y en continuo movimiento. No se reduce lo nuevo a las



**Figura 3.14**  
*Aedes aegypti*, transmisor del dengue.

condiciones iniciales, ni está preformado por ellas. Tampoco emerge sin más ni más, ni existe un principio oculto en ellas. La innovación surge del orden propio de la vida.

Un ejemplo lo constituyen los insectos transmisores de enfermedades, *Aedes aegypti*, mosquito transmisor del dengue en nuestro país (ver figura 3.14). El cual presenta resistencia a los insecticidas aplicados en su control. En un estudio realizado en 10 estados de la República Mexicana se determinó, mediante pruebas de laboratorio, la mutación en su material genético (Premio nacional de investigación, UANL 2008), lo que nos indica que estos cambios o mutaciones pueden ser observados en especies menores expuestas a presión de selección mayores (insecticidas, cambios de hábitat, etc.). Esto no puede ser observado en especies más complejas (vertebrados).

### 3.3 TEORÍAS SOBRE EL ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS ANIMALES

#### 3.3.1 Origen de los metazoarios

Para los especialistas han existido muchos problemas para desmarañar el origen de los animales pluricelulares (metazoos). Todos coinciden en que proceden de organismos unicelulares, pero existe desacuerdo sobre de qué grupo de estos organismos y de qué modo lo hicieron. Son tres las hipótesis que predominan en la actualidad.

1. Los metazoarios surgieron de un animal ciliado sincitial (multinucleado) en el que se desarrollaron con posterioridad límites celulares.

Los que apoyan esta teoría creen que los metazoarios surgieron de un antecesor compartido con ciliados unicelulares, que en un principio eran multinucleados (tenían más de un núcleo). El antecesor común de los metazoarios adquirió múltiples núcleos dentro de una membrana celular, y luego se dividió y consiguió la condición pluricelular. Este antecesor se parecía al de un ciliado moderno y tenía una simetría bilateral, por lo tanto, era similar a los platelmintos. La objeción es que se ignora la embriogénesis de los platelmintos, en los que no existe nada semejante al proceso de celularización.

2. Los metazoarios surgieron de flagelados coloniales en los que las células gradualmente se fueron haciendo más especializadas e independientes.

Propuesta en 1874 por Ernest Haeckel, en ésta los metazoarios derivaron de un antecesor organizado como una colonia de células flageladas, esférica y huecas. Las células individuales dentro de la colonia se fueron diferenciando hacia papeles funcionales específicos (células reproductoras, nerviosas, somáticas, etc.); de este modo se subordina la independencia celular, a la prosperidad de la colonia en su conjunto. La forma de la colonia ancestral era al principio de simetría radiada, tal vez similar a las larvas plánulas de vida libre y nadadora de los cnidarios. Ésta es de simetría radiada y no posee boca.

La simetría bilateral podría haber evolucionado más tarde cuando algunos de estos antecesores, semejantes a una plánula, se adaptasen al movimiento de reptación por el fondo de los océanos. Se podrían haber diferenciado la superficie dorsal y ventral, podría haber aparecido una boca ventral y se habría iniciado un camino hacia la cefalización (una concentración de neuronas y de estructuras sensoriales en el extremo anterior). Esto habría llevado hacia una simetría bilateral semejante a la de los platelmintos.

3. El origen de los metazoarios fue polifilético, es decir, que derivaron de más de un grupo de organismos unicelulares. Aquí se sugiere que las esponjas, los cnidarios, ctenóforos y el resto de los eumetazoos evolucionaron independientemente.

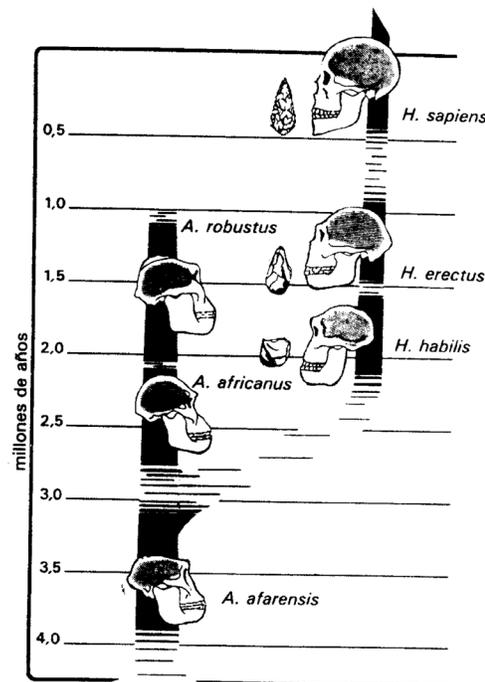
En la actualidad se tiene la evidencia basada en las secuencias de pequeñas unidades de RNA ribosómico y las semejanzas de complejas vías bio químicas.

### 3.3.2 Radiación de mamíferos

El linaje evolutivo de los mamíferos desde sus antecesores **amniotas** más remotos es quizá la transición mejor documentada en la historia de los vertebrados. Podemos seguir mediante el registro fósil, la transformación a lo largo de 150 millones de años desde pequeños animales ectodérmicos y sin pelo hasta mamíferos actuales, endotérmicos y peludos. El cráneo (ver figura 3.15), y especialmente los dientes (ver figura 3.16) son los fósiles más abundantes, y es fundamentalmente con estas estructuras con las que podemos identificar la ascensión evolutiva de los mamíferos.

La estructura del techo del cráneo permite identificar tres grandes grupos de amniotas que divergieron durante el período carbonífero del paleozoico: los sinápsidos, los anápsidos y los diápsidos. El grupo de los sinápsidos, que incluye a los mamíferos y sus antecesores tiene un par de aberturas en el techo del cráneo para la inserción de los músculos de las mandíbulas. Éste se dispersó ampliamente por hábitats terrestres. Los anápsidos con cráneos macizos, e incluye a las tortugas (quelonios) y sus antecesores. Los diápsidos tienen dos pares de aberturas en el techo del cráneo y este grupo contiene a dinosaurios, lagartos, serpientes, cocodrilos, aves y sus antecesores.

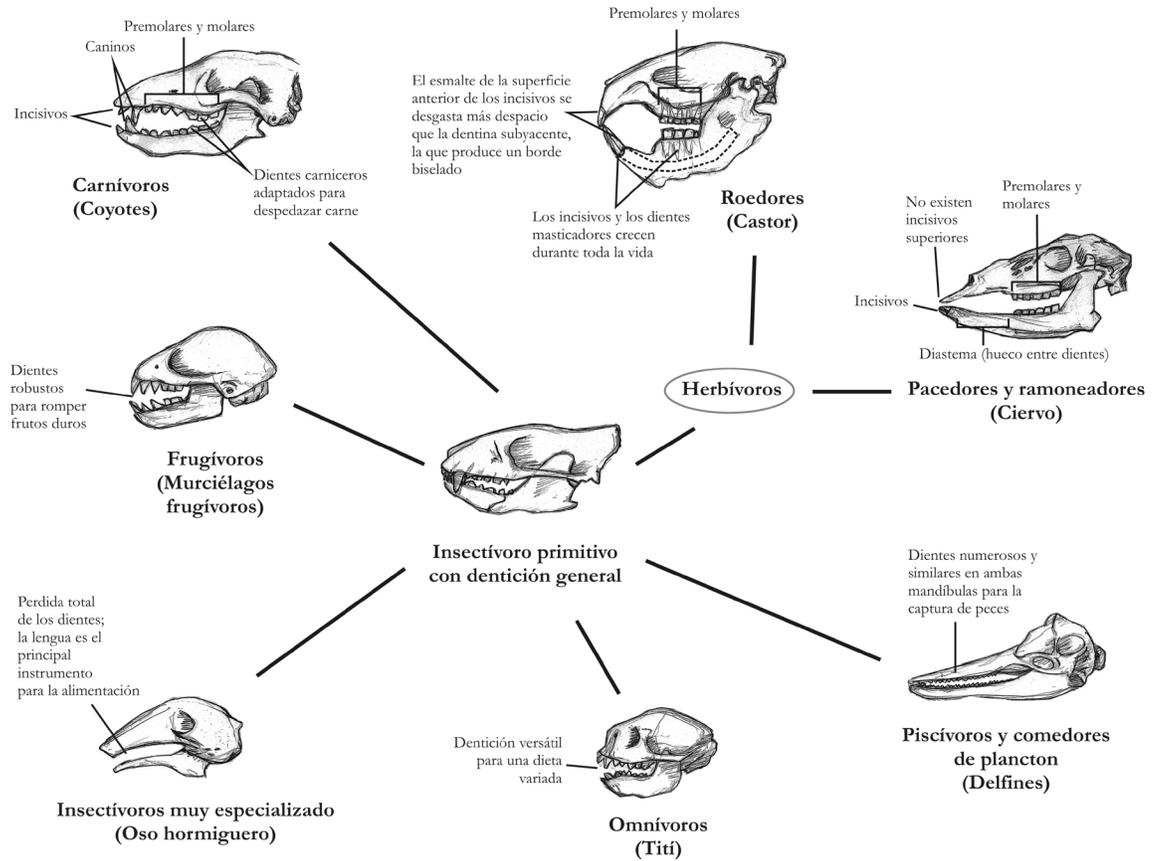
Los primeros sinápsidos se diversificaron en distintos tipos de herbívoros y carnívoros, denominados pelicosaurios, abundantes en el pérmico. Son semejantes a los lagartos, pero no están relacionados con éstos. Los carnívoros sinápsidos están ligados a los terápsidos, que sobrevivieron más allá del Paleozoico, en ellos se observa por primera vez una locomo-



**Amniota.** Vertebrado cuyo embrión está protegido durante su desarrollo por una envoltura membranosa denominada amnios. Estructura presente en los vertebrados terrestres: aves, reptiles y mamíferos.

**Figura 3.15**  
Cráneos de homínidos.

ción erecta, con extremidades erguidas. Los terápsidos se diversificaron en herbívoros y carnívoros, desaparecieron a finales del Pérmico.



**Figura 3.16**  
Adaptaciones en tipos de dientes de diferentes mamíferos.



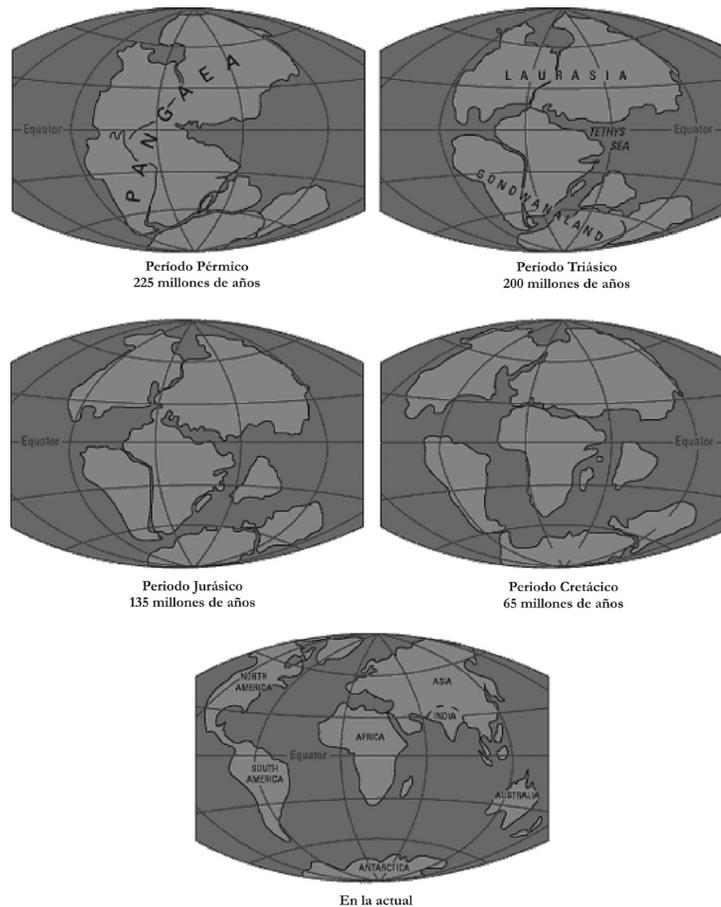
**Figura 3.17**  
Ejemplo de un terápido, que vivió en Norteamérica.

Los cinodontos, último grupo evolutivo, sobrevivió y pasó al mesozoico. Desarrollaron varios caracteres novedosos, como una alta tasa metabólica, que permitió una vida más activa, un aumento de la musculatura mandibular, que produjo una mordedura más fuerte, cambios esqueléticos que proporcionaron mayor agilidad y un paladar óseo duro que permitía al animal respirar mientras mantenía una presa en la boca. También permitía a las crías de mamíferos respirar mientras mamaban. También se redujo el número de costillas, cambio que probablemente mejoró la flexibilidad de la columna vertebral.

Los mamíferos primitivos, pequeños como ratones, eran insectívoros nocturnos. Su antecesor probablemente fue un grupo de reptiles que vivió a finales del triásico. Se ha propuesto que este grupo ancestral ya tenía algunas de las características de los mamíferos (por ello se les denomina reptiles mamíferoides). Las evidencias fósiles sugieren que el origen de los mamíferos precede en unos 60 millones de años al surgimiento de las aves, lo cual indicaría que los mamíferos no fueron el último gran grupo de vertebrados que se estableció.

Los mamíferos que convivieron con los dinosaurios durante un largo tiempo ocuparon un papel muy secundario. Mantuvieron una baja diversidad ya que no podían igualarlos en la competencia debido a su pequeño tamaño y bajo peso. Por todo ello, estos animales estaban obligados a vivir en una escala más reducida. Sin embargo, la evolución a gran escala no siempre es el resultado de la supervivencia del más adaptado, sino también del más afortunado. El pequeño tamaño de los mamíferos que representaba una desventaja frente a los dinosaurios tuvo, frente a las nuevas condiciones establecidas después de un trastorno a nivel planetario, importantes ventajas. Por ejemplo, los mamíferos tenían más flexibilidad, lo que les permitió nadar, trepar, correr o excavar, y ser más eficaces en la adquisición y procesamiento del alimento.

Por otra parte, otras características que no resultaron relevantes durante el reinado de los dinosaurios se tornaron especialmente útiles en el nuevo contexto: los mamíferos eran capaces de dar a luz crías vivas, y poseían un cerebro grande en relación con la masa corporal, lo que les confería una mayor eficiencia en la captación y el procesamiento de los estímulos del medio. Todas estas características son las que, probablemente, permitieron a los mamíferos sobrevivir a los cambios que produjeron la extinción masiva que eliminó a los dinosaurios y experimentar posteriormente una exitosa radiación adaptativa que les permitió colonizar exitosamente innumerables ambientes.



**Figura 3.18**  
Teoría de la deriva continental.

Las condiciones de aislamiento o semiaislamiento de los distintos grupos de mamíferos, como consecuencia de la separación de los continentes, sumadas a la gran adaptabilidad funcional de su plan de organización corporal, parecen ser las causas fundamentales de su extensa y dinámica radiación.

### 3.4 CAUSAS HISTÓRICAS DE LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LA FAUNA

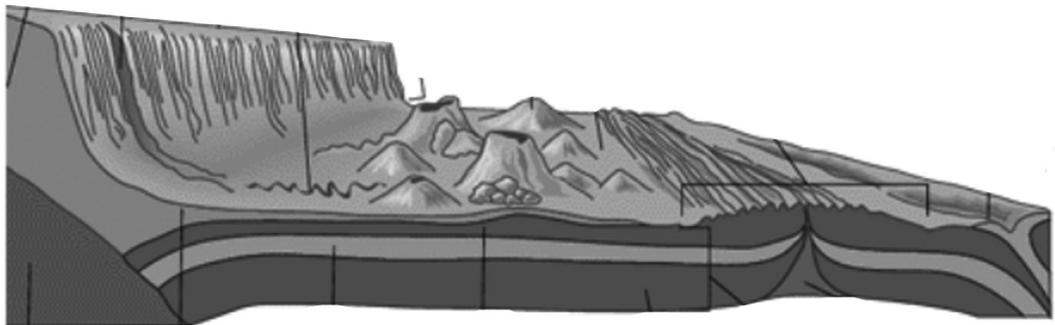
#### 3.4.1 Deriva continental y zoogeografía (distribución en el mundo de los tipos de fauna)

A principios del siglo xx, Wegener postuló la “Teoría de la Deriva Continental”. Según esta teoría, toda la tierra firme fue una gran masa (alrededor del periodo carbonífero o un poco antes) (ver figura 3.18). Supuestamente, los continentes, más ligeros que el material de la corteza de la Tierra subyacente, gradualmente se separaron y flotaron sobre esta última hasta adquirir su posición actual.

Según esta teoría, durante el eoceno Sudamérica perdió su conexión con África y se formó el océano Atlántico. Se pensó que Australia y Sudamérica se encontraban unidas por el Antártico en ese tiempo. Las pruebas de esta teoría se acumulan constantemente.

En principio los contornos de los continentes, por ejemplo África y Sudamérica parecen “emboñar” si se juntan, pruebas más científicas han sobrepasado esta forma simplista de pensamiento.

A finales de la década de 1950, los oceanógrafos identificaron una cordillera continua que corre por la parte central del lecho oceánico (ver figura 3.19). Muchos terremotos (maremotos) tienen relación con esta zona. En 1960, Hess, de la Universidad de Princeton, sugirió la posibilidad de que el piso del océano se encuentra en constante movimiento.



**Figura 3.19**  
Cordillera en el lecho oceánico.

Mason y colaboradores, en 1961, encontraron que el piso del océano junto a Norteamérica ha tenido patrones de magnetismo en franjas. Vine y Matthews encontraron que el campo magnético se ha invertido varias veces durante la historia de la Tierra. Propusieron que en edades pasadas hubo rocas fundidas, las cuales, cuando se enfriaban y solidificaban, tomaban la orientación geomagnética del mundo en ese momento.

Morgan postula la existencia de seis placas que crecen por la adición de corteza terrestre nueva. Se ha encontrado que los continentes todavía se mueven. La tasa promedio es de, aproximadamente, uno a seis centímetros por año.

### Distribución animal (zoogeografía)

A principios de la era cenozoica (paleoceno) había una gran cantidad de mamíferos en el hemisferio norte. Aparecieron muchas órdenes que se han ido extinguiendo. Por ejemplo, las evidencias fósiles indican que las regiones Neártica y Paleártica tuvieron fauna extremadamente similar en éste y en los períodos previos al cretácico (ver figura 3.20). La tendencia parece haber sido una dispersión general desde las regiones del norte hacia las del sur, sobre todo de oriente a poniente. Por supuesto que muchas especies se movieron poco o no lo hicieron.

En el eoceno aparecieron muchos animales nuevos del norte y hubo especialmente un aumento en la cantidad de familias de mamíferos. Además, se piensa que las regiones del norte perdieron las conexiones que pudieron haber tenido en este período.

El oligoceno se caracteriza por la diseminación rápida y penetrante de poblaciones animales del eoceno. Por esta razón, se cree que en este período probablemente hubo una restauración de las conexiones de las regiones zoogeográficas que habían existido a principios del eoceno. Durante este tiempo, las regiones Paleártica y Neártica difirieron considerablemente en la constitución de herbívoros; por lo que se supone que en ese tiempo no estaban conectadas. Las pruebas fósiles indican que en este período ocurrió una migración de roedores, carnívoros y placentarios de la región Paleártica a la Etiópica. Por tanto, parece que en Eurasia y África estaban conectadas en varios puntos en el oligoceno.

Se cree que en el mioceno apareció un puente de tierra entre Siberia y Alaska, en la región del estrecho de Bering. En este período y en el plioceno, grandes movimientos de tierra elevaron a los Himalayas. Esto hizo que existiera una barrera de tierra entre las regiones Paleártica y Oriental. Para finales del plioceno las Américas se juntaron y han permanecido así hasta la construcción del Canal de Panamá en América Central. El del plioceno es un período importante porque durante este tiempo empezó a enfriarse el hemisferio norte. Esto tuvo efectos profundos.

Grandes cantidades de carnívoros (como gatos y osos) huyeron de las bajas temperaturas y se dirigieron hacia el sur.



**Figura 3.20**  
Regiones biogeográficas de América.



**Figura 3.21**  
Borrego cimarrón, especie emblemática de nuestro país.

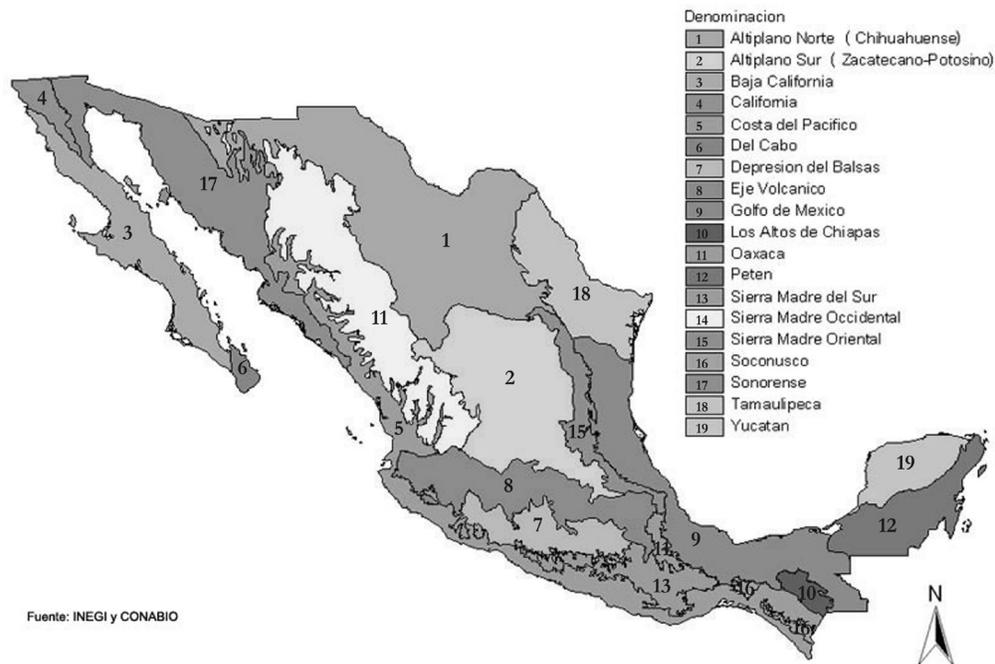
Las características de las regiones Neártica y Neotropical cambiaron radicalmente. Como los carnívoros neárticos se dirigieron hacia la región Neotropical, disminuyó la amenaza contra los herbívoros en la región Neártica, y la población de estos herbívoros aumentó. También es posible que los herbívoros se hayan adaptado mejor al frío que los carnívoros. La fauna paleártica complementaria también cambió. Muchos de estos animales realizaron un éxodo masivo hacia el sur de la región etiópica.

Para cuando llegó el siguiente período, el pleistoceno, la mayor parte de las especies modernas habían evolucionado. Las conexiones de África con Eurasia se convirtieron en áridas y por eso hubo migración a esa zona. El fenómeno más importante de este periodo fue la edad de hielo, el congelamiento de la mayor parte del hemisferio del norte. Durante su máximo, aproximadamente 32% de la superficie de la Tierra se encontraba bajo glaciares masivos. Muchas especies murieron y el carácter zoográfico del mundo cambió.

Varias versiones gigantes de algunas especies aparecieron en todas las partes no congeladas del mundo. Los animales que conservaron la vida en el hemisferio norte, por lo general, tuvieron mayor protección contra los extremos ambientales que sus contrapartes del sur. En la fauna del norte eran muy características las pieles gruesas. Los mamuts y los dientes de sable murieron por el frío y algunos organismos, como el tapir y los “nuevos elefantes”, se dirigieron hacia las zonas del sur.

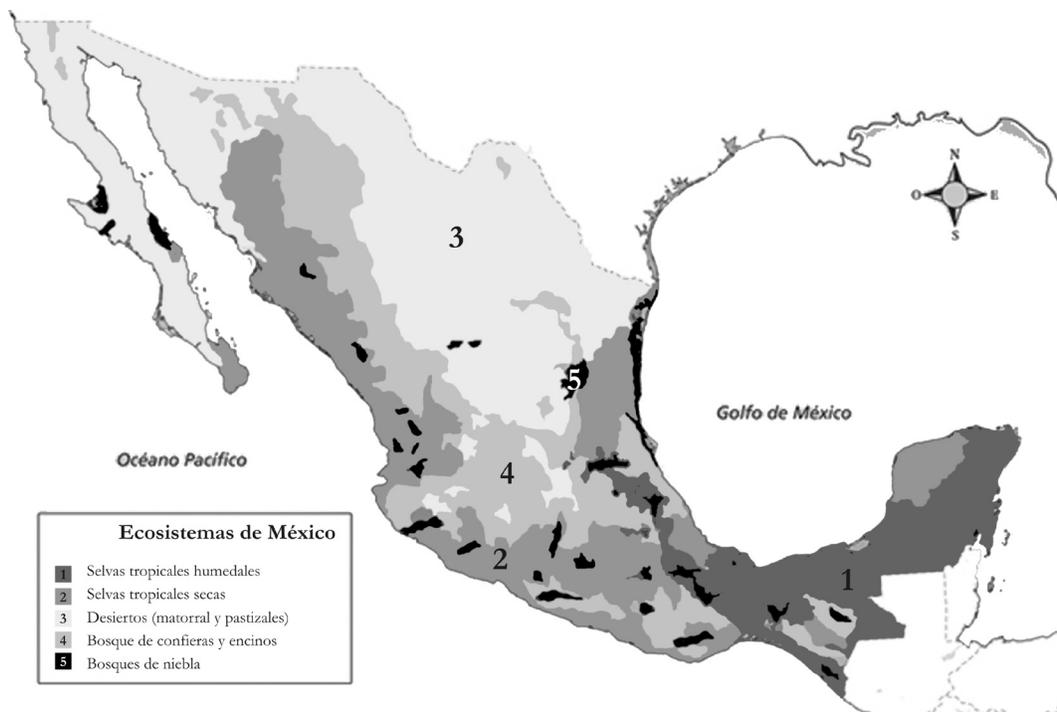
### 3.4.2 Regiones zoogeográficas y riqueza faunística de México

En México podemos caracterizar tres componentes bióticos principales, cada uno con una combinación diferente de elementos bióticos. El componente neártico (región Neártica) incluye las áreas áridas subtropicales del norte del país, en las provincias biogeográficas de California, Baja California, Sonora, altiplano mexicano y Tamaulipas (ver figura 3.22). En este componente predo-



**Figura 3.22**  
Componentes bióticos de la zona neártica y neotropical de México.

mina el elemento original (septentrional antiguo o paleoamericano), junto con otro de dispersión más reciente (neártico) y un tercero neotropical antiguo. Los eventos vicariantes asociados con la evolución biótica del componente Neártico se relacionan con la formación de la Sierra Madre Occidental, que aisló el desierto de Chihuahua de los desiertos de Sonora y Mojave; y la expansión del Mar de Cortés, que aisló la Península de Baja California del continente. El componente transicional (zona de transición mexicana) incluye las áreas básicamente montañosas del centro del país, que se asignan a las provincias biogeográficas de la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, eje volcánico transmexicano, cuenca del Balsas y Sierra Madre del Sur. En este componente coexisten los elementos paleoamericano, neártico, mesoamericano tropical y mesoamericano de montaña. Los eventos vicariantes asociados con la evolución biótica del componente transicional se relacionan con el desarrollo de las sierras madre y el vulcanismo del eje volcánico transmexicano. El componente neotropical (región neotropical) incluye áreas tropicales húmedas y subhúmedas del sur de México, asignadas a las provincias biogeográficas de la costa pacífica mexicana, Golfo de México, Chiapas y península de Yucatán (ver figura 3.23). En éste predomina el elemento mesoamericano tropical, aunque también presenta los elementos neártico y antillano. Los eventos asociados con la evolución biótica del componente neotropical se relacionan con el desarrollo de los istmos de Tehuantepec y Panamá y la inundación de las tierras bajas de Nicaragua y de la península de Yucatán.



**Figura 3.23**  
Principales ecosistemas de México.

### 3.5 LA RELACIÓN DE LA FAUNA CON EL HOMBRE

#### 3.5.1 Alteración ecológica del hábitat

Una modificación del hábitat, como puede ser la introducción de especies animales exóticas que desplazan a las nativas, reduciendo sus poblaciones o conduciéndolas a la extinción, puede

resultar en la ruptura de interacciones entre especies, las cuales pueden haber evolucionado durante millones de años. El problema de la creciente introducción de especies exóticas por parte de los humanos en ecosistemas en los que han estado ausentes durante una gran parte, si no es que en la totalidad de su historia ecológica y evolutiva, está causando grandes modificaciones en todos los ecosistemas del planeta, desde desiertos hasta selvas tropicales.

La introducción de especies que actúan como invasoras (esto es, aquellas que, al tener una capacidad de expansión mayor que la de las especies nativas, causan daños económicos o ambientales), representa actualmente la segunda causa de pérdida de biodiversidad, después de la pérdida de hábitat y fragmentación del paisaje y provoca grandes costos económicos para la sociedad.

Aunque el cambio climático está recibiendo más atención que otros componentes del llamado cambio global, como son los cambios en usos del suelo, la deposición de nitrógeno (a través de los fertilizantes), la pérdida de biodiversidad y los cambios bióticos causados por invasiones biológicas, el cambio biótico va a tener efectos importantes a una escala de tiempo mucho menor (mientras que el cambio climático se manifestará como un factor a largo plazo).

A pesar de esta diferencia, ambos aspectos del cambio global son de una naturaleza similar, ya que:

- Son el resultado del incremento, mediado por el hombre, de tasas de cambio “naturales” hasta llegar a niveles sin precedentes en la historia geológica y biológica del planeta.
- Tienen importantes consecuencias económicas y una gran capacidad de alterar la naturaleza de los ecosistemas afectados.
- Tienen consecuencias irreversibles a escalas de tiempo razonablemente largas, ya que la tendencia a aumentar la concentración de  $\text{CO}_2$  difícilmente va a revertirse, y la erradicación total de una especie invasora es prácticamente imposible una vez que ésta ha alcanzado grandes extensiones.
- El cambio de usos del suelo y la fragmentación del paisaje (principalmente debidos a la urbanización y la conversión de hábitats naturales para la agricultura) es, por otro lado, un factor de cambio global muy notorio.

No olvidemos que los ecosistemas nos proveen de numerosos servicios económicos de gran envergadura, a nivel de especies, la biodiversidad proporciona una incalculable fuente de bienes a la humanidad que tiene la potencialidad de contribuir a la consolidación y expansión de las economías locales. Tales bienes incluyen fibras, madera, colorantes, medicinas, especies de valor en la floricultura y horticultura. Las especies de plantas y animales de una región, a su vez, imprimen un carácter particular a sus ecosistemas, determinando paisajes muy característicos y frecuentemente únicos, lo que es de gran relevancia en los estados cuyas economías se apoyan en el turismo convencional y eco-turismo. Como es el caso de nuestra entidad que cuenta con el corredor turístico Costa de Oro y dentro de él la zona de los humedales que proporciona a los lugareños una fuente de ingresos, así como la intervención por parte de ellos en su conservación (ver figura 3.24).

### 3.5.2 Áreas naturales protegidas: una alternativa para los animales

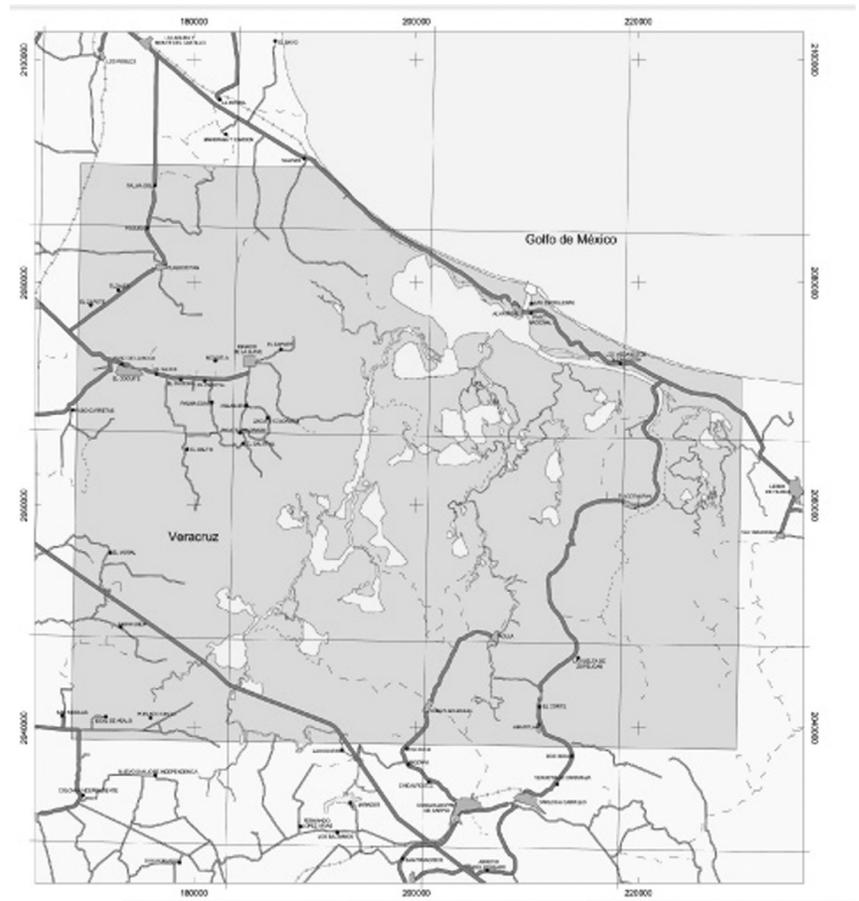
La biodiversidad se ha acumulado paulatinamente sobre la Tierra desde la aparición de las primeras bacterias hace 3,500 millones de años. La variedad de genes, poblaciones y especies es el resultado de la evolución orgánica, mientras que la variedad de ecosistemas es el producto de numerosos procesos ecológicos e interacciones entre organismos que conducen a la organización de las especies en complejos funcionales.

Numerosos autores consideran que la biodiversidad está fuertemente amenazada por alteraciones antrópicas y que las acciones del hombre serían responsables del sexto mayor evento de extinción en la historia de la vida. De allí la importancia de desarrollar estrategias nacionales y regionales para conservar la biodiversidad en todos los niveles jerárquicos.

A la alteración del hábitat, hay que sumar los efectos del cambio global en temperatura y los patrones de precipitación, los que están ocurriendo a tasas más rápidas que la capacidad biológica de las especies de responder. De hecho, algunos autores sostienen que tal vez la principal razón para mantener la biodiversidad se relaciona con la adaptabilidad futura.

Como resultado de la combinación de cambios en el clima y la alteración de hábitat, están apareciendo nuevas condiciones ambientales que no existían en el pasado. Generalmente, los procesos evolutivos son demasiado lentos para la generación de nuevas especies capaces de ocupar estos nuevos ambientes. El cuidado de la biodiversidad regional otorga mayor seguridad de que habrá organismos funcionales para adaptarse a las nuevas condiciones a través de la dispersión y migración.

La conservación de la biodiversidad implica tanto la mantención de las especies que conforman los ecosistemas, como la preservación de la estructura y funcionalidad de los ecosistemas. Estos dos objetivos son complementarios en el sentido que la conservación de las especies es esencial para asegurar la integridad de los ecosistemas, que a su vez, es fundamental para prevenir la extinción local y global de las especies.



**Figura 3.24**  
Zona de humedales en Veracruz.

## Espacios protegidos

El concepto de espacio natural protegido ha ido cambiando a lo largo de las últimas décadas. De ser el valor del paisaje casi la única consideración tenida en cuenta para otorgar a un espacio la categoría de singular, se ha pasado a valorar la diversidad de hábitats, de especies y de las funciones ecológicas, educativas y culturales que posee un lugar determinado. Un espacio natural protegido “es un área tanto terrestre como marina protegida jurídicamente en función de sus valores naturales y de los procesos ecológicos que en ella se desarrollan y que ha de ser gestionada con el fin de garantizar su protección”.

## Parques nacionales

La Red de Parques Nacionales es un sistema integrado para la protección y gestión de una selección de las mejores muestras del patrimonio natural. Está conformada por los Parques Nacionales que la integran, el marco normativo, los medios materiales y humanos, las instituciones y el sistema de relaciones necesario para su funcionamiento. Su finalidad es asegurar la conservación de los parques nacionales, y posibilitar su uso público y la mejora del conocimiento científico de sus valores naturales y culturales, así como fomentar una conciencia social conservacionista, el intercambio de conocimientos y experiencias en materia de desarrollo sostenible, la formación y cualificación de los profesionales que trabajan en ella y su incorporación y participación en redes y programas internacionales.

En este ámbito se ha puesto en el centro de la actuación la necesidad de ampliar la representatividad de los ecosistemas bajo régimen de protección. Para ello, se consideró necesario establecer diversos criterios para incorporar nuevas áreas protegidas, entre los cuales se encuentran los siguientes, su representatividad biogeográfica; nivel de endemismos; extensión de la superficie; relictualidad; número de especies y biodiversidad; integridad de los ecosistemas y capacidad institucional y financiera local.

Hasta junio del año 2000, el país cuenta con 119 áreas naturales protegidas de diferentes categorías, las cuales abarcan una superficie de 15,848,016 hectáreas que en conjunto representan 8.11% de la superficie del territorio nacional.

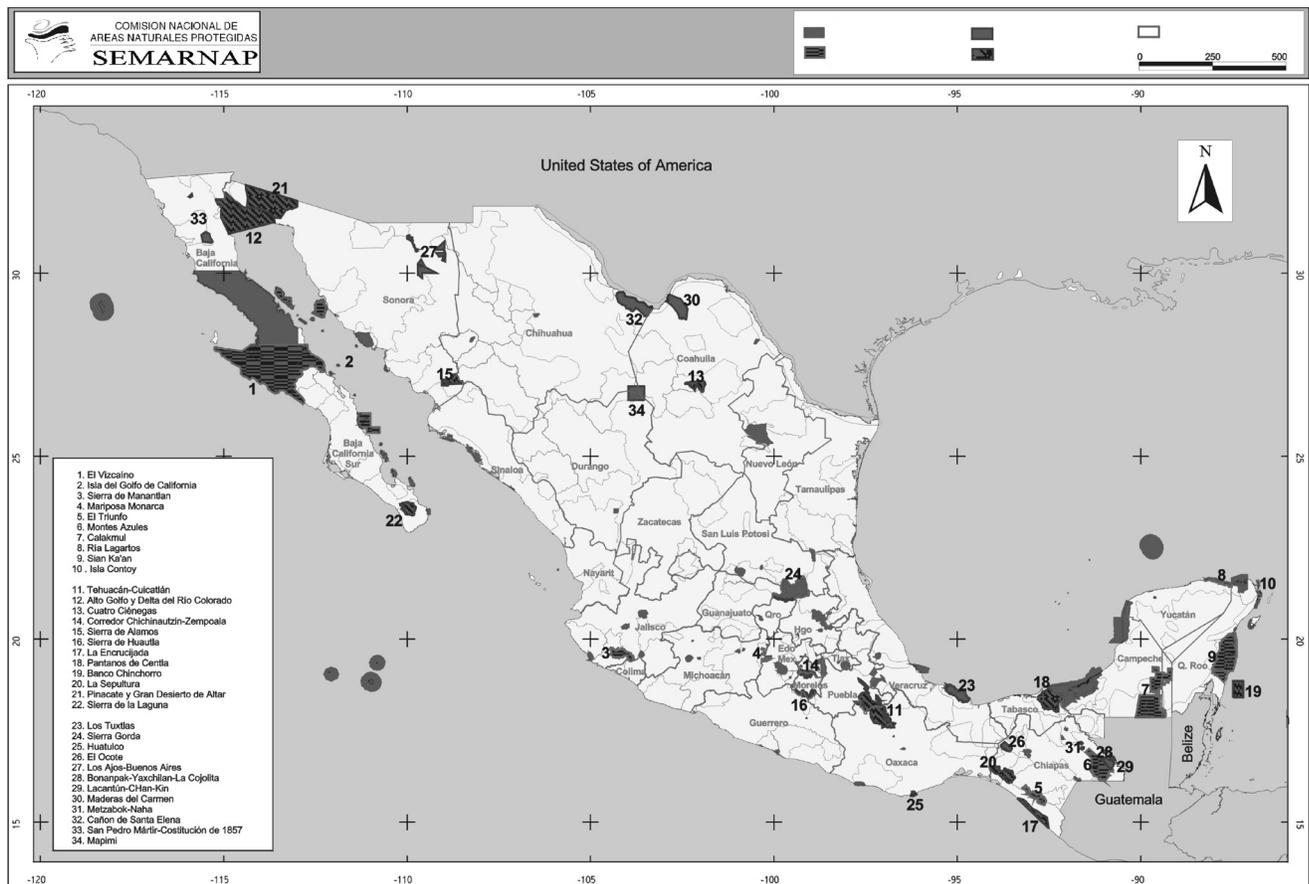
Categoría	Número	Superficie (hectáreas)	Superficie protegida (%)
Reservas de la biosfera	30	9,379,336	59.18
Parques nacionales	64	1,395,953	8.81
Monumentos naturales	4	14,093	0.09
Área de protección de recursos naturales	1	183,608	1.16
Áreas de protección de flora y fauna	16	4,387,765	27.69
Áreas naturales protegidas por recategorizar	4	487,221	3.07
TOTAL	119	15,848,016	100.00

**Tabla 3.2**  
Áreas naturales protegidas en México, hasta junio del 2000.

En cuanto a su número, los parques nacionales siguen siendo mayoritarios; sin embargo, en cuanto a superficie, las reservas de la biosfera abarcan el mayor porcentaje de la superficie na-

cional bajo protección. Durante la década de 1990 se decretaron el mayor número de reservas de la biosfera, desde que esta categoría se estableció en la legislación ambiental.

Durante el período que va de 1995 a junio del 2000 fueron decretadas 23 áreas naturales protegidas (ver figura 3.25) y se publicó el aviso para la creación de 4 más, las cuales en conjunto abarcan una superficie de 2,629,584 millones de hectáreas. Con el incremento de la superficie decretada durante dicho periodo, se aumentó la representatividad de algunos ecosistemas estratégicos que estaban subrepresentadas, como es el caso de la selva baja caducifolia y de los humedales. Se decretaron también varios sistemas marinos y arrecifales en el Caribe y en el Pacífico. No obstante, la representatividad de los distintos ecosistemas del país sigue siendo insuficiente al no incorporar mayor superficie de la selva caducifolia, de bosque mesófila de montaña y de zonas áridas.



### El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP)

La primera Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de 1988, en su apartado correspondiente al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, incluye todas las áreas decretadas, a pesar de que muchas de ellas ya habían estado sujetas a severos procesos de deterioro. Con las reformas a la LGEEPA de 1996, el SINAP se convierte en el instrumento me-

Figura 3.25  
Áreas naturales protegidas de México.



Figura 3.26

diante el cual se lleva a cabo la selección de las áreas que por su biodiversidad y características ecológicas sean consideradas de especial relevancia en el país.

A partir de entonces se han ido estableciendo los criterios para seleccionar las áreas naturales protegidas que deberían incluirse en el nuevo SINAP, entre los cuales se encuentran los siguientes, la riqueza de especies, endemismos, especies de distribución restringida, especies en riesgo de extinción, recambio de especies, diversidad de ecosistemas, fenómenos naturales, integridad funcional, servicios ecológicos y extensión del área.

### Participación y corresponsabilidad social

Las áreas naturales protegidas son espacios de convergencia de muchos actores, desde los que las habitan hasta los que se ocupan de la conservación y estudio de los ecosistemas y la biodiversidad. Es por ello que la tarea de proteger estos espacios del territorio nacional supone el involucramiento activo de estos actores.

Son varios momentos y etapas en que se da la participación de manera intensa y organizada. De hecho, en las reformas de la LGEEPA de 1996 se establece como una obligación la participación social en todas las etapas de creación y manejo de un área natural protegida.

Previamente a la expedición de una declaratoria es necesario realizar estudios que justifiquen la importancia biológica de la zona, generalmente realizados por grupos académicos pertenecientes a las instituciones de educación superior, o por organizaciones conservacionistas que se interesan por la zona en cuestión. En la actualidad, la autoridad ambiental, con estas bases de información, inicia los procesos de consulta con las autoridades estatales, municipales, otras instancias federales, los habitantes de la región y las organizaciones sociales públicas o privadas e instituciones académicas. A través de talleres, reuniones, diversas sesiones de trabajo, se genera un proceso de consenso del proyecto, se sensibiliza a la población en torno a éste y se ajusta a las necesidades de los habitantes y a las características propias de la región.

Por ello, la declaratoria es un instrumento jurídico muy complejo de alcanzar, ya que en las primeras etapas de un proyecto de esta índole, casi siempre las áreas naturales protegidas son per-

cibidas por los habitantes locales de una forma adversa debido a que muchas veces se modifican las actividades que solían realizar y las formas de llevarlas a cabo, pues quedan sujetas a los límites que la regulación establece. Normalmente, los decretos solían sorprender a los habitantes y autoridades locales, lo cual originó serios conflictos, situación que con el anterior procedimiento se ha tratado de revertir.

La participación social no concluye con la expedición del decreto de un área natural protegida, sino que, una vez constituida, se requiere que continúen involucrados activamente los actores para definir el programa de manejo y para operar la reserva mediante la elaboración de los programas operativos anuales. Para ello se han constituido los consejos técnicos asesores en cada área con la participación de las comunidades, de autoridades locales, organizaciones sociales, académicas y conservacionistas.

Otra instancia de participación social a nivel nacional es el Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la cual fue constituida en 1996 como un órgano de carácter consultivo de la Semarnap dedicado a la promoción de la participación social en la conservación, protección, el aprovechamiento y desarrollo sustentable de las áreas naturales protegidas y a la evaluación de la política para el establecimiento, manejo y vigilancia de las áreas.

El Consejo Nacional se constituyó con miembros de la comunidad conservacionista de México que pertenecen a instituciones académicas y centros de investigación, organizaciones conservacionistas, sociales y privadas, representantes de comunidades indígenas y campesinas. Tal es el caso de las unidades de manejo ambiental (UMAS) que en nuestra entidad están enfocadas al manejo de especies en peligro de extinción, como es el caso del tucán, cocodrilos iguana verde y venado de cola blanca, que son manejadas por grupos de ejidatarios que son capacitados para la reproducción de estas especies, para repoblar las áreas naturales y también para su comercialización. Con estos grupos se tiene como objetivo la conservación de las especies nativas y que al mismo tiempo los pobladores tengan ingresos que les permitan el arraigo en sus zonas de origen.

I. A través de un cuadro sinóptico explica los principales eventos que ocurrieron durante el tiempo geológico respecto al relieve, clima, flora y fauna:



Era Duración	Período	Época	Relieve	Clima	Flora

II. Realiza en tu cuaderno una línea del tiempo y ubica la evolución de los animales durante el tiempo geológico

III. Explica las principales causas que provocaron la extinción de las especies.

---

---

---

IV. Explica los principales modelos de extinciones en masa.

---

---

---

V. ¿De qué manera la Teoría de la Deriva Continental explica la distribución de los animales en las distintas regiones biogeográficas?

---

---

---

VI. Describe la evolución de los mamíferos, siguiendo el linaje sinápsidos desde los primeros antecesores amniotas hasta los vertebrados mamíferos. Puedes apoyarte con dibujos.

---

---

---

VII. ¿Cuáles son los principales ecosistemas que se encuentran en nuestra entidad?

---

---

---

VIII. Cita los factores que han provocado la alteración del hábitat de la fauna silvestre.

---

---

---

IX. Menciona las afectaciones que ha sufrido la fauna silvestre de tu región.

---

---

---

X. En el siguiente mapa de Veracruz ilumina de amarillo la región biogeográfica Neártica y de verde la Neotropical, además sitúa sus principales ANP.



Figura 3.22

XI. Enlista al menos cinco propuestas para manejar nuestros recursos naturales y corresponder a nuestra participación social en el cuidado de éstos.

---



---



---



---



---

XII. ¿Cuáles son las condiciones especiales que hacen de la Tierra un planeta especialmente adecuado para la vida?

---

---

---

---

XIII. ¿Cuál es la razón por la que se dice que la Tierra y las formas en que ella viven han evolucionado conjuntamente, y que cada una a influido profundamente en la otra?

---

---

---

---

XIV. ¿Cuál es el origen del oxígeno sobre la Tierra? ¿Qué le ocurriría a las reservas de oxígeno si acabara la actividad fotosintética?

---

---

---

---

XV. ¿Qué evidencias existen de que el incremento del nivel de dióxido de carbono en la atmósfera sea el responsable del aumento del efecto invernadero?

---

---

---

---

XVI. ¿Cuáles son las razones por las que una especie puede faltar en un hábitat o una región para la que podría estar bien adaptada?

---

---

---

---

---

---

---

XVII. Define y distingue las diferentes explicaciones para la distribución y dispersión de los animales.

---

---

---

---

XVIII. ¿Quién propuso la teoría de la deriva de los continentes y que convenció finalmente a los geólogos de que la teoría era correcta?

---

---

---

---

XIX. ¿En que sentido contribuye la teoría de la deriva de los continentes para explicar la distribución actual de los mamíferos marsupiales en la Tierra?

---

---

---

---

Investiga si en tu región se encuentra alguna área natural protegida (ANP) o bien alguna unidad de manejo ambiental (UMA) y organízate con tu profesor de área para que puedas constatar la importancia de la creación de éstas. Investiga en ella qué especies estudian y cuáles son los medios que tienen para su manejo.



Actividad



**Evolución del  
hombre**

**UNIDAD IV**

# OBJETIVO

## El estudiante:

- Reconoce el origen del hombre y su relación con otros homínidos.
- Identifica y fundamenta las principales características de la especie humana.
- Reconoce la importancia de la bipedestación, con un enfoque de forma y función en un sentido evolutivo.
- Puntualiza sobre las modificaciones anatómicas que ha sufrido la especie humana en el logro de la postura y marcha erecta.
- Identifica y fundamenta las estrategias de adaptación reproductivas para la supervivencia de la especie.

## INTRODUCCIÓN

El proceso de hominización y humanización es de una complejidad que se articula a través del espacio tiempo. El desarrollo de la técnica y su uso social tienen un papel fundamental en la humanización y es propiedad exclusiva de los humanos, que nos ha convertido en seres especiales dentro del conjunto llamado biosfera.

Somos los únicos primates de la evolución animal que tienen un género, en la que todas las especies han sido capaces de producir instrumentos a lo largo del tiempo. Esta singularidad nos ha permitido adaptarnos de forma muy diferente a la de otros mamíferos vertebrados. Por lo tanto, la humanización empieza cuando una especie de *Homo* produce un código de información a través de objetos técnicos y lo transmite a las demás comunidades. Lo anterior es lo que ha cambiado nuestra relación con el medio y con nosotros mismos.

A través de los distintos periodos históricos los grupos humanos han influido y alterado los ecosistemas de muy diferentes maneras. Ello no debe verse como un

proceso enteramente negativo, toda vez que en muchas regiones del planeta la biodiversidad ha aumentado gracias al control de algunas plantas y domesticación de animales. Desde esta perspectiva, muchas actividades humanas han sido el soporte para mantener las especies y la diversidad genética.

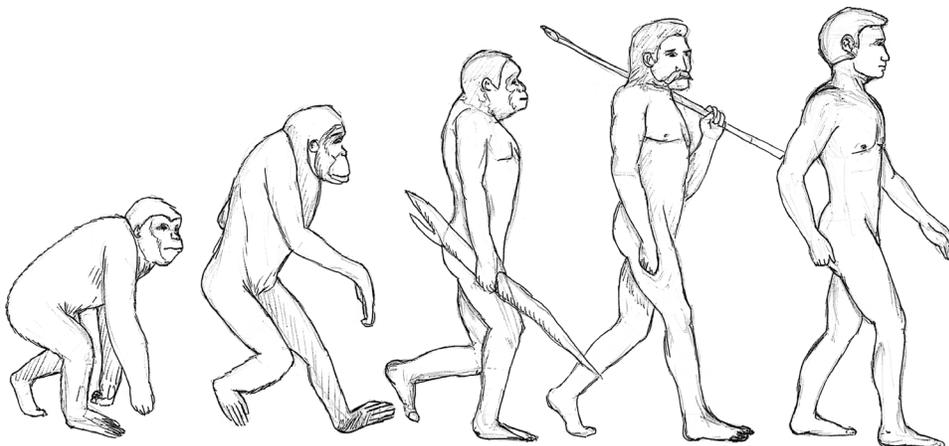
Sin embargo, la relación entre las culturas y los entornos naturales no ha sido benéfica en muchos casos, y las perturbaciones se han agudizado en las últimas décadas. Así, debido al aumento en las presiones que ejercen las poblaciones humanas en constante crecimiento y el desarrollo de la agricultura moderna, la biodiversidad ha perdido su riqueza en los sistemas biológicos. Esta tendencia ha ocasionado la rápida destrucción de la biodiversidad local y regional con la implantación de sistemas agrícolas que desprecian a la vegetación natural y la fauna silvestre como recurso natural. Ello porque al sustentarse la agricultura moderna en una menor variedad de cultivos y en el uso intensivo de fertilizantes, riego y pesticidas para el control de plagas y malezas, ha originado cultivos estables, pero con una significativa reducción de la diversidad genética en las cosechas y el ganado.

Articulados a estos modernos patrones de producción primaria, existen otros factores que amenazan la biodiversidad como la alteración y sobreexplotación de especies y hábitat, la introducción de especies exóticas, y la modificación de las condiciones ambientales.

Debemos entender bien este proceso para asumir nuestro pasado como especie animal y entrar definitivamente en la humanización. En la medida que sabemos que la tecnología es la que nos ha hecho como somos, debemos ser capaces de canalizar socialmente las líneas de desarrollo tecnológico contemporáneas y la gestión de su conocimiento, sin miedo y con la responsabilidad de quien sabe que humanidad y tecnología son elementos indisolubles de nuestra naturaleza.

## 4.1 EVOLUCIÓN DEL HOMBRE

La evolución humana (u hominización) explica el proceso de evolución biológica de la especie humana desde sus ancestros hasta el estado actual (ver figura 4.1). El estudio de dicho proceso requiere una búsqueda interdisciplinar en la que se suman conocimientos procedentes de ciencias como la antropología física, la lingüística y la genética.



**Figura 4.1**  
La evolución humana  
(u hominización).

El término *humano*, en el contexto de su evolución, se refiere a los individuos del género *Homo*. Sin embargo, los estudios de la evolución humana incluyen otros homínidos, como *Ardipithecus*, *Australopithecus*, etc. Los científicos han estimado que los seres humanos se separaron de los chimpancés (son los únicos homínidos vivos actualmente) hace entre 5 y 7 millones de años. A partir de esta separación la línea evolutiva comenzó a ramificarse originando nuevas especies, todas extintas actualmente a excepción de la que originó al *Homo sapiens*.

#### 4.1.1 Etapas en la evolución humana

##### *Los pre-australopithecinos*

Los primeros posibles homínidos bípedos (Homininae) son *Sabelanthropus tchadiensis* (con una antigüedad de 6 o 7 millones de años), *Orrorin tugenensis* (unos 6 millones de años) y *Ardipithecus* (entre 5.5 y 4.5 millones de años). Debido a la escasez de restos fósiles y a lo fragmentario de los mismos, no hay acuerdo general sobre si estos primeros homínidos fueron totalmente bípedos.

##### *Los australopithecinos. Reconstrucción de Australopithecus afarensis*

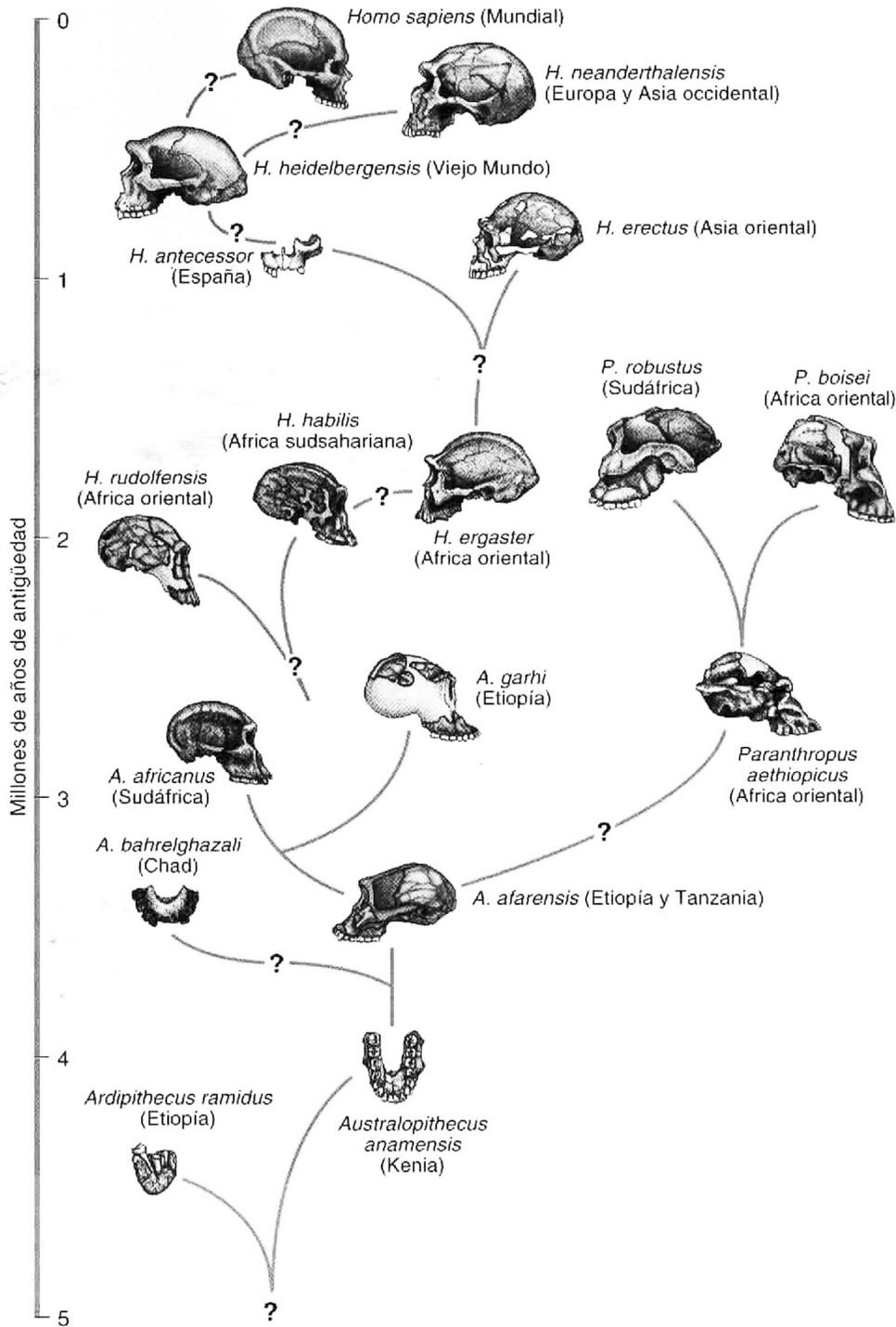
Los primeros homínidos de los que se tiene la seguridad de que fueron completamente bípedos son los miembros del género *Australopithecus*, de los que se han conservado esqueletos muy completos (como el de la famosa Lucy).

Este tipo de homínido prosperó en las sabanas arboladas del este de África entre 4 y 2.5 millones de años atrás con notable éxito ecológico, como lo demuestra la radiación que experimentó con al menos cinco especies diferentes esparcidas desde Etiopía y el Chad hasta Sudáfrica.

Su desaparición se ha atribuido a la crisis climática que se inició hace unos 2.8 millones de años y que condujo a una desertificación de la sabana con la consiguiente expansión de los ecosistemas abiertos y esteparios. Como resultado de esta presión evolutiva, algunos *Australopithecus* se especializaron en la explotación de productos vegetales duros y de escaso valor nutritivo, desarrollando un impresionante aparato masticador, originando al *Paranthropus*; otros *Australopithecus* se hicieron paulatinamente más carnívoros, originando a los primeros *Homo*.

Parece que el flujo genético entre las poblaciones africanas, asiáticas y europeas de esta época fue escaso o nulo. El *Homo erectus* pobló Asia oriental hace 50,000 años (yacimientos del río Solo en Java) y que pudo diferenciar especies independientes en condiciones de aislamiento, como el *Homo floresiensis* de las Isla de Flores (Indonesia). Por su parte, en Europa se tiene constancia de la presencia humana desde hace casi un millón de años (*Homo antecessor*), pero se han hallado herramientas de piedra más antiguas no asociadas a restos fósiles en diversos lugares. La posición central del *Homo antecessor* como antepasado común de *Homo neanderthalensis* y *Homo sapiens* ha sido descartada por los propios descubridores de los restos (Eudald Carbonell y Juan Luis Arsuaga).

Una visión más conservadora de esta etapa de la evolución humana reduce todas las especies mencionadas a una, el *Homo erectus*, que es considerada como una especie politépica de amplia dispersión con numerosas subespecies y poblaciones interfértiles genéticamente interconectadas.



**Figura 4.2**  
Linaje del *Homo sapiens*.

*De nuevo África. Nos quedamos solos*

La fase final de la evolución de la especie humana está presidida por dos especies humanas, ambas inteligentes, que durante un largo periodo convivieron y compitieron por los mismos recursos. Se trata del Hombre de Neanderthal (*Homo neanderthalensis*) y el hombre moderno (*Homo sapiens*). Son en realidad dos historias paralelas que, en un momento determinado, se cruzan.

El Hombre de Neanderthal surgió y evolucionó en Europa y Oriente medio hace 230,000 años, presentando claras adaptaciones al clima frío de la época (complexión baja y fuerte, nariz ancha).

Los fósiles más antiguos de *Homo sapiens* datan de hace 200,000 años (Etiopía). Hace unos 90,000 años llegó al Próximo oriente donde se encontró con el Hombre de Neanderthal que huía hacia el sur de la glaciación que se abatía sobre Europa. El *Homo sapiens* siguió su expansión y hace unos 45,000 llegó a Europa occidental (Francia); paralelamente, el Hombre de Neanderthal se fue retirando, empujado por *Homo sapiens*, a la periferia de su área de distribución (Península ibérica, mesetas altas de Croacia), donde desapareció hace unos 28,000 años.

Aunque el *Homo neanderthalensis* ha sido considerado con frecuencia como subespecie de *Homo sapiens* (*H. sapiens neanderthalensis*), el análisis del ADN mitocondrial (ADNm) de fósiles de *Homo neanderthalensis* sugieren que la diferencia existente es suficiente para considerarlos como dos especies diferentes, separadas desde hace al menos 400,000 años y probablemente más (ver el apartado “clasificación” en *Homo neanderthalensis*).

Se tiene la casi plena certeza de que el Hombre de Neanderthal no es ancestro del ser humano actual, sino una especie de línea evolutiva paralela derivada también del *Homo erectus*/*Homo ergaster* a través del eslabón conocido como *Homo heidelbergensis*. El neandertal coexistió con el *Homo sapiens* y quizá terminó extinguido por la competencia con nuestra especie. En cuanto al llamado Hombre de Cro-magnon corresponde a las poblaciones de Europa Occidental de la actual especie *Homo sapiens*.

**Homo sapiens**

Los parientes vivos más cercanos a nuestra especie son los grandes simios, el gorila, el chimpancé y el orangután. Una demostración notoria de este parentesco es que un mapeo del genoma humano actual indica que el *Homo sapiens* comparte casi 99% de los genes con el chimpancé. Para mayor precisión, el genoma de cualquier individuo de nuestra especie tiene una diferencia de sólo 0.27% respecto al genoma de *Pan troglodytes* (chimpancé) y 0.65% respecto al genoma de los gorilas.

*El poblamiento de Eurasia*

Algunos datos de genética molecular concordantes con hallazgos paleontológicos, sostienen que todos los seres humanos descienden de una misma Eva mitocondrial o E. M.; esto quiere decir que, según los rastreos del ADNm, sólo se transmite a través de las madres, toda la humani-

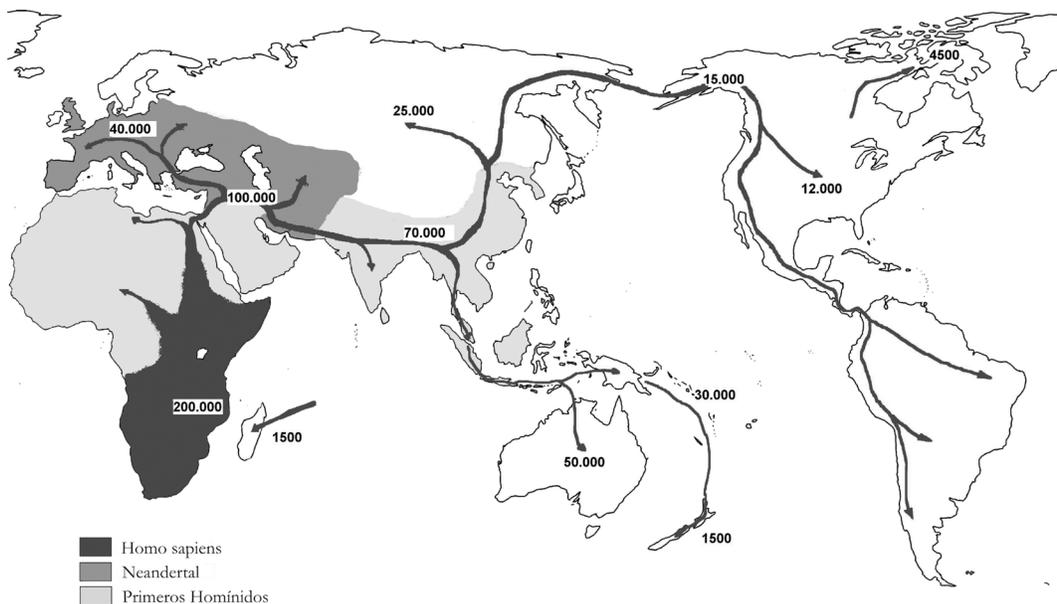
dad actual tiene una antecesora común que habría vivido en el noreste de África (en territorios que corresponden a los actuales estados de Etiopía y Kenia) hace entre 140,000 y 200,000 años. En otros estudios, se sugiere que en los últimos 30 millones de años la especie humana o sus ancestros jamás pudieron haber comprendido menos de 100,000 individuos, lo que derrumba la teoría del “cuello de botella” del ADNm y la Eva ancestral. Estas conclusiones son derivadas del hecho que humanos y chimpancés comparten muchas diferentes variedades de los mismos genes, que no pudieron haberse transmitido de especie a especie si hubiera existido sólo un humano originario.

Estudios del cromosoma Y humano sitúan el origen de nuestra especie en el este africano, no más antiguo que 200,000 años.

Después de analizar el ADN de personas de todas las regiones del mundo, el genetista Spencer Wells sostiene que todos los humanos que viven hoy descienden de un solo individuo que vivió en África hace unos 60,000 años. Por todo lo antes dicho queda demostrado el monogenismo de la especie humana y, consecuentemente descartado el poligenismo, que servía de “argumento” a teorías racistas.

#### *Migraciones prehistóricas de Homo sapiens*

Junto a los hallazgos arqueológicos, el principal indicador de la expansión del ser humano por el planeta es el ADNm, aunque se está investigando el cromosoma Y, que es característico de los machos, para lograr mayores precisiones.



**Figura 4.3**  
Migraciones históricas del *Homo sapiens*.

Los humanos ya habrían comenzado a salir del África hace 90,000 años colonizando para esas fechas el sur de Eurasia. Estos restos fósiles han sido atribuibles a tempranos *homo sapiens*, pero su real relación con los humanos modernos es aún discutida.

Australia y Nueva Guinea conforman la *Línea de Wallace* que significó para los *Homo sapiens* un límite insuperable durante casi 20,000 años. La llegada de humanos a Australia data de hace 70,000 años cuando pudieron fabricar rústicas almadías o balsas de juncos para atravesar el estrecho que durante las glaciaciones formaba la Fosa de Wallace, separando a Australasia.

Europa comenzó a ser colonizada hace sólo 40,000 años, se cree que durante milenios el desierto de Siria resultaba una barrera infranqueable desde África hacia Europa, por lo que habría resultado más practicable una migración costera desde las costas de Eritrea a las yemeníes y de allí al subcontinente indio. La expansión por Europa coincide con la extinción de su coetáneo de entonces, el hombre de Neandertal.

Oceanía: la colonización de estas islas más próximas a Eurasia se inició hace 50,000 años, pero la expansión por esta macro-unidad geográfica (MUG) fue muy lenta y gradual, y hasta hace unos 15,000 años los *Homo sapiens* no comenzaron una efectiva expansión por Oceanía, aunque archipiélagos, como el de Hawai y Nueva Zelanda, no estaban aún poblados por seres humanos hace 2,000 o 1,500 años (se requirió el desarrollo de una apropiada técnica naval y conocimientos suficientes de náutica).

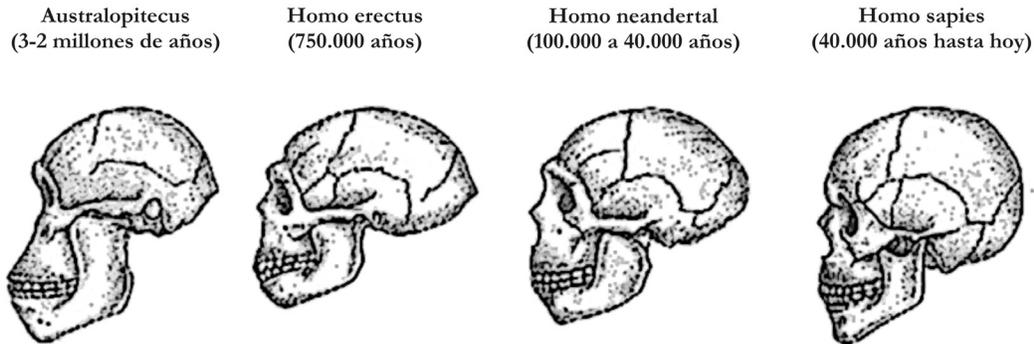
América: la llegada del hombre a América se habría iniciado hace 40,000, o cuando menos 30,000 años atrás. Durante las glaciaciones el nivel de los océanos desciende al grado que el “Viejo Mundo” y el “Nuevo Mundo” forma, un megacontinente unido por el Puente de Beringia.

### *Bipedestación*

Los homínidos, primates bípedos habrían surgido hace 6 o 7 millones de años en África, cuando dicho continente se encontró afectado por una progresiva desecación que redujo las áreas de bosques y selvas. Como adaptación al bioma de sabana aparecieron primates capaces de caminar fácilmente de modo bípedo y mantenerse erguidos (East side story). Más aún, en un medio cálido y con fuerte radiación ultravioleta e infrarroja, una de las mejores soluciones adaptativas son la marcha bípeda y la progresiva reducción de la capa pilosa, esto evita el excesivo recalentamiento del cuerpo. Hace 150,000 años el norte de África volvió a sufrir una intensa desertización, lo cual significó otra gran presión evolutiva como para que se fijaran los rasgos principales de la especie *Homo sapiens*.

Para lograr la postura y marcha erecta han tenido que aparecer importantes modificaciones:

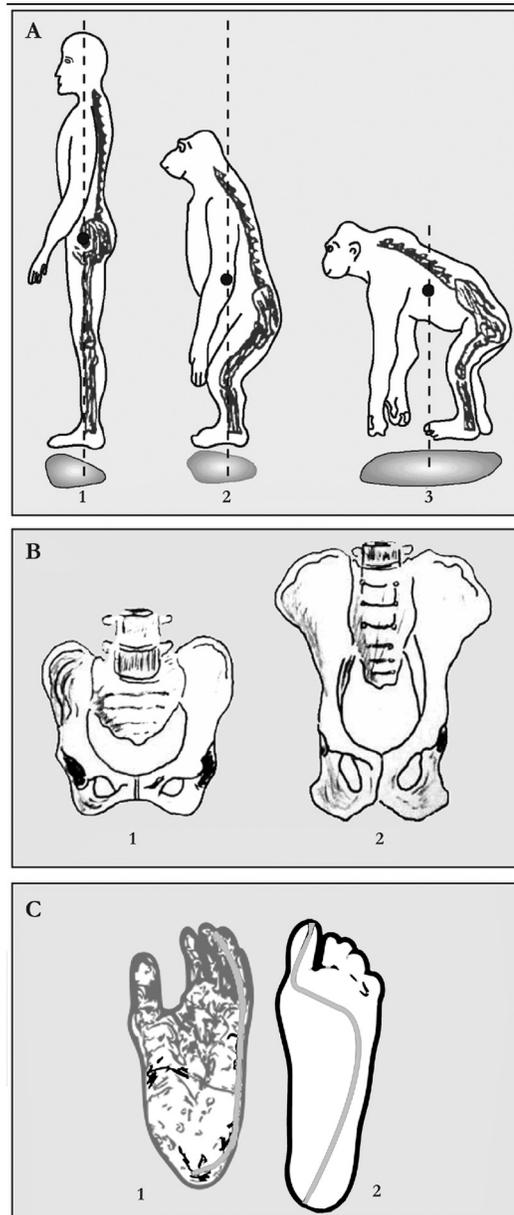
- *Cráneo*. Para permitir la bipedestación, el orificio occipital por el cual la médula espinal pasa del cráneo a la raquis se ha desplazado; mientras en los simios se ubica en la parte posterior del cráneo, en el *Homo sapiens* (y en sus ancestros directos) se ha “desplazado” casi hacia la base del mismo (ver figura 4.4)
- *Columna vertebral*. La columna vertebral bastante rectilínea en los simios, para el *Homo sapiens* y en sus ancestros bípedos ha adquirido curvaturas que permiten soportar mejor el peso de la parte superior del cuerpo, tales curvaturas tienen un efecto “resorte”. Por lo demás, la columna vertebral ha podido erguirse casi 90° a la altura de la pelvis, si se compara con



**Figura 4.4**  
Desarrollo craneal  
del *Homo sapiens* y sus  
antecesores.

un chimpancé se nota que al carecer este primate de la curva lumbar, su cuerpo resulta empujado hacia adelante por el propio peso; en la raquis humana el centro de gravedad se ha desplazado, de modo que el centro de gravedad de todo el cuerpo se sitúa encima del soporte que constituyen los pies, al tener el *Homo sapiens* una cabeza relativamente grande el centro de gravedad corporal es bastante inestable (y hace que al intentar nadar, el humano tienda a hundirse “de cabeza”). Otro detalle las vértebras humanas son más circulares que las de los simios, esto les permite soportar mejor el peso vertical (ver figura 4.5a).

- *Pelvis*. La pelvis se ha debido ensanchar, lo cual ha sido fundamental en la evolución de nuestra especie. Los huesos ilíacos de la región pelviana en los *Homo sapiens* (e inmediatos antecesores) “giran” hacia el interior de la pelvis, esto le permite soportar mejor el peso de los órganos al estar en posición erecta. La citada modificación de la pelvis implica una disminución importante en la velocidad posible de la carrera por parte de los humanos. La bipedestación implica una posición de la pelvis, que hace que las crías nazcan “prematuras”, en efecto, el parto humano es denominado ventral acodado ya que existe casi un ángulo recto entre la cavidad abdominal y la vagina que en el pubis de la mujer es casi frontal, si en todos los otros mamíferos el llamado canal de parto es muy breve, en



**Figura 4.5**  
a) Desarrollo de la  
columna vertebral en  
*Homo sapiens*;  
b) Ensanchamiento  
de la pelvis en *Homo*  
*sapiens*;  
c) Alargamiento del  
pie y de los dedos, el  
pulgares deja de ser opo-  
nible en *Homo sapiens*.

cambio, en las hembras de *Homo sapiens* es muy prolongado y sinuoso, esto hace dificultosos los alumbramientos. Como se verá más adelante, esto ha sido fundamental en la evolución de nuestra especie (ver figura 4.5b).

- *Piernas.* También para la bipedestación hubo otros cambios morfológicos muy importantes y evidentes, particularmente en los miembros y articulaciones. Los miembros inferiores se han robustecido, el fémur humano se inclina hacia adentro, de modo que le posibilita la marcha sin necesidad de girar casi todo el cuerpo; la articulación de la rodilla se ha vuelto casi omnidireccional (esto es, puede moverse en diversas direcciones), aunque en los monos —por ejemplo el chimpancé— existe una mayor flexibilidad de la articulación de la rodilla, es para un mejor desplazamiento por las copas de los árboles, es así que el humano, a diferencia de sus parientes más próximos, no marcha con las rodillas dobladas.
- *Pies.* En los humanos los pies se han alargado, particularmente en el talón, reduciéndose algo los dedos del pie y dejando de ser oponible el “pulgar” del pie (el dedo mayor), en líneas generales el pie ha perdido casi totalmente la capacidad de aprehensión. Se sabe, en efecto, que el pie humano ha perdido capacidad para aferrarse (cual si fuera una mano) a las ramas de los árboles, pasando en cambio a tener una función importante en el soporte de todo el cuerpo. El dedo mayor del pie tiene una función vital para lograr el equilibrio de los homínidos durante la marcha y la postura erecta; en efecto, el pulgar del pie de un chimpancé es transversal, lo que permite al simio aferrarse más fácilmente de las ramas; en cambio, el “pulgar” del pie humano, al estar alineado, facilita el equilibrio y el impulso hacia adelante al marchar o correr. Los huesos de los miembros inferiores son relativamente rectilíneos en comparación con los de otros primates.

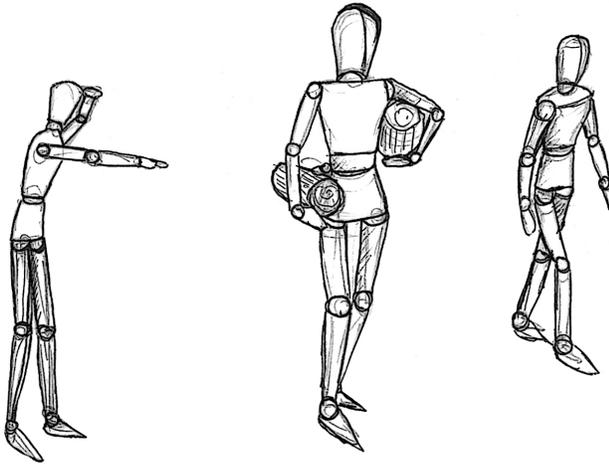
#### *Ventajas de la bipedestación*

Es evidente que la gran cantidad de modificaciones anatómicas que condujeron del cuadrupedismo al bipedismo requirió una fuerte presión selectiva. Se ha discutido mucho sobre la ineficacia de la marcha bípeda comparada con la cuadrúpeda. También se ha criticado que ningún otro animal de los que se adaptaron a la sabana al final del Mioceno desarrolló una marcha bípeda. Debemos considerar que partimos de homínidos con un tipo de desplazamiento cuadrúpedo que no es ninguna maravilla adaptativa; en efecto, el modo en que se desplazan los chimpancés, apoyando la segunda falange de los dedos de las manos no puede compararse a la marcha cuadrúpeda de ningún otro mamífero. Puede ser suficiente en trayectos cortos por el suelo, pero no es muy eficaz para grandes desplazamientos en terreno abierto. Los primeros homínidos de sabana probablemente se vieron obligados a desplazarse distancias considerables en campo abierto para alcanzar grupos de árboles situados a distancia. La marcha bípeda pudo ser muy eficaz en estas condiciones ya que:

- Permite mirar el horizonte por encima de la vegetación herbácea en busca de árboles o depredadores.
- Permite transportar cosas (como comida, palos, piedras o crías) con las manos, liberadas de la función locomotora.

- Es más lenta que la marcha cuadrúpeda, pero es menos costosa energéticamente, lo que resulta apropiado para recorrer largas distancias en la sabana, o en un hábitat más pobre en recursos que la selva.
- Expone menos superficie al sol y permite aprovechar la brisa, lo que ayuda a no recalentar el cuerpo y ahorrar agua, cosa útil en un hábitat con escasez del líquido elemento (ver figura 4.6).

Hace años se argumentó que la liberación de las manos por parte de los primeros homínidos bípedos les permitió elaborar armas de piedra para cazar, lo cual habría sido el principal motor de nuestra evolución. Hoy está claro que la liberación de las manos (que se produjo hace más de 4 millones de años) no está ligada a la fabricación de herramientas, que aconteció unos 2 millones de años después, y que los primeros homínidos no eran cazadores y que a lo sumo comían carroña esporádicamente.



**Figura 4.6**  
Ventajas de la marcha bípeda en *Homo sapiens*.

Pero sin duda la bipedestación trajo una ventaja clave para la supervivencia: la reproducción, ya que el hecho de pasar del cuadrupedismo al bipedismo conllevó un cambio anatómico de las caderas, este cambio suponía un ensanchamiento del canal del parto (aproximadamente de 1 cm) que hacía más fácil el alumbramiento, como consecuencia esta característica (el bipedismo) que claramente era ventajosa pasó a ser el rasgo que miles de generaciones posteriores nos definiría.

### Aspectos morfológicos

#### *Diferencias con otros primates*

Cuando los ancestros del *Homo sapiens* y muchos otros primates vivían en selvas comiendo frutos, bayas y hojas, abundantes en vitamina C, perdieron la capacidad genética que tienen la mayoría de los animales de sintetizar en su propio organismo tal vitamina. Esas pérdidas durante la evolución han implicado sutiles pero importantes determinaciones: cuando las selvas originales se redujeron o por crecimiento demográfico resultaron superpobladas, los primitivos homínidos (y luego los humanos) se vieron forzados a recorrer importantes distancias, migrar para obtener nuevas fuentes de nutrientes (por ejemplo, de la citada vitamina C).

Todos los cambios reseñados han sucedido en un periodo relativamente breve (aunque se mida en millones de años), esto explica la susceptibilidad de nuestra especie a afecciones en la columna vertebral y en la circulación sanguínea y linfática.

### *Liberación de los miembros superiores*

La postura bípeda dejó libres los miembros superiores que ya no tienen que cumplir la función de patas (excepto en los niños muy pequeños) ni la de braquiación, es decir, el desplazamiento de rama en rama con los brazos, aun cuando la actual especie humana, de la cintura hacia arriba mantenga una complexión de tipo arborícola.

Esta liberación de los miembros superiores fue, en su inicio, una adaptación óptima al bioma de sabana; al marchar bípedamente y con los brazos libres, los ancestros del hombre podían recoger más fácilmente su comida; raíces, frutos, hojas, insectos, huevos, reptiles pequeños, roedores y carroña; en efecto, muchos indicios señalan que nuestros ancestros fueran en gran medida carroñeros y, dentro del carroñeo practicaran la modalidad llamada cleptoparasitismo, esto es, robaban las presas recién cazadas por especies netamente carnívoras; para tal práctica nuestros ancestros actuaban en bandas organizadamente.

Los miembros superiores, siempre en relación con otras especies, se han acortado. Estos miembros superiores al quedar liberados de funciones locomotoras, se han podido especializar en funciones netamente humanas. El pulgar oponible es una característica heredada de los primates más antiguos, pero si en éstos la función principal ha sido la de aferrarse a las ramas y en segundo lugar aprehender las frutas o insectos que servían de alimento, en la línea evolutiva que desemboca en nuestra especie, la motilidad de la mano y en particular de los dedos de ésta, se ha hecho gradualmente más precisa y delicada, lo que ha facilitado la elaboración de artefactos. Aún no se tiene conocimiento respecto al momento en que en la línea evolutiva se comenzó a crear artefactos, es seguro que ya hace más de 2 millones de años *Homo habilis*/*Homo rudolfensis* realizaba toscos instrumentos que utilizaba asiduamente (en todo caso, los chimpancés, en estado silvestre, confeccionan “herramientas” de piedra, madera y hueso muy rudimentarias). El desarrollo de la capacidad de pronación en la articulación de la muñeca también ha sido importantísimo para la capacidad de elaborar artefactos.

### *Visión*

El humano hereda de los prosimios la visión estereoscópica y pancromática (la capacidad de ver una amplia tonalidad de los colores del espectro visible); los ojos en la parte delantera de la cabeza posibilitan la visión estereoscópica (en tres dimensiones), pero si esa característica surge en los prosimios como una adaptación para moverse mejor durante la noche o en ambientes umbríos como los de las junglas, en *Homo sapiens* tal función cobra otro valor; facilita la mirada a lo lejos, el otear horizontes, en este aspecto la visión es bastante más aguda en los humanos que en los otros primates y en los prosimios. Esto facilitará el hecho por el cual el *Homo sapiens* es un ser altamente visual (por ejemplo, las comunicaciones mediante la mímica), facilitando asimismo lo imaginario.

### *Especialización*

Pese al conjunto de modificaciones morfológicas antes reseñadas, desde el punto de vista de la anatomía comparada, llama la atención una cuestión, el *Homo sapiens* es un animal relativamente

poco especializado. En efecto, gran parte de las especies animales ha logrado algún tipo de especialización anatómica (por ejemplo, los artiodáctilos poseen pezuñas que les permiten correr en las llanuras despejadas), pero las especializaciones, si suelen ser una óptima adaptación a un determinado bioma, conllevan el riesgo de la desaparición de la especie especializada y asociada a tal bioma si éste se modifica.

La ausencia de tales especializaciones anatómicas ha facilitado a los humanos una adaptabilidad inusitada entre las demás especies de vertebrados para adecuarse a muy diversas condiciones ambientales.

Hasta este momento hemos centrado la atención en elementos, factores y procesos de hominización, es decir, el énfasis se ha colocado en el terreno biológico que son, sin duda, soporte material de los procesos psicológicos y los sociales. Tenemos, entonces, un homínido (bípedo, evidentemente) atípico:

- En desventaja por cuanto posee un soma poco apto para depredar (excepto como recolector) y para defenderse de sus depredadores, todo esto en condiciones de cambios climáticos que le imponen la sabana como hábitat.
- Gregario, lo que le permite distribuir las cargas energéticas de defensa, cuidado y alimentación en el grupo. El gregarismo, instintivo es el soporte natural sobre el cual, en el momento en que se produce la conceptualización, se monta la sociedad. El gregarismo y las manos libres, coadyuvan a que la transportación de alimentos se vincule con la redistribución de los mismos.
- Omnívoro, según lo evidencian su morfología dentaria y la escasa longitud de sus intestinos, lo cual disminuye un poco las desventajas de su bipedestabilidad en un hábitat de creciente sequía y escasez.
- Hipersexual, que se aparea no exclusivamente con fines reproductivos sino por la compensación del placer, lo que produce condiciones neurofisiológicas que posibilitan el fortalecimiento de la unidad grupal, al menos en torno de las hembras. El crecimiento de los pechos y algún género de comportamiento (posiblemente el bamboleo —aunado a la proporción— de las caderas, las modificaciones del rostro en la etapa ovulatoria, la mirada, las sonrisas o cualquier combinación entre ellos o con alguno desconocido aún) indicaba a los machos la disposición al apareamiento y esto, sumado a los ciclos de estro reducidos, coadyuvó al incremento de la eficiencia reproductiva de la subespecie (quizá podría agregarse la utilidad del vómero-nasal y la detección del cambio de temperatura basal pre-menstrual que se asocia con un fuerte incremento del deseo sexual). Descarto la posibilidad de un macho dominante rodeado de un harem de hembras, porque ello debió devenir en batallas mortales por las hembras y quizá en procesos de infanticidio con el mismo fin; la competencia entre los omnívoros suele ser mínima en virtud del propio tipo de alimentación a menos que las exigencias superen las posibilidades del hábitat. Descarto, también, la posibilidad de que las relaciones coitales exclusivas entre un macho y una hembra como la norma, pese a lo que supongan algunos paleo-antropólogos; más bien, la norma era la promiscuidad, aunque no se puede negar la existencia de relaciones “monógamas” propiciadas por el enamoramiento adictivo asociado con la producción oxitocínica y la asociación del placer-euforia con la pareja merced a la secreción endorfinica realizada durante el coito; sin embargo, esta reserva

que le resta fuerza a la posibilidad, tiene fundamento en que la liberación de esas hormonas no es permanente ni es en intervalos regulares y predeterminados.

- Energéticamente balanceado. Es un animal bípedo que se puede desplazar por tiempos prolongados aunque a escasa velocidad en tanto que su cuerpo está diseñado para una locomoción de esas características; su cuerpo, peludo y equipado con grandes cantidades de glándulas sudoríparas, le permite activarse mientras sus depredadores diurnos se aletargan por el calor. En efecto, tiene ventajas: al recibir menor cantidad de radiación solar, gracias a su bipedestabilidad, se deshidrata menos; aunado a ello, la transpiración y el sudor mismo (sin olvidar el pelo) le permiten refrescarse más eficientemente que aquellos con pocas o ninguna glándula sudorípara. La excesiva concentración de pelo en la cabeza le mantiene refrigerado el cerebro, reduciendo así cualquier peligro de “desconexión” por insolación, por ejemplo. Energéticamente diferenciado por su género: machos con un poco más fuerza explosiva, pero derrochadores de energía, y hembras con características inversas.
- Reproductivamente eficiente. Las estrategias de apareamiento garantizan una preñez más o menos constante. Los productos, aunque inmaduros, nacen y crecen bajo el cobijo de un grupo (femenino al menos), y merced al contacto y permanencia prolongada con la madre asimilan estrategias de supervivencia a la vez que crean los lazos que fortalecen la cohesión grupal merced a la acción oxitocínica, vasopresínica y endorfinica. El cuerpo femenino cuenta además, con una estrategia para el desgaste que implica el prolongado embarazo y la manutención del crío: un cuerpo eficiente para administrar energía (acumulación de grasa y liberación de la misma lenta y gradualmente).
- Neoténico, pues conserva sus rasgos juveniles durante tiempo prolongado (uno de ellos lo conserva el macho durante casi toda su vida: su capacidad engendradora), merced a la capacidad generadora establecida en su código genético; y, en el nivel cerebral, el tiempo prolongado de funcionamiento reviste una importancia capital pues se mantiene flexible, proclive al aprendizaje y a los movimientos del pensamiento hasta avanzada edad.
- Equipado para la comunicación, la memoria, la lógica y la previsión a largo plazo y el pensamiento merced al desarrollo de las áreas de Broca, de Wernicke, los lóbulos frontales, el funcionamiento de la neocorteza cerebral y toda la estructura del aparato fonador.
- Genéricamente distinto en su morfología y funcionamiento cerebral, los machos tienen una propensión hacia la focalidad y las hembras a la panoramicidad, sin embargo, complementarios.

**Figura 4.7**  
Fósiles del tiburón,  
*Carcharodon megalodon*.



#### 4.1.2 Registro fósil

Para reconstruir el pasado de los hombres que todavía no habían inventado la escritura sólo es posible apoyarse en técnicas especiales de investigación. Estas técnicas permiten extraer información de los restos materiales dejados por esos hombres, como sus huesos, los instrumentos que fabricaron con piedras, o los restos de alimentos. La arqueología es la disciplina que estudia esos restos materiales. Pero el arqueólogo no se limita a recoger objetos hermosos como si fuera un coleccionista. Su trabajo consiste en reconstruir la vida de los grupos humanos que dejaron restos materiales: debe deducir su antigüedad, reconstruir las formas de subsistencia, sus costumbres y ritos, su organización social.

Luego de realizar investigaciones bibliográficas y sobre el terreno, el arqueólogo llega al sitio donde supone que hallará restos materiales de culturas desaparecidas. Siglos, milenios de vida humana descansan bajo algunos metros de tierra. “Toda la historia no escrita de la humanidad se encierra en las hojas superpuestas del libro de la tierra, y la técnica de la excavación tiene como primer objetivo asegurar su lectura correcta”, dijo un arqueólogo contemporáneo. Por esto, la tarea del arqueólogo consiste en ir abriendo ese libro, hoja por hoja, cuidando de no dejar que desaparezca una sola palabra, porque se corre el riesgo de hacer, quizás, incomprendible el texto. Para lograrlo, se deben registrar con la mayor precisión posible las características de cada hallazgo (medirlo, dibujarlo, fotografiarlo); y establecer con exactitud el orden de sucesión de las distintas capas de tierra que contienen los restos.

#### *Aparición de los mamíferos*

Hace 65 millones de años desaparecieron los grandes reptiles dinosaurios y comenzó el desarrollo de los mamíferos. Estos pequeños animales que dejaron el suelo para trepar a los árboles. El salto a la vida sobre los árboles se debió posiblemente a la necesidad de sobrevivir.

#### *Surgimiento de los primates*

Hace 40 millones de años, entre los mamíferos se desarrollaron diferentes tipos de monos llamados primates. Los primeros primates fueron animales pequeños de hábitos nocturnos, que vivían (casi siempre) en los árboles. Con el tiempo, algunos de éstos fueron cambiando sus hábitos y características físicas, su cráneo fue mayor (ver figura 4.1), creció su cerebro, podían tomar objetos con las manos, adaptarse al día y alimentarse de frutas y vegetales.

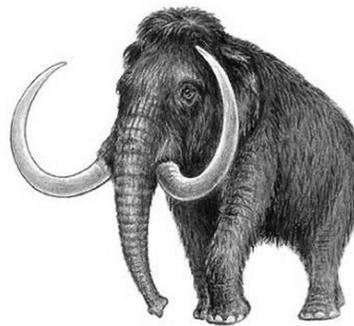
## 4.2 LA EVOLUCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN SOCIAL

El principio vital unitario de cada uno de los vivientes causa eficientemente un organismo que en el caso de los animales está consumado intrínsecamente a vivir y transmitir la vida para que se mantenga la especie adaptándose al entorno lo más óptimamente posible. El principio vital unitario de los animales (el alma animal) tiene facultades ligadas a la construcción del organismo, conservación crecimiento y re-

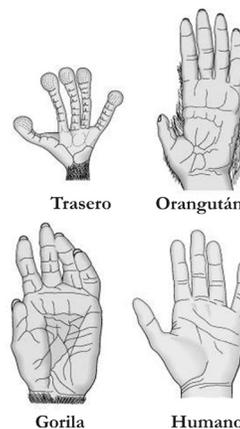
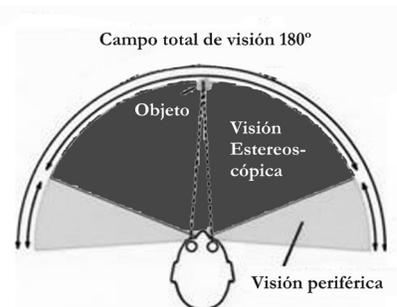


Durante la época prehistórica, los fósiles fueron usados como parte de las prácticas místicas y religiosas. Los dientes del tiburón fósil *Carcharodon megalodon*, por ejemplo, fueron utilizados por los Olmecas como ofrendas en sus santuarios.

En la región de Maltrata, Veracruz, se encontraron restos de mamut que servirán para determinar la historia paleontológica de la región y podría ser un indicador de los cazadores que vivieron hace 10,000 o 12,000 años.



**Figura 4.8**  
Mamut típico.



**Figura 4.9**  
Caracteres significativos de los primates.



Todos los primates comparten ciertos caracteres significativos: dedos prensiles en las cuatro extremidades, uñas planas en lugar de garras y ojos dirigidos hacia delante, con visión binocular y una excelente percepción de la profundidad.

Las características biológicas del *Homo sapiens* es un producto del mismo proceso evolutivo como el de cualquier otro organismo (mutación, aislamiento, deriva genética y selección natural). Sin embargo, tenemos algo exclusivo: una evolución cultural no genética. Nuestros lenguajes simbólicos, la capacidad de pensamiento conceptual y la posibilidad de manipular nuestro entorno surgen de este dominio cultural no genético.

La reducción en las selvas abundantes donde habitaban los primeros homínidos les impuso un cambio en las condiciones de vida. Menor humedad implicó menos árboles. Éste fue el primero de una serie de pasos que dieron origen a un evento poco frecuente en la evolución, el paso de herbívoro a carnívoro en un tiempo tan corto. El cambio, se dio porque se ganó la oportunidad de consumir carne, no de animales cazados por estos homínidos primitivos sino de las sobras de los grandes carnívoros, en especial los felinos.



**Tafonomía.** Es la parte de la paleontología que estudia los procesos de fosilización y la formación de los yacimientos de fósiles.

producción. Esto es lo contenido primariamente en los genes, y en el genoma total, y común a los vegetales y animales.

Se ha descubierto que el genoma de cada especie que hoy vive, es un registro fósil de los cambios acaecidos en los antecesores y eso nos permite pasar de la elucubración a la hipótesis. En el origen de cualquier especie están siempre los cambios que aparecen en el genoma. La especie humana ha tenido su origen biológico en unos cambios genéticos, como el resto de las especies. Sin embargo, esos cambios son tan peculiares que dan lugar a un organismo tan especial como es el cuerpo humano.

La stirpe humana tiene un futuro evolutivo conducido, no por el medio en el que vive la especie, sino por la técnica que inventa, el arte del trabajo, la comunicación interpersonal. Desde entonces la historia del hombre ha consistido en una evolución cultural. El hombre se hace capaz de manipular el entorno y adaptarlo a las formas de vivir que elige, y no al revés que es lo natural para los individuos del resto de las especies.

Ahora bien, los animales tienen un sistema nervioso y por ello poseen facultades (como el trasladarse de un sitio a otro en busca de algo, la capacidad de aprendizaje, la memoria las emociones, el conocimiento, etc.) que ponen de manifiesto que poseen otro nivel.

Muchos antropólogos coinciden en que comer la carne de grandes animales contribuyó a formar el entorno físico y social donde se fueron seleccionando los rasgos que más diferencian a los humanos de los primates. Pero era aquel alimento adquirido mediante la caza o mediante el carroñeo. Los partidarios de la teoría del “hombre cazador” elevan también a los homínidos sobre los demás seres, como si nuestros antepasados fuesen inmunes a la mayoría de las tensiones que configuran las relaciones entre predadores y presas.

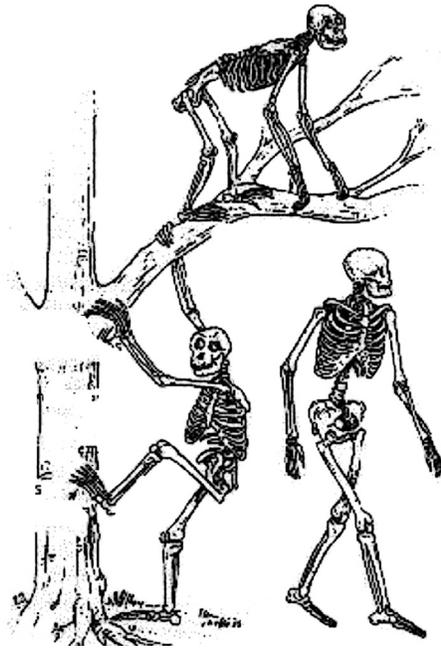
En toda esta temática dan por supuesto que los primeros homínidos encontraron la caza abundante, predecible y segura, mientras que el carroñeo era marginal, ocasional y peligroso. El carroñeo tal vez haya sido más común que la caza hace dos millones de años, en la transición del Plioceno al Pleistoceno.

Binford en 1981 sometió a un análisis por **tafonomía** y sostuvo que en los tiempos de *Homo habilis*, la evolución no había llegado a la caza ni a compartir alimentos. Los homínidos se habían limitado a aprovechar los escasos restos abandonados por carnívoros más hábiles, para lo cual quebrantaban las osamentas y extraen la médula. El carroñeo no podría haber proporcionado los excedentes de carne requeridos para compartir de un modo continuo la comida. Luego entonces la comida de los protohomínidos se asemejaría, en su sentido social y nutritivo a las dietas de los vegetarianos modernos.

Incluso, el primer *Homo sapiens* moderno de África meridional y los Neanderthales europeos contemporáneos dependían del carroñeo para alimentarse de animales grandes y cazaban sólo aquellos de menor tamaño. La contextura física del *Australopithecus* sp. y del primero *Homo* no serían imponentes: la estatura de las hembras rondaría los 120 cm con un peso aproximado en

torno a los 30 kg; mientras que los machos alcanzarían los 150 cm y pesarían unos 45 kg; la longitud de sus brazos indica que seguían refugiándose en los árboles, y sin duda tendrían que hacerlo con frecuencia, enfrentados como estaban a predadores tan eficaces como los leones, los felinos de colmillos curvos y las hienas. En cuanto a sus artefactos, incluso el *Homo* manejaba un tipo muy primitivo de raspadores de piedra toscamente tallada, no aparecen en los registros arqueológicos armas propiamente dichas.

Datos arqueológicos dan evidencian que aquellos débiles primates invadieron el nicho ecológico de los grandes carnívoros. Se han encontrado artefactos de piedras elementales, junto a fragmentos de huesos fósiles pertenecientes a una amplia gama de animales, que van de gacela a elefante. Algunos huesos muestran marcas de dientes de carnívoros, se observan incisiones producidas al descarnar y desarticular las osamentas. Cómo podrían los protohumanos haber dado muerte a animales tan veloces o tan poderosos. Pensar en el carroñeo no es erróneo.



**Figura 4.10**  
Paso de los primates de arborícolas a bípedos.

El hábito carroñero puede haber convertido la estación seca en un tiempo de abundancia. Es entonces cuando el hambre y la caza producen gran mortandad de animales, y hasta el más marginal de los despojos que los leones abandonan, con tal que conservase médula y masa encefálica, podría suministrar más calorías de las que necesita diariamente un adulto, a un costo de no más de media hora de machacar los huesos con una piedra. Se consiguen así alimentos con más rapidez que recolectando plantas, y si se hubiesen guiado por el criterio de productividad, los homínidos habrían preferido siempre el carroñeo a la recolección en todas las ocasiones en que hubiese sido posible.

Tal vez fuese antigua la caza de presas muy pequeñas entre los homínidos y sólo el posterior desarrollo de las armas arrojadas convirtiese al primitivo *Homo sapiens* en un predador más capacitado que cualquier otro primate. Con todo, es probable que el carroñeo ejerciera un influjo sobre la evolución humana mucho más penetrante de lo que hasta la fecha se ha venido creyendo.

Los homínidos nos hemos ido desarrollando técnica y culturalmente desde finales del Plioceno y durante todo el Pleistoceno y Holoceno en un largo proceso de humanización que aún continúa. Somos producto, por lo tanto, de un largo período de adaptación en el cual hemos sido capaces de adquirir comportamientos somáticos y extrasomáticos que han permitido diferenciarnos objetivamente de otras especies. En este proceso de inteligencia operativa ha sido el mecanismo que nos ha ido apartando de la selección natural para acercarnos a otro tipo de selección: la técnica.

Los homínidos somos primates sociales como muchos otros mamíferos. La base de nuestro éxito adaptativo y crecimiento demográfico exponencial se basa precisamente en la capacidad que tenemos de socializar estrategias de tipo técnico que permiten una adquisición de energía de forma más fácil.

El primer salto hacia la humanización se produjo cuando alguna comunidad de homínidos africanos del *Pleistoceno* africano fue capaz de secuenciar rocas para producir instrumentos cortantes hace 2.5 millones de años. La producción de artefactos líticos fue la clave para desencadenar el primer gran proceso de socialización que modificó las estructuras sociales de base lógica. Parece obvio que la producción de instrumentos intervino de forma determinante en el aumento de nuestra capacidad craneal y, por lo tanto, de nuestra encefalización.



Los humanos no inventamos la sociabilidad. Somos parte de ella, el último eslabón de una cadena de animales sociales: los primates.

Somos los únicos primates de la evolución animal que tiene un género en que todas las especies han sido capaces de producir instrumentos líticos a lo largo del tiempo. Esta singularidad nos ha permitido adaptarnos de forma muy diferente a la de otros mamíferos vertebrados. Por lo tanto, la humanización empieza cuando una especie de *Homo* produce un código de información a través de objetos técnicos y lo transmite a las demás comunidades. Esto cambia nuestra relación con el medio y con nosotros mismos.

Al producir los primeros instrumentos los homínidos arcaicos del Plioceno Terminal fueron capaces de obtener energía del medio e ir cambiando su dieta folívora y frugívora que habían

mantenido hasta el momento. La nueva ingesta de proteínas y la forma de obtención permitió otros tipos de cohesión social de los grupos de homínidos, que empezaron a diferenciarse de forma específica de otros primates que vivían en el mismo medio como australopitecinos y parántropos, que no desarrollaron estas estrategias y como consecuencia no tuvieron ningún proceso de socialización que permitiera su adaptación a situaciones cambiantes y a la larga supervivencia.

Los homínidos salimos de África a inicios del Pleistoceno inferior y llegamos a Europa extendiéndonos rápidamente. Hace un millón de años ya ocupábamos toda la parte meridional del subcontinente. *Homo* antecesor dio lugar a los antecesores de los neandertales que se extinguirían hace unos 30,000 años.

Sobre estas fechas se constata la aparición del fuego y su uso doméstico. El fuego representa, sin duda, uno de los procesos de socialización fundamentales en la humanización.

El uso de esta técnica genera una reestructuración en el comportamiento primate y construye nuevas formas de cohesión social no conocidas hasta el momento en el proceso de humanización.



**Figura 4.11**  
Los primates como animales sociales.

Por ejemplo, el uso del fuego por los homínidos establece nuevas formas de comportamiento estratégico, actuando como organizador del grupo, aumenta las horas de luz y permite mantener el calor corporal.

### 4.3 ORIGEN DE LA CULTURA SIMBÓLICA

El hombre tiene un modo propio, diferente al del animal para adaptarse a su ambiente. Es insistente Cassirer al decir que el hombre: “no vive solamente en un puro universo físico sino en un universo simbólico”.

Y continúa: “El lenguaje, el mito, el arte y la religión constituyen partes de este universo, forman los diversos hilos que tejen la red simbólica, la urdimbre complicada de la experiencia humana. Todo progreso en pensamiento y experiencia afina y refuerza esta red. El hombre no puede enfrentarse ya con la realidad de un modo inmediato; no puede verla, como si dijéramos, cara a cara. La realidad física parece retroceder en la misma proporción que avanza su actividad simbólica. En lugar de tratar con las mismas cosas, en cierto sentido, conversa constantemente consigo mismo. Se ha envuelto en formas lingüísticas, en imágenes artísticas, en símbolos míticos o en ritos religiosos, en tal forma que no puede ver o conocer nada sino a través de la interposición de este medio artificial. Su situación es la misma en la esfera teórica que en la práctica. Tampoco en ésta vive en un mundo de crudos hechos o al tenor de sus necesidades y deseos inmediatos. Vive en medio de emociones, esperanzas y temores, ilusiones y desilusiones imaginarias, en medio de sus fantasías y de sus sueños”.

Los gestos con las distintas partes del cuerpo, la vestimenta, los objetos, las artes, las ciencias son, en algún aspecto, lenguajes, porque constituyen las complejas formas de la comunicación entre los seres humanos. “En los símbolos los hombres se ponen de acuerdo para referirse o comunicar algo, por eso deben ser aprendidos y cambian de un lugar a otro (lo que no ocurre con las señales como el humo o las huellas)”.

### 4.4 CULTURA, INTELIGENCIA Y SELECCIÓN SEXUAL

El universo no es un estado sino un proceso. En este proceso se distingue, al menos desde la perspectiva de nuestro planeta, una triple evolución cósmica, biológica y



Un estudio genético realizado en regiones como Asia Central demostró que 8% de varones (16 millones) posee cromosomas virtualmente idénticos, lo que sugiere que todos descienden de un único antepasado que vivió aproximadamente hace 1,000 años y que pudiera ser Gengis Khan, el gran conquistador, al que también se le podría otorgar el título de “gran inseminador”.



**Figura 4.12**  
Gengis Khan el Gran Conquistador.

cultural. Ha habido una marcha progresiva de la masa-energía hacia una creciente complejidad, desde los átomos más simples a las macromoléculas. Algunas se han organizado en sistemas capaces de autoreproducción. Esto se verifica mediante un código genético que se ha mantenido idéntico en todos los seres vivos desde las algas, las bacterias y los protozoos al hombre, a lo largo de más de cuatro mil millones de años de evolución biológica.

Por mutación y recombinación de los componentes se modifica el mensaje que en cada caso transmite este código genético y diversos mecanismos selectivos van acrecentando el caudal informativo que contiene la dotación genética y originando una multiplicidad de formas de vida. En este proceso y a través de numerosas excepciones y fallos, se hace patente una progresiva diferenciación y una ulterior coordinación e integración de estructuras y funciones, sobre todo de especialización y coordinación neural y de creciente encefalización que permiten la aparición y desarrollo de procesos de objetivación, subjetivación, concienciación y personalización.

Se prepara así, y aumenta y se perfecciona, después, la actividad inteligente que exhibe la conducta, desde el mero intercambio bioquímico entre el ser vivo elemental y su entorno inmediato, a la captación, registro y procesamiento de información respecto de un medio cada vez más amplio, distanciado y objetivo y a la acción biológicamente significativa referida a objetos y situaciones gobernadas por patrones de actividad cada vez más flexibles, mediatos generalizados e innovadores: taxias y tropismos, acciones reflejas, comportamientos instintivos, aprendizajes condicionados, estrategias sensomotoras de solución de problemas, elaboración cognoscitiva, conciencia reflexiva, pensamiento abstracto, razonamiento formal, lenguaje e iniciación y desarrollo de la evolución cultural y la conducta personalizada.

A través de la evolución filogenética se realiza un progreso de la inteligencia en mejora de funciones, que dotan al sujeto vivo de creciente poder, autonomía y dominio. Pero que ocurre con las variaciones patológicas de la inteligencia. Se conocen más de 1,500 síndromes patológicos hereditarios, unos 140 de los cuales incluyen graves defectos de la inteligencia.

La mayoría se deben a genes recesivos y algunos a genes dominantes y a perturbaciones cromosómicas. En el pasado la mayoría de los individuos afectados tenían escasas probabilidades de sobrevivir y reproducirse, por lo que su influencia en la inteligencia era inapreciable. Con los avances sanitarios y médicos han aumentado las probabilidades de incrementar las frecuencias alélicas nocivas en el caudal genético de la población y tiende a rebajar el nivel medio de su inteligencia. Aunque su valor es mínimo porque son raros y no tienen descendencia.

Una posible modificación artificial del genotipo anómalo está en la ingeniería genética, hoy día este método es impracticable, probablemente en el futuro no lo sea. En la mayoría de los casos se trata de sustituir un solo gen. También existe la eugenesia negativa que consiste en impedir que se propague el genotipo nocivo; prohibición legal del matrimonio, impedimento de la procreación por aislamiento, esterilización, uso de anticonceptivos, abstinencia sexual y aborto.

## 4.5 LA EVOLUCIÓN DEL LENGUAJE

Hablar de la aparición del lenguaje humano, lenguaje simbólico por lógica parecería implicar que hay que hablar previamente de la *cerebración*, y eso es bastante cierto, pero el lenguaje humano simbólico tiene sus antecedentes en momentos y cambios morfológicos que son previos a cambios importantes en la estructura del sistema nervioso central. Por ejemplo, los chimpancés pueden realizar un esbozo primario de lenguaje simbólico basándose en la mímica (de un modo semejante a un sistema muy simple de comunicación para sordomudos).

Ahora bien, el lenguaje simbólico por excelencia es el basado en los significantes acústicos, y para que una especie tenga la capacidad de articular sonidos discretos, se requieren más innovaciones morfológicas, algunas de ellas muy probablemente anteriores al desarrollo de un cerebro lo suficientemente complejo como para pensar de modo simbólico. En efecto, observemos la orofaringe y la laringe: en los mamíferos, a excepción del humano, la laringe se encuentra en la parte alta de la garganta, de modo que la epiglotis cierra la tráquea de un modo estanco al beber e ingerir comida. En cambio, en *Homo sapiens*, la laringe se ubica más abajo, lo que permite a las cuerdas vocales la producción de sonidos más claramente diferenciados y variados, pero al no poder ocluir completamente la epiglotis, la respiración y la ingesta deben alternarse para que el sujeto no se ahogue. El acortamiento del prognatismo que se compensa con una elevación de la bóveda palatina facilita el lenguaje oral. Otro elemento de relevante importancia es la posición y estructura del hioides, su gracilidad y motilidad permitirán un lenguaje oral lo suficientemente articulado.

Estudios realizados en la Sierra de Atapuerca (España) evidencian que *Homo antecessor*, hace unos 800,000 años, ya tenía la capacidad, al menos en su aparato fonador, para emitir un lenguaje oral lo suficientemente articulado como para ser considerado simbólico, aunque la consuetudinaria fabricación de utensilios (por toscos que fueran) por parte del *Homo habilis* hace unos 2 millones de años, sugiere que en éstos ya existía un lenguaje oral articulado muy rudimentario, pero lo suficientemente eficaz como para transmitir la suficiente información o enseñanza para la confección de los toscos artefactos.

- I. Elabora una línea del tiempo en donde muestres la evolución de los homínidos en sus diferentes etapas.
- II. En un mapamundi, dibuja las migraciones prehistóricas de *Homo sapiens*.
- III. Por medio de dibujos, explica la evolución social que ha sufrido la especie humana.

Responde a las siguientes cuestiones.

- I. Menciona las principales diferencias entre *Homo habilis*, *H. erectus*, *H. sapiens* y *H. sapiens sapiens*

---



---



---



Actividad



Ejercicio

II. Enlista las principales modificaciones que sufrieron los homínidos al adquirir la postura erecta.

---

---

---

---

III. Menciona las principales ventajas de la bidepestaación.

---

---

---

---

IV. Enumera las principales diferencias anatómicas entre el *Homo sapiens* y otros primates.

---

---

---

---

V. Escribe las características de un homínido atípico.

---

---

---

---

VI. ¿Por qué se afirma que nuestra especie ha sufrido una triple evolución (cósmica, biológica y cultural)?

---

---

---

---

VII. ¿Cuál es la importancia de la cultura simbólica en nuestra evolución?

---

---

---

---