



Citar como:

Solórzano, S., y K. Oyama. 2002. El quetzal, una especie en peligro de extinción. CONABIO. Biodiversitas 45:1-6

AÑO 7 NÚM. 45 NOVIEMBRE D

Biodiversitas

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

EL QUETZAL

EXISTÍA LA PENA DE MUERTE para quien lo matara, sus plumas valían más que el oro; definida como el ave más bella del continente americano, el quetzal fue en la antigua cultura mesoamericana el símbolo de la fertilidad, de la abundancia y de la vida. Tanto en la cultura maya como en la mexicana, los adornos, los estandartes y los atuendos confeccionados con sus iridiscentes plumas eran símbolo de poder y riqueza. Para conseguirlos, los quetzales se capturaban vivos, se les arrancaban sus largas plumas, que crecerían después de su próxima muda, y eran dejados en libertad. En el comercio que prosperaba en Mesoamérica, las plumas de quetzal eran uno de los bienes más codiciados.

El interés de los conquistadores españoles por el oro, la plata, el jade y la obsidiana relegó en el olvido al quetzal. Durante siglos se consideró un ave fantástica. En 1796, José Mariano Mociño, miembro de la expedición botánica en Nueva España financiada por Carlos IV, colectó unos ejemplares en la Sierra Madre entre Chiapas y Guatemala. El quetzal salía de la leyenda para entrar en la realidad científica.



AD

EL QUETZAL, UNA ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

El quetzal (*Pharomachrus mocinno*) pertenece a la familia Trogonidae, aves que habitan en bosques tropicales y subtropicales de África (tres especies), América (26) y Asia (10), con excepción de *Euptilotis neoxenus*, cuya distribución llega hasta el sur del estado de Arizona (Sibley y Ahlquist, 1990). Los miembros de esta familia se consideran un grupo monofilético (Sibley y Monroe, 1990), es decir, que se derivan de una sola línea ancestral, que se originó en el Mioceno en los territorios actuales de África-Europa-Asia; América es un segundo sitio de diversificación (Espinoza de los Monteros, 1998). Todos los miembros de la familia comparten un tipo particular de morfología heterodáctila de las patas, con los dos primeros dedos hacia atrás y los otros dos hacia adelante, que no ha sido descrita para ningún otro taxón actual o del pasado (Sibley y Ahlquist, 1990). Trogonidae, que es la única familia del orden Trogoniformes, es un grupo de posición taxonómica incierta, ya que no están claras sus relaciones filogenéticas con otros grupos de aves (Sibley y Monroe, 1990). Estudios recientes han intentado esclarecer sus relaciones de parentesco con otras especies de aves analizando la variación mostrada por caracteres moleculares; sin embargo, los resultados obtenidos son divergentes (Sibley y Ahlquist,

1990; van Tuinen *et al.*, 2000; Espinoza de los Monteros, 2000). Los miembros actuales de Trogonidae se consideran entre las aves más llamativas del mundo debido a la iridiscencia de su plumaje. Las especies de esta familia presentan un marcado dimorfismo sexual: los machos lucen los colores más vistosos con tonalidades de rojo, rosa, anaranjado, amarillo y verde, y las hembras son de colores más opacos y pardos (Sibley y Ahlquist, 1990). El quetzal es uno de los representantes más fascinantes de la familia. El macho mide aproximadamente 35 centímetros de largo y las plumas cobertoras de la cola cerca de 90 centímetros. Su color iridiscente varía de acuerdo con la incidencia de la luz, desde el dorado hasta el azul y el verde esmeralda, contrastando con el rojo de su vientre. La hembra es de colores menos vistosos (gris-verde) y no presenta largas plumas.

Pharomachrus mocinno es una especie exclusiva de Mesamérica, que habita en los bosques de niebla del sureste de México hasta el noreste de Panamá (Fig. 1, pág. 4); las otras cuatro especies del género se encuentran en zonas boscosas de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Sibley y Monroe, 1990). Para *Pharomachrus mocinno* se reconocen dos subespecies: la norteaña (*P. m. mocinno*), que se encuentra desde el sureste de México hasta Ni-

caragua, y la sureña (*P. m. costaricensis*), que se distribuye en Costa Rica y en Panamá (Sibley y Monroe, 1990). Las poblaciones de estas subespecies están separadas geográficamente por el lago Nicaragua, cuya superficie de 8 624 km² representa una barrera que los quetzales no son capaces de cruzar, ya que, de acuerdo con datos obtenidos por radiotelemetría, un individuo de quetzal puede desplazarse en un vuelo único una distancia máxima de 30 km (L. Noble, datos no publ.).

¿Cómo explicar la distribución de las poblaciones actuales de quetzales? Para tratar de contestar esta pregunta se puede especular con dos procesos evolutivos: el de colonización y el de vicarianza (separación geográfica de las poblaciones). Si ocurrió un proceso de colonización, estando el lago Nicaragua presente, entonces los corredores de migración estuvieron representados por los bosques de las tierras bajas presentes en la parte oriental del lago. En este caso se puede suponer que los individuos colonizadores procedieron de la parte sur de la distribución (Panamá), ya que es en los bosques del norte de América del Sur, en donde actualmente está el mayor número de especies de este género. En cambio, si fue un proceso de vicarianza lo que explica la distribución actual se debe suponer que *Pharomachrus mocinno* ocupaba de ma-



Las plumas de la cola de un quetzal macho pueden llegar a medir hasta un metro de largo.

nera casi continua toda Mesoamérica. Esta distribución se fragmentó por el surgimiento de barreras geográficas como el lago de Nicaragua, cadenas montañosas o glaciaciones pleistocénicas que restringieron sus hábitats. Una manera de analizar estas hipótesis es rastreando cambios de caracteres moleculares a lo largo de la historia evolutiva de los linajes actuales (Avice, 2000). Sin embargo, también la fragmentación y la pérdida de hábitats reciente pueden haber modificado la estructura genética actual, que no pueden discernirse de los procesos históricos de colonización y vicarianza. Para contribuir a dilucidar parte de la evolución de los quetzales hemos estimado la variación de la secuencia llamada región control del ADN mitocondrial, con lo que hemos obtenido una separación de las dos subespecies, así como una estructuración geográfica de esa variación. Pretendemos al final de nuestro estudio establecer el haplotipo ancestral y las poblaciones más recientes de quetzales, que estamos suponiendo se encuentran en México.

Por ser una especie migratoria altitudinal, los quetzales usan a lo largo de su ciclo de vida diferentes tipos de hábitats que se encuentran a menores altitudes que los sitios de reproducción (Powell y Bjork, 1995). En la reproducción se han identificado las etapas de cortejo

(enero-febrero), empollamiento (febrero-mayo) y crianza de polluelos (marzo-junio) (Solórzano *et al.*, 2000), en las que participan los dos miembros de la pareja con igual esfuerzo reproductivo (Ávila y Hernández, 1990; Solórzano Lujano, 1995), lo cual lo cataloga como una especie con monogamia social. Al finalizar la reproducción, los quetzales inician la migración hacia ecosistemas de menor altitud, entre los 1 100 y 1 400 m. Estos desplazamientos pueden comenzar desde finales de mayo o junio a barcando apenas de uno a cinco días y conforme transcurre el tiempo estos desplazamientos abarcan más días hasta que finalmente los quetzales ya no regresan, por lo que se considera que en julio ya está establecida la migración (L. Noble, datos no publ., Solórzano *et al.*, 2000).

Los hábitats reproductivos de los quetzales están representados a lo largo de Mesoamérica por bosques muy húmedos nombrados como bosque mesófilo de montaña (Ávila y Hernández, 1990; Solórzano Lujano, 1995) o bosques de niebla (Ávila *et al.*, 1996; Solórzano *et al.*, 2000), que se encuentran entre 1 600 y 3 400 m de altitud (Stotz *et al.*, 1996). Sin embargo, estos términos resultan muy amplios ya que abarcan no sólo los hábitats reproductivos de los quetzales sino también algunos de migración (*e.g.* bosque

templado); por ello es más apropiado el término de bosque de niebla siempreverde (Solórzano *et al.*, en prep.). Estos bosques presentan una corta temporada de secas, se encuentran casi todo el año cubiertos por niebla, lo que favorece el desarrollo de especies higroscópicas (que absorben y exhalan humedad) de orquídeas, helechos y musgos. Los árboles dominantes son especies latifoliadas cuya altura varía entre 25 y 60 m. La composición de cada sitio de reproducción es variable pero se pueden encontrar descripciones de algunos de ellos en la comunidad descrita como *Quercus-Matudae-Hedyosmum-Dendropanax* en Long y Heath (1991), y bajo el nombre de *evergreen cloud forests* (bosque de niebla siempreverde) en Breedlove (1981).

La migración altitudinal ocurre de julio a diciembre hacia bosques templados de pino-encino-liquidámbar, pino-encino, selvas altas de montaña, bosques de encino y vegetación riparia, entre otros (Solórzano, 1995). A principio de la década de 1990 se realizaron estudios de telemetría con poblaciones de México, de Costa Rica y de Guatemala, lo que permitió conocer que los miembros de una pareja migran de manera independiente a sitios y en fechas diferentes, y que hay individuos que no migran, lo que aparentemente ocurre porque uno de los



Figura 1. Distribución actual de *Pharomachrus mocinno*. En verde se muestra la distribución según la literatura (Sibley y Ahlquist, 1990; Stotz *et al.*, 1996). Sin embargo, esta distribución no muestra un patrón continuo sino localizable en pequeños parches aislados geográficamente entre ellos (S. Sólorzano, obs. pers.).



padres permanece brindando cuidado parental al polluelo recién eclosionado (L. Noble, datos no publ.). Una vez que finaliza la migración, los quetzales retornan a sus territorios reproductivos en donde se reencontran con su pareja del año anterior y se reinicia así una nueva temporada reproductiva (L. Noble, datos no publ.; Solórzano Lujano, 1995). Wheelwright (1983) propuso que la causa de la migración altitudinal de los quetzales es la disminución de frutos de la familia Lauraceae (aguacatillos silvestres), ya que en Costa Rica 43% de las especies registradas en la alimentación del quetzal pertenecen a esta familia, mientras que por número de frutos contribuyen con 78% en la dieta de los polluelos. En México, Lauraceae contribuye con 38.5% de las 26

especies registradas en la dieta del quetzal (Solórzano *et al.*, 2000), mientras que el número de frutos es de 57% (Solórzano Lujano, 1995). Wheelwright (1983) consideró como una prueba adicional la coincidencia de la mayor abundancia de frutos con la temporada de reproducción de quetzales para sustentar su hipótesis. Esta hipótesis fue analizada en un sitio de anidación de México, cuyos resultados mostraron que no existe una relación significativa entre los cambios en la abundancia de frutos de lauráceas con los de quetzales, pero sí con la del total de frutos de las 26 especies registradas en la alimentación de los quetzales (Solórzano *et al.*, 2000). Estos resultados sugieren que aunque los frutos de lauráceas son los más numerosos en la dieta del quetzal, la contribu-

ción de los frutos de las restantes 15 familias es un punto clave en la dinámica de migración de la especie. Estudios futuros que complementen el análisis de la hipótesis de Wheelwright (1983) deben considerar además que el quetzal es una especie omnívora, ya que incluye en su dieta vertebrados pequeños tales como lagartijas y ranas, así como diversos grupos de invertebrados (insectos y moluscos) (Skutch, 1944; Wheelwright, 1983; Ávila y Hernández, 1990; Solórzano Lujano, 1995), que deberían ser incluidos en la evaluación del cambio total temporal del recurso alimentario.

Por otra parte, desde hace varias décadas se ha reconocido que el proceso de destrucción de los hábitats reproductivos de los quetzales podría tener efectos negativos so-

Las hembras, como en muchas otras especies de aves, es de colores menos vistosos y no presentan las largas plumas posteriores.



bre las poblaciones (Skutch, 1944). Recientemente, Solórzano *et al.*, (en prep.) analizaron los efectos de la pérdida de los hábitats reproductivos en el estado de Chiapas sobre la distribución actual de las poblaciones de quetzales. Este estudio encontró que en los últimos 30 años los bosques de niebla perennifolios perdieron 78% de su cobertura, lo que representó la extinción de 59% de los sitios de reproducción de los quetzales. Las tasas anuales de pérdida de estos bosques se encuentran entre las más altas estimadas para bosques tropicales (Cuarón, 2000; De Jong *et al.*, 2000). Esta pérdida y fragmentación de bosques ha representado para las poblaciones remanentes de quetzales el aislamiento geográfico, lo que puede significar a la vez su aislamiento genético.

Actualmente, la diversidad genética de la especie está representada por los individuos presentes en 21 bosques ubicados a lo largo de Mesoamérica (Fig. 1). Sin embargo, estos sitios no pueden ser considerados como poblaciones, ya que en la mayoría de ellos se ha registrado un bajo número de individuos. De estos 21 sitios sólo la Reserva de la Biosfera El Triunfo, México, la Sierra de las Minas, Guatemala, Panamá (S. Solórzano, obs. pers.) y algunos sitios de Costa Rica (Powell y Bjork, 1995) podrían contener al

menos 100 parejas reproductivas. Además se debe considerar que el número alto de individuos puede no reflejar diversidad genética ya que por ejemplo 10 individuos de la Reserva de la Biosfera El Triunfo presentan el mismo haplotipo. En cambio en nueve individuos de un mismo sitio de Panamá (*P. m. costaricensis*) se encontraron cuatro haplotipos. Estas diferencias pueden deberse a la diferencia de tamaño poblacional ya que en este último país se observa una abundancia tres veces mayor que en México.

Actualmente, en México *Pharomachrus mocinno* se encuentra catalogado como especie en peligro de extinción (Semarnat, 2002). A escala global está considerada como especie en bajo riesgo, argumentando que presenta una amplia distribución. Sin embargo, recomendamos reconsiderar esta clasificación ya que acuerdo con los estudios que hemos realizado sobre la supervivencia del quetzal está la grave amenaza de la pérdida de los hábitats a lo largo de Mesoamérica, así como un intenso tráfico ilegal. Los datos genéticos muestran que México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Panamá tienen haplotipos exclusivos y que entre ellos está restringido el flujo genético debido a que los hábitats son pequeñas islas inmersas en una matriz de potreros, cultivos y poblaciones humanas. Para

garantizar la persistencia de la especie a largo plazo se deben por tanto no sólo proteger los hábitats reproductivos, sino también los de migración que funcionen como corredores de vegetación, así como hacer más eficientes las leyes nacionales e internacionales de protección que eviten la extracción de quetzales de las poblaciones naturales. Sólo así podremos evitar que este maravilloso habitante de los bosques de niebla no salga de la realidad para quedar solamente en la leyenda.

*Laboratorio de Ecología Genética y Evolución Molecular. I. Ecología, UNAM, Campus Morelia.

Bibliografía

- Ávila, M.L. y V.H. Hernández. 1990. Contribución al conocimiento de la biología y la distribución del quetzal, *Pharomachrus mocinno* (Trogonidae: Aves) en la reserva El Triunfo, Chiapas, México. Tesis de licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Ávila, M.L., V.H. Obregón y E. Velarde. 1996. The diet of Resplendent Quetzal *Pharomachrus mocinno* (Trogonidae) in a Mexican cloud forest. *Biotropica* 28:720-727.
- Avise, J.C. 2000. *Phylogeography. The history and formation of species*. Harvard University Press, Cambridge.
- Breedlove, D.E. 1981. *Flora of Chiapas*. Part 1. California Academy Press, San Francisco.
- Cuarón, A.D. 2000. Effects of land-cover changes on mammals in a Neotropi-

Al compartir con su compañera (*derecha*) la incubación de los huevos y el cuidado de los polluelos, el macho (*abajo*) siempre mantiene sus largas plumas fuera del nido.



- cal region: A modeling approach. *Conservation Biology* 14:1676-1692.
- De Jong, B.H.J., S. Ochoa-Gaona, M.A. Castillo-Santiago, N. Ramírez-Marcial y M.A. Cairns. 2000. Carbon flux and patterns of land-use / land-cover change in the Selva Lacandona, Mexico. *Ambio* 29:504-511.
- Espinosa de los Monteros, A. 1998. Phylogenetic relationships among the trogons. *Auk* 115:937-954.
- Espinosa de los Monteros, A. 2000. Higher-level phylogeny of Trogoniformes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 14:20-34.
- Labastille, A., D.G. Allen y L.W. Durrel. 1972. Behavior and feather structure of the Quetzal. *Auk*. 89:339-348.
- Long, A. y M. Heath. 1991. Flora of El Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico: A preliminary floristic inventory and the plant communities of polygon I. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 62:133-172.
- Powell, V.N.G. y R. Bjork. 1995. Implications of intratropical migration reserve design: A case study using *Pharomachrus mocinno*. *Conservation Biology* 9:354-362.
- Semarnat [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2002. Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-2001. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo de 2002. México, D.F.
- Sibley, C. y B.L. Monroe Jr. 1990. *Distribution and taxonomy of birds of the world*. Yale University Press, New Haven.
- Sibley, C. y J.E. Ahlquist. 1990. *Phylogeny and classification of birds. A study in molecular evolution*. Yale University Press, New Haven.
- Skutch, A. 1944. Life history of Quetzal. *Condor* 46:213-235.
- Solórzano Lujano, S. 1995. Fenología de 22 especies arbóreas y su relación con la migración altitudinal del quetzal (*Pharomachrus mocinno* De la Llave, 1832), en la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México. Facultad de Ciencias (Biología), UNAM, México.
- Solórzano, S., S. Castillo, T. Valverde y M.L. Ávila. 2000. Quetzal abundance in relation to fruit availability in a cloud forest in Southeastern Mexico. *Biotropica* 32:523-532.
- Stotz D.F., J.W. Fitzpatrick, T.A. Parker III y D.K. Moscovits. 1996. *Neotropical birds. Ecology and conservation*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Van Tuinen, M., C.G. Sibley y S.B. Hedges. 2000. The early history of modern birds inferred from DNA sequences of nuclear and mitochondrial ribosomal genes. *Molecular Biology and Evolution* 17:451-457.
- Wheelwright, N.T. 1983. The ecology and behavior of Resplendent Quetzal. *The Auk* 100:286-301.