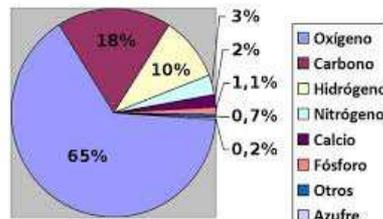
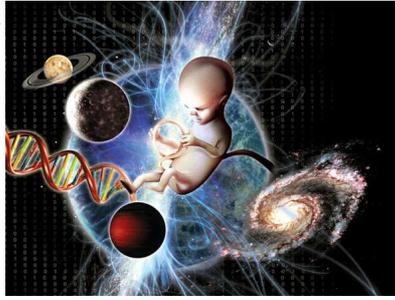


## 2 El origen de la vida y el origen del ser humano

1. La receta de la vida (C, H, O, N)
2. Definiendo la vida
3. El Origen de la vida
4. La evolución y sus pruebas
5. Como explicamos la evolución
6. Extinciones
7. El origen del ser humano



Porcentaje de los átomos más abundantes en los seres vivos



Huellas dejadas en Laetoli (Tanzania) por los *Australopithecus afarensis* hace unos tres millones de años.

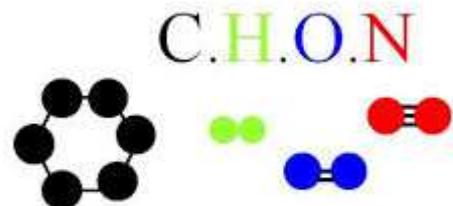
Un puñado de tierra contiene millones de seres vivos: la Tierra hierve de vida.

El personaje literario del doctor Frankenstein, que creó un monstruo a partir de restos humanos y consiguió infundirle vida, se ha convertido en un ejemplo clásico de la obsesión de la humanidad por comprender la frontera entre lo animado y lo inanimado.



### Para comenzar:

- ¿Cómo pudo originarse la vida?
- ¿Cómo evolucionó la vida en la Tierra? ¿Qué procesos llevaron a la aparición del ser humano?
- ¿Qué procesos llevaron a la aparición del ser humano?
- ¿Qué probabilidades hay de que exista vida fuera de nuestro planeta?



# 1. La receta de la vida (C, H, O, N)

Los seres vivos que pueblan el planeta son muy diferentes entre sí, pero todos tienen en común una organización interna. Son capaces de reproducirse y necesitan energía para realizar sus funciones vitales.

## 1.1 ¿De qué está hecha la materia viva?

De los 90 elementos químicos que se encuentran en la naturaleza, solo unos veinte forman parte de los seres vivos.

Parece claro que la materia viva no está compuesta por los elementos más abundantes en la corteza terrestre como, por ejemplo, el silicio y el aluminio, sino que los elementos que la constituyen de forma mayoritaria son el hidrógeno, el oxígeno y el carbono. El hidrógeno y el oxígeno se encuentran fundamentalmente como agua.

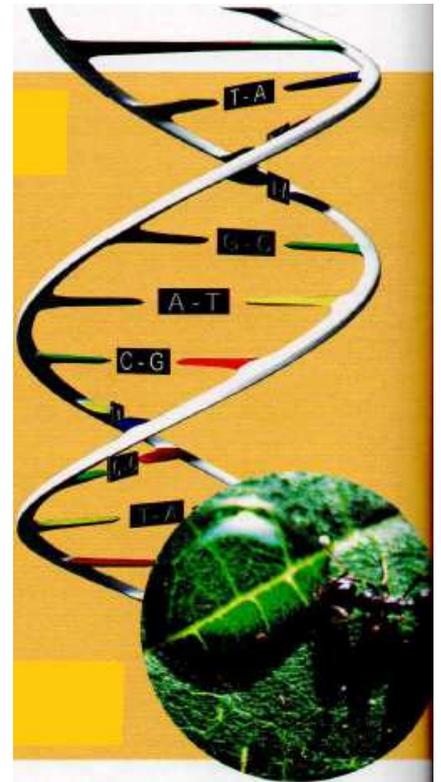
Pero ¿por qué el agua (H<sub>2</sub>O) y el carbono (C) constituyen el 98% de nuestro organismo?

### El agua: un buen disolvente

Se ha discutido mucho si el agua es imprescindible para la vida; pero, hasta donde sabemos, ninguna sustancia conocida podría suplirla. En los seres vivos se producen reacciones químicas continuamente. Para que estas reacciones se lleven a cabo hace falta un disolvente: el agua. Por eso el agua es fundamental para la vida y una gran parte de los seres vivos es agua.

### La estructura del carbono

La gran ventaja del carbono es que este átomo puede formar cuatro enlaces y dar lugar a muchas y muy distintas moléculas diferentes de cadena muy larga, que formarán millones de compuestos con interesantes propiedades químicas. Entre ellos, todas las moléculas esenciales para la vida: los glúcidos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. El nitrógeno también es un elemento fundamental, ya que con él se construyen las proteínas. Gracias al agua se llevan a cabo las reacciones químicas necesarias para los seres vivos.



- El carbono es fundamental en la molécula de ADN y esencial para la vida.
- Gracias al agua se llevan a cabo las reacciones químicas necesarias para los seres vivos.

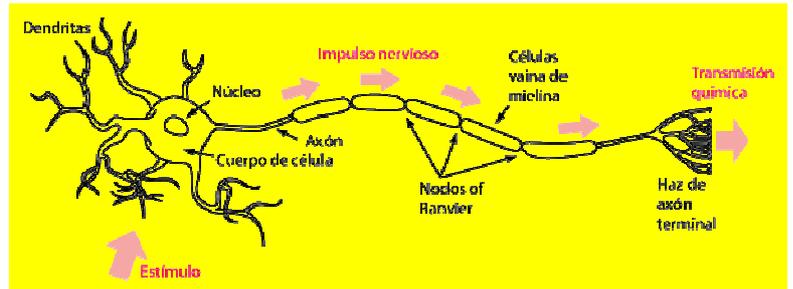
El resto de los elementos de nuestro cuerpo se encuentran en él en cantidades muy reducidas. Pero, a pesar de la pequeña proporción de estos otros elementos, sin ellos no podríamos vivir. Por ejemplo:

• Sin **hierro** no seríamos capaces de fabricar la hemoglobina de nuestra sangre.

• Sin **selenio** nuestro hígado dejaría de funcionar.

• El **azufre** es un componente esencial del pelo y las uñas.

• Sin **potasio** los impulsos nerviosos se interrumpirían.



**EXPERIMENTO CLAVE**

**¿De qué está hecha una manzana?**  
A través de un experimento sencillo una simple manzana nos puede contar qué compuestos contiene la materia viva y en qué proporción. Observa la siguiente experiencia:

**Figura 2.4.** Cortamos una manzana de 200 g y la metemos en el horno a 100 °C durante dos o tres horas. A esa temperatura la manzana perderá el agua que contiene.

**Figura 2.5.** Al sacarla del horno, pesamos la manzana desecada: pesa 30 g. Esto significa que el 85% de la manzana era agua. ¿Qué queda en estos 30 g?

**Figura 2.6.** La manzana desecada se trocea y se pone al fuego dentro de un Erlenmeyer tapado para que no arda en contacto con el oxígeno. Al cabo de un rato, se observa condensación de agua (hidrógeno y oxígeno) en las paredes del Erlenmeyer.

**Figura 2.7.** Los 10 g carbonizados se ponen al fuego en un crisol, y en contacto con el aire el carbono reacciona con el oxígeno produciendo CO<sub>2</sub>. Por tanto, los 30 g contenían básicamente compuestos hechos de H, O y C.

Al final quedan 10 g de manzana carbonizada (no quemada), que es fundamentalmente carbono (C).  
¿De dónde sale el agua si la manzana estaba perfectamente desecada?  
Pues del hidrógeno y el oxígeno que forman la mayoría de los compuestos que constituyen la manzana.

El residuo de cenizas de 2 g está formado por otros elementos, como el nitrógeno, el calcio, el fósforo o el potasio, que forman parte de las sales minerales.

**Conclusión**  
Composición de la manzana (porcentaje en peso)  
Agua (H<sub>2</sub>O): 85%; glúcidos (compuestos de C, H y O): 14%; sales y otros elementos (N, K, Mg, Ca, etc.): 1%.

**ACTIVIDADES**

1. Observa la tabla adjunta y justifica el alto porcentaje de agua que hay en muchos seres vivos.

Ser vivo	% agua
Medusa	99
Tomate	95
Manzana	85
Ser humano	70
Algunos insectos	40

- Indica para qué sirven los cuatro elementos químicos más abundantes en los seres vivos. Y los menos abundantes? ¿Qué funciones desempeñan el hierro, el azufre, el calcio y el potasio?
- ¿Por qué se pueden construir moléculas de cadena muy larga con el carbono?

## 1.2 Energía para la vida

Además de **materia**, **la vida necesita energía** y la **obtiene** a partir de reacciones químicas en las que interviene materia orgánica, la cual se ha fabricado fundamentalmente en un proceso denominado **fotosíntesis** que realizan los vegetales, las algas y algunas bacterias.

De la **materia orgánica sintetizada en la fotosíntesis (glúcidos)** se obtiene la energía necesaria para la vida en un proceso denominado **respiración celular**.

Dependiendo de dónde obtienen la materia orgánica, los organismos se pueden clasificar en dos tipos: **autótrofos y heterótrofos**.

**INFORMACIÓN CLAVE**

**Autótrofos fotosintéticos**

Son los organismos que fabrican materia orgánica a partir de materia inorgánica (sales minerales, agua y otras sustancias) y energía solar (► Figura 2.8).

La reacción clave es:

$$6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + \text{energía solar} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$$

materia: inorgánica → materia orgánica



**Figura 2.8.** Además de la fotosíntesis (solo de día), para obtener energía las plantas realizan la respiración celular (día y noche), cuya reacción es:

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + \text{energía}$$

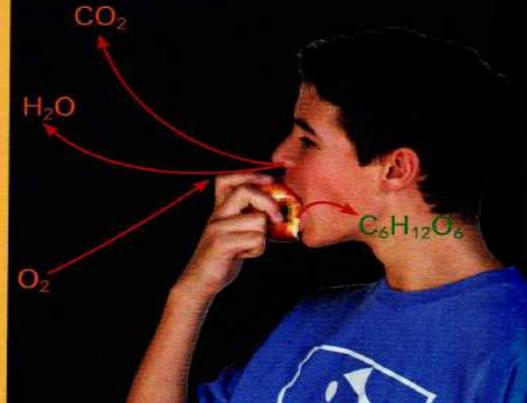
**Heterótrofos**

Son los organismos que se nutren de materia orgánica previamente elaborada por los organismos autótrofos (► Figura 2.9).

La reacción clave es:

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + \text{energía}$$

glucosa



**Figura 2.9.** Obtenemos la energía que necesitamos para la vida de la materia orgánica (en este caso, la manzana) que ha elaborado una planta gracias a la fotosíntesis.

La mayoría de los seres vivos utilizan el oxígeno para extraer la energía de la materia orgánica sintetizada (autótrofos) o adquirida (heterótrofos). Sin embargo, algunos tipos de bacterias pueden obtenerla a partir de reacciones con otros elementos y compuestos, como el hidrógeno o los sulfuros que emiten los volcanes: son los **organismos quimiosintéticos**.

## 2. Definiendo la vida

Los científicos llevan mucho tiempo preguntándose qué es la vida, pero ni siquiera se han puesto de acuerdo en una definición. Hemos seleccionado seis definiciones de famosos científicos:

<b>CHRISTIAN DE DUVE</b>  Bioquímico, Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1974. “ La vida es <b>desequilibrio.</b> ”	<b>CARL SAGAN</b>  Astrofísico. “ La vida es una región donde <b>se incrementa el orden</b> en ciclos movidos por un <b>flujo de energía.</b> ”	<b>ROBERT SHAPIRO</b>  Bioquímico. “ Una zona separada del medio, que incluya una fuente de energía, que <b>se adapte al medio y evolucione</b> , y que sea capaz de reproducirse. ”
<b>CHRIS MCKAY</b>  Astrobiólogo. “ La vida es <b>información y ADN replicable</b> (mediante proteínas) al abrigo de una <b>membrana.</b> ”	<b>LESLIE ORGEL</b>  Bioquímico. “ La vida es un objeto complejo que contiene <b>información, se reproduce y evoluciona</b> por selección natural. ”	<b>FRANCIS CRICK</b>  Bioquímico, Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1962 por su descubrimiento del ADN. “ Por lo complicada que es, casi un <b>milagro.</b> ”

Además de materia y energía, la vida necesita utilizar diversos mecanismos para adaptarse a las variaciones de las condiciones ambientales y para cambiar. A esto se le denomina **evolución.**

## ACTIVIDADES

4. Lee el siguiente texto que aparece en el libro Cosmos de Carl Sagan y argumenta si el fuego es un ser vivo o no.

*Después de la tormenta hubo un chisporroteo y un crujido en el bosque cercano. Fuimos a ver qué pasaba. Había una cosa brillante caliente y movediza, amarilla y roja. Nunca habíamos visto cosa semejante. Ahora le llamamos "llama". Tiene un olor especial. En cierto modo es una cosa viva. Si se le deja come plantas y brazos de árboles, incluso árboles enteros. Es fuerte. Pero no es muy lista. Cuando acaba toda su comida se muere. Es incapaz de andar de un árbol a otro a un tiro de lanza si no hay comida por el camino. No puede andar sin comer. Pero allí donde encuentra mucha comida crece y da muchas llamas hijas.*

*Uno de nosotros tuvo una idea atrevida y terrible: capturar la llama darle un poco de comer y convertirla en amiga nuestra. Encontramos algunas ramas largas de madera dura. La llama empezó a comérselas, pero lentamente. Podíamos agarrarlas por la punta que no tenía llama. Si uno corre deprisa con una llama pequeña, se muere. Sus hijos son débiles. Nosotros no corrimos. Fuimos andando deseándole a gritos que fuera bien. "No te mueras decíamos a la llama. Los cazadores nos miraban con ojos asombrados.*

5. ¿Basta con combinar los ingredientes de la materia viva y proporcionarles energía para obtener vida?

### 3. El origen de la vida

La **vida** es un fenómeno complejo, que **requiere muchos y precisos equilibrios**. Buceemos hacia el pasado remoto de la Tierra para ver si podemos comprender cómo los sistemas vivos pudieron surgir en nuestro planeta.

#### 3.1 ¿De dónde procede el carbono?

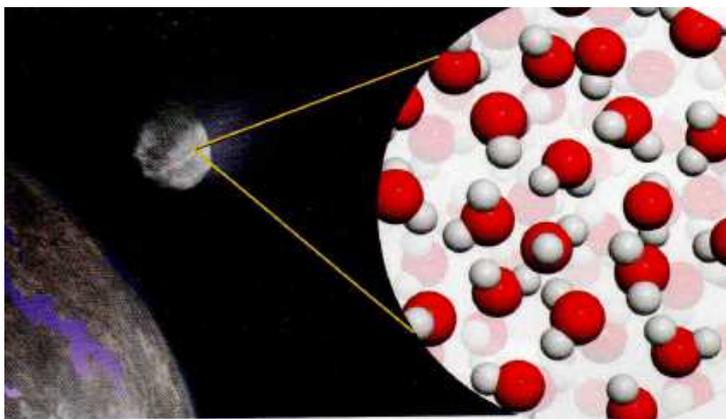
Ya sabemos que el **carbono es un elemento básico para la vida**. La **nebulosa a partir de la cual se formaron la Tierra y los demás cuerpos del sistema solar** contenía cierta proporción de carbono. Cuando se condensó **nuestro planeta**, incorporó parte de este. En la corteza constituye el 0,19 %, pero la parte del planeta más rica en carbono (cincuenta veces más que la corteza) es la **biosfera**, la zona superficial de nuestro planeta formada por la materia viva. **¿Cómo se ha producido esa concentración en los seres vivos?** Los **volcanes y fumarolas** emiten carbono procedente del interior, en forma de  $\text{CO}_2$  que, en parte, es fijado por las plantas y las bacterias fotosintéticas. De estos organismos pasa al resto de las cadenas tróficas de la biosfera.



Durante las erupciones, los volcanes emiten dióxido de carbono a la atmósfera.

Las plantas absorben dióxido de carbono de la atmósfera al realizar la fotosíntesis.

#### 3.2 ¿De dónde procede el agua?



Se cree que los asteroides trajeron el agua a la Tierra.

Veamos ahora el otro **componente básico de la vida: el agua**. Es curioso que los científicos todavía discutan de donde ha venido el agua de los mares. Durante el **origen del sistema solar**, el agua no pudo condensarse en órbitas cercanas al Sol, ya que las temperaturas eran muy elevadas. Por tanto, la hipótesis más aceptada es que en la Tierra cayeron multitud de asteroides y cometas, procedentes de lugares más allá de la órbita de Marte, que contenían mucha agua en estado sólido, la cual se incorporó al planeta en formación dando lugar a la

**hidrosfera primitiva**.



Una vez conocido el escenario donde se originó la vida, debemos responder a la pregunta **¿cómo se transformó la materia inerte en materia viva?**

En 1953 el estudiante de bioquímica **Stanley Miller** (1930-2007) sintetizó aminoácidos (los bloques que forman las proteínas) a partir de amoníaco, vapor de agua, hidrógeno y metano, que, según se suponía entonces, eran los gases de la atmósfera primitiva. Miller propuso que esta **síntesis** había tenido lugar en la Tierra primitiva y que **había sido el primer paso para la aparición de vida.**



Sin embargo, hoy sabemos que probablemente nunca hubo mucho metano (un gas muy inestable) en la atmósfera de la Tierra. Así pues, el experimento de Miller tiene un valor histórico, pero no explica el origen de la vida. Lo que sí **demostró** fue que **es posible sintetizar materia orgánica a partir de inorgánica.** Hasta la realización de este experimento solo se obtenía materia orgánica a partir de los seres vivos.

### 3.5 Lo que pensamos hoy sobre el origen de la vida

- **Hipótesis metabólica.** Determinadas moléculas sencillas se aislaron del medio mediante una membrana. Algunas de estas nuevas estructuras desarrollaron procesos químicos de complejidad creciente que condujeron a la capacidad de reproducir la estructura.

#### Panspermia

Esta hipótesis la defienden quienes creen que las primeras formas de vida pudieron llegar del espacio.

#### Puntos a favor

- En las nebulosas se han descubierto muchas moléculas que forman parte de los seres vivos.
- Los choques de otros cuerpos contra la Tierra están demostrados.
- Si el agua llegó a bordo de asteroides, ¿por qué no pudieron estos traer también unas cuantas bacterias en forma de esporas?
- Las características comunes de los seres vivos parecen indicar que la vida comenzó a partir de un patrón único.

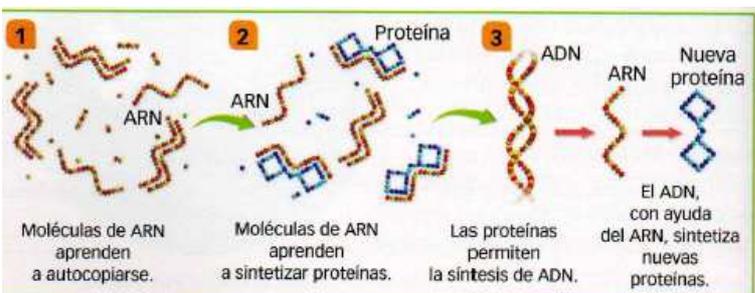
#### Puntos en contra

- Todavía no hay ninguna prueba de que exista vida fuera de la Tierra.
- La panspermia no soluciona el problema del origen de la vida: solo lo traslada de escenario.

- **Mundo ARN.**

Actualmente

algunos bioquímicos proponen que moléculas de ARN (que estudiaremos en otro tema) surgidas al azar, capaces de mutar y replicarse, comenzaron la cadena de la evolución.



Modelo esquemático del mundo de ARN: en Condie y Sloan (1998).

### 3.6 La vida, en el principio y ahora

De momento no se sabe cómo pudieron ser las primeras moléculas vivas, con capacidad de autorreplicarse. Lo que sí se puede comprobar es que la vida ya dejó su huella en las rocas más antiguas de la Tierra.

Isua es una región remota de Groenlandia, situada en el borde de su enorme casquete glaciar a la que solo se puede llegar en helicóptero. Allí aparecen capas de rocas que hace 3850 millones de años se depositaron en forma de fango en el fondo de un mar poco profundo. Y es en este exótico lugar donde la vida nos ha dejado su primera firma. ¿Cómo lo sabemos?

Algunos de los minerales de las rocas de Isua son carbonatos. El carbono que contienen estos carbonatos presenta dos variedades, o **isótopos**, de pesos atómicos 12 ( $^{12}\text{C}$ ) y 13 ( $^{13}\text{C}$ ). Y es en estos isótopos donde los geoquímicos leen las huellas de la vida.

Los seres vivos poseen un tipo de proteína que permite la asimilación del  $^{12}\text{C}$ , pero no del  $^{13}\text{C}$ . Así que los sedimentos donde haya habido seres vivos quedarán enriquecidos en  $^{12}\text{C}$ . Esto es precisamente lo que los científicos descubrieron en las rocas de Groenlandia en 1999. Calculando la edad de las rocas donde aparecen estos sedimentos podemos conocer la fecha mínima de aparición de la vida.

Se suele admitir que la vida apareció en la Tierra hace aproximadamente unos 3450 millones de años. No sabemos cómo eran estos seres, pero hemos detectado su actividad.

#### ¿Qué es un isótopo?

Los isótopos son átomos de un mismo elemento químico que tienen distinto número de neutrones y, por tanto, masas diferentes.

En un mismo elemento pueden existir isótopos estables e isótopos que se desintegran al cabo de cierto tiempo: son los **isótopos radiactivos**.



Los sedimentos de Isua, Groenlandia. Este paisaje encierra las evidencias de los primeros seres vivos.

#### Deducir la edad de una roca

Dentro de sus minerales muchas rocas contienen «relojes»: minerales con **isótopos radiactivos** que sirven para medir cuánto tiempo hace que el mineral se formó.

Los núcleos de estos isótopos son inestables, por lo que se desintegran a una velocidad que depende del isótopo, aunque aquí nos interesan los que se desintegran lentamente. Este proceso se produce a una velocidad constante, y en ella se generan otros elementos, llamados **radiogénicos**. Cuanto más tiempo haya pasado desde la formación del mineral, menos elementos radiactivos y más radiogénicos habrá en este.

Por tanto, bastará con medir las proporciones de unos y otros para saber la edad de formación de la roca que contiene el mineral.

Por ejemplo, la roca de la figura 2.20 contiene circones, minerales muy duros con los isótopos radiactivos uranio-235 y uranio-238 que se van desintegrando. En la actualidad quedan solo un 2,5% de uranio-235 y un 57% de uranio-238.

Usando la gráfica (► Figura 2.20) comprobamos que estos porcentajes indican que la edad del mineral es de 3600 millones de años.

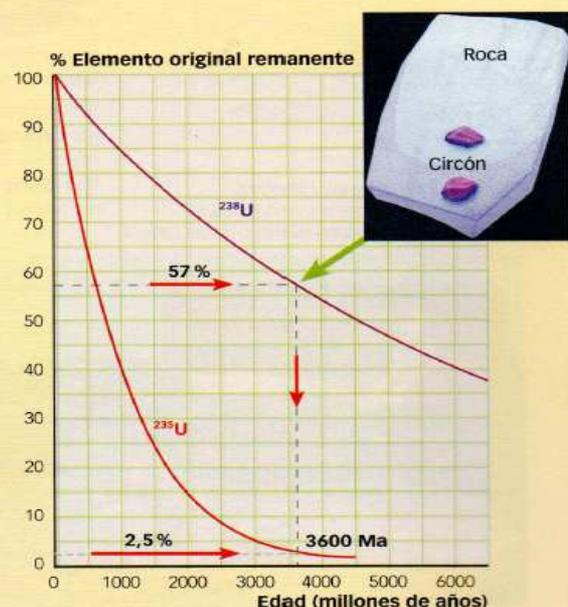


Figura 2.20. El circon (ZrSiO<sub>4</sub>) contiene isótopos radiactivos del uranio. La gráfica representa las curvas de desintegración de los dos isótopos.

## 4. La evolución y sus pruebas

La cantidad total de especies diferentes que habitan la Tierra podría llegar a 30 e incluso a 50 millones. Hasta ahora solo se han catalogado unos dos millones, lo que significa que podríamos desconocer más del 75 % de los seres vivos del planeta. Todas estas especies que pueblan la Tierra proceden de antepasados comunes cuyos restos, fósiles, han quedado encerrados en rocas.

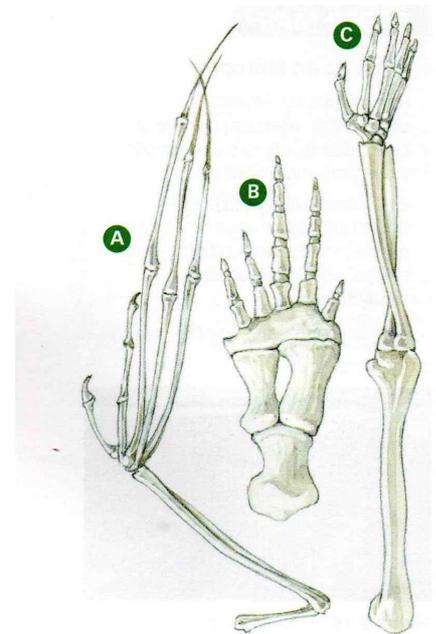
¿Cómo ha sido posible pasar del tímido origen de la vida que surgió hace 3450 millones de años a la increíble variedad actual? El concepto clave se conoce como **evolución**.

Existen tres tipos de pruebas que apoyan la evolución:

- Las **biológicas**, que se basan en organismos actuales.
- Las **paleontológicas**, que están apoyadas en los fósiles.
- Las **moleculares**, cuya base es la genética.

### 4.1 Pruebas biológicas

Hay numerosas pruebas biológicas, como son la disposición y estructura de los huesos y los órganos vestigiales. Tomemos como modelo los huesos de las extremidades de animales tan diferentes como el murciélago, la ballena y el ser humano: su disposición y estructura son tan semejantes, que es inevitable pensar que se trata de **adaptaciones de una única anatomía**, la del **antepasado común**, a usos distintos.



Los huesos de las extremidades del murciélago (A), la ballena (B) y el ser humano (C) son comparables, aunque sus proporciones sean muy distintas. Están formados por los mismos huesos, pero sus funciones son muy diferentes.

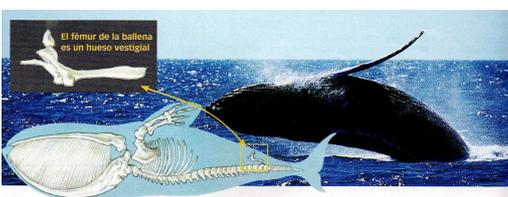


ESLIZÓN IBÉRICO (*Chalcides bedriagai*)

Otra prueba la proporcionan los **órganos vestigiales**: partes del cuerpo sin ninguna utilidad en la especie actual. Esto indica de nuevo la existencia de antepasados de formas de vida muy diferentes.

El ser humano tiene más de 100 estructuras vestigiales, desde el apéndice hasta las vértebras del coxis, un vestigio de nuestros ancestros con rabo.

Sin embargo, la prueba definitiva de la evolución es el hecho de que todos los organismos vivos posean el **mismo sistema de transmisión de la información, el ADN, y compartan las mismas proteínas y reacciones químicas**. Esto sería una casualidad inaceptable si todos los seres vivos no estuviesen emparentados.

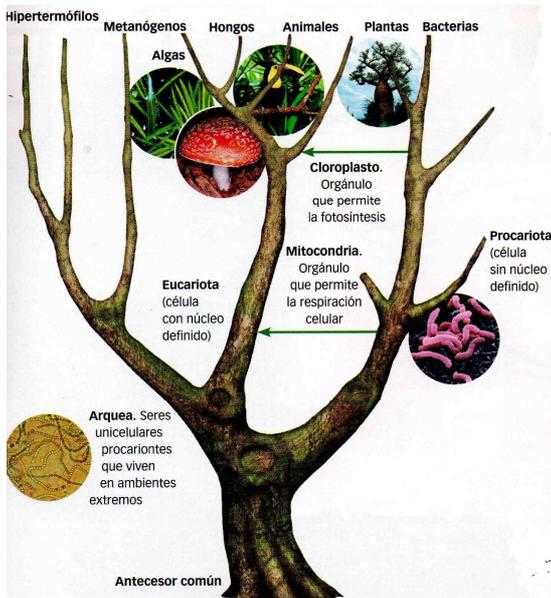


El fémur y la pelvis de la ballena son órganos vestigiales, ya que esta no tiene extremidades posteriores.

## 4.2 Pruebas paleontológicas

Los **fósiles constituyen** las **pruebas paleontológicas**. Hasta el momento se han clasificado 1,5 millones de fósiles diferentes, pero ¿cuántas especies habrán poblado la Tierra en el pasado?

Algunos paleontólogos han aventurado el número de 991 millones, lo que supondría que **solo hemos encontrado fósiles de una de cada 660 especies**. Sin embargo, esta pequeña muestra es suficiente para plantear un gran árbol de cómo ha evolucionado la biosfera. En él toda la vida queda interrelacionada y se remonta hasta el origen, como senderos que nos condujesen hasta una única puerta. Observa que en el árbol de la vida, al final, todos los seres vivos proceden de un mismo tronco.



El árbol de la vida: arqueas, eucariotas y procariotas. Solo los eucariotas tienen células con núcleo.

### La endosimbiosis

Esta teoría explica la aparición de ciertas capacidades en las células eucariotas por la asimilación de bacterias que ya tenían esas capacidades.

Así, por ejemplo, las **mitocondrias**, orgánulos que realizan la respiración celular, procederían de bacterias. Esto se apoya en el hecho de que las mitocondrias tienen su propio ADN, diferente del ADN del núcleo celular.

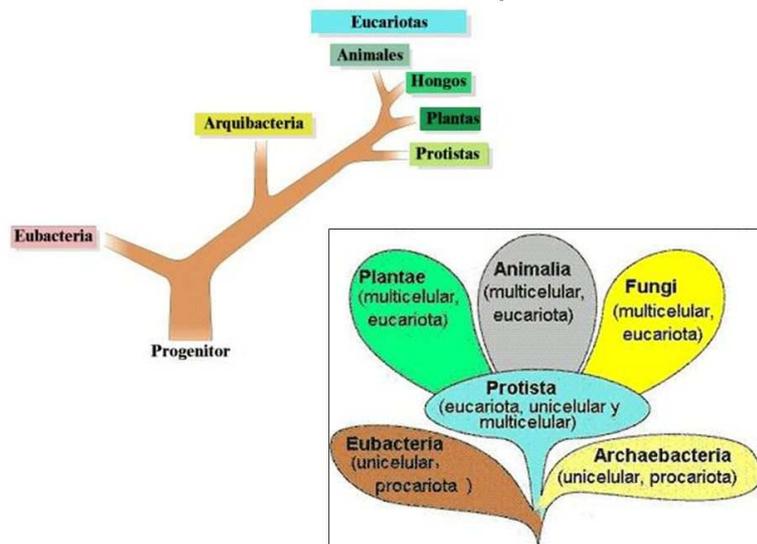
Algo parecido ocurre con la capacidad de realizar la fotosíntesis en los **cloroplastos**. Según la teoría de la endosimbiosis, los cloroplastos procederían de bacterias capaces de realizar la fotosíntesis.

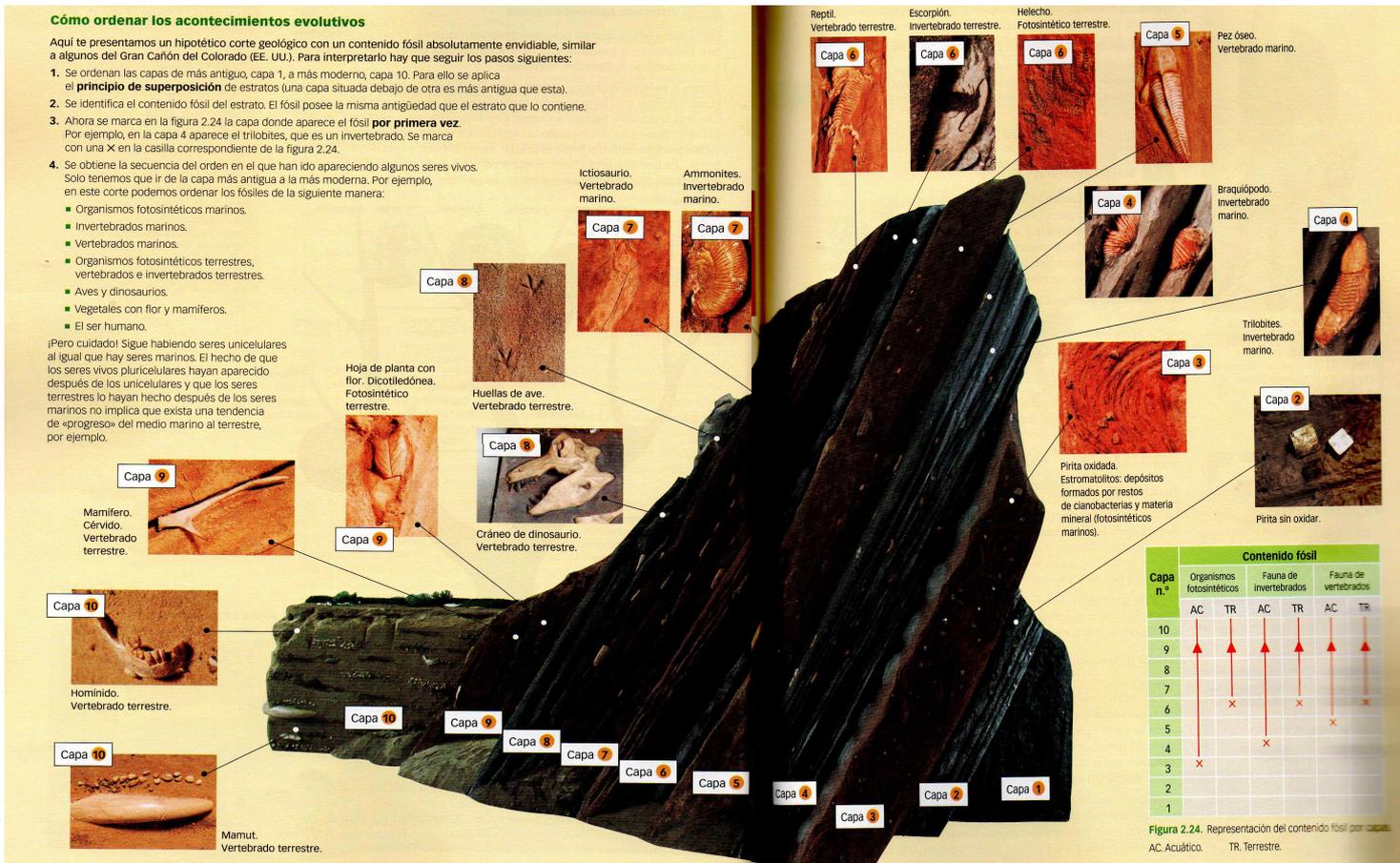
## 4.3 Pruebas moleculares

Se basan en la suposición de que las mutaciones (cambios en los genes) suceden aproximadamente a un ritmo constante. Contando las diferencias en los genes entre dos especies o grupos podemos averiguar su parentesco, y el momento de su separación.

Muchos científicos discuten el ritmo constante de las mutaciones; pero, como argumento evolutivo, este no interesa. Lo importante es que, de los aproximadamente 30 000 genes del ratón, 29 700

están también en el ser humano. Este 99 % común es una prueba aplastante de que "somos ramas de un mismo árbol".





## 5. Cómo explicamos la evolución

Podemos **agrupar** la gran cantidad y **variedad** de seres vivos en especies.

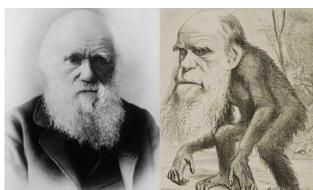
**Una especie se define como el conjunto de organismos capaces de reproducirse entre sí y que tienen descendencia fértil.**

Ahora bien, ¿cómo puede una especie evolucionar a otra?

### 5.1 Selección natural



**Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829)** propuso que las **especies variaban** al **adquirir nuevos órganos** para solucionar nuevas necesidades o ansias de **adaptación**. Lamarck creía que las serpientes habían evolucionado a partir de lagartos que preferían reptar a caminar: al cabo del tiempo, sus patas, inútiles, habrían desaparecido. **Una clave del lamarckismo es que los caracteres adquiridos en vida son heredables, lo cual hoy sabemos que es falso.**



Los naturalistas británicos **Charles Darwin (1809-1882)** y **Alfred R. Wallace (1823-1913)** propusieron como



mecanismo para explicar la evolución la **selección natural** basada en la supervivencia de los **más aptos**.

Por ejemplo: en una camada de leones no todos habrán nacido igual de resistentes, y es probable que los más débiles mueran jóvenes, sin descendencia. Así, **generación tras generación**, los caracteres que imprimen mejor adaptación al medio a una especie se mantendrán, perdiéndose los otros. Los individuos mejor adaptados son los que más se reproducen y transmiten su característica a la descendencia. Después de muchas generaciones, la suma de cambios hará que la última generación sea tan distinta de la primera que formará otra especie.

## Darwinismo y genética

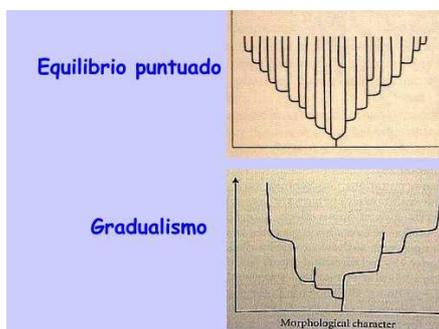
Lo que Darwin no comprendía era por qué había cachorros mejor adaptados que otros. Posteriormente se describió el mecanismo de la herencia de los caracteres paternos y maternos, y cómo estos se mezclan en la reproducción sexual. Hoy llamamos **genes** a estos factores determinantes de la herencia, y **genética**, a la ciencia que los estudia.

Por tanto, la variabilidad es la materia prima sobre la que actúa la selección natural. El darwinismo primitivo, unido a la genética, se ha llamado **neodarwinismo** o **teoría sintética de la evolución**.

## El ritmo de la evolución

Una interesante discusión actual sobre el neodarwinismo se refiere al ritmo de la evolución. Para que una nueva especie se origine a partir de otra hace falta aproximadamente un millón de años. La forma más fácil de que esto suceda es que una pequeña población de individuos de una especie quede aislada del resto, por ejemplo, si coloniza una nueva isla. En ese caso, las mutaciones que se produzcan, si no son perjudiciales, se propagarán con eficacia, **deriva genética**, debido al pequeño número de individuos.

En el darwinismo clásico se pensaba en pequeños cambios (micromutaciones) pero el estudio de los fósiles indica que las mutaciones que hacen posible la aparición de una nueva especie son macromutaciones, que cambian muchos rasgos a la vez. Esto se conoce como **equilibrio puntuado**.



### ¿Distinguimos bien el darwinismo del lamarckismo?

Veamos un ejemplo. Si nos bronceamos intensamente, nos exponemos a enfermarnos de cáncer de piel, pero nuestros hijos no nacerán más morenos que nosotros, como sucedería según las ideas de Lamarck.

En el darwinismo, la aparición de razas con diferente pigmentación de la piel no tendría lugar porque cada generación recibiese más o menos sol.

Lo que pasaría es que (en el caso de los africanos), entre las variantes de piel de cada generación, tendrían más probabilidad de sobrevivir al fuerte sol de los trópicos los niños que naciesen con más pigmento.