

¿Cómo surge una nueva especie?

El caso de las aves

Andreia Malpica
Clementina González

Las aves por siglos han fascinado al hombre, ya sea por sus hermosos cantos, sus colores llamativos, sus bailes de cortejo o por los increíbles viajes migratorios que realizan. Las aves han sido motivo de contemplación, admiración e intensa investigación científica. El estudio de las aves ha ayudado a desarrollar conceptos y teorías fundamentales en la biología, tales como la formación de nuevas especies durante el curso de la evolución (i.e., especiación).

Charles Darwin sentó las bases de la teoría evolutiva. Las observaciones que hizo durante uno de sus viajes, sobre el tamaño y forma del pico de los pinzones del archipiélago de las Galápagos, le ayudaron a entender mejor cuáles eran los factores que promovían la formación de nuevas especies. Darwin definió “evolución” como “descendencia con modificación”, proceso en que las poblaciones y las especies cambian a lo largo del tiempo y dan origen a nuevas especies, las cuales comparten un ancestro en común. El mecanismo que Darwin propuso para explicar este cambio es la selección natural. La idea básica de la selección natural es que los organismos que poseen rasgos que les ayudan a sobrevivir y, por lo tanto, reproducirse en un ambiente particular, dejarán más descendientes (los cuales heredarán a su vez los rasgos ventajosos a su descendencia) que los organismos que carecen de dichas características.

Se ha estimado que en el mundo hay alrededor de 10,800 especies de aves. La forma clásica de estimar el número de especies se ha basado en las diferencias de los patrones geográficos de rasgos morfológicos como el tamaño y la coloración del plumaje. Pero en sí, ¿qué es una especie? A lo largo del tiempo se han propuesto diferentes conceptos de especie como, por ejemplo, el biológico, el morfológico, el filogenético, el ecológico y el evolutivo, entre otros. Aunque cada concepto tiene una característica particular, todos ellos se refieren a las especies como linajes que evolucionan de manera independiente de otros. Hoy en día, la taxonomía integradora ofrece una visión completa para definir a las especies con múltiples tipos de evidencia como la morfología, la genética, la distribución y el comportamiento (Dayrat, 2005).

Al observar la diversidad de especies de aves en el mundo han surgido preguntas fundamentales como, por ejemplo: ¿por qué hay tantas especies?, ¿cómo se formaron?, ¿qué factores promueven la especiación? La especiación es un proceso fascinante y estudiarlo resulta complejo, ya que puede ser resultado de diferentes mecanismos que pueden interactuar en el tiempo y en el espacio. Por lo tanto, entender el papel que tiene cada mecanismo en el proceso de especiación es un campo de investigación muy activo. Particularmente en aves, los mecanismos que promueven la especiación mayormente estudiados son la presencia de barreras geográficas y cambios climáticos históricos, así como mecanismos biológicos como la divergencia ecológica (impulsada por la selección natural) y la selección sexual.

MODELOS DE ESPECIACIÓN

Se han propuesto diferentes modelos de especiación de acuerdo con la distribución geográfica de las poblaciones que conforman las especies. Los más importantes son: especiación alopátrica, parapátrica y simpátrica. Se ha sugerido que, en aves, la especiación alopátrica es la más común

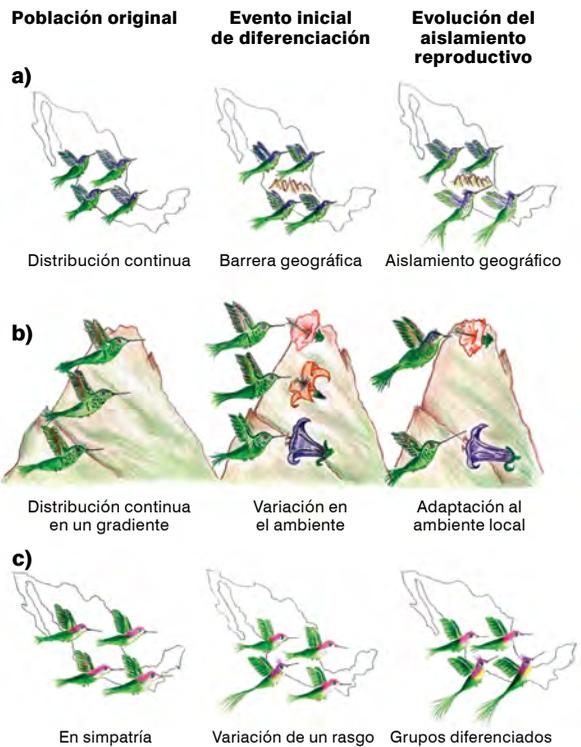


Figura 1. Modelos de especiación de acuerdo con la distribución geográfica de las especies: a) especiación alopátrica, b) especiación parapátrica, c) especiación simpátrica. Dibujos hechos por Martha Elena Mejía.

y la simpátrica la más rara (alrededor del 5 % de las especies estudiadas).

En la especiación alopátrica, la distribución originalmente continua de las poblaciones de una especie se fragmenta por distintos eventos como el surgimiento de una barrera geográfica (Figura 1a). Como consecuencia, las poblaciones se aíslan entre sí reduciéndose el flujo genético entre ellas y favoreciendo la acumulación de nuevas mutaciones genéticas. Con el paso del tiempo (miles o millones de años), se pueden acumular suficientes diferencias a nivel genético, morfológico (por ejemplo, el color del plumaje) y de comportamiento (por ejemplo, diferencias en los cantos) entre las poblaciones, que pueden promover la especiación.

La especiación parapátrica ocurre en poblaciones que tienen una distribución continua, pero con distintas condiciones ambientales (Figura 1b). Esto puede dar lugar a una “clina”, que es una variación gradual de los rasgos morfológicos en las poblaciones, debida a las adaptaciones a sus entornos

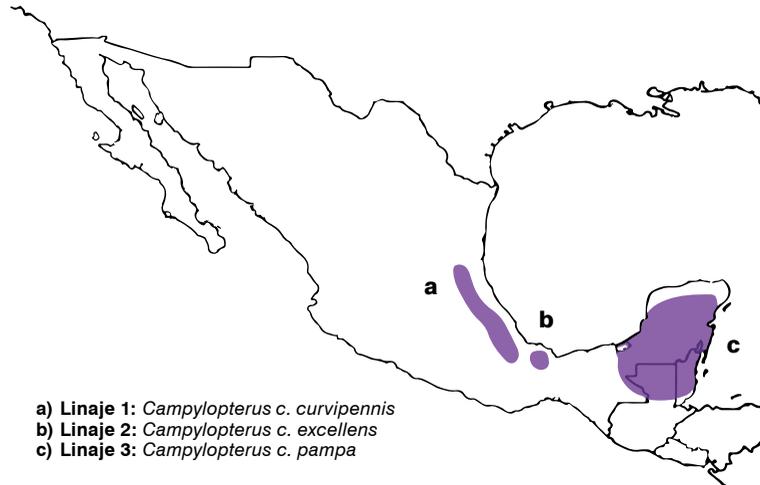


Figura 2. El papel de las barreras geográficas en promover la formación de nuevas especies. Se ilustra el caso del colibrí *Campylopterus curvipennis*, para el cual las barreras geográficas han promovido la diferenciación genética, morfológica y vocal entre linajes. Fotografía de Nataly Cruz.

particulares. Aunque hipotéticamente es posible que cualquier miembro de la especie se aparee con otro, en este caso los individuos tienden a aparearse con los de su propia área. Comparada con la especiación alopátrica, la especiación parapátrica ocurre en presencia de flujo genético entre las poblaciones. Sin embargo, la diferenciación y, finalmente, la especiación, ocurre si el efecto de la selección natural es más fuerte que el efecto del flujo genético de las poblaciones.

Finalmente, la especiación simpátrica (Figura 1c) ocurre en ausencia de barreras geográficas que impidan el apareamiento entre miembros de una especie y donde todos los individuos están en proximidad con otros. Se ha propuesto que lo que facilita la diferenciación entre los individuos, en este caso, es la especialización ecológica. Es decir, cuando en una población hay diferentes presiones que promueven que una población se adapte a dos características distintas, por ejemplo, a consumir semillas de distintos tamaños (ejemplo: individuos con picos grandes que pueden consumir semillas grandes e individuos de picos pequeños que pueden consumir semillas pequeñas), promoviendo gradualmente la diferenciación y finalmente la especiación. Este modelo de especiación ha sido debatido por décadas y se postula que unos pocos casos han ocurrido en las aves.

EL PAPEL DE LAS BARRERAS GEOGRÁFICAS

Las barreras geográficas, tales como montañas, ríos y valles juegan un papel muy importante en promover la formación de nuevas especies de aves a través de un modelo de especiación alopátrico. Un ejemplo es el caso del colibrí fandanguero (*Campylopterus curvipennis*), del que hay tres grandes poblaciones aisladas entre sí, las cuales se encuentran en la Sierra Madre Oriental, en la región de los Tuxtlas y en la Península de Yucatán (Figura 2). Mediante estudios genéticos, morfológicos y vocales, se ha documentado que estas tres poblaciones corresponden a distintos linajes genéticos separados por barreras geográficas (el Istmo de Tehuantepec y la planicie costera del Golfo de México), que se diferencian en morfología y cantos (González y cols., 2011). Los linajes de la Sierra Madre Oriental y los Tuxtlas están menos diferenciados entre sí que con respecto al de Yucatán. Mediante experimentos de reconocimiento vocal entre machos de los tres linajes, se encontró que los linajes menos diferenciados responden con mayor intensidad a sus cantos que con respecto al linaje más diferenciado, al que pueden no reconocer ya como un competidor potencial (Cruz-Yepez y cols., 2020). Esto sugiere que

estos linajes se encuentran en etapas tempranas del proceso de especiación.

EL PAPEL DE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS

Otro mecanismo de especiación que ha sido ampliamente estudiado es el efecto de las glaciaciones climáticas del Pleistoceno. Durante el Pleistoceno hubo diferentes periodos glaciales (llamados también eras de hielo) e interglaciares (como el que estamos viviendo actualmente), que han tenido el efecto de aislar y reconectar a las poblaciones de muchos organismos. Por ejemplo, en Norteamérica, durante los periodos glaciales del Pleistoceno, algunas poblaciones de distintas especies se extinguieron, otras migraron hacia el sur, pero otras sobrevivieron en refugios aislados. El aislamiento restringió el flujo genético entre poblaciones de algunas especies promoviendo la diferenciación o incluso la especiación. Un estudio genético que estimó el tiempo en el que ocurrieron diferentes eventos de divergencia en especies de aves de bosques boreales, sub-boreales (de Estados Unidos y tierras altas del noreste de México) y tierras bajas del Neotrópico (desde el sureste de México al sureste de Bolivia), sugiere que el hábitat se fragmentó hace aproximadamente 1.2 a 0.6 millones de años como resultado de la glaciación del Pleistoceno. Esto promovió la especiación de una gran parte de las aves del Nuevo Mundo (Weir y Schluter, 2004).

DIVERGENCIA ECOLÓGICA IMPULSADA POR LA SELECCIÓN NATURAL

Se ha estudiado también el papel que tiene el ambiente en la formación de nuevas especies a través de la divergencia ecológica, que consiste en el aislamiento reproductivo entre poblaciones que habitan ambientes distintos. Adaptarse a ambientes distintos puede cambiar algunos rasgos de los individuos (morfológicos, conductuales, fisiológicos, etc.). Estos cambios pueden influir en qué tan

exitosos son los individuos para sobrevivir y reproducirse en su ambiente particular. Aquellos que no logran adaptarse a su ambiente, simplemente tienen menos probabilidades de sobrevivir y reproducirse. Un ejemplo de divergencia ecológica que sigue un modelo parapátrico es el caso del trepatroncos picocuña (*Glyphorynchus spirurus*; Figura 3), una especie que pertenece a un grupo de aves que, al igual que los carpinteros, se alimentan principalmente de insectos que cazan en los troncos de los árboles. Al estudiar las poblaciones de esta especie a lo largo de un gradiente altitudinal en los Andes ecuatorianos, se documentó que existía una relación entre el hábitat y algunas características de la especie (Milá y cols., 2009). Encontraron que a mayor altitud había mayor cantidad de musgo en la corteza de los árboles en comparación con altitudes menores; además, a ambos lados de la cordillera, el número de árboles difería. Las aves que habitaban altitudes mayores tenían patas más



Figura 3. *Glyphorynchus spirurus*, un ejemplo de divergencia ecológica impulsada por la selección natural. Fotografía de Borja Milá.

largas para poderse sostener del musgo más abundante de la corteza de los árboles y de esta manera ser más efectivas en la búsqueda de alimento. Las que habitaban en lugares donde la densidad de árboles era más abundante, tenían las alas más cortas, para poder maniobrar de manera más efectiva en ese ambiente. Sus análisis revelaron que las poblaciones no solo eran diferentes morfológicamente, sino también genéticamente, lo que sugiere estados tempranos de especiación.

EL PAPEL DE LA SELECCIÓN SEXUAL EN LA ESPECIACIÓN

La selección sexual explica la evolución de caracteres sexuales secundarios en los machos (que no están directamente relacionados con la reproducción), como los ornamentos en el plumaje, el color de las plumas, así como los cortejos y cantos elaborados. Algunos ejemplos impresionantes en que la selección sexual ha sido muy importante son las aves del paraíso, los manakins y los gallitos de las rocas. Los machos de estas especies han desarrollado complejos y llamativos bailes de cortejo, así como exuberantes y dramáticos plumajes que les sirven para atraer a las hembras (Figura 4), que a su vez seleccionan al macho con las características más llamativas como un reflejo de su calidad. Pero, ¿cuál es la relación entre la selección sexual y la formación de nuevas especies?

Si en una población surge un macho con un rasgo diferente al resto, que además es más atractivo para las hembras, a través de las generaciones ese rasgo podrá volverse más común en la población, hasta llegar a ser dominante. Con el tiempo, las poblaciones con machos de rasgos diferentes pueden diferenciarse genéticamente y, eventualmente, formar especies distintas, ya que las hembras se reproducirán con los machos de su propia población. Esto mismo podría ocurrir también dentro de una misma población (especiación simpátrica).

Un ejemplo clásico del papel de la selección sexual en la especiación simpátrica es el caso de las aves del género *Vidua*, que se distribuye en África, comúnmente llamados “viudas” (Sorenson y cols., 2003). Estas aves ponen sus huevos (parasitan) en los nidos de diferentes especies de aves (hospederos) y los polluelos son criados por los padres hospederos como si fueran suyos. Los machos jóvenes aprenden el canto de su padre hospedero y lo incorporan a su repertorio vocal. Las hembras usan, al menos en parte, estas señales para elegir parejas (selección sexual) e, incluso, el nido que van a parasitar (Balakrishnan y Sorenson, 2006). Si bien el aprendizaje e imitación de los cantos les ha permitido seleccionar hospederos particulares, también promueve el rápido aislamiento entre poblaciones. Aunque es raro, algunas veces las hembras ponen sus huevos

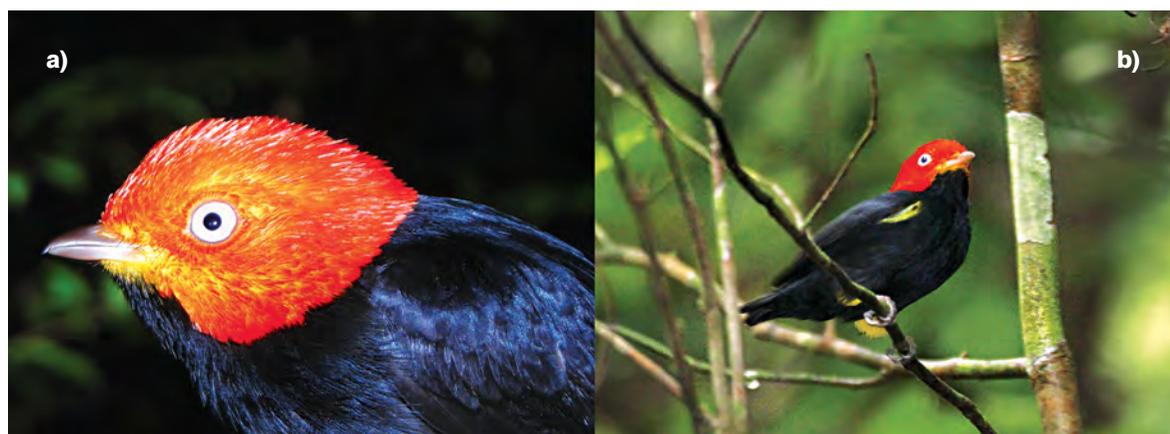


Figura 4. *Ceratopira mentalis* (a y b), comúnmente llamados manakins, ejemplo en que la selección sexual ha promovido la formación de nuevas especies. Fotografías de Clementina González (a) y Juan F. Escobar-Ibáñez (b).

en una nueva especie de hospedero y esto trae consecuencias interesantes. Si los polluelos sobreviven, los machos aprenderán el canto de la nueva especie y las hembras preferirán aparearse con los machos que imitan el canto de esta nueva especie. En una sola generación estarán reproductivamente aislados, promoviendo así la diferenciación entre individuos de una misma población que coinciden geográficamente.

En cualquier modelo de especiación es muy importante la evolución del aislamiento reproductivo. En aves, la divergencia en caracteres involucrados en la elección de pareja, tales como el canto o el plumaje, puede jugar un papel muy importante como barrera precopulatoria. Como consecuencia de la divergencia de estos caracteres, los individuos de distintas poblaciones pueden encontrarse, pero no reconocerse como parejas o competidores potenciales, lo cual puede conducir al aislamiento reproductivo y eventualmente a la especiación.

CONCLUSIÓN

Actualmente nos enfrentamos a un escenario de pérdida acelerada de biodiversidad. Estudiar y entender los diferentes factores que han promovido la especiación en aves y en cualquier otro grupo biológico es importante, ya que nos permite entender cómo se origina y mantiene la biodiversidad para proponer estrategias para conservarla. Es de particular interés entender de qué manera las presiones del ambiente afectan a las especies. En el caso de los trepatroncos, los científicos han podido detectar aquellos rasgos biológicos que han permitido la flexibilidad de adaptarse a condiciones ambientales distintas en un tiempo evolutivo relativamente corto. Algunas especies serán capaces de adaptarse a dichos cambios de manera exitosa, pero otras, menos afortunadas, se extinguirán rápidamente. Quizás estos estudios nos puedan dar pistas de lo que puede ocurrir en un futuro cambiante.

REFERENCIAS

- Balakrishnan CN and Sorenson MD (2006). Song discrimination suggests premating reproductive isolation among sympatric indigobirds species and host races. *Behav Ecol* 17(3):473-478.
- Cruz-Yepez N, González C and Ornelas JF (2020). Vocal recognition suggests premating isolation between lineages of lekking hummingbird. *Behav Ecol* 31(4):1046-1053.
- Dayrat B (2005). Towards integrative taxonomy. *Biol J Linn Soc* 85(3):407-415.
- González C, Ornelas JF and Gutiérrez-Rodríguez C (2011). Selection and geographical isolation influences hummingbird speciation: genetic, acoustic and morphological divergence in the wedge-tailed sabrewing (*Campylopterus curvipennis*). *BMC Evo Biol* 11:38.
- Milá B, Wayne RK and Smith TB (2009). Divergence with gene flow and fine-scale phylogeographical structure in the wedge-billed woodcreeper, *Glyphorhynchus spirurus*, a Neotropical rainforest bird. *Mol Ecol* 18(14):2979-2995.
- Sorenson MD, Sefc KM and Payne RB (2003). Speciation by host switch in brood parasitic indigobirds. *Nature* 424(6951):928-931.
- Weir JT and Schluter D (2004). Ice sheets promote speciation in boreal birds. *Proc Roy Soc of London B* 271(1551):1881-1887.

Andreia Malpica
Clementina González
Instituto de Investigaciones sobre
los Recursos Naturales
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
andrea.malpica@gmail.com
clementina.gonzalez@umich.mx



© Enrique Soto. Museo Sarmiento de la Historia de la Medicina, Budapest, 2008.