



**El origen y la evolución de la vida**

# 1

## El origen de la biodiversidad

Una **especie** es un conjunto de seres vivos con características anatómicas y fisiológicas semejantes, que se reproducen entre ellos y cuya descendencia es fértil.

La **biodiversidad** o **diversidad biológica** es la variedad de especies que habitan o han habitado la Tierra.

La biodiversidad es uno de los bienes más preciados de la Tierra. Nos proporciona recursos y es necesaria para el equilibrio del planeta.

### 1.1 La biodiversidad y la adaptación

Los seres vivos habitan todos los medios conocidos de nuestro planeta: los terrestres, desde los más fríos a los más áridos; y los acuáticos, desde los marinos a los de agua dulce.

La supervivencia de las especies en cada uno de estos medios ha sido posible gracias a su capacidad de adaptarse a ellos.

La **adaptación** es la adecuación de los seres vivos a las condiciones del medio en el que viven.

Los principales tipos de adaptaciones son las estructurales, las fisiológicas y las de comportamiento.

## Las adaptaciones estructurales

Las adaptaciones estructurales son las que afectan a determinados órganos del cuerpo de los seres vivos que les permiten realizar una determinada actividad. Por ejemplo, las aves toman el alimento con el pico, y su forma está adecuada al modo en el que se alimentan: partiendo semillas, extrayendo insectos y gusanos de sus escondrijos, filtrando pequeños organismos del agua, etc.



Generalista



Insectívoro



Pico-bolsa



Granívoro



Comedor de semillas



Limícola



Filtrador



Nectarívoro



Frugívoro



Pescador



Buceador



Pájaro carpintero



Carroñero



Ave de presa

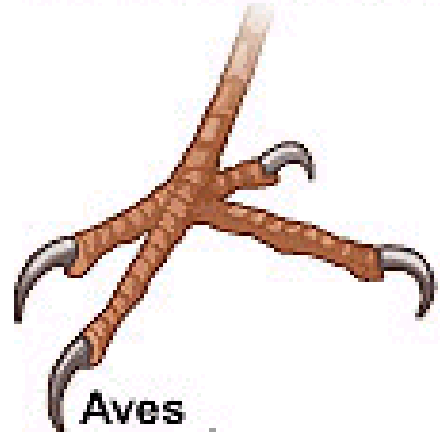
**Anatómicas.** Son modificaciones que afectan a la forma y apariencia del cuerpo del animal.

La forma del pico de las aves está adaptada al tipo de alimentación y la forma en la que consiguen el alimento.



Las extremidades de los animales están adaptadas a su hábitat y a su forma de desplazamiento.

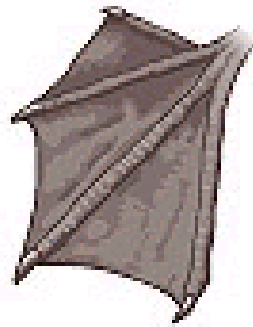




**Aves trepadoras.**  
Las patas les permiten trepar por los troncos.



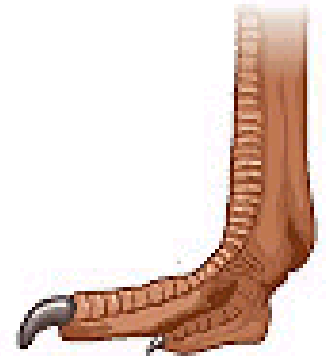
**Aves arborícolas.**  
Utilizan las patas para sujetarse a las ramas de los árboles.



**Aves acuáticas.**  
Las membranas que unen sus dedos les ayudan a impulsarse para nadar.



**Aves rapaces**  
Tienen patas provistas de fuertes uñas curvas con las que sostienen a su presa.



**Avestruz.**  
Estas patas están adaptadas para desplazarse por tierra.

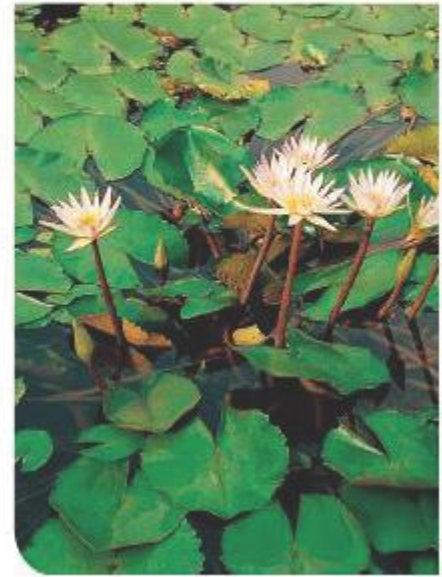
## Tipos de adaptaciones en plantas

**Anatómicas.** Están condicionadas por factores ambientales como la falta de agua, la temperatura, la escasez de horas de luz, etc.

En zonas secas, las plantas xerófitas presentan hojas pequeñas y raíces largas y poco profundas para captar mejor el agua.



Las plantas hidrófilas, que viven en zonas con abundante agua, tienen hojas grandes y delgadas para facilitar la transpiración y raíces poco desarrolladas.



## Las adaptaciones fisiológicas

Las adaptaciones fisiológicas son las que afectan al funcionamiento del organismo. Por ejemplo, el metabolismo de los dromedarios produce agua a partir de grasa acumulada en su joroba.



Los camellos están adaptados para sobrevivir mucho tiempo sin agua y comida.

**Fisiológicas.** Afectan al funcionamiento del organismo y están relacionadas con el metabolismo; algunas lo están con los sentidos.

Los peces antárticos están adaptados al frío intenso. Tienen moléculas orgánicas en la sangre, conocidas como proteínas anticongelantes, que evitan su congelación.



El desarrollo de la ecolocación en los delfines es una adaptación a la comunicación en el agua.



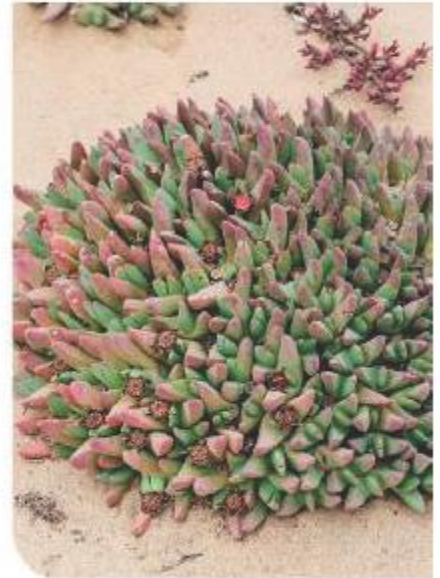


**Fisiológicas.** Pueden guardar relación con la estación desfavorable en la que la planta no puede crecer que, según la especie, puede ser la cálida o la fría, o también con mecanismos bioquímicos para soportar condiciones extremas.

El narciso y el tulipán pierden sus órganos aéreos en invierno, pero los bulbos quedan enterrados y rebrotan en la estación favorable.



Las plantas halófitas están adaptadas a vivir en suelos salinos. Algunas tienen mecanismos bioquímicos para diluir la sal y otras para impedir su entrada.



## Las adaptaciones de comportamiento

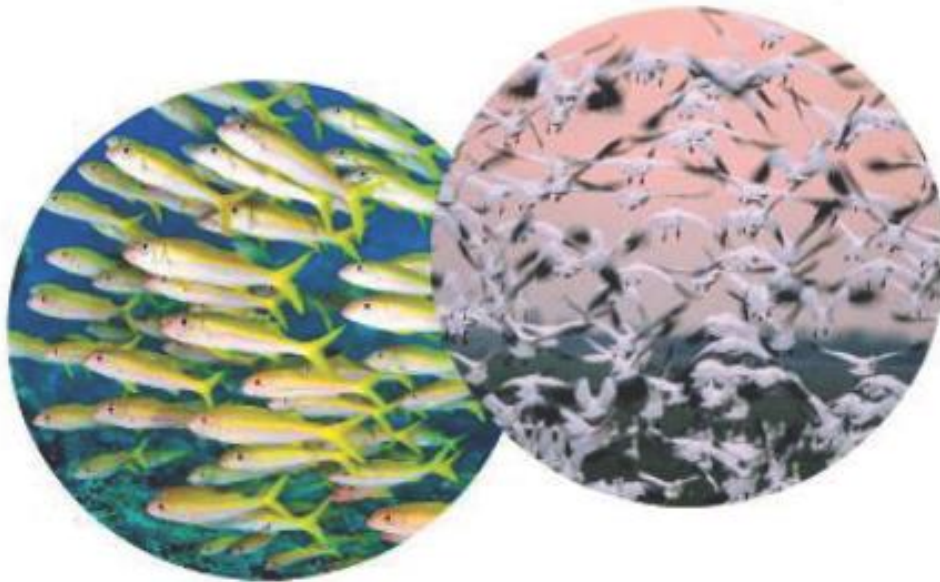
Las adaptaciones de comportamiento son acciones que llevan a cabo los organismos y que les permiten obtener algún beneficio. Por ejemplo, algunas aves migran en invierno para evitar las bajas temperaturas; otras realizan una danza de cortejo para atraer a la hembra y reproducirse.



Muchas aves realizan migraciones a lugares frescos o cálidos según sus necesidades.

**De comportamiento.** Mejoran la supervivencia del animal y están relacionadas con las respuestas a determinados estímulos.

Los bancos de peces y las bandadas de aves mejoran la defensa contra los depredadores.



La asociación familiar aumenta la eficacia en el cuidado de las crías y su probabilidad de llegar a adultas.



## 1.2 La biodiversidad y la evolución

Las adaptaciones de los seres vivos a las condiciones del medio se producen de forma muy lenta, a lo largo de millones de años.

Durante este proceso, las especies evolucionan, es decir, cambian y dan lugar a otras nuevas, mejor adaptadas al medio en el que viven.

Se denomina **evolución biológica** a los cambios lentos y graduales que han ocurrido en los seres vivos a lo largo de millones de años.

Como veremos en esta unidad, a lo largo de la historia han surgido diversas teorías para tratar de explicar el origen de la biodiversidad, desde las basadas en las creencias religiosas hasta las que incorporan la variabilidad genética como explicación clave del proceso evolutivo.

El estudio de la evolución nos ha permitido saber que:

- La gran biodiversidad de la Tierra **ha surgido por evolución**, a partir de un antepasado común universal.
- Las especies **se originan unas a partir de otras** y, por tanto, las que habitan el planeta actualmente son distintas de las que lo habitaron en épocas pasadas.

Todos los seres vivos somos como las ramas de un árbol. Provenimos de la primera célula.



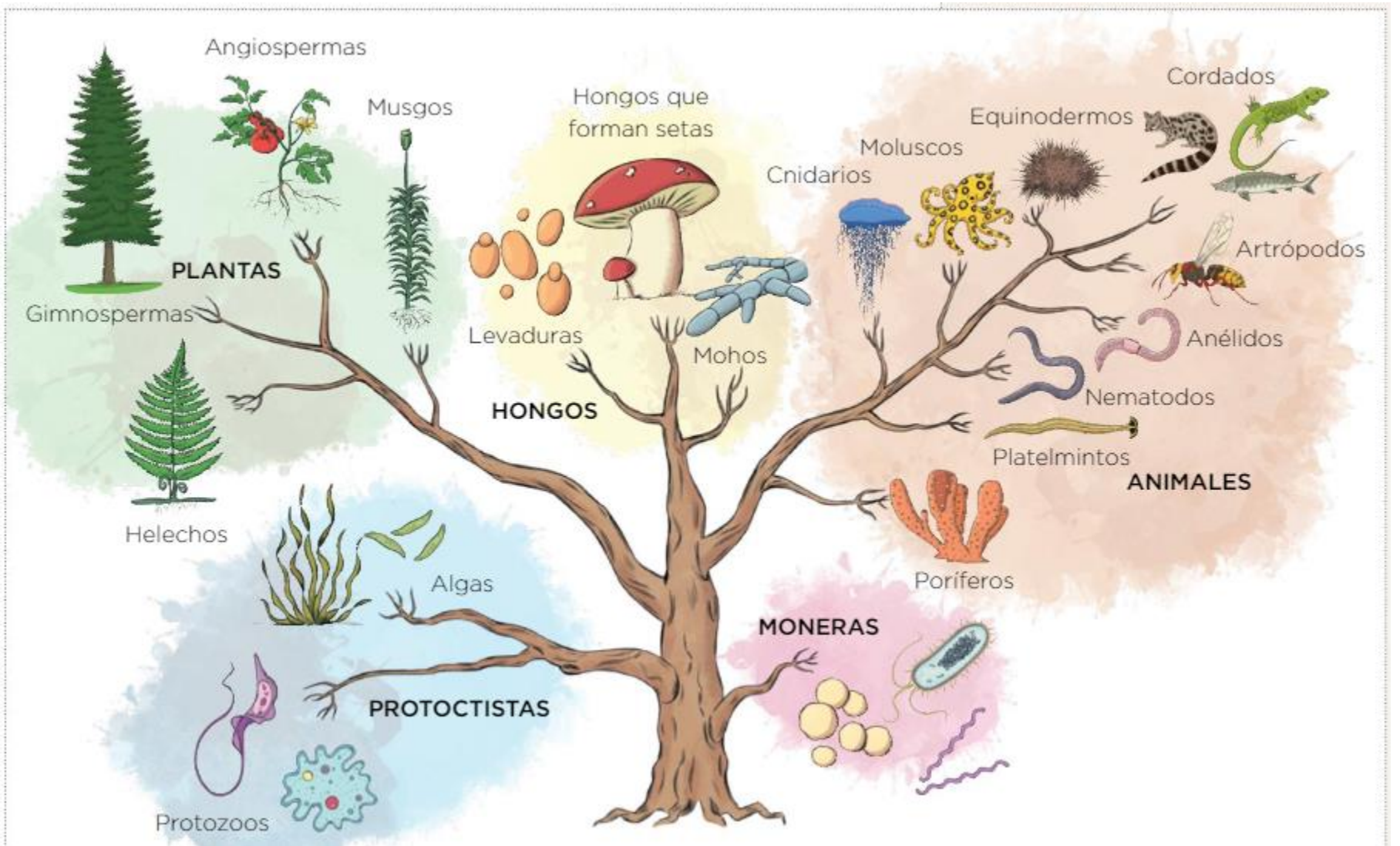
En la base del tronco está la primera célula, que es el antecesor de todos los seres vivos.

Las primeras células se reprodujeron y evolucionaron, dando origen a muchísimas ramas.

???

¿De dónde provino la primera célula?

**El último antepasado común universal**, conocido por sus siglas en inglés **LUCA** (*last universal common ancestor*), es el hipotético primer ser vivo del cual descienden todos los organismos vivos actuales y probablemente también de todos los conocidos como fósiles, aunque no se puede descartar teóricamente que se identifiquen restos de otros seres vivos de la misma o mayor antigüedad que él. Se estima que vivió hace alrededor de 3500 millones de años.



**EL ÁRBOL DE LA VIDA**

## 2

# Las primeras teorías sobre el origen de la biodiversidad

Antiguamente, se pensaba que las especies habían mantenido su aspecto sin cambiarlo desde su creación.

Más adelante, con la constatación de la extinción de algunas especies y gracias a la revolución científica del siglo XVIII, se plantearon las primeras teorías sobre el origen de las especies.

Los naturalistas del siglo XIX estaban divididos en dos corrientes: los que opinaban, como Linneo y Cuvier, que todos los organismos existían desde el principio de los tiempos (**teorías fijistas**); y los que, como Lamarck y Darwin, pensaban que estos evolucionaban; es decir, cambiaban con el tiempo (**teorías evolucionistas**).

## 2.1 Las teorías fijistas

Las **teorías fijistas** defendían que las especies eran inalterables y habían sido creadas para ocupar un lugar determinado en la naturaleza.

Influidos por la religión, muchos pensaban que todas las especies habían aparecido al principio de los tiempos por creación divina (eran los llamados **creacionistas**).

Cuando algunos paleontólogos se dieron cuenta de que había especies que se habían extinguido y otras habían aparecido con posterioridad, tuvieron que elaborar otra forma de pensamiento para explicar sus observaciones.

Con ellas se demostraba que los organismos cambiaban a lo largo del tiempo y, con ello, surgieron las primeras ideas evolucionistas.

Sin embargo, George Cuvier, considerado el padre de la paleontología, explicaba el hecho como **consecuencia de una serie de catástrofes** por las que se extinguían unas especies y eran sustituidas por otras que aparecían mediante creación divina (**catastrofismo**).

George Cuvier



A George Cuvier se le considera el padre de la anatomía comparada y de la paleontología. También fue capaz de reconstruir especies fósiles desconocidas a partir del estudio de fragmentos óseos, y recurrió a la teoría del catastrofismo para explicar la desaparición de algunas de ellas. Para Cuvier, las especies no habían cambiado desde la Creación.



## 2.2 La teoría de la evolución de Lamarck

El primer científico que propuso una teoría evolucionista fue Jean Baptiste de Lamarck, en su obra *Filosofía zoológica*, publicada en 1809.

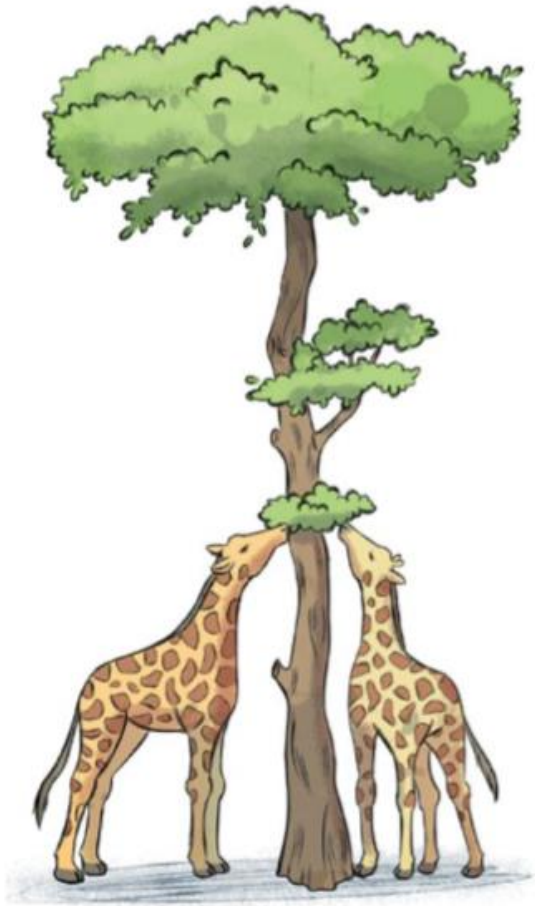
Según la teoría de Lamarck, las especies se transforman a lo largo del tiempo mediante un mecanismo que denominó **herencia de los caracteres adquiridos**, y que se basaba en las siguientes premisas:

- Los organismos tienen una **tendencia natural hacia el perfeccionamiento**.
- Cuando se producen cambios en el ambiente, los organismos se ven obligados a utilizar sus órganos en mayor o menor medida, lo que provoca su modificación por desarrollo o atrofia. Es decir, **la función crea o anula al órgano**.
- Las modificaciones adquiridas (desarrollos o pérdidas de órganos), inducidas por el ambiente, **se transmiten a su descendencia**.

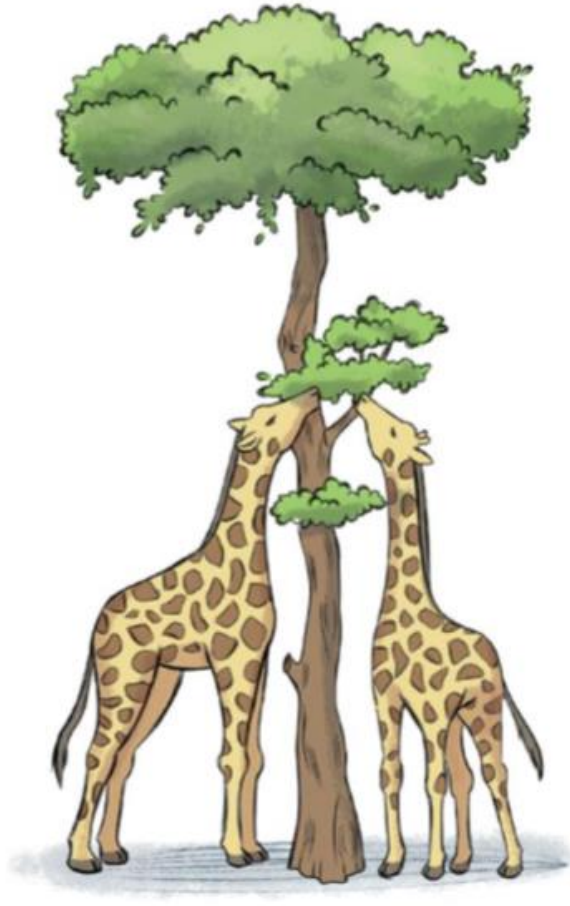
El lamarkismo se considera **la primera teoría evolucionista**, ya que su autor fue el primero en pensar que las especies no eran invariables y que se transformaban en función de los cambios ambientales.

Sin embargo, la teoría de Lamarck fue rechazada ya que nunca pudo demostrarse que el ambiente fuera el responsable de los cambios sufridos por los individuos.

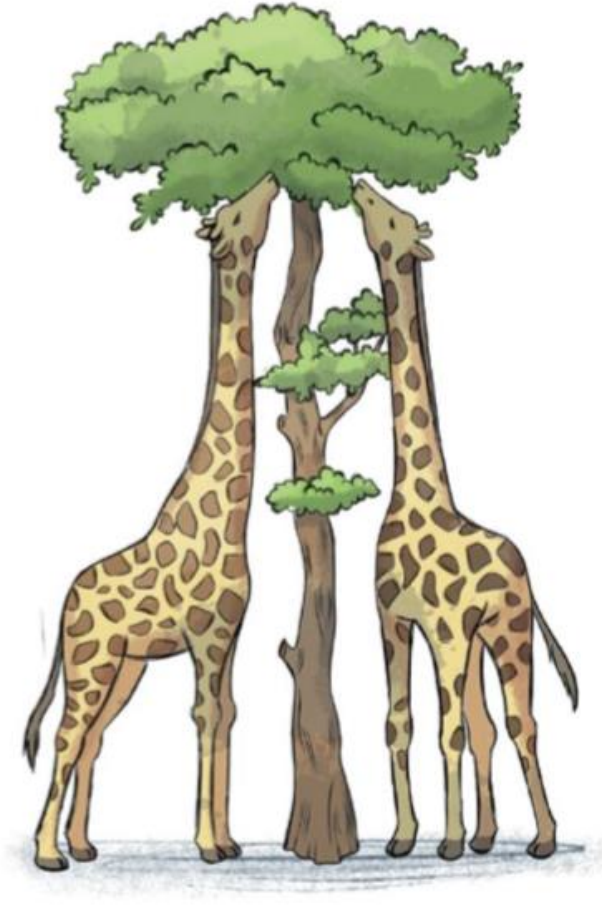
## La evolución de las jirafas según Lamarck



Las jirafas actuales proceden de antepasados de jirafas de cuello corto que se alimentaban de hojas bajas de los árboles.



Cuando esas hojas comenzaron a escasear, empezaron a estirar el cuello y las patas delanteras para alcanzar las hojas de mayor altura.



Este carácter lo transmitieron a sus descendientes, que, a su vez, estiraron el cuello y las patas delanteras, y los alargaron hasta alcanzar el tamaño actual.

## 2.3 La teoría de Darwin: la teoría de la selección natural

Los naturalistas ingleses Charles Darwin y Alfred Russel Wallace llegaron, de forma independiente, a las mismas conclusiones sobre la evolución de las especies. Fue Darwin quien las expuso en su libro *El origen de las especies*, en 1859.

### Antecedentes de la teoría de la selección natural

Darwin se apoyó en ideas de diferentes campos del conocimiento científico de su tiempo:

- Durante un viaje de cinco años alrededor del mundo, a bordo del Beagle, realizó rigurosas observaciones y **recolectó abundantes muestras de los fósiles, la flora y la fauna** de las regiones que visitó, que le proporcionaron mucha información en la que apoyar sus hipótesis.
- La **teoría del actualismo** del geólogo Charles Lyell hizo pensar a Darwin que **el mundo no era estático**, y que las especies se encontraban en continua transformación. El cambio en las especies se produce de un **modo lento o gradual y continuo** a lo largo de grandes espacios de tiempo, y no causados por catástrofes.

Charles Darwin



Durante toda la gestación de su teoría de la evolución, e incluso después de su publicación, Charles Darwin se mantuvo encerrado en su casa. El científico, enemigo de la controversia y la polémica, era consciente del revuelo que iba a provocar su teoría sobre el *El origen de las especies*. Mientras veía cómo le caricaturizaban en distintas publicaciones británicas con cuerpo de simio, continuó con sus investigaciones intentando no avivar más el fuego, mientras su teoría cobraba fuerza y adeptos.

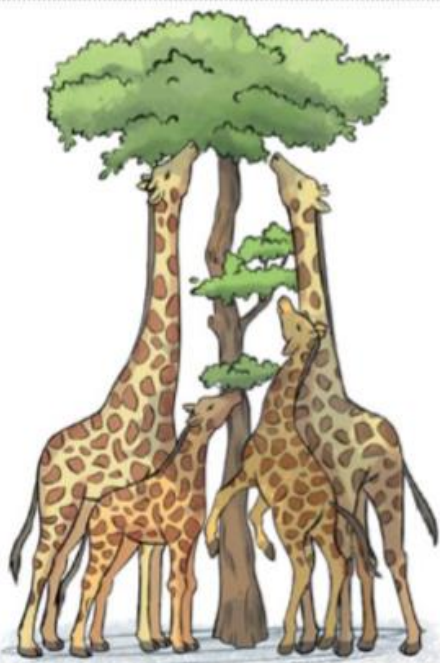
- La **selección artificial**, que empleaban los agricultores mediante selección y cruces generación tras generación de los individuos con las características que se deseaban potenciar. Esta técnica hizo pensar a Darwin sobre cómo actúa la naturaleza: por **selección natural**, que sería el mecanismo que hacía que evolucionaran las especies.
- Las ideas de Thomas Malthus respecto a que los recursos crecen de forma más lenta que la población humana, le hicieron pensar que entre los individuos de cada población hay **una lucha por conseguir los recursos** para sobrevivir.

## La teoría de la selección natural

La selección natural, según Darwin, se basa en las siguientes premisas:

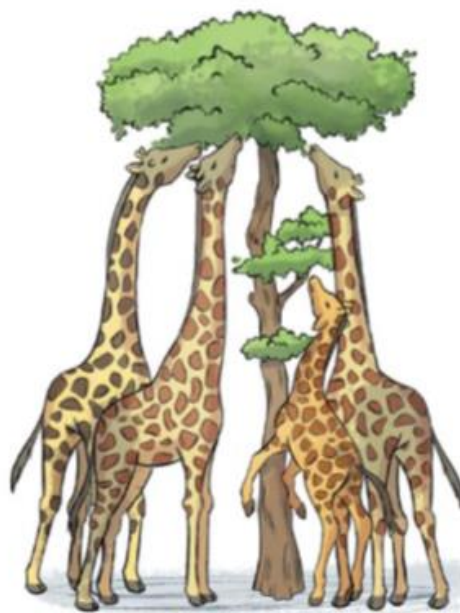
- **La variabilidad de caracteres, por la que algunos individuos presentan ventajas frente a otros.** En cualquier población, los individuos presentan variaciones producidas al azar. Algunas aumentan la probabilidad de supervivencia y el éxito reproductivo del individuo, y otras lo reducen. Estas características deben ser heredables y no producidas por el ambiente para que tengan incidencia en el proceso evolutivo.
- **La lucha por la existencia entre los organismos de una población.** Se genera una lucha por la existencia, debido a que los recursos son limitados. El término lucha por la existencia debe entenderse como competencia, ya que en muchos casos no implica un enfrentamiento directo entre los implicados.
- **Selección de los más aptos.** Los individuos que tienen variaciones favorables sobreviven y se reproducen con más éxito, por lo que la siguiente generación presenta sus rasgos. Los menos aptos, con alguna característica desventajosa, no alcanzan la madurez o dejan menos descendientes, por lo que sus características van desapareciendo de la población.
- **El origen de las especies por adaptación de los organismos al ambiente.** Con el tiempo, la acumulación de modificaciones origina la aparición de nuevas razas y variedades, y, por último, la aparición de nuevas especies.

## La evolución de las jirafas según Darwin

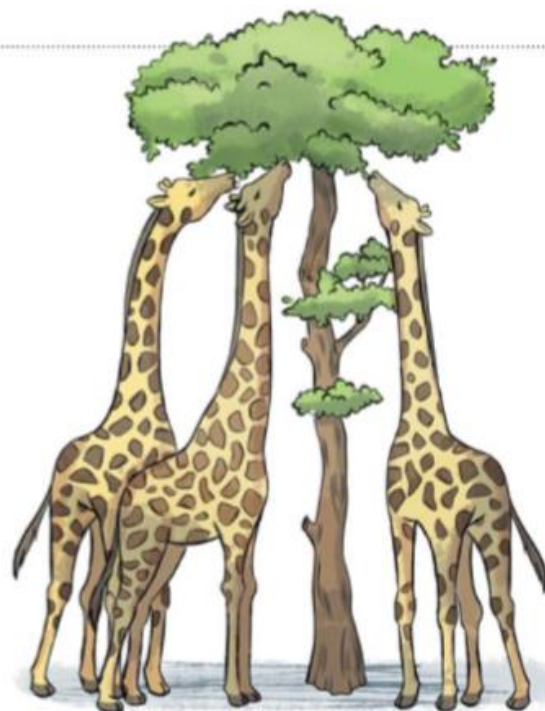


Dentro de las poblaciones de jirafas había individuos con el cuello corto y otros con el cuello algo más largo. Estas características se transmitían de generación en generación.

Como las jirafas se alimentaban de hierba, tener el cuello corto o largo no suponía ninguna ventaja a la hora de conseguir alimento.



Con el tiempo, una gran sequía acabó con la vegetación del suelo y el único alimento disponible fueron las hojas de los árboles. Así, la característica «cuello largo» supuso una ventaja frente al «cuello corto». Al estar mejor adaptadas a estas condiciones también las jirafas de «cuello largo» se reprodujeron más que las de cuello corto, muchas de las cuales morían de inanición.



Tras muchas generaciones, todos los individuos de la población eran jirafas de cuello largo.

Por tanto, las jirafas mejor adaptadas a las nuevas condiciones fueron las que consiguieron sobrevivir y dejaron más descendientes portadores de dicha característica; en este caso, cuello largo.

### 3

## Las teorías evolutivas actuales

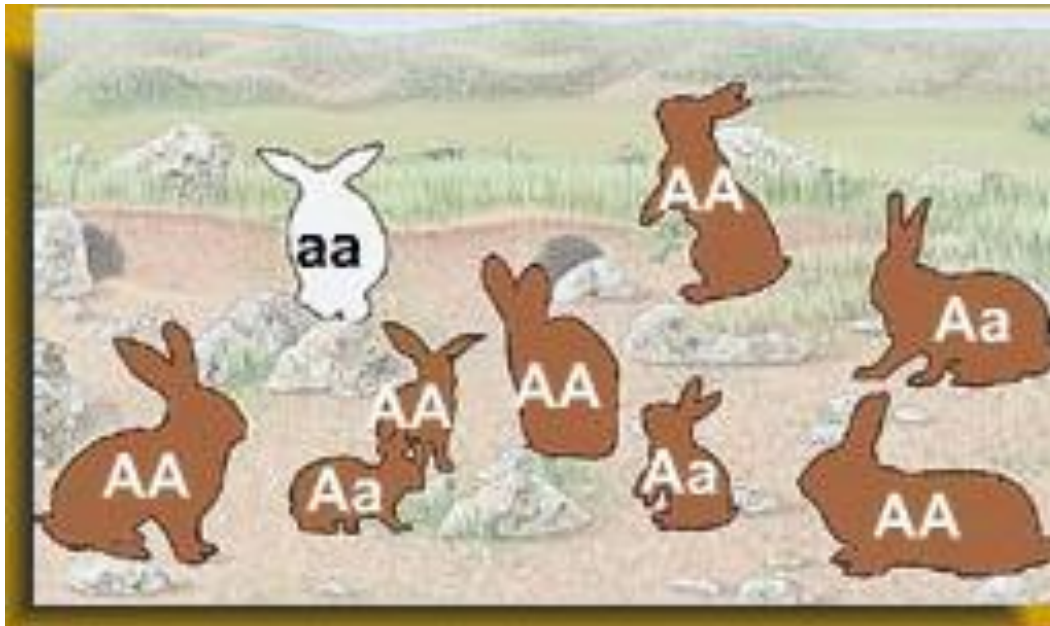
La teoría de la selección natural de Darwin **no podía explicar cómo se transmitían los caracteres de una generación a la siguiente**, ni cuál era **el origen de la variabilidad entre los individuos** de una población, ya que se carecía de los conocimientos necesarios para explicar la herencia de los caracteres.

El neodarwinismo consideró de forma satisfactoria todas estas cuestiones.

## 3.1 El neodarwinismo

El neodarwinismo, también conocido como **teoría sintética de la evolución**, es una revisión de la teoría de la selección natural que se basa en las siguientes premisas:

- **La unidad evolutiva no es el individuo, sino la población.** En ella se producen variaciones genotípicas, representadas por las frecuencias de los diferentes alelos de cada gen.

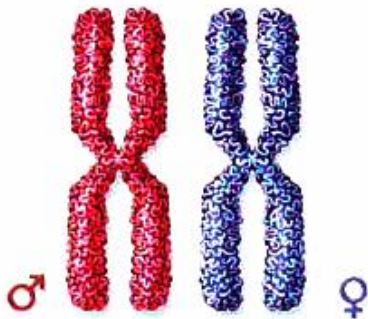




- Esta variabilidad genética procede de las **mutaciones** y de los **procesos de recombinación** que tienen lugar durante la reproducción sexual.



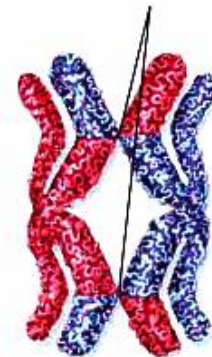
Apareamiento de cromosomas homólogos



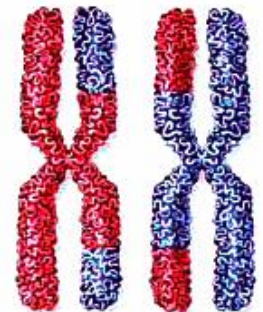
Entrecruzamiento



Quiasmas



Recombinación génica

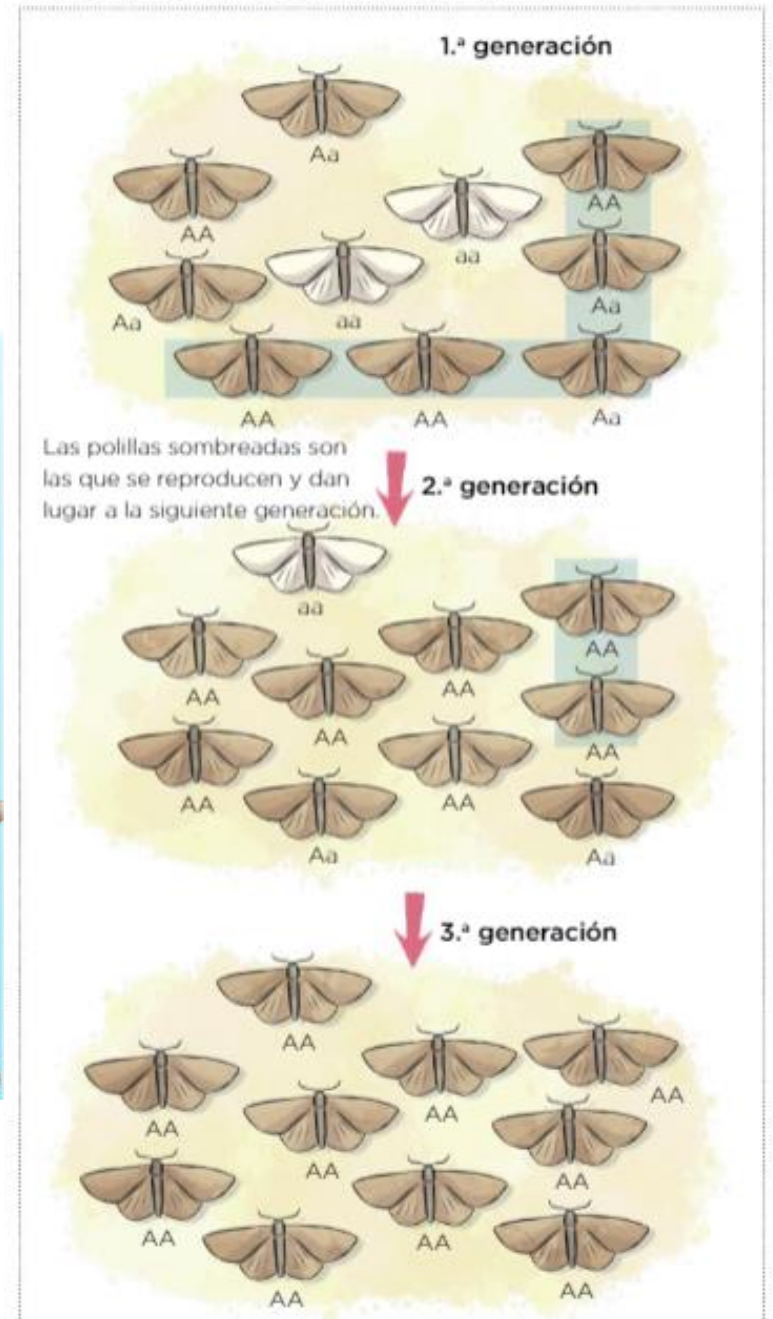


- Sobre la variabilidad genética actúa la **selección natural**. Así, los individuos mejor adaptados tendrán mayores probabilidades de sobrevivir y de transmitir a su descendencia sus características genéticas.

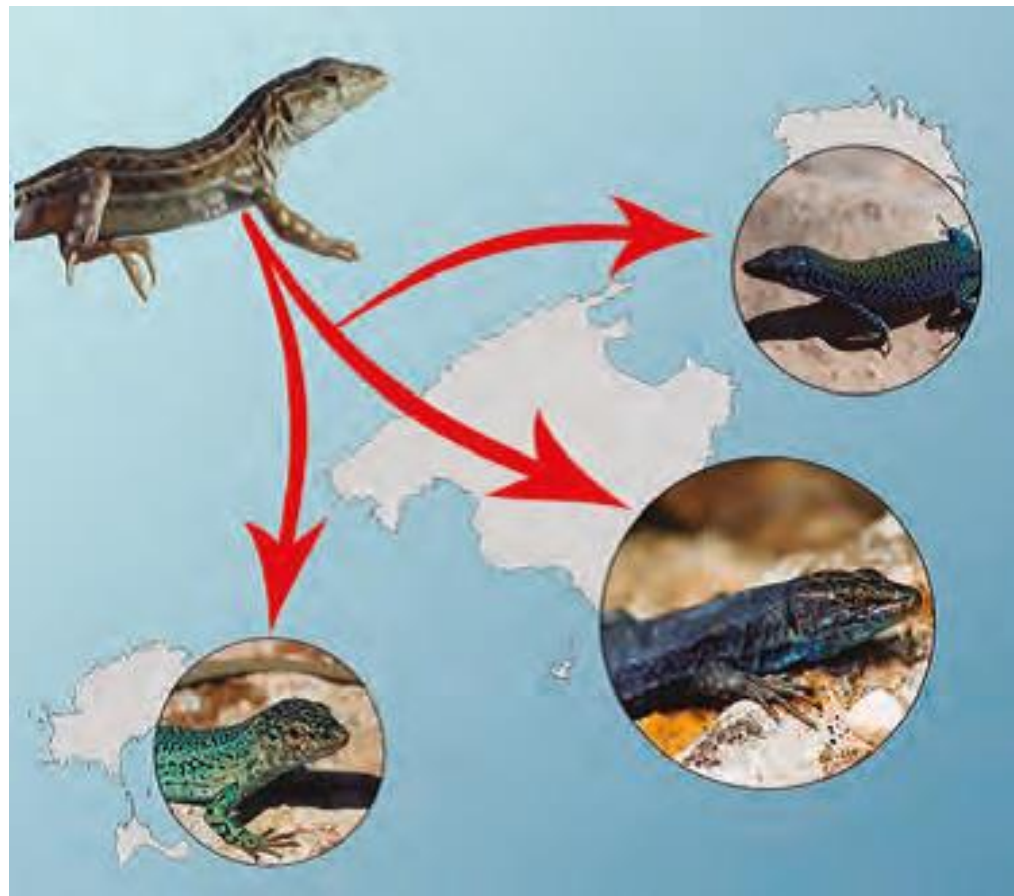


[Selección natural \(youtube.com\)](https://www.youtube.com)

## Un ejemplo de neodarwinismo



- Como consecuencia de este proceso de selección natural, irán apareciendo en la población cambios graduales, que conducirán finalmente a la **aparición de una nueva especie.**



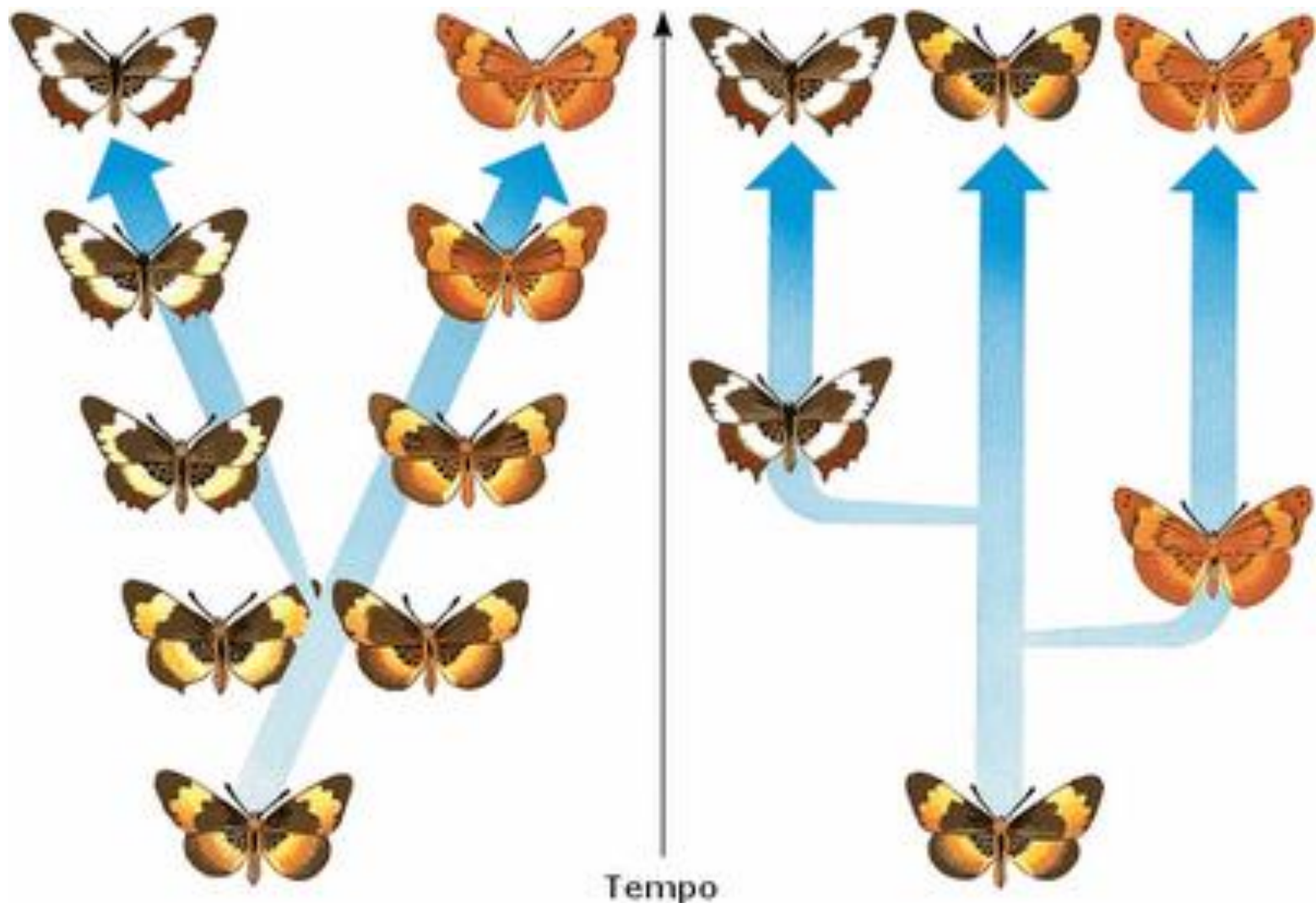
## 3.2 Otras teorías evolucionistas

El neodarwinismo ha dado una explicación a los mecanismos de la evolución, aceptada por la mayoría de las científicas y los científicos, si bien, en los últimos años, diversas escuelas han matizado o criticado algunos de sus planteamientos.

### El puntualismo

Esta teoría, planteada por Gould y Eldrege en 1972, plantea que hay **períodos puntuales de intensa especiación** (que surgen tras grandes acontecimientos, como las catástrofes geológicas) que interrumpen el equilibrio del proceso normal de adaptación por selección natural.

Es decir, **propone que el proceso evolutivo se produce a saltos.**



(a) Gradualismo

(b) Equilibrio puntuado

## El neutralismo

Esta teoría fue propuesta por Motoo Kimura en 1968. Establece que la mayoría de las mutaciones son **neutras**, es decir, no son favorables ni desfavorables por lo que su permanencia o su eliminación de la genética de una población depende del azar. En el caso de que los genes permanezcan y sean heredados pueden llegar a producirse variaciones fenotípicas que, en determinadas condiciones, pueden dar lugar a que se formen nuevas especies.

El principal mecanismo de la evolución sería la **deriva genética**, es decir, los cambios bruscos experimentados en las poblaciones que afectan de manera aleatoria y rápida a la variabilidad genética en una población. Por ejemplo cuando una población se ve sometida a una catástrofe y evoluciona a partir del pequeño grupo de individuos que sobreviven a ella.

### 3.3 La especiación

El modelo más común es la especiación por aislamiento geográfico. Según este modelo, la especiación se produciría en las siguientes etapas:

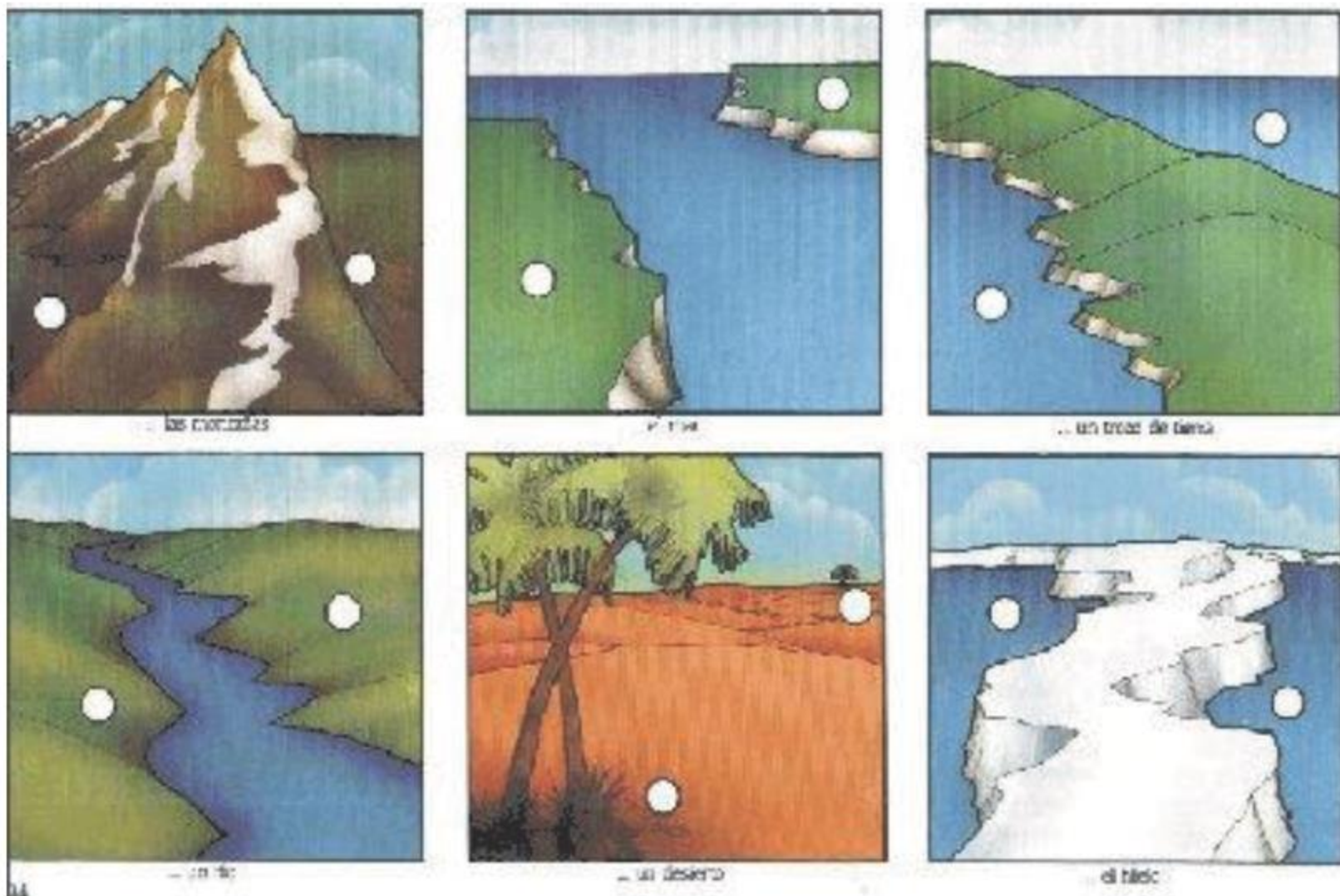
- La población sufre un **aislamiento geográfico**, debido a una barrera natural, como el mar, una montaña o una zona desértica, que impide su reproducción con individuos de otras poblaciones de su especie.
- Aparecen en la población cambios genéticos graduales, sobre los que actuarán las condiciones ambientales concretas a las que esté sometida.
- La nueva especie aparece cuando la acumulación de estos cambios conduce a la pérdida de la capacidad reproductora con organismos de la especie original.

La **especiación** es el proceso evolutivo por el cual, a partir de una población de una determinada especie, se generan nuevas especies.

## Un ejemplo de especiación







**Figura.-** Barreras geográficas que impiden el flujo genético entre individuos de la misma especie.

# 4

## Las pruebas de la evolución

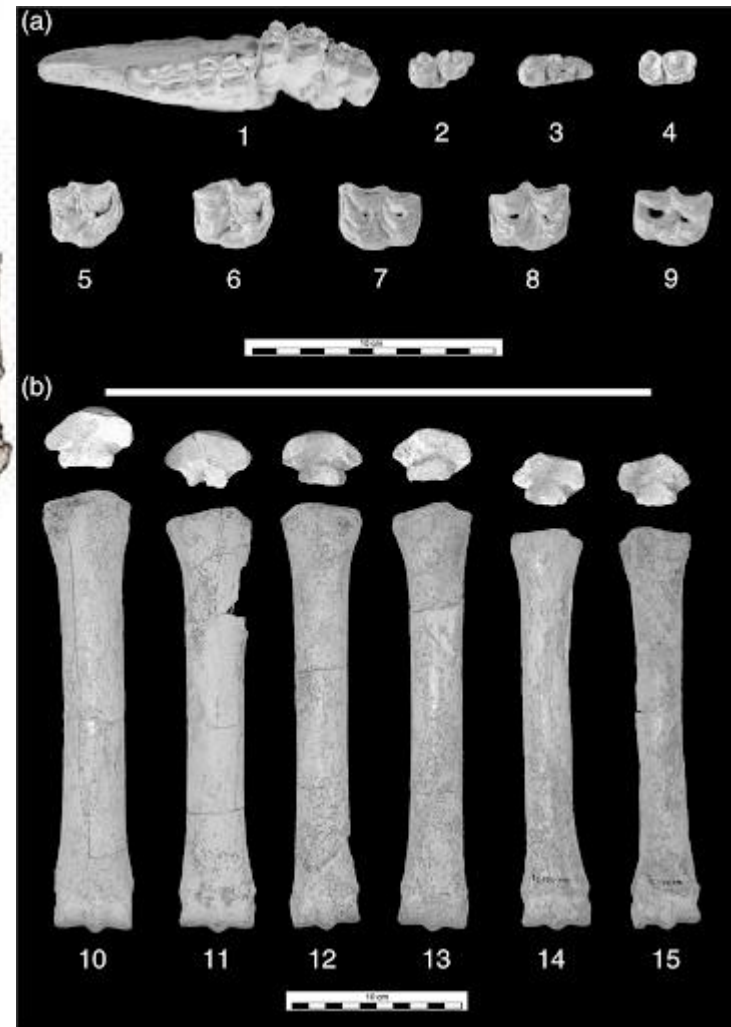
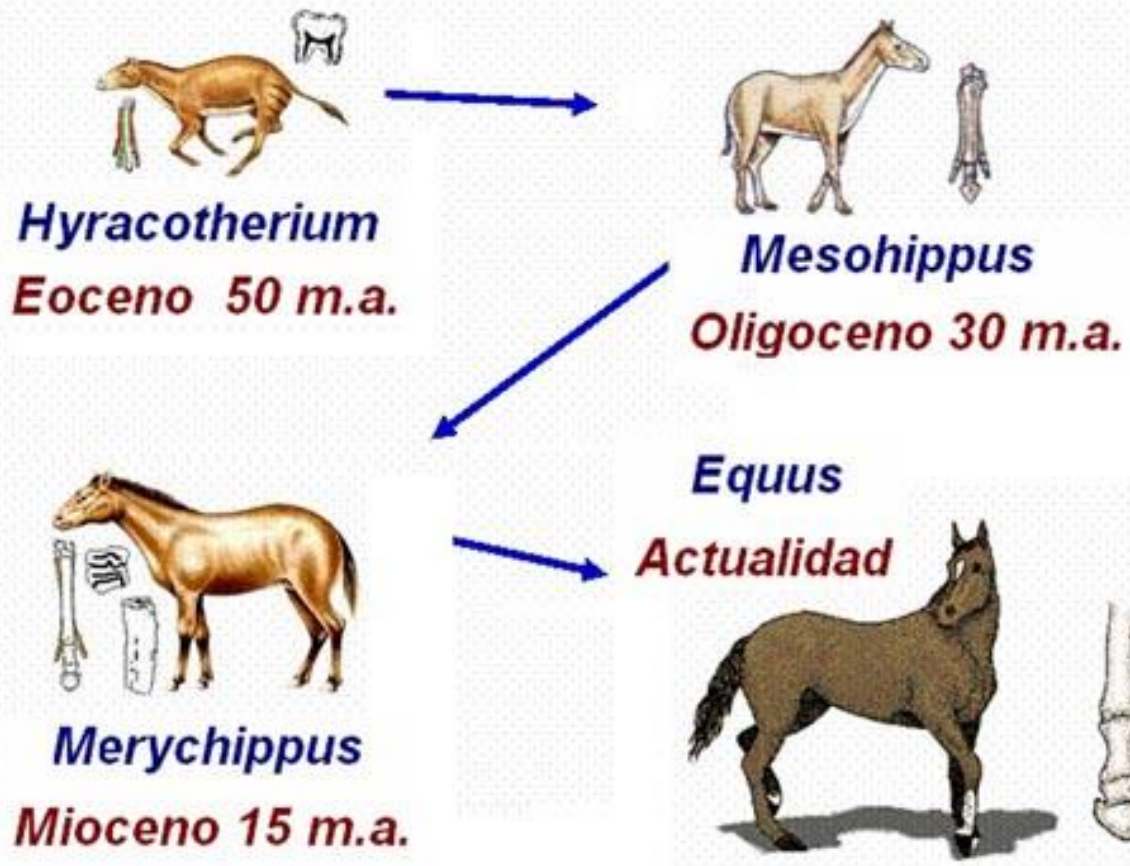
Existen suficientes pruebas, procedentes de diferentes ramas de la biología, como para afirmar que la biodiversidad actual se ha originado por la evolución de las especies.

### 4.1 Las pruebas paleontológicas

El registro fósil muestra animales y plantas del pasado, que se extinguieron y que son distintos a las especies actuales.

Del registro fósil se pueden extraer las siguientes pruebas evolutivas:

- Las **especies fósiles** son antecesoras de las especies actuales, ya que todo ser vivo procede de otro ser vivo anterior.
- Las **series filogenéticas**, que son conjuntos de fósiles que se pueden ordenar por antigüedad y que muestran los cambios progresivos en una determinada característica, como la serie de los équidos.



- Las **formas intermedias** son fósiles con características de dos especies o grupos taxonómicos distintos, que nos muestran su progresión de uno a otro. Por ejemplo, el fósil de *Archaeopteryx* presenta caracteres de los reptiles, como dientes, cola y uñas, y caracteres de las aves, como plumas, alas y pico.



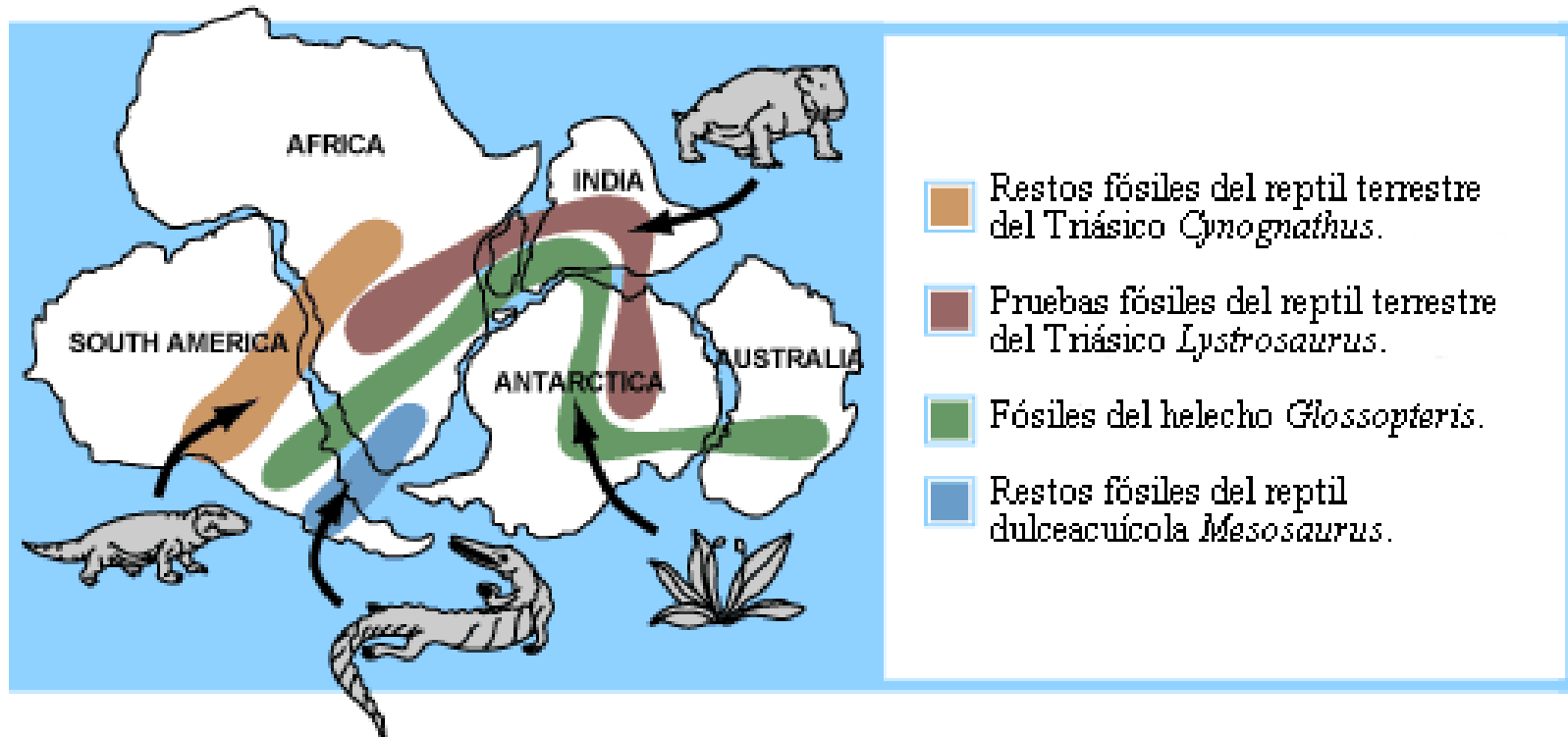
- La **tendencia a la complejidad**, ya que los fósiles más antiguos corresponden a los invertebrados más sencillos y progresivamente aparecen los distintos tipos de vertebrados, como los peces, los anfibios, los reptiles, etc.

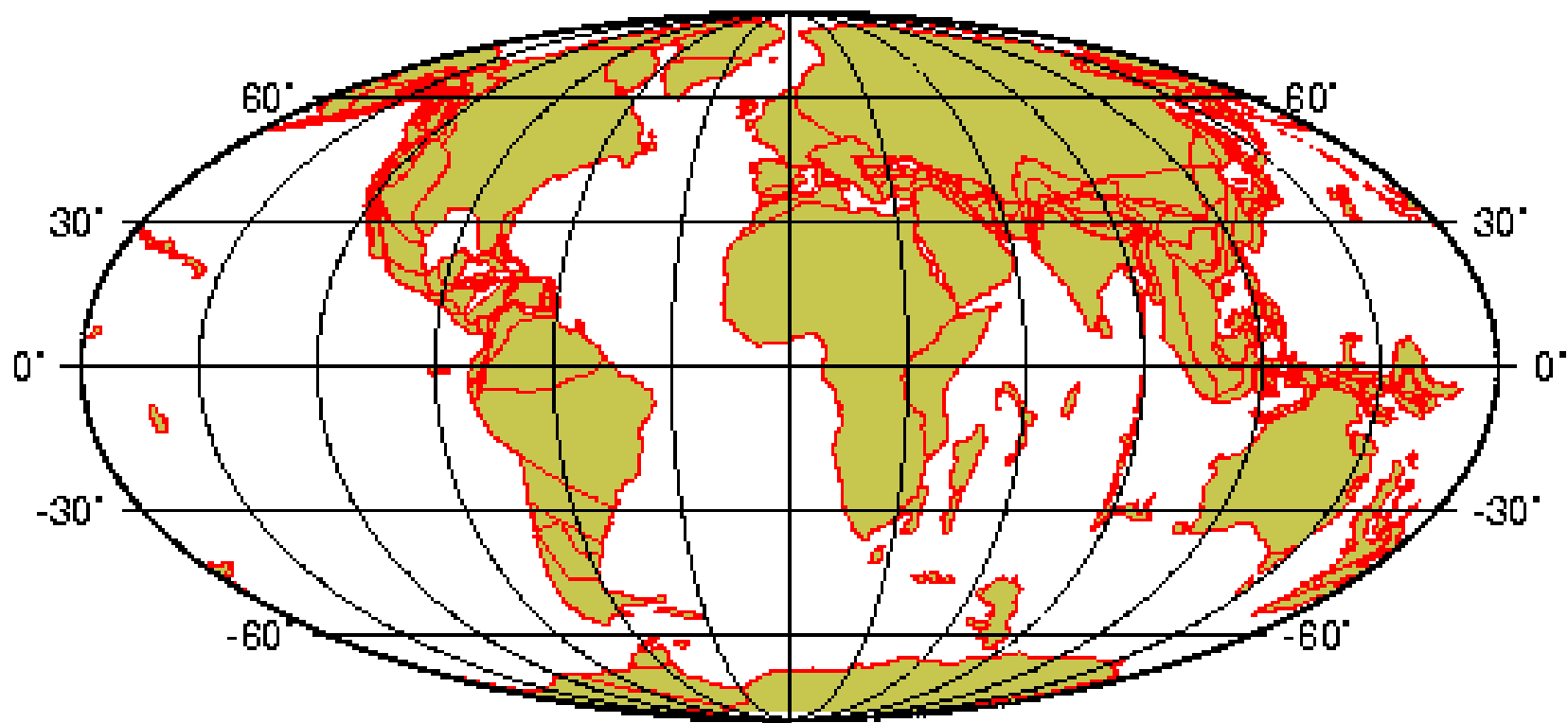


## 4.2 Las pruebas biogeográficas

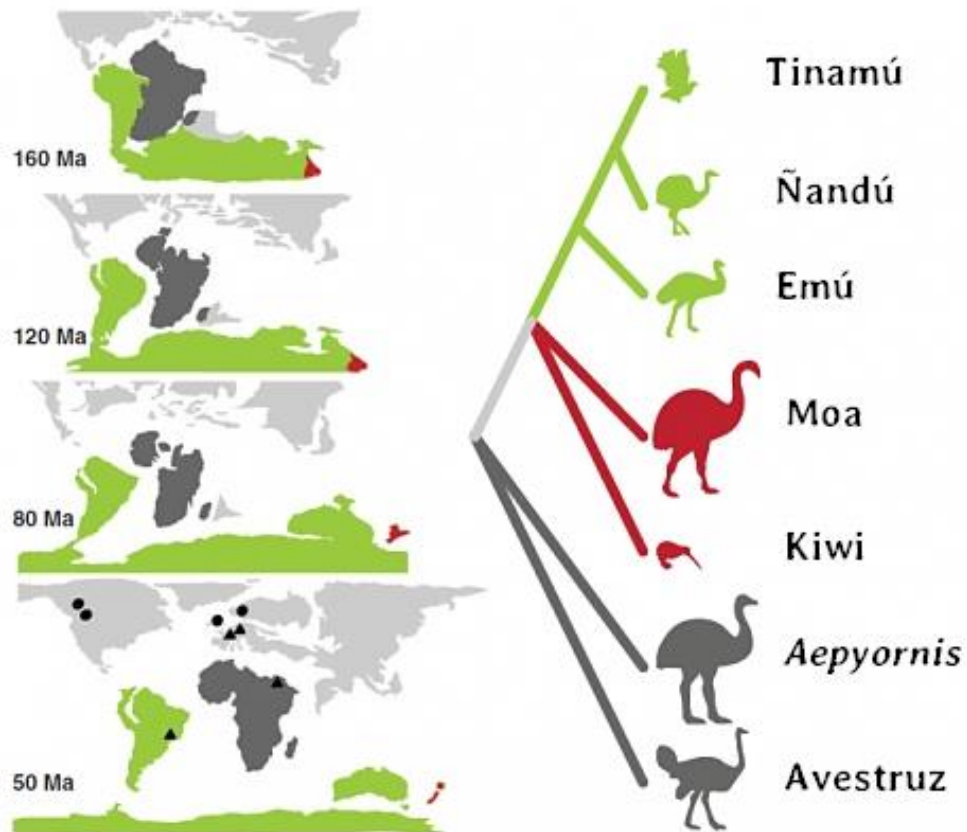
El estudio de la distribución geográfica de animales actuales o fósiles aporta las siguientes evidencias en favor de la evolución:

- Los seres vivos de regiones cercanas se parecen y aumentan sus diferencias cuanto más alejadas están. Esto indica que las especies no se originaron aisladamente si no que están emparentadas.
- Se han hallado **fósiles comunes** en las costas de Sudamérica y África, continentes que estuvieron unidos, antes de su separación.





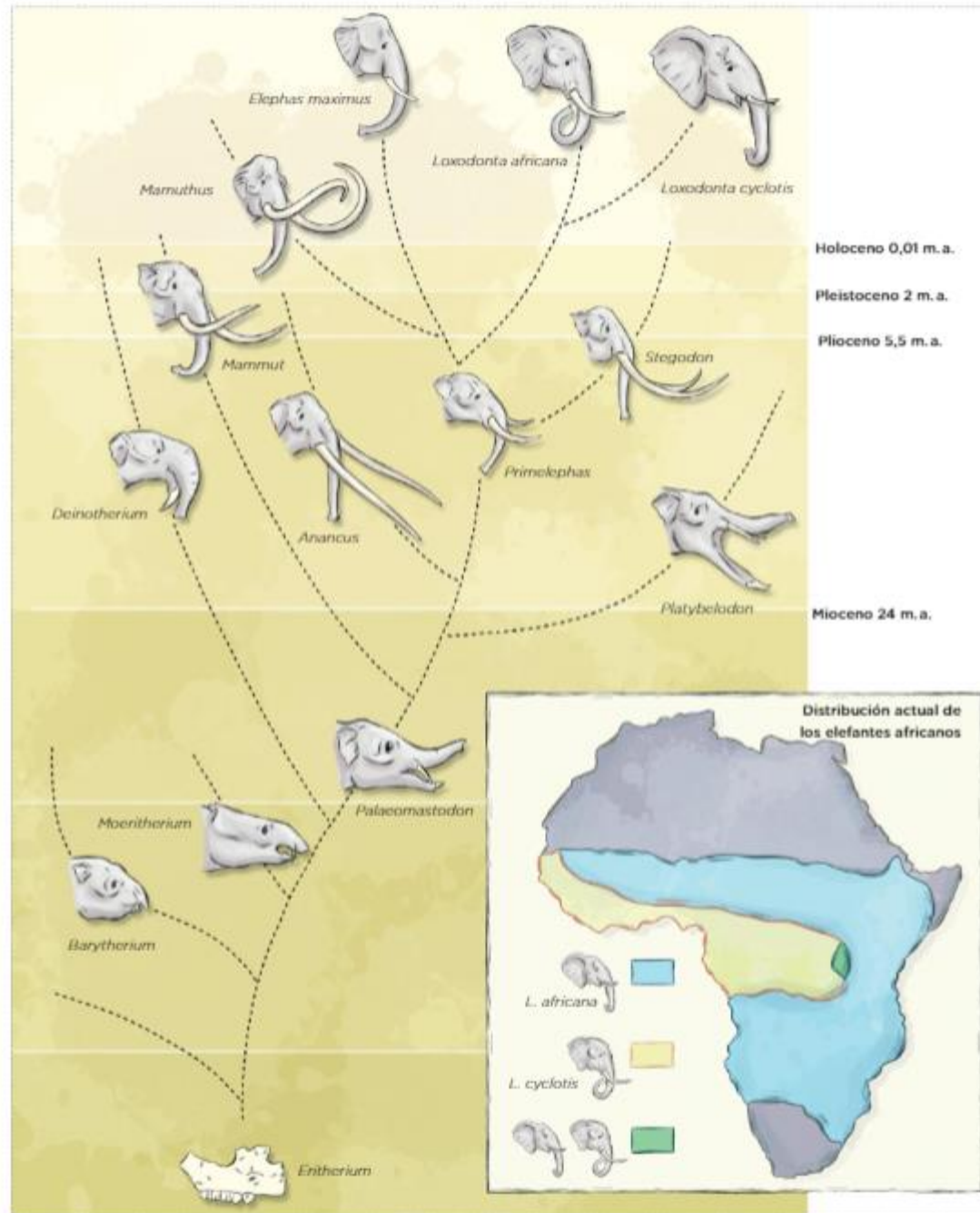
- Existe flora y fauna actual en los continentes del hemisferio sur cuyas características indican un **origen común**, que han evolucionado de forma independiente tras la separación de los continentes, como las aves ratidas (andus, emus y avestruces). La distribución actual de estas aves se explica suponiendo que su antepasado común habitaba el continente que ocupaba el hemisferio sur. Al separarse los continentes, cada una de ellas evolucionó de forma independiente.





Hoy en día se puede ver cómo se comienzan a producir este tipo de fenómenos; un ejemplo es el de los elefantes africanos. Pese a que tradicionalmente se consideraban una sola especie, estudios recientes los han dividido en dos especies diferenciadas *Loxodonta cyclotis* y *Loxodonta africana*. La separación es en gran medida biogeográfica viviendo el primero en zonas boscosas y el segundo en la sabana. Actualmente, hibridan en una pequeña zona en la que ambas especies aún tienen contacto.

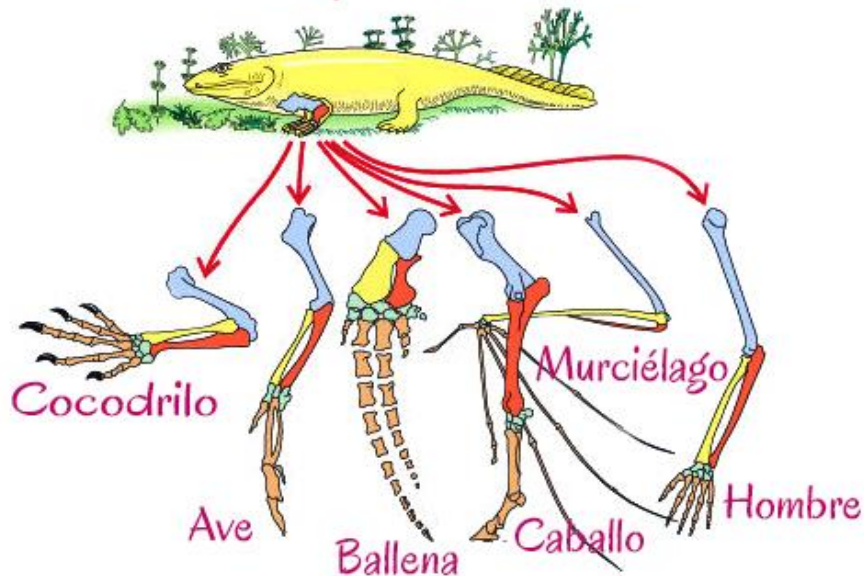
## Las pruebas de la evolución en los elefantes



## 4.3 Las pruebas de la anatomía comparada

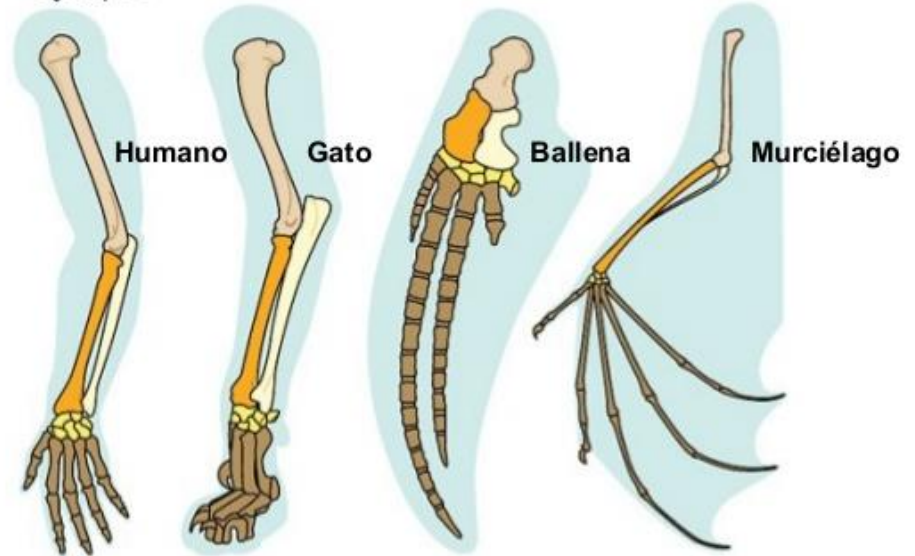
El análisis de la anatomía interna de distintas especies aporta las siguientes pruebas evolutivas:

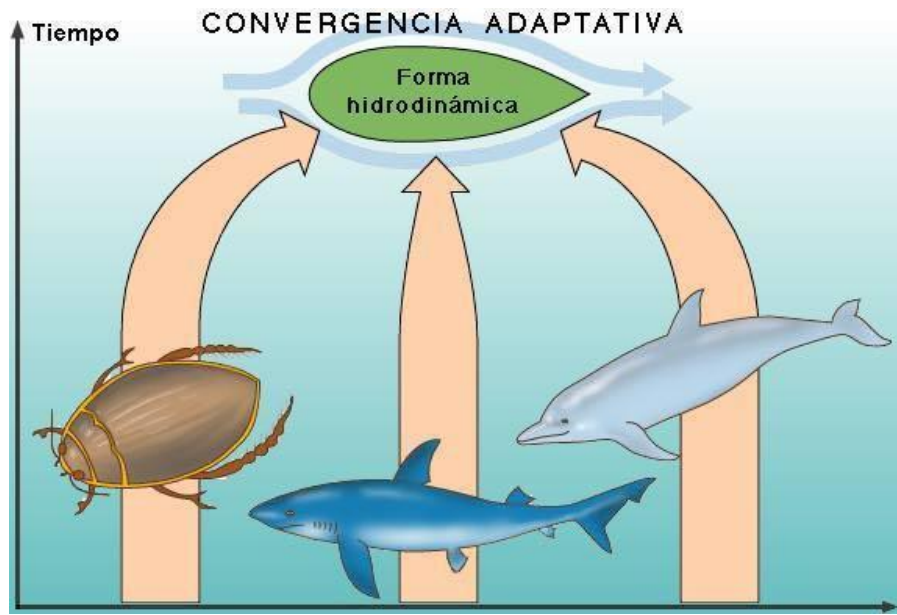
### Tetrápodo ancestral



Los **órganos HOMÓLOGOS** son aquellos que tienen un mismo origen evolutivo y embrionario, con una estructura interna semejante, a pesar de diversas modificaciones adaptativas a distintos hábitats.

Ejemplos:





Los **órganos ANÁLOGOS** son aquellos que tienen distinto origen evolutivo y embrionario, pero presentan una forma aparentemente semejante y realizan la misma función.



Son ejemplos de órganos **ANÁLOGOS**



Estos machos de *Lucanus cervus* (ciervo volante), usan sus "cuernos" (mandíbulas muy desarrolladas) para combatir entre ellos.

Los ciervos macho también combaten con sus cuernos

## 4.4 Las pruebas embriológicas

El **desarrollo embrionario** de un ser vivo es como un resumen acelerado de su evolución, en el que se pueden observar ciertos rasgos de los embriones de sus especies antecesoras. Cuando se estudia el desarrollo embrionario de varias especies, se observa que:

- Los embriones de algunos grupos de animales emparentados se parecen mucho en sus primeros estadios; por ejemplo, en los vertebrados.
- En algunos animales, existen algunos órganos en los embriones que desaparecen en la forma adulta, pero que permanecen en otros grupos de animales emparentados. Algunos ejemplos son la cola y las hendiduras branquiales.



## 4.5 Las pruebas bioquímicas

Las pruebas bioquímicas han permitido comprobar que:

- Todos los seres vivos **estamos formados por biomoléculas similares**, como las proteínas, glúcidos, lípidos, etc.
- **Existen rutas metabólicas comunes** a gran variedad de organismos.
- **Las estructuras celulares son similares** en todas las células.

Además, las técnicas de **secuenciación de ADN y proteínas** han permitido comparar las características de estas moléculas entre las diferentes especies y averiguar su historia evolutiva. Esto ha hecho posible crear lo que se conoce como **árboles filogenéticos** que permiten conocer el grado de parentesco entre diferentes especies, el tiempo que llevan separadas y sus ancestros comunes. Así, las secuencias de ADN y las proteínas de dos especies distintas son más parecidas cuanto menos tiempo ha pasado desde que se produjo su separación evolutiva a partir un ancestro común.



<i>Especies comparadas</i>	<i>Diferencias en el ADN (%)</i>
<i>Hombre-gorila</i>	<i>1'4</i>
<i>Hombre-chimpancé</i>	<i>1'2</i>
<i>Gorila-chimpancé</i>	<i>1'2</i>
<i>Hombre-orangután</i>	<i>2'4</i>
<i>Gorila-orangután</i>	<i>2'4</i>
<i>Chimpancé-orangután</i>	<i>1'8</i>



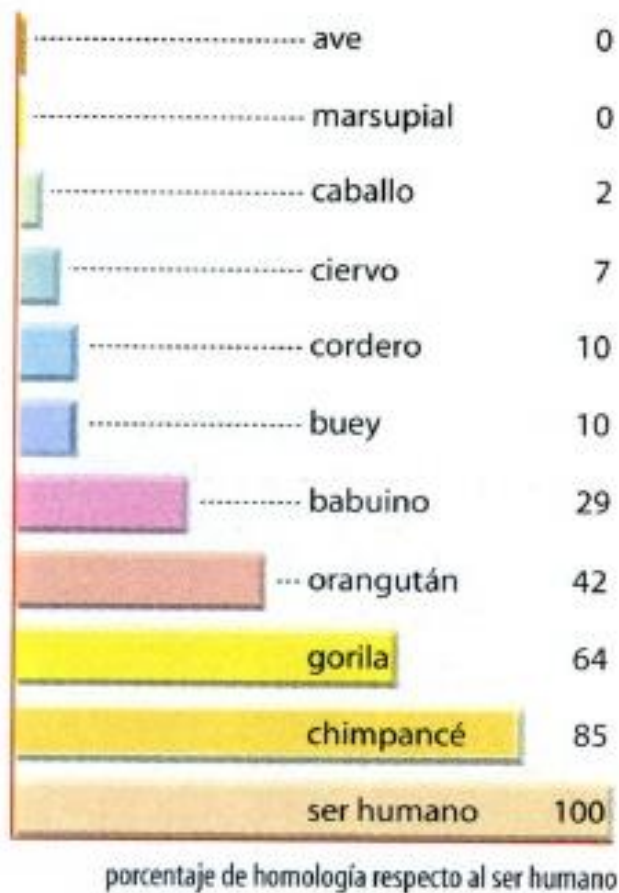
- Comparar secuencias de nucleótidos de ADN de especies diferentes puede proporcionar información sobre su parentesco evolutivo.

Podemos comparar una secuencia de nucleótidos de cada uno de los cinco grupos de primates.

	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Humanos	GTT	AAC	CCT	AAC	AAA	AAA	AAC	TCA	TAC	CCC	CAT	TAT	GTA	AAA	TCC	ATT	GTC	GCA	TCC	ACC	TTT	ATT
Chimpancés	ATT	AAC	CCT	AAC	AAA	AAA	AAC	TCA	TAT	CCC	CAT	TAT	GTG	AAA	TCC	ATT	ATC	GCG	TCC	ACC	TTT	ATC
Gorilas	ATC	AAT	CCT	AAC	AAA	AAA	AGC	TCA	TAC	CCC	CAT	TAC	GTA	AAA	TCT	ATC	GTC	GCA	TCC	ACC	TTT	ATC
Orangutanes	ATT	AAC	CCC	AAC	AAA	AAA	AAC	CCA	TAC	CCC	CAC	TAT	GTA	AAA	ACG	GCC	ATC	GCA	TCC	GCC	TTT	ACT
Gibones	ATT	AAC	CCC	AAT	AAA	AAG	AAC	TTA	TAC	CCG	CAC	TAC	GTA	AAA	ATG	ACC	ATT	GCC	TCT	ACC	TTT	ATA

Tripletes comunes a 3 de los grupos      Tripletes comunes

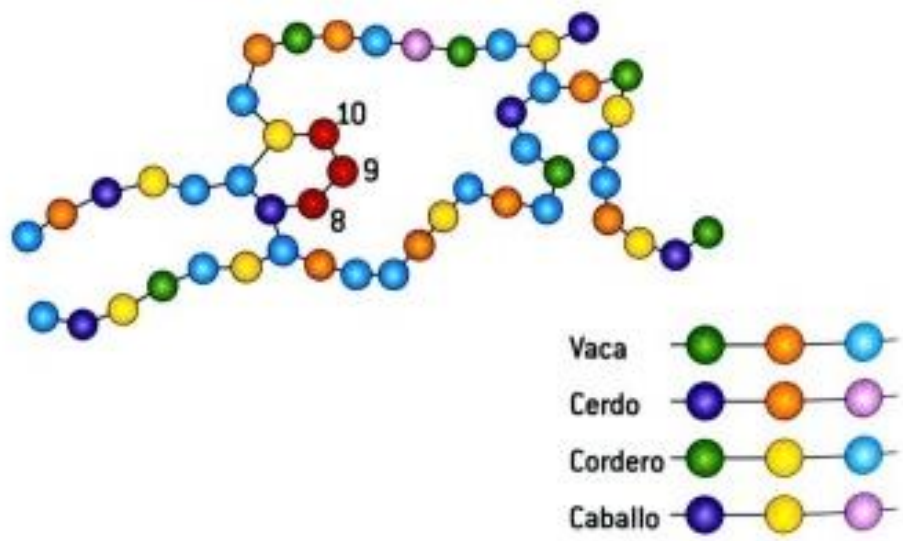
Tripletes comunes a 4 de los 5 de los grupos (las diferencias del quinto sólo afectan a una base nitrogenada)



El gráfico muestra las semejanzas de las proteínas del suero sanguíneo entre el ser humano y diferentes animales.

La insulina es una hormona producida en el páncreas cuyo papel es el mismo en estos cuatro mamíferos e idéntico al que desempeña en la especie humana: controlar la cantidad de glucosa en la sangre.

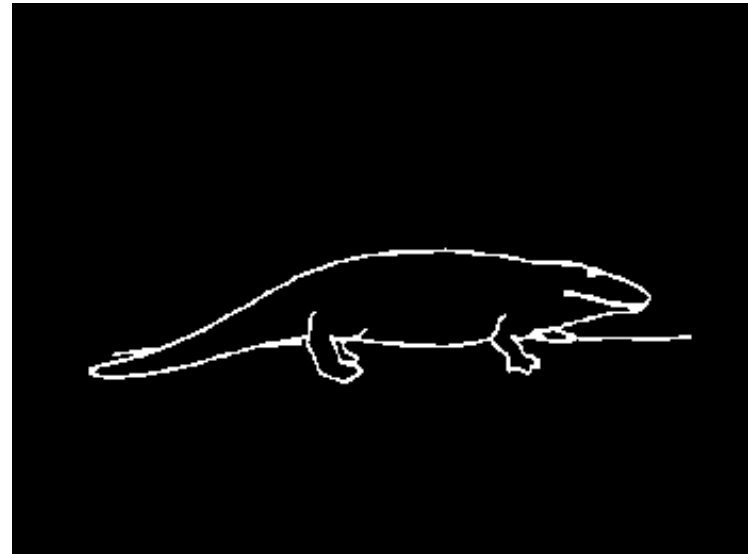
Al comparar la composición en aminoácidos de esta proteína en los cuatro ungulados se detectan diferencias en tres aminoácidos (8, 9 y 10 en la figura).





# 5

## La evolución humana



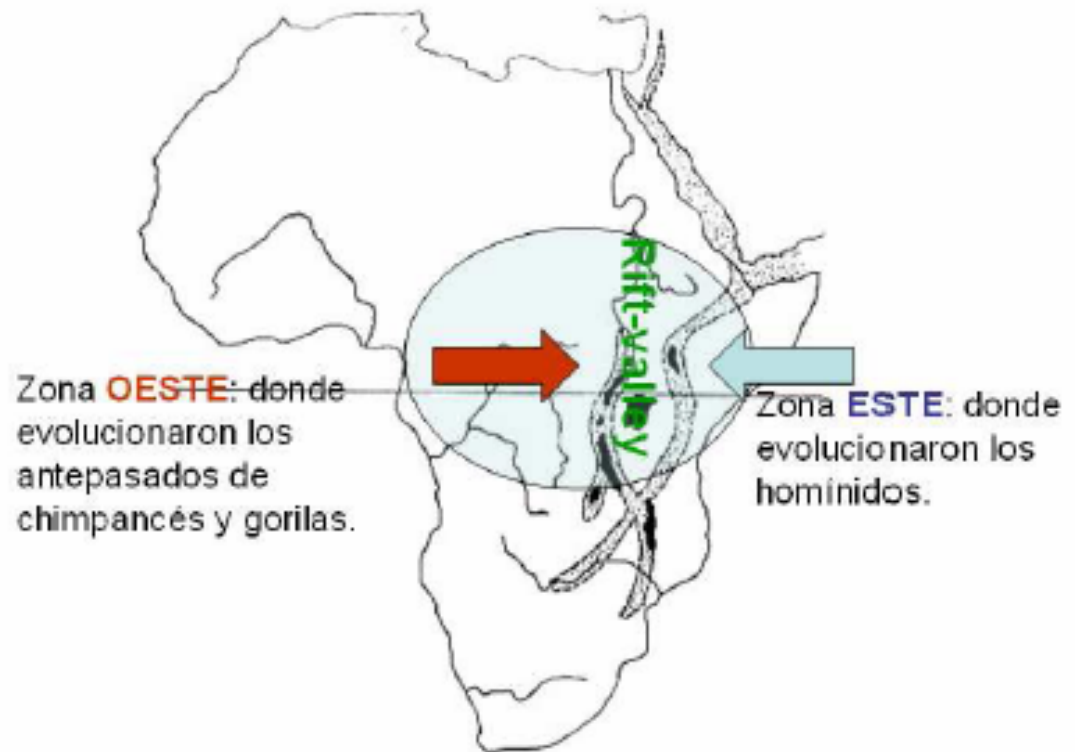
### 5.1 El proceso de hominización

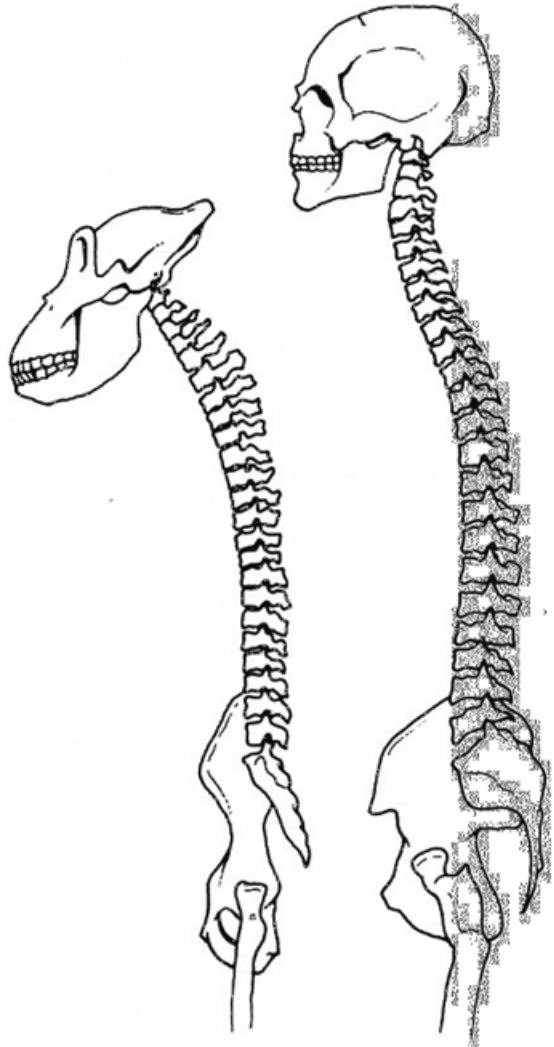
Los seres humanos (*Homo sapiens*) pertenecemos al grupo de los **homínidos** y somos la única especie viva de este grupo. Aunque no está claro, se cree que nuestro antecesor más antiguo pertenecía al género *Australopithecus*. Gracias al hallazgo de restos fósiles de otras especies de homínidos, se ha podido reconstruir la historia filogenética de los seres humanos modernos.

El proceso de hominización supuso la adquisición de una serie de características que nos diferencian de nuestros parientes primates. En el cuadro siguiente se exponen algunos rasgos que nos diferencian de otros primates.

**EL ORIGEN DE LOS HOMÍNIDOS SE SITÚA EN EL ESTE DE ÁFRICA**, en un gran cinturón de selva tropical que se extendió desde el golfo de Guinea hasta el océano Índico.

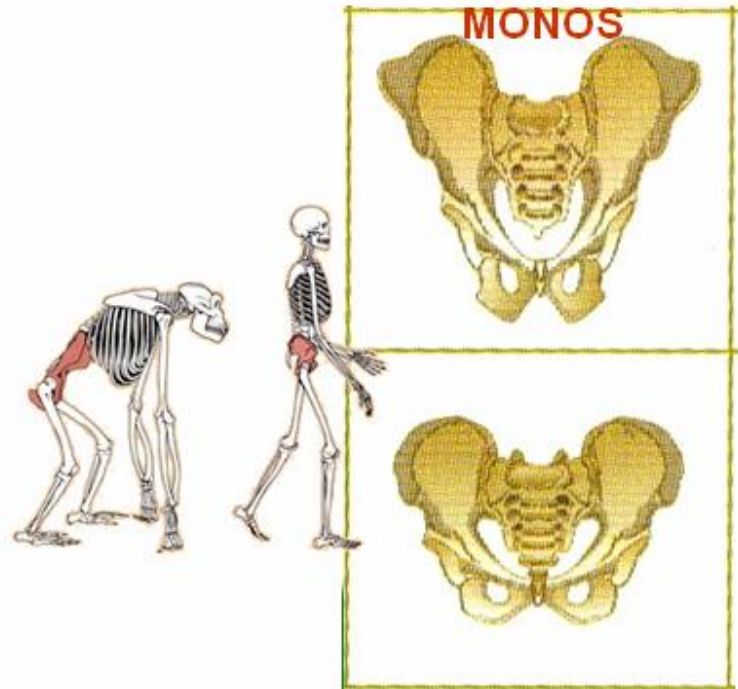
Esta zona está surcada por una gran fractura activa, de escala continental, el rift-valley, que ha producido a lo largo de la historia grandes cambios en el relieve; como fue el levantamiento de una gran barrera montañosa que separó los ecosistemas orientales, habitados por los homínidos, de los ecosistemas occidentales, poblados por los antepasados de los chimpancés y los gorilas.





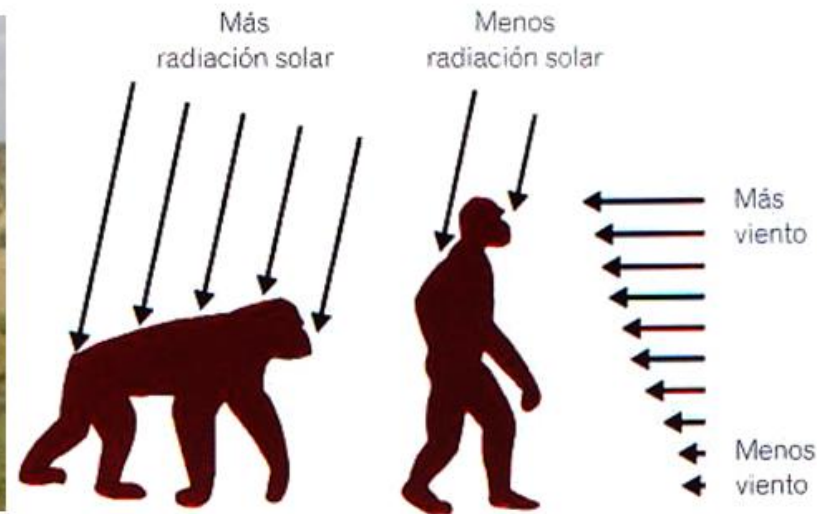
① **El bipedismo o postura erguida.** Implica cambios anatómicos. La columna vertebral adquiere forma de S; la pelvis se hace más ancha y corta; el fémur, más robusto e inclinado hacia el interior, y los huesos del pie se modifican para equilibrar y soportar el peso corporal.

El bipedismo supuso una serie de ventajas, como la liberación de las manos, que pueden utilizarse para transportar o coger objetos. La visión más elevada puede ayudar a detectar presas y depredadores.



## Ventajas del bipedismo

- Gran ahorro energético.
- Permite recorrer mayores distancias.
- En climas cálidos como la sabana, donde hay pocos árboles en los que poder refugiarse del sol, la posición vertical ayuda a mantener el cuerpo fresco al reducirse la cantidad de radiación solar que incide sobre él y aumentar la superficie corporal que puede refrigerarse con las corrientes de aire.



- ② El aumento de la capacidad craneal, acompañado del aumento de volumen y complejidad del cerebro (encefalización) sobre todo de su parte frontal, permite un pensamiento inteligente. El encéfalo humano es siete veces mayor que el de otros mamíferos con un tamaño similar al nuestro.



#### Capacidades craneales de algunos homínidos

**Australopithecus**

unos 500 cm<sup>3</sup>

**Homo habilis**

De 600 a 800 cm<sup>3</sup>

**Homo erectus**

De 850 a 1100 cm<sup>3</sup>

**Homo antecessor**

De 1000 a 1200 cm<sup>3</sup>

**Homo neanderthalensis**

De 1300 a 1600 cm<sup>3</sup>

**Homo sapiens**

De 1380 a 1450 cm<sup>3</sup>

- 3 La adquisición del lenguaje.** Se desarrollan las características anatómicas que permiten articular una gran variedad de sonidos complejos así como la capacidad de asociar esos sonidos a objetos y pensamientos.

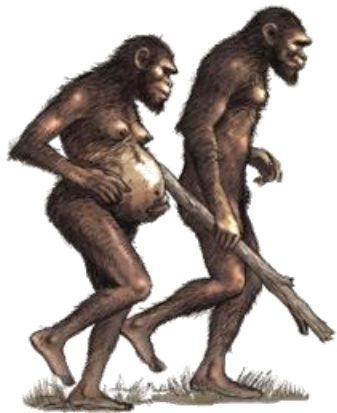
## 5.2 Nuestros antepasados

Los fósiles nos indican que nuestros parientes más lejanos pertenecen al género *Australopithecus*. Tras ellos apareció el género *Homo*, con diferentes especies.

- ***Australopithecus***. Vivían en pequeños grupos en la sabana hace más de 4 millones de años. Eran de baja estatura (1,3 metros), pero su pelvis y extremidades indican que ya caminaban erguidos. El cráneo y el cerebro eran pequeños, y tenían un hocico prominente con grandes mandíbulas, que les permitían alimentarse de frutos, semillas y raíces.
- ***Homo habilis***. Con esta especie comienza el proceso de humanización. Son capaces de fabricar herramientas que, aunque son muy toscas, demuestran un pensamiento conceptual. Vivieron hace entre 2,3 y 1,6 millones de años en África. Medían alrededor de 1,5 metros de altura.
- ***Homo erectus***. Surgieron hace 1,6 millones de años y vivieron hasta hace 100 000 años. Habitaban tanto zonas frías como cálidas. Eran de mayor estatura, 1,70. Usaban el fuego y sus herramientas eran más elaboradas.
- ***Homo antecessor***. Fueron antecesores tanto de los neandertales como de los humanos actuales. Los restos hallados en Atapuerca, Burgos, tienen una antigüedad de 850 000 años, y demuestran que vivieron en ambientes templados. Eran cazadores y caníbales.

- ***Homo neanderthalensis***. Los restos más antiguos encontrados son de hace unos 166 000 años. Tenían un cuerpo muy robusto y una elevada capacidad craneal. Eran cazadores, usaban herramientas y enterraban a sus muertos. Se extinguieron hace 28 000 años sin dejar descendientes. Parece que convivieron con los *Homo sapiens*, que acabaron desplazándolos al adaptarse mejor que ellos a las condiciones del medio.
- ***Homo sapiens***. Los primeros restos tienen unos 210 000 años de antigüedad y se han encontrado en África, desde donde se desplazaron al resto de continentes. Su cráneo y su esqueleto tienen ya todos los rasgos modernos. Vivían en cuevas, donde dejaron muestras de su arte, lo que demuestra un pensamiento abstracto, fruto de su complejidad cerebral.

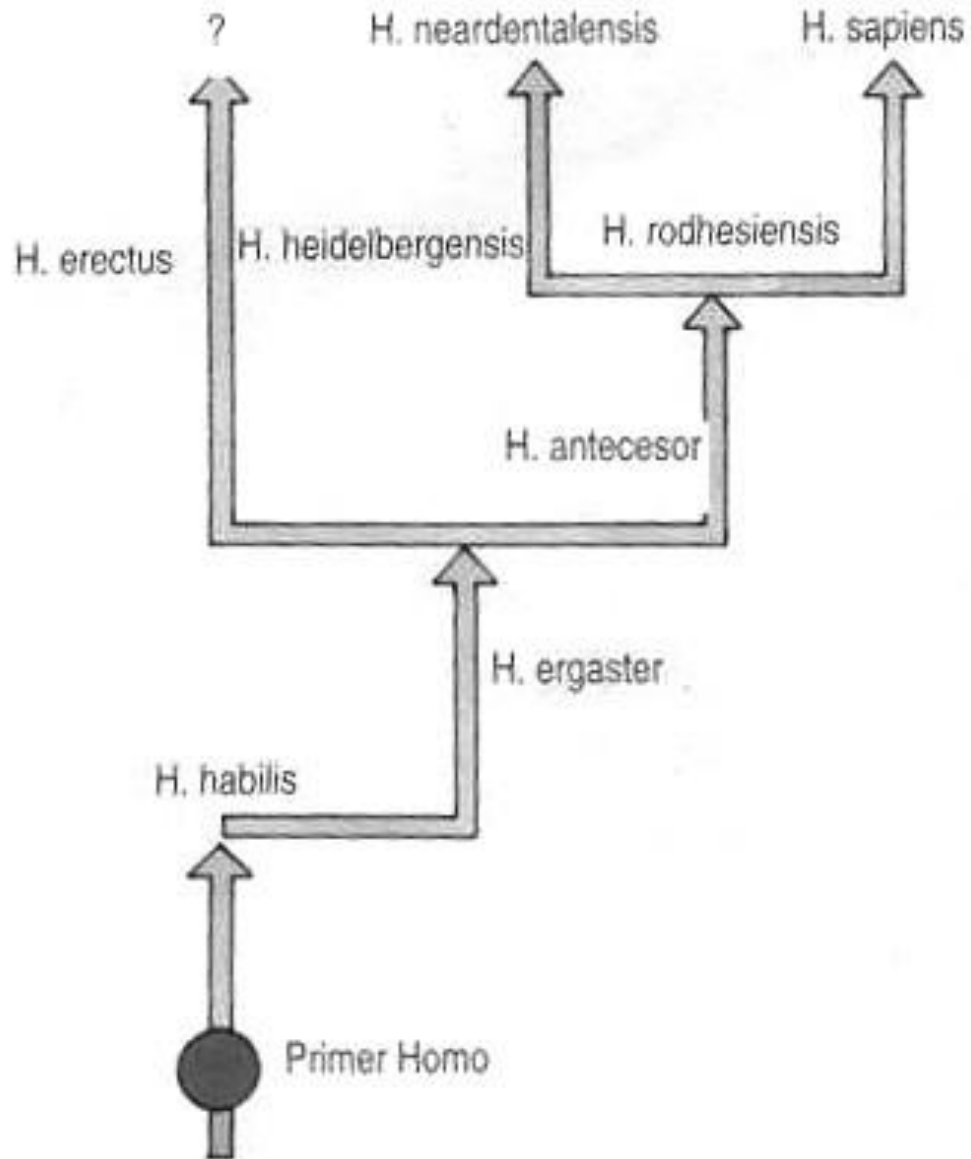




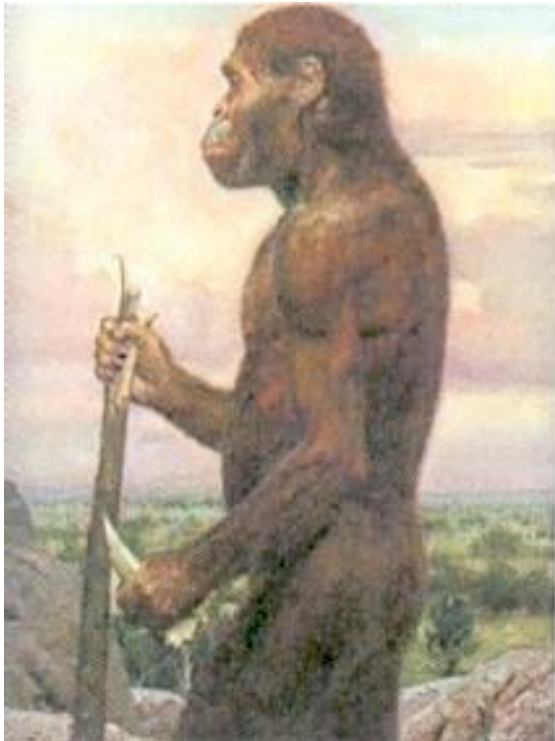
## ***Australopithecus***

Primates de las sabanas africanas que caminaban erguidos y probablemente trepaban a los árboles con facilidad.

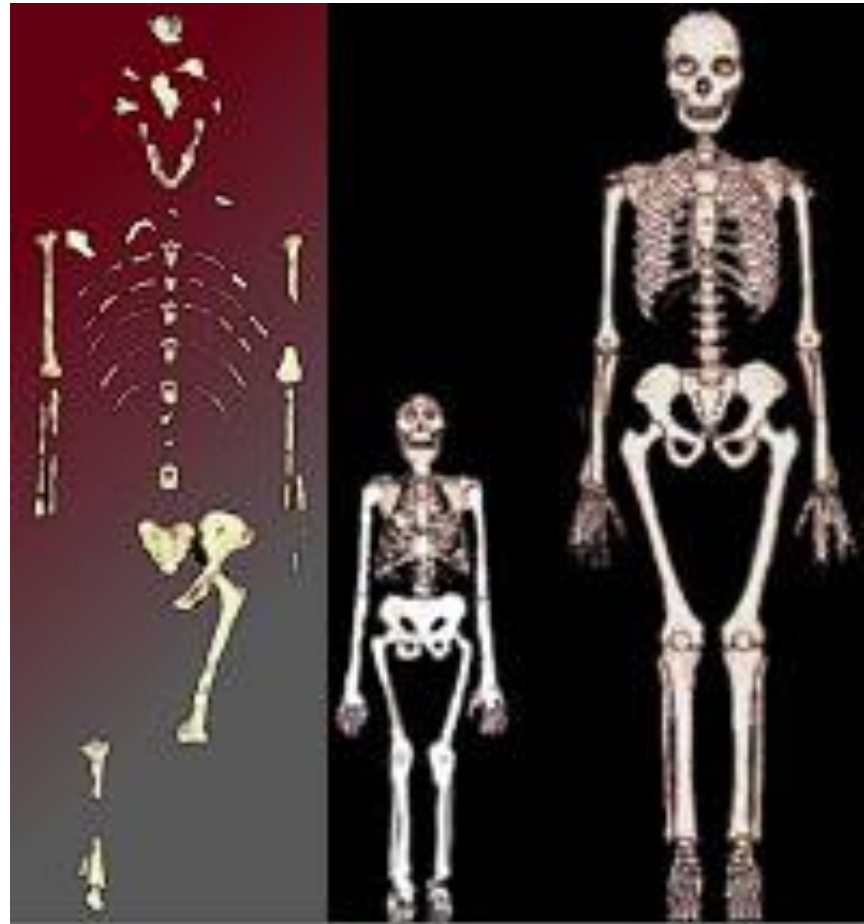
- ***A. anamensis***
- ***A. afarensis*** (Lucy)



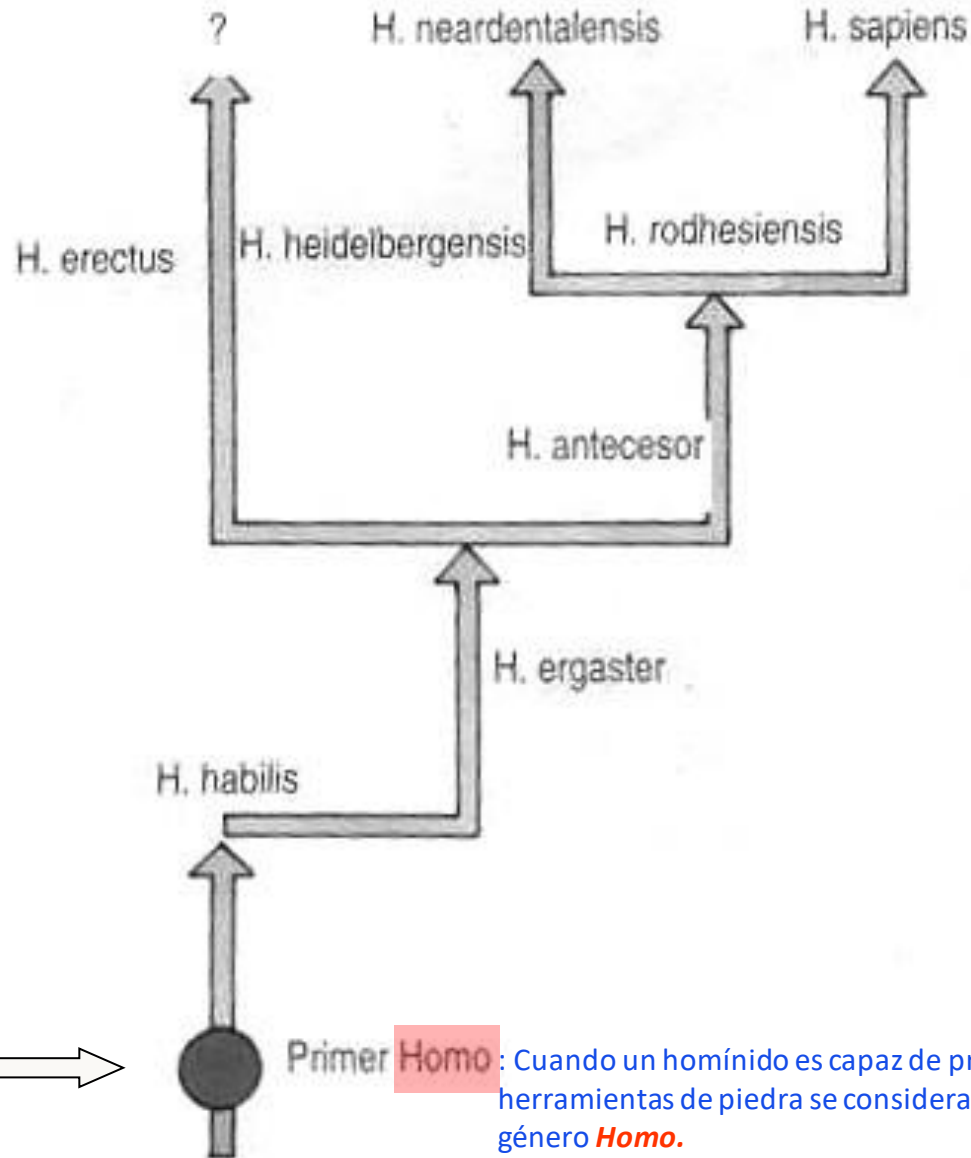
- ***Australopithecus anamensis*** vivió también en África Oriental hace 4 Ma, ya era bípedo y sí parece que está en nuestra línea de ascendencia. Los australopitecus tenían una inteligencia semejante a la de los chimpancés.



- ***Australopithecus afarensis***, vivió en África Oriental hace 3,2 Ma. Se obtuvo un esqueleto casi completo de una mujer. Sus descubridores la llamaron Lucy. Medía un poco más de un metro, tenía la mandíbula prominente y la capacidad craneal era de 500 cm<sup>3</sup>.





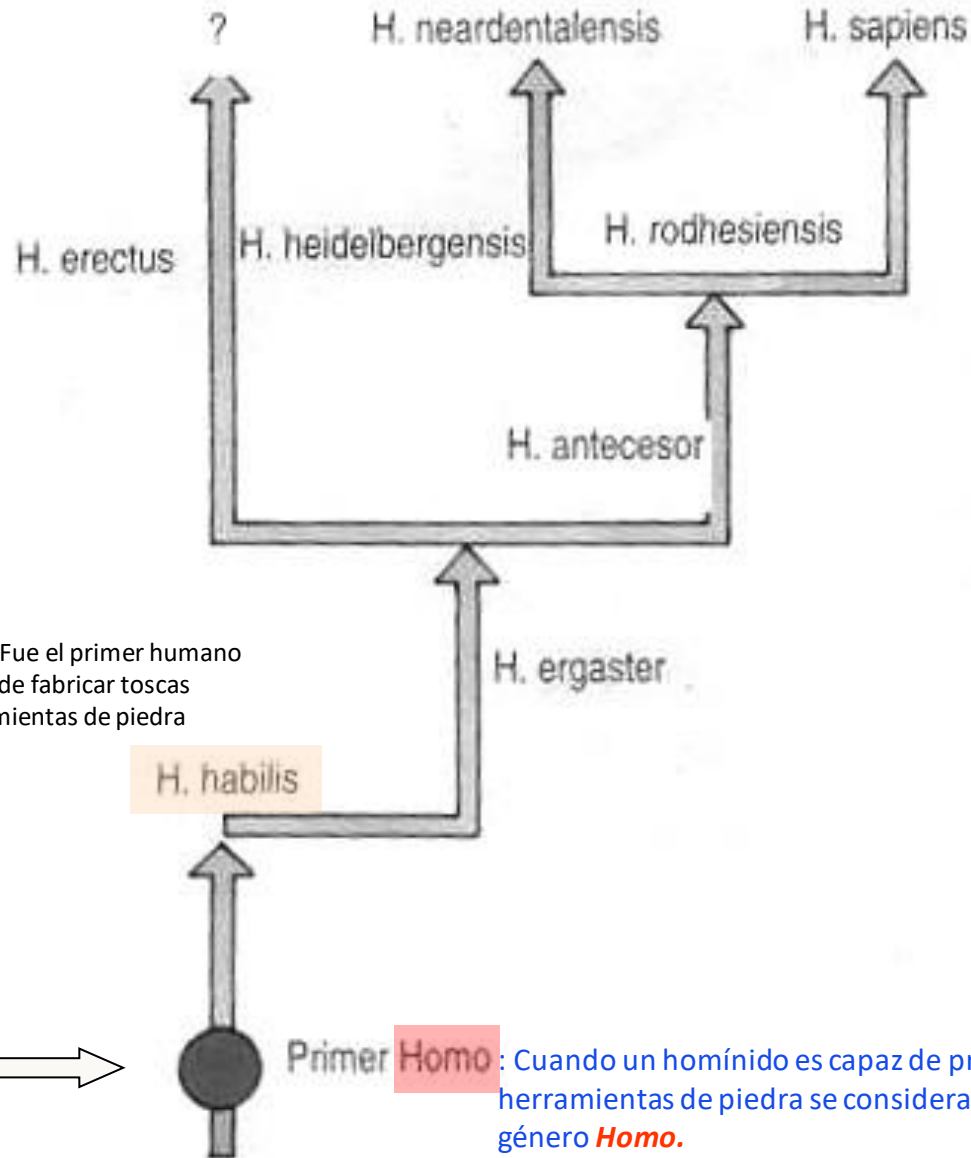


### ***Australopithecus***

Primates de las sabanas africanas que caminaban erguidos y probablemente trepaban a los árboles con facilidad.

- *A. afarensis* (Lucy)
- *A. anamensis*

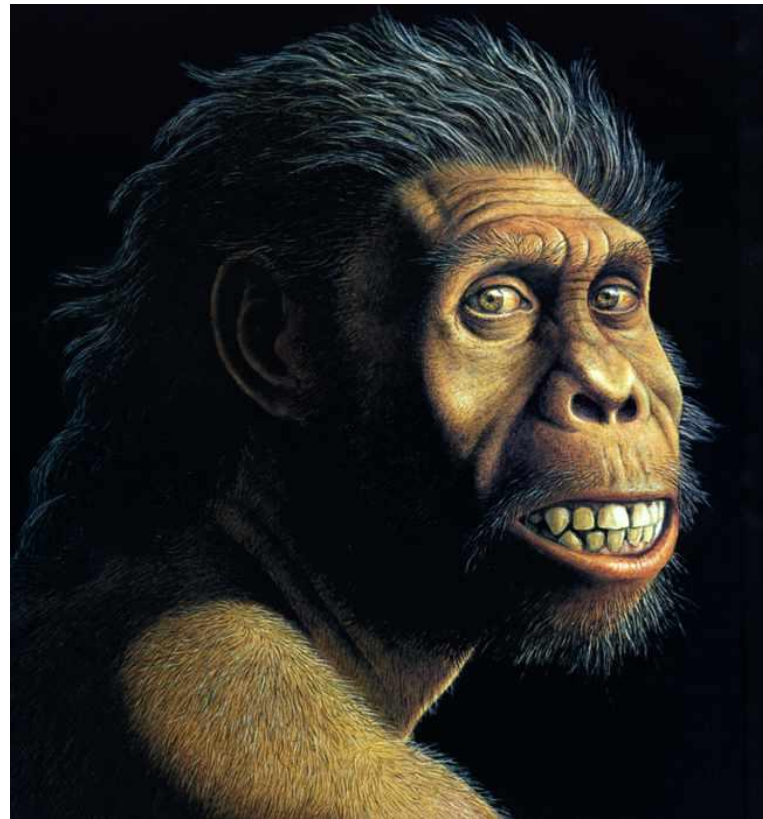
**Primer Homo**: Cuando un homínido es capaz de producir rudimentarias herramientas de piedra se considera que pertenece al género *Homo*.



Primates de las sabanas africanas que caminaban erguidos y probablemente trepaban a los árboles con facilidad.

- **A. afarensis** (Lucy)
- **A. anamensis**

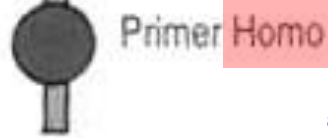
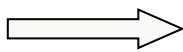
- ***Homo habilis***, es la primera especie humana conocida. Procede de África y los fósiles hallados tienen una antigüedad de menos de 1,8 Ma. Se le llamó *habilis* porque junto a sus restos se hallaron utensilios de piedra. Su cerebro era vez y media mayor que el de los australopitecus.



**Australopithecus**

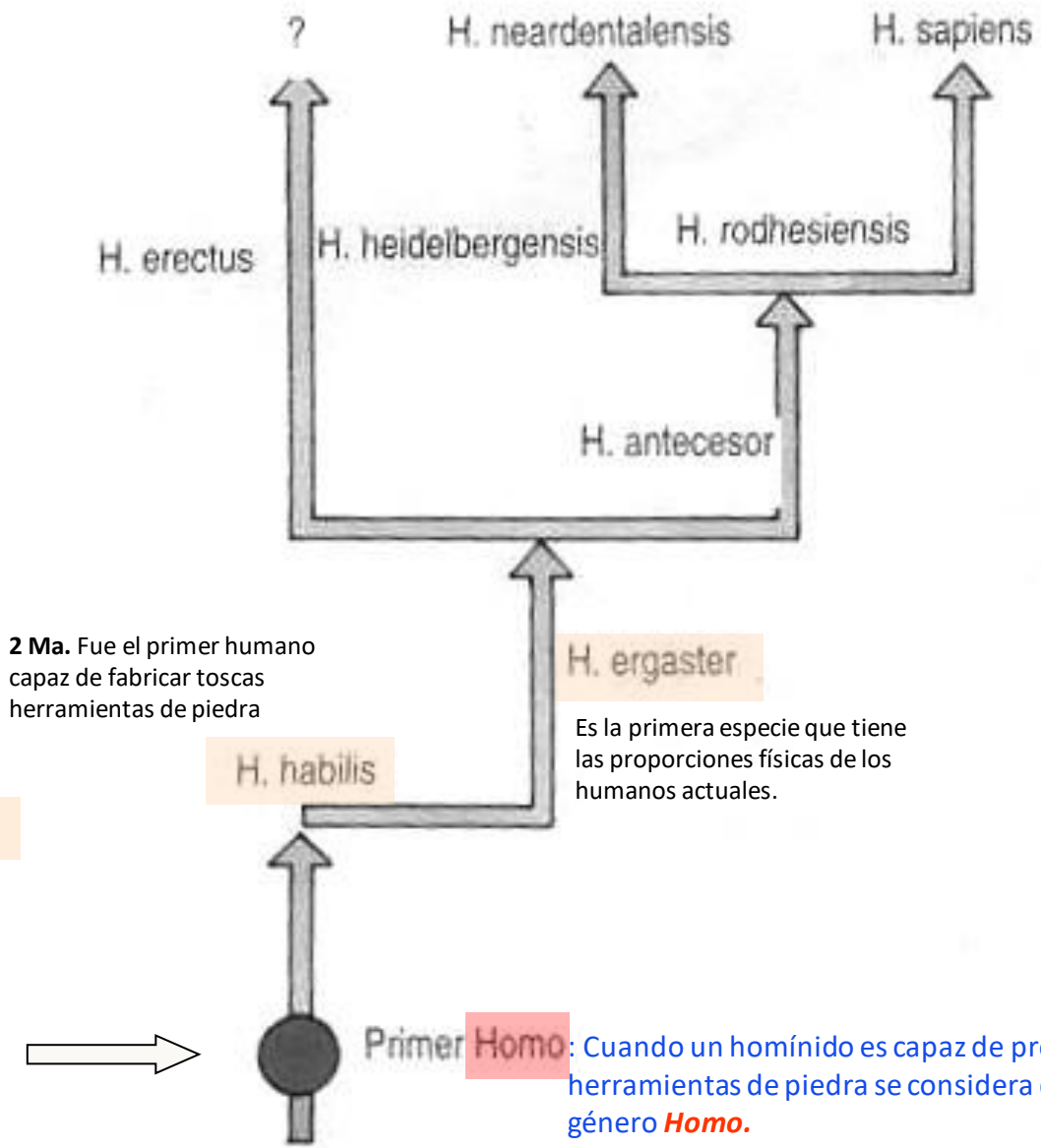
Primates de las sabanas africanas que caminaban erguidos y probablemente trepaban a los árboles con facilidad.

- **A. afarensis** (Lucy)
- **A. anamensis**



Primer **Homo**

Cuando un homínido es capaz de producir rudimentarias herramientas de piedra se considera que pertenece al género **Homo**.



**2 Ma.** Fue el primer humano capaz de fabricar toscas herramientas de piedra

**H. ergaster**

Es la primera especie que tiene las proporciones físicas de los humanos actuales.



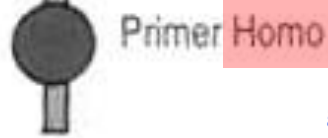
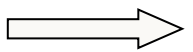
- ***Homo ergaster*** aparece en África hace 1,5 Ma. Fue la primera especie que abandonó África y comenzó a poblar Asia (se han encontrado fósiles en China) y Europa, hace 1 Ma. Es la primera especie que tiene las proporciones físicas de los humanos actuales. Su corpulencia le permitía cazar. Habitaba medios abiertos como las sabanas.



**Australopithecus**

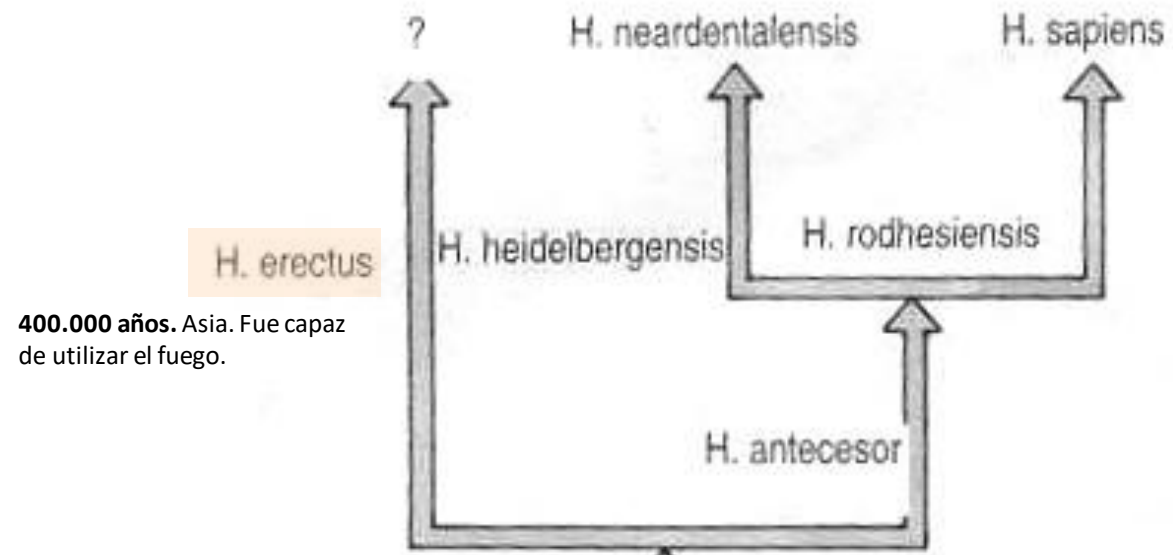
Primates de las sabanas africanas que caminaban erguidos y probablemente trepaban a los árboles con facilidad.

- **A. afarensis** (Lucy)
- **A. anamensis**



Primer **Homo**

Cuando un homínido es capaz de producir rudimentarias herramientas de piedra se considera que pertenece al género **Homo**.



**400.000 años.** Asia. Fue capaz de utilizar el fuego.

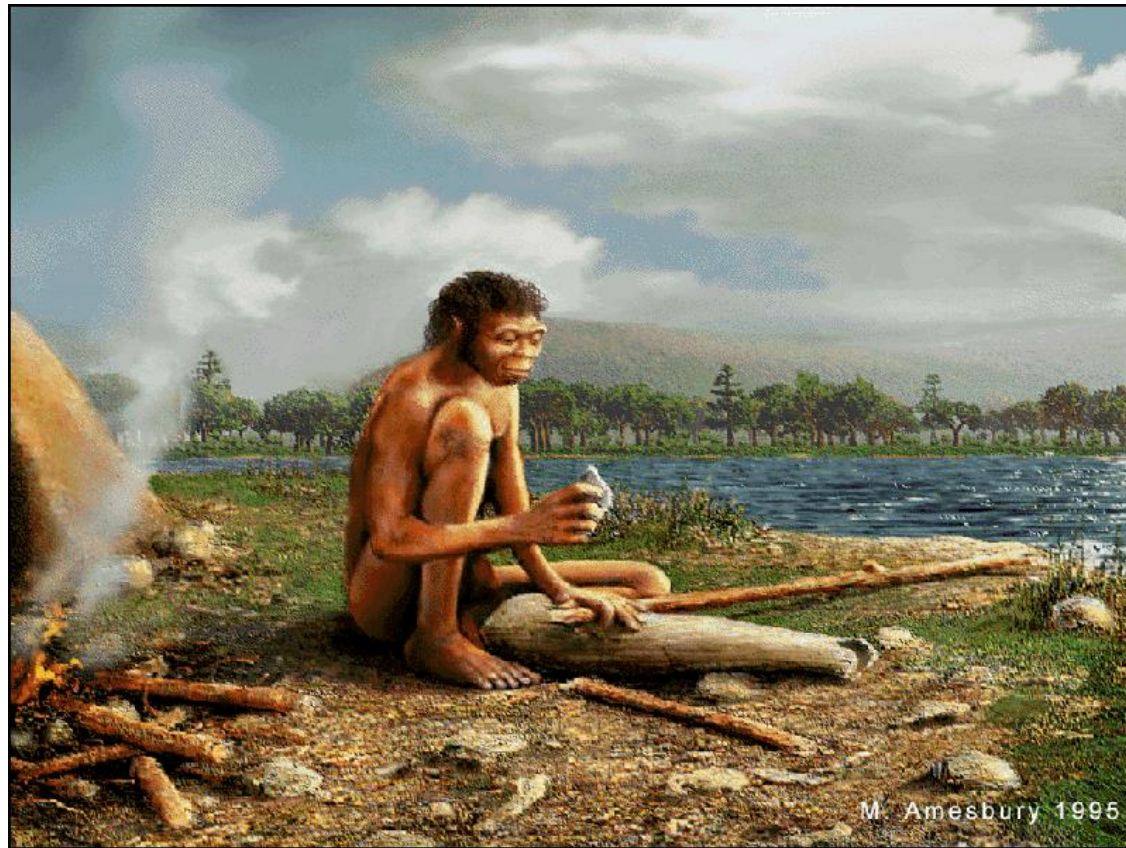
**2 Ma.** Fue el primer humano capaz de fabricar toscas herramientas de piedra. Abandona África y comienza a poblar Asia.

**H. ergaster**

Es la primera especie que tiene las proporciones físicas de los humanos actuales.

A partir de *Homo ergaster* derivan las siguientes especies:

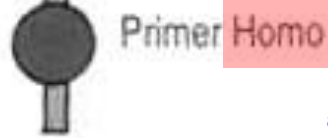
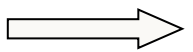
- En Asia, *Homo ergaster* evolucionó como una línea independiente, que dio origen a ***Homo erectus***.



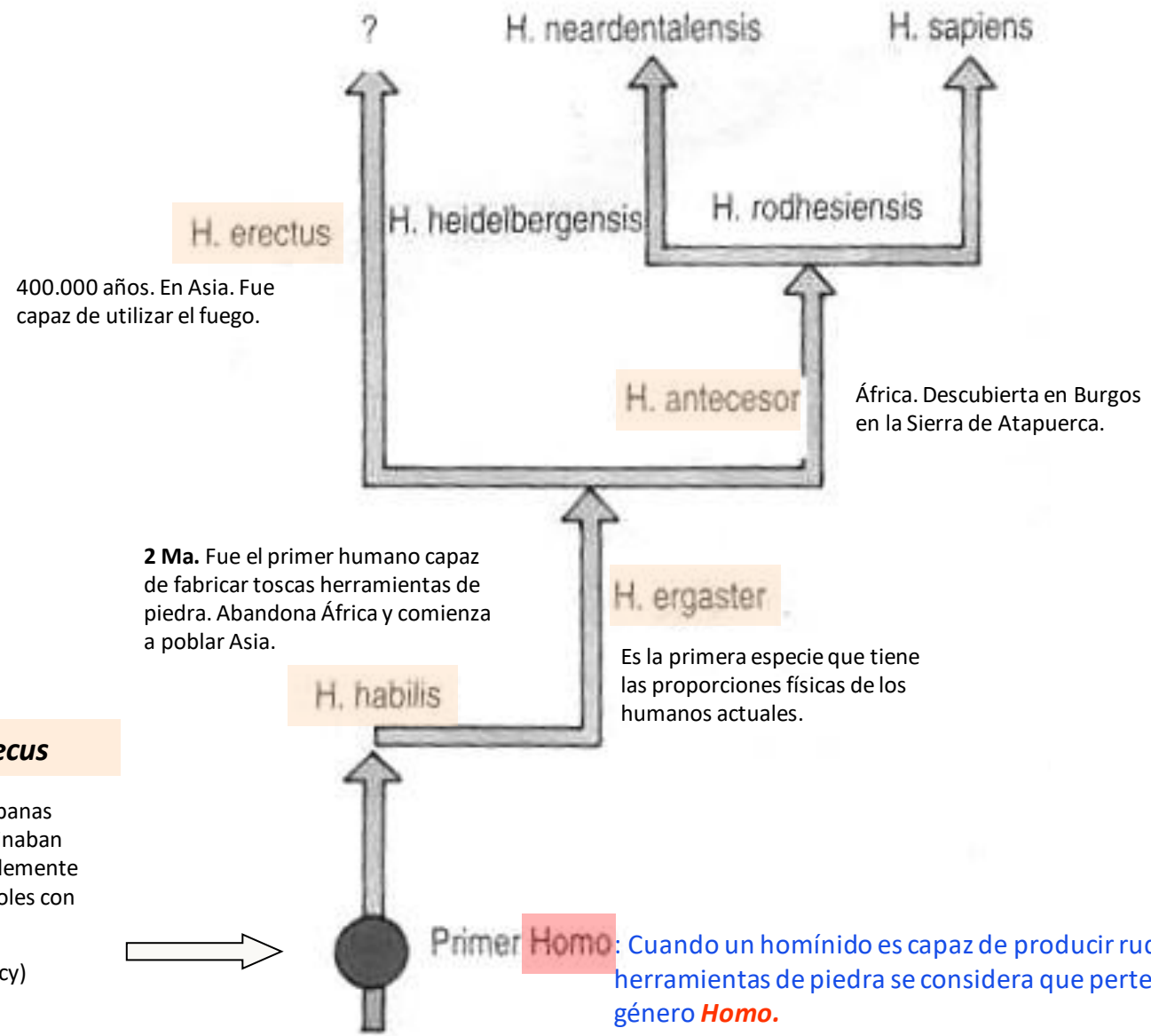
### **Australopithecus**

Primates de las sabanas africanas que caminaban erguidos y probablemente trepaban a los árboles con facilidad.

- **A. afarensis** (Lucy)
- **A. anamensis**



**Primer Homo**: Cuando un homínido es capaz de producir rudimentarias herramientas de piedra se considera que pertenece al género **Homo**.



**H. erectus**

400.000 años. En Asia. Fue capaz de utilizar el fuego.

H. heidelbergensis

H. rodhesiensis

**H. antecesor**

África. Descubierta en Burgos en la Sierra de Atapuerca.

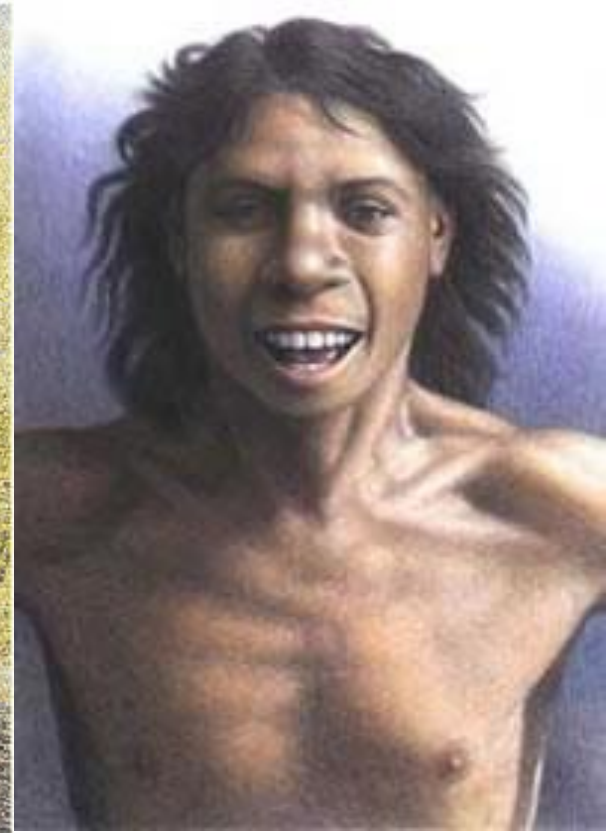
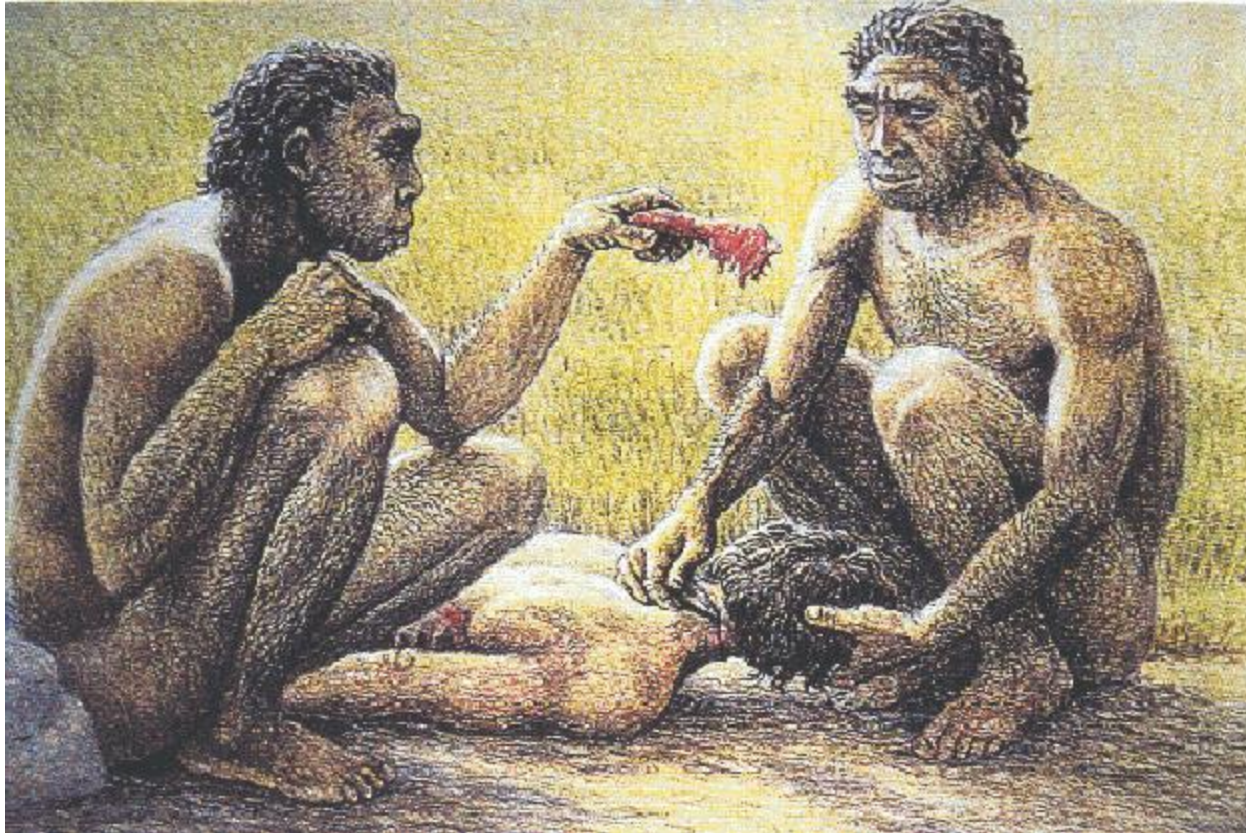
**2 Ma.** Fue el primer humano capaz de fabricar toscas herramientas de piedra. Abandona África y comienza a poblar Asia.

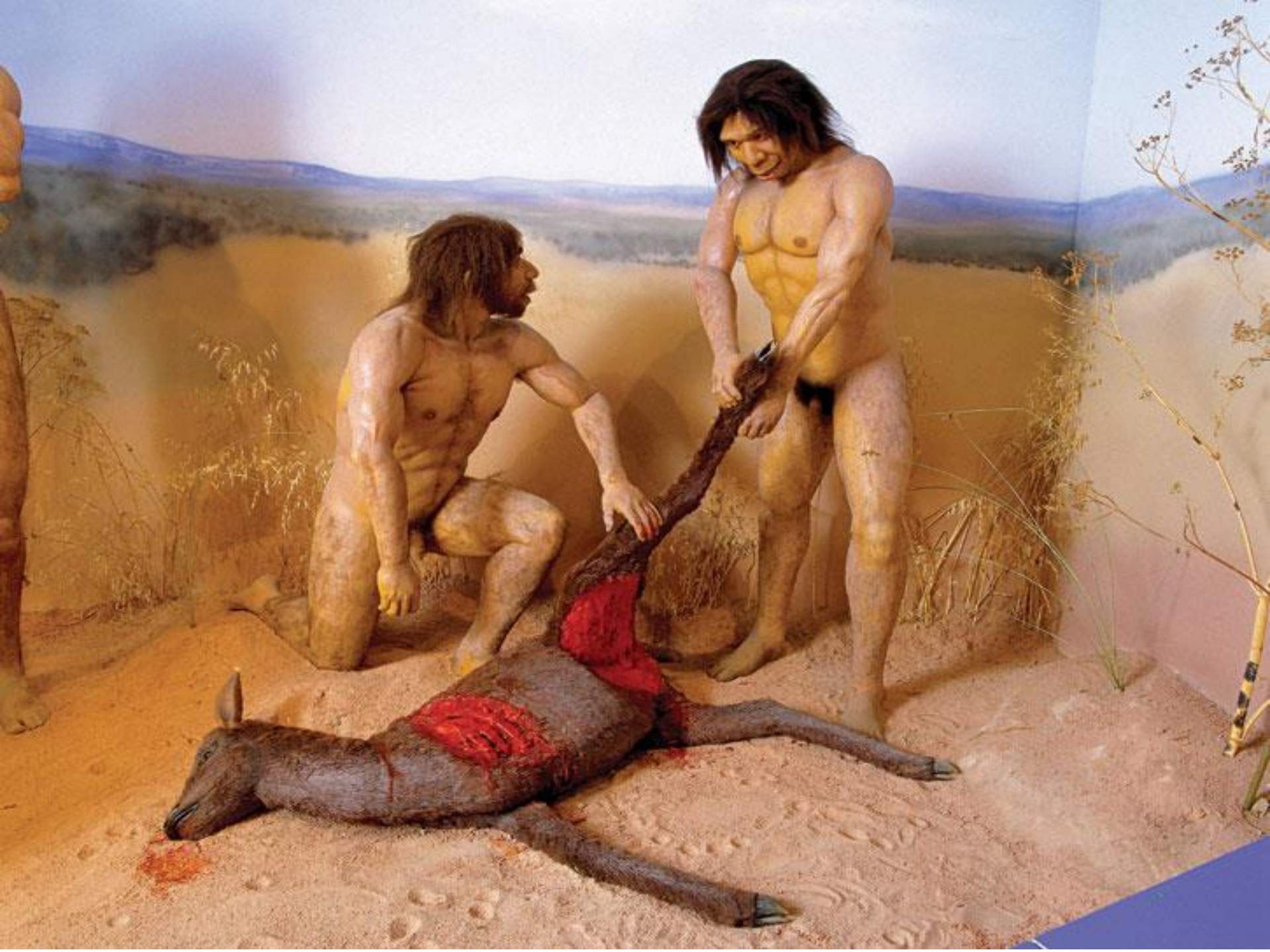
**H. ergaster**

Es la primera especie que tiene las proporciones físicas de los humanos actuales.

**H. habilis**

- En África, el *Homo ergaster* evolucionó a ***Homo antecessor***. Esta especie fue recientemente descubierta en la Sierra de Atapuerca (Burgos), con unos 800.000 años de antigüedad.













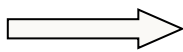




### **Australopithecus**

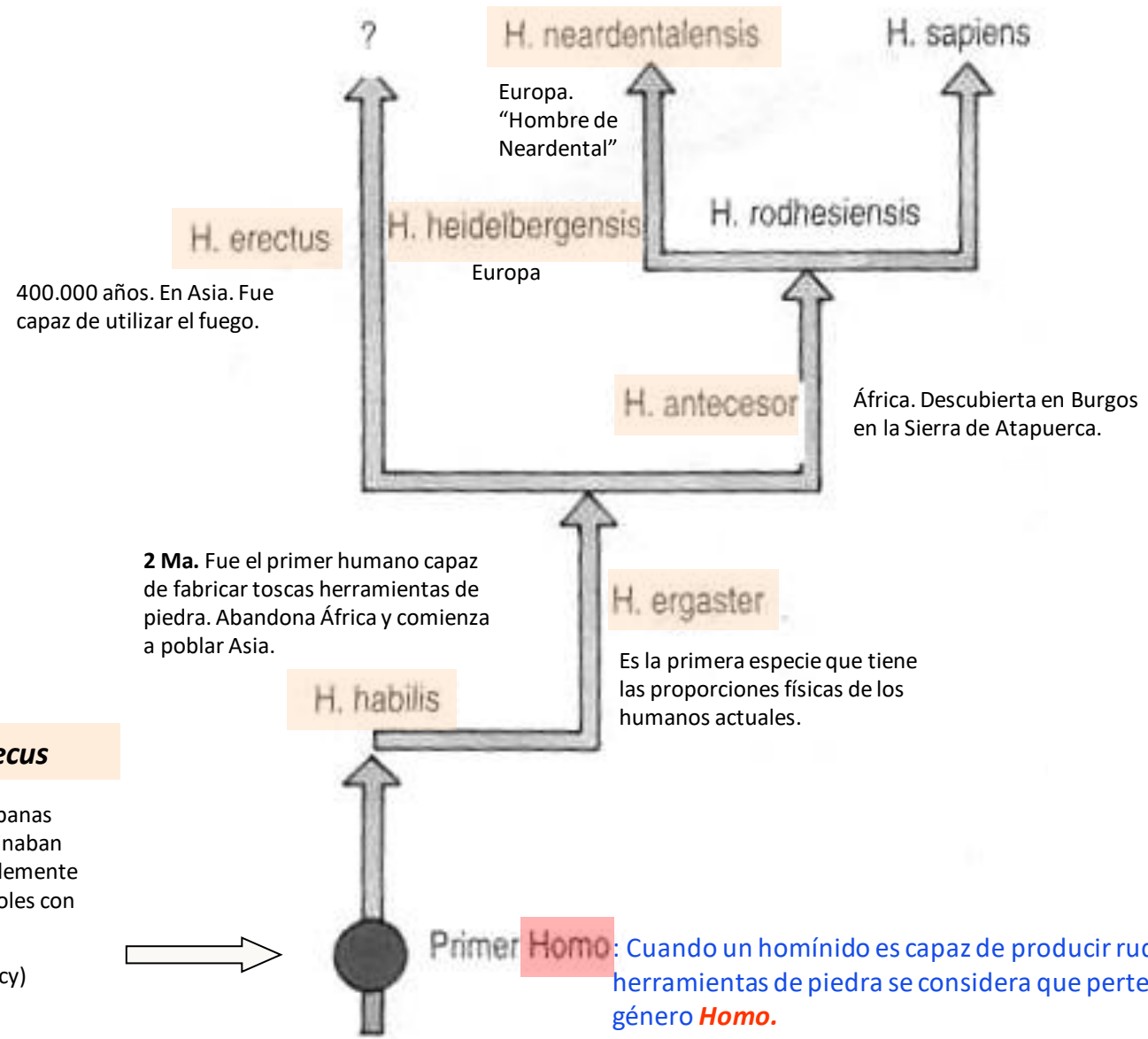
Primates de las sabanas africanas que caminaban erguidos y probablemente trepaban a los árboles con facilidad.

- **A. afarensis** (Lucy)
- **A. anamensis**

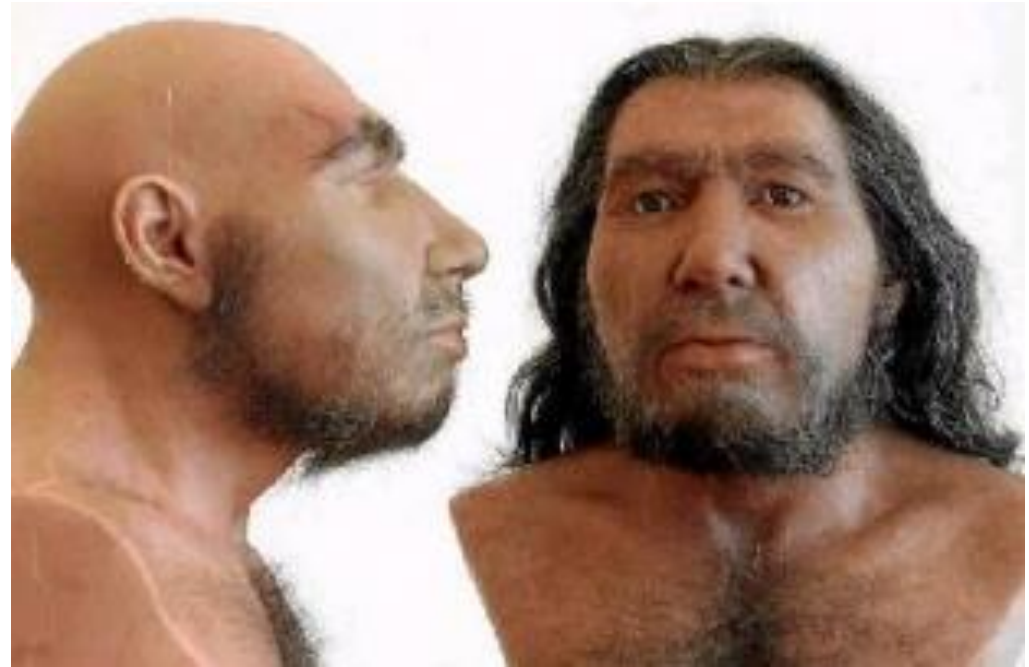


Primer **Homo**:

Cuando un homínido es capaz de producir rudimentarias herramientas de piedra se considera que pertenece al género **Homo**.



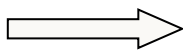
*Homo antecessor* pasó a Europa dando lugar a ***Homo heidelbergensis***, antecesor de ***Homo neanderthalensis*** (el hombre de Neandertal).



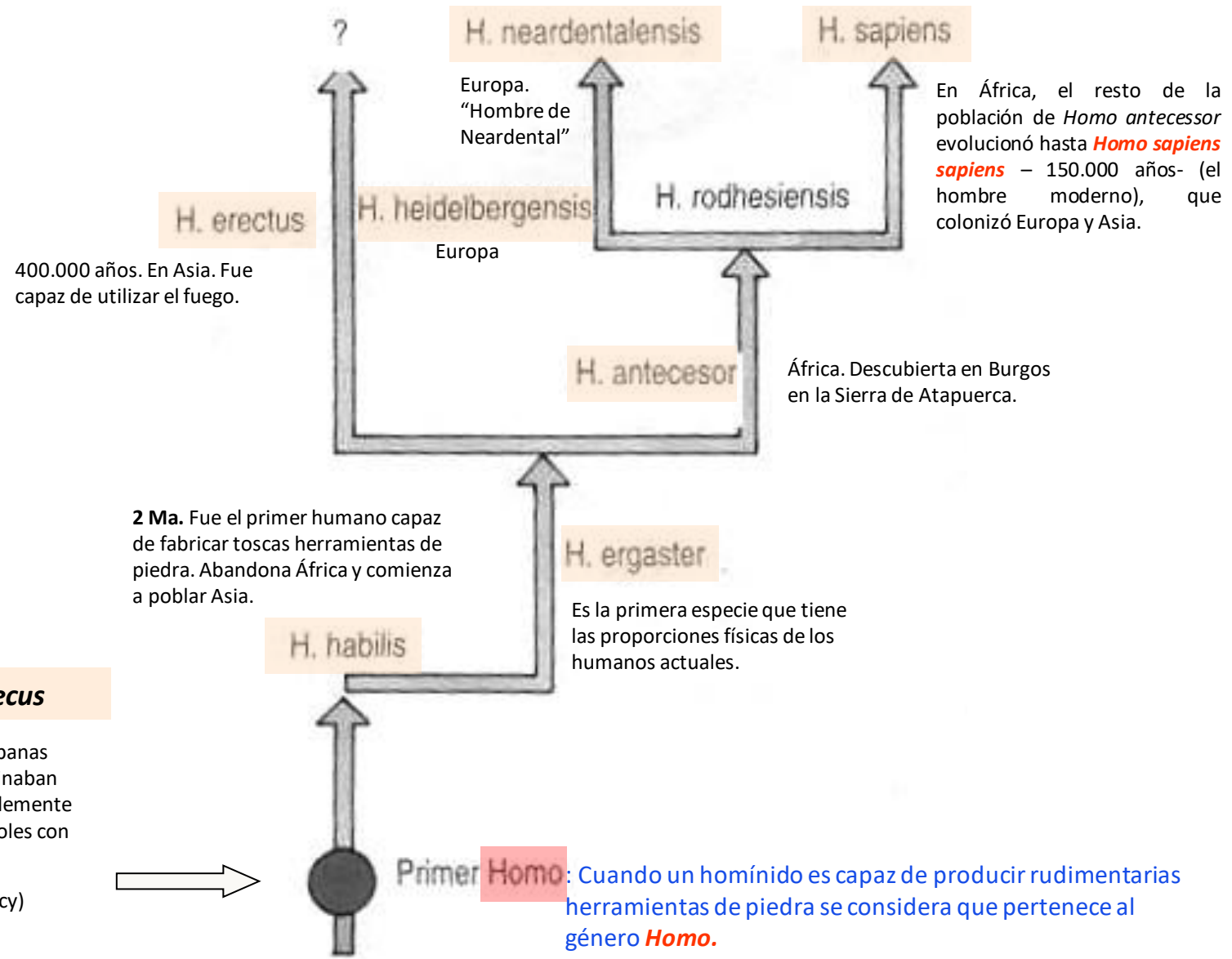
## Australopithecus

Primates de las sabanas africanas que caminaban erguidos y probablemente trepaban a los árboles con facilidad.

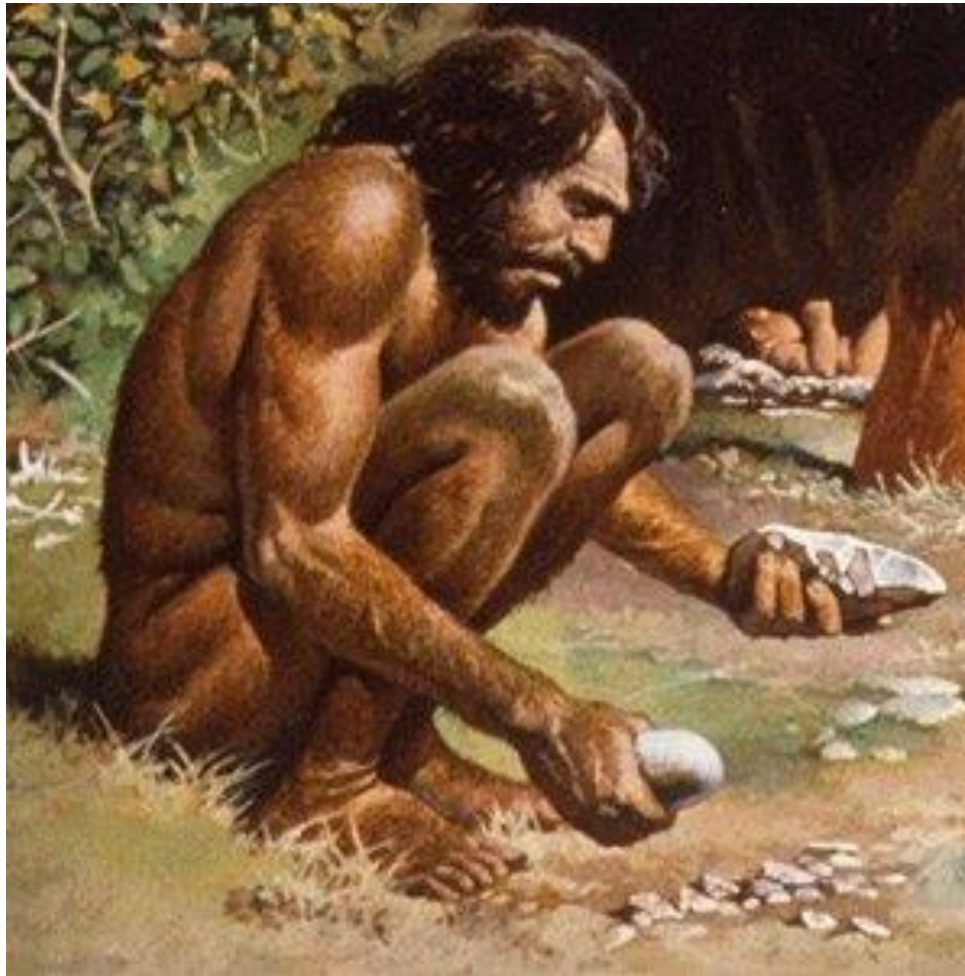
- *A. afarensis* (Lucy)
- *A. anamensis*



**Primer Homo:** Cuando un homínido es capaz de producir rudimentarias herramientas de piedra se considera que pertenece al género *Homo*.



En África, el resto de la población de *Homo antecessor* evolucionó hasta *Homo sapiens sapiens* (el hombre moderno), que colonizó Europa y Asia.

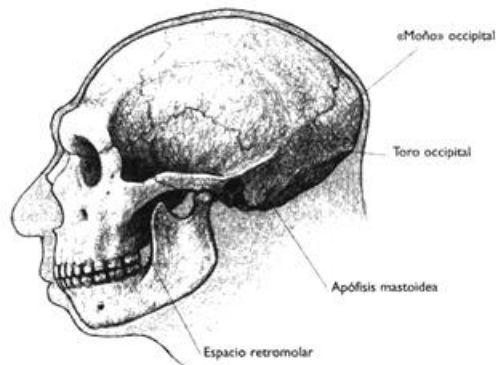


El *Homo sapiens sapiens*, llamado **hombre de Cromagnon**, apareció hace unos 150.000 años. Surgió en África pero se extendió por toda la Tierra. Los restos más antiguos se encontraron en Oriente Próximo y datan de hace unos **100.000 años**. Colonizaron Europa hace 40.000 años.

Durante muchos años el hombre de Cromagnon convivió con los neardentales pero, gracias a su mayor capacidad de supervivencia, éstos desaparecieron hace 30.000 años y actualmente el único homínido existente es el *Homo sapiens sapiens*.

Cuando hablamos de las características del hombre de Cromagnon estamos hablando de nosotros mismos. Tenemos el cuerpo más estilizado y los brazos y las piernas más largos que los neardentales y la cara más pequeña, como el *Homo antecessor*. El cerebro es grande pero las muelas son pequeñas.

**Hombre de Neardental**



**Hombre actual**



El **genoma del hombre de Neardenthal** se ha recuperado mediante la extracción de [ADN](#) de los [fósiles](#) hallados, en particular de un hueso fémur de un espécimen masculino de aproximadamente 38.000 años encontrado en la [cueva Vindija](#) en [Croacia](#) y de otros huesos encontrados en [España](#), [Rusia](#) y [Alemania](#).


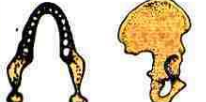
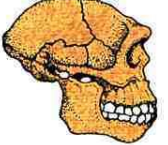

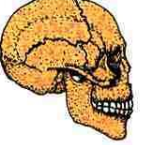



Se requiere solamente medio gramo de las muestras de hueso para diagramar la secuencia, sin embargo, ésta presentan muchas dificultades debido a la contaminación de las muestras con bacterias que colonizaron los cuerpos de los neardentales después de su muerte y otras provenientes de los humanos que manipularon los huesos durante la excavación y en el laboratorio.

El genoma del [Neardental](#) tiene aproximadamente 3,2 millones de pares base, lo cual lo hace muy similar en tamaño al del hombre moderno.

En el 2006, dos equipos de investigación trabajando sobre las mismas muestras publicaron sus resultados, el equipo de Green en la revista *Nature*, y el equipo de Noonan en la revista *Science*. Los resultados han sido recibidos con gran escepticismo, principalmente con respecto al asunto de un posible cruce del neardenthal con el humano moderno. El gen del habla [FOXP2](#), el cual se encuentra en los humanos modernos, también fue encontrado con las mismas mutaciones en los especímenes de [El Sidrón](#) 1253 y 1351c, sugiriendo que los neardentales habrían compartido con los humanos modernos las mismas facultades básicas del lenguaje.

En febrero de 2009, un equipo de investigación dirigido por el genetista [Svante Paabo](#) del [instituto Max Planck de la Antropología Evolucionaria](#), anunció que había completado el primer borrador del genoma neardenthal, lo cual cubre cerca del 63% de la totalidad de los pares. Los nuevos resultados sugieren que los neardentales adultos sufrían intolerancia a la lactosa. Sobre el interrogante de si algún día sería posible clonar un Neardenthal, Paabo dijo que partiendo del ADN extraído de un fósil siempre será imposible.

### Características generales de los homínidos

Género o especie	<i>Australopithecus</i>	<i>Homo habilis</i>	<i>Homo erectus</i>	<i>Homo neanderthalensis</i>	<i>Homo sapiens sapiens</i>
Cronología	3,7-1 millones de años	2,5-1,3 millones de años	1,5 millones a 100000 años	100000 a 35000 años	40000 años a la actualidad
Anatomía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frente nula</li> <li>• Arcos ciliares</li> <li>• Prognatismo</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semejante pero con mayor capacidad craneana</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos prognatismo</li> <li>• Sin cambios importantes</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin cambios importantes</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frente</li> <li>• Sin arcos ciliares</li> <li>• Sin prognatismo</li> <li>• Sin cambios importantes</li> </ul> 
Locomoción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bípeda, no erguida</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bípeda, erguida</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bípeda, erguida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bípeda, erguida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bípeda, erguida</li> </ul>
Estatura	1,10-1,5 m	0,90-1,80 m	1,70 m	1,55 m	1,65 m
Capacidad craneana	450 cm <sup>3</sup>	750 cm <sup>3</sup>	1 000 cm <sup>3</sup>	1 500 cm <sup>3</sup>	1 400 cm <sup>3</sup>
Modo de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omnívoros</li> <li>• No conocían técnicas para cazar</li> <li>• Se desplazaban por las sabanas en busca de alimento</li> <li>• Vivían en África oriental y austral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza cantos y lascas </li> <li>• Cazador</li> <li>• Organización del espacio habitado</li> <li>• Vivían en África</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza cantos y lascas</li> <li>• Talla la piedra</li> <li>• Domina el fuego</li> <li>• Cazador</li> <li>• Organización del espacio al aire libre o en cuevas</li> <li>• Vivían en África, Asia y Europa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabrica hojas de cuchillo y puntas de flecha</li> <li>• Entierra a los muertos (sentimiento religioso)</li> <li>• Algunos practican canibalismo</li> <li>• Vivían en África, Asia y Europa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabrica útiles de caza, decorativos y domésticos, con madera, hueso, asta de ciervo, marfil, etc.</li> <li>• Sentido artístico (pintura)</li> <li>• Ocupan todo el globo terráqueo</li> </ul>

## Capacidades craneales de algunos homínidos

**Australopithecus**

unos 500 cm<sup>3</sup>

**Homo habilis**

De 600 a 800 cm<sup>3</sup>

**Homo erectus**

De 850 a 1100 cm<sup>3</sup>

**Homo antecessor**

De 1000 a 1200 cm<sup>3</sup>

**Homo neanderthalensis**

De 1300 a 1600 cm<sup>3</sup>

**Homo sapiens**

De 1380 a 1450 cm<sup>3</sup>

## Las etapas de la hominización

*Australopithecus  
afarensis*

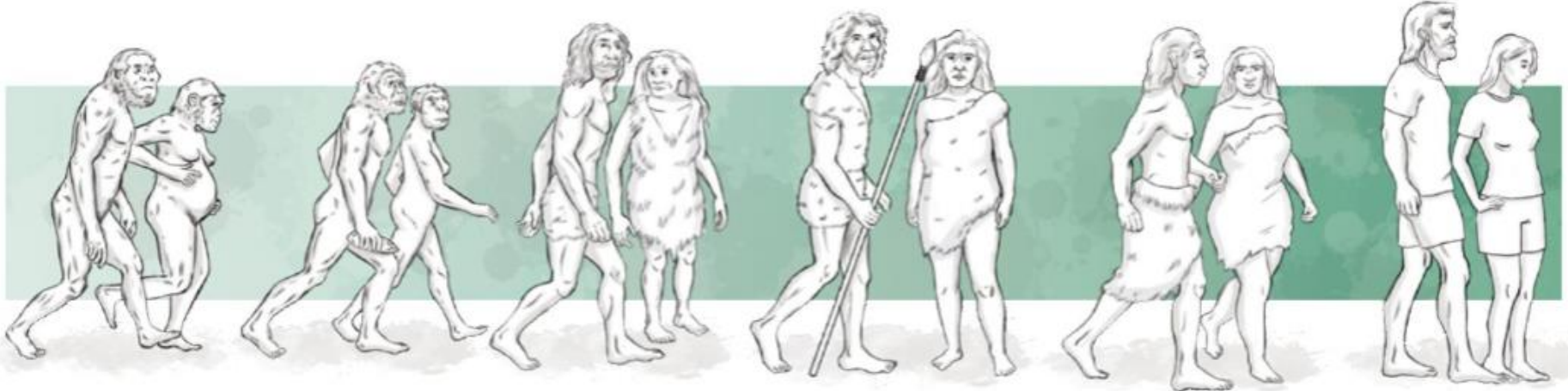
*Homo  
habilis*

*Homo  
erectus*

*Homo  
antecessor*

*Homo  
neanderthalensis*

*Homo  
sapiens*



# 6

## Las hipótesis sobre el origen de la vida

La vida apareció en la Tierra hace unos 3800 millones de años. Existen varias hipótesis que tratan de explicar el origen de la vida, que sigue siendo un misterio para la ciencia.

### 6.1 Las primeras hipótesis

#### El origen sobrenatural

A lo largo de la historia, muchas teorías sobre el origen de la vida tenían contenidos mágicos o se basaban en ideas como la posesión de un «espíritu vital» o «fuerza vital» de naturaleza desconocida o no natural.

## La generación espontánea

Descrita ya por Aristóteles, fue una creencia profundamente arraigada durante mucho tiempo.

Esta teoría defendía que la vida se originaba espontáneamente a partir de restos de materia inerte. Así, surgían moscas de la carne podrida, gusanos del fango o parásitos del sudor.

En el siglo xvii, Francesco Redi, científico italiano, demostró, **utilizando el método científico**, que en la carne podrida surgían gusanos porque previamente las moscas habían puesto huevos en ella.

Más tarde, en el siglo xix, Louis Pasteur demostró que ni siquiera los microorganismos surgen de forma espontánea, sino que se encuentran en el aire y se desarrollan sobre la materia orgánica, que les sirve de alimento. Para demostrarlo utilizó un medio de cultivo, rico en nutrientes, sin microbios y aislado del exterior.

## El experimento de Redi

Si ponemos unos trozos de carne en un frasco abierto y otros en un frasco cerrado...



... pasados unos días...



... en el frasco abierto se observan larvas y moscas alrededor...

... en el frasco cerrado no se observan ni larvas ni moscas.

## El experimento de Pasteur



A medida que el caldo se enfría lentamente, el aire del matraz se contrae, arrastrando más aire del exterior hacia dentro. Las partículas de polvo y los microorganismos se depositan en el codo del cuello.



## 6.2 La hipótesis de Oparin y Haldane

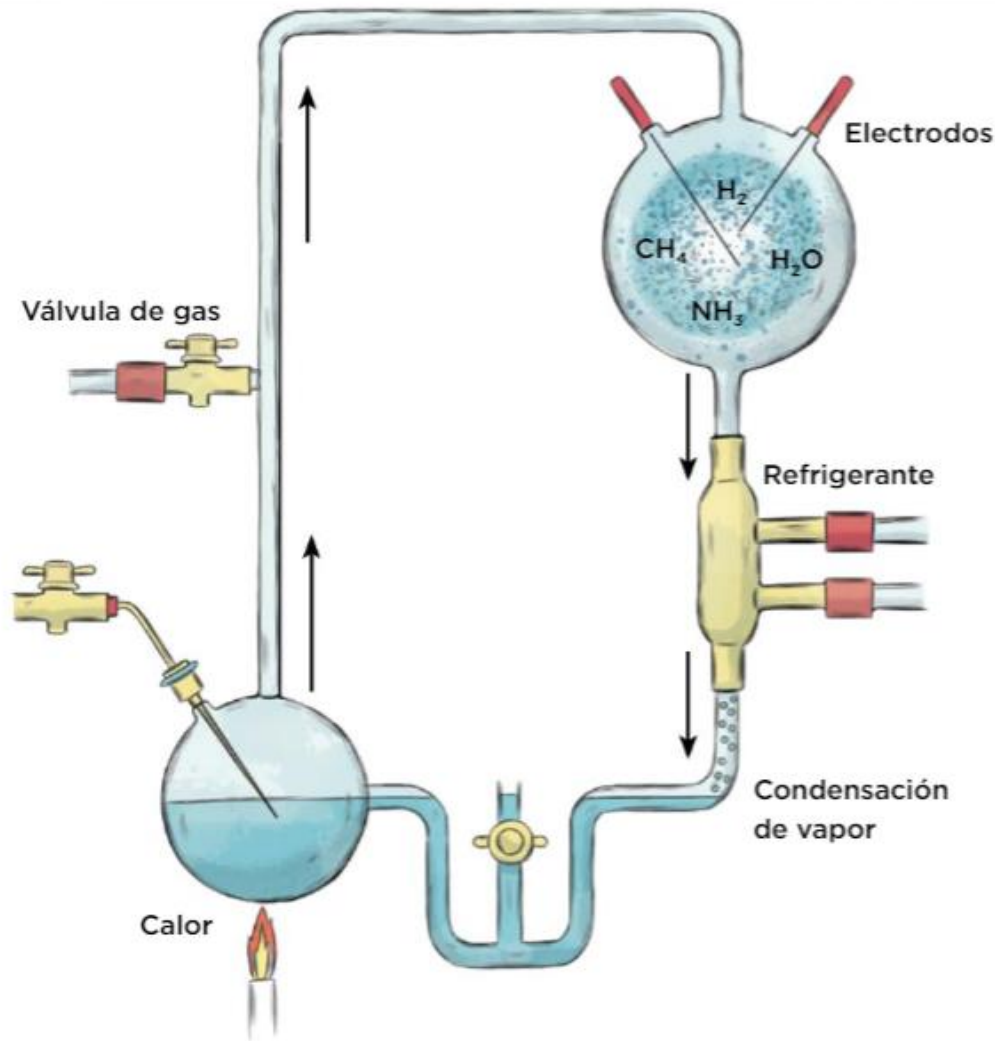
En la década de 1930, dos científicos, el ruso **Alexander Oparin** y el inglés **Jonh Haldane**, propusieron que la vida surgió, tras un largo período de evolución bioquímica, a partir de moléculas inorgánicas.

Según su hipótesis, las biomoléculas se pudieron formar por reacciones químicas entre los gases de la **atmósfera primitiva de la Tierra**, que creyeron que estaba formada por vapor de agua ( $H_2O$ ), hidrógeno ( $H_2$ ), metano ( $CH_4$ ) y amoníaco ( $NH_3$ ). La energía para esas reacciones procedería de las radiaciones solares y de las descargas eléctricas de las tormentas. Así, se formarían azúcares sencillos, aminoácidos, ácidos grasos y nucleótidos, que caerían en los mares primitivos y formarían un «caldo primitivo». Estas moléculas sencillas interaccionarían y formarían otras más complejas, como las proteínas o los ácidos nucleicos. A medida que se hicieron más complejas, estas moléculas adquirieron la capacidad de autorreplicarse; es decir, de persistir en el tiempo creando copias de sí mismas.

En 1953, los científicos **Stanley Miller** y **Harold Urey** comprobaron experimentalmente la hipótesis de Oparin. Para ello, emplearon el dispositivo que se muestra en la ilustración inferior. En uno de los globos introdujeron una mezcla de gases similar a la que creían que tenía la atmósfera primitiva. Añadieron dos electrodos para producir descargas eléctricas a modo de relámpagos, como fuente de energía. En el otro globo imitaron el océano primitivo. Al cabo de unos días encontraron, al analizar el agua, pequeñas cantidades de aminoácidos.



## El experimento de Miller y Urey



Los científicos Miller y Urey construyeron un aparato en el que reprodujeron las condiciones que Oparin había supuesto que existían en la Tierra primitiva; es decir, una atmósfera sin oxígeno y, fundamentalmente, rica en hidrógeno, amoníaco, metano y agua.

- 1 En una cámara introdujeron los gases que formaban la atmósfera primitiva, según Oparin.
- 2 Sometieron la mezcla a descargas eléctricas con unos electrodos que simulaban la energía de los relámpagos.
- 3 Acumularon los productos de las reacciones químicas que tenían lugar en la cámara en un recipiente que imitaba el «océano primitivo».
- 4 Al extraer y analizar el líquido del «océano primitivo», observaron que se habían formado biomoléculas a partir de esos productos inorgánicos sencillos.

## 6.3 La evolución de las células

Para considerar que «existe vida», es necesario que se cumplan con una serie de requisitos:

- Estar formado por un compartimento cerrado, que sea capaz de intercambiar sustancias con el entorno.
- Tener moléculas que sean capaces de procesar sustancias en reacciones químicas de las que se puedan obtener energía y otras moléculas que permitan mantener sus propias estructuras.
- Tener moléculas que sean capaces de almacenar información para replicar todo el sistema.

Los precursores de los seres vivos eran estructuras **precelulares**, es decir, moléculas orgánicas parecidas a los glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos actuales, pero mucho más sencillas. Se cree que hace en torno a unos 3800 millones de años evolucionaron y se transformaron en las primeras estructuras que cumplían con los requisitos para poder considerarlos seres vivos formando **organismos procariotas**: las bacterias. Posteriormente, tras un proceso que duró alrededor de 2000 millones de años, surgieron las **células eucariotas**.

## Los procariontes heterótrofos

En una atmósfera sin oxígeno, las primeras células procariontes obtenían los nutrientes y la energía de la **fermentación de la materia orgánica** presente en el medio.

## Los procariontes autótrofos

Cuando la materia orgánica comenzó a escasear se produjo la muerte masiva de muchas bacterias. Sin embargo, algunas de ellas, las cianobacterias, fueron capaces de sobrevivir, ya que eran capaces de sintetizar materia orgánica mediante el **proceso de la fotosíntesis**.

Gracias a este proceso, la atmósfera empezó a enriquecerse en oxígeno. Algunos organismos procariontes quimiosintéticos comenzaron a usarlo para obtener energía en reacciones de oxidación de sustancias inorgánicas.

## Los procariontes heterótrofos aerobios

La presencia de oxígeno permitió también la aparición de organismos capaces de llevar a cabo la **respiración celular**, un proceso que es altamente efectivo para la obtención de energía.

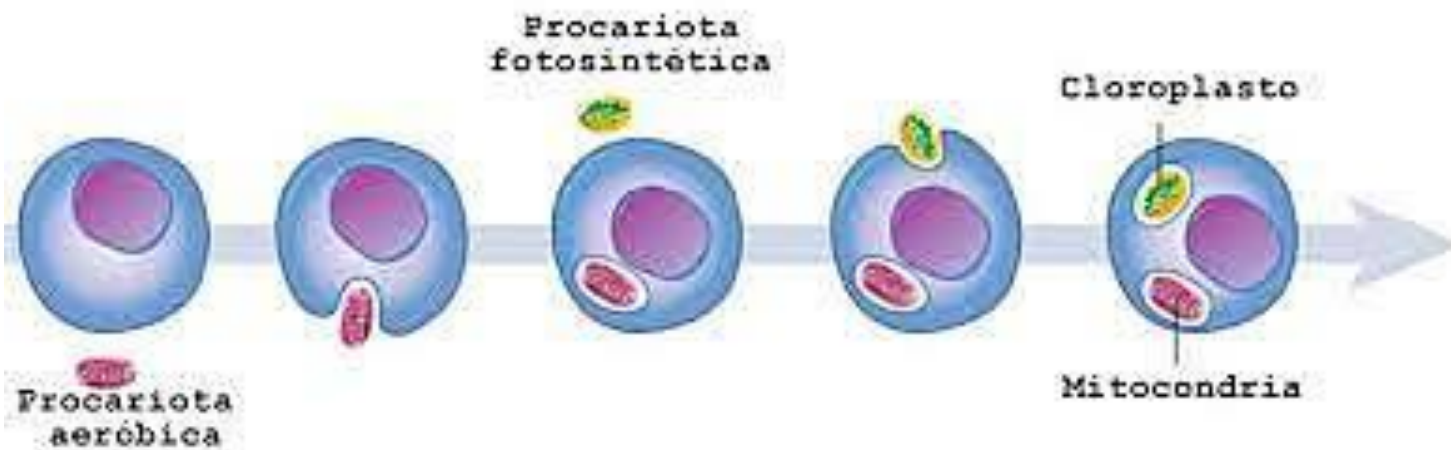
A medida que las reservas de materia del medio se fueron agotando, estos heterótrofos adquirieron la capacidad de obtener los nutrientes sintetizados por los autótrofos.

## Los eucariotas

Surgieron hace unos 1800 millones de años a partir de células procariotas. Una de las hipótesis más aceptada actualmente para explicar su origen es la denominada **teoría endosimbiótica**.

## 6.4 La teoría endosimbiótica

La teoría endosimbiótica, postulada por **Lynn Margulis** en 1967, trata de explicar el origen de las células eucariotas. Según esta teoría, algunos orgánulos de la célula eucariota, especialmente los cloroplastos y las mitocondrias, tienen su origen en organismos procariontes que habrían sido absorbidos por otro organismo, estableciéndose entre ellos una relación de simbiosis. Se cree que las mitocondrias procederían de un tipo de bacterias heterótrofas, y los cloroplastos, de las cianobacterias.



Los **principales fundamentos de esta teoría** se basan en que las mitocondrias y los cloroplastos presentan los rasgos siguientes:

- Las mitocondrias y los cloroplastos tienen un tamaño semejante al de algunas bacterias.
- Las mitocondrias y los cloroplastos tienen un ADN circular, parecido al cromosoma de las bacterias, en lugar del ADN lineal presente en el núcleo celular.
- Tanto las mitocondrias como los cloroplastos cuentan con ribosomas, semejantes a los ribosomas procariotas, que llevan a cabo su propia síntesis de proteínas.
- La presencia de doble membrana en estos orgánulos apoya la idea de que hayan entrado en la célula por fagocitosis. La membrana interna sería la original de la bacteria, y la externa, la de la vesícula que la englobó.

# La teoría de la endosimbiosis

Organismo procariota  
ameboide



Bacterias aerobias  
(respiran O<sub>2</sub>)



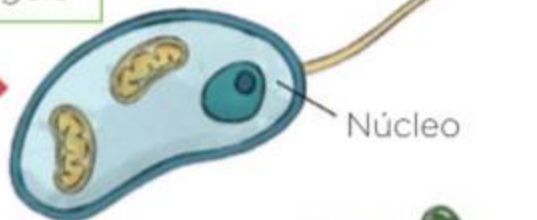
Formación  
de mitocondrias

Espiroquetas



Formación  
del flagelo

Hacia los animales



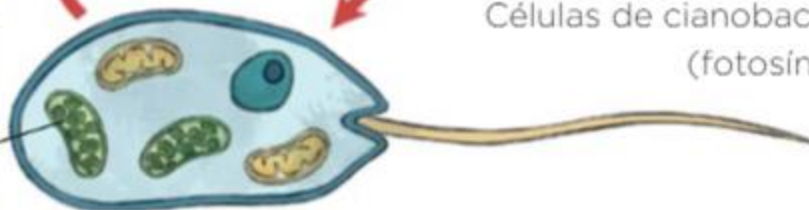
Núcleo

Hacia los vegetales

Células de cianobacterias  
(fotosíntesis)



Formación  
de  
cloroplastos



Según la teoría de la endosimbiosis (la más aceptada en la actualidad), una célula procariota de gran tamaño, anaerobia y con capacidad de fagocitosis, pudo engullir, en distintos momentos, a otras procariotas que, en vez de ser digeridas, sobrevivieron en simbiosis en el interior de su captora hasta depender de ella y acabar constituyendo diferentes orgánulos de una célula eucariota aerobia.