

# BIOLOGÍA

4º ESO

Tema 7: Origen de la vida y Evolución

[www.tipsacademy.es](http://www.tipsacademy.es)

## TEMA 7: ORIGEN DE LA VIDA Y EVOLUCIÓN

### 1. EL ORIGEN DE LA VIDA

En la antigüedad se barajaban dos ideas acerca del origen de la vida: el creacionismo, con un ente sobrenatural que originó la vida y la generación espontánea, apoyada por Aristóteles, según la cual los seres sencillos podían formarse a partir de la materia inerte de forma rápida, a partir, en algunas versiones, de un principio vital que impregnaba el ambiente. Esta idea se mantuvo durante dos milenios aunque a partir del siglo XVII se intentó rebatir. Redi demostró que las moscas no se generaban de este modo y Spallanzani, en el siglo siguiente, hizo lo propio para los microbios. La prueba en contra no se aceptó porque muchos decían que en el segundo experimento se estropeaba el principio vital por lo que fue necesario el experimento de Pasteur en el siglo XIX, usando matraces de cuello curvo y abierto donde podía circular el aire con el supuesto principio vital pero no los microbios para demostrar que estos últimos no se generaban espontáneamente y acabar con esa creencia.

Sin embargo, el problema sobre el origen de la vida en la Tierra seguía presente y en el siglo XX se plantearon dos hipótesis (no incompatibles) para explicar dicho origen. Hoy sabemos que la Tierra cuenta con 4500 millones de años de antigüedad y el universo casi tres veces esa edad, lo que da margen para que se produjera una evolución química que condujera a una generación de moléculas orgánicas y la aparición de vida a partir de la materia inerte. Las dos posibilidades son: \*Abiogénesis o síntesis prebiótica: propuesta por Oparin y Haldane que, en su versión original (caldo prebiótico) supone la formación de moléculas orgánicas sencillas a partir de complejas que fueron evolucionando hasta dar moléculas más complejas y luego las primeras células, todo ello en un medio reductor marino. Hoy sabemos que la atmósfera original no era muy reductora, por lo que se prefiere postular otros medios para la evolución, como son las fuentes hidrotermales asociadas a volcanes superficiales o a las propias dorsales, con abundancia de energía y moléculas reductoras como  $\text{CH}_4$  o  $\text{H}_2\text{S}$ .

\***Panspermia**: propuesta originalmente por el químico Arrhenius también a principios del siglo, según la cual las moléculas complejas e incluso las primeras células pudieron venir del espacio. Incluso hay quien propone (panspermia dirigida) que fueron sembradas intencionadamente por entes extraterrestres. Efectivamente hay moléculas complejas en el espacio, pero la abiogénesis también sería necesaria, luego la panspermia solo desplaza el lugar de la evolución química y otorga más tiempo para su desarrollo.

No existen pruebas directas de ninguna de ambas hipótesis pero en 1953 Urey y Miller demostraron experimentalmente que podían formarse moléculas orgánicas en condiciones como las supuestas.

### 2. EL ORIGEN DE LA BIODIVERSIDAD Y LA IDEA DE EVOLUCIÓN

Durante siglos, y apoyadas en ideas religiosas, las dos principales tendencias respecto al origen y variación de los seres vivos eran el **creacionismo** y el **fijismo**, que suponían la invariabilidad de las especies. Al principio del siglo XIX Cuvier propuso el **catastrofismo**, una variante del fijismo en la que se producían extinciones masivas seguidas de nuevas creaciones que permitían aceptar la existencia de especies fósiles sin suponer continuidad entre las mismas. No obstante, desde el siglo XVIII y a comienzos del XIX algunos autores (Buffon, Erasmus Darwin, Saint Hilaire) proponen ideas transformistas según las cuales las especies pueden cambiar y dar lugar a otras, que es la base de la idea de evolución biológica.

#### 2.1. LAMARCKISMO

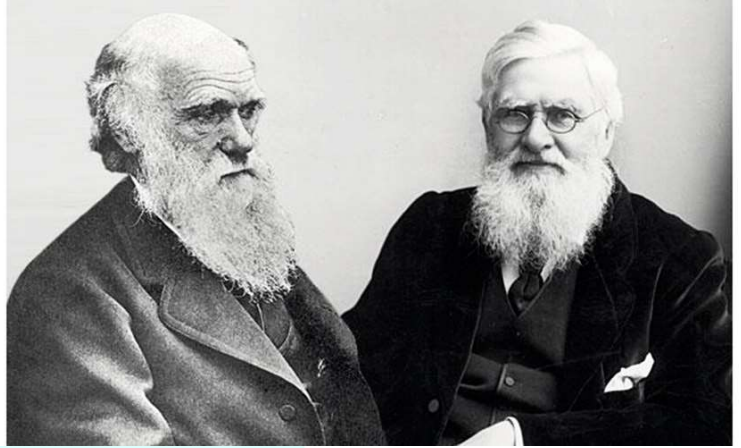
La primera teoría evolucionista consistente fue propuesta por el francés **Lamarck** en 1809, al darse cuenta de que el registro fósil mostraba una mayor complejidad de las especies actuales que en las antiguas. Su teoría se basaba en dos puntos principales: **la función crea el órgano** (ley de uso y desuso) y **la**



**herencia de los caracteres adquiridos** (las variaciones desarrolladas se transmiten a la descendencia). Por tanto, el ambiente y las acciones del individuo determinan la evolución de los descendientes. Cuvier se burló de sus teorías y Darwin, a falta de otro mecanismo de transmisión de caracteres, recurrió a la herencia de los caracteres adquiridos como posibilidad real. A finales del siglo XIX Weismann (con un experimento en que cortaba a los ratones la cola generación tras generación) demostró que los caracteres adquiridos no se heredan.

## 2.2. DARWIN Y WALLACE. LA EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL

A mediados del siglo XIX los británicos Darwin (tras su viaje alrededor del mundo en el Beagle) y Wallace (tras un viaje por Indonesia) llegaron de forma independiente a la conclusión de que la competencia entre los individuos y su adaptación al ambiente estaban en la base de la variabilidad de las especies. Ambos presentaron sus conclusiones resumidas en 1858 pero la publicación de "El origen de las especies" de Darwin al año siguiente supuso el verdadero inicio de la revolución causada por el pensamiento darwinista. Según su teoría:



- a) Existe una enorme **variabilidad** entre los individuos de cada especie y los descendientes de un organismo no son iguales a sus progenitores.
- b) Los **recursos** son limitados y las poblaciones crecen muy rápido (idea sacada del ensayo de Malthus), por tanto, se produce una **competencia** por los mismos (**selección natural**), de modo que los menos adaptados son eliminados y los de más éxito tienden a dejar más descendientes (**reproducción diferencial**) que heredan sus características modificadas.
- c) Las especies **cambian lentamente** a lo largo del tiempo (idea extraída del concepto de gradualismo de Lyell que suponía que la Tierra era muy antigua).
- d) **Todas las especies (incluido el hombre)** descienden de **otras** y están **relacionadas evolutivamente** entre sí.

Las ideas de Darwin causaron fuerte rechazo en su época, si bien fueron aceptadas pronto por la comunidad científica, si bien sus errores (como la falta de un mecanismo hereditario) hicieron que se necesitasen nuevos conocimientos para dar al darwinismo su forma actual.

El propio Darwin propuso mecanismos concretos de selección natural y aportó numerosas pruebas del proceso. Por ejemplo, justificó características aparentemente no adaptativas de los individuos de distinto sexo según la llamada selección sexual: algunos rasgos ponen en peligro la supervivencia del individuo pero mejorar sus posibilidades de reproducción. También se dio cuenta de que muchas especies evolucionan de forma coordinada con otras especies, influyendo los cambios de una en los de la otra (coevolución), como sucede entre las flores y los insectos que las polinizan.

## 2.3. PRUEBAS A FAVOR DE LA EVOLUCIÓN

Se considera a Wallace el padre de la biogeografía y Darwin propuso casi todas las pruebas evolutivas, salvo las moleculares a las que en su tiempo no había acceso.

\***Pruebas anatómicas**: la comparación de la anatomía de organismos distintos nos habla de su parentesco evolutivo.

Se llama órganos homólogos a aquellos que tienen una estructura interna común pero aspecto distinto debido a la adaptación a condiciones distintas. Son resultado de divergencia adaptativa a partir de un antepasado común. Ejemplo: la estructura interna de las alas de un ave, las aletas de un delfín o un brazo humano.

Se llama órganos análogos a aquellos que tienen una estructura interna muy distinta y, sin embargo, externamente presentan semejanzas debido a que están adaptados para una misma función. Son resultado de convergencia adaptativa entre organismos muy distintos. Ejemplo: las alas de aves, murciélagos e insectos, todas adaptadas al vuelo, o las patas de topos y grillos cebolleros, ambas adaptadas a excavar y, por ello, con aspecto semejante.

Son órganos vestigiales a aquellos que se conservan atrofiados y han perdido su función al proceder de un antecesor que sí los usaba. Ejemplos: la muela del juicio humana o los huesos de las caderas de las ballenas.

**\*Pruebas embriológicas:** en el desarrollo embrionario de los seres vivos se percibe el parentesco evolutivo. Cuanto más próximos evolutivamente más semejante es su desarrollo. En el siglo XIX el evolucionista alemán Haeckel propuso el principio de recapitulación, que hoy ya no se acepta, según el cual en el desarrollo embrionario se repetirían los cambios de la evolución. Esto es falso pero el parecido sí se percibe: los embriones de peces y mamíferos se parecen más que los adultos porque comparten características básicas comunes que aún no se han modificado. **\*Pruebas biogeográficas:** el aislamiento geográfico (y reproductor) seguido de la adaptación a condiciones particulares es responsable de la formación de muchas especies semejantes. En general, cuanto más distantes las especies más fácil es que se hagan distintas. En las islas suelen desarrollarse muchos endemismos (especies propias resultado de la adaptación al medio): Por ejemplo, los pinzones de Darwin de las Galápagos, distintos a los del continente y diversos según las islas y las adaptaciones, son un caso típico de esta diversificación. En ocasiones, por adaptación a ambientes semejantes, especies alejadas geográficamente pueden desarrollar rasgos comunes.

**\*Pruebas paleontológicas:** el estudio del registro fósil nos muestra los cambios producidos en las especies a lo largo del tiempo y, pese a ser incompleto, en ocasiones permite reconstruir las llamadas series filogenéticas que muestran la evolución de determinados taxones. Un ejemplo típico es el de la evolución de los caballos. En ocasiones aparecen fósiles transicionales que muestran formas intermedias entre grupos de seres vivos. Asimismo, en lugares donde apenas hay cambios ambientales, se llegan a encontrar fósiles muy conservados y las especies actuales que se les parecen se llaman fósiles vivientes (como, por ejemplo, el celacanto).

Ya Darwin, en su día, comparó el registro fósil con un libro al que le faltaban muchas hojas y en las conservadas le faltaban muchas palabras, dando a entender que es muy fragmentario y, en ocasiones, difícil de usar, igual que unas especies y partes de los seres fosilizan con más facilidad que otras. No obstante, poco a poco se van descubriendo más restos, así como se mejora su análisis, y la paleontología aporta una información creciente sobre la evolución. **\*Selección artificial:** en la actividad humana, la cría de plantas agrícolas, animales de ganado o mascotas reproduce a pequeña escala y en cortos periodos el proceso de evolución selectiva, por lo que es una prueba a favor del darwinismo que él mismo planteó en su día. En laboratorio se puede aplicar el mismo procedimiento de selección de individuos para realizar estudios de evolución, especialmente en especies de rápido desarrollo (como la mosca de la fruta o los ratones).

**\*Pruebas bioquímicas:** el estudio de las semejanzas y diferencias moleculares entre distintas especies permite establecer parentesco evolutivo así como calcular (en función de una estimación de la tasa a la que suceden los cambios moleculares) cuánto tiempo hace que divergieron dos grupos. Se emplean sobre todo las semejanzas de ADN (hibridación de ADN, secuenciación), semejanzas en ribosomas o las de proteínas (divergencias en la secuencia de aminoácidos en proteínas importantes y muy conservadas en la evolución: citocromos, hemoglobina).



## 2.4. ORIGEN DE LA VARIABILIDAD Y MECANISMOS EVOLUTIVOS

Darwin no pudo explicar el origen de la variabilidad pues no conocía la existencia del ADN, no sabía las leyes de la genética (aunque Mendel fue casi contemporáneo suyo y su primo Francis Galton desarrolló la biometría y técnicas estadísticas para medir las semejanzas) ni pudo imaginar la idea de mutación. Son precisamente las alteraciones del material genético (mutaciones) la fuente última de la variabilidad genética al permitir el desarrollo de nuevos genes y variantes alélicas generación tras generación. La mayor parte de ellas se producen al azar y pueden afectar de diferente modo al ADN. La reproducción sexual y los intercambios de material genético (incluso en procariotas) permiten la mezcla de dicha variabilidad, dando lugar a nuevas combinaciones de genes sujetas a selección natural. Como las variantes se mezclan dentro de una población de seres vivos de una misma especie, es dicha población (entendida como conjunto de organismos de una especie que viven en un lugar y se reproducen entre sí) la que ya Darwin propuso como unidad de evolución.

Al cambiar el tipo de alelos o su distribución en la población es cuando se producen cambios evolutivos. De este modo son mecanismos evolutivos la selección natural, la deriva genética o las migraciones. La selección natural escoge los organismos mejor adaptados y, por ello, aumenta o disminuye la proporción de determinados alelos en la población. El efecto de la deriva genética, es decir, el cambio al azar de las frecuencias alélicas en la población, es más notable cuanto menor sea el tamaño de dicha población, lo que da lugar a los llamados cuellos de botella (cuando una población se reduce mucho en ella solo quedan representados algunos de los alelos de la población global u original) y el efecto fundador (si un grupo pequeño tiene éxito, todas las características de la población resultante derivarán de las variantes alélicas del grupo original que funda la nueva población). El flujo génico, es decir, la entrada o salida de genes y alelos a una población como consecuencia de las migraciones también es un factor que modifica las proporciones génicas y, por tanto, afecta a la evolución. En general, cuanto mayor es el aislamiento (sin migraciones) más fácil es la divergencia evolutiva. Igualmente el exceso de endogamia en grupos pequeños (falta de mezcla con migrantes) puede causar la acumulación de genes defectuosos y poner en peligro el futuro de la población.

## 3. LA ESPECIACIÓN

Se llama adaptación a cualquier característica que mejore la capacidad de supervivencia y reproducción (normalmente los organismos más sanos y fuertes dejarán más descendencia) de un organismo en un entorno determinado. Las adaptaciones pueden darse a un nivel molecular, en la anatomía (cambios de órganos, formación de otros nuevos o desaparición de los antiguos, alteración en formas y tamaños, neotenia o conservación de rasgos infantiles en el adulto, modificaciones del desarrollo embrionario) o en el comportamiento de los organismos. Si el cambio es heredable afectará a la evolución. Algunas adaptaciones se deben a cambios de genes concretos y otras a combinaciones de muchos genes. Normalmente la selección es más eficaz cuando actúa sobre un solo gen, o muy pocos, y da lugar a cambios más rápidos (igual sucede en selección artificial).

Una especie es un conjunto de individuos que comparten un acervo de genes (conjunto de genes comunes que provienen de un antepasado común) y que pueden reproducirse entre sí dando lugar a descendientes fértiles y semejantes a ellos (esta definición es válida sobre todo para pluricelulares, en microbios lo principal es que se comparten los genes). Se llama especiación al proceso evolutivo de formación de nuevas especies. Se produce a nivel de poblaciones que divergen entre sí y se debe a un aislamiento reproductivo durante el cual se acumulan cambios que llevan a la formación de especies distintas que, caso de reunirse de nuevo, ya no serían fértiles entre sí (de hecho es común que se favorezcan mecanismos para evitar el apareamiento entre individuos que no dan descendencia fértil).

Se considera que existen dos tipos de especiación principales:

**\*Especiación alopátrida:** se considera el más común. Dos especies quedan aisladas por barreras geográficas que impiden su cruce y, con el paso del tiempo, acumulan tal cantidad de diferencias que, al reunirse de nuevo, ya son especies distintas y no pueden mezclarse entre sí.

**\*Especiación simpátrida:** dentro de un mismo ambiente, algunos individuos quedan aislados de los demás (buscando un nicho ecológico diferente: distinto modo de alimentación, un espacio distinto en el ecosistema), van diferenciándose dos grupos distintos y, al cabo, acumulan tantas diferencias que ya no pueden reproducirse y dan lugar a especies distintas.

Las barreras que pueden servir para provocar aislamiento reproductivo no son solo las geográficas. Entre ellas existen mecanismos que evitan el apareamiento (los grupos pueden reproducirse en distinta época, desarrollan conductas o rituales de cortejo que son distintos y no son reconocidas por el otro grupo, ocupan nichos distintos y ello reduce sus encuentros dentro del ecosistema o desarrollan, con el tiempo, diferencias anatómicas que impiden el apareamiento), mecanismos que impiden la fecundación si hay apareamiento (los gametos no pueden unirse entre sí, es el llamado aislamiento gamético) o el cruce da lugar a híbridos estériles o con fertilidad reducida (caso de las mulas). Como evitar el apareamiento reduce los costes de una posible interacción, la evolución favorece los mecanismos que impiden cualquier acercamiento para que no haya fecundación.

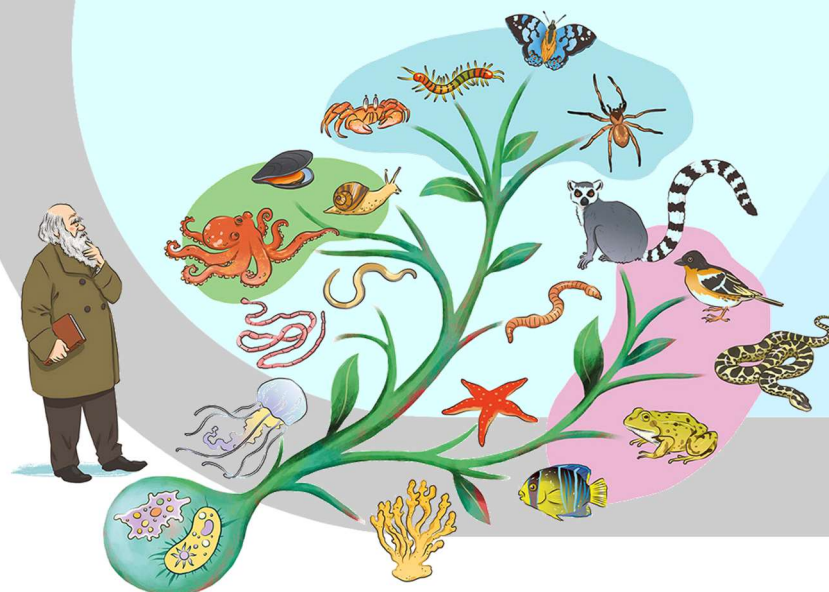
A lo largo del tiempo hay ocasiones en que se producen la aparición o desaparición masiva de especies. La desaparición masiva de especies es propia de los fenómenos de extinción, asociados en general a sucesos catastróficos (extinciones masivas del registro fósil: fin del Pérmico, fin del Cretácico). Normalmente, cuando el ambiente recupera unas condiciones adecuadas se produce la aparición masiva de especies en un fenómeno de radiación adaptativa: los supervivientes ocupan todos los nichos ecológicos posibles lo que lleva a la formación de numerosas especies en un corto intervalo de tiempo (así sucedió con los mamíferos tras la extinción de los dinosaurios).

## 4. MODIFICACIONES DEL DARVINISMO

En la actualidad se han desarrollado modelos evolutivos que, aceptando las premisas del darvinismo, han intentado completar sus lagunas y dar peso a ciertos factores que antes no se tenían en cuenta. Las principales son el neodarwinismo o teoría sintética de la evolución, el neutralismo, el equilibrio puntuado, la simbiogénesis o la teoría del gen egoísta.

**\*La teoría sintética o neodarwinismo** es la actualización de las teorías de Darwin a la luz de los descubrimientos del siglo XX en genética, bioquímica y el desarrollo de la llamada genética de poblaciones. Fue desarrollada por diversos autores, como Dobzhansky, Huxley, Simpson, Mayr. Se basa en varios puntos: la selección natural es el principal mecanismo evolutivo y opera a nivel de poblaciones, las mutaciones son fuente de variabilidad que se mezcla en la reproducción sexual, los caracteres adquiridos no se heredan, tiene en cuenta la importancia de la deriva y las migraciones, considera la evolución un proceso gradualista aunque acepta que el ritmo de cambio no es constante.

**\*El neutralismo** fue propuesto por el japonés Kimura y sostiene que la mayor parte de las mutaciones (al menos a nivel molecular y debido tanto a la degeneración del código genético, la no variación de proteínas mutadas o la abundancia del ADN no codificante) no son adaptativas, luego son neutras respecto a la selección natural, y su fijación depende sobre todo del azar. Ahora bien, la neutralidad de una variación no tiene por qué ser permanente y se acepta que los genes selectivos son motor de cambio y



pueden arrastrar a otros genes (como los ligados) en el cambio evolutivo.

\***El equilibrio puntuado o puntuacionismo**, propuesto por los paleontólogos Gould y Eldredge hace hincapié en que los cambios evolutivos pueden no ser graduales (al menos desde el punto de vista paleontológico) sino que se suceden periodos de cambios bruscos (no tiene por qué haber formas intermedias), otros más graduales y otros de estasis en los que las especies se mantienen estables sin variar.

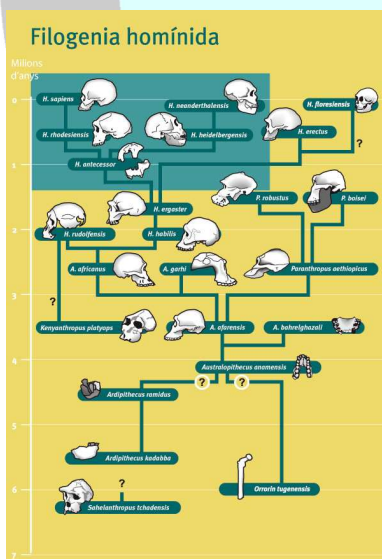
\***La idea del gen egoísta**, popularizada por Dawkins, señala el detalle de que, desde un punto de vista molecular, son los genes los que se transmiten, cambian o se extinguen por lo que, aunque la evolución se produce a nivel de población, para los genes los organismos portadores son recipientes que los contienen en mezcla con muchos otros pero los propios genes deben buscar estrategias para transmitirse.

\***La simbiogénesis de Lynn Margulis** propone que en la evolución también intervienen procesos de colaboración interespecífica con transferencia de genes, orgánulos y hasta el propio genoma con asociación de organismos diferentes para formar bruscamente otros nuevos. Sería el caso de los líquenes (hongo más alga) y de orgánulos como mitocondrias y plastos que provienen de bacterias que fueron asimiladas por la primitiva célula eucariota (endosimbiosis seriada), formando rápidamente organismos eucariotas modernos.

## 5. EVOLUCIÓN HUMANA

El ser humano moderno es también resultado de la evolución. Ya lo indicó Darwin en su obra "El origen del hombre", publicada tras su obra principal. Desde entonces se ha estudiado su filogenia así como los mecanismos que han conducido al proceso de hominización. El pariente vivo más próximo de los humanos es el chimpancé y las diferencias entre ambas especies deben explicarse por procesos evolutivos. Se acepta que el ser humano evolucionó en África a partir de simios arborícolas como resultado del cambio climático que transformó selvas en sabanas. Se consideran rasgos humanos básicos el bipedismo o el aumento de las capacidades intelectuales. El bipedismo se desarrolló como adaptación a la vida en la sabana y que vino acompañado de cambios en la columna vertebral y su conexión al cráneo (de donde provienen buena parte de los problemas articulares y de espalda de los humanos actuales) o la forma de manos, pies y caderas. La marcha bípeda consume menos energía, reduce la insolación en ambientes expuestos, permite una mejor visión del horizonte y, al dejar las manos libres, permitió utilizarlas como herramienta de precisión (pulgar oponible).

El aumento de la capacidad craneana fue necesario para realizar tareas complejas y la socialización así como para desarrollar un lenguaje articulado. Lo acompañaron cambios en el cráneo y, en la dentición (menos piezas y más pequeñas, muelas del juicio), asociados a modificaciones en la dieta (caza, recolección) y, con la aparición del fuego y el cocinado, se pudo obtener más cantidad de energía de los alimentos, lo que se considera necesario para suministrar la energía extra que un cerebro voluminoso requiere. Se cree que algunos rasgos son resultado de neotenia.



### 5.1. FILOGENIA HUMANA

Con nuestros parientes actuales más próximos, los grandes simios, formamos parte de la familia homínidos. Hace unos 7 millones de años se inició la divergencia entre ambos grupos coincidiendo con grandes cambios en el clima de África.

El árbol genealógico humano es bastante complejo puesto que existen muchos fósiles de diferentes ramas, casi siempre fragmentarios, y algunas especies no son bien conocidas, ni en su anatomía ni en su parentesco. No obstante, existen algunas especies bien asentadas entre las que se supone parentesco. Un árbol simplificado podría ser el siguiente (aunque excluye muchas ramas y varias especies muy antiguas recientemente descritas):

*H. antecessor*

*H.neanderthalensis*

*Australopithecus*

*Homo habilis*

*H.erectus*

*H. sapiens*

El hombre moderno surgió en África hace unos 200000 años y se extendió rápidamente por todo el mundo. Aunque se mezcló en cierta medida con otras especies locales, finalmente todos los demás homínidos se extinguieron.