

## 6.4. FORMAS DE ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS

La gran diversidad de seres vivos presenta una unidad fundamental: todos están compuestos por la misma unidad molecular, comparten procesos metabólicos y están formados por células parecidas, lo que permite pensar en un origen común que, tras sucesivos cambios, han conducido a esta variedad de formas de vida. Estos procesos de cambio son la evolución química y biológica. Creemos fundamental que se conozcan las bases de la teoría de la evolución; por esa razón incluimos en este apartado la evolución celular, la evolución según Darwin y las pruebas de la evolución.

### La evolución celular

Fuera como fuere, parece que la vida pudo originarse hace más de 3 500 millones de años con células parecidas a las bacterias actuales. La evolución a partir de estas células puede ser esquematizada de la siguiente manera:

1. Las primeras células serían procarióticas (como las bacterias). Se alimentarían de la materia orgánica presente en el “caldo primitivo”, y la energía necesaria para realizar sus funciones vitales la obtendrían de reacciones químicas y no del oxígeno, ya que este todavía no estaba presente en la atmósfera primitiva.
2. Conforme la materia orgánica fue escaseando, la evolución por selección natural favoreció a las formas vivas capaces de fijar nitrógeno atmosférico, con el fin de producir los aminoácidos necesarios. Estas primitivas células poseerían también mecanismos de reparación del ADN, ya que la radiación UV llegaría a la superficie al no existir oxígeno en la atmósfera y, por lo tanto, el actual filtro de ozono.
3. Algunas de estas “bacterias” serían capaces de producir pigmentos captadores de la energía de la luz. Comenzó así la **fotosíntesis, pero sin producción de oxígeno**, ya que las fuentes de hidrógeno serían los compuestos de azufre o el mismo hidrógeno atmosférico. Estas células fueron, por lo tanto, **fotosintéticas anaerobias**.
4. En el siguiente paso, algunas células lograron obtener hidrógeno mediante la descomposición del agua, gracias a la energía de la luz, que ya eran capaces de captar. De este modo surgió la **fotosíntesis con producción de oxígeno**, que tan trascendente fue para la evolución posterior. Se originarían así las **cianobacterias** o algas cianofíceas, cuya eficacia metabólica condujo a la progresiva acumulación de oxígeno en la atmósfera.
5. La gran competencia que sufrieron las bacterias anaerobias hizo que estas evolucionaran hacia la adquisición de un metabolismo que, no solo no se vio destruido por el oxígeno, sino que comenzó a utilizarlo. Nace la **respiración** a cargo de las primeras **bacterias aerobias**.
6. Hace unos 1 800 millones de años surgieron las primeras células eucariontes, dotadas de compartimentos limitados por membranas, como el núcleo, que encierra la información genética. Su complejidad y organización supuso otro cambio importante en la evolución. Hay dos teorías que intentan explicar las causas y el modo de esta aparición: la teoría autógena y la teoría de la endosimbiosis.

## La evolución según Darwin

La teoría de la evolución fue concebida al mismo tiempo, aunque de manera independiente, por **Alfred Russel Wallace** y **Charles Darwin**. Estos dos naturalistas llegaron a idénticas conclusiones de manera muy distinta: el primero, fruto de una concepción rápida y brillante; el segundo, tras años de trabajo sistemático y de reflexión. El 1 de julio de 1858, Wallace y Darwin presentaron sendas comunicaciones sobre sus teorías en la Sociedad Linneana de Londres, y, seguidamente, Darwin, que había estado organizando durante años su ingente cantidad de datos, sin atreverse a publicarlos, redactó a toda prisa el manuscrito de su obra cumbre, *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural y la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*, que fue publicada el 24 de noviembre de 1859.

### Los argumentos de Darwin

La teoría darwiniana de la evolución tiene una importancia capital en la historia del pensamiento biológico. Los cuatro argumentos sobre los que se sustenta son:

1. **El mundo no es estático**, sino que está en continua transformación (evolución). Las especies cambian continuamente: con el paso del tiempo, algunas se extinguen y otras nuevas aparecen. Cuanto más antiguas son las formas, más diferentes son de las actuales.
2. **El proceso de cambio es gradual y continuo**, no se produce a saltos discontinuos o por transformaciones súbitas.
3. **Los organismos que presentan semejanzas están emparentados** y descienden de un antepasado común. De esta manera es posible remontarse hasta un origen único de la vida.
4. El cambio evolutivo es el resultado del proceso de **selección natural**.

### La selección natural

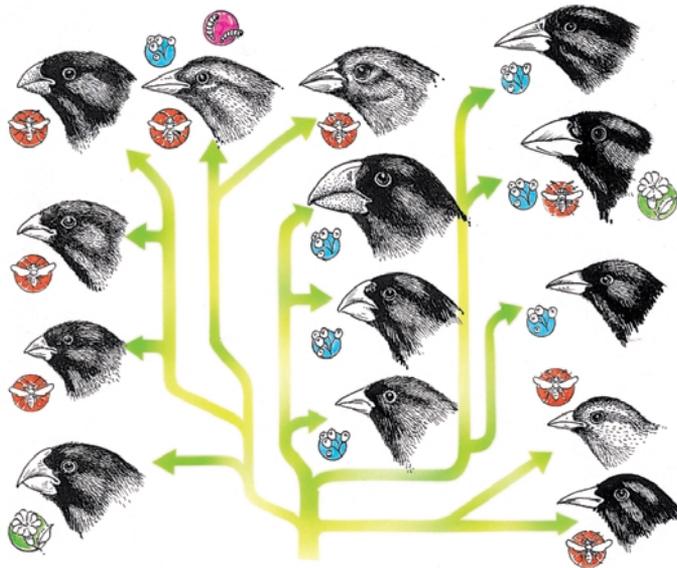
El proceso de selección natural consta de dos fases:

1. La producción de variabilidad en cada generación de organismos.
2. La selección a través de la supervivencia por medio de la lucha por la existencia.

#### 1. La producción de variabilidad en cada generación de organismos

Darwin explicaba la producción de variabilidad del siguiente modo:

- Los descendientes de una determinada especie se diferencian entre sí, lo que les hace estar diversamente adaptados al hábitat en el que han nacido: es la noción de **variación en la población**. Por tanto, la materia prima de la evolución la aportan pequeñas variaciones, a las que denominó "**diferencias individuales**".
- Estas diferencias individuales son heredables en unos casos y en otros no. Según Darwin, existen dos tipos de **diferencias heredables**:



especies que viven en el suelo; otras, en los árboles. Y todas descienden de una población fundadora originaria de América del Sur.

Los pinzones de Darwin. “Uno tiene la impresión de que de un número inicial reducido de especies de aves en este archipiélago se hubiera tomado una a la que se hubiera hecho transformarse en todas las direcciones posibles”. Así describió Darwin la impresión que le causó la observación de la gran variedad, al tiempo que parecido, de pinzones de las Islas Galápagos. La forma del pico se debe a la competencia por el alimento en la población fundadora, cuyos diferentes grupos se adaptaron a los diversos hábitats y dietas actuales.

Unos comen frutos (bayas); otros, semillas, y otros, insectos. Hay

- Las que están **condicionadas por la acción directa del medio**: tal es el caso de la coloración de las plumas de ciertas aves, producida por la dieta, o el menor tamaño de las plantas que crecen sobre suelos pobres.

Hay que hacer notar el error de Darwin al considerar la acción directa de las condiciones ambientales como fuente de variabilidad en las poblaciones, ya que sus consecuencias, al no ser hereditarias, no aportaban materia para la acción de la selección natural. Darwin, como Lamarck, aceptaba la teoría del uso y desuso y la herencia de los caracteres adquiridos, aunque pensaba que estos estaban más o menos controlados por la selección natural. Al carecer de conocimientos de genética, no acertó con los verdaderos mecanismos de la herencia.

- Las **modificaciones espontáneas**: como, por ejemplo, la aparición, dentro de una población animal, de individuos con las patas más cortas. Aunque Darwin desconocía los mecanismos por los que se heredan los caracteres, en las modificaciones espontáneas –que sí se heredan– acertó a encontrar el origen de la variabilidad. Ellas permitían a los seres vivos acomodarse a los cambios del medio. El resultado es lo que se conoce como **adaptación**.

## 2. La selección a través de la supervivencia por medio de la lucha por la existencia

A esta idea llegó Darwin constatando que el número de individuos de las poblaciones permanecía más o menos constante a través de las generaciones, lo que implicaba la muerte de una gran cantidad de individuos en una fase temprana de su vida. Esto llevó a Darwin a preguntarse: “¿Quién o qué causa estas muertes?” “¿Solo son determinados individuos los que perecen o sobreviven, o la muerte y la supervivencia son productos del azar?”.

Como respuesta a estos interrogantes concibió la idea de la **lucha por la existencia**, entendida esta como la puesta en juego de estrategias para la adquisición de unos recursos limitados. Es decir, cuando Darwin habla de “lucha por la existencia”, habla de adaptación.

Los individuos más eficaces a la hora de proporcionarse alimentos y hábitat, y con más aptitudes para dejar un mayor número de descendientes, son los más favorecidos y transmiten a sus hijos los caracteres favorables que han permitido su éxito. **En la lucha por la existencia sobreviven únicamente los más aptos.** De esta forma, por acumulación continua de variaciones, se producen nuevas variedades o razas, que progresivamente adquieren el rango de subespecies y, finalmente, de nuevas especies.

En resumen: la selección natural no condiciona ni produce las variaciones, únicamente elige entre las que aparecen en cada generación. La lucha por la existencia debe entenderse en sentido metafórico.

## **Contribuciones a la teoría Darwinista: teoría sintética**

La **teoría sintética** de la evolución, también conocida como **neodarwinismo**, aparece durante los años 1930-1950. En sentido amplio, es una “síntesis moderna” de la teoría darwinista, revisada y enriquecida por las contribuciones de tres disciplinas: la **genética**, la **sistemática** y la **paleontología**.

### **La contribución de la genética**

- **El mutacionismo**

Algunos investigadores, como **Hugo de Vries** o **Thomas Hunt Morgan**, pensaban que el paso de una especie a otra se realizaba por un salto brusco o mutación y no gradualmente, bajo la acción de la selección natural, como proponía Darwin.

A esta teoría que sostenía que las mutaciones eran el motor de la evolución se la denominó **mutacionismo**.

A partir de 1920, con el desarrollo de la genética de poblaciones, se fueron abandonando las ideas mutacionistas.

- **La genética de poblaciones**

La **genética de poblaciones** tiene como finalidad estudiar las consecuencias de la transmisión de los caracteres en los conjuntos de individuos de la misma especie, que se conocen como poblaciones. El impulsor de esta rama de la genética fue **Theodosius Dobzhansky**, genetista ruso emigrado a los Estados Unidos.

Las poblaciones naturales no son genéticamente uniformes, ocultan gran cantidad de genes, generalmente no expresados en el fenotipo, al estar enmascarados por los alelos dominantes. Cuando estos genes se expresan, los individuos que los portan se sitúan en una posición desventajosa y son eliminados por la selección natural.

Pero si la población se ve sometida a nuevas condiciones de vida –cambios ambientales–, ciertas mutaciones, que hasta ese momento habían sido desfavorables, pueden convertirse en favorables. Aquellos individuos que las presentan fenotípicamente tendrán una mejor adaptación al medio y se desarrollarán de una manera privilegiada, vivirán más tiempo y dejarán más descendientes. En la generación siguiente, los genes responsables de las constituciones mejor adaptadas serán más frecuentes, y en pocas generaciones llegarán a ser mayoritarios y, finalmente, exclusivos.

Si el número de genes afectados es grande, la población acabará teniendo una constitución genética tan diferente a la inicial que nacerá una nueva especie.

Está claro que ello no se debe a la acción del medio sobre el genotipo, sino a una selección de aquellos genotipos susceptibles de responder mejor (adaptarse mejor) a las nuevas exigencias del medio. Habría, por tanto, una selección de individuos, que estarían de alguna manera **preadaptados**.

Para los genetistas, la evolución puede entenderse como un cambio en la frecuencia de los genes en el seno de las poblaciones o, lo que es lo mismo, como “la modificación progresiva de la composición genética de las poblaciones”.

## La contribución de la sistemática

### • La especiación simpátrida

Se denomina **especiación** al mecanismo por el cual se forma una nueva especie. Hasta 1942, el mecanismo de especiación mayoritariamente aceptado seguía siendo el darwiniano o de **especiación simpátrida** –del griego *sym*: mismo, junto–, según el cual las nuevas especies se originan en el seno del área de distribución de una población. De acuerdo con este modelo, habría individuos que se irían adaptando a los distintos nichos ecológicos y se irían apareando únicamente entre ellos. Esto les conduciría a diverger progresivamente, hasta no poder originar una descendencia fértil en sus cruza- mientos con otros individuos de la población.

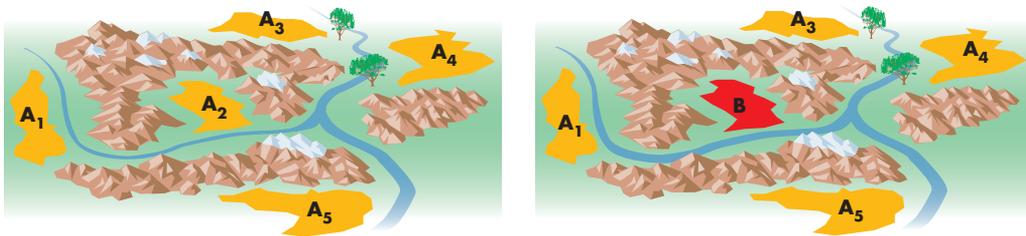
En este mecanismo –en el que se entrevé una inspiración lamarckiana o finalista–, son exclusivamente las condiciones ecológicas las que, actuando como selección natural, guían la formación de una nueva especie. Es como si la adaptación de los organismos a nuevos ambientes forzara la diferenciación en nuevas especies.

### • La especiación alopátrida

Como contrapunto a esta concepción “clásica”, el ornitólogo y sistemático alemán **Erns Mayr** propuso, en 1942, su modelo de **especiación**, llamada **especiación alopátrida** –del griego *allos*: diferente, y del latín *patria*: hogar–, que se sustenta en tres nociones principales: 1, el concepto biológico de especie; 2, la variación geográfica de la especie, y 3, la especiación alopátrida.

1. Según el **concepto biológico de especie**, esta representa un conjunto de poblaciones naturales que constituyen una comunidad reproductiva única y aislada de otras parecidas.

2. La **variación geográfica** se refiere a la distribución de las poblaciones de una misma especie en territorios que, en ocasiones, están muy alejados entre sí. Esto posibilita que cada una de esas poblaciones pueda estar sometida a condiciones ambientales muy diferentes, lo que permitiría la aparición de **razas geográficas** en el seno de la misma especie.
3. En estas circunstancias, es posible que alguna población quede accidentalmente aislada del área principal de distribución de la especie por una barrera geográfica –un gran río, una cadena montañosa, el mar, etc.–. Puede llegar un momento en el que las divergencias acumuladas impidan que esta población aislada pueda cruzarse y dar descendientes fértiles con el resto de las poblaciones, en el caso de que pudieran reencontrarse. Es entonces cuando se considera que ha aparecido una nueva especie.



Modelo de especiación alopátrida. De las distintas poblaciones de la especie A, la población A<sub>2</sub> queda permanentemente aislada por una barrera geográfica y con el tiempo se convierte en una nueva especie B.

## La contribución de la paleontología

El paleontólogo norteamericano **Georges Gaylord Simpson** integró sus ideas con las de los genetistas y sistemáticos para demostrar, a partir del estudio de los fósiles, que la evolución consiste en una acumulación progresiva de pequeñas variaciones (genes mutados) en el seno de las poblaciones.

Comprobó que las tendencias evolutivas no se debían a una progresión innata hacia la perfección, sino al mantenimiento de la selección natural en una misma dirección. Así, por ejemplo, la reducción del número de dedos que se observa en las especies que constituyen el árbol evolutivo del caballo –uno de los modelos que analizó G. G. Simpson– se explica por la adaptación progresiva a la carrera rápida, la cual les proporcionaba una mayor eficacia a la hora escapar de sus depredadores en campo abierto.

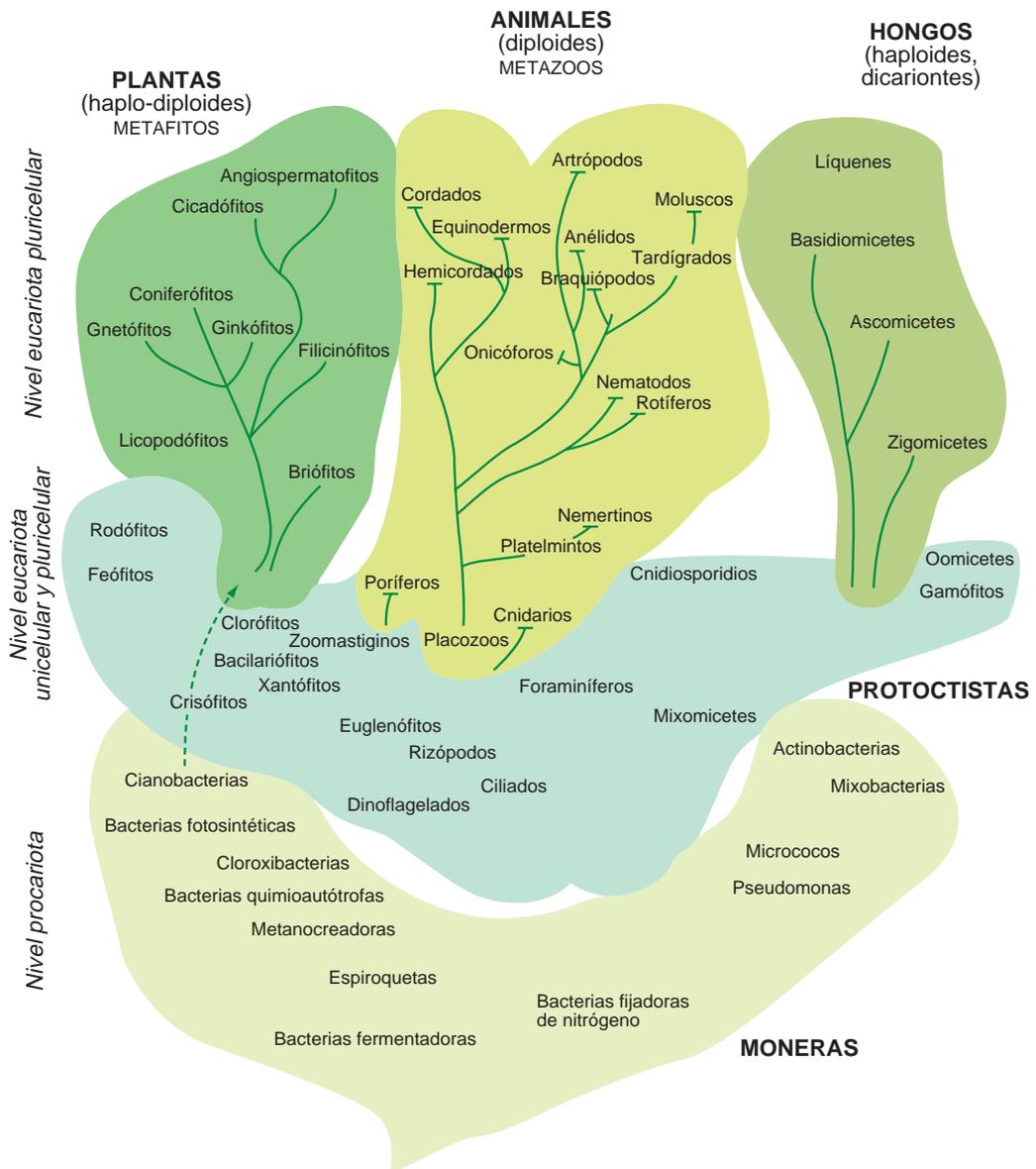
## La teoría sintética en cuatro puntos

- Considera la herencia de los seres vivos tomando a estos no como individuos aislados, sino como miembros de las poblaciones.
- Sostiene que las variaciones postuladas por Darwin no son debidas a la acción del medio, sino que son mutaciones aparecidas al azar y escogidas por la selección natural, que es la causa última de la evolución de las especies. Por tanto, la evolución biológica se efectúa por el juego del azar modulado por la selección natural.
- Incorpora un nuevo modelo de especiación: la especiación alopátrida.

- Mantiene que los restos fósiles ponen en evidencia que el proceso evolutivo de transformación de una especie en otra se lleva a cabo de manera gradual, de acuerdo con el modelo darwinista.

## Las pruebas de la evolución

Darwin aportó numerosos datos para demostrar su teoría de la evolución. Estos, junto con otras evidencias del hecho evolutivo, consideradas posteriormente, constituyen las llamadas **pruebas de la evolución**. Entre ellas destacan la de la sistemática, la paleontológica, la de la anatomía comparada, la embriológica, la de la bioquímica comparada, la de la adaptación, la de la distribución geográfica y la de la domesticación.



## 1. Prueba de la sistemática

La sistemática agrupa a los organismos en distintas categorías, llamadas **taxones**, de acuerdo con sus semejanzas y diferencias. Así, reúne a los organismos muy relacionados en especies; las especies parecidas, en géneros; los géneros, en familias; las familias, en órdenes; los órdenes, en clases; las clases, en filos (o divisiones, si se trata de plantas), y, finalmente, los filos, en reinos.

Al reflejar tales semejanzas, las modernas clasificaciones reflejan las historias evolutivas de los grupos (filogenias), ya que utilizan como criterio fundamental de agrupamiento las relaciones que presentan los organismos entre sí y con sus antepasados comunes. Estas relaciones se pueden representar en **árboles genealógicos**.

Mediante modernas técnicas bioquímicas y microscópicas se han encontrado relaciones evolutivas antes desconocidas. Con todos los conocimientos actuales, **Lynn Margulis** y **Karlene Schwartz** han elaborado una filogenia de la vida en la Tierra y han establecido las relaciones evolutivas de los grandes filos.

## 2. Prueba paleontológica

La paleontología se ocupa del estudio de los fósiles. La presencia y la distribución en los estratos de los restos de las floras y las faunas extinguidas demuestran la existencia de un proceso de cambio a lo largo del tiempo.

Aunque no es un hecho general, debido a lo limitado del registro fósil, se han encontrado numerosas **formas puente** o **eslabones** entre dos tipos o grupos de seres distintos. Por ejemplo, *Archeopteryx* es un fósil que presenta un mosaico de caracteres intermedios entre los de los reptiles y los de las aves.

A partir de los fósiles se han podido reconstruir numerosas historias evolutivas, como las de los caballos, los camellos, los dinosaurios, los gasterópodos o los cefalópodos.

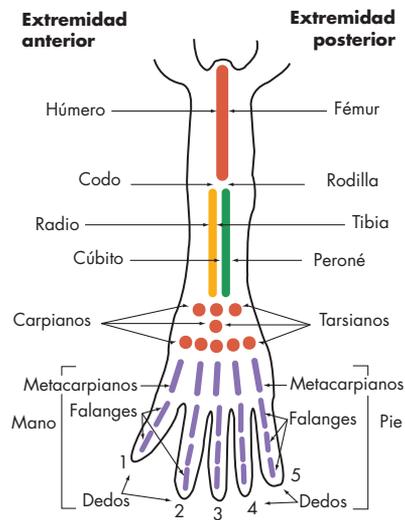
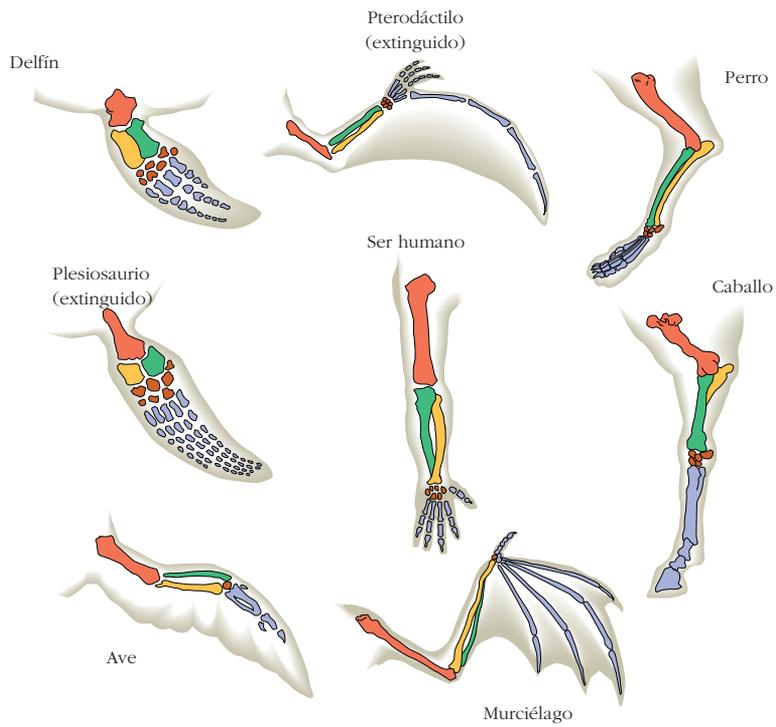
El estudio de estas historias evolutivas ha permitido comprobar la creciente complejidad que van adquiriendo las estructuras de los animales a lo largo del tiempo.

## 3. Prueba de la anatomía comparada

Analizando la anatomía de los animales se comprueba que distintas especies presentan partes de su organismo constituidas bajo un mismo plan o esquema estructural.



Órganos análogos. Ambos tipos de estructuras han evolucionado independientemente como adaptaciones al vuelo.



Órganos homólogos. Miembros anteriores de algunos vertebrados actuales y fósiles.

Esto apoya una similitud de parentesco u **homología** entre órganos que deben haber tenido un mismo origen y un desarrollo común durante cierto tiempo.

Un ejemplo clásico de **órganos homólogos** lo constituyen las extremidades anteriores de los mamíferos, las cuales, aunque son utilizadas para diferentes fines, tienen la misma estructura básica, la misma relación con otros órganos y el mismo tipo de desarrollo embrionario.

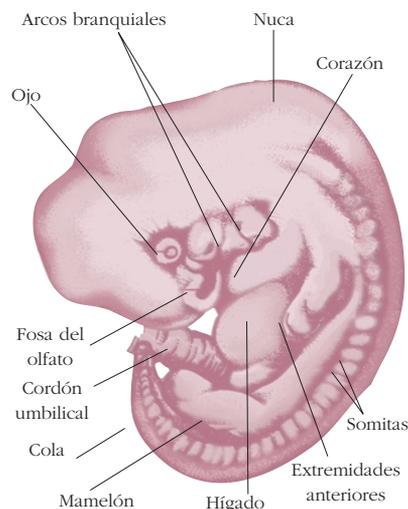
No hay que confundir los órganos homólogos con los **órganos análogos**, que son aquellos que presentan semejanzas por desempeñar una misma función, pero que tienen un origen totalmente diferente y no corresponden a un mismo plan estructural. Tal es el caso de las alas de los insectos y de las aves, o el de las patas delanteras cavadoras del topo y del alacrán cebollero.

Existen órganos homólogos, llamados **órganos vestigiales**, que no realizan ninguna función y que, sin embargo, están presentes en los individuos, generación tras generación, lo que pone de manifiesto el parentesco evolutivo de estos con otros seres vivos. Un ejemplo lo constituyen los huesos que presentan en el seno de ciertos tejidos los cetáceos (ballenas, delfines...) y los ofidios (serpientes), que son homólogos de los huesos de la cadera de los vertebrados cuadrúpedos, de lo que se deduce que los cetáceos y los ofidios han evolucionado a partir de predecesores de este tipo.

Los seres humanos tienen diversos órganos vestigiales, como, por ejemplo, el coxis (remanente de la cola), el apéndice, las muelas del juicio o los músculos del pabellón auditivo.

#### 4. Prueba embriológica

Existen grandes similitudes en el desarrollo embrionario de los grandes grupos de vertebrados. Prácticamente en todas las especies se encuentran caracteres ancestrales que desaparecen durante el proceso embrionario. La constatación de este hecho



permitió concebir a **Haeckel** su **teoría de la recapitulación** o **ley ontogenética**, que puede enunciarse: “El desarrollo individual –**ontogénesis** u **ontogenia**– viene a ser un compendio del desarrollo histórico evolutivo de la especie –**filogénesis** o **filogenia**–. Es decir: la ontogénesis es la recapitulación de la filogénesis. Posteriormente, **Garstank** reformuló esta ley del siguiente modo: “La ontogénesis no recapitula la filogénesis, la crea”.

Aunque esta ley no es totalmente exacta, sí se comprueba que en el desarrollo embrionario de los animales se pasa por fases idénticas a las de los embriones de otros animales “inferiores”. El embrión de un animal “superior” nunca es comparable al adulto de un animal “inferior”, pero sí se parece al embrión de este.

Veamos dos ejemplos:

- En la cuarta semana de embarazo, los embriones humanos presentan una serie de fosas y bolsas branquiales en la región del cuello y poseen temporalmente cola, rasgos propios de peces y mamíferos no homínidos, organismos a partir de los cuales evolucionó el ser humano.
- Durante la germinación de las esporas de los musgos y los helechos se producen unas estructuras laminares o filamentosas, similares a algas, organismos protoctistas a partir de los cuales se supone que evolucionaron las plantas.

## 5. Prueba de la bioquímica comparada

La **bioquímica** es la ciencia que estudia los compuestos químicos que constituyen los seres vivos. El análisis comparativo de estas moléculas en distintos organismos ha aportado datos que también apoyan la verosimilitud del proceso evolutivo.

En primer lugar, el hecho de que toda forma de vida esté basada en los mismos tipos de moléculas (proteínas, lípidos, hidratos de carbono, ácidos nucleicos...) hace pensar en un origen común de todos los seres vivos. Se sabe que los ácidos nucleicos de todos los grupos de organismos, desde las moneras a los mamíferos, presentan la misma estructura, y que las proteínas de todos los seres vivos están constituidas, básicamente, por los mismos veinte aminoácidos.

Además, cuando se comparan en distintas especies la secuencia de aminoácidos de una determinada proteína, o la secuencia de nucleótidos de su ADN, se encuentran mayores o menores semejanzas en las secuencias, en función del grado de parentesco evolutivo existente entre las especies estudiadas. Se ha comprobado que la hemoglobina –la proteína encargada de transportar el oxígeno por la sangre– presenta la misma estructura básica en todos los vertebrados.

En cuanto a las hormonas, también existen similitudes debidas al parentesco evolutivo.

## 6. Prueba de la adaptación

Una prueba muy llamativa de la acción de la selección natural y de la aparición de la variabilidad en el proceso evolutivo es el melanismo industrial de la polilla moteada o falena del abedul (*Biston betularia*).

El genetista **Kettlewell** pudo verificar este caso en 1955, cuando, tras liberar falenas previamente marcadas, tanto de la forma clara como de la forma oscura, recuperó el doble de ejemplares de falenas oscuras que de claras, debido a que las aves comían más cantidad de estas últimas, a las que veían mejor. En este caso se ha podido analizar el proceso de la evolución –microevolución–, en el cual las aves han actuado como agente de selección. Los abundantes casos de **mimetismo** que se presentan en la naturaleza tienen su origen en una mecánica similar.

## 7. Prueba de la distribución geográfica

Al estudiar la distribución de las especies vivientes del planeta se comprueba que, en general, estas no tienen una presencia uniforme en todos los continentes, a pesar de que en estos existan hábitats apropiados para su desarrollo, como se ha comprobado al introducir especies, como el conejo o el zorro, en Australia.

Esto puede explicarse evolutivamente si se considera la existencia de barreras geográficas o la mayor o menor eficacia de los mecanismos de dispersión o locomoción de los organismos, que habrán colonizado diversos territorios a partir de la zona original de evolución de cada especie.

Por ejemplo, las islas oceánicas presentan unas floras y faunas características, al no haber estado nunca unidas a los continentes. Sus organismos muestran adaptaciones evolutivas variadas –recuérdense los pinzones de Darwin– o hay significativas ausencias de grupos importantes de seres vivos –por ejemplo, no hay anfibios en Hawai–. Esto solo puede explicarse si se acepta la evolución independiente de las especies a partir de antecesores locales pioneros –pinzones– o la imposibilidad de que se lleve a cabo la colonización debido a la existencia de barreras geográficas.

## 8. Prueba de la domesticación

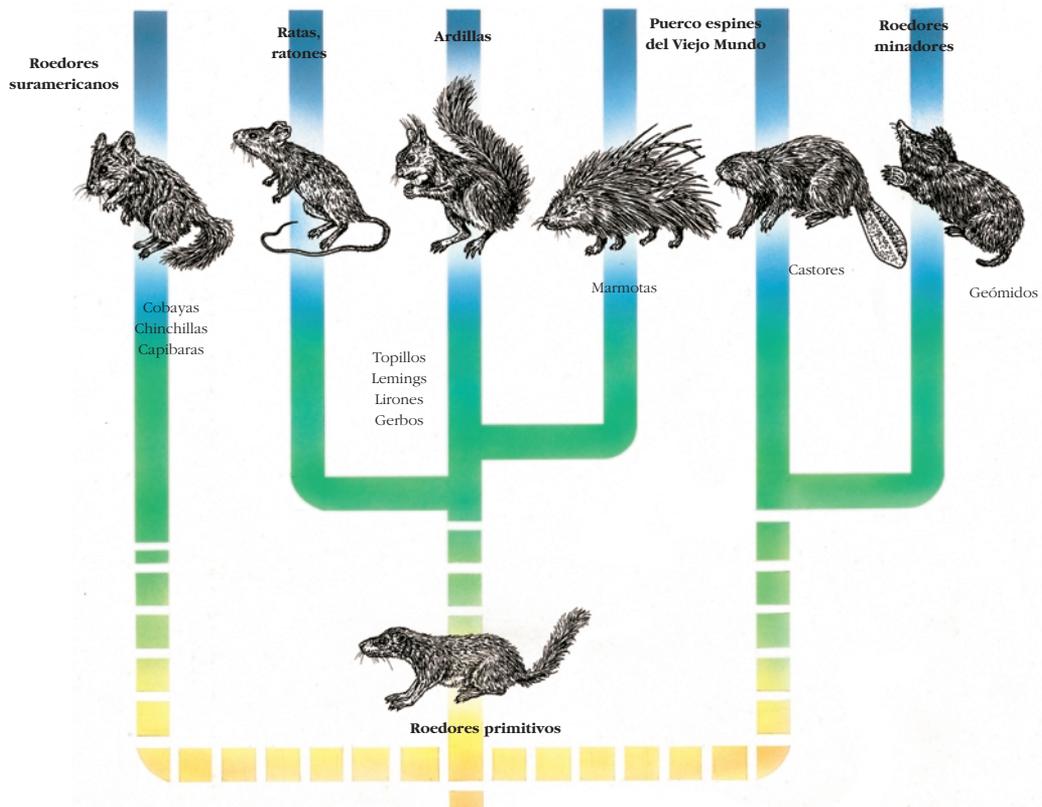
Las razas de caballos, vacas, cabras, ovejas, palomas, gallinas, etc., así como las variedades de plantas comestibles que hoy en día conocemos, son el resultado de cambios evolutivos controlados por los seres humanos mediante mecanismos de selección de cruces, proceso que se conoce como **selección artificial**.

La actividad agrícola o ganadera de los seres humanos, desarrollada a lo largo de miles de años, es una prueba más de cómo se produce la variabilidad de las formas de los organismos por mecanismos de selección controlados.

## Las relaciones filogenéticas

Se define la **filogenia** o **filogénesis** como la historia de las historias evolutivas de una especie o grupo.

Desde sus inicios, la teoría de la evolución ha tratado de descubrir los orígenes de los grupos y de las especies, y ha basado sus investigaciones en la comparación de los individuos vivos con los restos fósiles, que son los que aportan los datos sobre el curso del desarrollo filogenético. Como resultado final de estos estudios comparativos se elaboran árboles genealógicos o evolutivos, en los que quedan representadas las relaciones naturales de parentesco entre grupos y especies.



A partir de ellos se pueden elaborar clasificaciones naturales de los organismos; de aquí que los conocimientos filogenéticos sean la base para los trabajos de sistemática o taxonomía.

Las relaciones filogenéticas se pueden deducir a partir de las diversas pruebas de la evolución. Así, el registro fósil, la anatomía comparada, la embriología, el estudio comparativo de las proteínas y de los ácidos nucleicos de distintos organismos vivos, etc., se utilizan para buscar las relaciones de parentesco existentes entre las especies o los grupos.

Sin embargo, el registro fósil –la principal prueba para establecer estas relaciones filogenéticas– es muy incompleto; de hecho, prácticamente no se dispone de restos fósiles pertenecientes a la filogenia de muchos grandes grupos de seres vivos, como, por ejemplo, de aquellos que fosilizan con mayor dificultad –organismos unicelulares, animales de cuerpo blando, hongos, algas y musgos.

Los animales que han dejado los fósiles mejor conservados son los vertebrados, y los vegetales que han dejado huellas más claras de sus relaciones filogenéticas son las plantas vasculares.

Cuando faltan fósiles en una serie evolutiva se habla de **eslabones perdidos**.

## El fenómeno de la adaptación

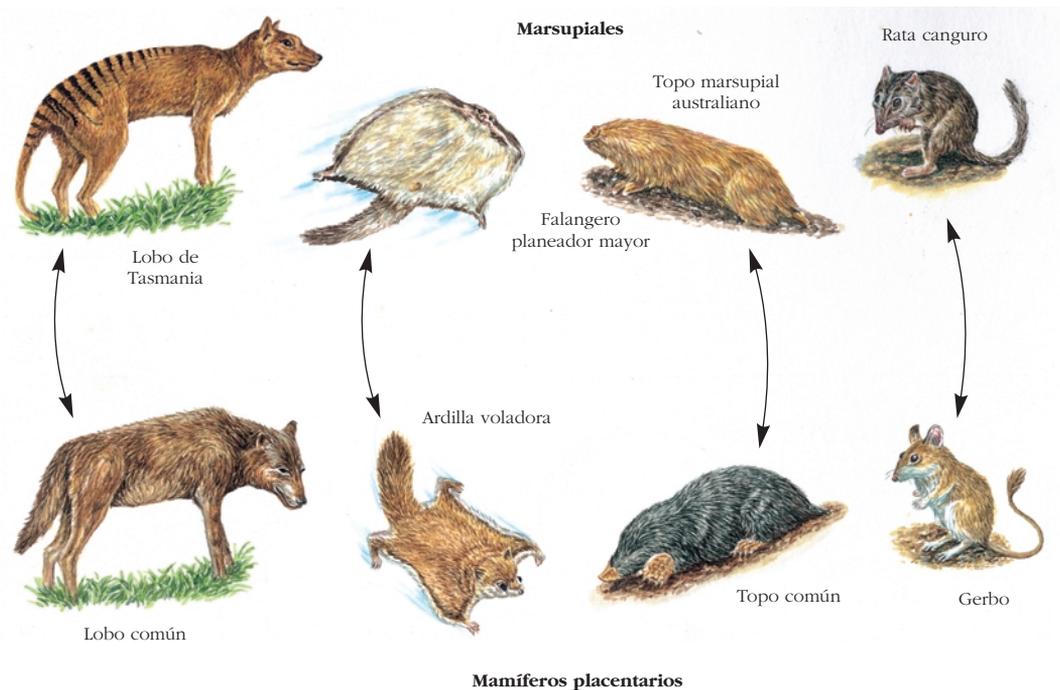
Es evidente que los organismos presentan diversos medios para adecuar óptimamente su existencia al medio en que viven, lo que les permite sobrevivir en él. Se dice entonces que los seres vivos están adaptados a su ambiente.

La evolución demuestra que los organismos han tenido que readaptarse reiteradas veces, cuando cambiaba su ambiente o emigraban hacia un nuevo territorio. Quienes no lo hicieron se extinguieron.

Aunque todos los individuos pueden hacer ajustes fisiológicos para adecuarse a las fluctuaciones del entorno (ajustes que también se llaman adaptaciones o aclimataciones), estos no son heredables. La adaptación se debe considerar como los cambios heredables de los caracteres que permiten la supervivencia de los individuos y las poblaciones, por su adecuación a las variaciones ambientales. La acumulación de cambios adaptativos puede llevar a la especiación. Ello ha permitido definir a la **evolución** como la suma de las adaptaciones, ya que esta es un proceso inevitable en las poblaciones de organismos.

Debido a la competencia por el alimento y el territorio, existe una tendencia en las poblaciones a expandirse, ocupando –si pueden adecuarse– aquellos nuevos hábitats y nichos en los que aquella no exista. Esta evolución a partir de una especie primitiva se denomina **radiación adaptativa**. Tal fue el caso de los mamíferos placentarios, que a partir de un ser primitivo de régimen insectívoro, patas cortas, con cinco dedos y plantígrado, se originaron todos los tipos actuales de mamíferos.

También ha ocurrido que, en respuesta a las demandas del medio, muchos animales han desarrollado estructuras similares en forma y función. A este proceso se le de-



nomina **evolución convergente**, y también a las estructuras análogas. Así ocurrió con la morfología corporal de orcas, delfines, tiburones o los extintos ictiosaurios.

Se reconocen tres grandes tipos de adaptaciones: estructurales, fisiológicas y cromáticas.

- Las **adaptaciones estructurales** implican adecuaciones morfológicas a una cierta forma de vida. En muchos casos puede reconocerse la secuencia que ha llevado a la actual o haber “saltos atrás” en forma de readaptaciones. Por ejemplo, los canguros arborícolas actuales, que provienen de antepasados terrestres, conservan aún adaptaciones al salto, de manera que deben trepar a los árboles abrazándose al tronco como los osos.
- Las **adaptaciones fisiológicas** pueden implicar: aparición de un nuevo enzima, adquisición del control de la temperatura corporal (homeotermia), acorte de un período vital (reproducción, madurez sexual), adquisición de un período de letargo o hibernación, capacidad de emigración, etc.
- Las ventajas evolutivas de las **adaptaciones cromáticas** han sido muy discutidas. Se reconoce una coloración protectora, o de ocultación, en muchos animales, que les permite pasar inadvertidos a sus depredadores confundiendo con el entorno. La coloración de advertencia, que implica colores brillantes, es propia de animales venenosos o de mal sabor, que avisan así de su peligro a potenciales depredadores. Finalmente, el mimetismo consiste en la semejanza de un organismo con otro, como advertencia –ofidios inofensivos que imitan a venenosos– u ocultación –insectos palo u hoja.