

## La evolución causa la biodiversidad

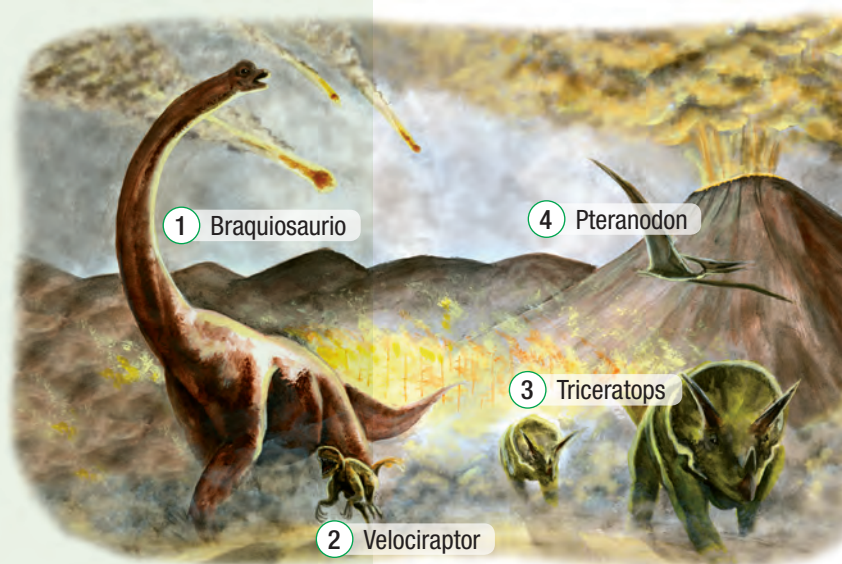
Hoy es un hecho aceptado **que la evolución es la causa de la diversidad de los organismos vivos y extintos**. Todas las formas de vida que habitan la Tierra derivan de organismos unicelulares que, a través de numerosas generaciones, han dado origen a diversas especies, algunas de las cuales ya se extinguieron, como los dinosaurios. ¿Te parece difícil de creer? Entonces te invitamos a conocer las evidencias que prueban la existencia del proceso evolutivo.

### EXPLOREMOS

**Objetivo:** formular preguntas que puedan ser investigadas.

Observa la imagen que recrea una escena que probablemente sucedió hace alrededor de 65 millones de años y que explica la extinción de los dinosaurios. Luego, responde las siguientes preguntas:

1. Describe lo que observas y comenta con un compañero lo que conoces sobre los dinosaurios y acerca de su extinción.
2. ¿Cómo sabemos que los dinosaurios realmente existieron?
3. Propón una pregunta relacionada con los dinosaurios, con su existencia o con su extinción. ¿Qué deberías hacer para contestarla?



Leonardo Batic/Diego Barletta

## Evidencias de la evolución de los seres vivos

El evolucionismo cuenta con sólidas evidencias aportadas por diferentes disciplinas, como la paleontología, la biogeografía, la anatomía comparada y la embriología y la biología molecular.

### Evidencias paleontológicas: el registro fósil

Muchas veces escuchamos que en algún lugar de nuestro planeta ha aparecido algún hueso fósil y hasta un gran mamut conservado en hielo. Estos testimonios de la vida que existió en el pasado son los fósiles.

La **paleontología** es una ciencia que estudia e investiga los fósiles. Un **fósil** es cualquier resto o evidencia de un organismo que vivió en épocas geológicas pasadas y se ha conservado de alguna forma. El estudio de los fósiles ha permitido inferir los cambios de la biodiversidad a lo largo del tiempo.

## Estudio y formación de fósiles

Los paleontólogos hacen excavaciones en los yacimientos de fósiles para encontrarlos y desenterrarlos. Luego, en el laboratorio, les realizan pruebas químicas que sirven para averiguar su antigüedad. También los comparan con otros fósiles para identificar a qué organismo pertenecieron. Como la mayoría de los fósiles no

están completos, antes de armarlos se reconstruyen las partes que faltan, como si fueran las piezas perdidas de un rompecabezas.



### Yacimientos de fósiles

La mayoría de los hallazgos de fósiles se producen en regiones conocidas como *badlands*, caracterizadas por ser áridas, muy erosionadas y con abundantes piedras sedimentarias. Por ejemplo, el cañón del Colorado, en los Estados Unidos, la Patagonia y el desierto de Gobi en Mongolia y la China.

¿Existen yacimientos de fósiles en tu región?, ¿cuáles?

Leonardo Batic/Diego Barletta



Los yacimientos fósiles se encuentran en estratos de rocas sedimentarias, como la piedra caliza, la arenisca, la arcilla o la pizarra, que se fueron formando en los lechos de los ríos y lagos.

### Distintos tipos de fósiles según su formación

Los fósiles pueden formarse de diferentes maneras; las más comunes son: fosilización de molde, por inclusión y por permineralización o petrificación, que significa convertir en piedra.

#### Fósiles de molde

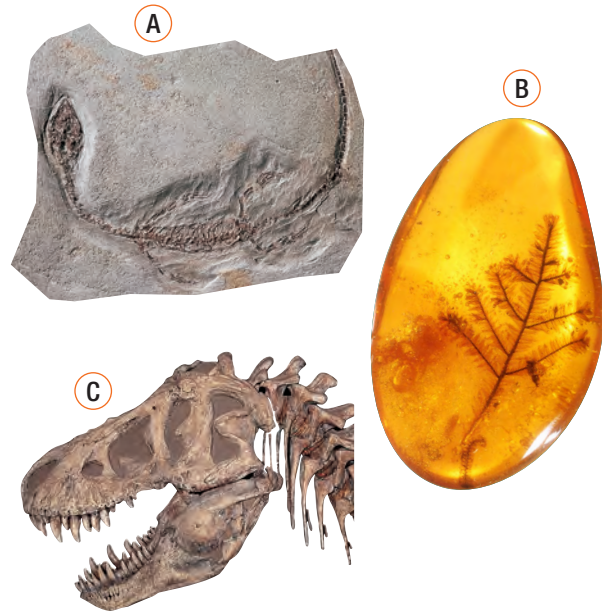
Los restos originales se han descompuesto, pero han dejado un molde en el suelo, el que luego se mineraliza. En la imagen (A), un molde de dinosaurio.

#### Inclusión

El organismo queda dentro (incluido) de una sustancia, como una resina vegetal o hielo, y se preserva casi sin alteraciones. En la imagen (B), un fósil de vegetal en ámbar, resina vegetal fosilizada.

#### Permineralización

Las partes del organismo son sustituidas, molécula por molécula, por minerales, con lo que se forma una copia de piedra del organismo. En la imagen (C), huesos fósiles de *Tyrannosaurus rex*.



¿De qué factores ambientales depende el tipo de fósil que se forme?

### ¿Cómo se fosilizaron los huesos de dinosaurios?

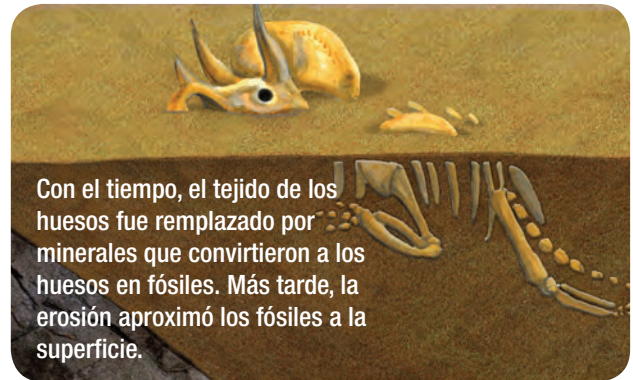
Durante el proceso de sedimentación, los restos de algunos dinosaurios quedaron atrapados entre las capas de sedimentos y se transformaron en fósiles por

permineralización. Por eso, sus fósiles suelen encontrarse en estratos de sedimentos que contienen rocas sedimentarias, como la caliza.

#### Proceso de fosilización



Luego de morir, el animal fue cubierto por el agua de un río o del mar. Allí, la carne de su cuerpo se descompuso o fue devorado, pero el esqueleto se conservó.



Con el tiempo, el tejido de los huesos fue reemplazado por minerales que convirtieron a los huesos en fósiles. Más tarde, la erosión aproximó los fósiles a la superficie.

Leonardo Batic/Diego Barletta



El agua depositó capas sucesivas de sedimentos sobre el esqueleto. Estos impidieron su deterioro y comprimieron los huesos, lo que evitó que se dispersaran.

Investiga acerca del hallazgo del dinosaurio chileno *Chilesaurio diegosuarezi*.

## Evidencias anatómicas: órganos homólogos, análogos y vestigiales

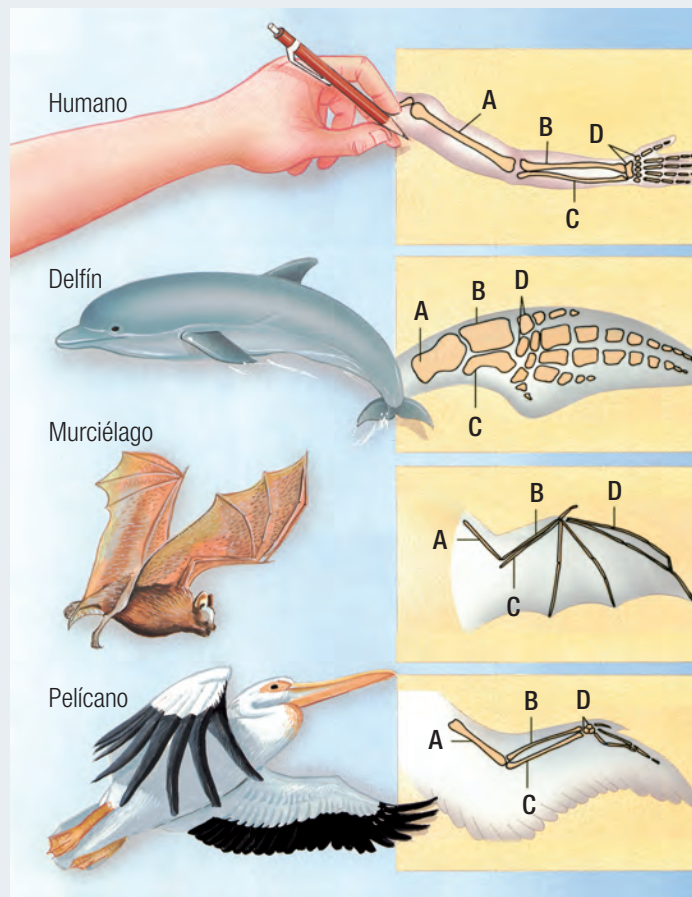
La anatomía comparada estudia las semejanzas y diferencias entre las estructuras de distintos organismos y ha sido muy importante para establecer relaciones evolutivas entre las especies.

### Desafíos mentales Anatomía comparada

Colaborativo

**Objetivo:** analizar e interpretar evidencias.

Te invitamos a que analices la ilustración que muestra la organización esquelética de las extremidades anteriores de cuatro vertebrados —ser humano, delfín, murciélago y pelícano— para que luego respondas las preguntas junto con un compañero.



A Húmero, B Radio, C Cúbito, D Huesos del carpo.

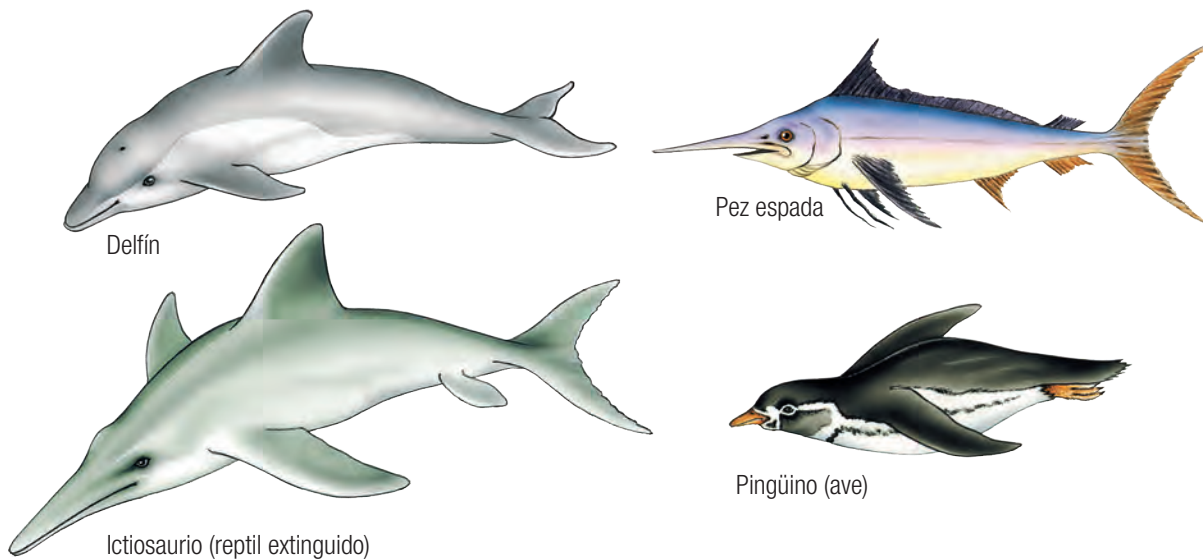
1. **Compara y describe** la organización de los huesos en las extremidades de estos animales. ¿Reconoces algún patrón?
2. **Infiere** a qué se deben las semejanzas y diferencias en la organización de los huesos de las extremidades de estos animales.
3. ¿Participaste activamente en la elaboración de las respuestas de esta actividad? **Fundamenta.**

- **Órganos homólogos:** son los que tienen la misma estructura interna, aunque su forma y función sean diferentes, como las extremidades de los animales que acabas de analizar. De acuerdo con el evolucionismo, se trata de estructuras heredadas de un **ancestro común**, cuya **adaptación** posterior a distintas formas de vida generó diferencias entre las especies, lo que se conoce como **divergencia evolutiva**.
- **Órganos análogos:** son estructuras que en distintas especies cumplen funciones similares, pero tienen diferentes orígenes embrionarios. Por ejemplo, las alas de las aves y las de los insectos; estas están adaptadas para el vuelo, pero las de las aves son estructuras dotadas de huesos y músculos, mientras que las de los insectos son expansiones de la cubierta externa del cuerpo y los músculos de vuelo están dentro del tórax.

De acuerdo con el evolucionismo, especies que tengan una forma de vida semejante y estén sometidas a presiones ambientales comunes podrían evolucionar independientemente hacia formas similares, proceso que se denomina **convergencia evolutiva**.

### Para saber más

Cada especie cuenta con **adaptaciones**, es decir, tienen estructuras y realizan procesos para satisfacer sus necesidades y responder al medioambiente. De esta forma, mejoran sus oportunidades para sobrevivir y dejar descendencia.



- ▮ Estos animales de vida acuática convergieron hacia una forma corporal hidrodinámica. La homología evidencia un ancestro común, no la analogía.

- **Órganos vestigiales:** los órganos vestigiales son estructuras que están atrofiadas y sin función evidente. La explicación evolutiva dice que derivan de otros órganos que sí eran útiles en especies predecesoras. Por ejemplo, en nuestra especie se consideran como vestigiales las muelas del juicio, el coxis y el apéndice vermiforme.



- ▮ Algunas serpientes, como boas y pitones, tienen vestigios de huesos propios de las extremidades. ¿Qué sentido puede tener la presencia de estos huesos atrofiados?

## Evidencias biogeográficas: la distribución de las especies

¿Por qué ciertas especies están presentes en un lugar, pero no en otro? Esta es una pregunta clave de la **biogeografía**, ciencia que estudia la distribución geográfica y la diversidad de las especies.

### Desafíos mentales Evidencias biogeográficas

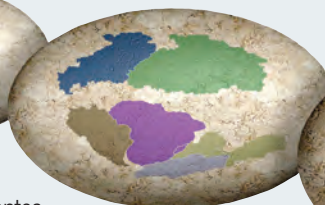
Colaborativo

**Objetivo:** formular hipótesis y valorar el aporte de los científicos para comprender el mundo.

Junto con un compañero, analiza la siguiente información y discute las posibles respuestas a las preguntas que se proponen.



Hace 255 millones de años, todos los continentes se encontraban unidos formando la Pangea y estaban rodeados por un gran océano: Panthalasa.



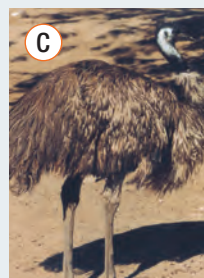
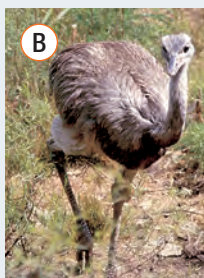
Hace 150 millones de años, Pangea se dividió en dos enormes continentes: Laurasia (al norte) y Gondwana (al sur).



Hace 65 millones de años, cuando se extinguieron los dinosaurios, la disposición de los continentes era parecida a la actual, pero la India se hallaba separada de Asia.

Fernando San Martín

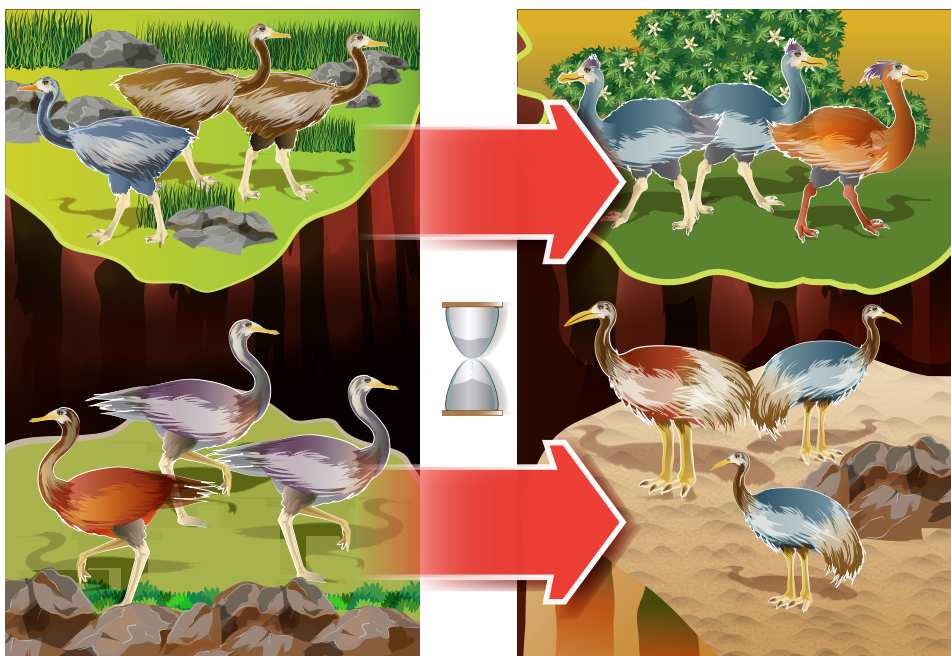
Existe un tipo de aves denominadas comúnmente aves corredoras (no voladoras) que se encuentran distribuidas en diferentes continentes. Por ejemplo, el avestruz **A** se halla en África; el ñandú **B** vive en América del Sur, y el emú **C** y el casuario **D** habitan en Australia.



1. Basados en sus conocimientos científicos, **formulen una hipótesis** que explique por qué en diferentes continentes habitan especies de aves corredoras que, aunque distintas, tienen características semejantes.
2. **Nombren y describan** la idea que aportó Alfred Wegener acerca del movimiento de los continentes. **Valoren** su importancia.

- **Distribución geográfica:** fue Charles Darwin quien concluyó que aquellos organismos que habitan juntos en una determinada área evolucionan de un modo similar, pero cuando ciertas poblaciones quedan aisladas, tienden a evolucionar hacia formas diferentes, con lo que se puede iniciar un proceso de formación de nuevas especies o **especiación**.

**Ejemplo de especiación**



**Evidencias embriológicas: desarrollo embrionario**

En el siglo XIX, el biólogo alemán Ernst Haeckel comparó el desarrollo embrionario de distintos animales y observó que hay ciertas semejanzas que van desapareciendo según avanza el proceso. Por ejemplo, todos los vertebrados poseen arcos branquiales y cola cuando son embriones y a medida que avanza el desarrollo, algunos animales conservan estas estructuras y otros las pierden. Esto es una evidencia de la existencia de un **ancestro común**.

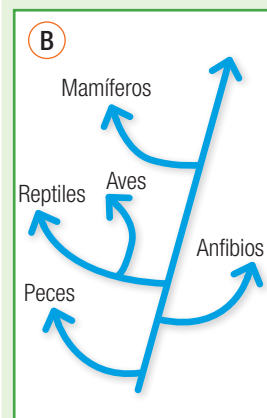
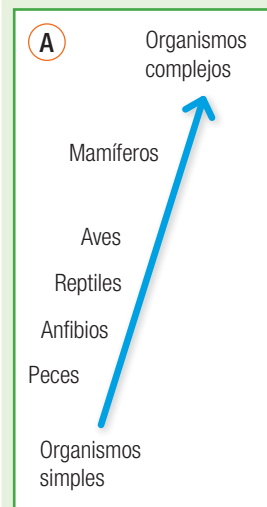
Sin embargo, Haeckel concluyó **incorrectamente** que durante el desarrollo embrionario de las especies que descienden de un ancestro común se muestran ordenadamente las transformaciones que se han ido acumulando en el proceso de evolución. Esto significaría que, por ejemplo, durante el desarrollo embrionario humano aparecerían formas semejantes a las de un pez o de un ave. Haeckel también creía que las especies evolucionaban hacia formas más perfectas.

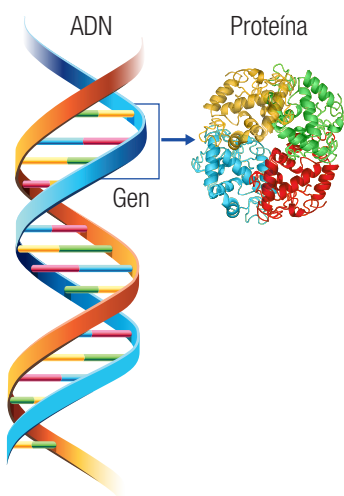
Hoy está demostrado que las especies que evolucionan a partir de ancestros comunes lo hacen de manera **ramificada**, y no linealmente como supuso Haeckel.

A pesar de sus errores, Haeckel también hizo importantes contribuciones a la embriología, a la zoología, a la botánica, y se le considera uno de los fundadores de la ecología.

**Para saber más**

La escala natural (representada en el esquema **A**), que fue propuesta por Aristóteles (384-332 a. C.), perduró hasta el siglo XIX. Es una idea errónea adoptada por fijistas y creacionistas, que propone que existen organismos de mayor y de menor perfección. En realidad, las especies no son perfectas y las nuevas surgen por la evolución a partir de ancestros comunes (esquema **B**).





La información genética se traduce en la síntesis de proteínas.

### Evidencias moleculares: comparación de ADN y de proteínas

La molécula de **ADN** contiene y transmite la **información genética** de cada individuo. Esta información está codificada en los **genes**, los que se expresan a través de la **síntesis de proteínas**.

Cada gen es una secuencia de nucleótidos y son los genes los que, en última instancia, determinan las características de un individuo, porque codifican la secuencia de los aminoácidos que conforman una **proteína** y estas son las que dan las características únicas de cada organismo.

Los biólogos moleculares se han dado cuenta de que organismos de distintos grupos (animales, vegetales, hongos y bacterias) comparten genes. Esto es evidencia de que tienen un **ancestro común**. Por ejemplo, los **genes Hox** u homeóticos son prácticamente los mismos en todos los animales, lo que indica que son genes muy antiguos, presentes ya en el ancestro común que dio origen a todos los organismos de este reino.

Los científicos saben que los genes sufren cambios o **mutaciones** cada cierto tiempo. Contando las diferencias en los genes entre dos especies o grupos, se puede averiguar su parentesco y el tiempo aproximado de su separación. Cuanto más parecidas sean dos especies a nivel molecular, mayor será el parentesco evolutivo, y viceversa. Por ejemplo, el ser humano y el ratón tienen aproximadamente 80% de similitud en la información genética. Este porcentaje es una prueba de que somos ramas de un mismo árbol evolutivo.

### Desafíos mentales Análisis de secuencias de ADN

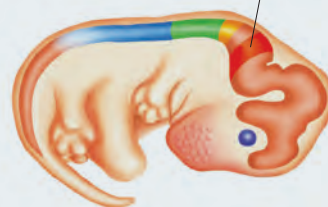
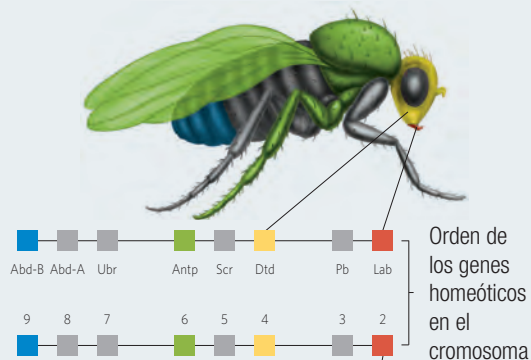
Colaborativo

Junto con un compañero, **analicen** la siguiente información y luego respondan las preguntas.

Los genes Hox u homeóticos son los encargados de regular el desarrollo de los segmentos del cuerpo durante el desarrollo embrionario de los animales. En el diagrama se representa la secuencia de estos genes en una mosca del vinagre o de la fruta (*Drosophila melanogaster*) y en un ratón. Tanto el gen como el segmento del cuerpo que le corresponde desarrollar están representados por el mismo color.

1. **Comparen** la secuencia de genes Hox de la mosca con la del ratón.
2. ¿Cómo **interpretan** este hecho?
3. ¿Consideran que esta evidencia y las anteriores son suficientes para probar que la biodiversidad es causada por la evolución? **Fundamenten.**

Mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*)

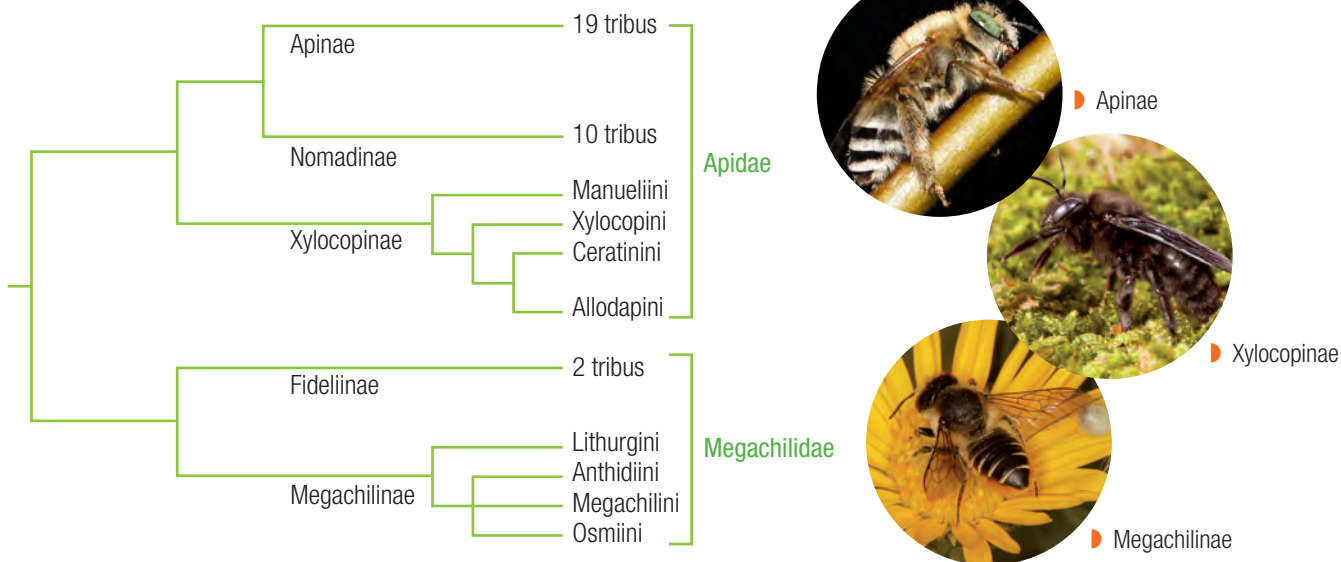


Embrión de ratón

## Árbol filogenético

La información obtenida por el análisis de los diferentes tipos de evidencias, especialmente las aportadas por la **biología molecular**, permite construir árboles filogenéticos, que son modelos que representan las relaciones evolutivas de los organismos. Cada una de sus ramas representa a un **taxón** y el punto en que se bifurcan corresponde a un **ancestro común**. Revisa el siguiente ejemplo:

Árbol filogenético de las abejas



Adaptado de: Flores, L., Flores, S. y McAllister, B. (2010). Phylogenetic relationships among tribes in Xylocopinae (Apidae) and implications on nest structure evolution. *Molecular Phylogenetic and Evolutions*. 57, 237-243.

En este caso, cada gran rama representa a una subfamilia (Apinae, Nomadinae, Xylocopinae, Fideliinae y Megachilinae) y las ramas más pequeñas a diferentes tribus, una categoría que puede incluir varios géneros y especies. De su análisis se desprende que, por ejemplo, las especies pertenecientes a las subfamilias Apinae y Nomadinae comparten un ancestro común y que, por lo tanto, debieran presentar mayores similitudes genéticas entre sí que con las especies del resto de las subfamilias.



### CTS Ciencia, tecnología y sociedad

En 2016, expertos en biodiversidad emitieron un informe para las Naciones Unidas (ONU) en el que concluyen que, a nivel mundial, un creciente número de polinizadores, como las abejas, mariposas y pájaros, están amenazados de extinción. Entre las causas consideran el uso de pesticidas, el cambio climático, el ataque de parásitos y patógenos, entre otras. Debido a que cerca del 75 % de las cosechas de todo el mundo dependen de los polinizadores para la reproducción de las plantas, los científicos predicen que su pérdida provocará una

grave disminución de la producción de alimentos. Para salvar a las abejas, se estudian métodos para mejorar su sobrevivencia al invierno, se buscan nuevos métodos para controlar plagas y se protegen áreas silvestres. ¿Qué puedes hacer tú para ayudar a las abejas, y a nosotros con ello?

Fuente: Emol.com - <http://www.emol.com/noticias/Tecnologia/2016/02/26/790241/La-ONU-advierte-amenazante-disminucion-de-abejas-y-otros-polinizadores-que-amenazan-agricultura-mundial.html>