

	ALCALDÍA DE VILLAVICENCIO	FR-1540-GD01	
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA CENTAUROS Aprobación oficial No.0552 del 17 de septiembre del 2002 Nit. 822.002014-4 Código DANE 150001004630	Vigencia: 2020	
	APOYO A LA GESTION ACADEMICA	Documento controlado	
		Página 1 de 31	
Docente: Johann Camilo Vargas Ángel		Área: Ciencias Naturales	
Grado: Noveno	Sede: Rosita	Fecha: 19 de julio a 17 de septiembre	
Estándar: Comparo diferentes teorías sobre el origen de las especies.			
DBA: Analiza teorías científicas sobre el origen de las especies (selección natural y ancestro común) como modelos científicos que sustentan sus explicaciones desde diferentes evidencias y argumentaciones.			
Nombre del estudiante:			

CRONOGRAMA

SEMANA	ORIENTACION /ENTREGA	FECHA
SEMANA 1.	ORIENTACIÓN TEMA 1.	23 DE JULIO
SEMANA 2.	ENTREGA TEMA 1.	30 DE JULIO
SEMANA 3	ORIENTACIÓN TEMA 2	6 DE AGOSTO
SEMANA 4	ENTREGA TEMA 2	13 DE AGOSTO
SEMANA 5	ORIENTACIÓN TEMA 3	20 DE AGOSTO
SEMANA 6	ENTREGA TEMA 3	27 DE AGOSTO
SEMANA 7	ORIENTACIÓN TEMA 4	3 DE SEPTIEMBRE
SEMANA 8	ENTREGA TEMA 4	10 DE SEPTIEMBRE
SEMANA 9	ENTREGA NOTAS FINALES	17 DE SEPTIEMBRE

TEMA 1: LA EVOLUCION DE LOS PRIMEROS ORGANISMOS EN EL PLANETA

OBJETIVO: Identificar la importancia de la evolución en los primeros organismos.

LEE Y ANALIZA:

MENTES BRILLANTES

Imagina una célula cuadrada hipotética que mide 10 cm de largo, 5 de ancho y 5 de profundidad, y que con el tiempo crece hasta alcanzar 10 cm de largo, 5 de ancho y 10 de profundidad.

- ¿Cuál era el volumen y el área superficial inicial de la célula? ¿En cuánto se incrementaron estas variables luego del crecimiento celular? ¿La relación entre el volumen y el área superficial aumentó o disminuyó?
- ¿Cómo se pueden relacionar estos resultados con procesos biológicos como la difusión?



Figura 13. La mayoría de protistas, al igual que los organismos procariotas, son unicelulares. Sin embargo, a partir de ellos, se cree que evolucionaron los organismos multicelulares como las plantas y los animales.

2. La evolución de los eucariotas

Gracias a sus organelos especializados, los primeros organismos eucariotas unicelulares habrían sido más eficientes que los organismos procariotas para obtener recursos. Así, estos aumentaron en abundancia y se diversificaron para dar lugar, con el paso del tiempo, a todos los organismos eucariotas que conocemos actualmente y que forman cuatro de los cinco reinos existentes: *protista*, *hongos*, *animal* y *vegetal*. En esta sección estudiarás el camino que llevó la evolución de las plantas.

2.1 Los protista

Los primeros organismos eucariotas comenzaron a diversificarse como organismos unicelulares, muchos de los cuales aún sobreviven dentro del reino **protista**. Algunos conservaron la alimentación heterótrofa pero evolucionaron hasta desarrollar una pared rígida que los protegía del medio. Estos se convirtieron en los primeros hongos u **hongos mucilaginosos**. Algunos no solo se protegieron por una pared rígida sino que hicieron endosimbiosis con cianobacterias y se convirtieron en las primeras **algas** ancestrales con cloroplastos. Otros conservaron su membrana celular y continuaron depredando y fagocitando otros organismos. Estos, con el paso del tiempo, se convirtieron en los primeros **protozoos**.

Los protistas fueron los precursores de los de tres reinos de seres eucariotas multicelulares que existen: *hongos*, *plantas* y *animales*.

2.2 La multicelularidad

El origen de las células eucariotas, más complejas que las procariotas, habría abierto el camino para que los primeros **organismos multicelulares** evolucionaran hace cerca de 1.200 millones de años (figura 13). A medida que las células eucariotas eran capaces de obtener más energía, su tamaño iba aumentando. Sin embargo, el aumento en el tamaño y el volumen trajo desventajas para sobrevivir, dado que la entrada de los nutrientes y la eliminación de los desechos se dificultaba.

Adicionalmente, a medida que los organismos unicelulares crecían, su volumen aumentaba más rápidamente que su superficie, de tal manera que cada vez tenían proporcionalmente una menor área de membrana, en proporción con su volumen, para intercambiar sustancias con su medio ambiente, teniendo que reducir por ello su metabolismo.

2.3 Los primeros organismos multicelulares

Varios grupos de organismos unicelulares evolucionaron para resolver los problemas que traía el aumento de su volumen. Una de las adaptaciones fue la agrupación de organismos para que el tamaño aumentara, pero todas las funciones metabólicas y el intercambio de sustancias fueran realizados por cada una de las células de la agrupación.

Cada vez se asociaron más fuertemente, hasta que perdieron su independencia y formaron organismos multicelulares con el cuerpo compuesto por millones de células, cada una de las cuales realizaba todos los procesos vitales. En estos organismos algunas células se especializaron en diferentes funciones formando tejidos y maximizando, por tanto, su eficiencia.

A pesar de que el registro fósil de los primeros organismos multicelulares es muy escaso debido probablemente a que su cuerpo era blando, es casi seguro que estos fueron **algas primitivas** que evolucionaron en el mar hace más de 1.000 millones de años en el Precámbrico (figura 14). Posteriormente estas algas se diversificaron y aumentaron durante el periodo Precámbrico hace cerca de 600 millones de años, como lo demuestra la mayor abundancia de fósiles claramente pertenecientes a algas multicelulares.

■ La diversificación de las algas

La **multicelularidad** dio principalmente dos ventajas selectivas a las algas. Por un lado, les permitió ser lo suficientemente grandes como para evitar ser depredadas por los herbívoros unicelulares y facilitó el desarrollo de estructuras especializadas similares a las raíces y las hojas de las plantas modernas. Con las "raíces" las algas podían anclarse al suelo, absorber nutrientes y evitar ser arrastradas por la corriente, mientras las "hojas" flotaban sobre la superficie, de tal manera que recibían constantemente luz solar para realizar la fotosíntesis. Gracias a estas adaptaciones, las algas multicelulares se diversificaron, aumentaron y colonizaron todos los mares del planeta en donde aún sobreviven sus descendientes (figura 15).

Las algas se clasifican en *divisiones* de acuerdo con el pigmento que contienen y que se encarga de realizar la fotosíntesis. Las principales divisiones son las de las **algas rojas** (Rhodophyta) y las **algas cafés** (Phaeophyta), que son exclusivamente marinas, y la de las **algas verdes** (Chlorophyta), que se encuentran en cuerpos de agua dulce, principalmente lagos y estanques, y que probablemente dieron origen a las plantas terrestres.



Figura 15. Las algas han logrado mantenerse durante 600 millones de años a través de sus representantes actuales como las algas rojas (a), las algas pardas (b) y las algas verdes (c).



Figura 14. Las eras geológicas desde el Precámbrico hasta el Cuaternario.

ACTIVIDADES:

- 1) De acuerdo a las lecturas, ¿cómo evolucionaron las primeras células eucariotas y en que se convirtieron?
- 2) Realice un mapa conceptual acerca de la multicelularidad en la evolución.
- 3) Realice un dibujo de cómo se imagina que se diversificaron las algas en el planeta.
- 4) ¿Que eras geológicas encuentra y en que era geológica nos encontramos actualmente?

TEMA 2: EVOLUCION DE LAS PLANTAS

OBJETIVO: Reconocer la importancia de la evolución de las plantas en el planeta.

LEE Y ANALIZA:



La evolución de los organismos eucariotas

2.4 La colonización vegetal del mundo terrestre

La vida en el agua proporciona ciertas ventajas a los organismos: da sosten a su cuerpo, facilita el intercambio de sustancias disueltas a través de la membrana celular, facilita su reproducción y proporciona al cuerpo una temperatura relativamente estable. En tiempos primitivos, la vida en ambientes terrestres traía consigo grandes limitaciones para el desarrollo de los organismos: el aire, al ser menos denso que el agua, ofrecía menos sustento a su cuerpo. Por ello, los seres que se aventuraban a habitar los ambientes terrestres debían tomar agua constantemente para no deshidratarse y encontrar un mecanismo para que sus células sexuales no entraran en contacto directo con el aire y se secaran.

Sin embargo, los ambientes terrestres también ofrecían ventajas, en especial, para el desarrollo de las plantas. En los ambientes terrestres la luz siempre estaba disponible para la realización de la fotosíntesis y no había animales herbívoros que pudieran alimentarse de ellas, mientras estos eran abundantes en los ecosistemas acuáticos. Igualmente, en las rocas y el suelo terrestres eran abundantes ciertos elementos como el nitrógeno y el fósforo, que sólo se encontraban en bajas concentraciones en el agua.

Así, hace aproximadamente 500 millones de años, en las áreas cercanas a las costas se desarrolló gran abundancia y diversidad de algas. Con el tiempo, las algas verdes, evolucionaron en dos grupos de plantas multicelulares que colonizaron con diferente éxito los ambientes terrestres (figura 17). Por un lado los **bríofitos**, de tamaño pequeño y asociados a los ambientes acuáticos y, por el otro, las **traqueófitas o plantas vasculares** que desarrollaron estructuras que les permitieron aumentar de tamaño, independizarse definitivamente de los ecosistemas acuáticos y colonizar exitosamente todos los ambientes terrestres.

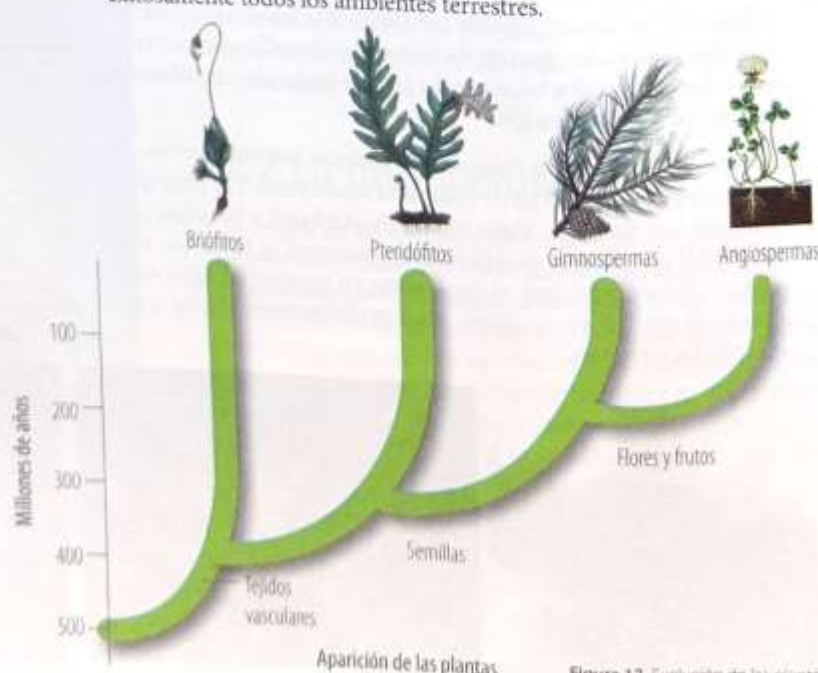


Figura 17. Evolución de las plantas.

90 | © Santillana

Escaneado con CamScanner

■ Adaptaciones de las plantas al mundo terrestre

Algunas de las principales adaptaciones que permitieron a las plantas colonizar el medio terrestre fueron:

- **Raíces** o estructuras en forma de raíces que anclan la planta al suelo y absorben agua y nutrientes.
- **Vasos conductores** que transportan el agua y los nutrientes absorbidos por las raíces y las sustancias sintetizadas en las hojas durante la fotosíntesis, hacia el resto del cuerpo de la planta.
- Superficies fotosintetizadoras cubiertas por una sustancia impermeable llamada **cutícula** que evita la pérdida de agua por evaporación, y poros, llamados **estomas**, que se abren o cierran para permitir el intercambio gaseoso.
- Estructuras reproductivas como el **polen**, las **flores** y las **semillas**, que encapsulan y protegen de la deshidratación a los gametos y el embrión, respectivamente.

2.4.1 Los briófitos

Los **briófitos** fueron las primeras plantas que colonizaron los ambientes terrestres hace aproximadamente 450 millones de años. En ellos no se desarrollaron verdaderas raíces, hojas o tejidos conductores por lo que su tamaño es reducido ya que deben resistir la gravedad, además que los nutrientes y el agua deben entrar por la superficie de las plantas y pasar de una célula a otra. Su reproducción depende del desplazamiento de las células sexuales masculinas a través de películas acuosas hasta encontrar el óvulo y fecundarlo, razón por la cual los briófitos quedaron restringidos a áreas pantanosas o húmedas. Actualmente, se encuentran representados por dos grupos: los **musgos** y las **hepáticas**, que incluyen cerca de 16.000 especies diferentes.

A pesar de depender de abundante agua para su reproducción, los briófitos cuentan con algunas adaptaciones para soportar las difíciles condiciones de los ambientes terrestres. Por ejemplo, sus tallos y superficies fotosintetizadoras están cubiertos con cutícula, y cuentan con estructuras reproductivas, conocidas como **anteridios** y **arquegonios**, dentro de las que se desarrollan y protegen el esperma y los óvulos, respectivamente.



Briófitos de Cámbrico



POR LA SALUD DE TU PLANETA

Los **briófitos** son elementos importantes de los ecosistemas altoandinos y los páramos, donde cumplen funciones estratégicas regulando el ciclo del agua. Debido a la reducción de estos ecosistemas, así como a la contaminación a la cual son muy susceptibles, los briófitos han venido disminuyendo en diversidad y abundancia. Diseña una campaña de divulgación, por medio de afiches, programas de radio o cualquier otro medio de comunicación, para informar a tu comunidad sobre la importancia de la conservación de los briófitos y los ecosistemas en los que estos viven.



Briófitos actuales

Figura 18. Los briófitos fueron las plantas que comenzaron la colonización vegetal de los ambientes terrestres y cubrieron grandes extensiones de tierra durante el período Cámbrico.



2.4.2 Los tejidos conductores

En algunas áreas, diferentes especies de briófitos crecieron juntos en alta abundancia y densidad por lo que tuvieron que competir por recursos como minerales, agua y luz solar. Los briófitos más altos pudieron alcanzar más fácilmente la luz solar y dejar a sus competidores a la sombra, de tal manera que la altura comenzó a seleccionarse positivamente. La principal adaptación que permitió a las plantas crecer en altura fue el desarrollo de **vasos conductores** compuestos por células engrosadas y cubiertas con sustancias muy resistentes que evitaron que estas colapsaran bajo su propio peso y, además, facilitaron la comunicación y la nutrición de las diferentes partes de su cuerpo, independientemente de su tamaño.

Existen tres grupos de plantas que desarrollaron tejidos conductores: los pteridofitos, las gimnospermas y las angiospermas.

2.4.3 Los pteridofitos: plantas vasculares sin semillas

Los **pteridofitos** fueron las primeras plantas vasculares que aparecieron sobre la superficie terrestre y cuyos representantes modernos incluyen a los *licopodios*, las *colas de caballo*, los *helechos* y las *cicadas*. Los pteridofitos fueron más abundantes durante el periodo **carbonífero**, hace entre 360 y 290 millones de años, cuando el clima, que era húmedo y caliente, favorecía su crecimiento. Los pteridofitos estaban mejor adaptados que los briofitos a vivir en ambientes terrestres gracias al desarrollo de tejidos vasculares, de una cutícula más gruesa y de estructuras llamadas **esporas** que protegían el embrión y aumentaban su capacidad de dispersión.

Sin embargo, los pteridofitos todavía dependían de una alta humedad, pues aún no podían controlar la pérdida de agua del cuerpo y la fecundación de sus óvulos todavía dependía de la movilidad del esperma sobre finas películas de agua. Luego de la fecundación se formaba un cigoto que se desarrollaba en un individuo adulto llamado **esporofito**, el cual producía esporas que bajo las condiciones adecuadas germinaban y se desarrollaban en el **gametofito**, estructura encargada de la producción de los gametos. En los pteridofitos, a diferencia de lo que ocurre en las otras plantas vasculares, el esporofito y el gametofito se desarrollaron en plantas separadas.



Figura 19. Corte transversal de tallo. Los tejidos conductores fueron la principal adaptación que permitió a las plantas colonizar definitivamente los ecosistemas terrestres.

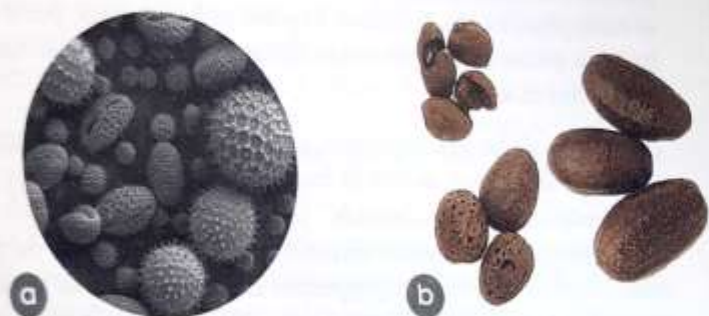
Figura 20. Los pteridofitos formaron enormes bosques durante el periodo Carbonífero. El género *Equisetum* es el único representante en la actualidad de los equisetos, llamados comúnmente "colas de caballo", los cuales fueron muy abundantes durante el paleozoico.



Equiseto actual

2.4.4 Los espermatofitos: plantas con polen y semillas

Mientras duraron las condiciones húmedas del Carbonífero, fue relativamente fácil para el espermatozoides de las plantas encontrar finas películas de agua para nadar hasta el óvulo y fecundarlo. Sin embargo, hace cerca de 250 millones de años, durante el periodo **Pérmico**, las montañas se elevaron y el clima se hizo seco, por lo que esta estrategia reproductiva dejó de ser efectiva. Ante las nuevas fuerzas selectivas del ambiente, un grupo de plantas, conocidas como **espermatofitas**, desarrolló dos adaptaciones en sus estructuras reproductivas: el **polen** y las **semillas**, que le permitieron colonizar definitivamente el medio terrestre (figura 21).



a
El polen constituyó un vehículo eficaz para transportar de forma segura los gametos masculinos.

b
Las semillas permitieron que el embrión pudiera permanecer latente hasta encontrar condiciones favorables para desarrollarse.

Figura 21. Los espermatofitos desarrollaron adaptaciones a nivel de sus estructuras reproductivas que aumentaron su capacidad para colonizar los ecosistemas terrestres.

Los **granos de polen**, compuestos por una proteína extremadamente resistente, servían para encapsular y proteger a los gametos masculinos de la deshidratación y del ataque de predadores. Los granos de polen sirvieron para liberar al espermatozoides de su dependencia del agua, pues este ya no tenía que nadar para llegar al óvulo y fecundarlo, sino que ahora el viento y los animales se encargaban de transportarlo.

Por primera vez en la historia evolutiva de las plantas, luego de que un óvulo era fecundado, este se desarrollaba en una estructura compuesta por una cubierta protectora dentro la que se almacenaban sustancias nutritivas para el embrión. Gracias a esta estructura, llamada **semilla**, el embrión quedaba protegido del medio ambiente mientras aguardaba las condiciones propicias para germinar.

Con el desarrollo del polen y las semillas los espermatofitos dieron el paso definitivo hacia la colonización del medio terrestre, desarrollando adaptaciones como:

- Aislamiento de los tejidos internos del medio para evitar la desecación, por medio de sustancias impermeabilizantes como la **cutina**, la **suberina** y algunas **ceras**.
- Adquisición de consistencia gracias a la **lignina**, un polímero que les permitía mantener una posición erecta para así competir por luz y tener suficiente elasticidad para soportar el movimiento causado por los vientos.
- Desarrollo de raíces para captar el agua y los nutrientes del suelo.
- Desarrollo de tejidos vasculares complejos, el **xilema** y el **floema**, para transportar agua y nutrientes por toda la planta.

De esta manera, a medida que el clima de la Tierra se hacía frío y seco, los pteridofitos disminuyeron su abundancia hasta casi desaparecer, mientras las **gimnospermas**, las primeras plantas vasculares con semillas, aumentaron su abundancia y distribución y cubrieron vastas áreas del planeta. Posteriormente, hace cerca de 130 millones de años durante el periodo **Cretácico**, aparecieron las **angiospermas**. En estas se desarrollaron dos adaptaciones reproductivas adicionales: las **flores** y los **frutos** que, con el paso del tiempo, les han permitido llegar a ser el grupo de plantas dominante en la actualidad.

2.4.4.1 Las gimnospermas: con semillas pero sin frutos

Las gimnospermas, las primeras plantas que se reprodujeron por medio de semillas que protegen y nutren al embrión, fueron las plantas dominantes hace cerca de 250 millones de años cuando el clima del planeta era seco y frío. En las gimnospermas, al igual que en los otros espermatofitos, los gametofitos se encuentran reducidos y se desarrollan sobre el esporofito, es decir el árbol. En las gimnospermas existen dos tipos de gametofitos: los **conos masculinos** que, generalmente, son pequeños y se encargan de producir el polen, y los **conos femeninos** que suelen ser grandes y están compuestos por una serie de escamas leñosas bajo las que se encuentran un par de óvulos. El polen es transportado por el viento hasta los **conos femeninos** donde fecunda los óvulos que, entonces, se desarrollan en semillas.

Las semillas de las gimnospermas, a diferencia de las de las angiospermas, no se desarrollan dentro de frutos. La palabra *gimnosperma* significa literalmente "semilla desnuda". Esto se debe a que los óvulos de las gimnospermas se encuentran directamente bajo las escamas del gametofito, mientras que en las angiospermas estos se encuentran protegidos dentro de una estructura adicional conocida como **ovario** que luego de la fecundación, se desarrolla en el fruto. Como las gimnospermas no tienen ovarios, tampoco producen frutos. Cuando las semillas maduran, las escamas se separan del cono permitiendo que estas sean dispersadas por el viento hasta lugares aptos para su germinación.

Luego de ser las plantas dominantes sobre la Tierra, la abundancia de las gimnospermas comenzó a disminuir a medida que las condiciones volvieron a hacerse más cálidas y húmedas durante el Cretácico, lo que dificultaba la polinización y la dispersión por el viento. En este momento evolucionaron las angiospermas, que pronto se volvieron las plantas dominantes, mientras las gimnospermas solo quedaron representadas por las **cicadáceas**, los **ginkgos** y las **coníferas** (figura 22). De estas únicamente las coníferas, como los pinos, tienen alta diversidad y abundancia en algunas zonas del hemisferio norte, gracias a varias adaptaciones para soportar las bajas temperaturas, como la presencia de sustancias anticongelantes en la savia y hojas delgadas que no pierden durante el invierno.



Ginkgo



Araucaria



Pino



Bosque de gimnospermas del Pérmico

Figura 22. Las gimnospermas fueron las plantas dominantes cuando las condiciones de la Tierra eran frías y secas. Actualmente han disminuido enormemente y muchos de sus grupos, como los ginkgos (a) y las araucarias (b), están representados solo por una o unas pocas especies, mientras que solo las coníferas (c) aún ocupan grandes áreas.

2.4.4.2 Las angiospermas: semillas, flores y frutos

El registro fósil indica que las **angiospermas**, es decir, las plantas que cuentan con semillas, flores y frutos, aparecieron hace aproximadamente 127 millones de años durante el período Cretácico (figura 23). Actualmente se cree que las angiospermas evolucionaron a partir de algunas gimnospermas que formaron asociaciones mutualistas con insectos. A pesar de que estos insectos se alimentaban de polen, parte de este no era consumido, sino que se pegaba a su cuerpo y así era transportado hasta los conos femeninos de la misma especie, donde fecundaba los óvulos. Así las plantas ya no necesitaban producir enormes cantidades de polen para asegurar la fecundación, pues este era llevado selectivamente por los insectos entre individuos de la misma especie. Las ventajas selectivas que trajo esta adaptación hicieron que los conos evolucionaran como **flores** cada vez más llamativas, que servían para establecer relaciones de **polinización** cada vez más estrechas con diferentes grupos de animales.

Gracias a las flores y los frutos, así como a sus relaciones mutualistas con los animales, las angiospermas son actualmente las plantas más abundantes del planeta excepto en las regiones frías del norte donde aún dominan las gimnospermas. Las angiospermas se clasifican en **dicotiledóneas** y **monocotiledóneas**.

- Las **dicotiledóneas** son aquellas cuya plántula al germinar presenta dos hojas o cotiledones. Durante su diversificación han generado una gran cantidad de formas, desde enormes árboles hasta pequeñas hierbas. A este grupo pertenecen las leguminosas, especies maderables no coníferas y muchas flores ornamentales.
- Las **monocotiledóneas** son aquellas cuya plántula al germinar posee un único cotiledón. Se cree que son el grupo más reciente de angiospermas y que surgieron a partir de las dicotiledóneas. Debido a que tienen ciclos de vida cortos, crecimiento rápido y diferentes adaptaciones fisiológicas, estas plantas pudieron colonizar y dominar diferentes ambientes, incluso aquellos difíciles e inestables. A este grupo pertenecen los pastos, las palmas, y plantas ornamentales como las orquídeas, las heliconias y las bromelias.



Figura 23. Las magnolias pertenecen al grupo de las angiospermas más primitivas. Su fruto es muy similar a los conos de las gimnospermas.



Figura 24. Las relaciones mutualistas que se han establecido entre las angiospermas y diferentes animales, han hecho que los procesos de polinización y dispersión de semillas sean altamente específicos.



Escaneado con CamScanner

ACTIVIDADES:

- 1) En un cuarto de cartulina, dibuje la evolución de las plantas desde la más antigua hasta la más evolucionada: Briofitas, pteridofitas, espermatofitas (gimnospermas y angiospermas) y haga una breve explicación de cada una.
- 2) ¿Cuáles fueron las adaptaciones de las plantas al mundo terrestre?

TEMA 3: EVOLUCION DE ANIMALES

OBJETIVO: Identificar la importancia de la evolución de animales

LEE Y ANALIZA

3. La evolución de los animales

Según el registro fósil, los animales solo aparecieron hasta los últimos tiempos de la historia de la vida sobre la Tierra, hace aproximadamente 650 millones de años. Sin embargo, durante este periodo de tiempo relativamente corto han evolucionado millones de especies de animales que han logrado colonizar todos los ecosistemas del planeta a medida que se adaptan a las condiciones cambiantes de su ambiente.

3.1 Las ventajas de la multicelularidad

Se cree que los animales evolucionaron a partir de protistas flagelados, que formaron colonias simples como las que componen el cuerpo de las esponjas. Al asociarse, pudieron atrapar y comer más y mayores presas, de tal manera que esta adaptación se transmitió de generación en generación. Luego, perdieron independencia y comenzaron a actuar como las células de un único organismo, dando origen así a los **animales**.

3.1.1 Los primeros animales multicelulares

Los fósiles de animales más antiguos que se conocen corresponden a un grupo de invertebrados llamados **ediacarenses**, que vivieron en el mar hace aproximadamente 630 millones de años al final de la era Precámbrica (figura 25). Eran parecidos a medusas y gusanos y se alimentaban formando asociaciones simbióticas con algas y bacterias o filtrando las partículas del agua. Muchos fueron ancestros de los grupos actuales y otros no dejaron descendientes conocidos. Entre los ediacarenses existían ya los animales más simples conocidos actualmente: los **poríferos** o **esponjas**. Es muy probable que las esponjas hayan sido los primeros animales que presentaron un esquema sencillo de organización, y aún en la actualidad sobreviven sin muchos cambios estructurales en comparación con sus antepasados.



3.1.2 La diversificación de la vida del Cámbrico

Durante cerca de 100 millones de años, la Tierra pasó por un periodo de relativa estabilidad ecológica en el que los animales vivieron sin mayores modificaciones. Luego, durante los primeros 40 millones de años del período Cámbrico, estos se diversificaron y dieron origen a los principales grupos de animales incluyendo a los **vertebrados**. Una posible explicación de esta explosión adaptativa es que durante este periodo aparecieron los primeros organismos multicelulares depredadores. Así se dio inicio a la eterna competencia entre los predadores por capturar a sus presas y de estas por escapar de sus predadores, lo que llevó a que los animales se diversificaran en especies cada vez más rápidas, fuertes y ágiles.



3.1.3 Tendencias evolutivas de los animales

A lo largo de su historia, los animales se han ido diversificado hacia formas cada vez más complejas a través de las siguientes tendencias evolutivas (figura 26):

- Un incremento de la organización y la especialización celular que llevó al desarrollo de **tejidos, órganos y sistemas**.
- Un incremento en el número de capas de **tejido embrionario** a partir de las que se desarrolla el **cuerpo**.
- Un cambio en el patrón de organización corporal de **simetría radial** a **simetría bilateral** que, a su vez, favoreció la concentración de los órganos sensoriales y del cerebro en la cabeza.
- El desarrollo de una cavidad corporal llamada **celoma** que separa a los órganos internos de la pared corporal.
- El desarrollo de un **sistema digestivo** con dos aperturas en el que el alimento fluye en una sola dirección.
- El desarrollo de **sistemas de soporte corporal** cada vez más resistentes y ligeros.

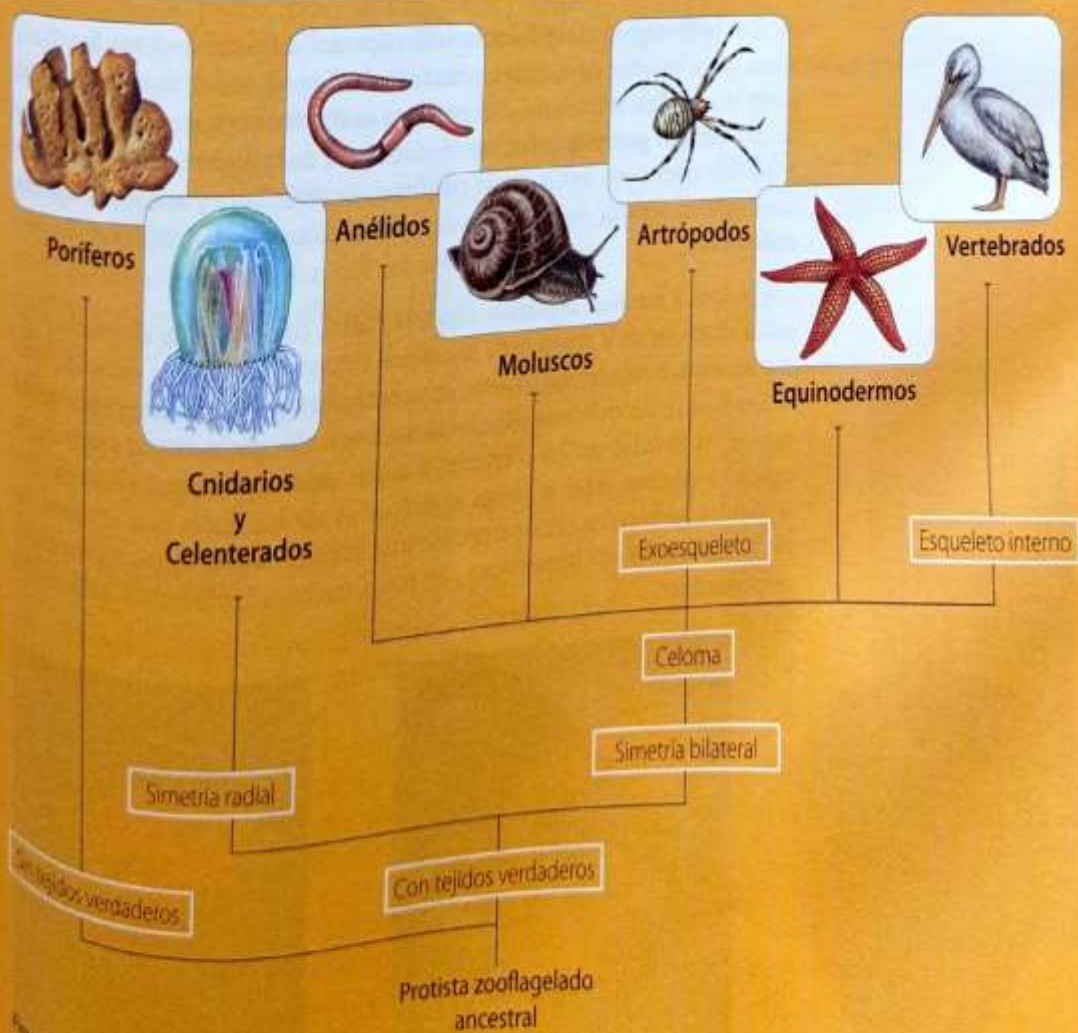


Figura 26. Esquema de la evolución de los animales que muestra las tendencias evolutivas más significativas.

3.2 Los poríferos: animales sin tejidos

Los **poríferos**, caracterizados por la ausencia de tejidos y órganos verdaderos, fueron los primeros animales que evolucionaron (figura 27). Su superficie está perforada por minúsculos poros llamados **ostias**, a través de los cuales entra agua que luego es expulsada a través de aperturas más grandes llamadas **ósculos**. Cada una de sus células extrae el oxígeno y filtra las partículas alimenticias que el agua contiene a medida que esta fluye a través de su cuerpo. Las esponjas mantienen el flujo de agua gracias a unas células llamadas **coanocitos** que cuentan con un flagelo que mueven continuamente para generar corrientes. Su cuerpo se mantiene erguido mediante una red de fibras de colágeno asociadas con espículas de carbonato de calcio o de sílice, pero no presentan ningún tipo de simetría.

3.3 Los celenterados: animales con tejidos y simetría radial

El siguiente paso importante en la evolución de los animales fue el desarrollo de la diferenciación celular y la simetría corporal, que permitió que las células se organizaran para formar tejidos y que las partes del cuerpo se especializaran en diferentes funciones. Los **celenterados** o **cnidarios**, que evolucionaron poco después de las esponjas y cuyos representantes actuales incluyen a los **pólipos** y las **medusas**, fueron los primeros animales que presentaron estas características (figura 28).

En ellos se distinguen el **tejido contráctil** responsable del movimiento, la **red nerviosa**, que se ramifica en el cuerpo y controla el tejido contráctil, una **epidermis** que cubre la superficie externa del cuerpo y una **gastrodermis** que cubre la superficie de una **cavidad gastrovascular** interna encargada de la digestión de los alimentos y que solo cuenta con una apertura que funciona como boca y ano. Estos tejidos se desarrollaron a partir de dos capas de tejido embrionario llamadas **ectodermo** y **endodermo**.

Los pólipos y medusas presentan **simetría radial**, con sus partes corporales ordenadas alrededor de la apertura de la cavidad corporal. Los pólipos viven adheridos al sustrato, son tubulares y cuentan con tentáculos que se proyectan hacia arriba. Las medusas parecen bolsas gelatinosas con tentáculos que caen, y se mueven principalmente llevadas por las corrientes marinas. Ambos son cazadores pasivos que esperan a que una presa se ponga al alcance de sus tentáculos para atraparla. Los tentáculos cuentan con células especializadas llamadas **nematocistos**, que contienen dardos venenosos que inmovilizan a su presa, mientras la introducen en la cavidad gastrovascular.



Medusa

En la actualidad
más de 5.000
esponjas que
ante son muy
s antepasados
ficc.

cnidarios
uáticos
rinos.
conocen más
s de ellos.



3.4 Los animales celomados

Hace entre 600 y 570 millones de años un grupo de cnidarios evolucionó una estructura conocida como *celoma*, que tuvo tanto valor adaptativo que se ha conservado en todos los grupos de animales que han evolucionado desde entonces. El celoma es una cavidad corporal interna completamente separada del medio externo. Los animales celomados cuentan con una capa embrionaria adicional llamada **mesodermo**, a partir de la cual se desarrollan los músculos y, cuando están presentes, los sistemas circulatorio y esquelético (figura 29).

En los celomados más antiguos, como las lombrices de tierra, el celoma está lleno de líquido y actúa como un esqueleto hidrostático sobre el que actúan las fuerzas musculares para producir el movimiento. En los vertebrados, el celoma solo está presente en estado embrionario y luego se desarrolla en la cavidad que aloja los órganos internos y permite que estos se muevan independientemente.

La aparición del celoma hizo posible el desarrollo de sistemas digestivos más eficientes, con dos aperturas a través de las cuales el alimento se movía en una sola dirección. De esta manera los animales podían comer constantemente y digerir completamente los alimentos. Los sistemas digestivos unidireccionales favorecieron la aparición de la **simetría bilateral**, en la que el cuerpo se divide en una mitad izquierda y una derecha, así como en una mitad dorsal o posterior y otra ventral o anterior. La **cefalización** también es un tipo de simetría bilateral en la cual existe una concentración del equipo sensorial en parte anterior del animal, que es la que usualmente se enfrenta al alimento, al peligro y a otros estímulos.

A continuación, estudiaremos cuatro de los principales grupos de invertebrados celomados: los **anélidos**, los **moluscos**, los **artrópodos** y los **equinodermos**.

3.4.1 Los anélidos

Los anélidos, también conocidos como **gusanos segmentados**, tienen el cuerpo dividido en segmentos que se repiten y que en algunos casos contienen las mismas estructuras (figura 30). La segmentación fue ventajosa para los anélidos, pues gracias a los compartimentos pudieron realizar movimientos más complejos y tener sectores del cuerpo especializados en funciones específicas. Su mayor capacidad de movimiento se vio acompañada por el desarrollo de un **sistema circulatorio cerrado** en el que la sangre siempre fluye a través de vasos sanguíneos, así como de un **sistema nervioso** compuesto por un cerebro ganglionar sencillo ubicado en la cabeza y que se comunica con los ganglios que hay en cada segmento a través de un par de cordones nerviosos ventrales que recorren el cuerpo.

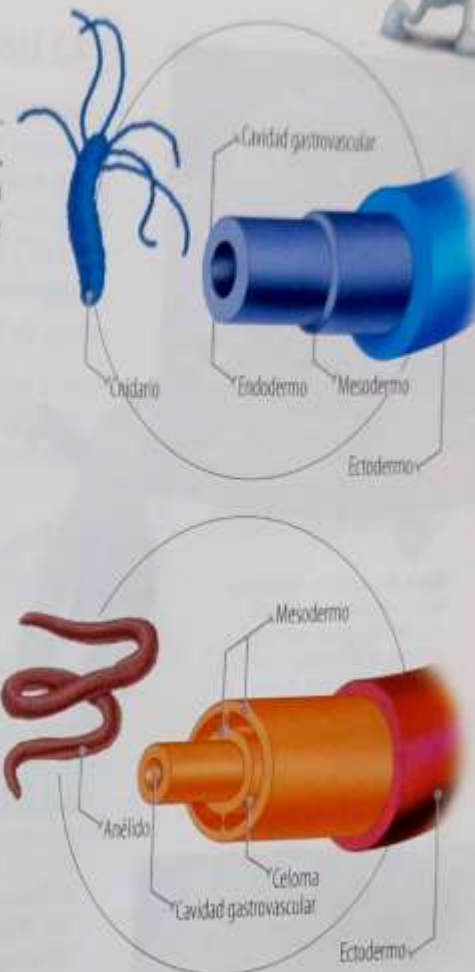


Figura 29. La aparición del celoma permitió el desarrollo de sistemas digestivos unidireccionales, la simetría bilateral y, posteriormente, la cefalización.



Fósil de anélido

Lombriz de tierra

Figura 30. Los fósiles más antiguos de los anélidos tienen cerca de 600 millones de años (a). Actualmente existen cerca de 9.000 especies de anélidos que incluyen lombrices de tierra y sanguijuelas (b).



3.4.2 Los moluscos

Los primeros moluscos evolucionaron a comienzos del período Cámbrico junto con el resto de animales modernos, y luego se diversificaron independientemente en una gran variedad de clases taxonómicas (figura 31). Dentro de estas las principales son los **gasterópodos**, que incluyen a los caracoles y las babosas, los **bivalvos**, como las almejas, las ostras, y los **cefalópodos** que incluyen a los pulpos y los calamares.

Los moluscos se caracterizan por su cuerpo suave, muscular y húmedo, que es sostenido por un esqueleto hidrostático. Por esto, para protegerse, algunos moluscos cubren su cuerpo con una **concha** de carbonato de calcio que es secretada por un tejido especial conocido como **manto**. El manto además forma una cámara dentro de la que se protegen los órganos respiratorios llamados **branquias**. La mayor parte de los moluscos tienen un sistema circulatorio abierto en el que la sangre sale de los vasos sanguíneos y baña directamente los tejidos, y un sistema nervioso compuesto por un pequeño cerebro y ganglios nerviosos unidos a través de un cordón nervioso.



Figura 31. Los moluscos más antiguos de los moluscos datan de hace cerca de 540 millones de años (a). Actualmente los moluscos son el segundo grupo más diverso de animales con cerca de 100.000 especies, entre las que se encuentran los calamares (b).

3.4.3 Los artrópodos

Durante la explosión adaptativa del período Cámbrico en los mares, evolucionó un grupo de invertebrados conocidos como **artrópodos** que, con el paso del tiempo, se han convertido en los animales dominantes del planeta en términos de abundancia y diversidad de especies (figura 32). El enorme éxito que han tenido los artrópodos se debe a que, a pesar de haber evolucionado en el mar, muchas de sus adaptaciones también resultaron funcionales para la conquista de los ambientes terrestres, hace unos 450 millones de años.

Dentro de estas fueron importantes: el desarrollo de un **exoesqueleto** o esqueleto externo, la **fecundación interna** que evita que los gametos queden expuestos a las condiciones del ambiente, apéndices articulados como patas, alas, antenas sensitivas y aparatos bucales que desempeñaban diferentes funciones, sistemas nerviosos bien desarrollados y sistemas respiratorios muy eficientes.

El **exoesqueleto** cubre y protege el cuerpo de los artrópodos del ataque de los predadores y de la deshidratación. Es secretado por la piel, y está compuesto por una sustancia dura e impermeable llamada **quitina**. Sin embargo, en algunas partes del cuerpo como en los apéndices, el exoesqueleto es delgado y flexible y permite el movimiento.

Igualmente, los artrópodos tienen sistemas sensoriales bien desarrollados que incluyen ojos compuestos y sentidos táctiles y químicos agudos. Su sistema nervioso consta de un cerebro que se encuentra en la cabeza, y un conjunto de ganglios que recorren el cuerpo, unidos a través de un cordón nervioso ventral. Su sistema nervioso ha permitido la evolución de comportamientos sociales complejos, la comunicación y el aprendizaje en algunos grupos.

A continuación, estudiaremos las tres principales clases de artrópodos: los **insectos**, las **arañas** y los **crustáceos**.



Trilobites



Figura 32. Los fósiles más antiguos de los artrópodos son de la misma época de los moluscos (a). Actualmente los artrópodos son el grupo animal más diverso con cerca de un millón de especies, y tal vez otras tantas por descubrir (b).



3.4.3.1 Los insectos

Dentro de los artrópodos, los **insectos** son la clase más diversa y abundante con cerca de un millón de especies conocidas. Los escarabajos, los grillos, las hormigas, las moscas y los mosquitos, las libélulas y las mariposas son insectos. Su enorme éxito evolutivo se debe a la capacidad que han tenido de colonizar efectivamente los ambientes terrestres. Algunas de las adaptaciones que han hecho posible esto son:

- Un cuerpo pequeño que favorece la comunicación entre sus partes.
- Un sistema respiratorio compuesto por pequeños tubos llamados tráqueas, que se ramifican abundantemente dentro del cuerpo, de tal manera que llegan muy cerca a todas las células del cuerpo facilitando así el intercambio gaseoso.
- Su capacidad de vuelo, única entre los invertebrados, que ha sido efectiva para escapar de los predadores, encontrar nuevas fuentes alimenticias y buscar nuevas áreas para colonizar.
- La metamorfosis completa en la que los estados jóvenes y adultos son completamente diferentes. Los estados jóvenes, llamados **larvas**, tienen forma de gusano. Estas se alimentan hasta que se transforman en pupas, las cuales se envuelven dentro de un capullo del que salen transformadas en adultos. La metamorfosis permite que las larvas y los adultos exploten recursos diferentes y evita la competencia entre ellos.
- Una enorme plasticidad morfológica que ha permitido que sus partes corporales se modifiquen y adquieran diferentes formas de acuerdo con el tipo de locomoción y alimentación utilizado (figura 33).
- La producción de un número elevado de descendientes y el corto tiempo entre generaciones.

3.4.3.2 Los arácnidos: arañas y escorpiones

Los **arácnidos** comprenden unas 50.000 especies que incluyen arañas, escorpiones, garrapatas, opiliones y muchos otros. Los arácnidos se caracterizan por tener ocho patas, la cabeza y el tórax fusionados formando una sola estructura conocida como **cefalotórax**, respiración por medio de tráqueas y ojos simples que son especialmente sensibles a la detección de movimientos. En su mayor parte son predadores carnívoros.



MENTES BRILLANTES

A pesar de su enorme éxito evolutivo para colonizar diferentes ambientes, los artrópodos nunca han desarrollado grandes tamaños debido precisamente a su adaptación más importante: el exoesqueleto.

- ¿Qué características del exoesqueleto crees que han limitado el crecimiento de los artrópodos? Explica.



Coleóptero



Mariposa



Escarabajo



3.5 Los vertebrados: la aparición de esqueleto interno

Los **vertebrados** se clasifican dentro del filum de los **cordados**, cuyos integrantes se caracterizan por tener un **cordón nervioso dorsal** protegido dentro de una estructura cartilaginosa llamada **notocordio**. En los **vertebrados**, uno de los subfilum de los cordados, el notocordio es remplazado por la **columna vertebral**, y el cordón nervioso se transforma en la **médula espinal**. La columna y los otros huesos del cuerpo, como el **cráneo**, forman un **esqueleto interno** que constituye la principal adaptación de los vertebrados. Otras adaptaciones importantes fueron el desarrollo de extremidades y el aumento en tamaño y complejidad del cerebro.

Los primeros vertebrados aparecieron durante el Cámbrico, pero su diversificación inició en el Ordovícico, hace unos 500 millones de años, y se hizo evidente en el Devónico hace cerca de 400 millones de años. Actualmente existen siete clases de vertebrados: **peces agnatos**, **peces cartilaginosos**, **peces óseos**, **anfibios**, **reptiles**, **aves** y **mamíferos** (figura 36).

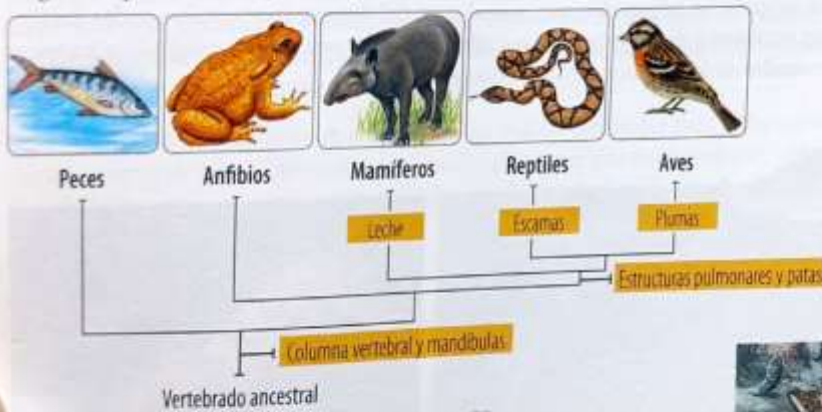


Figura 36. Esquema de la evolución de los vertebrados que muestra el momento en que éstos habrían adquirido sus diferentes adaptaciones.

3.5.1 Los agnatos o peces sin mandíbula

Se considera que los **agnatos** o **peces sin mandíbula** fueron los primeros vertebrados en evolucionar hace cerca de 550 millones de años. Estos parecían peces acorazados que se desplazaban sobre el lodo marino chupando las partículas alimenticias que encontraban (figura 37). Las lampreas y los mixinos son los únicos representantes actuales de los peces sin mandíbula. Las lampreas viven en los lodos marinos donde se alimentan de gusanos, pero también pueden atacar peces y otros animales heridos a los cuales perforan el cuerpo por medio de dientes que rodean su lengua y luego se alimentan de sus órganos internos.

Hace cerca de 420 millones de años, durante el periodo Devónico, un grupo de peces agnatos adquirió una adaptación que determinaría la evolución del resto de los vertebrados: la **mandíbula**. Con ella los peces podían agarrar y arrancar pedazos relativamente grandes de sus presas. Los primeros peces mandibulados dominantes fueron los **placodermos**. Estos se extinguieron hace cerca de 230 millones de años pero antes, a partir de ellos, evolucionaron las dos principales clases de peces que existen hoy en día: los **peces cartilaginosos** y los **peces óseos**.



Peces agnatos del Cámbrico.



La lamprea es uno de los pocos representantes que tiene actualmente el grupo de los agnatos.

Figura 37. La ausencia de mandíbula ha impedido que los peces agnatos ataquen activamente a otros animales.

3.5.1.1 Los condriictios o peces cartilaginosos

El grupo de los **condriictios** incluye a los tiburones, las rayas, las mantarrayas y las quimeras, cuyo esqueleto está hecho completamente de cartilago (figura 38). Los peces cartilaginosos evolucionaron casi simultáneamente con el grupo de los **placodermos**, pero mientras estos últimos se extinguieron rápidamente los **condriictios** aún sobreviven. Sin una pesada armadura que limitara su movimiento, y provistos de aletas que les permitían nadar con destreza para escapar de los predadores o atacar a sus presas, los condriictios aumentaron en abundancia hasta ser los animales dominantes en los ecosistemas acuáticos durante el Carbonífero. Posteriormente, durante el período Pérmico, su predominancia terminó debido a la diversificación de los peces óseos.

3.5.1.2 Los osteictios o peces óseos

Los osteictios o peces óseos tienen un esqueleto óseo lo que le da mayor rigidez y resistencia. Los peces óseos antiguos tenían cuatro aletas carnosas, así como unos sacos llenos de aire que funcionaban como pulmones ancestrales que complementaban la acción respiratoria de las branquias y les permitían salir temporalmente del agua y vivir en lugares en los que el oxígeno era escaso. Algunos peces de aletas carnosas desarrollaron patas y dieron origen a los **tetrápodos** que, con el paso del tiempo, conquistaron todos los ambientes terrestres y dieron origen a los anfibios. Hoy día están representados por los peces **pulmonados** de Suramérica, África y Australia.



al (a) y *Helicoprion* (b), un género extinto de tiburones.

Los peces cartilaginosos evolucionaron hace cerca de 420 millones de años. Posteriormente, algunos de sus representantes ocuparon el puesto de los predadores que habían dejado vacante los placodermos.



Figura 39. Los peces óseos, como el caballito de mar, son los vertebrados más diversos y a partir de los que evolucionaron los tetrápodos que colonizaron la Tierra.

Los peces óseos modernos se derivaron de los peces con aletas carnosas y actualmente forman el grupo de vertebrados más diverso, e incluyen a casi todos los peces marinos y de agua dulce que existen (figura 39). Sus especies tienen una amplia variedad de formas, tamaños, historias de vida y explotan prácticamente todos los recursos disponibles en los ecosistemas marinos. Algunas de las adaptaciones que han permitido el gran éxito evolutivo de los peces óseos incluyen:

- El desarrollo de una vejiga natatoria, a partir de los pulmones primitivos, que los peces "inflan" o "desinflan" para nadar a diferente profundidad sin gastar energía y dependiendo de los recursos disponibles.
- Aletas con radios que permiten mayor maniobrabilidad.
- Piel cubierta por **escamas** que brindan protección y disminuyen su resistencia al agua.
- **Branquias** ubicadas dentro de compartimentos cubiertos por opérculo que se abre y cierra, haciendo que el agua fluya constantemente sobre las superficies respiratorias.



3.5.3 Los reptiles

Los primeros **reptiles** evolucionaron hace cerca de 340 millones de años durante el período Carbonífero, dominado por los anfibios, y luego alcanzaron su máxima diversidad durante el período Pérmico, hace cerca de 250 millones de años cuando el clima de la Tierra se volvió más seco. Entonces se convirtieron en los animales dominantes en los ambientes terrestres, y conservaron este lugar por cerca de 200 millones de años hasta finales del Cretácico, cuando disminuyó su abundancia y diversidad (figura 42).



Figura 42. Los reptiles son el grupo de vertebrados terrestres que ha dominado el planeta durante un periodo de tiempo más largo.

Al finalizar el Pérmico y a comienzos del Triásico, las condiciones climáticas de la Tierra se volvieron a hacer más cálidas y húmedas, lo que favoreció el desarrollo de reptiles enormes conocidos como **dinosaurios**. Los dinosaurios dominaron la Tierra por cerca de 100 millones de años hasta que hace 65 millones de años, a finales del Cretácico, se extinguieron, posiblemente debido al cambio climático ocasionado por el golpe de un gran meteorito contra la superficie terrestre. Sin embargo, antes de extinguirse, a partir de un grupo de dinosaurios relativamente pequeños, que tenían adaptaciones para mantener estable su temperatura corporal y así poder permanecer activos por más tiempo, evolucionaron las aves. Actualmente existen cuatro clases de reptiles: lagartijas, serpientes, tortugas y cocodrilos.

■ El control de la temperatura: los endotermos

Los reptiles contaban con adaptaciones para sobrevivir en ambientes terrestres completamente aislados de los ecosistemas acuáticos, pero su temperatura corporal fluctuaba de acuerdo con la temperatura ambiental.

Esta característica, llamada **ectotermia**, dificultó su colonización de los hábitats muy fríos, ya que al descender la temperatura ellos disminuían su actividad pues no podían mantener un metabolismo alto para reponer el calor que el

cuerpo perdía hacia el ambiente. Sin embargo, dos grupos de reptiles desarrollaron la capacidad de conservar el calor y mantener estable su temperatura gracias a dos adaptaciones: los pelos y las plumas. Esta capacidad, conocida como **endotermia**, permitió que estos reptiles pudieran mantenerse activos durante más tiempo, incluidos el día y la noche, lo cual les dio ventajas selectivas que, con el paso del tiempo, favorecieron la evolución de las aves y los mamíferos (figura 43).



Figura 43. Las plumas antes de servir para el vuelo sirvieron para mantener el calor corporal.

3.5.4 Las aves

El fósil más antiguo que se conoce de las aves es el de un dinosaurio emplumado llamado *Archaeopteryx*, que tiene cerca de 140 millones de años de antigüedad. De allí surge la teoría, hasta el momento más aceptada, sobre el origen de este grupo. Según esta, el *Archaeopteryx* estaba cubierto con plumas muy similares a las de las aves modernas; tenía alas bien desarrolladas y una cola larga (figura 44). Tenía garras que sugieren que tenía hábitos arbóreos y usaba sus uñas para trepar por las ramas de árboles y arbustos.

Debido a que el linaje de las aves se separó de los reptiles mucho antes de que viviera el *Archaeopteryx*, aún existen muchos datos insuficientes para identificar los ancestros de las aves con certeza. De hecho, son muchas las teorías que han sido planteadas y así mismo, han sido descartadas debido a nuevos hallazgos fósiles y a datos moleculares. Por ejemplo, otras teorías plantean que las primeras aves evolucionaron antes, durante el período Jurásico, a partir de un pequeño dinosaurio emplumado de hábitos predadores que data de hace unos 150 millones de años, cuyas plumas le servían para conservar el calor corporal, de tal manera que podía estar activo aún en condiciones de frío o durante la noche, cuando las temperaturas bajaban y sus presas dormían. Según esta teoría, con el paso del tiempo las plumas se volvieron más largas y fuertes, y le comenzaron a servir para estabilizar el cuerpo cuando perseguía a sus presas a grandes saltos. A medida que los saltos se hacían más largos y prolongados este dinosaurio pudo aprovechar el aire, lo que favoreció la evolución del vuelo y con esto, la evolución de las aves (figura 45).

Hace aproximadamente 100 millones de años, durante la primera parte del período Cretácico, las aves tuvieron una enorme radiación adaptativa que dio lugar a la aparición de gran cantidad de especies. Sin embargo, al final de este período, ocurrió una enorme extinción masiva que eliminó a la mayoría de aves con excepción de un pequeño grupo a partir del cual evolucionaron las aves actuales.

Las **aves**, con más de 10.000 especies, forman el segundo grupo de vertebrados más diverso actualmente que, gracias a su capacidad de volar, ha logrado colonizar prácticamente todos los ecosistemas del planeta. Algunas de las adaptaciones que posibilitan el vuelo de las aves, además de las plumas, incluyen:

- Extremidades anteriores transformadas en **alas**.
- Un hueso grande en forma de **quilla** al que se unen los fuertes músculos pectorales que posibilitan el vuelo.
- **Huesos huecos**, muy resistentes y ligeros, conocidos como huesos neumáticos, que ayudan a disminuir el peso del cuerpo.
- **Corazón dividido en cuatro cavidades** que permiten una separación completa de la sangre oxigenada y no oxigenada lo que hace más eficiente la obtención de energía a través del proceso de respiración celular.
- Sistema respiratorio basado en **sacos aéreos** que permiten intercambiar todo el aire durante cada respiración.
- **Picos ligeros** que remplazan a los pesados dientes y huesos de la boca.



Figura 44. Los fósiles de *Archaeopteryx* tienen garras similares a las de las aves rapaces, lo que hace suponer que estos se perchaban en las ramas de los árboles. Por esto, otra hipótesis sobre el origen del vuelo es que este evolucionó a medida que esta especie aumentaba su capacidad de planear cuando saltaba desde lo alto de los árboles. (a) Representación del *Archaeopteryx*; (b) Fósil de *Archaeopteryx*.



Figura 45. El vuelo y las plumas son las adaptaciones que distinguieron a las aves de los otros vertebrados.



Figura 46. Los fósiles más antiguos de los mamíferos datan de cerca de 200 millones de años y pertenecen probablemente al género *Morganucodon*.

Figura 47. Los mamíferos desarrollaron adaptaciones exclusivas de ellos como la lactancia y el pelo, una estructura útil para mantener el calor corporal.



3.5.5 Los mamíferos

Los primeros **mamíferos** aparecieron hace cerca de 220 millones de años, a comienzos de la era Mesozoica, a partir de un linaje de reptiles mamíferoides.

Luego de su evolución, convivieron durante cerca de 150 millones de años con los reptiles incluidos los dinosaurios. Hace aproximadamente 65 millones de años, los dinosaurios desaparecieron durante la extinción en masa, marcando la finalización de la era Mesozoica. Así los mamíferos aumentaron en tamaño, número y diversidad.

Los primeros mamíferos, llamados **eucinodontes**, fueron criaturas pequeñas que desarrollaron un diseño anatómico con los codos y las rodillas cercanas a la línea media del cuerpo, como las patas de un perro. Esto les permitía correr velozmente para atrapar a sus presas lo que tal vez favoreció la endotermia (figura 46).

La evolución de los mamíferos, al igual que la de las aves, estuvo acompañada por adaptaciones como la endotermia y, en menor medida, la simplificación del esqueleto mediante la fusión y reducción en el número de huesos y dientes. Sin embargo, los mamíferos evolucionaron otra serie de adaptaciones que son exclusivas de ellos (figura 47). Dentro de estas fueron importantes las siguientes:

- Pelo como material aislante para mantener estable la temperatura corporal.
- Gestación del embrión, al menos durante parte de su desarrollo, dentro del útero de la madre, quien se encarga de nutrirlo y protegerlo.
- Desarrollo de glándulas mamarias, de las que proviene el nombre de **mamíferos**, es decir, los que producen leche para alimentar a las crías.
- Evolución de gran diversidad de formas en las extremidades, adaptadas para diferentes medios de locomoción e historias de vida.

Los primeros mamíferos ya presentaban lactancia pero eran **ovíparos**, es decir, ponían huevos como los actuales monotremas. Luego, los primeros animales **vivíparos**, presentaban periodos cortos de desarrollo después del nacimiento como los actuales marsupiales.

Hace unos 125 millones de años, aparecieron los primeros **placentados**, es decir, un grupo de mamíferos que tenían una delgada membrana con capilares sanguíneos que permitían el intercambio de alimentos, sustancias de desecho y gases entre la madre y el feto cuando este se encontraba en su interior.

El grupo de los mamíferos actuales incluye los *monotremas*, los *marsupiales* y los *placentados*.

3.5.5.1 Monotremas

Los **monotremas**, como el ornitorrinco, son los únicos mamíferos que se desarrollan a partir de huevos y cuentan con otras adaptaciones parecidas a las de las aves como la boca en forma de pico (figura 48). Sin embargo, una vez nacen, los monotremas como los otros mamíferos, se alimentan de la leche producida por sus madres. Estas no cuentan con pezones que puedan ser chupados, sino que secretan leche directamente al pelo de donde es lamida por las crías. Este es un carácter ancestral, al igual que la presencia de un solo orificio para los órganos reproductivos y excretorios, llamado **cloaca**, también presente en los reptiles y las aves.



Figura 48. Los monotremas son animales ovíparos, sin embargo, tienen pelo y se alimentan de leche por lo que se clasifican como mamíferos.

3.5.5.2 Marsupiales

En los **marsupiales** las crías se desarrollan durante un breve periodo en el útero de su madre; luego nacen y terminan su desarrollo dentro de una bolsa llamada **marsupio**, que se encuentra en el vientre de las hembras. Cuando nacen, las crías no pueden chupar los pezones de su madre, por lo que esta "inyecta" la leche en sus bocas hasta que crecen lo suficiente para chupar por sí mismas. Actualmente existen cerca de 240 especies de marsupiales distribuidas principalmente en Australia y, en menor cantidad, en Suramérica. En la actualidad se cree que los marsupiales y placentados surgieron y evolucionaron paralelamente hacia final de la era de los dinosaurios.

3.5.5.3 Placentarios

Actualmente, la mayoría de mamíferos son **placentarios**. En los mamíferos placentarios luego de la fecundación del óvulo se desarrolla la **placenta**. Además el embrión se convierte en un feto, que continúa desarrollándose dentro del útero de su madre hasta que en el momento del nacimiento ya cuenta con los mismos tejidos, órganos y sistemas que un individuo adulto.

El grupo de los placentarios, junto con las aves, pudo conquistar todos los nichos ecológicos dejados por los grandes reptiles y los dinosaurios tras la extinción masiva donde estos desaparecieron. Hoy en día están representados por formas tan diversas como los felinos, los murciélagos y los delfines (figura 49).

Dentro del grupo de los mamíferos placentarios es característico el gran desarrollo del cerebro, lo que ha posibilitado su enorme éxito. Por ejemplo, gracias a su cerebro avanzado, muchos mamíferos es común que los individuos se asocien y formen estructuras sociales, así como de la de los así como la capacidad de aprender a partir de la propia experiencia, así como de la de los otros. El desarrollo del cerebro tiene su máxima expresión en los humanos, en los que la evolución del intelecto los ha llevado a ser la especie dominante.



Figura 49. Los mamíferos placentarios se han visto afectados por diferentes extinciones masivas y glaciaciones en las que han desaparecido grupos como los mamuts, los mastodontes, los tigres dientes de sable y perezosos.

Escaneado con CamScanner

ACTIVIDADES:

- 1) Realice un cuadro comparativo entre la evolución de peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos
- 2) De los poríferos, celenterados, anélidos, moluscos, artrópodos y equinodermos, elegir dos de ellos y escribir dos ideas importantes.

TEMA 4: EVOLUCIÓN EN HUMANOS

OBJETIVO: Identificar la importancia de la evolución en humanos.

LEE Y ANALIZA:



4. La evolución de la especie humana

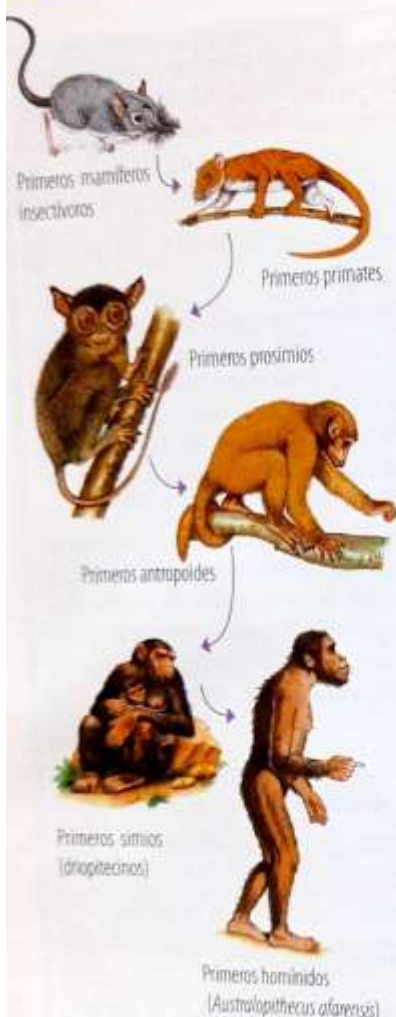


Figura 50. La evolución del ser humano desde los primates hasta *Australopithecus*.

Los seres humanos no nos caracterizamos por nuestra fuerza, rapidez, agilidad o tamaño e, igualmente, carecemos de adaptaciones como garras, colmillos o veneno para atacar o defendernos de otros animales. Sin embargo, actualmente somos la especie dominante en el planeta. Esto se debe a que nuestro cerebro y, en especial, su corteza cerebral más desarrollada nos permite tener comportamientos complejos como el aprendizaje, el lenguaje y la comunicación, entre otros.

4.1 Teoría acerca de la evolución del ser humano

Hacia finales del periodo Cretácico, hace cerca de 80 millones de años, existió un grupo de mamíferos placentarios parecidos a musarañas, de hábitos arborícolas, insectívoros y nocturnos, a partir de los que evolucionaron los primeros primates hace cerca de 70 millones de años durante el periodo Terciario. Luego de su evolución, los primates se diversificaron rápidamente en dos grupos: los **prosimios** como los lémures, que continuaron siendo principalmente arbóreos y nocturnos, y los **antropoides** como los micos y los gorilas, que con el paso del tiempo dieron origen a nuestra especie (figura 50).

Los antropoides desarrollaron hábitos diurnos, algunos bajaron de los árboles y se volvieron terrestres y otros conservaron hábitos arborícolas. Los antropoides arborícolas desarrollaron adaptaciones que les permitieron desplazarse rápida y ágilmente en las ramas para escapar de los predadores, conseguir frutos y capturar insectos. Estas adaptaciones trajeron tantas ventajas selectivas, que fueron transmitidas de generación en generación y a través de las especies que fueron evolucionando a partir de ellos, hasta llegar a la especie humana. Algunas de estas adaptaciones fueron:

- Manos con dedos largos y pulgares oponibles que permitían agarrar las ramas, u otros objetos, con fuerza y precisión.
- Dedos sin garras y con puntas sensibles al tacto.
- Ojos en la parte delantera de la cabeza que permitían la formación de imágenes tridimensionales con profundidad, lo que hacía más seguro desplazarse por las ramas.
- Visión en color que permitía localizar fácilmente algunos recursos abundantes como los frutos.
- Un cerebro grande que facilitó la coordinación de la vista y los movimientos, así como el desarrollo de complejas estructuras sociales (figura 51).



Figura 51. Los científicos están interesados en entender la evolución del cerebro humano, la principal adaptación que le ha permitido dominar todos los hábitats de la tierra y aumentar en abundancia hasta ahora de manera exponencial.

120 | Acción de pensamiento: Explico diferentes teorías sobre el origen y la evolución de la especie humana



4.2 Los primeros homínidos

Hace alrededor de 20 millones de años la India chocó con Asia y se produjo el levantamiento de los Himalaya. Esto ocasionó que el clima se volviera frío y seco, lo que hizo que los bosques de África y Asia redujeran su área y quedaran como islas rodeadas por grandes sabanas.

Entonces, en los bosques de África, algunos primates arborícolas descendieron de los árboles, modificaron sus adaptaciones y evolucionaron a otro grupo de primates conocido como los **driopitecinos**.

El aislamiento de pequeñas poblaciones de driopitecinos, y la diversificación del hábitat de las islas boscosas, llevó a que a partir de estos evolucionaran los **póngidos**, un grupo que incluye a nuestros parientes vivos más cercanos que son los grandes monos como los chimpancés y los gorilas, y los **homínidos**, que, con el paso del tiempo, evolucionaron a nuestra especie.

Los fósiles más antiguos de homínidos provienen exclusivamente de África, de especies como *Sahelanthropus tchadensis* que aún conservaba muchos caracteres de simio. Posteriormente aparecieron los *Australopithecus*, que ya tenían características de seres humanos modernos (figura 52).

■ Tendencias en la evolución humana

Desde los primeros homínidos hasta la aparición de los seres humanos modernos, la evolución de la especie humana ha mostrado una serie de tendencias que en conjunto se conocen como **hominización**. Algunas de ellas son:

- Tendencia hacia la locomoción bípeda.
- Aumento en la capacidad craneana, el tamaño del cerebro y la superficie de la corteza cerebral.
- Reducción en el número de dientes y el tamaño de los caninos.
- Disminución de pelo en el cuerpo e incremento en la estatura.
- Transformación del rostro de caras con ojos pequeños, frentes estrechas y mandíbulas grandes, a caras con frentes anchas, ojos grandes, mandíbulas reducidas y bocas pequeñas.
- Curvatura de la columna vertebral que permite soportar mejor el cuerpo.
- Liberación de las manos de la locomoción, con el fin de emplearlas en la recogida y transporte de alimentos.
- El lenguaje.

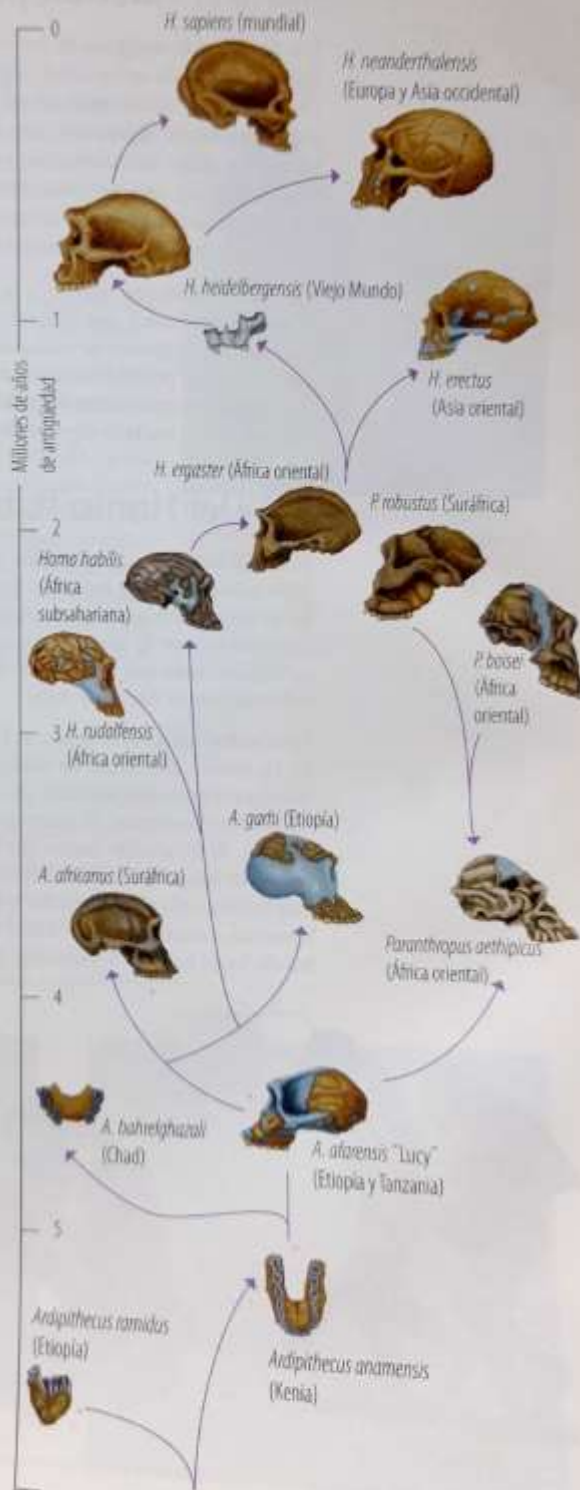


Figura 52. Evolución de los homínidos

4.3 Del Australopithecus al Homo

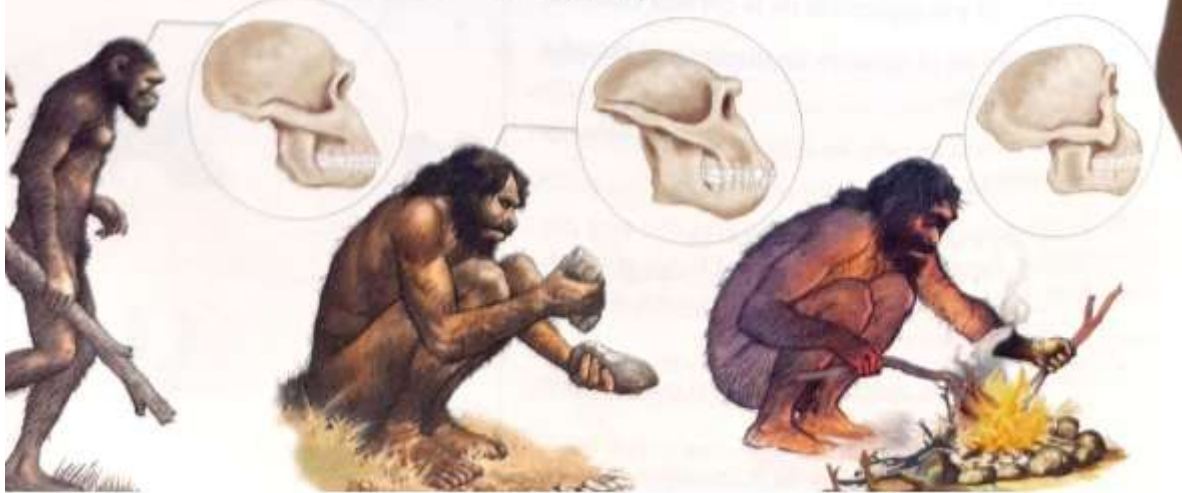
Los fósiles más antiguos de los *Australopithecus* corresponden a *A. anamensis*, de 4 millones de años de antigüedad, seguidos por los de *A. afarensis* (3,8-3,2 m.a.), *A. africanus* (3-2,3 m.a.), y otras especies del mismo género que, en conjunto, se conocen como los **australopitecos** (figura 53). Muchas especies de *Australopithecus* coexistieron al mismo tiempo, y entre todas abarcaron un período de 3 millones de años. Los australopitecos tenían algunas características humanas modernas como la locomoción bípeda, pero su cerebro tenía el tamaño del de un simio y poseían brazos largos y fuertes que sugieren que aún se desplazaban frecuentemente por los árboles.

Los *Australopithecus afarensis* se diversificaron en dos grupos: el de los *Paranthropus*, individuos robustos con mandíbulas fuertes, y el de los *Homo*, individuos más ligeros y gráciles. Los primeros se extinguieron hace cerca de un millón de años sin dejar rastros. Los segundos, por el contrario, comenzaron a usar las manos en actividades diferentes a la locomoción como manipular herramientas, lo que favoreció el desarrollo de su cerebro y su evolución hacia la especie *Homo habilis*.

4.4 Del Homo habilis al Homo erectus

El *Homo habilis*, que evolucionó hace cerca de 2,5 millones de años, fue el primer homínido más parecido a los seres humanos actuales que a los simios. Los *H. habilis* fueron los primeros homínidos que usaron herramientas primitivas de piedra y hueso para cazar animales y cavar la tierra en busca de tubérculos y otros recursos subterráneos. Algunos científicos creen que el *H. habilis* fue el primer homínido en salir de África y comenzar la colonización de Europa y Asia.

Setecientos mil años después, el *H. erectus* evolucionó a partir de una población africana de *H. habilis*. Este tenía un tamaño corporal similar al de los humanos modernos pero sus huesos eran más pesados, su cerebro no era mayor que los cerebros más pequeños de los adultos modernos, su rostro presentaba grandes protuberancias en la frente y no tenía barbilla. El *H. erectus* desarrolló herramientas más complejas como hachas de piedra y puntas de lanzas y, hace 500.000 años, logró manipular el fuego posiblemente para cocinar, mantenerse caliente o espantar a los predadores. Hace 1,5 millones de años el *H. erectus* comenzó a establecerse en Asia y Europa, y a medida que lo hacía, fue desplazando al *H. habilis* hasta hacerlo desaparecer (figura 54).



4.5 Del Homo erectus al Homo sapiens

En Europa, a partir de los *H. erectus*, evolucionaron los *H. neanderthalensis*, más conocidos como los **neandertales**. Eran muy parecidos a los seres humanos modernos, pero su cuerpo era más corto y fuerte y su cráneo albergaba un cerebro, al parecer un poco más grande. Los neandertales estaban bien adaptados a las condiciones glaciares de la época, y dominaron grandes áreas de África, Europa y Asia Occidental donde dejaron un amplio registro fósil que va desde 200.000 hasta 30.000 años atrás. Los neandertales fabricaron gran variedad de herramientas y cazaron grandes mamíferos a los cuales probablemente emboscaban.

Los fósiles de los primeros seres humanos modernos de la especie *Homo sapiens* datan de hace cerca de 90.000 años. Estos primeros *H. sapiens*, llamados **hombres de Cro-Magnon**, eran anatómicamente muy parecidos a nosotros, usaban instrumentos de precisión parecidos a las herramientas de piedra que se usaron hasta hace poco en algunas partes del mundo y tenían conductas más complejas que las de los neandertales (figura 55). Gracias a su inteligencia los hombres Cro-Magnon ampliaron rápidamente su distribución (figura 56). Llegaron a Europa hace 40.000 años y, al parecer, en 10.000 años acabaron con los neandertales, colonizaron toda Asia, donde su llegada coincide con la desaparición de otros homínidos, y luego, hace cerca de 20.000 años, comenzaron el poblamiento de América (figura 57).



Figura 55. Los neandertales fueron de las últimas especies del género que lograron coexistir durante algún tiempo con el *H. erectus*.

4.6 La novedad evolutiva de los humanos

La evolución de los *Homo sapiens*, a diferencia de la de las otras especies, no se debió a la adquisición de adaptaciones morfológicas o estructurales que lo hicieran más rápido, fuerte o peligroso, sino al desarrollo de su cerebro que hizo posible la adquisición de adaptaciones comportamentales reflejadas en una gran cantidad de relaciones sociales y conductas complejas conocidas en conjunto como **cultura**.



Figura 56. Los hombres de Cro-Magnon ya presentaban adaptaciones culturales, como la caza.



4.6.1 La evolución hacia la cultura moderna

Desde su aparición, y especialmente durante los últimos milenios, la evolución cultural de los seres humanos ha superado a su evolución biológica, debido a que en las poblaciones las adaptaciones culturales pueden fijarse más rápidamente a través de la enseñanza, la observación y la imitación, que a través de aquellas que se transmiten genéticamente. La evolución cultural no solo ha permitido que los seres humanos se hayan adaptado a todos los ambientes terrestres, sino además que hayan podido aumentar su productividad para sostener su propio incremento poblacional. Algunas de las adaptaciones culturales más importantes que ha adquirido el *H. sapiens* a lo largo de su evolución han sido el manejo del fuego y el perfeccionamiento de las herramientas, la domesticación de las plantas y los animales y el desarrollo del lenguaje (figura 58).

4.6.1.1 El manejo del fuego y el perfeccionamiento de las herramientas

El uso de herramientas fue la primera adaptación cultural que determinó que algunos *Australopithecus* evolucionaran en *Homo habilis*, y posteriormente hace 500.000 años, el *H. erectus* logró manejar el fuego para cocinar y protegerse (figura 58). Desde la aparición de la primera especie de nuestro género, hasta hace cerca de 10.000 años, la evolución de los seres humanos estuvo marcada por el perfeccionamiento en el uso y fabricación de herramientas, desde guijarros casi sin transformar hasta objetos finamente tallados en diferentes materiales (figura 59). En este momento la población de *H. sapiens* contaba con 5 millones de individuos.



Figura 58. Desarrollo de las formas de subsistencia de los seres humanos.

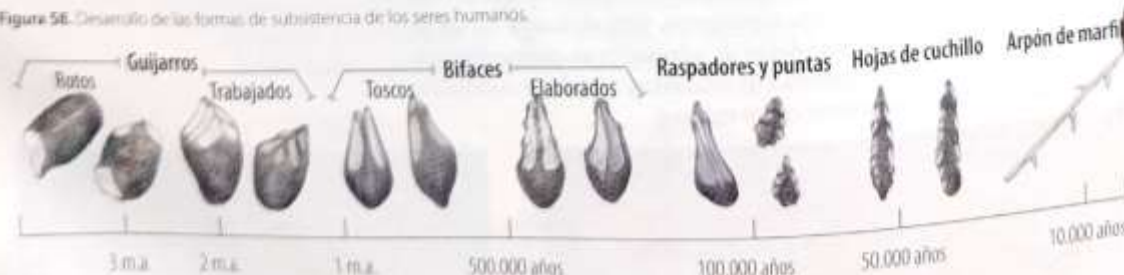


Figura 59. Evolución de la cultura en los seres humanos.

4.6.1.2 La domesticación de las plantas y los animales

Durante los siguientes 8.000 años los *H. sapiens* domesticaron una gran variedad de plantas y animales, lo que permitió el desarrollo de la agricultura y la crianza de animales (figura 59). Las primeras plantas cultivadas fueron cereales como el trigo, algunas verduras y algunos frutos como las aceitunas; posteriormente, se domesticaron muchas otras como el maíz, la yuca y la zanahoria. La capacidad de producir más comida en menores áreas dio como resultado que las sociedades humanas dejaran de ser nómadas cazadoras recolectoras y se volvieran sedentarias cuando establecieron los primeros poblados. En este momento la población aumentó a 500 millones de individuos.

4.6.1.3 Desarrollo del lenguaje

A medida que aumentaban los comportamientos sociales de los seres humanos, también se incrementaba su necesidad de comunicarse entre sí para intercambiar información. En un comienzo la comunicación se basó en un número limitado de señales que se emitían ante circunstancias como la presencia de peligro o el avistamiento de alimento, y fue valiosa para aumentar la eficacia de la cacería y la recolección. Posteriormente, posiblemente cuando el *H. sapiens* ya había eliminado a los otros homínidos, las señales fueron transformándose en palabras y, con estas, evolucionó el **lenguaje articulado**. Este permitió la transmisión y el rápido aprendizaje de las conductas que traían ventajas a la población. A medida que aumentaba el número de palabras y la capacidad de hacer referencia, no solo a objetos sino también a conceptos complejos, el lenguaje articulado fue dando vía a otras formas de comunicación con diferentes códigos y señales como el lenguaje escrito, la música y el arte (figura 60).

4.6.2 La cultura como forma de adaptación

El resultado de la evolución es la adquisición de adaptaciones que aumentan el éxito de las especies para sobrevivir, conseguir recursos y dejar descendencia. Una de las principales adaptaciones de la especie humana, y que la distingue de todas las demás especies animales, es la **cultura**. Gracias a esta los seres humanos han incrementado enormemente su capacidad de sobrevivir, de conseguir recursos, y hasta ahora han logrado mantener un crecimiento exponencial de su población (figura 61).

Las adaptaciones culturales, así como las adaptaciones biológicas, pueden ser transmitidas mediante migraciones o interacciones entre diferentes poblaciones. Igualmente, así como se presentan convergencias entre poblaciones, también muchas veces se presentan **convergencias culturales**, evolutivas, también muchas veces se presentan **convergencias culturales**, evolutivas, también muchas veces se presentan **convergencias culturales**, es decir, adaptaciones culturales similares que se desarrollan en poblaciones diferentes que viven bajo condiciones parecidas.

Procesos biológicos



POR LA SALUD DE TU PLANETA

Las adaptaciones culturales pueden ser tangibles como las innovaciones tecnológicas, o simbólicas como los mitos, las creencias y los tabúes. Las adaptaciones simbólicas sirven para regular las relaciones con el entorno y la organización social. Consulta sobre algunos mitos o creencias que tengan relación con el uso de los recursos naturales y expón el resultado en clase.



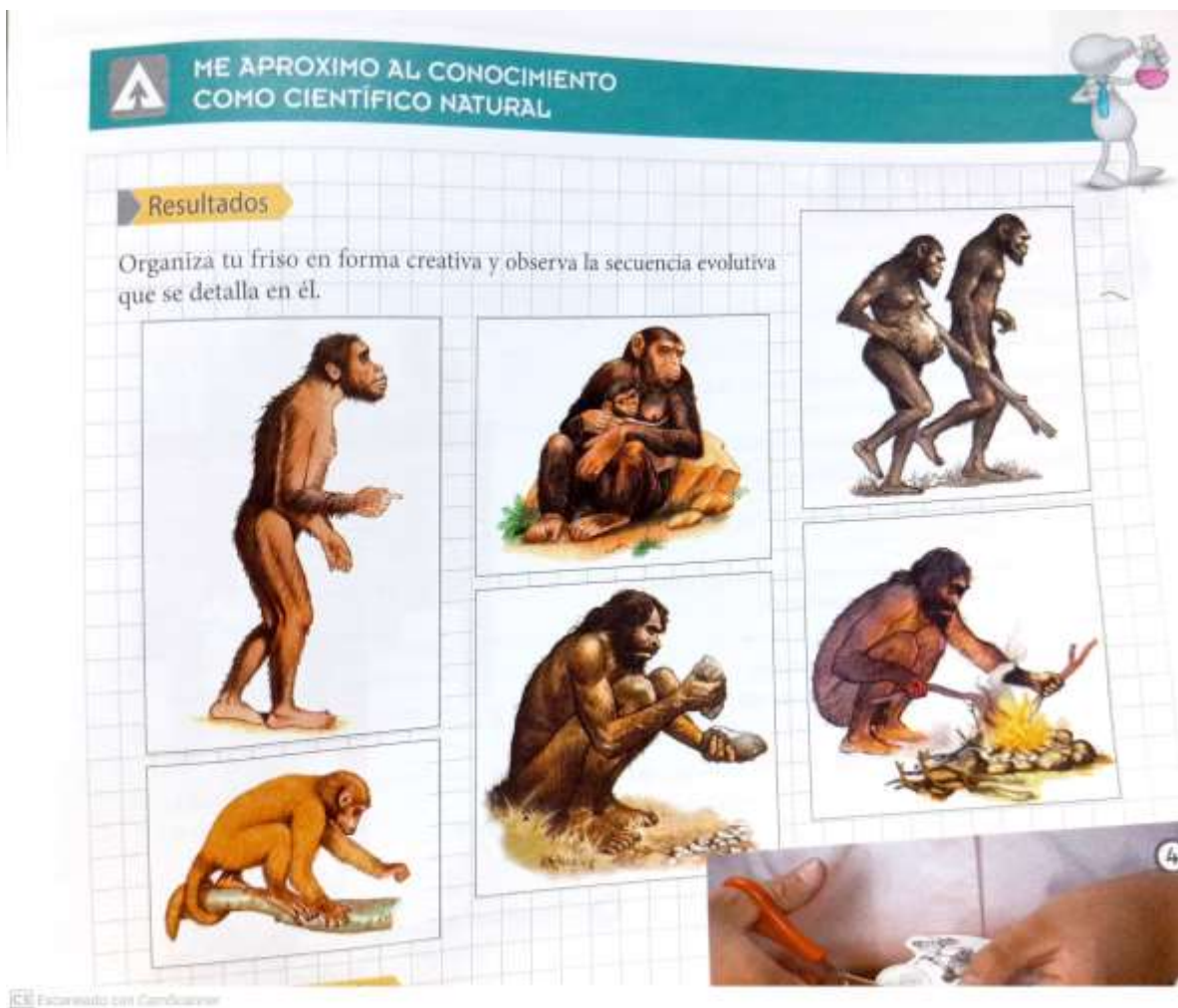
Figura 60. La comunicación en los seres humanos se basa en lenguajes complejos que incluyen símbolos, códigos, sonidos, imágenes y todas las combinaciones de estos.



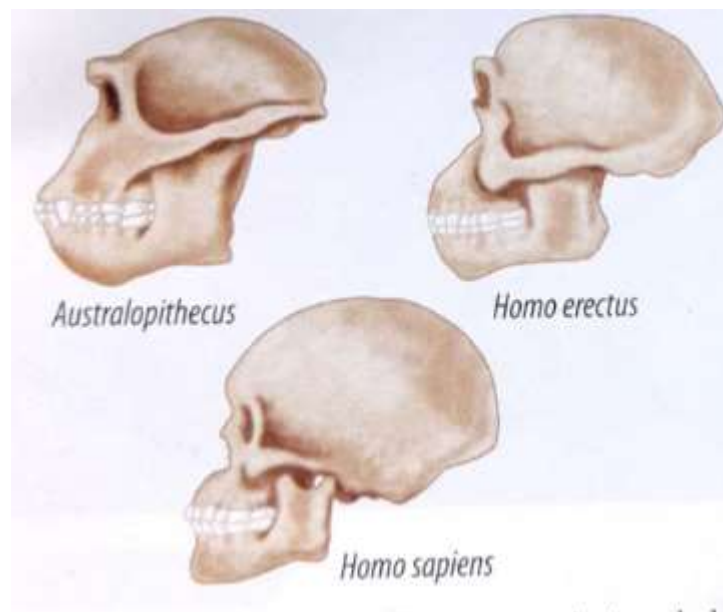
Figura 61. Gracias a las adaptaciones culturales los seres humanos aumentaron su éxito para sobrevivir y reproducirse, y elevaron su calidad de vida.

ACTIVIDADES:

- 1) Organice un friso en forma creativa y observe la secuencia evolutiva que se detalla en él.



- 2) compara los siguientes cráneos y explique cual tenia una mayor cabeza y un mayor cerebro, cree que hoy en día los humanos tienen el mismo cerebro que los antepasados?



- 3) Realice un cuadro comparativo entre los Australopithecus, el homo habilis, homo erectus y homosapiens.
- 4) Cuales fueron las tendencias en la evolución humana?