

Cátedra de Biología general

# EVOLUCION

Lic. Gestión Ambiental

2016


 Universidad Nacional  
ARTURO JAURETCHÉ

## Contenidos

1. Mecanismo de selección natural. Principio de Hardy-Weinberg.
2. Micro y macroevolución. Aislamiento reproductivo y especiación. Convergencia y divergencia evolutiva.
3. Modelo de equilibrio puntuado. Extinciones Importancia del registro fósil y molecular para el estudio de la evolución.
4. Sistemática y filogenia. Cladogramas.

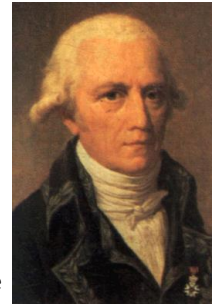
## Primeras teorías

La evolución es el cambio de una especie a través de varias generaciones. Los individuos no evolucionan! Se pensaba que no había evolución.

Lamarck propuso una teoría de la evolución basada en la herencia de los caracteres adquiridos. La influencia del ambiente hace que los organismos adquieran ciertas características durante su vida, aumentando los órganos que mas usan y atrofiando los menos usados. Estas características serían heredadas por sus descendientes.

**RECHAZADO**

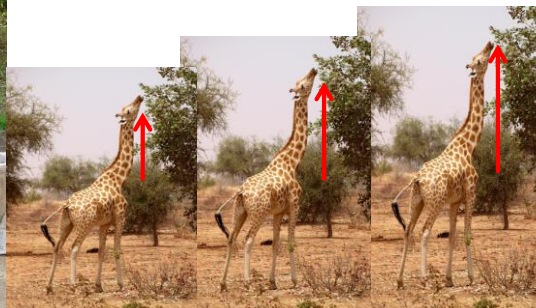
Por ej., las jirafas habrían surgido de antecesores de cuello corto que se habrían visto obligados a comer arboles altos. Al estirar tanto el cuello, este se habría estirado un poco y sus descendientes habrían heredado este incremento del cuello. Así cada generación habrá estirado cada vez más el cuello y habrían ido transmitiendo este cambio a sus descendientes.



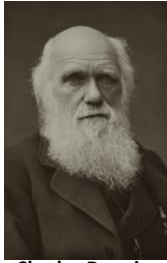
Jean Baptiste de  
Lamarck (1744 –1829)



Okapi  
*Okapia johnstoni*



## Darwin y la evolucion



Charles Darwin  
(1809-1882)

Darwin recopiló muestras e información durante un viaje alrededor del mundo en el HMS Beagle. Estuvo particularmente interesado en la fauna de las islas Galápagos, con muchas especies similares, pero no idénticas a las que vio en el continente sudamericano.



Estudio mucho unos pájaros (pinzones) cuyos picos variaban de una isla a otra. Estas diferencias estaban relacionadas principalmente a distintos regímenes alimenticios.

Publico su teoría en un libro: "El origen de las especies" que generó un intenso debate.

"I cannot persuade myself that a beneficent and omnipotent God would have designedly created the Ichneumonidae with the express intention of their feeding within the living bodies of caterpillars or that a cat should play with mice..."

## La teoria de la evolucion

La teoría de la evolución de Darwin, basada en la selección natural, parte de las siguientes premisas:



Los más aptos, por ende, van a dejar mas crías que los menos aptos y a medida que pasan las generaciones van a ser cada vez más abundantes. Los caracteres adquiridos no se heredan, por lo cual la evolución selecciona solo los caracteres genéticamente determinados.

La evolución en general ocurre en escalas geológicas de tiempo (millones de años).

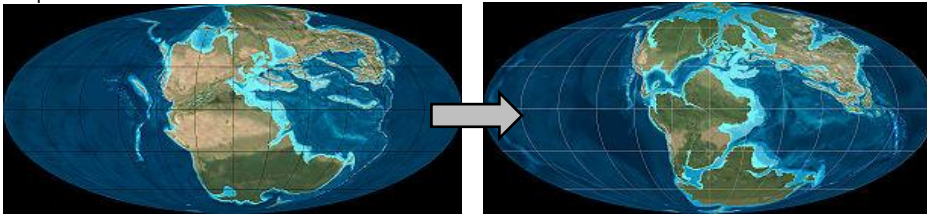
## Evidencias de la evolucion

**Evolución en acción!:** Hay procesos evolutivos que se dan en tiempos tan breves y pueden ser observados directamente por el hombre. Un antibiótico al ser usado continuamente durante un lapso prolongado deja de ser efectivo porque en una población de millones de bacteria siempre hay alguna que lo resiste.

Esta bacteria se va a reproducir (mientras el resto se muere) y transmitirá a su descendencia la resistencia al antibiótico. Así en pocas generaciones (las bacterias se reproducen muy rápido!) tendremos millones de bacterias resistentes al antibiótico.



**Biogeografía:** es el estudio de la distribución de los organismos. Es un testimonio de la evolucion. En regiones con ambientes muy parecidos hay especies distintas, indicando que tuvieron procesos evolutivos diferentes. Los continentes, aunque lentamente, se mueven y la evolución de estos organismos está ligada a estos movimientos. Hace 150 millones de años, Sudamérica y África estaban unidas y compartían especies. Luego al separarse los continentes las especies en cada continente siguieron caminos evolutivos independientes



## Fosiles: los vestigios de la evolucion

La paleontología estudia los organismos de otras eras y su evolución. Los fósiles, restos o trazas de organismos extintos, evidencian los procesos evolutivos que relacionan a especies que hoy parecen muy lejanas. El registro fósil es fragmentario e incompleto. En general se conservan las partes duras de los organismos (ej. huesos). Hay poco registro de partes blandas, pues se pudren antes de fosilizarse (ej. Insectos conservados en ámbar o mamuts en hielo).



**Biología + Geología = Paleontología?**

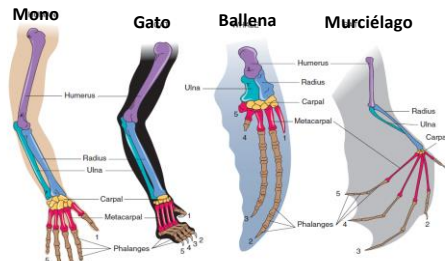
Las partículas que lentamente se van depositando sobre la superficie del suelo o en el fondo de mares, ríos y lagos se van condensando a lo largo de miles de años y transformado en roca (petrificando). Como el tipo de partículas que va cayendo (forma, color, composición, etc.) también va cambiando, al hacer excavaciones se ven diferentes capas de sedimentos: las más profundas son las más antiguas. La tierra se mueve y cambia de forma y a veces estas capas que están enterradas pueden aflorar y las vemos, por ej. en montañas. También la erosión del viento y del agua dejan expuestas las capas sedimentarias. La capa sedimentaria en la que se halla un fósil indica su antigüedad. Hay otras técnicas para datar un fósil (ej. Decaimiento radiactivo de isotopos)





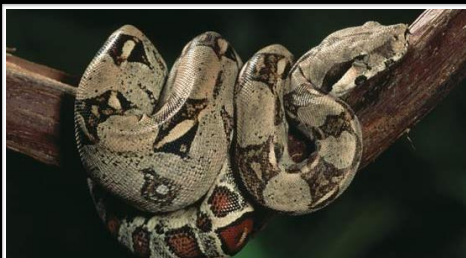
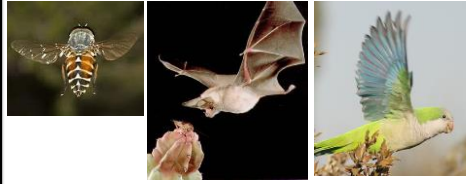
## Otra evidencia: biología comparada

A veces los organismos tienen estructuras que parecen muy distintas pero que tienen un mismo origen. Existen muchas homologías morfológicas y bioquímicas entre especies distintas que se deben a un proceso evolutivo común. Los miembros de los mamíferos son muy variados morfológica y funcionalmente, sin embargo todos comparten un plano anatómico común, con 5 dedos, los mismos huesos, similares recorridos de nervios, etc.

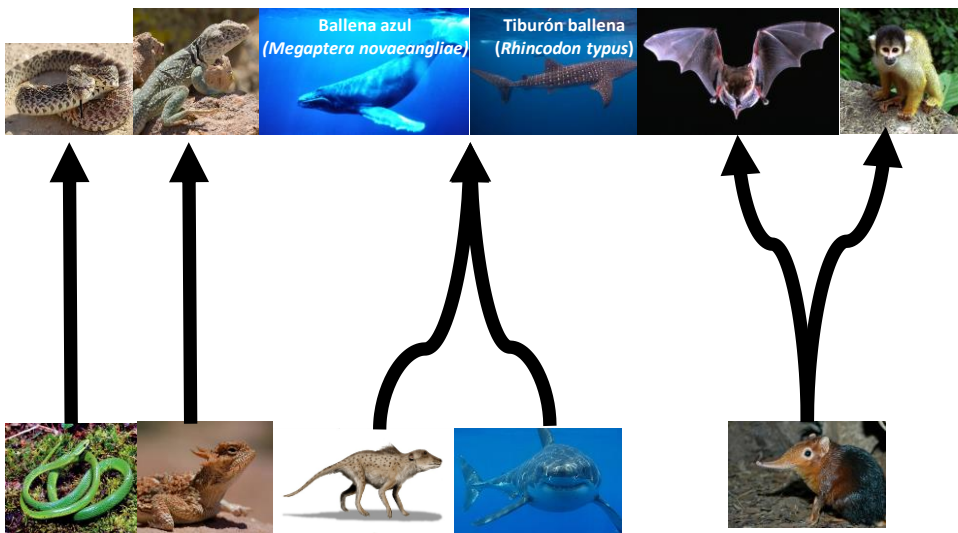


**Los miembros de los mamíferos son muy variados morfológica y funcionalmente, sin embargo todos comparten un plano anatómico común, con 5 dedos, mismos huesos, = recorridos de nervios, etc.**

Las homoplasias (estructuras similares en apariencia pero que tienen orígenes diferentes) también evidencian la evolución al mostrar la presión del ambiente sobre la morfología.



Hay organismos que tienen estructuras vestigiales que evidencian su historia evolutiva.



**Evolución paralela:** organismos distintos en ambientes distintos evolucionan de manera independiente.

**Convergencia evolutiva:** grupos de organismos diferentes desarrollan estructuras similares para cumplir la misma función (homoplasias). Se da cuando están en ambientes similares (aun en partes diferentes del mundo).

**Divergencia evolutiva:** grupos de organismos similares pero sometidos a ambientes diferentes evolucionan independientemente modificando una misma estructura de formas contrastantes para cumplir funciones distintas.

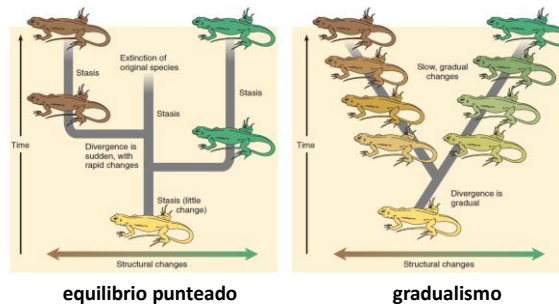
## La evolución hoy

Darwin tampoco tenía idea del ADN. Su teoría fue perfeccionada conforme avanzó el conocimiento de la genética, dando lo que hoy se llama teoría sintética de la evolución, que se basa en varios principios:

- La variación de los individuos se debe al entrecruzamiento (que se da en la meiosis) y a las mutaciones.
- La evolución consiste en cambios de la frecuencia de los alelos entre las generaciones debido no solo a la selección natural sino también al azar (deriva genética) y a la mezcla entre poblaciones (flujo génico)
- El surgimiento de nuevas especies (especiación) se da entre individuos de la misma población (simpátrica) o de poblaciones geográficamente aisladas (alopátrica).
- Los cambios evolutivos son graduales y se deben principalmente a la selección natural

Si bien esta vigente, hay críticas a esta teoría, particularmente en lo que refiere al ritmo de la evolución. El registro fósil dista mucho de ser completo. Es muy sesgado y difícil de interpretar.

El saltacionismo o equilibrio puntuado postula que los grandes cambios evolutivos no son graduales sino repentinos. Durante la mayor parte del tiempo las especies permanecerían en periodos estables (estasis) con poco cambio evolutivo o cambios menores, interrumpidos por breves periodos de rápida especiación y grandes cambios evolutivos. No es mutuamente excluyentes con el gradualismo de la teoría sintética.



## Bases genéticas de la evolución

- La secuenciación del ADN y los análisis de proteínas permiten evaluar la variabilidad génica de una población, que determina su capacidad para evolucionar.
- El principal factor de cambio de la composición génica es la selección natural, pero hay otros mecanismos involucrados: la mutación, el flujo de genes, la deriva genética y el apareamiento no aleatorio o preferencial.
- Los diversos genotipos de los individuos de una población constituyen el reservorio génico
- La estructura 1ra de proteínas y de ADN permite estimar la diversidad de alelos para un mismo gen que hay en una población.

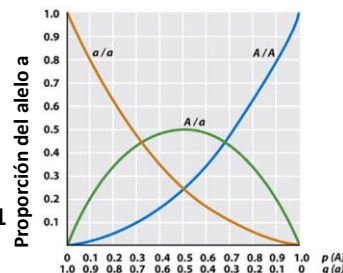
Ecuación de Hardy-Weinberg

Para un único gen con sólo dos alelos, A y a cuando se cumplen las siguientes condiciones:

1. La población es grande
  2. Todos los genotipos posibles (AA, Aa y aa) tienen igual éxito reproductivo. = no hay selección natural
  3. No hay inmigración ni emigración de la población
  4. No hay mutaciones
  5. Los individuos se aparean al azar
- Las proporciones relativas de los tres genotipos posibles de estos alelos (AA, Aa y aa) no cambiarán de una generación a la otra, estarán en equilibrio.

$$q^2 + 2pq + p^2 = 1$$

$\uparrow$        $\uparrow$        $\uparrow$   
 aa      Aa      AA



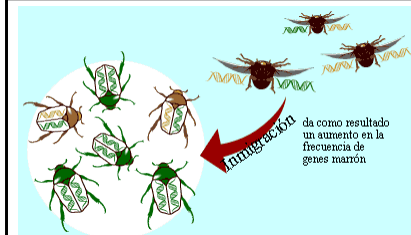
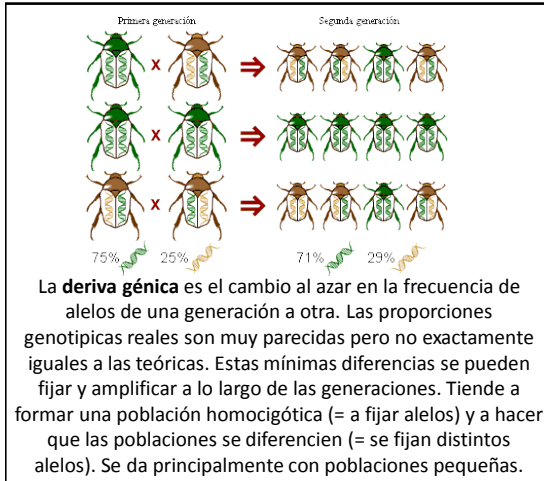
|       | A (p)                | a (q)                |
|-------|----------------------|----------------------|
| A (p) | AA (p <sup>2</sup> ) | Aa (pq)              |
| a (q) | Aa (pq)              | aa (q <sup>2</sup> ) |

## Microevolución

Microevolución: cambios a pequeña escala en las frecuencias alélicas de una población, a lo largo de unas pocas generaciones. Ocurre a nivel de especies.

Si bien la selección natural es el principal agente de cambio de la frecuencia de alelos, hay otros:

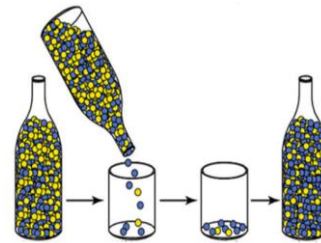
- Mutaciones
- Flujo de genes
- Deriva génica
- Apareamiento no aleatorio
- Efecto cuello de botella



El **flujo de genes** debido a la inmigración o emigración modifica las proporciones de los alelos de la población o incluso introduce alelos nuevos. Por ende, altera la selección natural. Cuando hay una barrera que limita las migraciones de individuos la especiación se ve favorecida

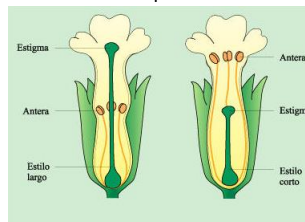
**Efecto cuello de botella:** cuando una población sufre una disminución drástica y no selectiva de individuos, es probable que las proporciones de alelos de los individuos sobrevivientes no sea idéntica a la de la población original. Las nuevas generaciones surgidas a partir de esos sobrevivientes tendrán otras proporciones de alelos. Ej. Supongamos que hay una población de 1 millón de ratas, la mitad blanca y la mitad negras en una isla que sufre un maremoto. En cuestión de minutos mueren todas salvo 20 que sobreviven. Es muy improbable que queden exactamente 10 blancas y 10 negras!

Algo similar ocurre cuando unos pocos individuos de una población se establecen en otro territorio y fundan allí una nueva población.



**Apareamiento no aleatorio:** Los organismos tienden a aparearse con sus vecinos, en general con fenotipos similares. Algunas plantas incluso pueden autopolinizarse. Esto altera la frecuencias alélicas pero además puede causar depresión endogámica.

Los organismos tienen mecanismos para preservar la variabilidad: modificaciones anatómicas que evitan la autofecundación, aumento de la esterilidad en cruzamientos endogámicos, mecanismos del comportamiento.



## Especies y especiación

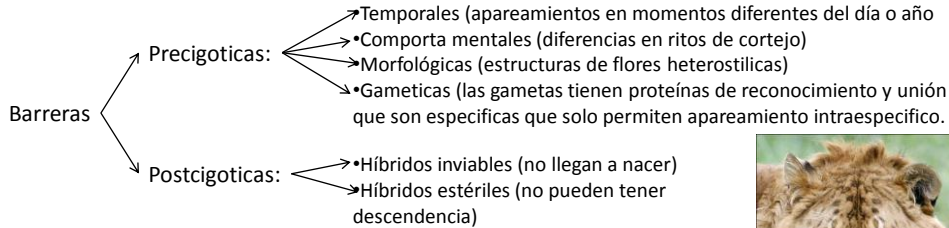
No hay una definición consensuada de especie

Definición biológica: conjunto de poblaciones cuyos individuos pueden reproducirse normalmente entre sí, estando aislados por barreras reproductivas de otras poblaciones (aislamiento reproductivo). No sirve para fósiles ni para seres sin reproducción sexual. Suele fallar (híbridos)

Definición evolutiva: Conjunto de poblaciones cuyos individuos comparten una historia evolutiva y tiene caracteres propios que los distinguen del resto.

Aislamiento reproductivos:

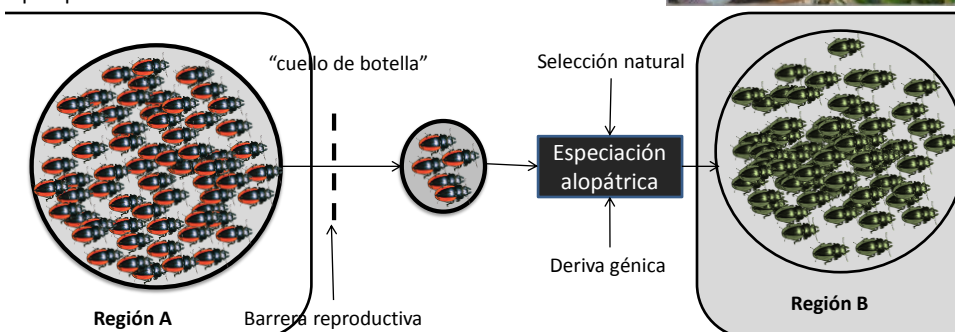
Hay varios tipos de “barreras” que evitan que se apareen individuos de diferentes especie:



El proceso de evolución de una nueva especie se llama **especiación**. Se forma una nueva especie cuando una población se aísla reproductivamente de otras y su reservorio génico sigue una historia evolutiva propia. Hay dos tipos de especiación: alopátrica y simpátrica.

## Especiación alopátrica

Es la más común. Los ambientes son dinámicos y pueden cambiar drásticamente en poco tiempo: Las islas cambian sus formas y se dividen, las grandes lagos se secan y se convierten en numerosos lagos pequeños, los glaciares se mueven, etc. Cuando individuos de una población quedan geográficamente aislados del resto, inician un proceso de microevolución que puede originar una nueva especie. Cuando se forman varios lagos desconectados a partir de uno, se formarán especies distintas a partir de los peces que quedaron en cada uno de ellos.

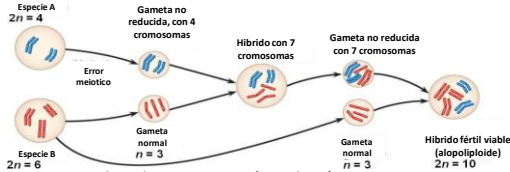


Hay una barrera reproductiva, generalmente geográfica, que separa la población original de los organismos “fundadores”, que inician un proceso de especiación mediante la selección natural y la deriva génica.

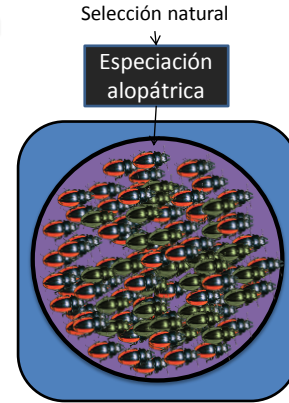


## Especiación simpátrica

Se da entre individuos que habitan en la misma área. Más frecuente en plantas en las cuales suele deberse a la alopoliploidia: dos gametas de especies distintas y números de cromosomas diferentes se cruzan y se forma un híbrido diferente de los padres. En algunos casos hay una duplicación de los cromosomas previa a la meiosis y se producen gametas y descendencia viable. Es la forma de evolución más rápida que existe (1 generación basta).



En animales la especiación alopátrica suele darse cuando un mismo ambiente proporciona a los individuos de una población recursos para más de un "estilo de vida". Los peces que surgieron por especiación alopátrica en un nuevo lago, también iniciaran un proceso de especiación simpátrica, ya que algunos estarán mas adaptados para convertirse en carroñeros, otros para comer algas del fondo, otros para ser depredadores, etc. → NICHOS ECOLÓGICOS.



## La clave de la evolución: variabilidad

Las poblaciones pueden mostrar diferentes grados de variabilidad fenotípica (variabilidad del "aspecto"). Es decir que hay poblaciones que muestran muchas variantes de un determinado carácter o conjunto de caracteres mientras que otras son más homogéneas. Esta variabilidad fenotípica tiene un componente genético (polimorfismo = presencia de múltiples alelos de un mismo gen en una población) y otro no genético (derivado de la interacción entre el ambiente y el desarrollo de los organismos), y está asociada a la variabilidad y heterogeneidad del ambiente. Las poblaciones con mayor variabilidad fenotípica tendrán más capacidad de supervivencia en ambientes muy variables temporal o espacialmente.



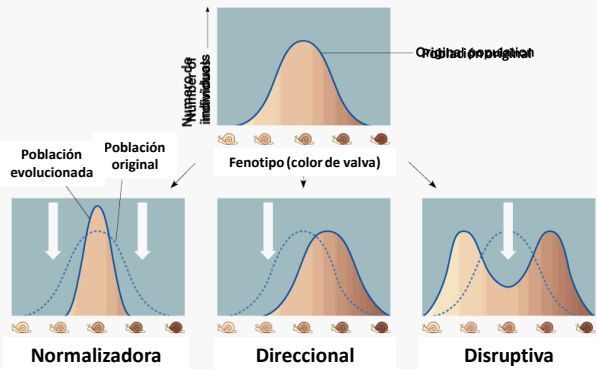
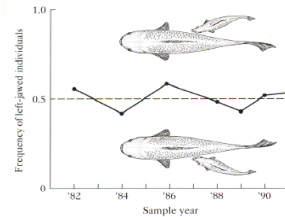


## Tipos de selección natural

- **Selección normalizadora** (elimina los extremos) Ej. Peso de los bebés
- **Selección disruptiva** (hacia ambos extremos): Pinzones de pico largo y fino pueden abrir frutos de cactus, los de pico ancho y corto pueden arrancar corteza para comer insectos
- **Selección direccional** (hacia un extremo) ej. Jirafa



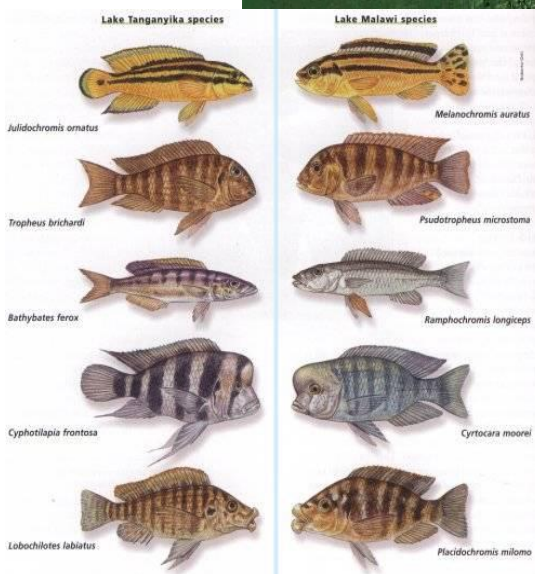
Hay un tipo más raro: selección dependiente de la frecuencia. El éxito reproductivo de un genotipo esta inversamente relacionado con su frecuencia.



Cuando dos o más especies están muy interrelacionadas evolucionan juntas (coevolución).



La evolución de los ciclidos africanos fue muy estudiada porque son buenos ejemplos de especiación y radiación adaptativa. Mediante convergencia evolutiva, especies distintas ocupan el mismo nicho ecológico en diferentes lagos, llegando a ser muy parecidas entre sí.



## Macroevolución

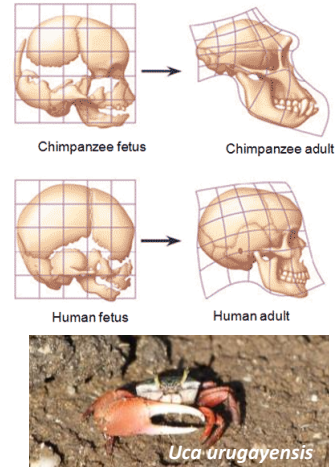
Cambio fenotípico a gran escala de las poblaciones, que resulta en el surgimiento de nuevos grupos de organismo, por encima del nivel de especie. Es decir, mediante la macroevolución surgen grupos enteros de nuevas especies (familias, ordenes, clases).

Es más de lo mismo, pero visto desde otra perspectiva.

Los grandes cambios surgen gradualmente a lo largo de millones de años, pero hay mecanismos que resultan en grandes cambios fenotípicos en poco tiempo:

**Alometría:** crecimiento diferencial de distintas partes del cuerpo. Produce deformaciones del plan morfológico original. Pueden deberse solo a pequeños alteraciones en genes reguladores del desarrollo.

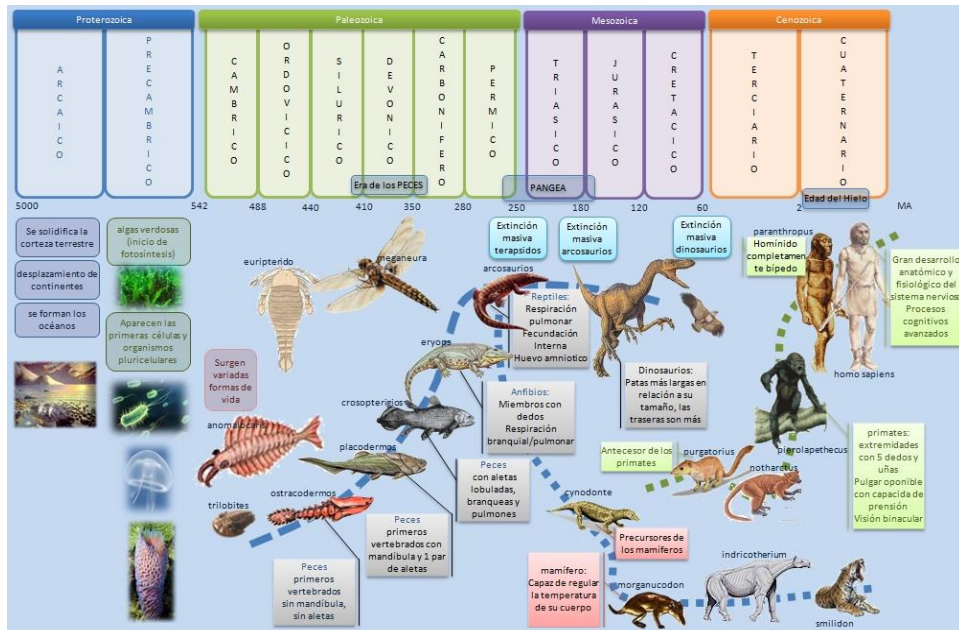
**Radiación adaptativa:** diversificación evolutiva de muchas especies diversas a partir de una o pocas especies ancestrales en un periodo relativamente breve. Suele darse cuando hay muchos recursos del ambiente que están poco explotados.



**Extinciones:** Durante toda la historia de la vida hubo extinciones. Las extinciones tienen mala prensa, pero permiten que surjan nuevas especies e incluso pueden desencadenar procesos de radiación evolutiva. Sobreimpuestas a estas extinciones constantes y normales, ocurren fenómenos extraordinarios de extinciones masivas. Hubo 6 en toda la historia de la tierra. Suelen estar asociadas a cataclismos ambientales.

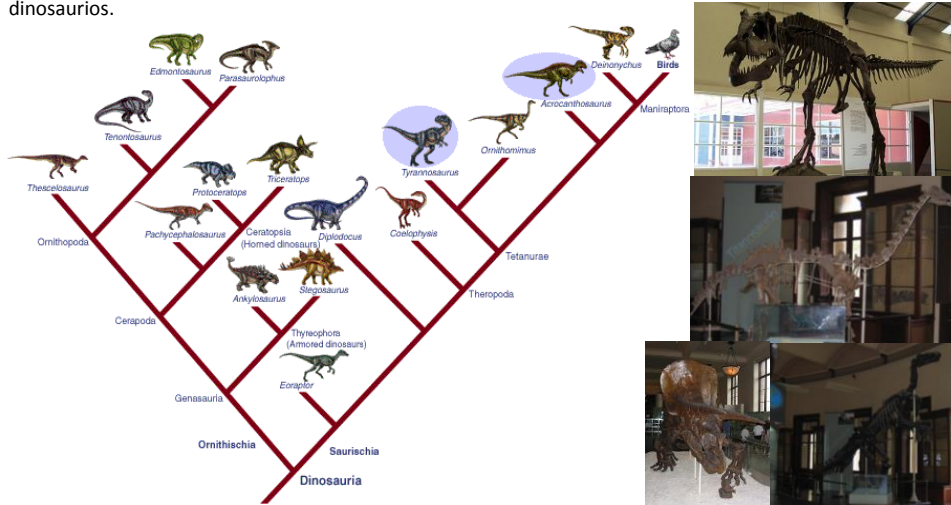
## Eras geológicas

La vida tiene 4000 millones de años. El tiempo geológico se divide en eones, eras y periodos



## Dinosaurios

Los dinosaurios son reptiles de que comparten en común ciertos caracteres de; cráneo y la cadera. Aparecen hace 240 millones de años (triásico) y desaparecen hace 65. Tuvieron una gran radiación adaptativa, ocupando muchos roles en el ecosistema. Había herbívoros y carnívoros, grandes y pequeños, acuáticos y terrestres. La mayoría de ellos se extinguió bruscamente, probablemente en relación al cataclismo causado por el impacto de un meteorito. Esta extinción dejó libre un montón de recursos y espacios ecológicos para los mamíferos que habían surgido hace poco pero no podían progresar mucho bajo el dominio de los dinosaurios.



## Clasificando organismos

La sistemática o taxonomía (en realidad no son exactamente lo mismo) es la disciplina que estudia la clasificación de los seres vivos.

Las especies se denominan mediante un sistema binomial:

Las especies se clasifican en una jerarquía de categorías cada vez más inclusivas

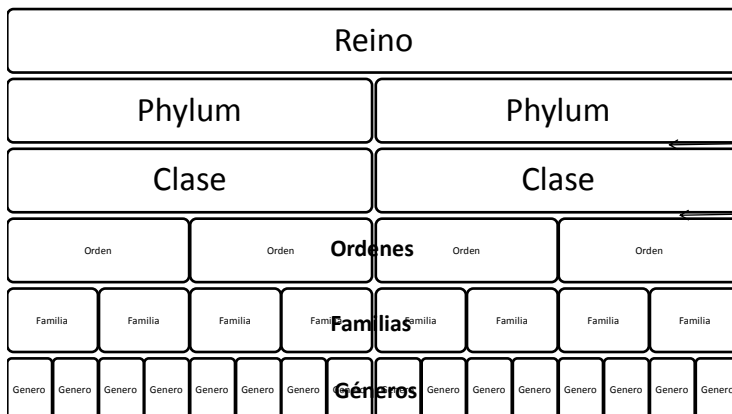
Todas las categorías son taxones

Hoy se intenta que la clasificación refleje la evolución y la filogenia

Genero

*Caracara plancus*

Epíteto específico



Super

Sub

<http://iczn.org>

## Cladística

La cladística es una corriente de la taxonomía que clasifica a los organismos con un criterio evolutivo, en base a los caracteres derivados compartidos. Reconstruye la filogenia mediante cladogramas que son diagramas en los cuales se conectan los taxones según su parentesco. Cada bifurcación representa la divergencia a partir de un ancestro común (todos los taxones que salen de ellas comparten sinapomorfías). Cuando hay varias posibilidades de clasificar un grupo de organismos se elige la mas parsimoniosa (la que implica menos pasos)

Las sinapomorfías son el conjunto de caracteres derivados compartidos por grupo de organismos.

Hay 3 tipos de taxones

**Monofileticos:** incluye a la especie ancestral y a todos sus descendientes (es lo ideal!)

**Parafiletico:** incluye a la especie ancestral y algunos (no todos) sus descendientes (es incompleto)

**Polifiletico:** Incluye especies que no comparten un antecesor común inmediato.

