



# Tema 4. Evolución y biodiversidad

## 4.1 Pruebas de la evolución



Germán Tenorio  
Biología NS-Diploma BI



IMAGEN: <http://liberalvaluesblog.com>

**Idea Fundamental:** Hay pruebas abrumadoras de la evolución de la vida en la Tierra.





## Para empezar

- Veamos el siguiente video y discusión en parejas.





## Programación del subtema

Comprensión	Aplicaciones	Habilidades
Evolución	Melanismo en insectos de áreas contaminadas	
Registro fósil, selección artificial, estructuras homólogas	Extremidad pentadáctila	
Aparición de nuevas especies		
Variación continua en las poblaciones		

in L. arm  
XXXXXX



## Evolución

- La **evolución se produce cuando las características hereditarias de una especie varían a lo largo del tiempo**, siendo el mecanismo que dirige el proceso evolutivo la **selección natural**.
- A pesar del peso de las pruebas existentes de la evolución de los seres vivos por selección natural, existe cierta disconformidad entre algunos grupos religiosos.

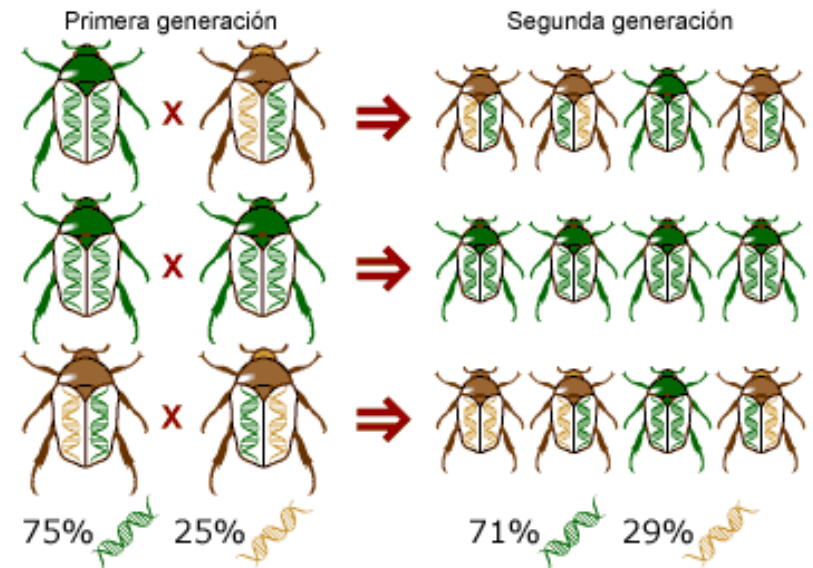


IMAGEN: evolution.berkeley.edu/

- Las mayores objeciones están relacionadas con el hecho de que las especies puedan evolucionar, más que con el mecanismo que inevitablemente causa que las especies evolucionen.

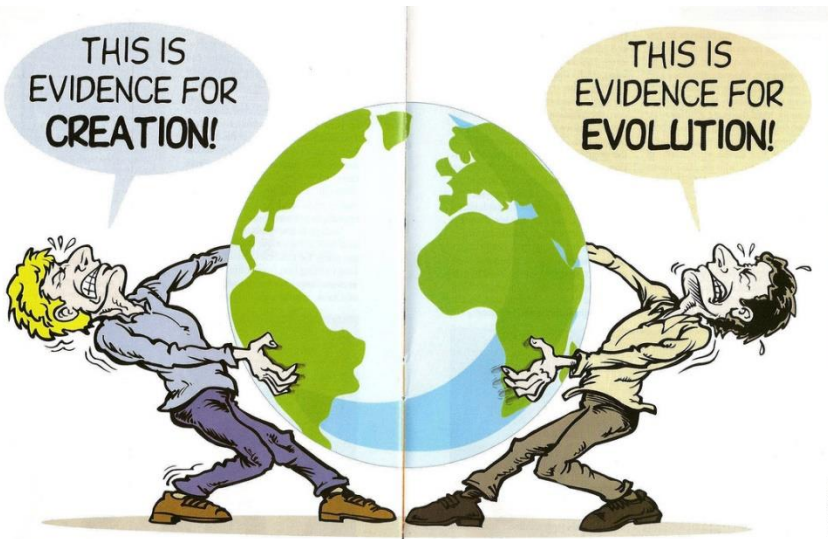


IMAGEN: <http://www.lordsbcc.org>

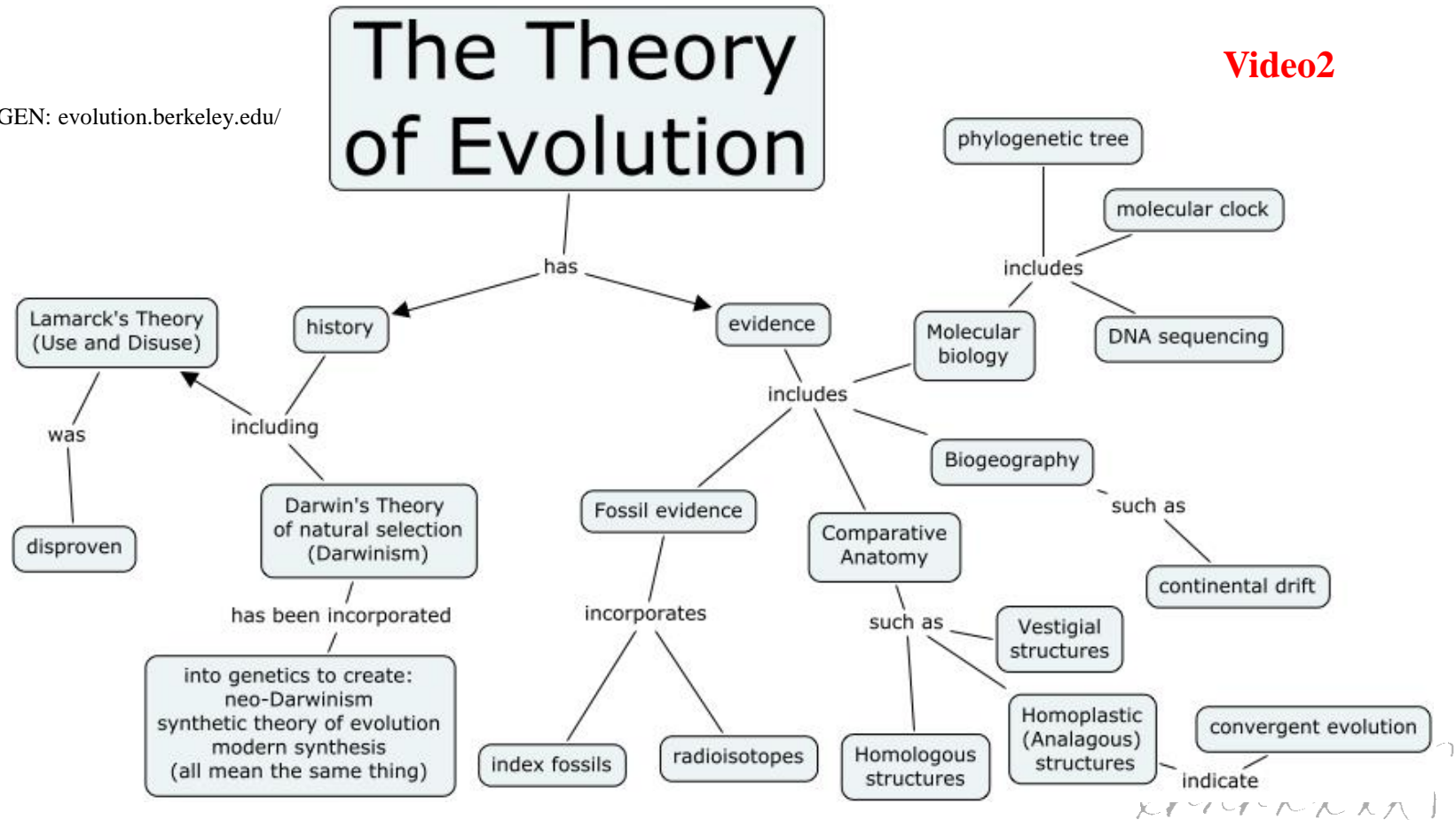


# Evolución

- Existen multiples y diferentes pruebas que evidencian la evolución de los seres vivos, entre las que destacan el **registro fósil**, la **cría selectiva** y las **estructuras homólogas**.

IMAGEN: evolution.berkeley.edu/

**Video2**

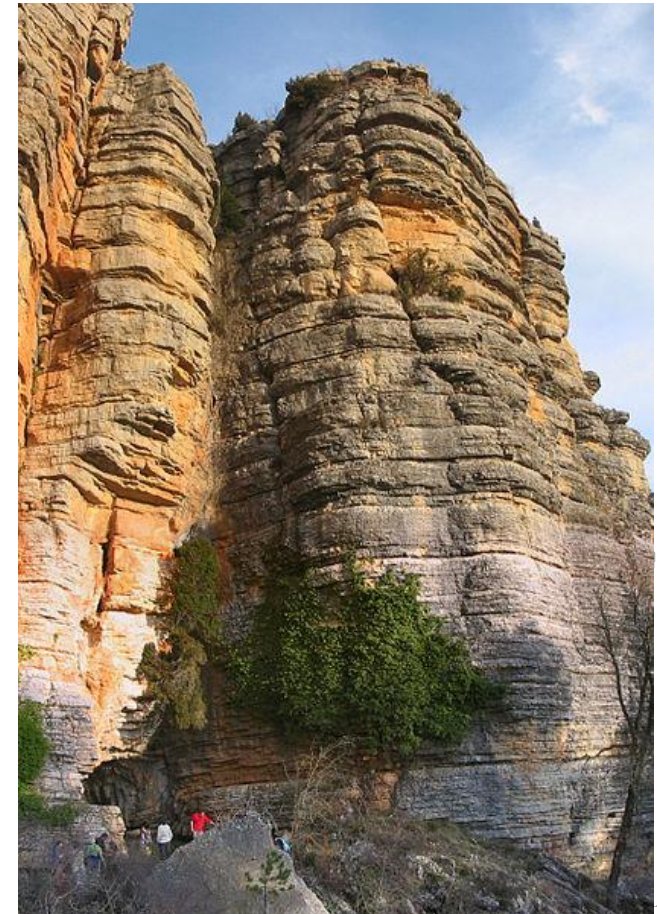






## Evidencia del registro fósil

- **El registro fósil proporciona pruebas de la evolución.**
- La **Paleontología** es la ciencia que estudia e interpreta el pasado de la vida en la Tierra a través de los fósiles.
- Los fósiles únicamente se encuentran en rocas sedimentarias (ni ígneas ni metamórficas), las cuales se forman por acumulación de estratos.



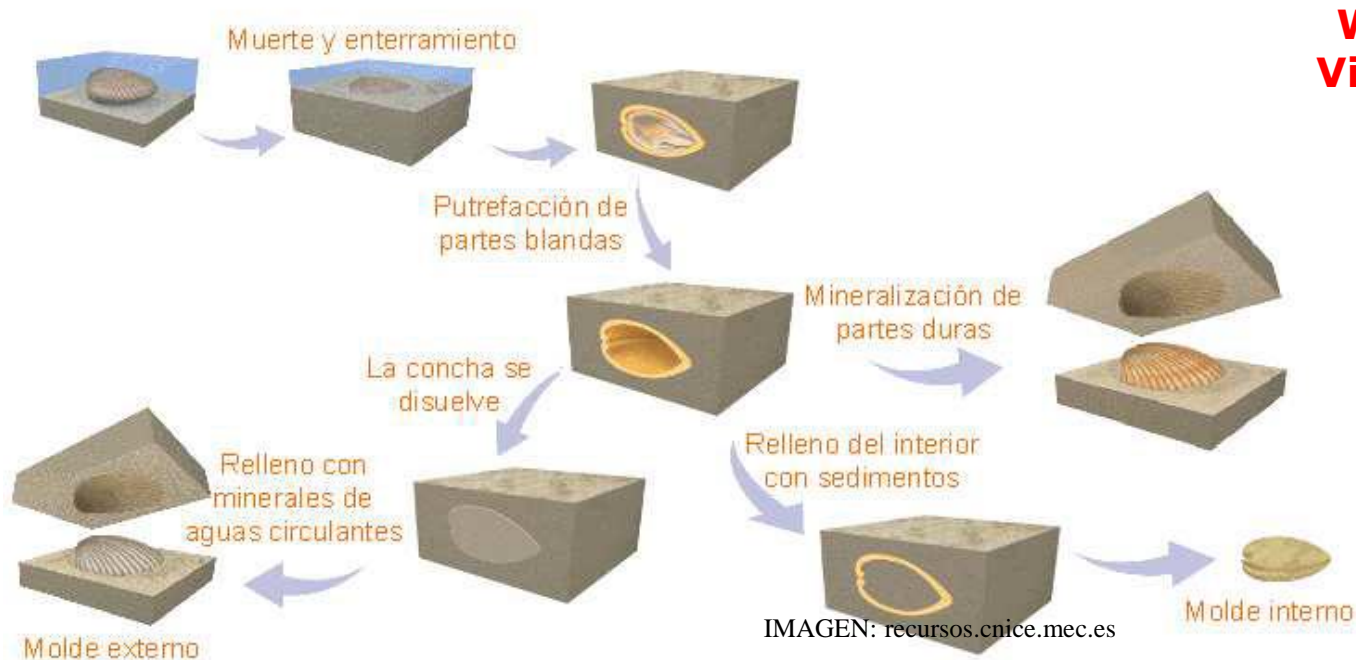
XXXXXXXXXX



## Evidencia del registro fósil

- La mayoría de organismos se descomponen al morir, ya que se requieren una serie de condiciones para su preservación, como poca humedad, ambiente anaerobio, etc.
- Solo las partes duras, como huesos o dientes, son susceptibles de sufrir fosilización. Este proceso es menos probable en áreas húmedas, donde los ácidos orgánicos de la vegetación pueden disolver las sales cálcicas.

### Proceso de fosilización más frecuente







## Evidencia del registro fósil

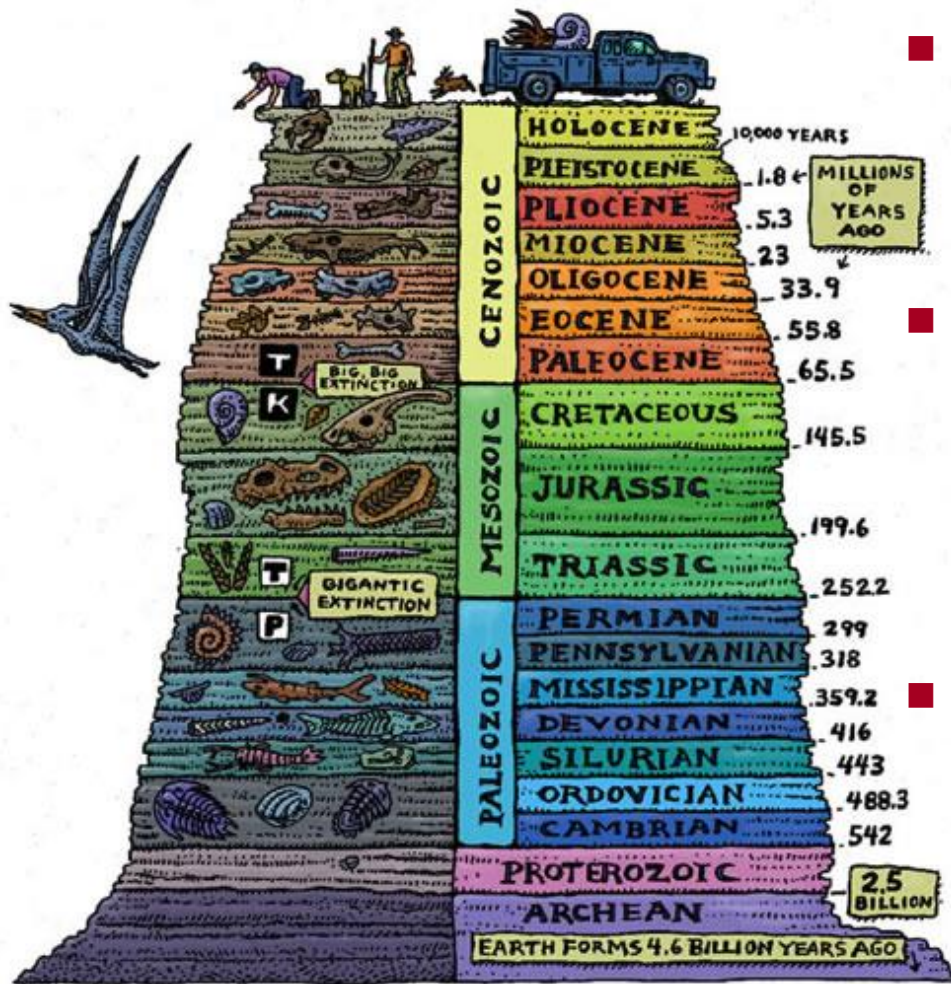


IMAGEN: globalchange.umich.edu

■ El registro fósil ha demostrado que **la secuencia en la que aparecen los fósiles** concuerda con la secuencia en la que se espera que hayan evolucionado.

■ Así, los registros de fósiles de bacterias y algas simples son los primeros en aparecer (hace unos 3 500 Ma), seguidos de hongos, plantas y animales. Los mamíferos placentarios aparecieron hace 110 Ma.

■ La secuencia también concuerda con la ecología de los grupos, apareciendo los fósiles de plantas adecuadas para la polinización por insectos antes que los de los insectos polinizadores.



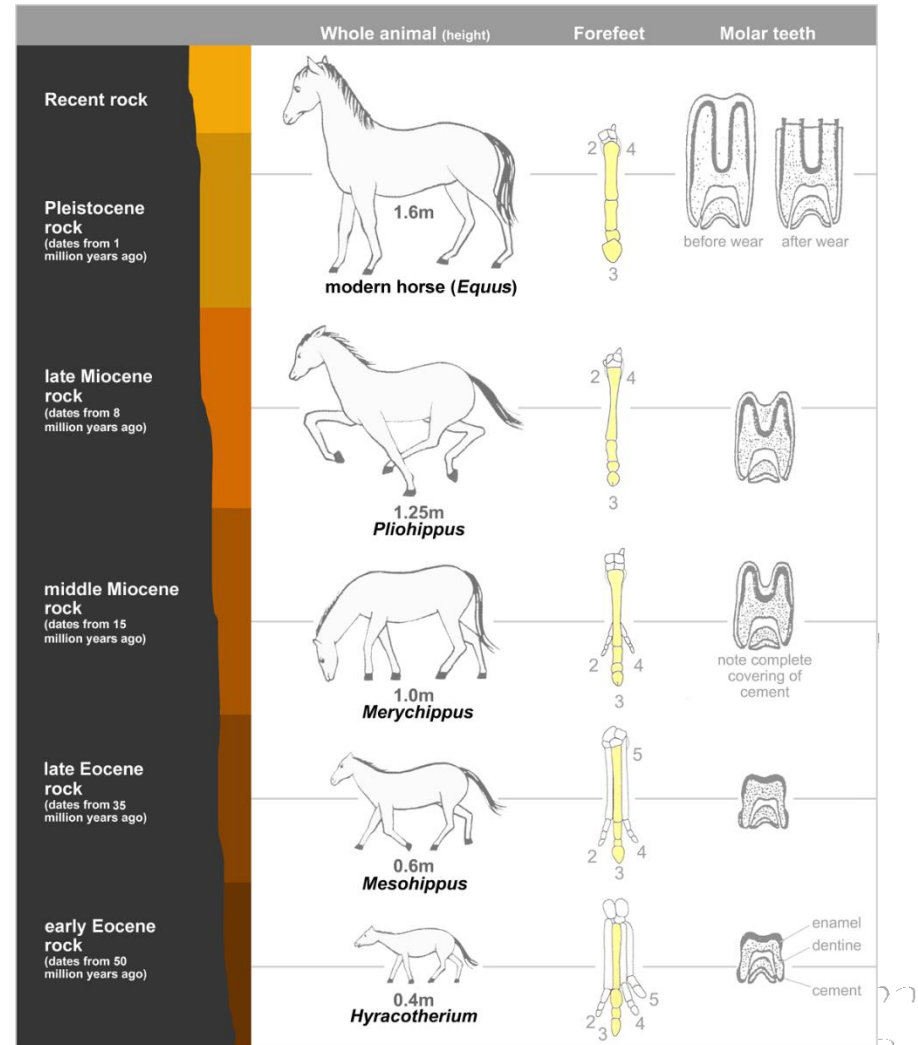


## Evidencia del registro fósil

- Se conocen muchas secuencias de fósiles, las cuales permiten establecer conexiones entre los organismos existentes y sus posibles ancestros.
- Un ejemplo es el de los miembros del **género *Equus***, como los caballos y cebras, los cuales están estrechamente emparentados con los rinocerontes. Así, una extensa secuencia fósil que llegue hasta hace unos 60 millones de años, permite ver que todos están relacionados con *Hyracotherium*, un animal similar al rinoceronte.

**Video4**

IMAGEN: upload.wikimedia.org





## Selección artificial

- El hombre ha criado de forma deliberada determinadas especies animales a lo largo de miles de años.
- Si se compara el aspecto del ganado domesticado con el de las especies salvajes, las diferencias son notables y numerosas.
- Las especies domesticadas no han existido siempre como lo son actualmente, sino que son el resultado de una selección y cría selectiva de aquellos individuos más adecuados para los usos y fines humanos. Este proceso se denomina **selección artificial**.



IMAGEN: fotonatura.org



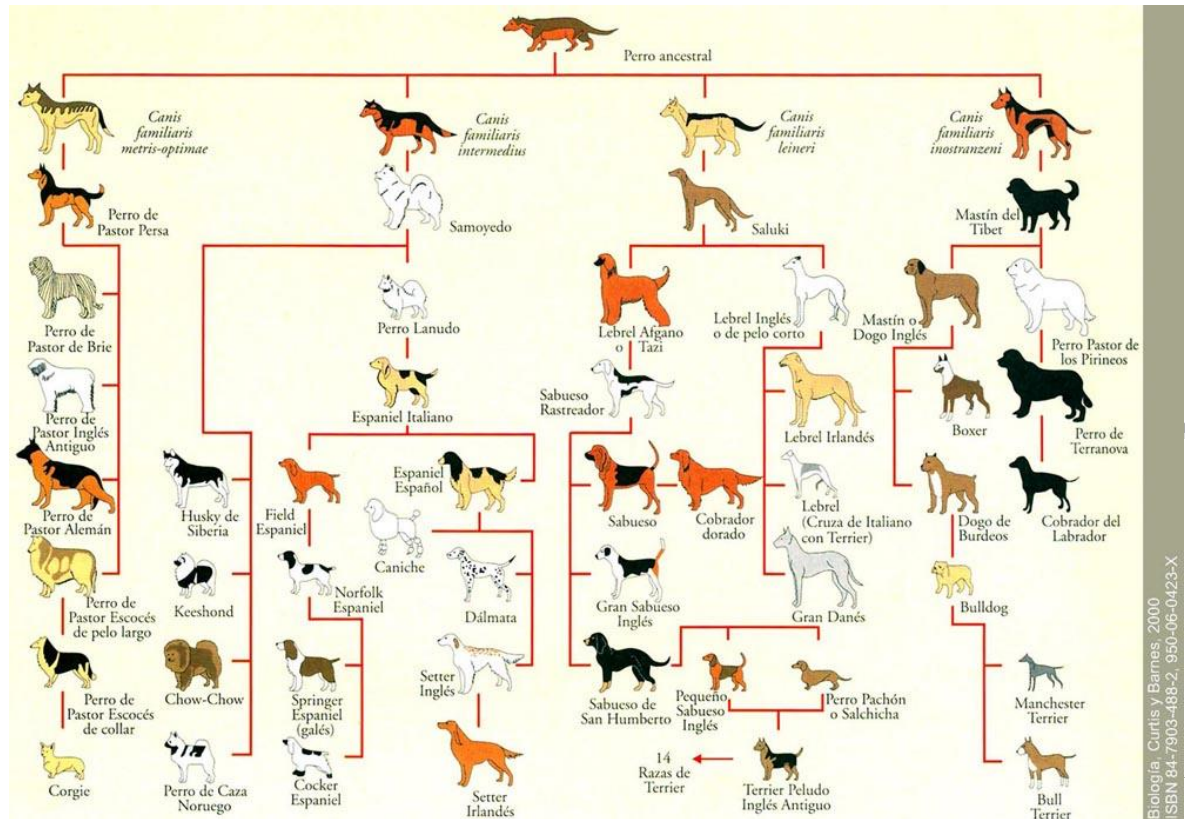
IMAGEN: windows2universe.org



## Selección artificial

- La efectividad de la selección artificial se pone de manifiesto al observar los considerables cambios que los animales domésticos han acumulado a lo largo de periodos de tiempo relativamente cortos, comparado con el tiempo geológico.
- Por tanto, puede afirmarse que **la cría selectiva de animales domesticados demuestra que la selección artificial puede causar evolución.**

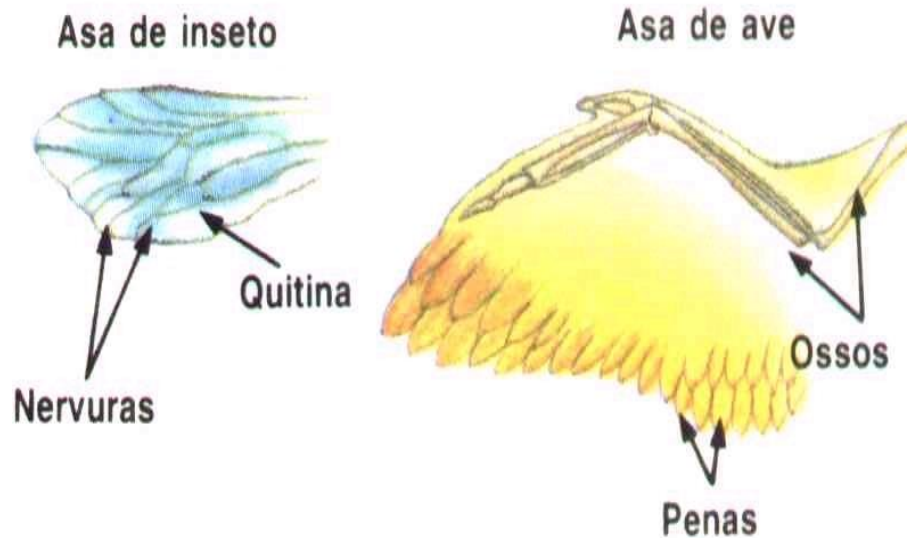
IMAGEN: [www7.uc.cl](http://www7.uc.cl)





## Estructuras análogas y evolución convergente

- Darwin apuntaba en su libro "*El Origen de las Especies*" que algunas de las similitudes que se observan en las estructuras de diferentes organismos, son superficiales, como son las alas de un insecto y de un ave.
- Estas **estructuras análogas se definen como** aquellas que no derivan de un ancestro común, por lo que no poseen necesariamente la misma estructura, pero que tienen una función similar, constituyendo un ejemplo **evolución convergente**.
- Aves, insectos y murciélagos utilizan alas para volar, y aunque todos pertenecen al Reino Animal, no se encuentran en el mismo clado, simplemente por su habilidad para volar.
- Otro ejemplo de características análogas son la aletas de organismos acuáticos, como delfines (mamífero) y tiburones (escualido).



**ESTRUTURAS ANÁLOGAS**

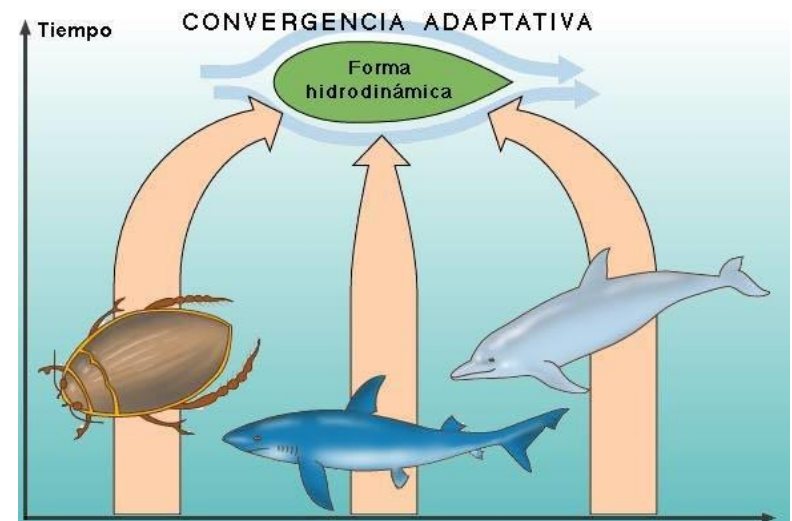
XXXXXXXXXX





## Estructuras análogas y evolución convergente

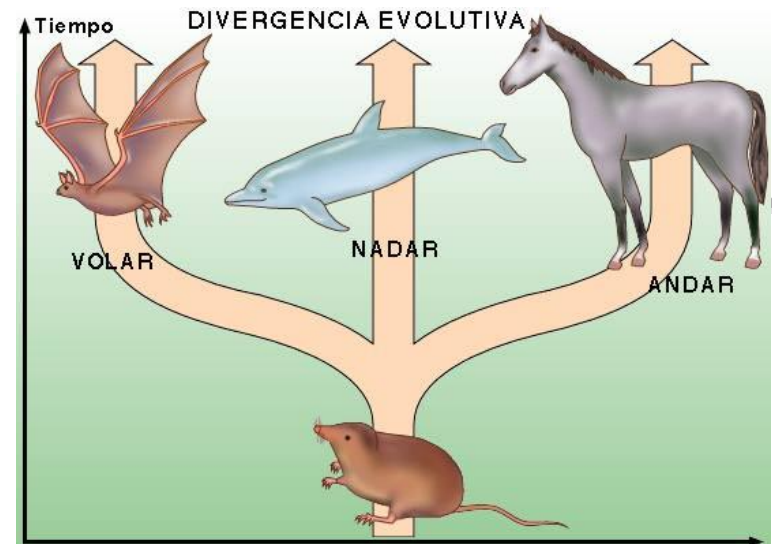
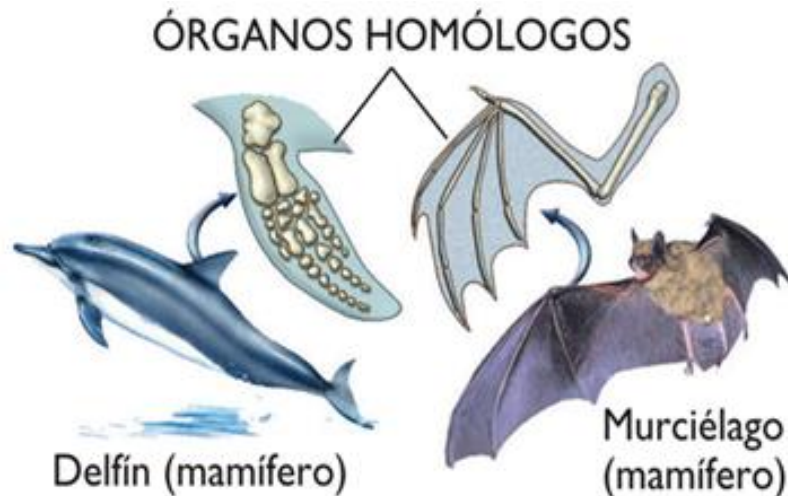
- La **evolución convergente** se manifiesta por la **presencia de estructuras similares o iguales** en especies que pertenecen a líneas evolutivas distintas (no comparten un ancestro común).
- Estos caracteres similares que han evolucionado de forma independiente para llevar a cabo la **misma función** como adaptación al medio en el que viven, se denominan **estructuras análogas**.
- **Ejemplos** de estructuras análogas, es decir, misma función pero diferente origen ancestral, son las alas de un insecto y las de un murciélago para el vuelo, la forma fusiforme de un tiburón y un delfín para la natación, o las extremidades delanteras del armadillo y oso hormigero para excavar.





## Estructuras homólogas y evolución divergente

- En otros casos, las especies que una vez estuvieron estrechamente relacionadas presentan **estructuras homólogas** con funciones diferentes. Por ejemplo, al comparar la aleta de un delfín con el ala de un murciélago, es difícil imaginar que tienen un ancestro común que los emparenta, lo que constituye un ejemplo de **evolución divergente**.
- En ambos tipos de evolución, es el proceso de selección natural el que permite a los organismos adaptarse a su ambiente de forma en la que lo han hecho.

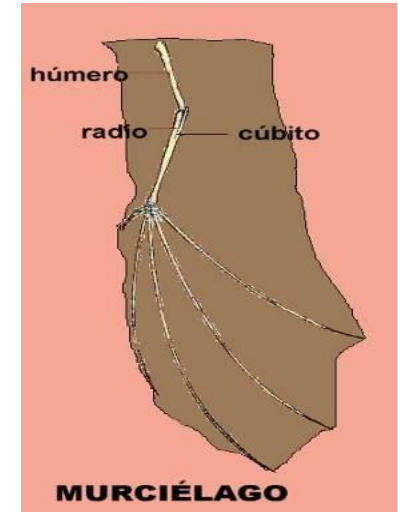


no es un  
XXXXXX



## Estructuras homólogas y evolución divergente

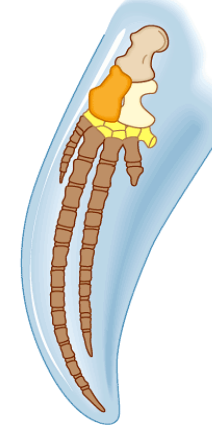
- La **evolución divergente** se manifiesta por la **presencia de estructuras diferentes** en especies que pertenecen a la misma línea evolutiva (comparten el mismo ancestro).
- Estos caracteres diferentes que han evolucionado independientemente para llevar a cabo **distinta función** como adaptación al medio en el que viven, se denominan **estructuras homólogas**.
- **Ejemplos** de estructuras homólogas, es decir, distinta función pero mismo origen ancestral, son la aleta de un delfín para nadar y el ala de un murciélago para volar, y en general, la extremidad pentadáctila en los vertebrados.



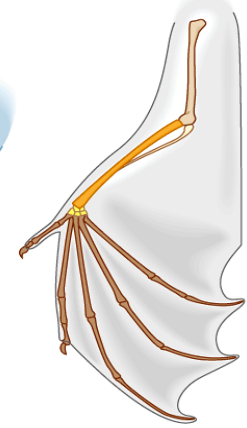
Human



Cat



Whale

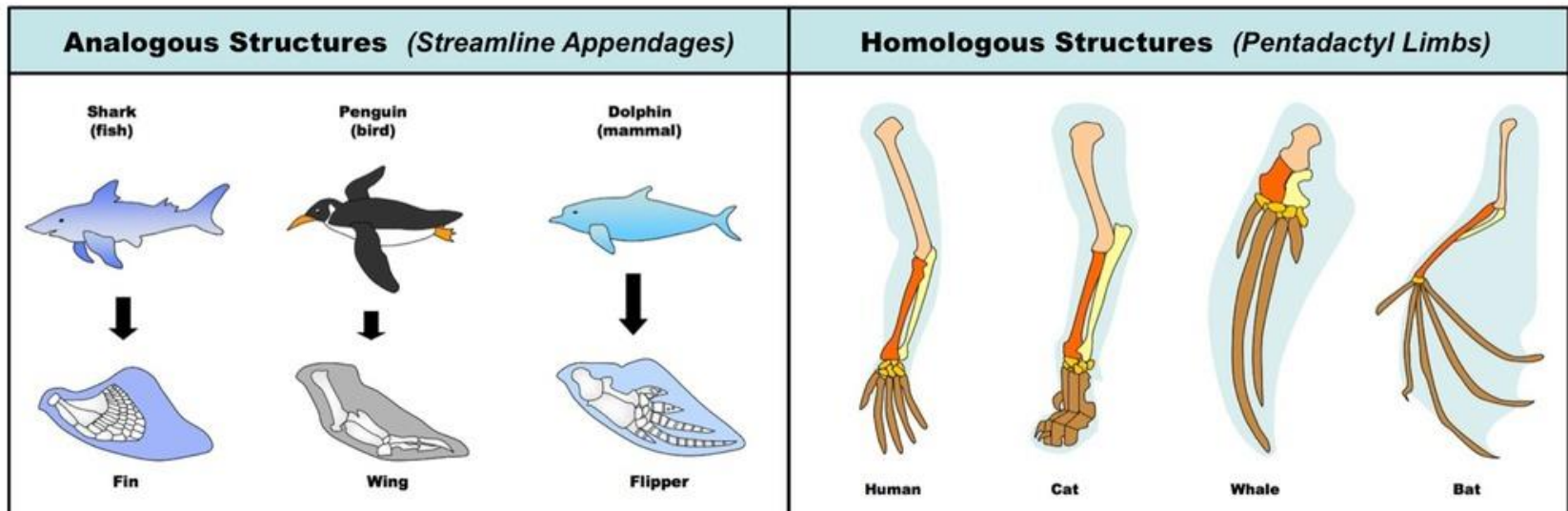


Bat



# Órganos análogos *versus* homólogos

Órganos análogos	Órganos homólogos
Misma función	Distinta función
Difieren en su estructura	Similares en estructura
No comparten un ancestro común (evolución convergente)	Comparten un ancestro común (evolución divergente)
Ejemplos: Aletas de delfín, pingüino y tiburón.	Ejemplos: Extremidad pentadáctila en vertebrados







## Evolución convergente *versus* divergente

Evolución convergente	Evolución divergente
Explican las relaciones existentes entre organismos con estructuras con igual función	Explican las relaciones existentes entre organismos con estructuras con igual forma
No comparten un ancestro común	Comparten un ancestro común
Poseen estructuras análogas	Poseen estructuras homólogas
No poseen una estructura básica ancestral, pero se han adaptado de formas similares	Poseen la estructura básica ancestral, que ha sido modificada de diferentes formas
Organismos que se han adaptado a medios o nichos ecológicos similares	Organismos que se han adaptado a medios o nichos ecológicos diferentes
Poseen estructuras con diferente forma y misma función	Poseen estructuras con similar forma pero diferente función
Ejemplos: Ala de un ave y la de un insecto	Ejemplos: Extremidad pentadáctila en vertebrados

XXXXXXXXXX



## APLICACIÓN: Comparación extremidad pentadáctila

- El **quiridio** o **extremidad pentadáctila** de las extremidades de diversos animales, tales como mamíferos, aves, anfibios y reptiles, todos ellos con distintos métodos de locomoción, constituye un **ejemplo de estructura anatómica homóloga**.
- La extremidad pentadáctila consiste de las siguientes estructuras:

### Extremidad anterior

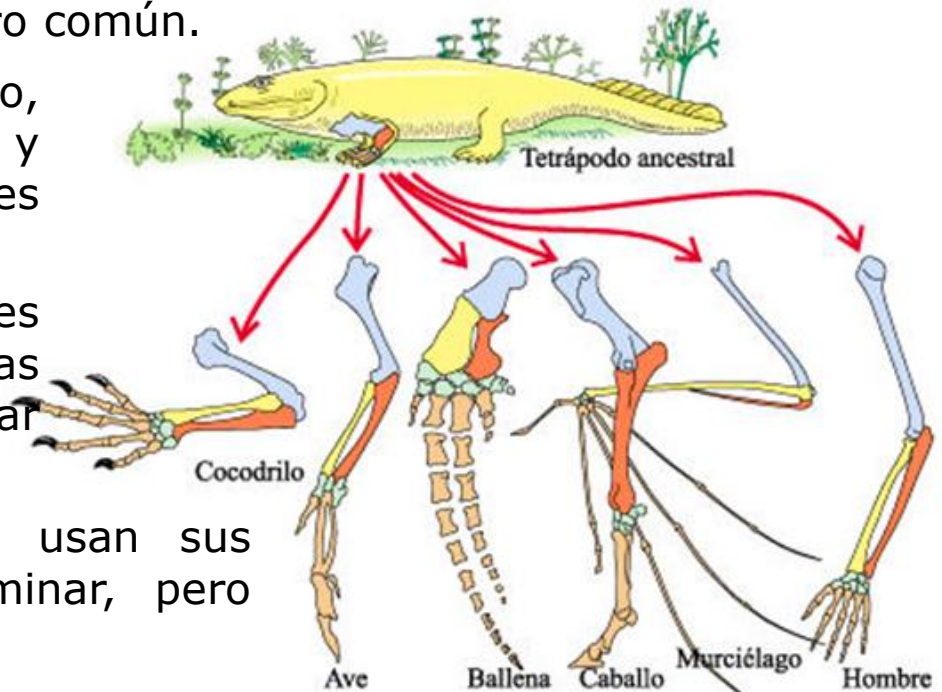
### Extremidad posterior





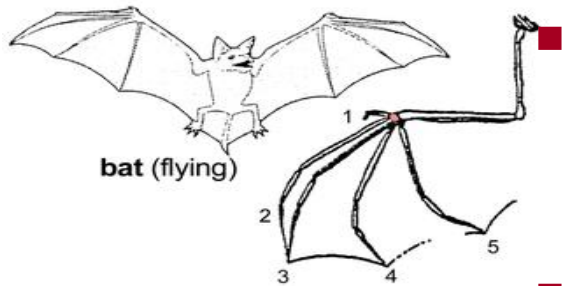
## APLICACIÓN: Comparación extremidad pentadáctila

- La longitud relativa y el grosor así como el número de huesos y la función puede variar, pero el patrón general de huesos o una modificación del mismo está presente en todos los anfibios, reptiles, aves y mamíferos, pudiéndose concluir que estos organismos que comparten estas extremidades poseen un ancestro común.
- Los **reptiles**, como el cocodrilo, caminan o reptan sobre tierra, y usan sus palmeadas extremidades posterior para nadar.
- Las **aves**, usan sus extremidades posteriores para caminar y las anteriores para volar o nadar (pingüino).
- Los **anfibios**, como la rana, usan sus cuatro extremidades para caminar, pero solo las posteriores para saltar.
- Algunos **mamíferos** usan sus cuatro extremidades para caminar (caballo), pero otros usan las anteriores para nadar (ballena) o volar (murciélago).

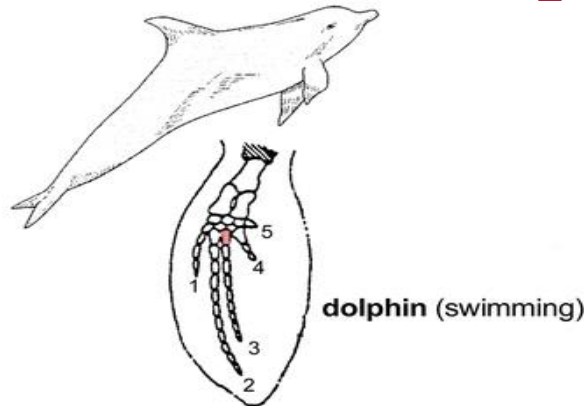




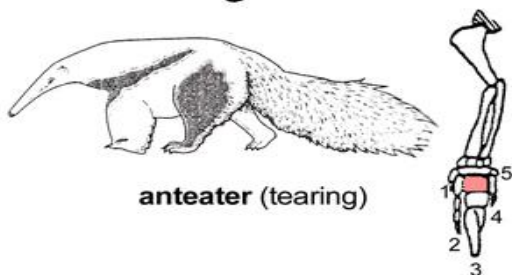
# NATURALEZA CIENCIAS: Búsqueda de patrones, tendencias y discrepancias



bat (flying)



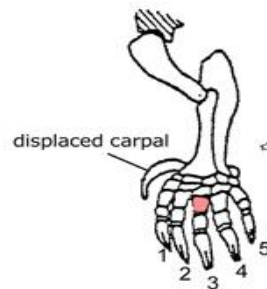
dolphin (swimming)



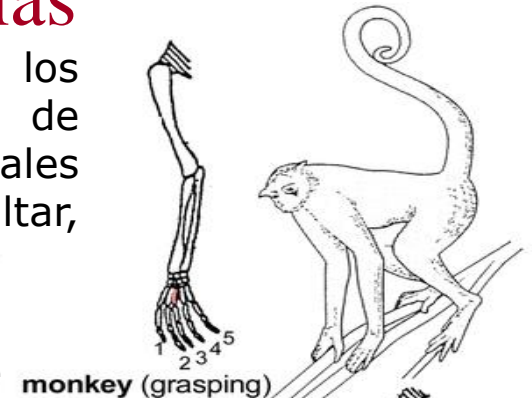
anteater (tearing)

■ Las extremidades de los vertebrados son usadas de muchas y variadas formas, tales como para caminar, correr, saltar, volar, nadar, agarrar o cavar.

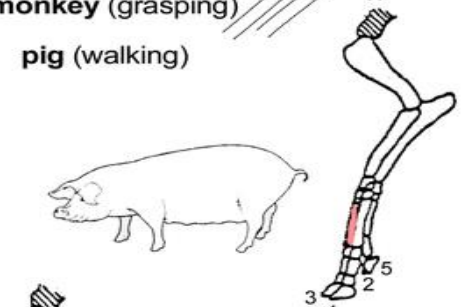
■ Tras analizar la extremidad pentadáctila, queda claro que **a pesar de lo variado de su uso, hay características comunes en la estructura ósea de las extremidades de los vertebrados, lo que indica que comparten un ancestro común.**



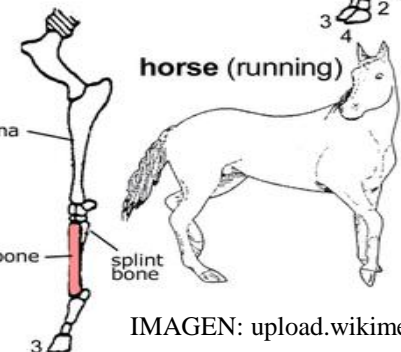
mole (digging)



monkey (grasping)



pig (walking)



horse (running)





# NATURALEZA CIENCIAS: Búsqueda de patrones, tendencias y discrepancias

- Estas funciones diferentes requieren de articulaciones que funcionen de forma diferente, a diferentes velocidades de movimiento y aplicando diferente fuerza, por lo que sería razonable esperar que dichas extremidades tuvieran una estructura ósea diferente.
- Sin embargo, todos poseen una misma estructura común que se encuentra en las extremidades de todos los vertebrados.
- **Patrones como éste requieren de una explicación**, como sería en este caso, el haber evolucionado a partir de un ancestro común. Como consecuencia, la estructura ósea común de las extremidad pentadáctila de los vertebrados se ha convertido en una evidencia de la evolución.

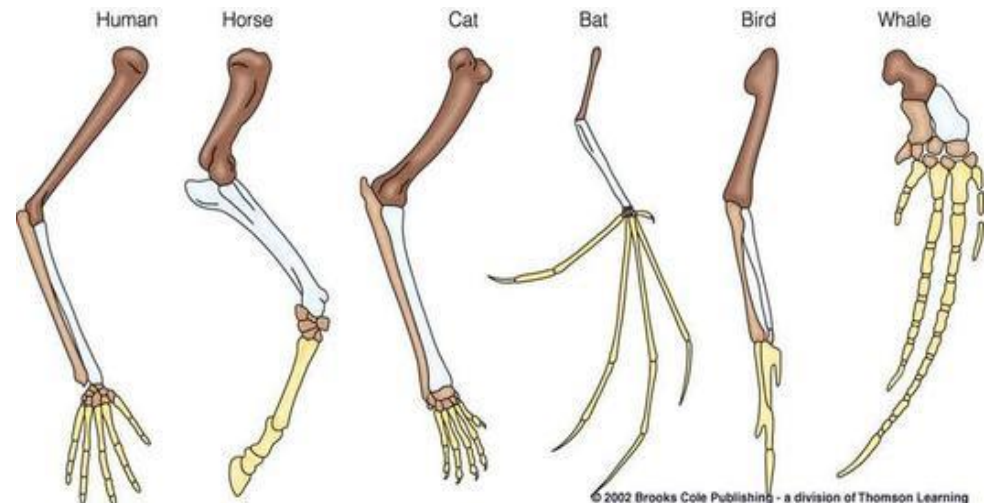


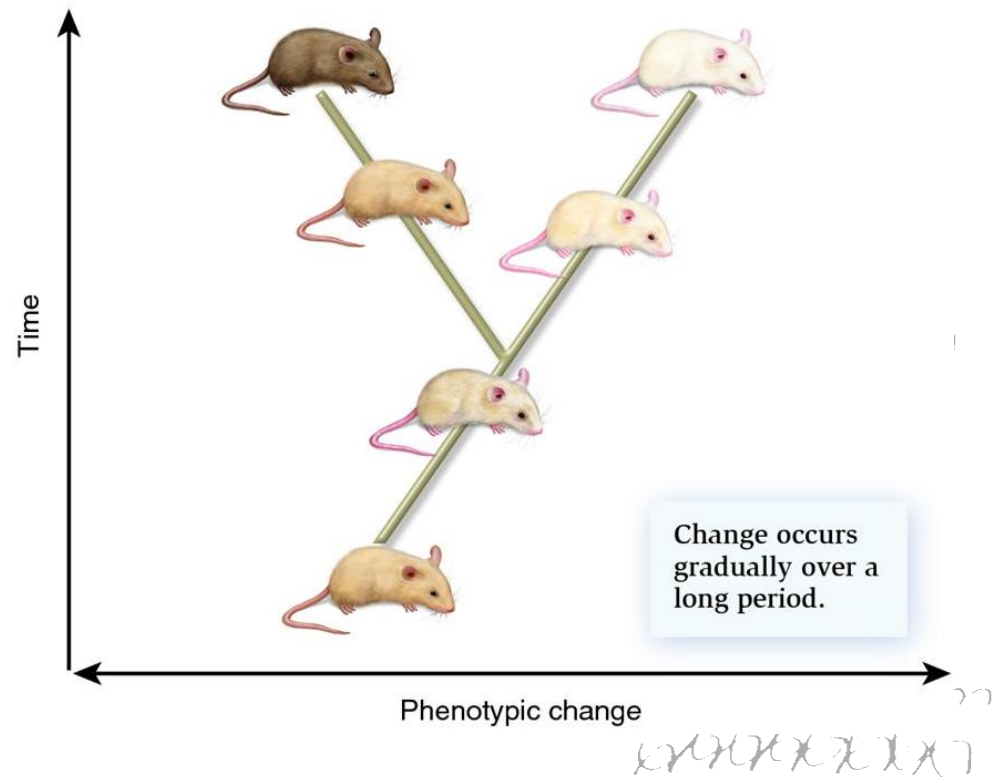
IMAGEN: [joeanimaladaptations.weebly.com](http://joeanimaladaptations.weebly.com)



## Especiación por divergencia

- Si dos poblaciones de una misma especie llegan a separarse de manera que no se reproducen entre ellas y la selección natural actúa de forma diferente, evolucionarán de forma diferente.
- Las características de ambas poblaciones divergirán gradualmente de manera que con el tiempo ambas poblaciones llegarán a ser reconociblemente diferentes.
- Si ambas poblaciones volvieren a ponerse en contacto en el futuro y tuvieran la oportunidad de reproducirse (aparearse), no podrían, evidenciando que han evolucionado a especies diferentes. Ese proceso se denomina **especiación**.

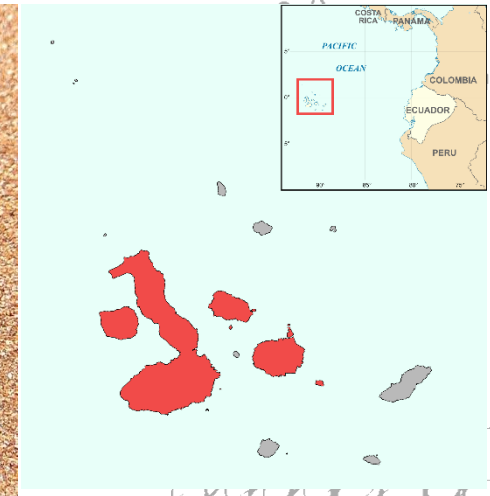
IMAGEN: biology-forums.com





## Especiación por divergencia

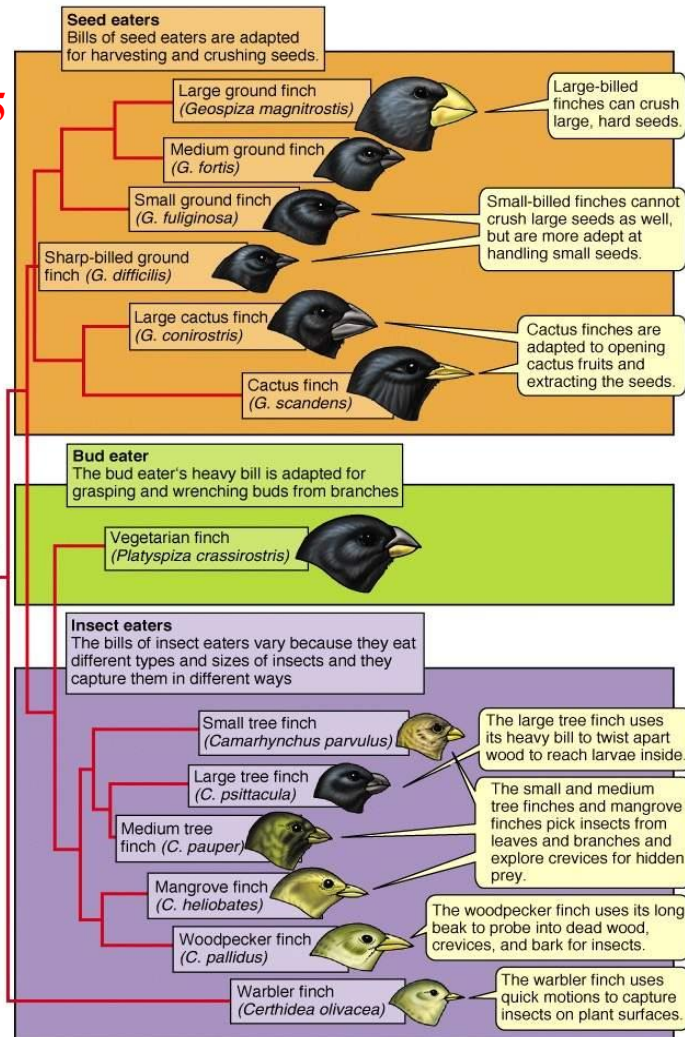
- El proceso de especiación suele ocurrir después de que una población de una especie emigre a una isla (**radiación adaptativa**), lo que explica el elevado número de especies endémicas existentes en las islas.
- Una **especie endémica** es una especie que solo se localiza en un determinado área geográfica, como el lince ibérico en la península ibérica.
- Un claro ejemplo en el que **las poblaciones de una especie pueden ir divergiendo gradualmente en especies separadas por evolución**, lo constituye el **lagarto de lava**, una especie de lagarto endémica de las Islas Galápagos, que junto con otras seis especies emparentadas se pueden encontrar en todas las principales islas de las Galápagos.
- Se cree que estas especies diferentes descienden de un antepasado común de Sudamérica.





## Especiación por divergencia

Video5



- Otro **ejemplo de especiación por divergencia** es el de los **pinzones** que habitan en las **Islas Galápagos**, los cuales descienden de un solo tipo de pinzón ancestral del continente.
- Las poblaciones en las diferentes islas estaban sometidos al proceso de selección natural, adaptándose al hábitat natural de su isla.
- Con el tiempo, las diferentes poblaciones se volvieron tan diferentes genotípicamente que ahora, cuando por casualidad llegan a residir en la misma isla, no se cruzan entre ellas y por tanto, son especies separadas.
- Existen evidencias de que los pinzones reconocen la forma de los picos de su misma especie en el ritual de cortejo, rechazando pretendientes con el pico incorrecto (barrera de conducta).

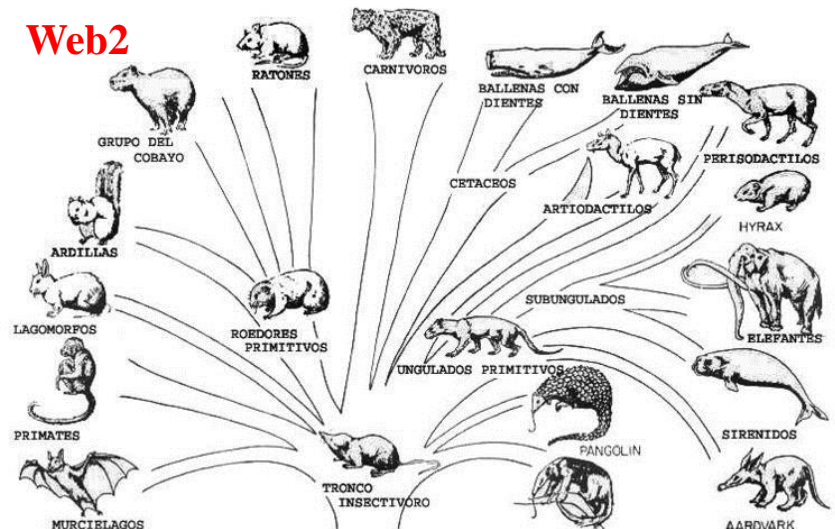




## Evolución de estructuras homólogas por radiación adaptativa

- Como se ha comentado, la especiación por divergencia suele ocurrir por **radiación adaptativa**, mediante la cual, muchas especies similares pero distintas, evolucionan relativamente rápido a partir de una única especie ancestral o de un pequeño número de especies ancestrales.
- Estas nuevas especies similares comparten estructuras denominadas **homólogas**, al ser estructuralmente similares que poseen un mismo origen, aunque lleven a cabo diferentes funciones.
- La evolución de las **estructuras homólogas** por radiación adaptativa explica las similitudes estructurales cuando hay diferencias funcionales.
- La radiación adaptativa sucede cuando una especie se introduce en un ecosistema donde existen muchos nichos ecológicos diferentes sin ocupar. Una vez que la especie original se ubica y sobrevive en distintos medios, da como resultado la especiación con distintos fenotipos, que son las adaptaciones a esos distintos nichos ocupados.

**Web2**





## Divergencia gradual y patrones de distribución geográfica

- Si las poblaciones de una misma especie gradualmente divergen a lo largo del tiempo hasta llegar a separarse en especies diferentes, sería esperable poder encontrar ejemplos de todos los tipos de divergencia.
- De hecho, esto es lo que encontramos en la naturaleza, tal como puso de manifiesto Darwin en su libro "*El Origen de las Especies*".
- Un claro ejemplo lo constituye unas especies de urogallo denominadas **lagópodo rojo**, propio del norte de UK, y el **lagópodo del sauce**, propio de Noruega.
- Algunas veces se clasifican como especies separadas mientras que otras se les clasifica como variedades o subespecies del lagópodo común (*Lagopus lagopus*).

IMAGEN: en.wikipedia.org



IMAGEN: armchairanglophile.com



## Divergencia gradual y patrones de distribución geográfica

- Debido a que las especies pueden diferenciarse (separarse) a lo largo de grandes periodos de tiempo, el momento en el que decidir cuando considerarlos como especies diferentes, puede ser arbitrario.
- Por tanto, **la variación continua a través de una zona de distribución geográfica de poblaciones relacionadas coincide con el concepto de divergencia gradual.**
- Un **ejemplo** lo constituye las salamandras de California, formadas por un conjunto de 7 subespecies surgidas a partir de una población ancestral del norte de California.

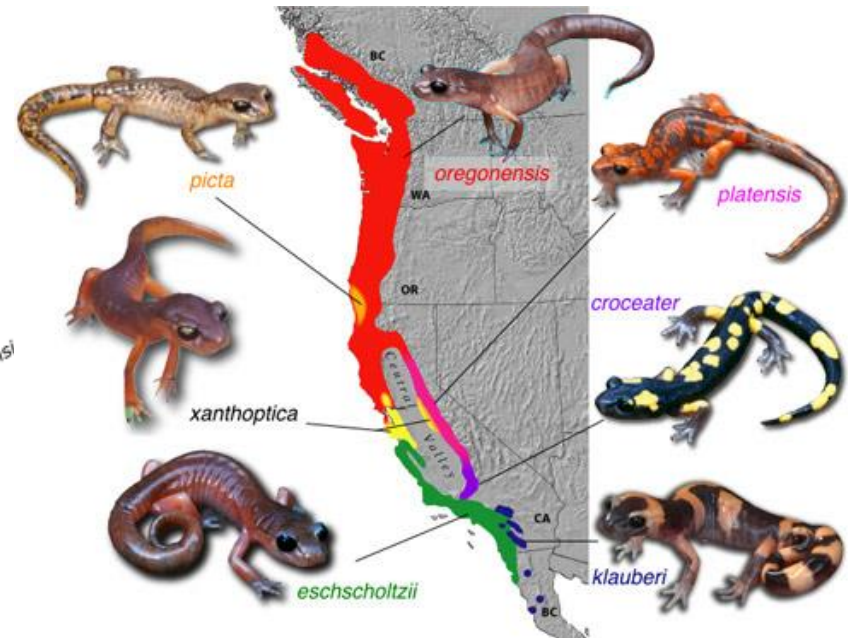
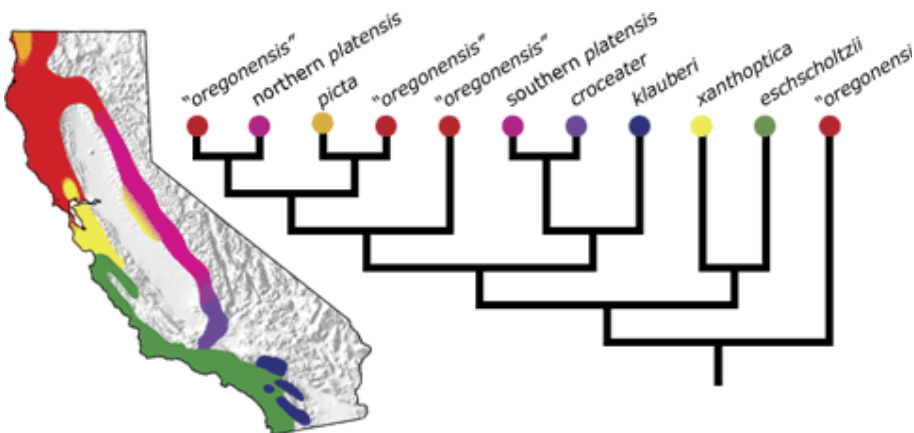


IMAGEN: evolution.berkeley.edu

Handwritten signature and scribbles.





## APLICACIÓN: melanismo industrial

- La presencia de formas oscuras en muchas especies de lepidópteros en regiones urbanas afectadas por la contaminación se denomina **melanismo industrial**.
- El melanismo industrial de la polilla del abedul (*Biston betularia*) durante la Revolución Industrial en Inglaterra (1850) ha sido citado como uno de los mejores **ejemplos de evolución por selección natural**.
- Estas especies de polilla pueden tener un fenotipo de color gris (*typica*) o bien una forma melánica de color negro (*carbonaria*).



XXXXXX





## APLICACIÓN: melanismo industrial

- Antes de la Revolución Industrial, las polillas de color gris pasaban inadvertidas para los pájaros depredadores, al quedar ocultas cuando estaban sobre el tronco cubierto de líquenes del abedul.
- Como consecuencia, las polillas oscuras eran presa fácil y minoritarias en la población.
- Por tanto, la frecuencia alélica para el color claro era mayor dentro del acervo genético.

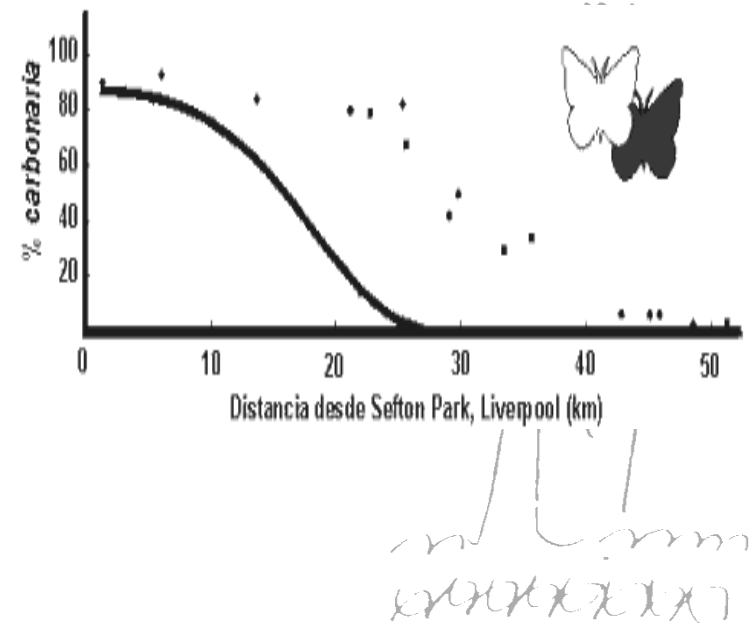


Handwritten notes in the bottom right corner, including a vertical line and a series of 'X' marks.



## APLICACIÓN: melanismo industrial

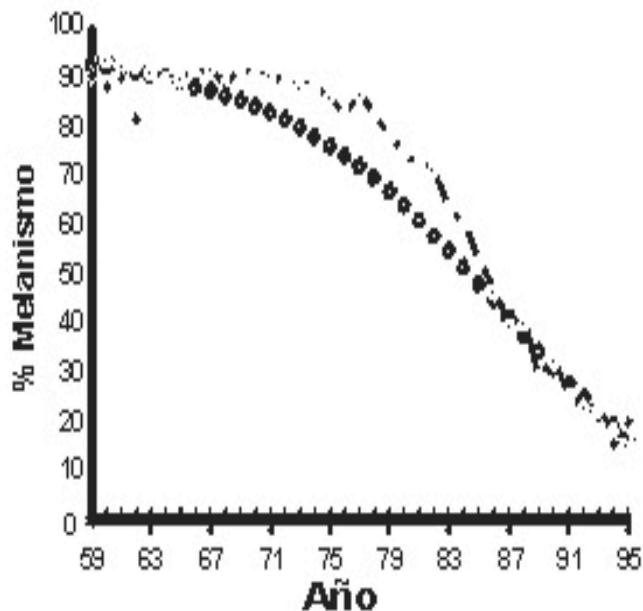
- En plena Revolución Industrial en Inglaterra, la contaminación atmosférica formada por grandes nubes ricas en partículas de carbón, comenzó a depositarse sobre los troncos de abedul cerca de las ciudades.
- Este oscurecimiento de los troncos junto con la muerte de los líquenes por dióxido de azufre, provocaron que las polillas grises dejaran de pasar inadvertidas y fueran presa fácil de los pájaros.
- Tan sólo los fenotipos oscuros pasaban inadvertidas en el nuevo ambiente y se reproducían, siendo oscura el 99% de la población al cabo de 50 años.





## APLICACIÓN: melanismo industrial

- Un siglo más tarde, la calidad ambiental mejoró, tras la promulgación de una legislación específica, y la contaminación desapareció de la zona.
- Los líquenes volvieron a aparecer sobre los abedules y la situación volvió a cambiar (**polimorfismo transitorio**). De nuevo las polillas claras volvieron a ser las más abundantes, reduciéndose las oscuras dentro de la población a menos del 20%.



**Video6**

**1990**



**1960**

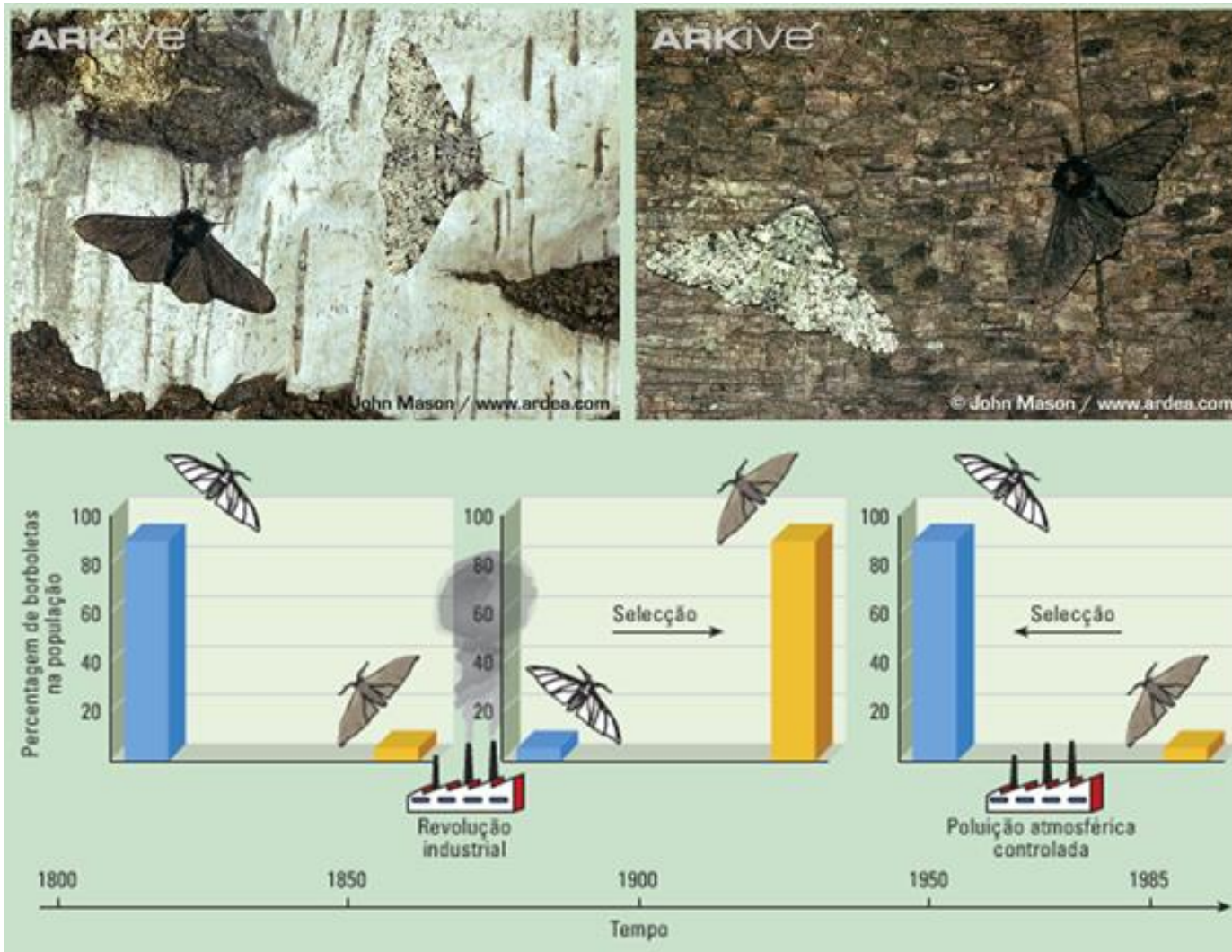


XXXXXXXXXX





# APLICACIÓN: melanismo industrial



Colegio de San Francisco de Paula

Web3





## Historia evolutiva y TdC

- La historia evolutiva es un área de la ciencia que constituye un desafío, ya que no pueden realizarse experimentos para establecer eventos pasados o sus causas.
- Sin embargo, existen métodos científicos para establecer, con un alto grado de certeza, que sucedió en algunos casos.
- Ejemplos de ello son el **experimento de Miller y Urey** con el que demostraron la síntesis abiótica de moléculas orgánicas, o la **simulación por ordenador basada en el libro "El Relojero Ciego"** de Richard Dawkins, con el que demostrar que la complejidad puede evolucionar a partir de formas más simples por selección natural.
- La pregunta es **¿de qué modo son comparables estos métodos con los usados por los historiadores para reconstruir el pasado?**

Web4

IMAGEN: [www.vi.cl](http://www.vi.cl)

