

# Especie y Especiación

Conceptos de especie

Concepto biológico de especie

Diagnóstico de especies y CBE

Aislamiento reproductivo pre y postcigótico

Modelos de especiación: Alopátrica, Parapátrica y Simpátrica

Especiación: proceso gradual o rápido?

Equilibrios intermitentes



**“Sin especiación, no habría diversificación del mundo orgánico, ni radiación adaptativa, y habría muy poco avance evolutivo. La especie, por tanto, es la piedra fundamental de la evolución.”**

**Mayr, 1963. *Animal species and evolution*.**

# Especie y Especiación

## Conceptos de especie / especiación

- La especie es un concepto clave en sistemática, ecología, evolución, biodiversidad. **Unidad evolutiva más pequeña e independiente**
- Sin embargo, no hay un concepto de especie de aplicación y aceptación universales.
- Los procesos de formación de especies (especiación o cladogénesis) y sus vínculos con la microevolución (anagénesis) presentan importantes desafíos para la biología actual.
- El estudio de la especiación = puente entre micro y macro evolución: algunos pasos que llevan a especiación son observables, pero el proceso puede ser largo. También, la especiación ocurre demasiado rápido para documentarse bien en el registro fósil → debemos inferirlo de especies vivientes.

# ¿Qué es una especie?

## Esencialismo (concepto tipológico de especie)

Las especies son grupos de organismos asignables a esencias en la naturaleza. La variación es el “ruido”. Categorías fijas de organismos patrón o tipo.



## Nominalismo

Las especies son unidades arbitrarias (categorías taxonómicas) definidas por conveniencia por los taxónomos. No supone procesos y mecanismos por los que ocurre la especiación.

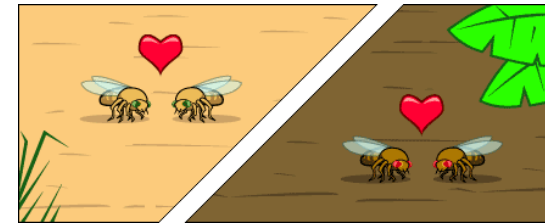


## Morfoespecie (especie fenética o taxonómica)

Se basa en distinguir unidades bajo el criterio morfológico. La especie taxonómica es una categoría artificial, que en la mayoría de los casos no coincide con las unidades reales de la naturaleza.

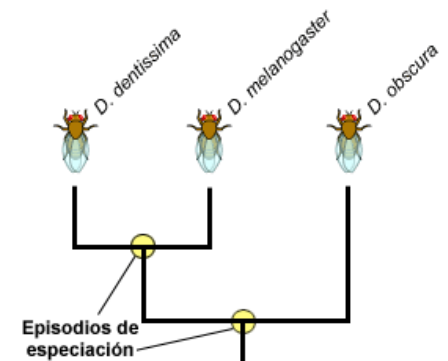
## Concepto biológico de especie (Mayr 1942)

Las especies son grupos de poblaciones naturales formadas por organismos real o potencialmente capaces de entrecruzarse, y que están aislados reproductivamente de otros grupos similares. Enfatiza los mecanismos por los que ocurre la especiación.

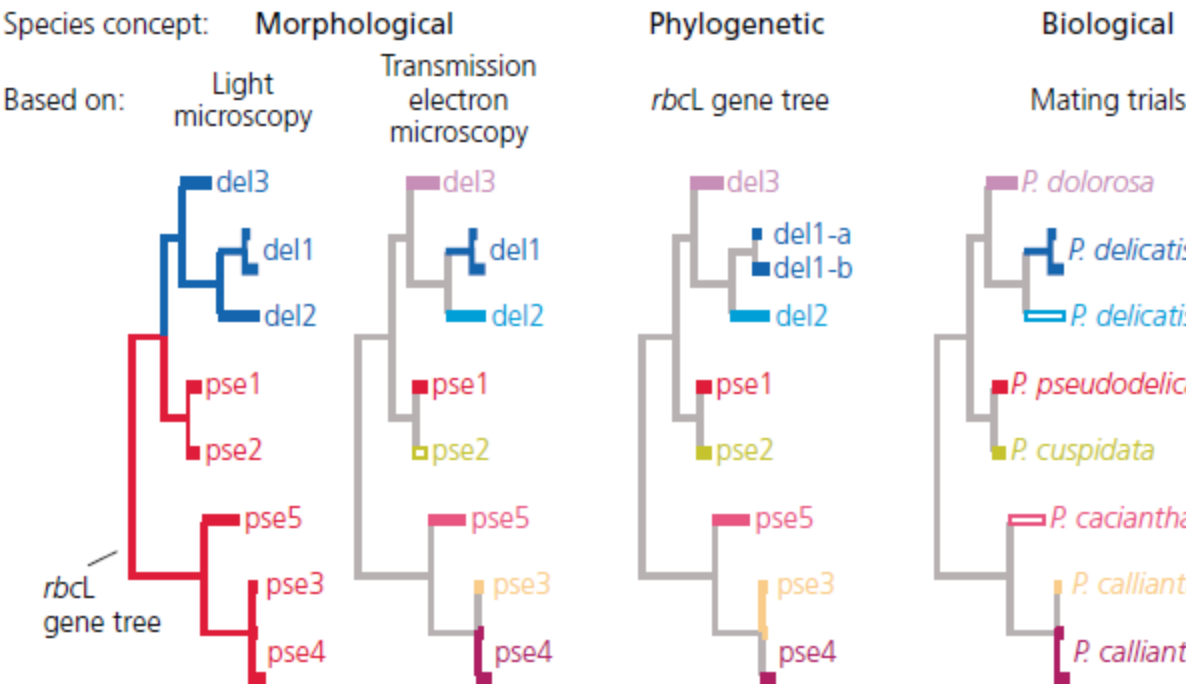
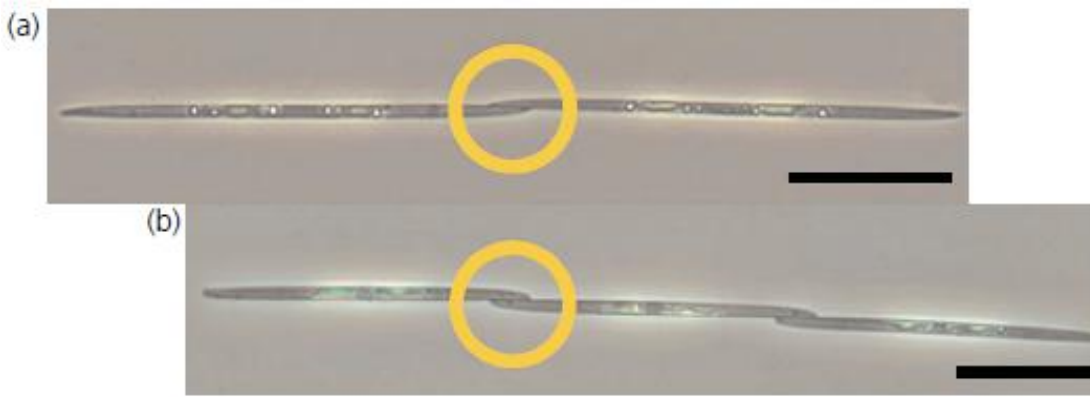


## Concepto filogenético: grupo irreductible (basal) de organismos

“diagnosticablemente” diferente de otros grupos, dentro del cual hay un patrón de ancestro y descendencia. El grupo monofilético más pequeño con ascendencia común. Enfatiza el resultado de la especiación.



# Aplicando múltiples conceptos de especie



**PLAN DE ACCIÓN MAREA ROJA**  
*Itarea de todos!*

Frente a evento de MAREA ROJA en la Región

No extraiga ni consuma mariscos de zonas prohibidas pueden estar contaminados.

**La MAREA ROJA puede producir la MUERTE EN POCOS MINUTOS**

Principales productos afectados por MAREA ROJA: choritos, cholgas, almejas, culengue, machas, choro zapatos, navajuelas, ostras, picorocos, lapas, locos, plures, cochayuyo, luche, ente otros.

**SINTOMAS DE INTOXICACIÓN POR VENENO PARALIZANTE**

- Adormecimiento y hormigueo de boca, lengua, brazos y piernas
- Dificultad para hablar y respirar

Frente a estos síntomas diríjase **INMEDIATAMENTE** al centro de salud más cercano.

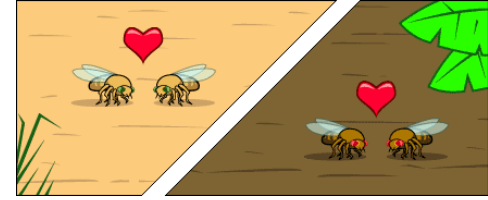
En trayecto puede inducir vómito y beber abundante líquido.



**¡ATENCIÓN!**  
**LA MAREA ROJA NO SE ELIMINA AL COCER LOS MARISCOS**

<b>EXTRAIGA</b> Sólo de áreas autorizadas	<b>COMPRE</b> Sólo en locales autorizados	<b>CONSUMA</b> Mariscos de procedencia conocida y autorizada.
--	--	--

# Concepto biológico de especie (CBE)



Define a las especies en términos del entrecruzamiento (para organismos de reproducción sexual).

**Las especies son grupos de poblaciones naturales formadas por organismos real o potencialmente capaces de entrecruzarse, y que están aislados reproductivamente, de otros grupos de igual carácter.**

Es el concepto más aceptado entre los biólogos.

CBE describe una **unidad de evolución**.



No importa la diferencia física entre dos individuos de una población ellos son o pueden ser parte de una historia evolutiva común, debido al intercambio de genes. “En la apariencia no está la especie, en las consecuencias del apareamiento sí”.

El entrecruzamiento es impedido por los **mecanismos de aislamiento reproductivo**, un punto clave del concepto.

# Concepto biológico de especie (CBE)

Especiación = Evolución del aislamiento reproductivo

Mecanismos de aislamiento

## A) Precigóticos (impiden unión de gametos)

1. Aislamiento temporal o de hábitat
2. Aislamiento etológico
3. Aislamiento mecánico

**Precopulatorios**

4. Incompatibilidad gamética

## B) Postcigóticos (esterilidad / inviabilidad en el híbrido)

1. Inviabilidad del híbrido
2. Esterilidad del híbrido

**Postcopulatorios**

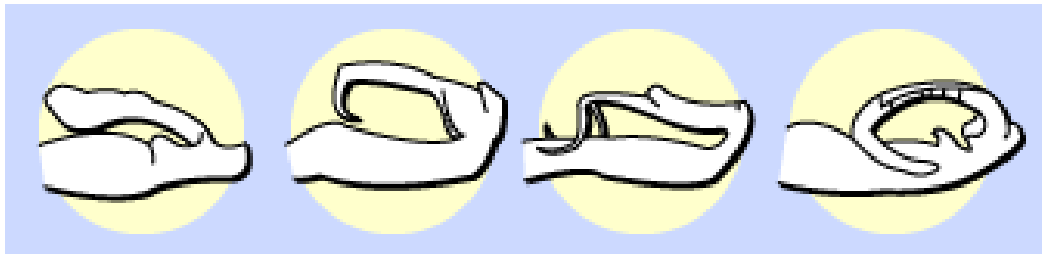
# Aislamiento precigótico (y precopulatorio) etológico

Se manifiesta en el cortejo

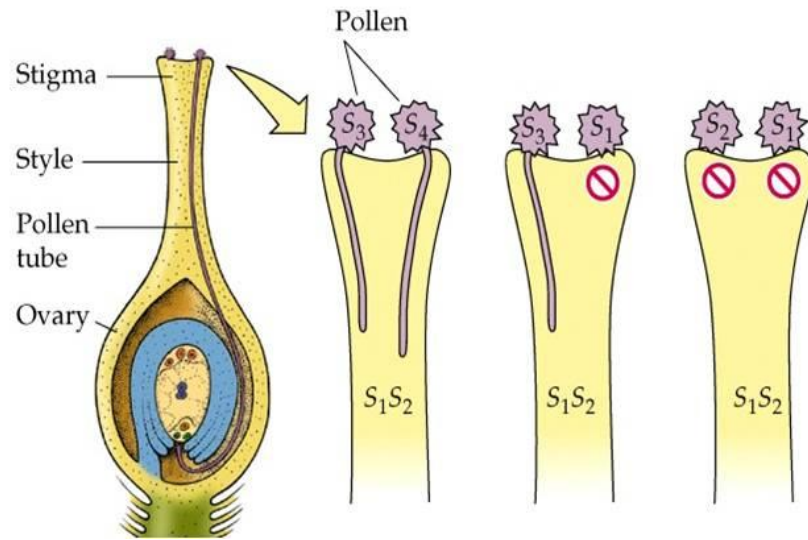




# Aislamiento precigótico (y precopulatorio) mecánico



# Incompatibilidad gamética



# Postcigóticos: Inviabilidad y esterilidad de los híbridos

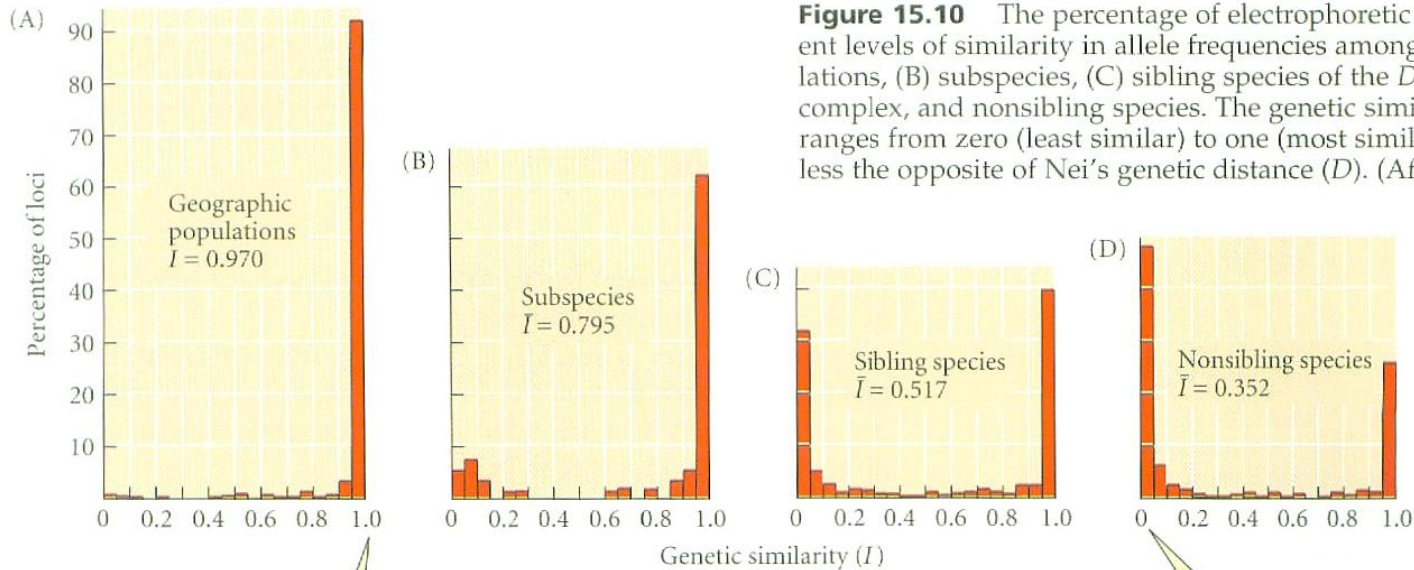


# Diagnosticando especies (CBE)

Las especies se definen por aislamiento reproductivo pero no se mide directamente el aislamiento para diagnosticar especies.

Pruebas de entrecruzamiento (asimétricas)

Las especies NO se definen por diferencias morfológicas pero los caracteres fenotípicos suelen usarse como diagnósticos.

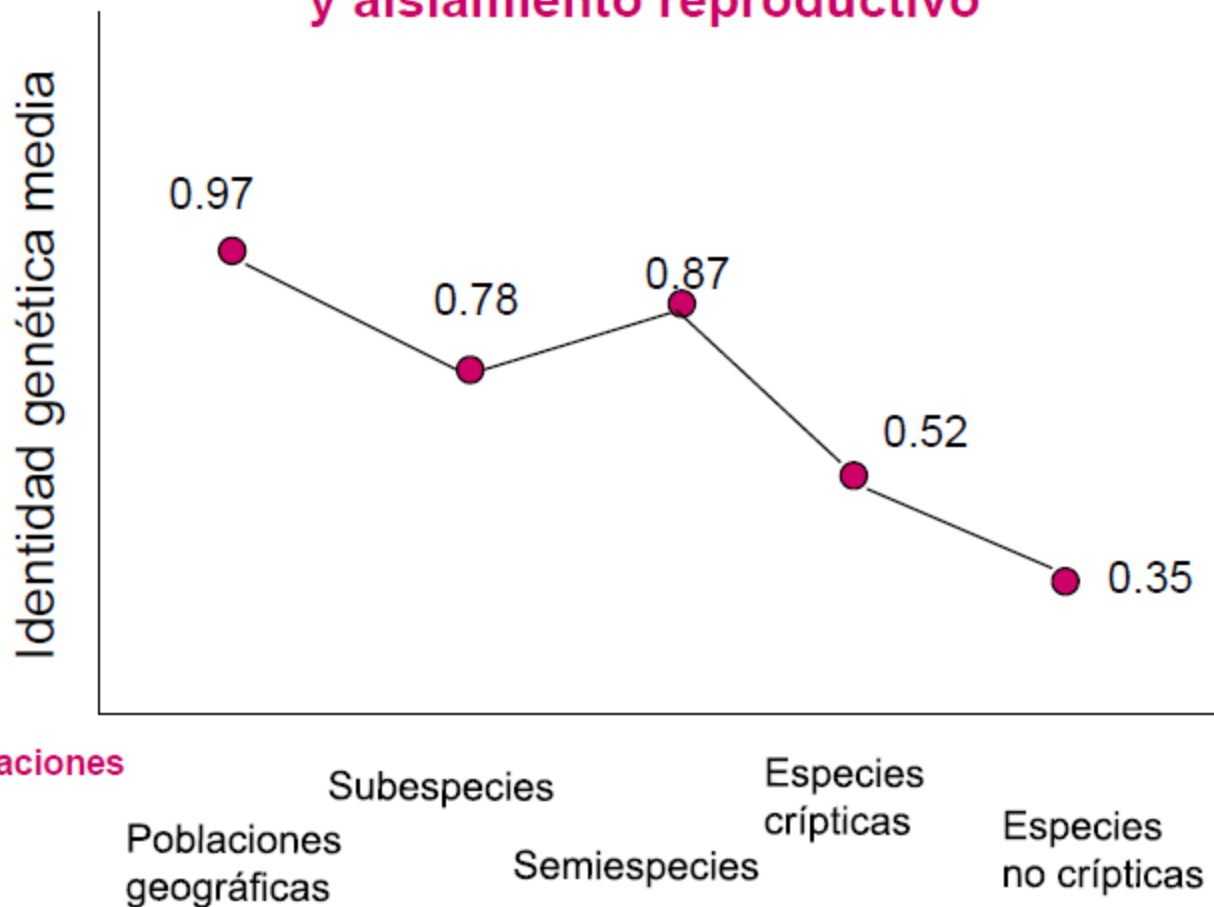


**Figure 15.10** The percentage of electrophoretic loci that exhibit different levels of similarity in allele frequencies among (A) geographic populations, (B) subspecies, (C) sibling species of the *Drosophila willistoni* complex, and nonsibling species. The genetic similarity index (Nei's  $I$ ) ranges from zero (least similar) to one (most similar). Nei's  $I$  is more or less the opposite of Nei's genetic distance ( $D$ ). (After Ayala et al. 1974.)

At most loci, conspecific populations have similar allele frequencies.

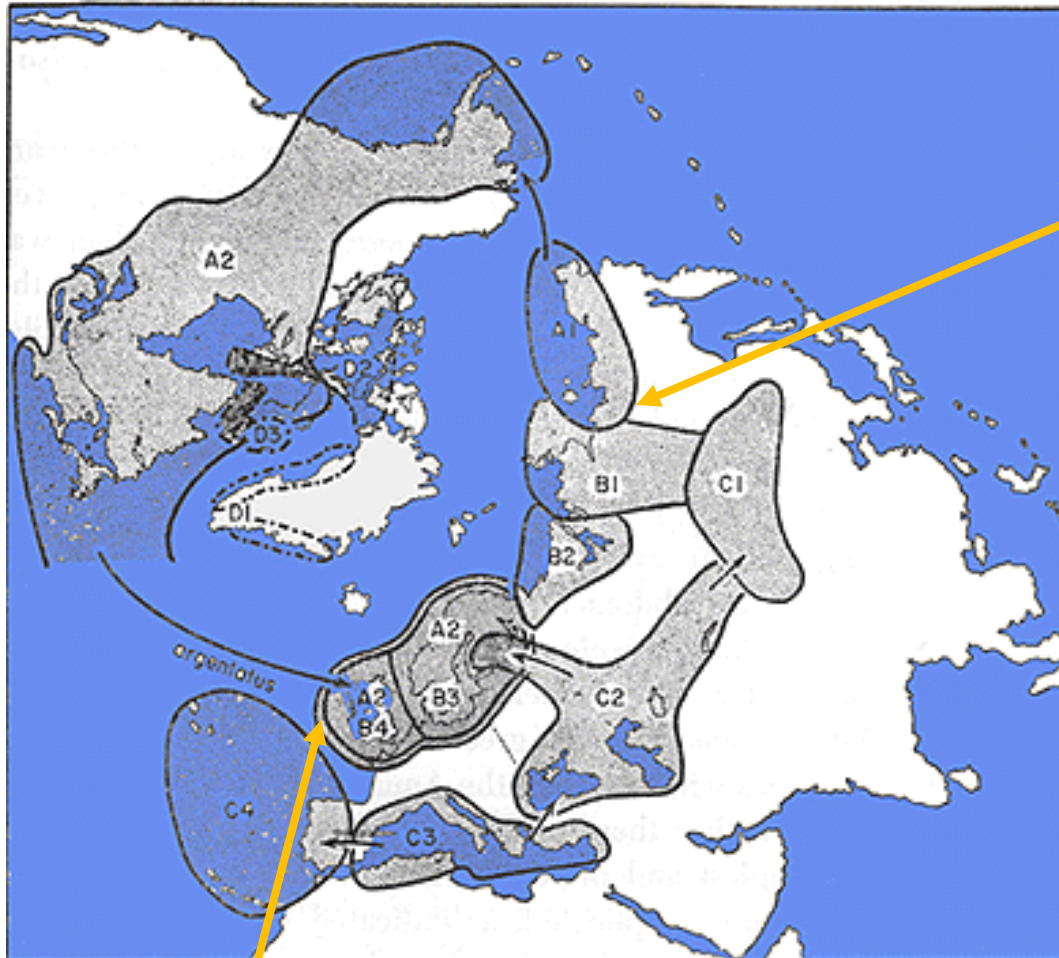
Nonsibling species are fixed for different alleles at a higher percentage of loci than subspecies or sibling species.

## Relación media entre divergencia genética y aislamiento reproductivo



Comparaciones entre...

# Aislamiento reproductivo como subproducto de la divergencia



hibridización

A. *Larus argentatus*

B. *Larus fuscus*

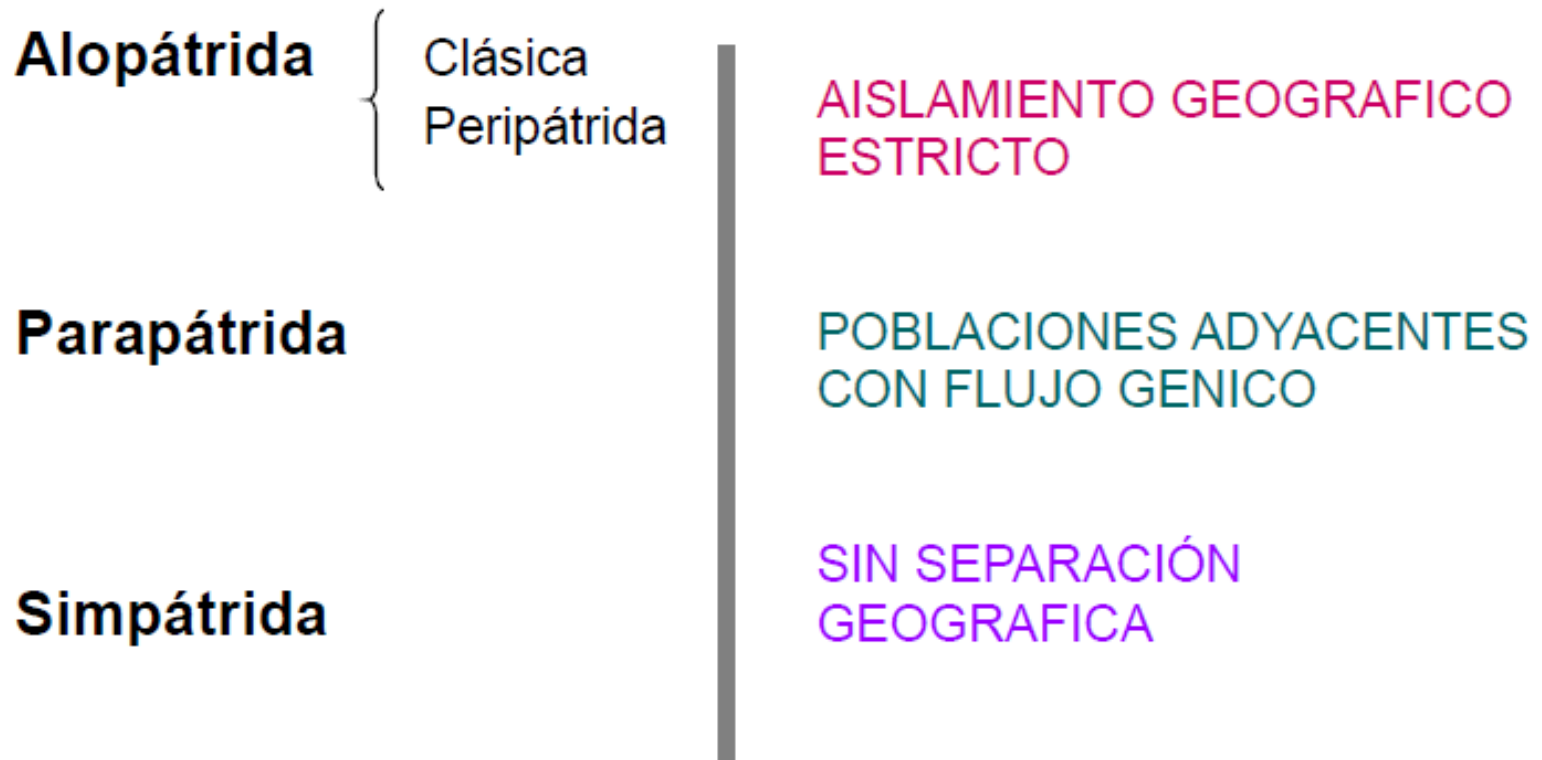


*Larus argentatus*

aislamiento reproductivo

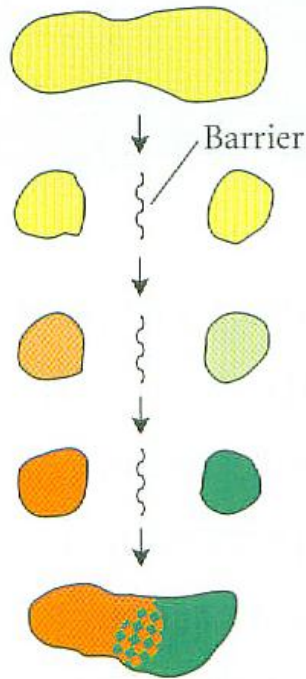
## Tipos de especiación - Gradual

Clasificación tradicional de los modos de especiación gradual, de acuerdo al rol del aislamiento geográfico:



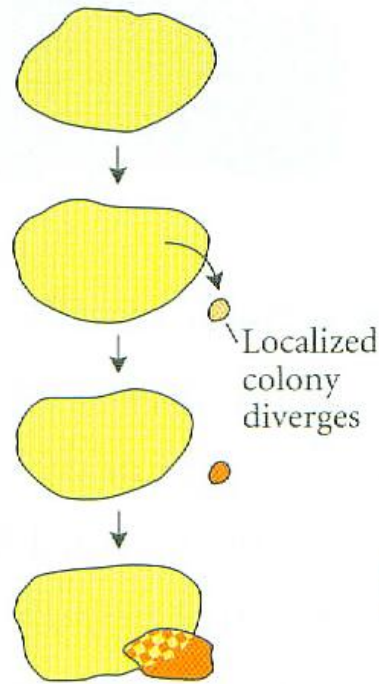
# Tipos de especiación - Gradual

(A) Allopatric speciation by vicariance



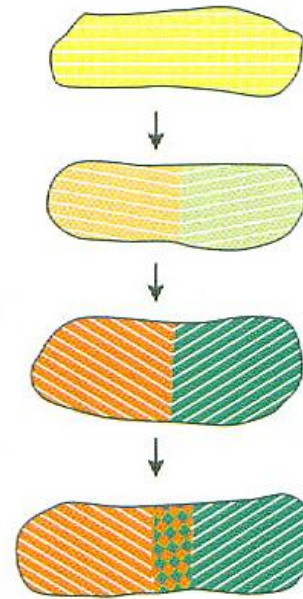
Barrier removed or new species disperse over it, re-establishing sympatry

(B) Peripatric speciation (founder effect)



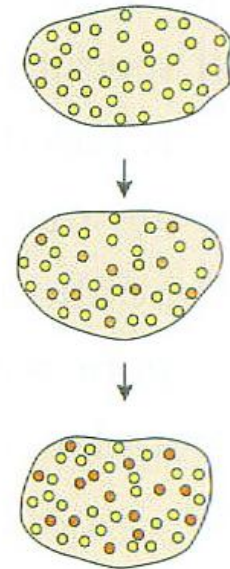
Range expansion re-establishes sympatry

(C) Parapatric speciation



Range expansion leads to sympatry

(D) Sympatric speciation



Genetic differences result in reproductive isolation

Divergent selection, even at a narrow environmental discontinuity, may oppose gene flow and result in reproductive isolation.

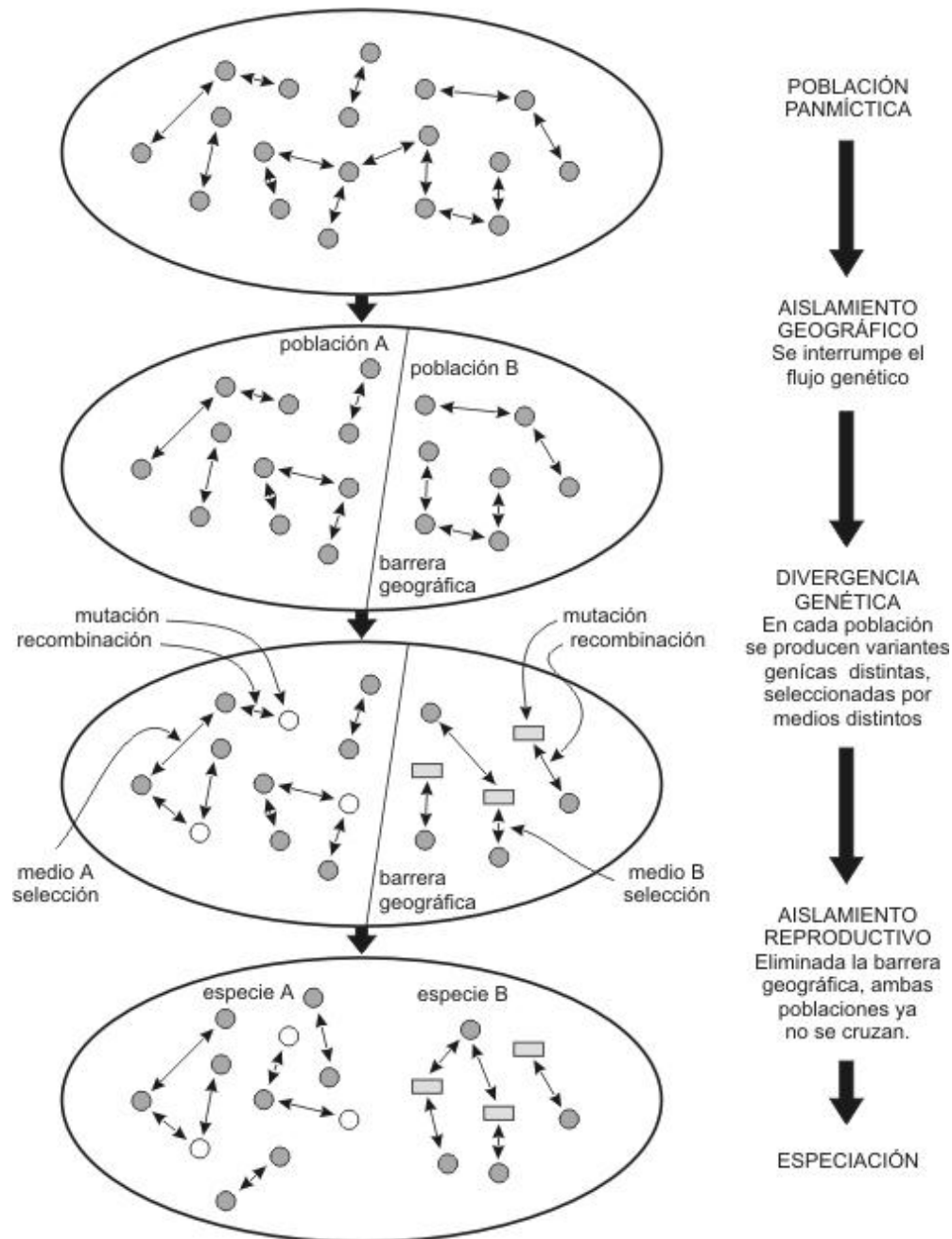


# Especiación alopátrica

Müller (1940) y Mayr (1963): la especiación es la “evolución del aislamiento reproductivo como subproducto de cambios genéticos que ocurren por otras razones”.

Proceso de especiación alopátrica:

1. Formación de una barrera geográfica que impida el intercambio genético entre subpoblaciones.
2. Diferenciación lenta y gradual en aislamiento.
3. Diferencias genéticas generadas llevan al aislamiento reproductivo, generalmente postcigótico.
4. Refuerzo: mecanismo de aislamiento precigótico favorecido por la selección una vez que hay contacto secundario entre especies en formación.



# Especiación alopátrica

## Resultados experimentales

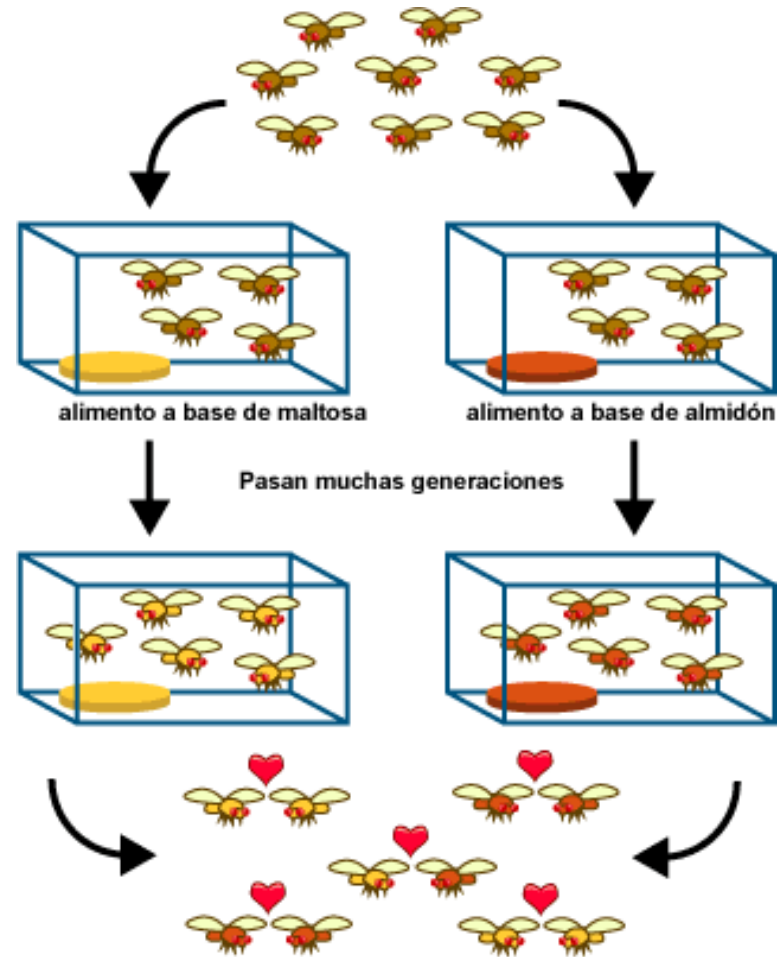
**Diane Dodd (1989)**

*D. pseudoobscura*

Una misma población fue dividida y cada subpoblación fue alimentada con una dieta basada en almidón y la otra en maltosa.





Después de muchas generaciones, se había producido cierto aislamiento reproductivo como consecuencia del aislamiento geográfico y la selección en los distintos ambientes.

Es probable que la selección para la utilización de diferentes fuentes de alimento afectase también a los genes implicados en el comportamiento reproductor.



# Aislamiento precigótico (y precopulatorio) ecológico

## Experimentos de laboratorio

		Females	
			
		Starch	Maltose
Males		290	153
		149	312
		Starch	Maltose

**Preferencias de apareamiento en moscas de la fruta (*Drosophila pseudoobscura*) entre poblaciones adaptadas a diferentes dietas.** Los valores indican el número de apareamientos entre tipos de parejas. Dodd (1989).

### Inconvenientes:

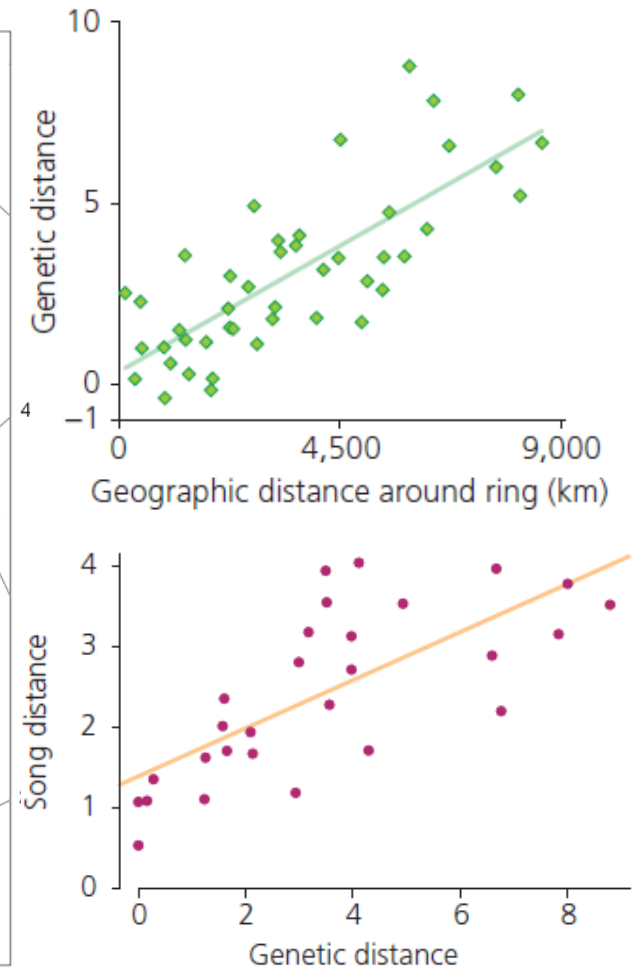
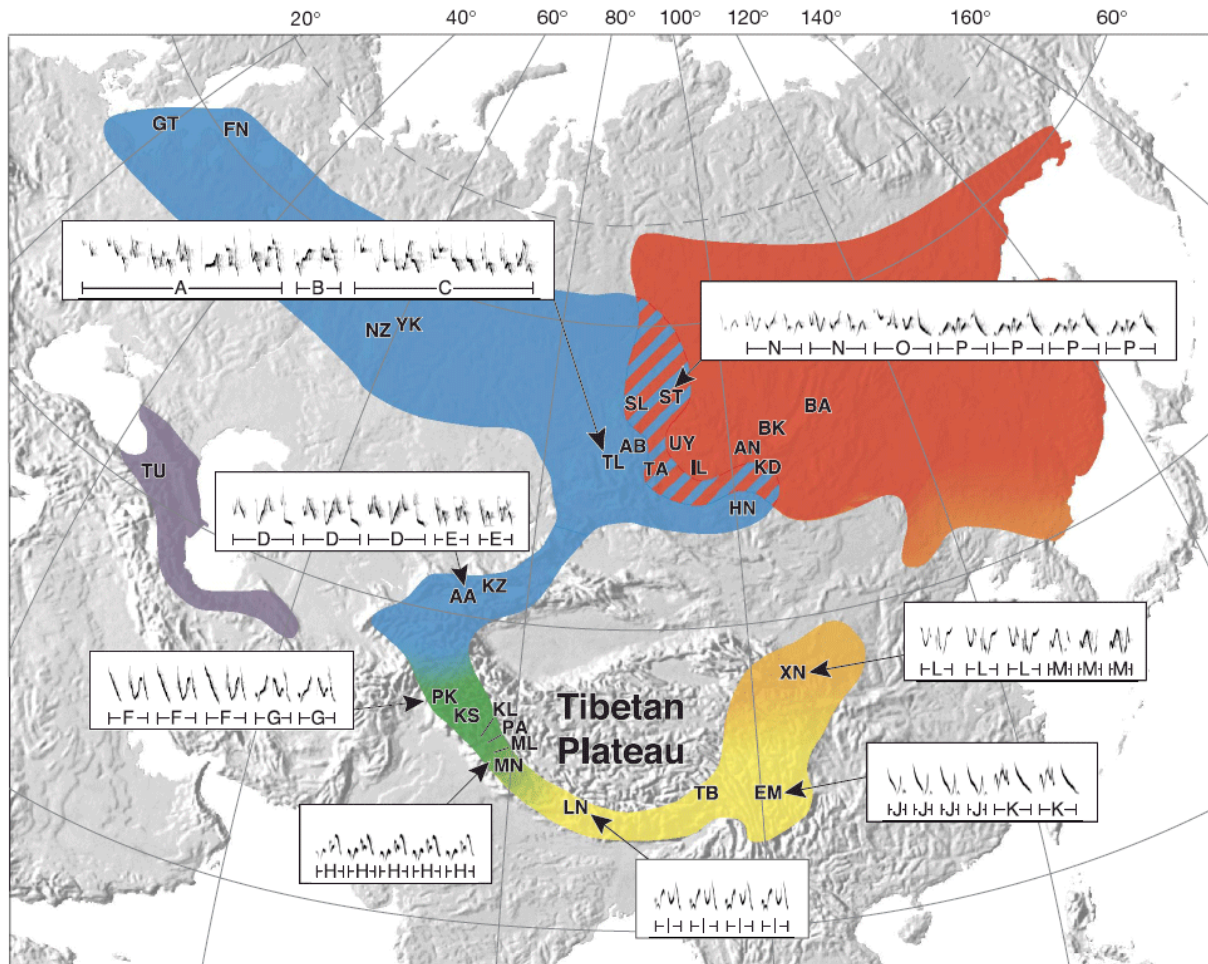
Aislamiento parcial

Para la mayoría de las especies el aislamiento reproductivo requiere mucho tiempo (acumulación lenta y progresiva de barreras reproductivas).

Una lección de experimentos como éste es que **la especiación usualmente no ocurre de manera súbita, sino más bien gradual** (Nosil et al. 2009).



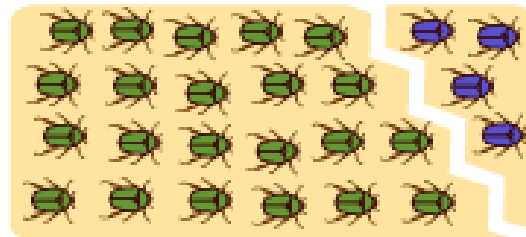
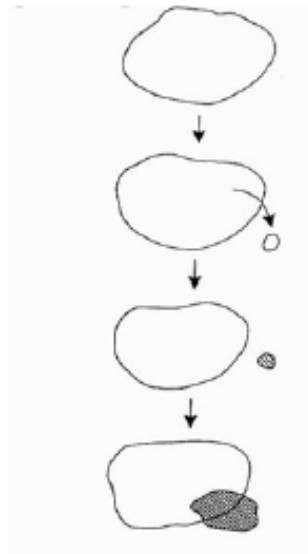
# Especiación mediante selección sexual en el mosquero troquiloide *Phylloscopus trochiloides*



# Especiación peripátrica

Una nueva población periférica pequeña derivada de una parental más distribuida diverge y adquiere aislamiento reproductivo.

La adaptación (SN) puede ser el desencadenante de la divergencia, pero al tratarse de poblaciones pequeñas, los factores estocásticos (deriva génica) pueden tener mayor importancia.



## *Zosterops lateralis* en Oceanía

La diversidad de alelos decrece en sucesivas colonizaciones.

Las poblaciones divergen entre el continente y las islas y entre islas.

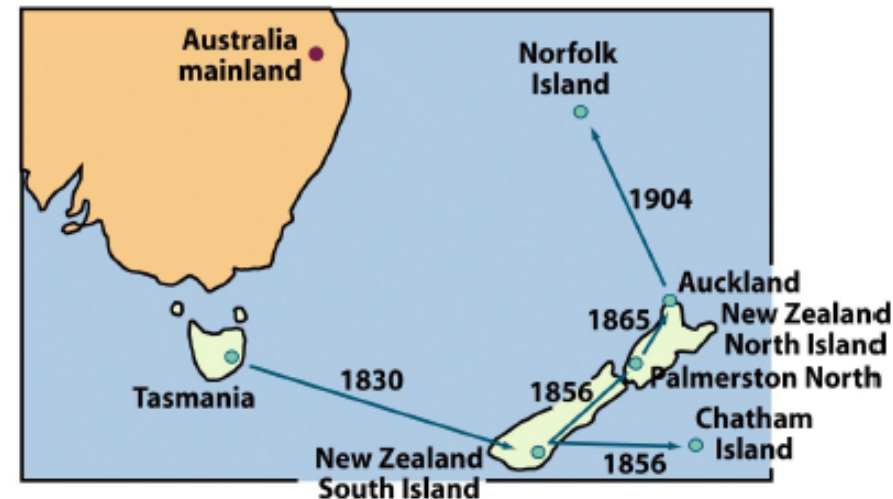
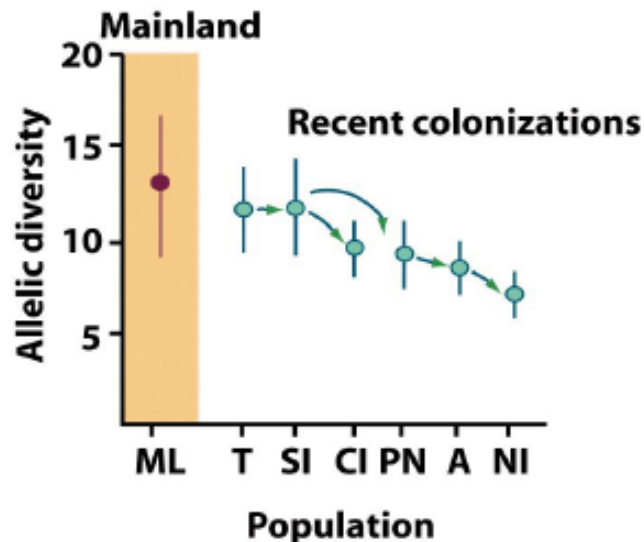


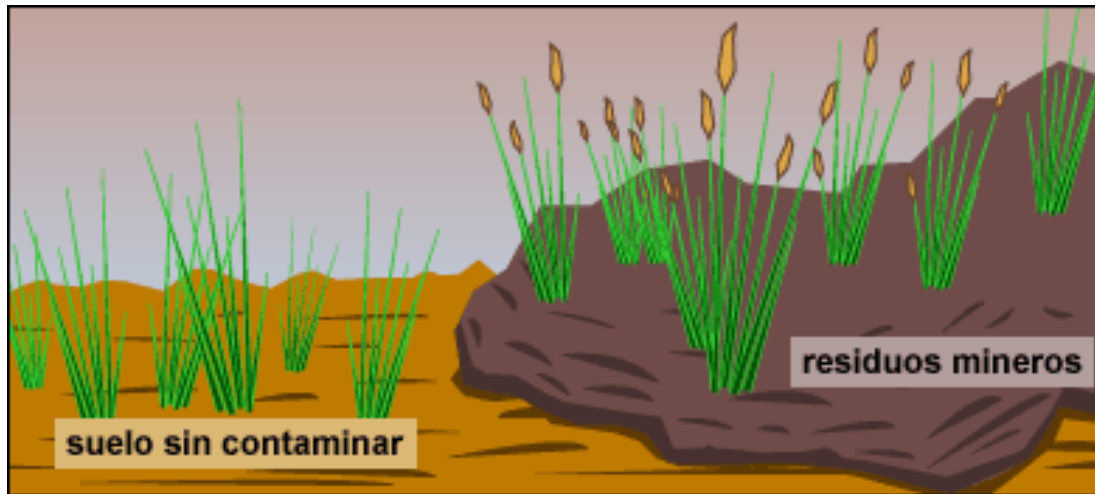
Figure 7-13b Evolutionary Analysis, 4/e  
© 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Especiación parapátrica



La especiación se produce sin una separación geográfica completa de las poblaciones.  
No hay una barrera externa al flujo génico.

1. La población se expande a una zona contigua donde el ambiente es diferente y se selecciona un morfo alternativo.
2. La selección favorece diferentes óptimos a ambos lados.
3. Se origina una clina abrupta.
4. Si la diferenciación adaptativa es suficiente la zona de contacto se convierte en una zona híbrida o zona de tensión.
5. Si los híbridos tienen menor fitness entonces la selección natural puede reforzar el aislamiento reproductivo .



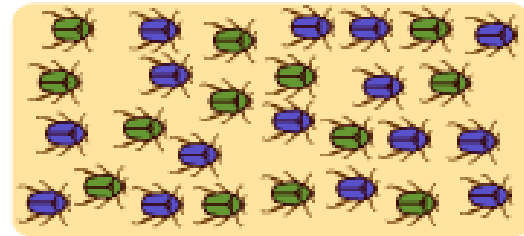
Gramínea *Anthoxanthum odoratum*

# Especiación simpátrica

A diferencia de los tipos anteriores, la especiación simpátrica **no requiere una distancia geográfica a gran escala para reducir el flujo génico** entre partes de la población.

¿Cómo podría reducirse el flujo génico y producirse la especiación en una población que se aparea al azar?

**Tipos propuestos:**



Especiación por **Poliploidía**

Especiación por **Selección sexual**

Especiación **Ecológica**



# Especiación simpátrica

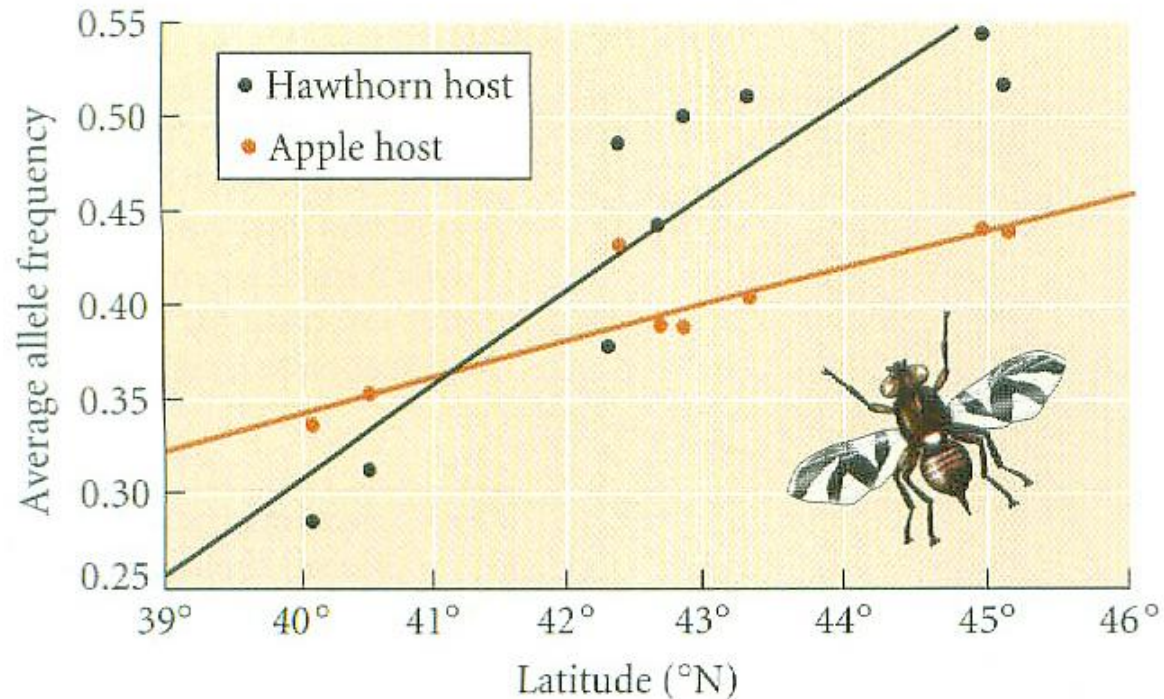
## Mosca de la fruta *Rhagoletis pomonella*

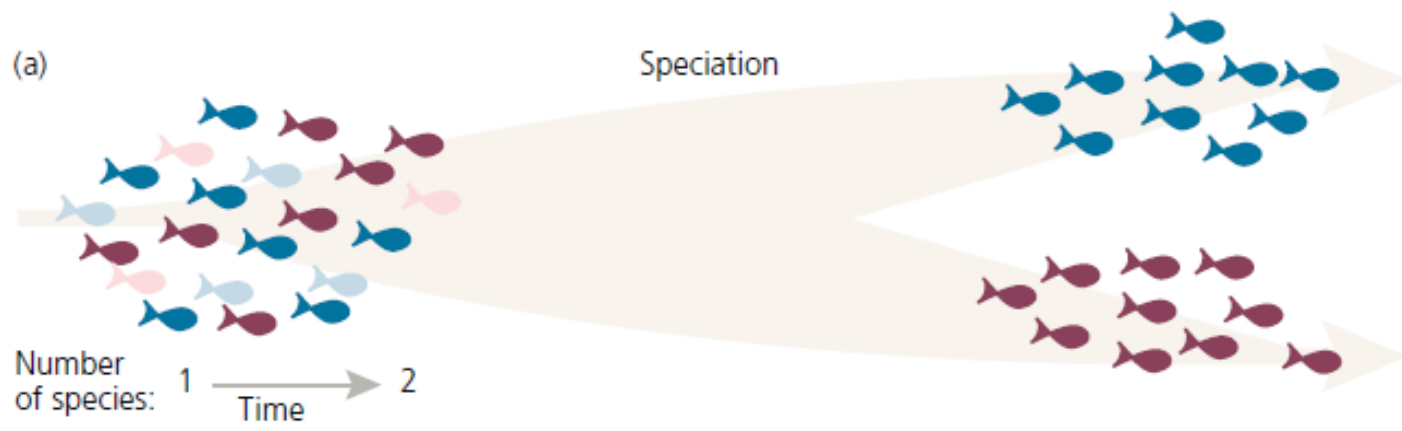


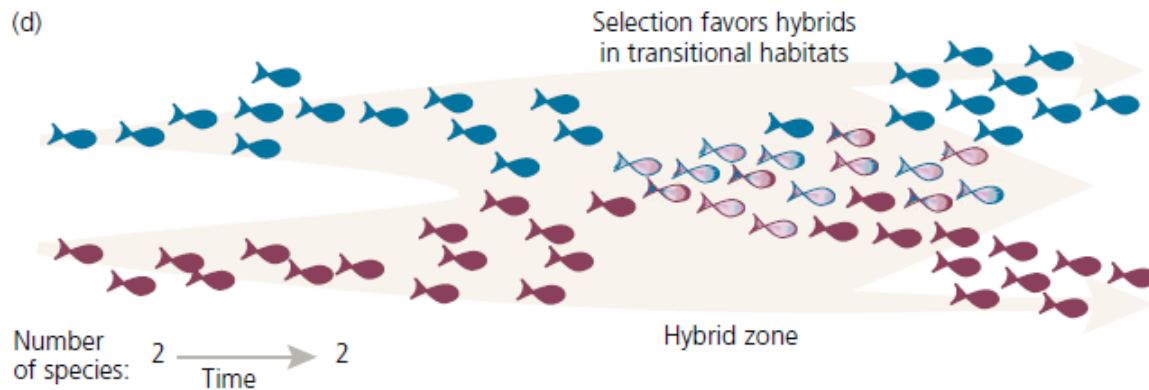
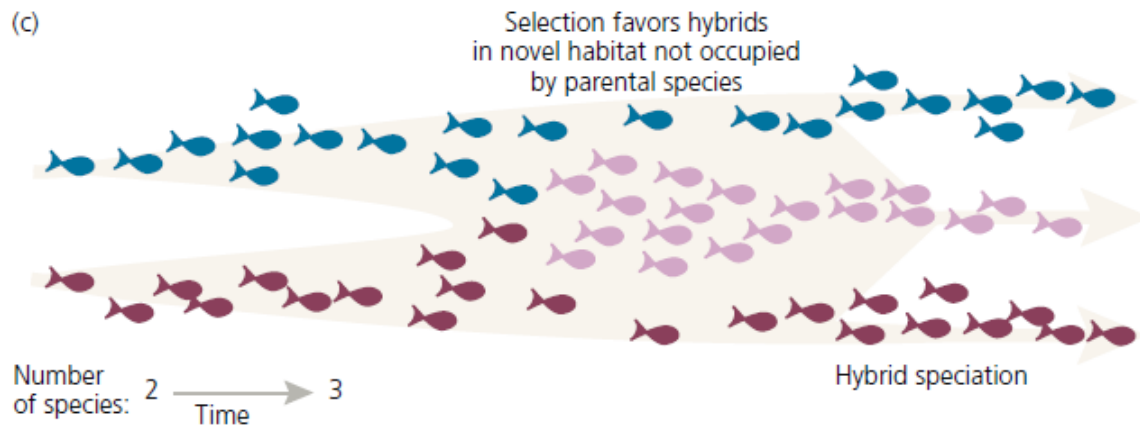
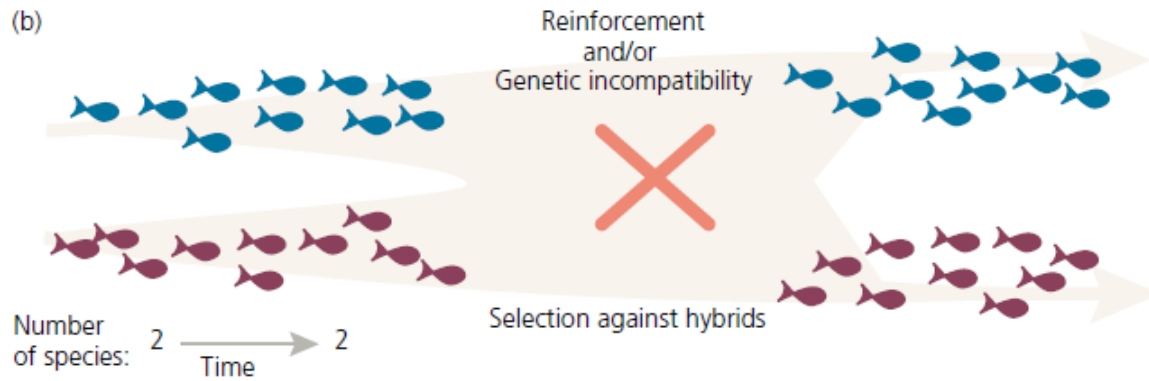
manzano



espino







# Micro y Macroevolución

## Posturas:

Los procesos que producen la diferenciación de una población no se distinguen cualitativamente de aquellos que acaban produciendo especies (mejor dicho, son los mismos). La macroevolución no sería más que una microevolución continuada y las grandes diferencias entre taxones de alto rango el resultado de infinitud de “pequeños” cambios acumulados a lo largo de largos períodos de tiempo.

Los mecanismos que rigen una y otra no tienen porqué ser similares y existirían explicaciones alternativas a la selección gradual, como la simbiogénesis o las formulaciones más duras del **equilibrio puntuado**.

# Equilibrio puntuado o intermitente

Niles Eldredge y Stephen Jay Gould (1972)



Equilibrios puntuados: una alternativa al gradualismo filético?

- problema: explicar la persistencia de especies aparentemente invariables por millones de años en el registro fósil.
- Punto de quiebre: el ritmo evolutivo y los modos de especiación
- una solución posible: pensar en la especie como unidad de Evolución.
- extensión del darwinismo a otro nivel jerárquico: el de las Especies.
- “las especies son individuos” que se multiplican formando grupos filogenéticos (y compiten con otras)

# Equilibrio puntuado o intermitente

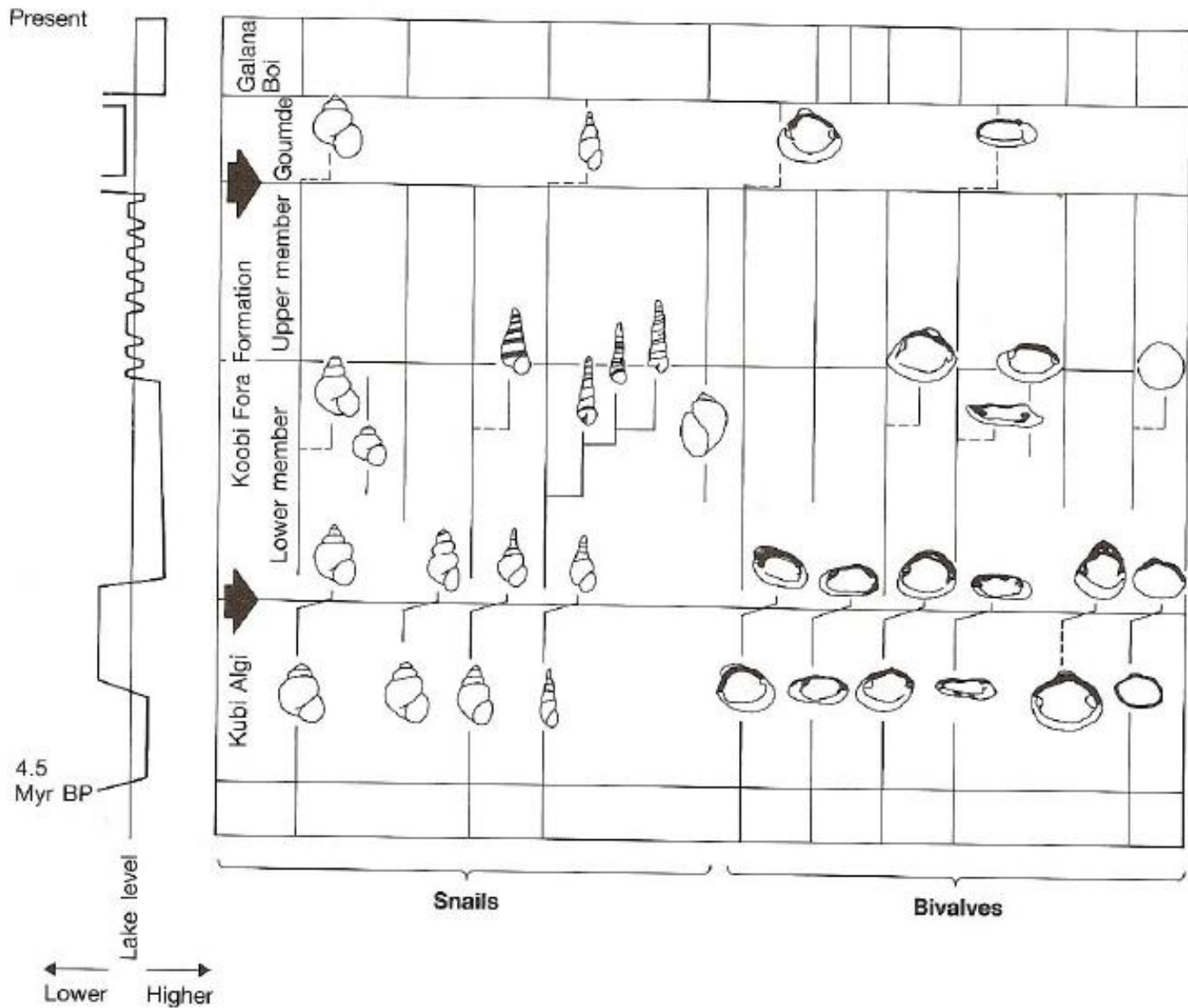
Niles Eldredge y Stephen Jay Gould (1972)

## Observación paleontológica:

En el registro fósil las especies aparecen bruscamente y luego persisten virtualmente incambiadas durante largos períodos de tiempo.

Contradicción aparente con la visión neodarwinista, según la cual, si el registro fósil fuese perfecto, la transición gradual entre las especies se vería reflejada en las series fósiles.

# Caracoles del lago Turkana durante el Plioceno y Pleistoceno



# Ejemplos de estasis en el registro fósil



Figure 18-16a Evolutionary Analysis, 6e  
© 2007 Pearson Education, Inc.



Figure 18-16b Evolutionary Analysis, 6e  
© 2007 Pearson Education, Inc.

Bacterias que forman estromatolitos  
1.800mya

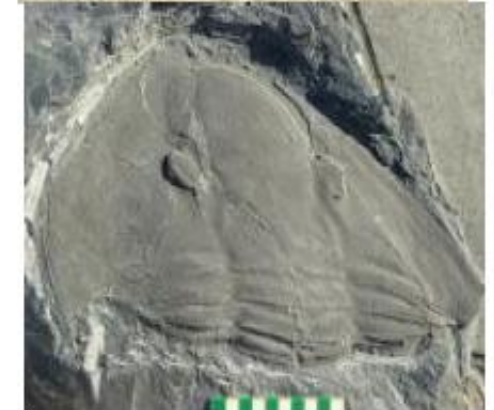


Figure 18-17a Evolutionary Analysis, 6e  
© 2007 Pearson Education, Inc.



Figure 18-17b Evolutionary Analysis, 6e  
© 2007 Pearson Education, Inc.

*Ginkgo biloba*  
40mya



Cangrejo cacerola  
150 mya

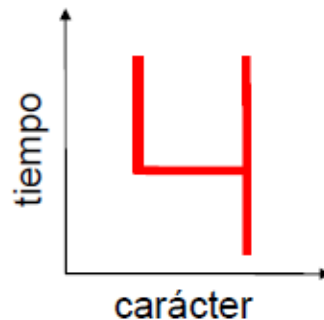


# Equilibrio puntuado o intermitente

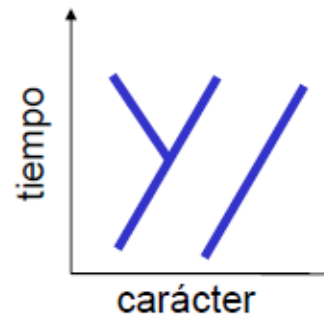
Niles Eldredge y Stephen Jay Gould (1972)

Ritmo al que evolucionan las especies

**Estasis:** largos períodos sin cambios morfológicos aparentes seguidos de cambios abruptos (episódicos) con especiación (**puntuación**).



**Equilibrios  
puntuados**



**Gradualismo  
filético**

---

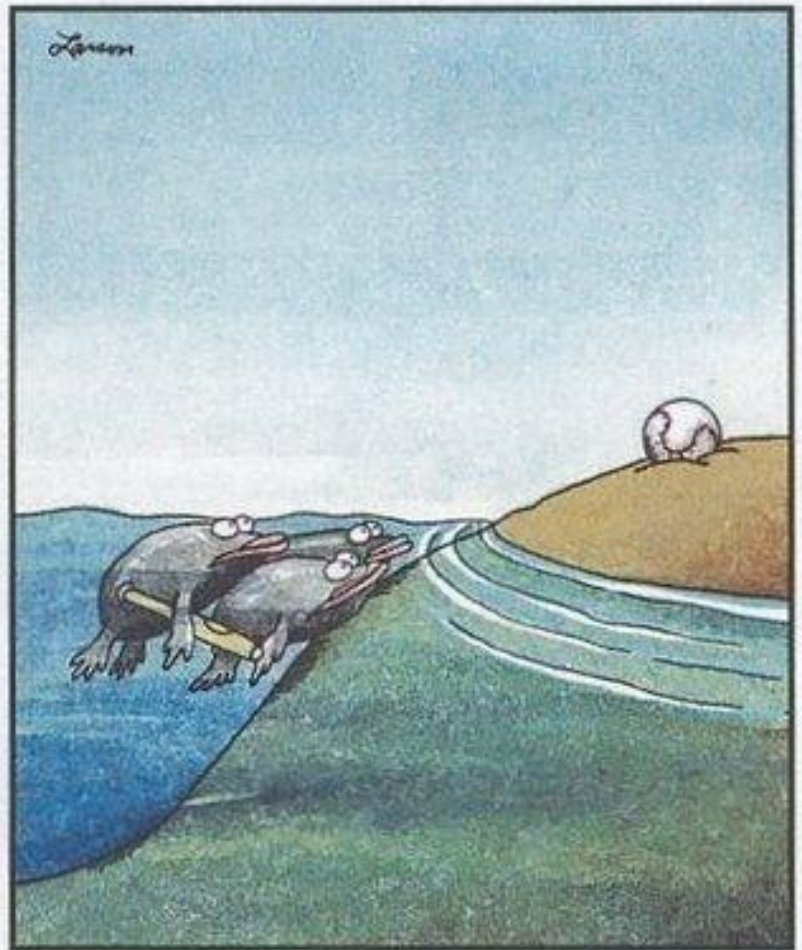
<b>Modo</b>	cladogénesis	anagénesis
<b>Ritmo</b>	puntuado	gradual

**Mecanismos: selección de especies (versión fuerte)  
especiación peripátrica (moderada)**

## EN RESUMEN...

- El Equilibrio puntuado, es una teoría del cambio macroevolutivo que surge de patrones del registro fósil.
- Plantea un desacoplamiento entre macro y microevolución, siendo la especiación el punto de quiebre.
- No hay evidencia suficiente para determinar su importancia relativa.
- Su relevancia más bien radica en plantear la posibilidad de que la evolución ocurra a ritmos variables y a más de un nivel.
- Considera a las especies como “individuos”.
- La selección de especies no ha podido ser demostrada en la práctica y sus mecanismos son poco claros o invocan mecanismos microevolutivos.
- No hay que invocar necesariamente la selección de especies para explicar una tendencia macroevolutiva; la misma puede ser simplemente producto del azar, o deberse a efectos de otros niveles inferiores o superiores.

SO, WHAT SEEMS TO BE THE PROBLEM?



Great moments in evolution