

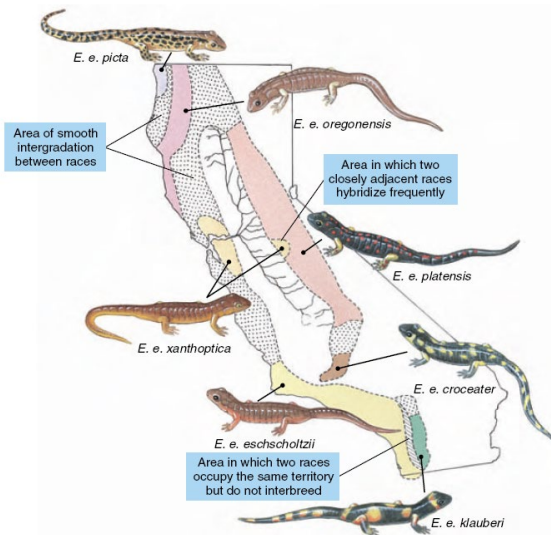
## Unidad 3

# Evolución, sistemática y taxonomía zoológica

### 3.1 Especie: conceptos generales

Desde 1859, la conceptualización clara sobre lo que es una “especie” ha sido objeto de muchos debates, tanto que desde más de 140 años existen diversos conceptos y sus diferencias son tan confusas como aquellas en los tiempos de Darwin. Actualmente, consideramos una “especie” como un grupo de organismos que están aislados reproductivamente y de forma natural de los otros grupos. Lo anterior se conoce como el “**concepto biológico de especie**”, de acuerdo a la definición de Ernst Mayr en 1982. Sin embargo, existen otras definiciones que no son muy diferentes totalmente de la anterior debido a que todas ellas comparten unos criterios importantes para identificarlas. Son tres estos criterios:

1. **Ascendencia común:** este es el criterio central o nuclear de todos los conceptos modernos de especie.
  - ✓ Una especie debe provenir de una población o especie ancestral común, lo cual significa que las especies son entidades históricas.
2. **Grupo más pequeño distinguible:** en sí, una especie se considera como el grupo más pequeño distinguible de organismos que comparten patrones de ascendencia y descendencia.
  - ✓ Todos los organismos en ese grupo deben poseer características morfológicas similares entre sí (e.g., color, forma, comportamiento).
    - i. Entonces, ¿qué pasa con las características dimórficas a nivel sexual o etario?
      - Se debe recurrir a otros caracteres morfológicos o a caracteres cromosómicos y/o moleculares.
    - ii. ¿Qué sucede con las variaciones morfológicas (e.g., tamaño, coloración) entre subespecies que se encuentran en diferentes regiones geográficas (Fig. 1)?



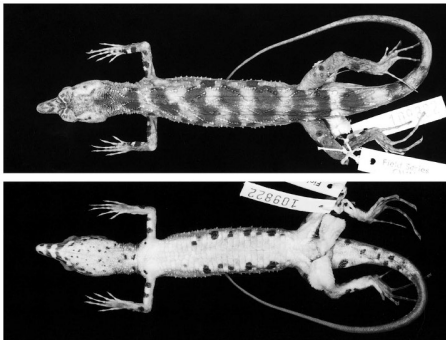
**Figura 1.** Variación geográfica de los patrones de coloración en la salamandra *Ensatina eschscholtzii*. En esta especie, además de que existe variación morfológica, también hay casos en los que las poblaciones de dos subespecies (e.g. *E. e. eschscholtzii* y *E. e. klauberi*), a pesar que se solapan sus rangos de distribución, ellas siendo de la misma especie, no se entrecruzan. En el resto de subespecies hay cierto grado de hibridación en los sitios adyacentes de distribución. El caso de esta especie y de muchas otras con la misma situación, es todo un enigma para los biólogos evolutivos (Hickman *et al.* 2017).

3. **Población reproductiva:** este criterio tiene el problema de solo ser aplicado a especies de reproducción sexual.
  - ✓ Los miembros de una especie deben formar un grupo reproductivo que excluya a los miembros de otras especies.
  - ✓ Este criterio es fundamental para los muchos conceptos modernos de especie → nos remite a concepto biológico de Mayr (1982).

### Concepto tipológico de especie

Antes de Darwin, las especies se consideraban como entidades independientes e inmutables que presentan características fijas y esenciales (e.g., morfología). Estas son las que representan un patrón o arquetipo de origen divino. Entonces, el **concepto tipológico** trata o define a las especies como clases de organismos que poseen unos rasgos esenciales y fijos.

Antes y ahora, cuando se describe una nueva especie se reconoce a ésta a través del ejemplar tipo (que posee una etiqueta y esta depositado en un museo), el cual representa la morfología ideal de dicha especie (Fig. 2). Cuando se colectan otros ejemplares y se los quiere asignar a una especie, el investigador se remite a los especímenes tipo que sean semejantes para efectos de comparación. Si uno de esos especímenes nuevos se ajusta a uno de los especímenes tipo, entonces se le asigna el nombre de esa especie. Si no hay ningún acuerdo entre las morfologías de los especímenes, entonces se puede considerar la descripción de una nueva especie, siguiendo los protocolos estandarizados.



**Figura 2.** Vista dorsal y ventral del holotipo AMNH (American Museum of Natural History, New York) 109822 de la lagartija terrestre *Echinosauro orcesi*. Holotipo es el nombre con que se denota al espécimen tipo del cual se desprende la descripción de la nueva especie (Fritts *et al.* 2002).

Este concepto ha sido parcialmente descartado por los evolucionistas (aunque algunas tradiciones persisten), debido a que ellos consideran que las especies no se deben definir como grupos que poseen ciertos caracteres morfológicos. De hecho, ellos en su concepto evolutivo del mundo, consideran que las especies son entidades históricas cuyas propiedades están siempre sujetas a cambios.

- Entonces, ellos están introduciendo el concepto de variedad entre los distintos organismos que conforman una especie.
  - ✓ Dicha variedad no es el resultado de manifestaciones mas o menos imperfectas de un “tipo eterno”; el tipo en si no es sino una abstracción extraída de la variación real e importante que esta presente en la especie.

En el mejor de los casos, el tipo corresponde a una forma media (en el sentido estadístico) que cambiara conforme la selección natural vaya actuando sobre la variedad de la especie a través del tiempo. **El ejemplar tipo es solamente una guía de los rasgos morfológicos generales** que se espera podemos encontrar en esa especie, tal como la conocemos actualmente. ¿Qué pasa con las subespecies (ver ejemplo de la Fig. 1)?

### Concepto biológico de especie

Este es el concepto inspirado en la teoría evolutiva de Darwin y el más extendido actualmente. Este concepto fue formulado inicialmente por Theodosius Dobzhansky (1937) y Ernst Mayr (1942) y establecido claramente en 1982 por Mayr. Sin embargo, ya en los años 30's y 40's del siglo 20, ya estaba tomando cuerpo este concepto en un periodo de síntesis evolutiva a partir de ideas previas. Lo importante en este concepto es que la especie esta identificada de acuerdo con las propiedades reproductivas de las poblaciones y no según los caracteres específicos del organismo (e.g. la morfología).

- En este concepto, la especie es considerada como un grupo de organismos que conforman una **población reproductiva** de individuos que tienen una ascendencia común y comparten caracteres de variación gradual. Estos organismos no se pueden reproducir con los organismos de otra especie y la especie ocupa un nicho específico en la naturaleza.

- ✓ Entonces, ¿cómo definimos los límites de una población reproductiva?
  - A través del estudio de diferentes aspectos de la variedad poblacional, tales como 1) la morfología; 2) rasgos genéticos moleculares, 3) estructura cromosómica, etc.

A pesar que con este concepto definimos a una especie a través de sus propiedades reproductivas, seguimos necesitando de la morfología como una guía que nos ayuda a distinguir especies.

Problemas con el concepto biológico: aunque este concepto es actualmente el más aceptado y utilizado, este tiene sus críticas.

- A. Una especie presenta dimensiones en espacio y tiempo, creando problemas al momento de determinar límites concretos entre especies distintas.
  - Las especies varían sus características, sus áreas de distribución, sus sitios de ocurrencia (en muchos ejemplos, una especie varía su área de distribución *-en términos del espacio ocupado-* dependiendo de la época del año.
  - O simplemente, las especies existen por ciertos periodos de tiempo y luego se extinguen (¡claro esta!, desde el punto de vista de extinción natural).
- B. Considerando a la especie como una unidad evolutiva, y a la vez como un rango de la jerarquía taxonómica, se crean problemas entre estas dos conceptualizaciones (ver abajo).
- C. De acuerdo al concepto biológico, en el que hay implícito el entrecruzamiento entre individuos de la misma especie, entonces aquí no caben las especies de reproducción asexual, donde los individuos no se aparean para producir nuevos individuos.
  - Sin embargo, en sistemática es muy común describir especies de todos los grupos de organismos, sin importar cual es su tipo de reproducción.

La especie en espacio y tiempo: cualquier especie tiene una distribución espacial (rango geográfico) y una distribución temporal (duración evolutiva), y las especies difieren mucho entre sí respecto a estos dos ejes. El concepto de “duración evolutiva” se discute en el concepto evolutivo de especie

- Especies con rangos geográficos extensos y distribuidas en varias partes del mundo se denominan como **cosmopolitas** y las especies con rangos estrechos se denominan de **distribución restringida**; y aquellas especies con este tipo de distribución y que su rango no sea mayor a 50000 km<sup>2</sup>, se denomina **especies endémicas**.
- Si una especie presenta a la vez rangos geográficos y temporales muy estrechos, es muy probable que no existan problemas para reconocerla y cualquier definición de especie lleva a conclusiones parecidas.

De hecho, podemos reconocer con facilidad las distintas especies que encontramos en una localidad determinada, pero es difícil cuando comparamos las poblaciones locales de cada especie con otras poblaciones situadas a muchos kilómetros de distancia, pero que son similares entre ellas, aunque no idénticas (ver ejemplo 1). Eso es difícil porque no podemos con certeza concluir si esas poblaciones constituyen una única especie o son diferentes (volvamos al ejemplo 1).

A lo largo de la duración evolutiva de una especie, el rango geográfico puede variar muchas veces. Los rangos geográficos pueden ser continuos o disjuntos (cuando en ciertas porciones del rango total no existen poblaciones de esa especie)

- Suponiendo que encontramos dos poblaciones separadas por 500 km y que son similares entre sí, pero no idénticas, y que entre ellas existen poblaciones relacionadas: **¿éstas son dos especies con rangos de distribución continuos o es una sola especie con distribución disjunta?**
- Suponiendo que estas poblaciones llevan separadas unos 50000 años, **¿podemos decir que éste ha sido el tiempo suficiente para que dichas poblaciones estén aisladas reproductivamente una de otra o aun podemos considerar que son una misma especie con iguales características reproductivas?**

No son preguntas fáciles de responder y este tipo de problemas llevan a las diferentes discrepancias entre los distintos conceptos de especie.

### Concepto evolutivo de especie

La dimensión temporal descrita antes plantea problemas obvios al concepto biológico de especie: ¿cómo podemos asignar ejemplares fósiles a especies actuales?

- Si seguimos una estirpe o linaje hacia atrás en el tiempo, ¿hasta que momento podemos ir antes de encontrar el límite temporal de esa especie?

Si pudiéramos seguir una línea genealógica ininterrumpida en el tiempo hasta el punto en el que dos especies hermanas convergen en su antecesor común, deberíamos haber cruzado en algún punto al menos un límite específico. Sin embargo, sería muy difícil decidir donde trazar una frontera precisa entre las dos especies.

- Para enfrentar este problema, George Gailord Simpson propuso en los años 40 del siglo 20 el concepto evolutivo de especie, al añadir una dimensión evolutiva temporal al concepto biológico. Este concepto persiste hoy en una versión modificada:
  - ✓ Un único linaje de poblaciones ancestro-descendiente que mantiene su identidad frente a otros linajes y que posee sus propias tendencias evolutivas y su destino histórico.
    - Aquí se mantiene el criterio de la ascendencia común, ya que se exige un linaje con una identidad histórica propia.
      - Entonces, en este caso todas las series de caracteres diagnósticos sirven para identificar las especies evolutivas, aunque en la mayoría de casos (y de los fósiles), solo serán accesibles los caracteres morfológicos.

Este concepto evolutivo se puede aplicar a especies de reproducción asexual y de reproducción sexual. En tanto un linaje mantenga la continuidad de sus caracteres diagnósticos, podría ser reconocida como esa especie.

- Cambios bruscos en los rasgos característicos (diagnósticos) marcaran los límites entre especies diferentes en el tiempo evolutivo: **¡algo que nunca será observable!**

### Concepto filogenético de especie

En este concepto, la especie se define como **“grupo irreducible (basal) de organismos diagnósticamente distinguible de otros grupos semejantes y dentro del cual existe un patrón parental de ascendencia y descendencia”**.

- Concepto también basado en el criterio de ascendencia común.
- Útil para especies asexuales y sexuales.

La especie filogenética es una unidad estrictamente monofilética (un solo ancestro) y en sistemática, el concepto filogenético es el único válido. Este concepto no requiere tener en cuenta como son los procesos evolutivos que dan origen a las especies y esto permite con alguna facilidad describir especies. Sin embargo, no se puede ignorar totalmente los procesos evolutivos implicados en la aparición de esa especie.

### Dinamismos de los conceptos de especie

Aunque es cierto que existen múltiples discrepancias entre los distintos conceptos de especie, éstas no deben interrumpir todo un trabajo de investigación científico que esta en fase de crecimiento y que llevando a que los viejos conceptos sean revisados, perfeccionados o reemplazados por otros nuevos y más avanzados.

- De hecho, estas discusiones han sido sumamente importantes en el desarrollo de la sistemática. Además, conducen a un futuro porque los biólogos están comprendiendo realmente cuales son los puntos de vista conflictivos y no se casen con un único concepto. De esta manera, habrá incentivos para desarrollar conceptos cada vez mas avanzados y que limen tales discrepancias.

## Especiación: mecanismos y características de aislamiento

A partir del libro de Darwin –“Sobre el origen de las especies”-, el solo titulo de éste creo un problema que aun no se ha resuelto completamente y que es preocupación de los biólogos evolucionistas: **¿cómo se originan las especies?**

En los diferentes individuos ocurren cambios genéticos (mutaciones, reordenamiento cromosómico), que por reproducción sexual pueden tomar dos rumbos, los cuales hacen que una especie se halle continuamente en un proceso de evolución:

1. Conservarse y fijarse en la población.
2. Eliminarsse por selección natural.

La **especiación** es el proceso por el cual se crean nuevas especies y el **aislamiento** es el paso esencial para su creación (no se permite el cruzamiento entre poblaciones).

- El aislamiento puede ser en el tiempo o en el espacio.
  - ✓ En el aislamiento temporal, una especie evoluciona en otra gradualmente a lo largo de una línea evolutiva continua y a través de un largo periodo de tiempo.
  - ✓ El aislamiento espacial implica la separación física de partes de una población original.
- Existen otros tipos de aislamiento.

También existen cinco tipos de aislamiento o separación de cepas en unidades menores:

1. Aislamiento geográfico: hay una separación de las poblaciones por la aparición de barreras físicas (terrestres o acuáticas) que establecen distancias entre ellas.
2. Aislamiento ecológico: son poblaciones que se pueden encontrar en la misma región, pero en diferentes ambientes.
3. Aislamiento estacional: cuando dos poblaciones se reproducen en épocas distintas del año.
4. Aislamiento etológico: no hay apareamiento entre individuos de dos poblaciones distintas simplemente porque uno de ellos no reconoce el comportamiento de cortejo de la otra especie.
5. Aislamiento fisiológico: cuando existe incompatibilidad funcional en el apareamiento o en la producción, supervivencia o fecundación de los gametos.

En general, los cuatro primeros mecanismos se incluyen o se reconocen como **mecanismos pre-cigóticos de aislamiento** y el último se conoce como **mecanismo post-cigótico de aislamiento**. En un proceso de especiación, la divergencia de una especie en dos suele iniciarse por el aislamiento geográfico y usualmente empiezan a aparecer en forma secundaria los otros tipos de mecanismos.

Teniendo en cuenta los tres criterios para definir una especie (ancestro común; compatibilidad reproductiva; y coherencia genotípica/fenotípica dentro de una población), se considera que el criterio de compatibilidad reproductiva ha recibido mucha atención en los estudios sobre la especiación. Aparte de los mecanismos de aislamiento se presentan también barreras reproductivas, las cuales son factores biológicos que impiden que las especies se entrecrucen. El problema está en descubrir como dos poblaciones inicialmente compatibles desarrollan barreras reproductivas, que las convierten en linajes diferentes que evolucionan por separado. Entonces, **¿cómo pueden las poblaciones divergir unas de otras mientras mantienen una compatibilidad reproductiva completa dentro de cada población?**

Como ya se dijo, luego que las poblaciones han sido geográficamente aisladas, las barreras reproductivas comienzan a aparecer gradualmente, algo que se dará después que dichas poblaciones aisladas geográficamente se mantengan así por muchos años (¿cuántos?). Si esto no sucede, y en un caso eventual las poblaciones vuelven a encontrarse antes que las barreras reproductivas aparezcan, es muy probable que de un entrecruzamiento y las poblaciones de nuevo se fusionen.

Existen dos mecanismos principales de especiación: 1) especiación alopátrica; y 2) especiación simpátrica.

1. **Especiación alopátrica:** poblaciones alopátricas (*Gr.*, *allos* = otro; *patros* = patria, país) de una especie son aquellas que ocupan áreas geográficas separadas. Estas poblaciones no se mezclan activamente, pero probablemente lo harían sino existieran las barreras geográficas entre ellas.

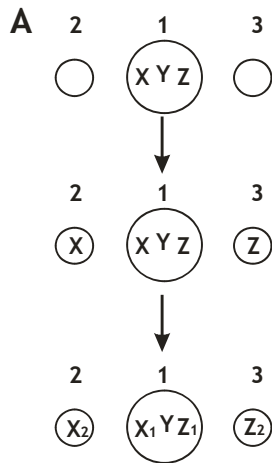
a. La especiación que resulta de la aparición de barreras reproductivas entre poblaciones geográficamente separadas se conoce como **especiación alopátrica o geográfica**. Estas poblaciones ya separadas evolucionan independientemente y se adaptan a sus distintos ambientes, generando barreras reproductivas como resultado de sus distintas vías evolutivas.

- Ernst Mayr fue uno de los grandes contribuyentes del entendimiento del proceso de especiación alopátrica.

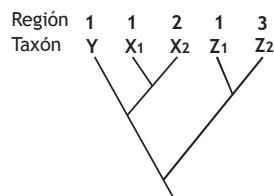
Si un taxón ocurre en dos o más áreas separadas (por ejemplo, las aves rátites –emú, ñandú, avestruz), dos explicaciones (o una combinación de ellas) pueden ofrecerse:

A. El taxón se origina en un área y migra hacia la otra por expansión del rango de distribución o por dispersión a saltos (dependiendo de la naturaleza de la barrera entre las áreas). Esta explicación, denominada **“hipótesis de dispersión”** o **“proceso fundador”**, asume que las áreas estuvieron separadas antes que se ocuparan (Fig. 3a).

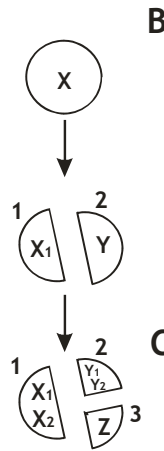
**PROCESO**



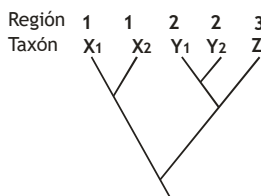
**FILOGENIA**



**PROCESO**



**FILOGENIA**



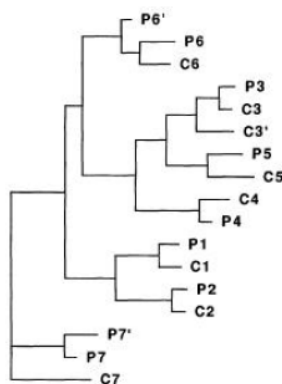
**B**

**Figura 3.** Dos hipótesis diferentes de especiación alopátrica. A) Especiación por dispersión; B) especiación por vicarianza; C) especiación por simpatría. En A, las áreas 2 y 3 son colonizadas desde el área 1 por las especies X y Z. La divergencia evolutiva da origen a parejas de especies relacionadas: X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> y Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>. La filogenia muestra las relaciones entre las especies en el área fuente (1) y aquellas que se originaron por dispersión. En B, una región esta sucesivamente dividiéndose en regiones 1, 2 y 3. Una especie ancestral, X, evoluciona en las especies hermanas X<sub>1</sub> y Y; luego que se han formado las áreas 2 y 3, la descendencia de Y en el área 3 evoluciona en la especie Z. La especiación también puede ocurrir al interior de cada área por especiación simpátrica (en C), originando las parejas de especies X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> y Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>. Las relaciones filogenéticas entre las especies muestran la historia de formación de las áreas (Futuyma 1998).

- Un ejemplo, ocurrencia de moscas *Drosophila* en las distintas islas de Hawaii, las cuales aparentemente nunca han estado conectadas al continente.

La hipótesis de dispersión es la más tradicional y se ha inferido a partir de varios tipos de evidencias, especialmente en especies de alta vagilidad (aquellas con gran capacidad de dispersión porque pueden recorrer largas distancias).

- I. Un registro fósil de temprana distribución en un área, con el taxón apareciendo en otra mucho después. En algunos ejemplos, la geología provee evidencia de la aparición o desaparición de las barreras. Por ejemplo, armadillos fósiles están limitados a Suramérica a través del Terciario y son encontrados en Norteamérica solo a partir de depósitos del Plioceno (hace 7 m.a.) y el Pleistoceno (hace 2.5. m.a.), luego que el Istmo de Panamá apareciera y se uniera estos dos continentes.
  - II. Se asume que un área ha sido colonizada por dispersión si ésta tiene una gran biota “desbalanceada” (= si pierde una gran cantidad de taxa que debería esperarse si ésta ha estado unida a otras áreas). Esta suposición ha sido aplicada especialmente a las islas que no tienen organismos tales como los anfibios y mamíferos no voladores.
  - III. La dispersión frecuentemente se infiere si las especies en un área son filogenéticamente derivadas de los linajes que tienen miembros más “primitivos” (= filogenéticamente basales) en otra área, la cual se considera el área de origen o área fuente. Sin embargo, esto último requiere de filogenias bien soportadas.
- B. Cuando las áreas estuvieron antiguamente contiguas y fueron ocupadas por la especie ancestral de la especie actual, las especies distribuidas disjuntamente, las cuales se diferenciaron luego que las barreras geográficas surgieran (Fig. 3b). En este caso, se dice que el taxón vicario o se diferencio en otras especies distintas. Esta explicación se conoce como “**proceso de vicarianza**”, el cual es muy típico de especies poco vágiles,
- Un ejemplo es la distribución de especies estrechamente relacionadas de peces Gobiidae a un lado y otro del Istmo de Panamá o de camarones del género *Altheus* (Fig. 4), el cual surgió en el Plioceno (hace 7-4 m.a.), separando las poblaciones.

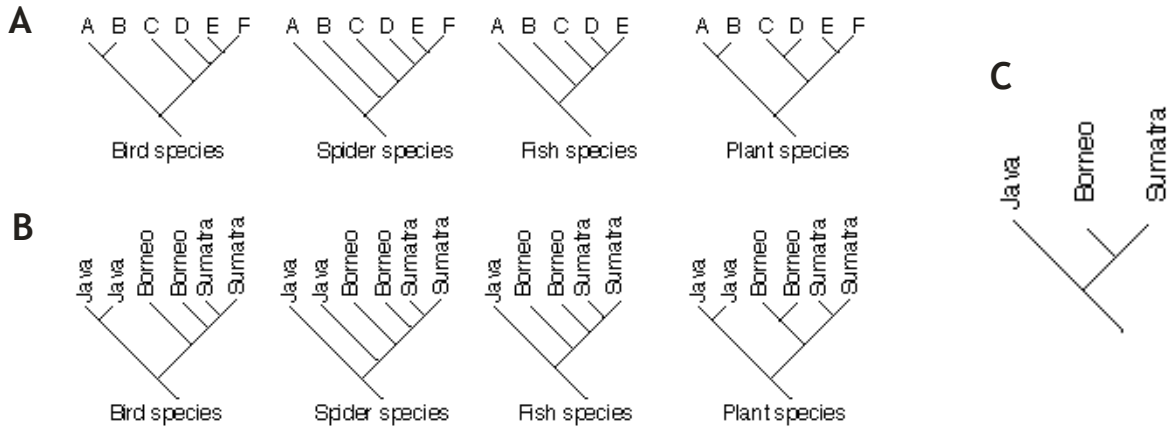


P: Pacífico, C: Caribe

**Figura 4.** Ejemplo reciente sobre especiación alopátrica por vicarianza. Arriba, representante de camarones del género *Altheus*, el cual tiene una distribución alopátrica de especies a lado y lado del istmo de Panamá. Abajo, cladograma que indica las relaciones entre las especies presentes tanto el lado Pacífico como en el lado Caribe del istmo; se observa que una especie del Caribe (C) está emparentada (especies hermanas) con una especie del Pacífico (P) que se desprende de la descripción de la nueva especie (Knowlton *et al.* 1993).

Los biogeógrafos vicariantes argumentan que una historia de vicarianza debe generar patrones repetidos, debido a que la fragmentación de un área única en varias separadas afectará a los taxa que estuvieron presentes a través de toda el área original.

- Esta hipótesis de vicarianza predice un patrón filogenético común: cada taxón que esta distribuido a través de tres o mas áreas separadas despliega el mismo patrón de relaciones filogenéticas que también poseen otros taxa en esas áreas (Fig. 5).



**Figura 5.** Filogenias que explican patrones de vicarianza en varios tipos de organismos, no emparentados entre si. A) cuatro grupos de distintos de organismos (aves, arañas, peces y plantas), cada uno constituido por cinco o seis especies emparentadas filogenéticamente entre si; B) las mismas filogenias mostradas en A, pero en vez de los taxa, se ha puesto los sitios (unas islas del pacifico sur) donde esas especies se encuentran distribuidas; C) este cladograma muestra la forma posible en que se originaron estas islas, siendo las mas ancestral la isla de Java y las islas “descendientes” Borneo y Sumatra, las cuales están relacionadas entre si, siendo mas reciente la aparición de Sumatra (soportado en datos geológicos). Aquí se observa que, en grupos tan distintos y no emparentados estrechamente, los procesos de especiación son similares, donde la especie A (asumiendo que el orden alfabético demuestra antigüedad de cada especie) de cada grupo se encuentra en la isla mas antigua (Java) y las especies D, E, y F se encuentran en la isla mas reciente, Sumatra. Otra conclusión es que así debió ocurrir porque es imposible que grupos tan divergentes –separados filogenético- (por ejemplo, los peces de las plantas) presente los mismos patrones de especiación.

- ✓ Por lo tanto, este patrón debe reflejar la secuencia histórica en la cual el área original se fragmento (Fig. 3b). entonces, si las áreas B y C se formaron por la división de un área que previamente estaba separada del área A, los habitantes de las áreas B y C deben estar filogenéticamente mas estrechamente emparentados entre ellos que con cualquier habitante del área A (aplica también para cualquier grupo de especies en la figura 4a).

En cuanto a la genética, hay diferencias adicionales entre estos dos procesos. En la vicarianza, la estructura genética de las poblaciones aisladas puede quedar intacta, ya que este proceso no induce por si mismo cambios genéticos por reducir poblaciones a pequeños tamaños o por trasladarlas a entornos diferentes.

- En el proceso fundador o hipótesis de dispersión y contrario a la vicarianza, la nueva población establecida por emigración (dispersión) es muy pequeño tamaño, lo cual es algo que comúnmente conduce a una alteración de la estructura genética.
  - ✓ Si ocurre, entonces los caracteres fenotípicos que eran estables en la población ancestral sufren variaciones inesperadas en la nueva población.
    - Si esta nueva variación es seleccionada positivamente por selección natural, entonces se producen grandes cambios en las propiedades fenotípicas y reproductivas, favoreciendo la evolución de barreras reproductivas entre las poblaciones ancestral y la derivada (la recientemente fundada).
  - ✓ Es común que aquellas especies alopátricas que surgieron a través de dispersión, sean poblaciones propensas a la extinción, debido a la baja variabilidad genética y el pequeño tamaño poblacional.

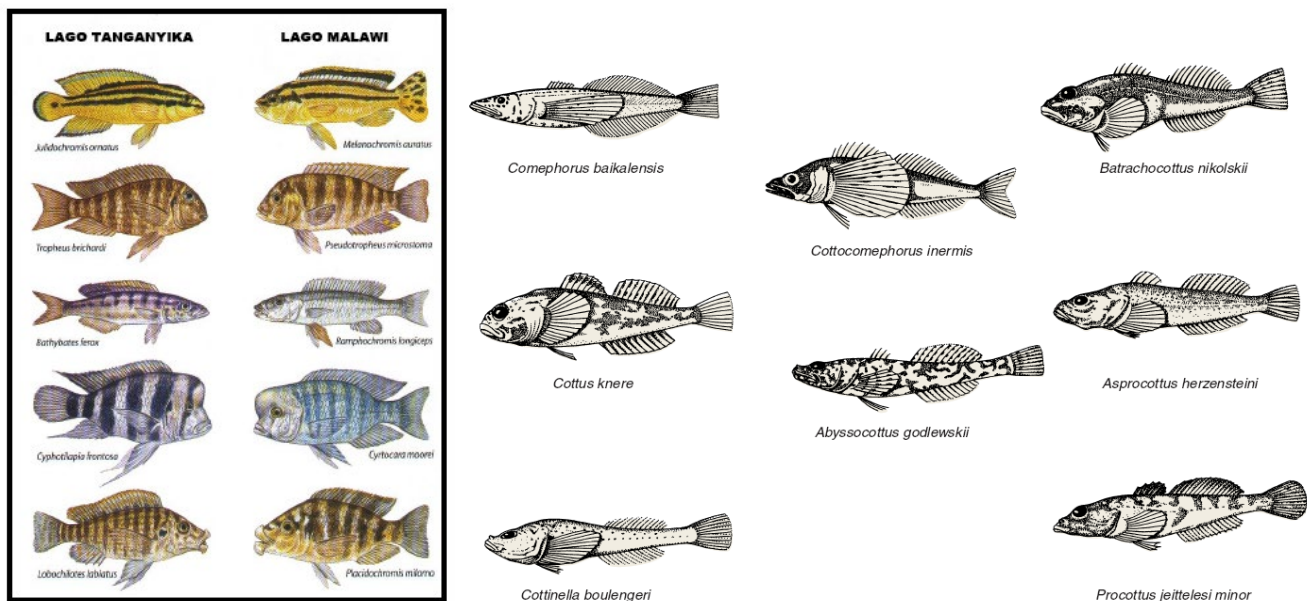


2. **Especiación simpátrica:** ¿puede la especiación suceder sin previa separación geográfica de las poblaciones? En algunos casos, es difícil recurrir a la especiación alopátrica para explicar situaciones donde muchas especies estrechamente relacionadas ocupan o viven juntas en áreas restringidas que no tienen huellas de barreras físicas para la dispersión.

- a. Por ejemplo, en varios grandes lagos en el mundo coexisten muchas especies de peces que están cercanamente relacionados entre si.
  - Los grandes lagos de África (Malawi, Tanganyika y Victoria), contienen cada uno muchas especies de peces ciclidos (Cichlidae) (Fig. 6, izquierda) que no se encuentran en otros sitios de África, ni del mundo.
  - De igual manera, el Lago Baikal en Siberia contiene muchas especies diferentes de peces esculpinos que no se encuentran en otros lagos (Fig. 6, derecha)

Por lo tanto, es difícil concluir que estas especies surgieron en otros sitios diferentes a lo que habitan actualmente y de esos sitios “originales” se dispersaron. Además, los lagos donde habitan estos peces son tan jóvenes en la escala geológica y no tienen barreras ambientales ni huellas de ellas que pudieron haber fragmentado poblaciones ancestrales y luego especiaron.

- Entonces, ¿cómo explicar esa alta riqueza de especies emparentadas filogenéticamente en esos lagos o para otros ejemplos?



**Figura 6.** Izquierda, peces Cichlidae en lagos Tanganyika y Malawi en África; dentro de cada lago, las especies son diferentes, pero relacionadas estrechamente y entre lagos, las especies no están relacionadas, pero se parecen. Derecha, Peces esculpinos del lago Baikal (Siberia), que son producto de la especiación ocurrida en un mismo lago.

Para explicar estas situaciones se ideó la **hipótesis de la especiación simpátrica** (“misma patria”). Esta hipótesis considera que diferentes individuos de una misma población se especializan para ocupar diferentes nichos de su entorno. A través de la selección y el uso de hábitats muy específicos en una única área geográfica, las diferentes poblaciones pueden experimentar una supuesta separación física y adaptativa para que evolucionen las barreras reproductivas (Fig. 3c).

- En el caso de los peces ciclidos, de los lagos africanos, cada una de las especies presentes tiene especializaciones alimentarias (separación adaptativa).

- En muchos organismos parásitos, especialmente insectos parásitos, diferentes poblaciones pueden utilizar diferentes especies hospederas, siendo esto por supuesto, una separación física necesaria para que las barreras reproductivas evolucionen.
- La especiación simpátrica es muy común en plantas superiores, ya que se conoce que entre una tercera parte y la mitad de las especies actuales de plantas con flores evolucionaron por poliploidía (duplicación del número de cromosomas), sin que se presentará un aislamiento geográfico previo entre las poblaciones.
- Entre animales, la poliploidía es un fenómeno muy excepcional.

A diferencia de la especiación alopátrica, este tipo de especiación sucede en el centro de los rangos de distribución de las especies. En la especiación alopátrica, lo común es que las poblaciones que quedan aisladas o sectores de las poblaciones que se dispersaron, son aquellas que se encuentran en las periferias de sus rangos de distribución.

### Bibliografía

- Dobzhansky T. 1937. Genetics and the origin of species. Columbia University Press, New York
- Fritts, T.H, Almendáriz, A. & Samec, S. 2002. A new species of *Echinosaura* (Gymnophthalmidae) from Ecuador and Colombia with comments on other members of the genus and *Teuchocercus keyi*. J. Herpetol. 36: 349–355.
- Futuyma, D.J. 1998. Evolutionary Biology. Third edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.
- Hickman, C.P., Jr., Keen, S.L., Eisenhour, D.J., Larson, A. & I'Anson, H. 2017. Integrated principles of zoology. Seventeenth edition. McGraw Hill, New York. 834 pp.
- Mayr, E. 1942. Systematics and the origin of species. Columbia Univ. Press, New York.
- Mayr, E. 1982 The growth of biological thought: diversity, evolution and inheritance. Harvard University Press.
- Knowlton, N, Weigt, L.A., Solórzano, L.A., Mills, D.K. & Bermingham, E. 1993. Divergence in proteins, mitochondrial DNA, and reproductive incompatibility across the Isthmus of Panama. Science 260: 1629-1632.