

ARTÍCULO ORIGINAL

## Palomas (Columbidae), pájaros carpinteros (Picidae) y colibríes (Trochilidae) como indicadores de sucesión en la selva baja de Dzilam, Yucatán, México

Jorge A. Navarro Alberto,<sup>1</sup> Jorge L. Leirana-Alcocer,<sup>\*1</sup> Silvia F. Hernández-Betancourt<sup>2</sup> y Leonardo L. Guerrero-González<sup>3</sup>

### Resumen

A pesar de que recientemente las selvas secundarias han aumentado su superficie mundial a costa de las primarias, el valor de las primeras para conservar la vida silvestre no está completamente entendido. En las selvas de Yucatán extensas zonas agropecuarias han sido abandonadas debido a la migración de los productores a las grandes ciudades, lo que ha permitido la regeneración de la vegetación. Esto representa una invaluable oportunidad para describir su efecto en poblaciones de aves con diferentes requerimientos ecológicos, en especial, en el área de influencia de una reserva natural. En este trabajo evaluamos las abundancias de tres familias de aves, dos que pueden ser consideradas indicadoras de la integridad de las selvas (Picidae y Trochilidae) y una como indicadora de antropización (Columbidae) en tierras agropecuarias abandonadas en la selva baja de Yucatán. Muestreamos a las aves durante 12 meses en parcelas agropecuarias con diferentes periodos de abandono: 1) 2 años o menos, 2) entre 2 y 5 años, 3) entre 5 y 10 años, y 4) más de 10 años. Todos los muestreos los realizamos con redes de niebla, en total fueron 1,440 horas/red por sitio. La abundancia de pícidos y troquílidos fue mayor en sitios con más de 10 años de abandono, mientras que los colúmbidos abundaron en los sitios de menos de 2 años. Sugerimos que la cantidad de pícidos y troquílidos puede funcionar como indicador de integridad del ecosistema, en tanto que la de los colúmbidos como indicador de sitios recientemente perturbados.

**Palabras clave:** Abandono de tierras agropecuarias, bosque secundario, abundancia de aves.

### Pigeons (Columbidae), woodpeckers (Picidae) and hummingbirds (Trochilidae) as indicators of succession in the tropical dry forest of Dzilam, Yucatan, Mexico

#### Abstract

Even though the world's primary forests continues to shrink, the conservation value of secondary forest for biodiversity conservation is poorly understood. In the Yucatán Peninsula, large agricultural areas are being abandoned due to the migration of farmers to the cities; this allows for the natural regeneration of the vegetation. This provides a unique opportunity for studying its effect on the populations of birds with different ecological requirements. In this work we document the changes in abundance of three bird families, two of which could be used as indicators of forest integrity (Picidae and Trochilidae) and one more that could be used as indicator of anthropogenic disturbance of the Yucatan tropical dry forest (Columbidae). We sampled birds for one year in agricultural fragments abandoned at different times: 1) 2 years or less prior to the study, 2) from 2 to 5 years, 3) from 5 to 10 years, and 4) more than 10 years. We conducted mist netting at each sampling point for a total of 1,440 hours/net, with the same effort invested in each site. Hummingbird and woodpecker abundances were highest at sites more than 10 years old, while pigeons were more abundant at sites less than 2 years old. Our results suggest that woodpecker and hummingbird abundances could be used as indicators of recovered ecosystems, while pigeon abundance as an indicator of recent disturbance.

**Keywords:** Agricultural abandonment, secondary forest, bird abundance.

**Recibido:** 30 de septiembre de 2014. **Aceptado:** 3 de julio de 2015

**Editor asociado:** Antonio Celis Murillo

<sup>1</sup> Cuerpo Académico de Ecología Tropical, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil Km 15.5, Mérida, Yucatán, 97000, México. Correo electrónico: \*jleirana@uady.mx.

<sup>2</sup> Cuerpo Académico de Bioecología Animal, Campus de Ciencias Bio-

lógicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil Km 15.5, Mérida, Yucatán, 97000, México.

<sup>3</sup> Niños y Crías, AC. Calle 72, No. 404-B, Centro, Mérida, Yucatán, 97000, México.

## Introducción

A pesar de que los acahuales o bosques secundarios han aumentado su superficie mundial aceleradamente en las décadas recientes, su valor para conservar la vida silvestre es poco conocido y es difícil predecir su importancia a largo plazo (Barlow *et al.* 2007). En este sentido, los paisajes con fragmentos de vegetación en diferente estado de sucesión ecológica ofrecen una oportunidad única para documentar el efecto de los cambios estructurales de la vegetación sobre las poblaciones de aves con diferentes requerimientos ecológicos y diversidad de tamaños corporales.

Ya se ha documentado que los acahuales y bosques secundarios en diversas etapas de regeneración pueden ser muy importantes para el mantenimiento de la biodiversidad y para amortiguar los efectos del paisaje antrópico sobre los bosques conservados (Blake y Loisille 2001, Barlow *et al.* 2007), pues proporcionan importantes servicios ecosistémicos y albergan una parte sustancial de la biodiversidad del planeta, incluyendo algunas especies endémicas y protegidas.

En Dzilam, al norte del estado de Yucatán, la vegetación nativa es la selva baja caducifolia, pero gran parte de su superficie ha sido convertida en parcelas agropecuarias en las que se introducen pastos exóticos o se inducen los nativos para generar praderas artificiales. Sin embargo, debido a las crisis que ha sufrido el campo, y a que el ambiente impide que la ganadería de bovinos sea rentable, muchos productores han migrado a las grandes ciudades del país y del extranjero en busca de un empleo mejor remunerado (Ayllón-Trujillo 2001). Esto ha provocado el abandono de sus tierras; permitido que comience el proceso de sucesión ecológica y que aumente la cobertura de árboles y arbustos conforme se acrecienta el abandono (Leirana-Alcocer *et al.* 2009). Estos cambios pueden afectar a la fauna, pues con la sucesión se modifica el hábitat y la disponibilidad de diversos recursos (Swift *et al.* 2008).

La existencia de una reserva estatal en esta zona (Parque Estatal de Dzilam) y los planes de desarrollar parques eólicos dentro de la misma genera la necesidad de encontrar indicadores de estado del ecosistema y de su respuesta a los impactos antrópicos. Las aves son buenas candidatas para evaluar los ecosistemas boscosos, ya que son vertebrados muy abundantes y diversos, con diferentes funciones tróficas y diversidad de tamaños corporales (Díaz *et al.* 2005); por tanto, la estructura de su comunidad y la composición de especies son buenos indicadores de las rutas de nutrientes y energía.

En este caso decidimos estudiar a los pícidos, familia de carpinteros, porque se ha reportado que su abundancia y riqueza se correlaciona positivamente con la densidad, altura y ex-

tensión de las áreas arboladas (Tobalske y Tobalske 1999, Mikusinski *et al.* 2001, Drever y Martin 2010), que son variables indicadoras de la integridad de los bosques. También incluimos a los colúmbidos, familia de las palomas, porque en su mayoría son granívoros y contienen especies que son muy abundantes en tierras cultivadas y urbanas (Chablé *et al.* 2007, Howell y Webb 1995), y son buenos candidatos como indicadores de la simplificación de la estructura de la vegetación. Finalmente los troquílidos, familia de colibríes, fueron elegidos porque se ha reportado que resisten cierto grado de modificación de las selvas (Stouffer y Bierregaard 1995), aunque su abundancia puede disminuir en bosques muy cerrados o áreas de praderas con escasez de árboles y arbustos (Magrach *et al.* 2011).

En este trabajo exploramos las diferencias en las abundancias de estas tres familias en parcelas de uso agropecuario con diferentes edades de abandono, en un área de vegetación original de selva baja caducifolia. Se esperaba que los pícidos alcanzaran su máxima abundancia en las parcelas con mayor tiempo de recuperación, en tanto que los colúmbidos lo hicieran en las parcelas de uso más reciente; asimismo, se esperaba que los troquílidos fueran más abundantes en las parcelas de edad intermedia.

## Métodos

Llevamos a cabo este estudio en la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán y sus alrededores (Figura 1). El clima es cálido subhúmedo (Orellana *et al.* 2003) con temperatura media de 26°C y con una precipitación promedio anual de 700 mm, la mayor parte de la cual cae en verano. La vegetación original es de selva baja caducifolia (Flores y Espejel 1995), aunque existen praderas inducidas para uso agropecuario y acahuales en avanzado estado de regeneración (Leirana-Alcocer *et al.* 2009).

El muestreo de las aves se llevó a cabo desde diciembre de 2004 hasta diciembre de 2005, en cuatro parcelas agropecuarias con diferente tiempo de abandono: 1) menos de 2 años,

**Cuadro 1.** Localización de las parcelas agropecuarias, con diferentes edades de abandono, en la selva baja caducifolia de Dzilam, Yucatán.

Categoría	Tiempo de abandono (años)	Longitud Oeste	Latitud Norte
1	0-2	88°53'59.6"	21°21'54.6"
2	2-5	88°54'15.9"	21°21'59.0"
3	5-10	88°55'18.6"	21°21'59.3"
4	>10	88°33'11.4"	21°27'18.0"

2) entre 2 y 5 años, 3) entre 5 y 10 años, y 4) más de 10 años. Las coordenadas geográficas de las parcelas se proporcionan en el Cuadro 1.

Los años de abandono fueron asignados por entrevistas a los habitantes de Dzilam, aunque se desconoce la exactitud de esta asignación, pues no existen documentos escritos. El análisis previo de la vegetación de los sitios de estudio demuestra que con los años de abandono aumentaron la riqueza, cobertura, altura y diámetro basal de los árboles, y disminuyó la cobertura del estrato herbáceo; el estrato arbustivo presenta su mayor densidad, riqueza y cobertura en los sitios de entre 5 y 10 años de abandono, disminuyendo ligeramente estos parámetros en los sitios con más de 10 años (Leirana-Alcocer *et al.* 2009).

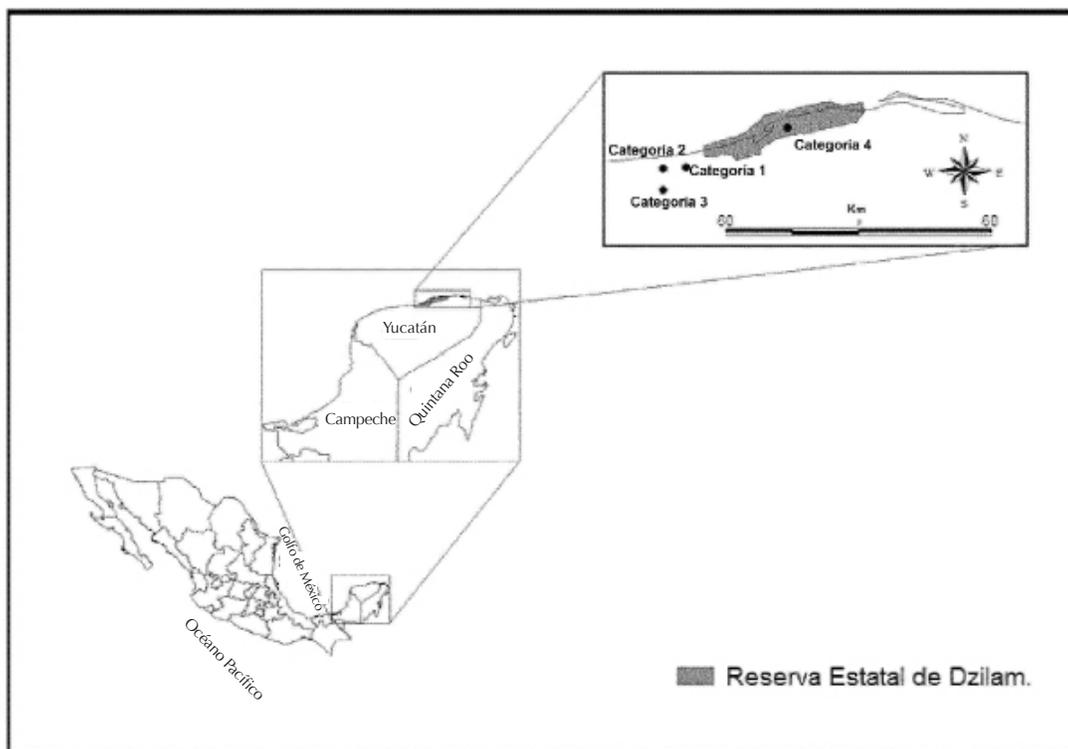
En cada parcela seleccionamos cinco puntos de muestreo con una distancia mínima de 250 m entre puntos y en cada punto desplegamos dos redes de niebla para la captura de aves. El muestreo de aves fue realizado por dos de los autores (LGG y SHB) durante 12 meses, por dos días al mes/parcela. Las redes permanecieron abiertas seis horas por día desde las 06:00 hasta las 12:00 h. El esfuerzo total de muestreo fue de 1,440 horas/red. Las aves fueron identificadas, pesadas, medidas, marcadas con anillas de diferente color según la fecha, y después liberadas.

Debido a que los colúmbidos fueron mucho más abun-

dantes que las otras dos familias (Cuadro 2), decidimos usar una prueba no paramétrica para comparar el comportamiento de cada familia en cada categoría de edad de la parcela sin sesgar los resultados. Para examinar si la proporción de individuos capturados de las tres familias eran diferentes en cada categoría de edad se aplicó un análisis de ji cuadrada para una tabla de contingencia de 4x3, las variables fueron el tiempo de abandono (con cuatro niveles) y la familia (con tres niveles). Cada punto de muestreo (cinco en cada parcela) se consideró como una pseudorréplica de los sitios. Debido a que sólo hubo seis recapturas de colúmbidos (4.8%) y cuatro de pícidos (7%), las recapturas fueron incluidas dentro del análisis como si fueran individuos independientes. Para el análisis utilizamos el paquete StatgraphicsPlus 5.1.

## Resultados

La especie más abundante en el estudio fue la tórtola coquita, *Columbina passerina*, con 98 individuos, seguida de dos especies de pájaros carpinteros *Melanerpes pygmaeus* con 27 individuos, y *M. aurifrons* con 25 individuos. La especie menos abundante fue el colibrí *Calothorax eliza* con un solo individuo (Cuadro 2).



**Figura 1.** Área de estudio. Cada sitio de muestreo pertenece a una parcela agropecuaria con diferente tiempo de abandono. Categoría 1: menos de 2 años; Categoría 2: entre 2 y 5 años; Categoría 3: entre 5 y 10 años, y Categoría 4: más de 10 años. La vegetación original de la zona es la selva baja caducifolia. El área sombreada muestra el Parque Estatal de Dzilam, Yucatán.

Basados en el análisis de ji cuadrada se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.0001$ , 6 g.l.) entre las frecuencias relativas de las familias en las diferentes edades de las parcelas.

El patrón de abundancia de los colúmbidos fue opuesto al de pícidos y troquílidos, pues mientras la primera familia fue disminuyendo su abundancia conforme aumentaba la edad de las parcelas, en las otras dos fue incrementándose y alcanzó su máximo valor en las parcelas de más de 10 años (Figura 2).

**Discusión**

Los resultados sugieren que la abundancia de pícidos y troquílidos es un buen indicador de los niveles de sucesión o integridad de la selva baja caducifolia de Dzilam, ya que cumplen con una serie de criterios deseables para este propósito. El primero es que su abundancia se correlaciona con otras variables que también indican integridad de ecosistemas boscosos (Margules y Sarkar 2009), como la densidad y el tamaño promedio de los árboles. Además de que las especies de estas familias son abundantes, su taxonomía no presenta grandes controversias y su identificación en el campo no es difícil para un profesional con experiencia (O’Connell *et al.* 2000).

Por el contrario, la abundancia de colúmbidos puede servir como indicador del grado de antropización de las parcelas, pues presenta una correlación negativa con las variables

indicadoras de sucesión de las selvas, además de que la bibliografía reporta que son comunes en áreas urbanas y cultivos (Howell y Webb 1995).

Los acahuals de mayor edad tienen un gran potencial para conservar una parte de la avifauna forestal de Dzilam, ya que proporcionan refugio, alimento y diversidad de recursos para gran variedad de especies. Es notorio, en este caso, el incremento de las abundancias de pícidos y troquílidos con el aumento de los años de abandono de tierras agropecuarias. Guerrero-González (2007) reporta que en estos mismos sitios aumentó la riqueza observada y la abundancia de todas las aves con los años de abandono de las parcelas, de manera que estas dos familias pueden servir de indicadoras del resto de la avifauna.

En este trabajo observamos que la abundancia de pícidos fue más alta en los sitios con más años de abandono (Figura 2, Cuadro 2), en los que los árboles alcanzaron mayores alturas y diámetro basal (Leirana-Alcocer *et al.* 2009). Esto coincide con lo observado en bosques de Europa, Norteamérica y Asia, en los que la abundancia de pícidos se relaciona con la altura, cobertura, densidad y diversidad de árboles (Drever *et al.* 2008), así como con la riqueza y presencia de todas las demás aves. Esto puede explicarse por la biología y conducta de muchas de las especies de esta familia que tienen una fuerte afini-

**Cuadro 2.** Muestreos mensuales, desde diciembre de 2004 hasta diciembre de 2005, de individuos capturados en sitios agropecuarios con diferentes edades de abandono de las especies de las tres familias de estudio en la selva baja caducifolia de Dzilam, Yucatán.

Familia y especie	>10 años	5-10 años	2-5 años	2 años o menos	Número de capturas por especie
<b>Trochilidae</b>					
<i>Amazilia rutila</i>	14	2	0	0	16
<i>Amazilia yucatanensis</i>	16	1	1	0	18
<i>Anthracothorax prevostii</i>	2	0	0	0	2
<i>Archilochus colubris</i>	5	2	7	1	15
<i>Calothorax eliza</i>	0	1	0	0	1
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	4	1	0	0	5
<b>Picidae</b>					
<i>Dryocopus lineatus</i>	1	0	0	0	1
<i>Melanerpes aurifrons</i>	15	5	1	4	25
<i>Melanerpes pygmaeus</i>	17	6	4	0	27
<i>Picoides scalaris</i>	1	0	0	0	1
<b>Columbidae</b>					
<i>Columbina passerina</i>	2	2	36	58	98
<i>Columbina talpacoti</i>	2	1	1	8	12
<i>Leptotila verreauxi</i>	3	5	0	1	9
<i>Zenaida asiatica</i>	2	1	2	0	5

dad por los bosques y presentan requerimientos muy específicos como la presencia y abundancia de árboles grandes y de árboles muertos en pie para poder anidar y buscar alimento (Mikusinski *et al.* 2001). Además, sus actividades de forrajeo y construcción de nidos generan estructuras que favorecen la presencia de otras familias de aves (Drever *et al.* 2008).

No obstante, las especies que se encuentran en las parcelas más antiguas de nuestra área de estudio no son necesariamente especialistas de bosques primarios totalmente regenerados, sino que son especies que combinan los ambientes arbolados y espacios abiertos o bordes de bosques. Por ejemplo, las especies de pícidos más abundantes en este estudio (Cuadro 2) han sido reportadas en bosques poco densos, e incluso en zonas urbanas con abundancia de árboles grandes (Howell y Webb 1995). Esto podría indicar que aun los fragmentos más antiguos de la selva de Dzilam están en una etapa de sucesión relativamente temprana.

La mayor captura de colibríes en los sitios más antiguos muestran tanto la disponibilidad de flores de las que se alimentan como sus pautas de movimiento, pues son organismos primordialmente nectarívoros (Proctor *et al.* 1996) que, por su talla pequeña, evitan volar en áreas con vegetación abierta (Hadley y Betts 2009) para reducir el riesgo de ser depredados.

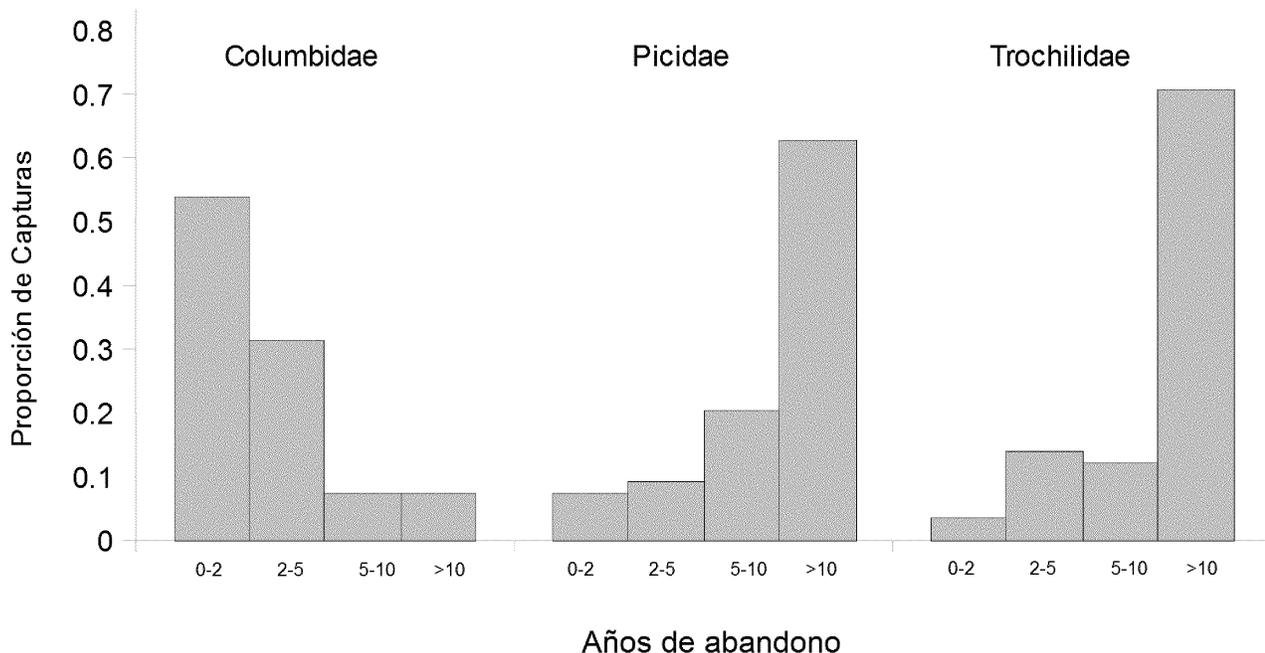
*Columbina passerina*, una especie granívora de la familia Columbidae, demostró una clara preferencia por los sitios con antropización *más reciente* (parcelas en categorías 1 y 2, Cuadro 2). Esto se debe a que esta especie es un ave que prefiere forrajear en áreas abiertas o con poca cobertura arbórea

de zonas pobladas o cultivadas tanto en localidades rurales como urbanas (Howell y Webb 1995, Chablé-Santos *et al.* 2007, Leirana-Alcocer *et al.* 2012). En otras regiones neotropicales también se observa que los cultivos recientes tienen gran abundancia de granívoros (Renner *et al.* 2006) debido a la dominancia en la vegetación de herbáceas y arbustos con una abundante producción de semillas pequeñas.

El aumento de la abundancia de colúmbidos en cultivos y zonas deforestadas contrasta con el comportamiento del resto de la avifauna pues, en general, se reduce la riqueza y abundancia de aves en sitios de uso reciente (Guerrero-González 2007); aunque está documentado que estos efectos suelen depender de la intensidad y extensión de la perturbación (Bojorges-Baños y López-Mata 2006).

En los bosques recientemente convertidos a tierras agrícolas generalmente disminuye la abundancia de insectívoros; por ejemplo, los especializados en buscar a sus presas entre la madera o el follaje del dosel, pero aumenta la de otras especies menos especializadas como los frugívoros/insectívoros y nectarívoros/insectívoros (Blake y Loiselle 2001, Zakaria *et al.* 2005).

En general, cuando las tierras agrícolas son abandonadas, se inicia la sucesión ecológica y se recuperan paulatinamente algunas características estructurales de la selva original, tales como mayor cobertura y riqueza de árboles (Walker y Del Moral 2003), la abundancia de árboles y ramas muertos, y el aumento en la complejidad estructural de la vegetación (Parkes *et al.* 2003), como se ha documentado en nuestra área de estudio (Leirana-Alcocer *et al.* 2009). Algunos elementos de la



**Figura 2.** Proporción de individuos de Columbigidae, Picidae y Trochilidae capturados en parcelas agropecuarias con diferentes tiempos de abandono en Dzilam, Yucatán, en donde la vegetación histórica original es de selva baja caducifolia.

fauna pueden retornar a las zonas regeneradas, dependiendo de la distancia de las fuentes para la recolonización (Putz *et al.* 2012). En selvas centroamericanas la diversidad y abundancia de aves, aunque no la composición específica, regresa a niveles predisturbio hasta 40 años después de que los cultivos se abandonan (Dunn 2004).

Los cambios en la composición y en los gremios tróficos de la comunidad tienen consecuencias funcionales que repercuten en el flujo de materia y energía en los ecosistemas. De igual manera, pueden tener efecto en el éxito reproductivo de las plantas, pues las aves están involucradas en funciones como la polinización, la dispersión de frutos y semillas, y en el control de poblaciones de insectos, los que a su vez cumplen con diversas funciones ecosistémicas. Sugerimos que en la reserva se lleve a cabo un programa de monitoreo de las abundancias poblacionales de diversos grupos taxonómicos, incluyendo, además de las aves, a otros vertebrados con alta abundancia, riqueza y diversidad de funciones ecológicas tales como roedores y murciélagos. De esta manera se podrá analizar de manera más efectiva el impacto de la perturbación antrópica en los ecosistemas naturales.

## Agradecimientos

Al Fondo Mixto Conacyt-Yucatán proyecto 2004-09-30/2005-12-15 "Las Aves como indicadoras de la pérdida de Biodiversidad en la Reserva de Dzilam". A los habitantes y autoridades de la reserva por su paciencia y generosidad. A los revisores anónimos y a los editores por sus valiosos comentarios a este manuscrito.

## Literatura citada

- Ayllón-Trujillo, M.T.A. 2001. Factores de los procesos migratorios de Yucatán. Editorial Tat. Madrid, España.
- Barlow, J., T.A. Gardner, I.S. Araujo, T.C. Ávila-Pires, A.B. Bonaldo, J.E. Costa, M.C. Esposito, L.V. Ferreira, J. Hawes, M.I.M. Hernández, M.S. Hoogmoed, R.N. Leite, N.F. Loman-Hung, J.R. Malcolm, M.B. Martins, L.A.M. Mestre, R. Miranda-Santos, A.L. Nunes-Gutjahr, W.L. Overal, L. Parry, S.L. Peters, M.A. Ribeiro-Junior, M.N.F. da Silva, C. da Silva Motta y C.A. Peres. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 18555-18560.
- Blake, J.G. y B.A. Loisille. 2001. Bird assemblages in second-growth and old-growth forests, Costa Rica: perspectives from mist Nets and point counts. *The Auk* 118: 304-326.
- Bojorges-Baños, J.C. y L. López-Mata. 2006. Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana del centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 235-249.
- Chablé-Santos, J., E. Gómez-Uc, y R. Pasos-Enríquez. 2007. Aves comunes del sur de Yucatán. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
- Díaz, I.A., J.J. Armesto, S. Reid, K. Sieving, y M.F. Willson. 2005. Linking forest structure and composition: avian diversity in successional forests of Chiloé Island, Chile. *Biological Conservation* 123: 91-101.
- Drever, M.C., K.E.H. Aitken, A.R. Norris, y K. Martin. 2008. Woodpeckers as reliable indicators of bird richness, forest health and harvest. *Biological conservation* 141: 624-634.
- Drever, M.C. y K. Martin. 2010. Response of woodpeckers to changes in forest health and harvest: Implications for conservation of avian biodiversity. *Forest ecology and management* 259: 958-966.
- Dunn, R.R. 2004. Recovery of faunal communities during tropical forest regeneration. *Conservation Biology* 18: 302-309.
- Flores, J.S., y I. Espejel. 1995. Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, Colección Etnoflora Yucatanense. Mérida, Yucatán, México.
- Guerrero-González, L. 2007. "Diversidad de aves y su potencial como grupo indicador en la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán, México". Tesis de maestría en manejo y conservación de recursos naturales tropicales. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Hadley, A. y M.G. Betts. 2009. Tropical deforestation alters hummingbird movement patterns. *Biology Letters* 5: 207-210.
- Howell, S.N.G., y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press. Boston, Mass., EUA.
- Leirana-Alcocer, J.L., S. Hernández-Betancourt, L. Salinas-Peba y L. Guerrero-González. 2009. Cambios en la estructura y composición de la vegetación relacionados con los años de abandono de tierras agropecuarias en la Selva Baja Caducifolia Espinosa de la Reserva de Dzilam de Yucatán. *Polibotánica* 27: 53-70.
- Leirana-Alcocer, J., S. Hernández-Betancourt y L. Guerrero-González. 2012. Factores que afectan el peso promedio de la tórtola coquita o mucuy (*Columbina passerina*) en la reserva de Dzilam, Yucatán. *Huitzil* 13:47-53.

- Magrach, A., A.R. Larrinaga y L. Santamaría. 2011. Changes in patch features may exacerbate or compensate for the effect of habitat loss on forest bird populations. *Public Library of Science PLoS ONE* 6: e21596.
- Margules, C.R. y S. Sarkar. 2009. Planeación sistemática de la conservación. Conabio. México, D.F.
- Mikusinski, G., M. Gromadzki y P. Chylarecki. 2001. Woodpeckers as Indicators of Forest Bird Diversity. *Conservation biology* 15:208-217.
- O'Connell, T., L. Jackson y R.P. Brooks. 2000. Bird guilds as indicators of ecological condition in the central Appalachians. *Ecological Applications* 10: 1706-1721.
- Orellana, R., G. Islebe y C. Espadas-Manrique. 2003. Presente, pasado y futuro de los climas de la Península de Yucatán. pp. 37-52. *In*: P. Colunga-Marín y A. Laarqué-Saavedra. (eds). *Naturaleza y sociedad en el área Maya*. Ediciones del CICY- Academia Mexicana de las Ciencias. Mérida, Yucatán, México.
- Parkes, D., G. Newell, y D. Cheal. 2003. Assessing the quality of native vegetation, the "habitat hectares" approach. *Ecological Management and Restoration* 4 (Suplemento): 29-38.
- Proctor, M., P. Yeo y A. Lack. 1996. *The natural history of pollination*. Harper Collins. Londres, Reino Unido.
- Putz, F.E., P. Zuidema, T. Synnott, M. Peña-Claros, M. Pinard, D. Sheil, J. Vanclay, P. Sist, S. Gourlet-Fleury, y B. Griscom. 2012. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conservation Letters* 0: 1-8.
- Renner, S., M. Waltert, y M. Mühlenberg. 2006. Comparison of bird communities in primary vs. young secondary tropical montane cloud forest in Guatemala. *Biodiversity and Conservation* 15:1545-1575.
- Stouffer, P.C. y R.O. Bierregaard. 1995. Effects of forest fragmentation on understory hummingbirds in Amazonian Brazil. *Conservation Biology* 9: 1085-1094.
- Swift, M.J., D.E. Bignell, F.M.S. Moreira y J. Huising. 2008. The inventory of soil biological diversity: concepts and general guidelines. Pp 1-16. *En*: F.M.S. Moreira, J. Huising y D.E. Bignell (Eds). *A handbook of tropical soil biology: sampling and characterization of below-ground biodiversity*. Earthscan. Londres, Reino Unido.
- Tobalske, C. y B.W. Tobalske. 1999. Using atlas data to model the distribution of woodpecker species in the Jura, France. *Condor* 101: 472-483.
- Walker, L.R y R. Del Moral. 2003. *Primary succession and ecosystem rehabilitation*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Zakaria, M., P.C., Leong y M.E. Yuzhuf. 2005. Comparison of bird species composition in three forest types: toward using birds as an indicator of forest ecosystem health. *Journal of biological sciences* 5: 734-737.



Sociedad para el Estudio y Conservación  
de las Aves en México, A.C.