



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Disponibilidad de los recursos de anidamiento para aves  
adoptadoras de cavidades en un bosque tropical seco del  
centro de México.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A :**

**Jannete Medina Estrada**

**DIRECTOR DE TESIS:  
Dr. Leopoldo D. Vázquez Reyes**

**CIUDAD DE MÉXICO, 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Contenido

Resumen .....	3
Introducción.....	5
MÉTODOS .....	10
Zona de estudio .....	10
Localización de las áreas para muestreo.....	10
Evaluación de la disponibilidad de cavidades .....	13
ANÁLISIS DE DATOS .....	16
RESULTADOS.....	17
Densidad de cavidades por tipo de hábitat .....	17
Comparación de las características de cavidades por tipo de hábitat .....	18
Recursos de anidamiento por tipo de hábitat y talla de las aves .....	19
Distribución de las cavidades por tipo de hábitat y especie vegetal .....	20
Discusión .....	22
LITERATURA CITADA .....	27

## Resumen

La disponibilidad de cavidades puede ser un factor limitante para las poblaciones del bosque tropical seco del Occidente y Centro de México es un ecosistema forestal constituido por una matriz espacialmente heterogénea. Las laderas y colinas que constituyen la mayor parte de su superficie están dominadas por bosque tropical caducifolio; mientras que las barrancas y pequeños valles, que representan una fracción de su superficie, están cubiertas por bosque tropical subcaducifolio. En este ecosistema, los recursos de anidamiento para aves adoptadoras de cavidades se asocian con áreas del bosque subcaducifolio, donde los árboles son de mayor tamaño, y las cavidades son más grandes y abundantes que en el bosque caducifolio. Por lo tanto, la disponibilidad de recursos podría ser una limitante para las aves de mayor tamaño corporal. El objetivo de este trabajo fue evaluar la disponibilidad de cavidades como recursos potenciales de anidamiento para el ensamble de aves adoptadoras de cavidades en el bosque tropical seco del Alto Balsas de Guerrero. Para ello, estimamos la densidad de cavidades en el bosque caducifolio y subcaducifolio, considerando cinco transectos de 0.2 Ha por cada tipo de hábitat. En cada transecto se evaluó la cantidad total de árboles con cavidades, registrando su diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura sobre el suelo de la cavidad, el ancho de su entrada, profundidad y la especie del árbol. No encontramos diferencias significativas en la densidad de cavidades entre tipos de hábitat. Sin embargo, las cavidades del bosque subcaducifolio tuvieron entradas más anchas y se ubicaron en árboles de mayor DAP y altura que las cavidades del bosque caducifolio. Al comparar la medida del ancho corporal de las aves adoptadoras de cavidades en la región con el ancho de entrada, solamente las cavidades del bosque subcaducifolio podrían ser usadas por las aves de mayor tamaño corporal, como la guacamaya *Ara militaris*, y los búhos *Strix virgata* y *Megascops seductus*. Dado que la extensión de bosque subcaducifolio representa menos del 10%

de la matriz forestal del bosque tropical seco, la disponibilidad de cavidades de mayor tamaño puede ser un limitante para las aves adoptadoras de mayor talla en la región.

**Palabras clave:** Neotrópico; Recursos de anidamiento; Anidadores secundarios de cavidad;  
Cavidades de árboles

## **Introducción**

Aproximadamente el 39% de las aves terrestres dependen de cavidades en árboles para anidar y reproducirse (Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego 2006). Entre ellas, los pájaros carpinteros pueden perforar los árboles y generar sus propias cavidades en la madera, por lo que son llamadas “*excavadoras*”, y no dependen de los recursos disponibles en el hábitat. Estas aves juegan un papel importante porque generan cavidades que representan recursos para otros organismos (Şekercioğlu et al. 2016). En contraste, las aves que usan cavidades para anidar, pero no son capaces de excavarlas, se conocen como “*adoptadoras*”. Estas aves, entre ellos muchos psitácidos y strígidos (Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego 2006), dependen de las cavidades disponibles, ya sea excavadas por los carpinteros, o formadas por el decaimiento natural de los árboles (Newton 1994; Cornelius et al. 2008).

No todas las cavidades existentes en el hábitat forestal son apropiadas para el anidamiento de las aves. Las cavidades para anidar son seleccionadas cuando sus características favorecen la exclusión de depredadores y proveen un microhábitat apropiado para el desarrollo de las crías (Newton 1994). Dado que las cavidades con ancho de entrada, altura sobre el suelo y profundidad apropiados tienden a ser poco abundantes, su disponibilidad puede resultar un factor limitante para las poblaciones de aves (Newton 1994). Como consecuencia, las aves adoptadoras de cavidades son más vulnerables ante la pérdida de hábitat y recursos de anidamiento que el resto de las aves (van der Hoek et al. 2017).

La disponibilidad de cavidades depende de diversos factores, como presencia de especies de árboles propensos a formar cavidades, el tamaño y edad de dichos árboles, las condiciones ambientales de humedad y temperatura, así como la actividad de microorganismos descomponedores de madera, insectos y aves excavadoras (Cornelius et al. 2008).

Particularmente en los bosques tropicales, la mayor parte de las cavidades en árboles son

originadas por el decaimiento de la madera, rompimiento de ramas, e infecciones por hongos o plagas de insectos (Gibbs et al. 1993; Cockle et al. 2011). Además, las condiciones de elevada humedad y temperatura de estos bosques aceleran la descomposición de la madera, favoreciendo la formación de cavidades, pero reduciendo su tiempo de vida útil. Esto significa que, aunque pueden ser abundantes, los recursos de anidamiento están disponibles por poco tiempo (Cornelius et al. 2008; Cockle et al. 2011). La actividad excavadora de los pájaros carpinteros (familia Picidae), que funcionan como ingenieros ecosistémicos también es importante (Şekercioğlu et al. 2016), aunque en los bosques tropicales la riqueza específica de estas aves es baja con relación a la riqueza de aves adoptadoras. Esto sugiere que su importancia en la provisión de cavidades es menor, en comparación con las cavidades formadas por decaimiento de madera (Sandoval y Barrantes 2006; Cornelius et al. 2008; Cockle et al. 2011).

El bosque tropical seco del centro de México es un ecosistema con una elevada heterogeneidad espacial debido a la composición florística y estructura de la vegetación (Trejo y Dirzo 2002). El tipo de vegetación dominante en la mayor área es el bosque tropical caducifolio, que cubre la mayoría de las laderas montañosas, mientras que el bosque subcaducifolio se restringe a las barrancas con mayor humedad ambiental que permite el crecimiento de árboles más grandes (Trejo y Dirzo 2002; Rzedowski 2006; Bezaury 2010). En particular, la heterogeneidad del hábitat puede impulsar a que los recursos de anidamiento se distribuyan de forma agregada en tipos de vegetación específicos. En el Occidente Mexicano, por ejemplo, árboles del bosque subcaducifolio pertenecientes a los géneros *Piranhea*, *Astronium* y *Brosimum* concentran el 80% de las cavidades de anidamiento en menos del 14% del hábitat disponible (Vázquez y Renton 2015). La concentración de recursos de anidamiento en la reducida superficie del bosque subcaducifolio trae como consecuencia que la pérdida de este hábitat sea una severa

amenaza para la conservación de las aves adoptadoras de cavidades (Salinas- Melgoza et al. 2009; Cockle et al. 2011).

Los bosques tropicales son el hábitat de una notable diversidad de aves adoptadoras de cavidades, constituyendo hasta el 21% de su diversidad taxonómica (Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego 2006; Cockle et al. 2011). Particularmente, la porción oriental de la cuenca Balsas, también llamada Alto Balsas, es un área de importancia global para la conservación de las aves (Vázquez-Reyes et al. 2018) y alberga una considerable riqueza de especies que anidan en cavidades. De las más de 150 especies registradas en los bosques tropicales de la región, 22 usan cavidades para anidar y 11 son adoptadoras obligadas de cavidades (Tabla 1). Particularmente, las familias Strigidae y Psittacidae incluyen especies que, debido a su talla corporal, podrían estar restringidas a usar las cavidades de mayor tamaño dentro del bosque subcaducifolio (Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego 2006). Entre ellas, destacan el Tecolote del Balsas (*Megascops seductus*), endémica de México de distribución restringida en la cuenca del río Balsas; y la Guacamaya verde (*Ara militaris*), amenazada a nivel global (Berlanga et al., 2010, IUCN 2021).

Desafortunadamente, el trópico seco del Alto Balsas está amenazado por la pérdida de hábitat debido al desarrollo de actividades humanas, alcanzando tasas de deforestación cercanas al 4% anual (Dirzo et al. 2011). Como consecuencia, tanto la riqueza taxonómica como la identidad biogeográfica de su biodiversidad está en riesgo (Vázquez-Reyes et al. 2017; 2018). Además, el bosque subcaducifolio sufre impactos específicos pues las áreas donde se desarrolla este tipo de hábitat son usadas para el desarrollo de actividades agrícolas, debido a su alta humedad ambiental (Sánchez-Colón et al. 2009). Además, algunas de sus especies arbóreas distintivas, como las parotas (*Enterolobium cyclocarpum*) son aprovechadas para extracción de madera como materia prima (Pennington y Sarukhán 2005). Como consecuencia, la reducida

proporción de cobertura forestal del bosque subcaducifolio y los recursos específicos que alberga para las aves, se encuentran severamente amenazados (Salinas-Melgoza et al. 2009; Vázquez y Renton 2015).

El objetivo de este trabajo es analizar la disponibilidad de recursos de anidamiento para aves adoptadoras de cavidades en la matriz forestal del bosque tropical seco del Alto Balsas de Guerrero. Dado que el bosque tropical seco tiene condiciones que favorecen la agregación espacial de cavidades adecuadas, nuestra hipótesis es que la disponibilidad de cavidades útiles como recursos de anidamiento es mayor en el bosque subcaducifolio donde los árboles de mayor tamaño pueden favorecer la formación de cavidades apropiadas para las aves de mayor tamaño corporal. Para evaluar nuestra hipótesis, comparamos la densidad y las características de las cavidades, considerando áreas conservadas de bosque caducifolio y subcaducifolio en la zona de estudio. Con este trabajo, buscamos destacar la importancia del bosque subcaducifolio como un hábitat prioritario para provisión de recursos de anidamiento para las aves en el Trópico Seco del centro de México (Salinas-Melgoza et al. 2009; Renton et al. 2018).

**Tabla 1.** Aves que anidan en cavidades en el bosque caducifolio y subcaducifolio del Alto Balsas de Guerrero. Se indica con un 1 a las especies adoptadoras obligadas; con un 2 a las especies adoptadoras facultativas; y con un 3 a las especies excavadoras. Las especies con ancho corporal mayor al promedio del ancho de entrada de las cavidades en el bosque caducifolio se indican con un \*. Las especies endémicas se indican con un •. La tabla se ordena de acuerdo con los criterios de la IOC v11.1 (Donsker & Rasmussen 2021).

Orden	Familia	Especie	Ancho corporal (cm)	Endemismo y categoría de riesgo
Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i> <sup>2</sup>	*9.58	LC
Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i> <sup>2</sup>	*10.76	LC
	Strigidae	<i>Megascops seductus</i> <sup>1</sup>	*7.72	NT•
		<i>Bubo virginianus</i> <sup>2</sup>	*14.74	LC
		<i>Strix virgata</i> <sup>1</sup>	*9.84	LC
		<i>Glaucidium palmarum</i> <sup>1</sup>	5	LC•
		<i>Glaucidium brasilianum</i> <sup>1</sup>	4.5	LC
		<i>Micrathene whitneyi</i> <sup>1</sup>	4.58	LC
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon elegans</i> <sup>1</sup>	5.7	LC
Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i> <sup>2</sup>	*12.3	LC
		<i>Herpetotheres cachinnans</i> <sup>2</sup>	*11.5	LC
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Ara militaris</i> <sup>1</sup>	*12.2	VU
Piciformes	Picidae	<i>Dryobates scalaris</i> <sup>3</sup>	3.44	LC
		<i>Melanerpes chrysogenys</i> <sup>3</sup>	4.94	LC•
		<i>Melanerpes hypopolius</i> <sup>3</sup>	4.7	LC•
		<i>Campephilus guatemalensis</i> <sup>3</sup>	6.7	LC
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i> <sup>2</sup>	3.42	LC
		<i>Myiarchus tuberculifer</i> <sup>1</sup>	3.68	LC
		<i>Myiarchus nuttingi</i> <sup>1</sup>	4	LC
		<i>Myiarchus tyrannulus</i> <sup>1</sup>	4.4	LC
	Corvidae	<i>Corvus corax</i> <sup>2</sup>	*12.6	LC
	Hirundinidae	<i>Tachycineta thalassina</i> <sup>1</sup>	3.84	LC

## **MÉTODOS**

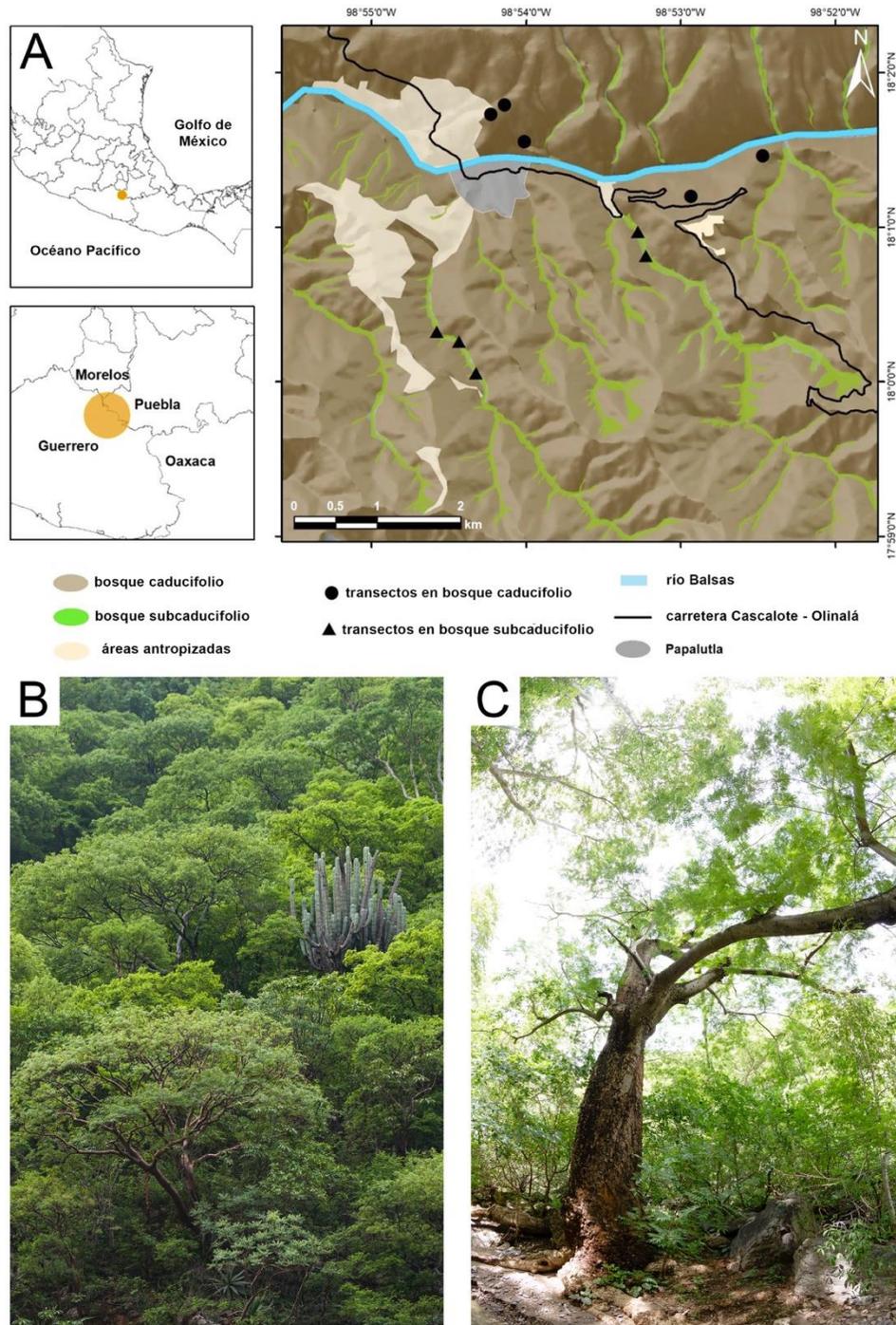
### **Zona de estudio**

La zona de estudio se localiza en México al noreste del estado de Guerrero, en el área limítrofe de los municipios de Copalillo y Olinalá. Las coordenadas centrales aproximadas de la zona de estudio son 18° 01' N, 98° 53' O (Figura 1). La zona tiene un intervalo altitudinal que inicia en los 650 msnm, en la ribera del río Balsas, y llega a los 1950 msnm en las áreas más elevadas. El clima es cálido semiseco con lluvias en verano (Aw), con una precipitación aproximada de 780 mm anuales (Meza y López 1997). Este trabajo se enfocó específicamente en el hábitat tropical de tierras bajas, entre 650 y 1400 msnm. Los tipos de vegetación dominantes en ese intervalo altitudinal son bosque tropical caducifolio, en las laderas y lomeríos; así como bosque tropical subcaducifolio, dentro de las barrancas, valles con mayor humedad, cañadas y cursos pluviales. Por arriba de los 1400 msnm, la vegetación incluye bosques de encino, que constituyen elementos florísticos de afinidad Neártica (Martínez et al. 1997). El bosque tropical caducifolio se caracteriza por una importante diversidad de árboles de *Bursera* spp., *Lysiloma* spp., además de elementos florísticos como el coco (*Cyrtocarpa procera*), algodóncillo (*Ceiba aesculifolia*), y cactáceas como el candelabro (*Pachycereus weberi*). La vegetación es bosque tropical subcaducifolio, cuyo estrato arbóreo está caracterizado por árboles como *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus petiolaris* y *Lonchocarpus* spp. (Martínez et al. 1997).

### **Localización de las áreas para muestreo**

Para estimar la disponibilidad de cavidades en el bosque tropical seco, se consideraron áreas conservadas de bosque caducifolio y bosque subcaducifolio dentro del área de estudio. Definimos conservadas a aquellas áreas de bosque donde la cobertura vegetal original permanece sin cambios, y la actividad humana se limita al tránsito eventual de personas (Vázquez-Reyes et al.

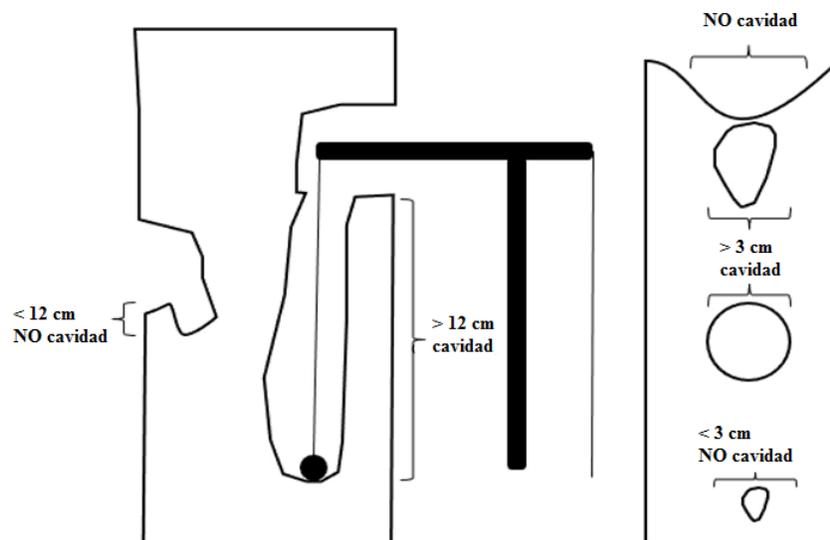
2017). La localización de las áreas para muestreo fue definida a partir de la composición florística y la distribución espacial de la vegetación. Enfocamos el muestreo para describir los patrones de abundancia de recursos para las aves adoptadoras de cavidades en el contexto forestal, por lo tanto, excluimos del muestreo áreas antropizadas. Como apoyo se usaron imágenes satelitales de Google Earth, que permiten distinguir las áreas del bosque caducifolio y del bosque subcaducifolio, que conserva follaje verde durante el estiaje. Basados en estas imágenes de Google Earth con fecha del 28 de diciembre de 2016 época de secas, se trazaron polígonos en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para calcular el área aproximada que representa cada tipo de hábitat en la zona de estudio. Se muestrearon cinco transectos de 100x20 m por tipo de hábitat, manteniendo una distancia entre transectos contiguos siempre mayor a 100 m. De esta forma, se considera un área de 1 Ha por tipo de hábitat, y se totalizan 2 Ha de superficie muestreada (Figura 1). La localización y dimensiones de los transectos fueron definidos con apoyo de cintas métricas, cinta flagging y equipos GPS.



**Figura 1.** Zona de estudio en el Bosque Tropical Seco del Alto Balsas de Guerrero. A) Localización de la zona en el centro occidente de México, indicando la localización de los transectos. B) Aspecto del bosque caducifolio, mostrando algunos de los elementos florísticos dominantes (*Bursera* spp., *Lysiloma* spp. y *Pachycereus weberi*). C) Bosque subcaducifolio, mostrando la dominancia de los árboles de *Enterolobium cyclocarpum*.

## Evaluación de la disponibilidad de cavidades

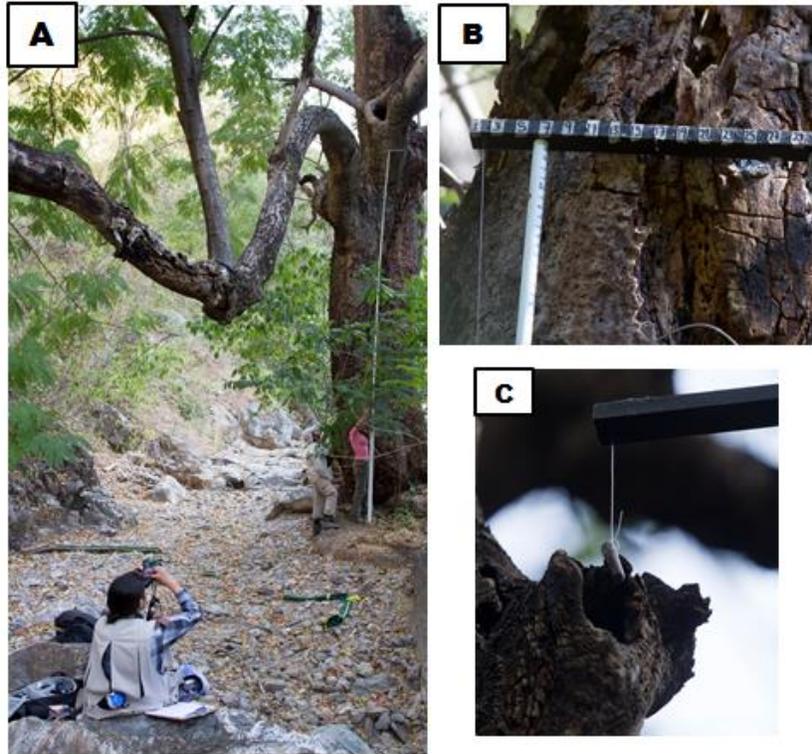
Los transectos fueron muestreados mediante búsqueda intensiva en salidas al campo con fecha del 9 al 12 de septiembre del 2017 en la temporada de lluvias y del 25 al 26 de noviembre del 2017 en temporada de estiaje. Esta temporalidad contempla que la temporada de reproducción de aves no esta activa (febrero a junio aproximadamente), por lo que se evitaron posibles perturbaciones en el proceso de reproducción de las especies. Se revisaron todos los árboles dentro de los transectos en busca de cavidades, usando binoculares 10x40. Se consideraron como cavidades a los huecos en los árboles que tuvieron, ancho de entrada  $> 3$  cm y profundidad  $> 12$  cm (Vázquez y Renton 2015, figura 2). Para cada cavidad, se midió la altura sobre el suelo, el ancho de su entrada, su profundidad y el diámetro del soporte donde se encontró. En el caso de los huecos con más de una entrada, se registraron los datos de la abertura de mayor tamaño, ya que esta dimensión determina si un organismo puede entrar o es excluido (Vázquez y Renton 2015).



**Figura 2.** Criterios considerados para definir una cavidad. Se considerarán como cavidad solo los huecos en los árboles con aberturas de más de 3 cm de ancho y más de 12 cm de profundidad y que tengan paredes y fondos cerrados.

Las cavidades fueron categorizadas de acuerdo con su origen, como excavadas por aves, o producto del decaimiento. Las cavidades excavadas se distinguen con facilidad debido a su forma redonda simétrica, mientras que las cavidades no excavadas tienen formas irregulares (Vázquez y Renton 2015). Las cavidades con alturas menores a 4 m fueron medidas con ayuda de una escalera y cinta métrica. Para medir la entrada y el diámetro del soporte de las cavidades a alturas mayores a 4 m, se utilizó un tubo de medición de árboles extensible de 15 m, al cual se fijó una regla transversal de polímero nylon rígido graduada en cm. Para medir la profundidad de las cavidades, se montó un carrete con hilo nylon sosteniendo un plomo redondo a la regla de polímero de nylon. El plomo se deslizó con suavidad al interior de las cavidades para evitar dañar a algún organismo ocupante. La longitud recorrida por el hilo nylon fue medida en la base del tubo de medición, representando la profundidad de la cavidad. En los casos en donde fue posible, se registraron datos de la presencia y tipos de organismos ocupando las cavidades. Para cada individuo vegetal soportando cavidades, se registró el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total y el número de cavidades que sostenía (Figura 3).

Para evaluar la densidad de cavidades entre tipos de vegetación, se hicieron comparaciones de las cavidades totales y cavidades adecuadas para aves, por otra parte, se compararon las cavidades excavadas y cavidades formadas por decaimiento. Calculamos el cociente del número de cavidades por unidad de área, obteniendo de esta forma el valor de cavidades sobre hectárea. Esta estrategia nos permite obtener un indicador comparable (Cornelius et al. 2008; Vázquez y Renton 2015).



**Figura 3.** A) Para las cavidades que estaban por arriba de los 4 m, se utilizó el tubo de medición extensible para árboles y con los binoculares se registraban las medidas de entrada y diámetro de soporte de donde se encontraban las cavidades. B) Regla transversal graduada en centímetros, que se fijó a la parte superior del tubo de medición para obtener las medidas de las cavidades. C) Plomo que sostenía la regla transversal.

Se consideraron como cavidades adecuadas aquellas que tenían ancho de entrada entre 3.4 y 14.7 cm, con paredes y fondos cerrados. Las medidas consideradas corresponden al intervalo del ancho corporal de las especies de aves que anidan en cavidades en la zona de estudio (Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego 2006; Vázquez-Reyes et al. 2018). El criterio de inclusión se fundamenta en que la entrada de las cavidades corresponde con el tamaño de las aves ocupantes, buscando cavidades en las que puedan entrar “ajustadas” para reducir la probabilidad de ingreso de aves de mayor talla reduciendo el riesgo de depredación (Newton 1994). Para determinar el ancho corporal de las aves, se midieron ejemplares de las colecciones del Museo de

Zoología de la Facultad de Ciencias y de la Colección Nacional de Aves del Instituto de Biología ambas a cargo de la UNAM. Usamos una regla graduada en centímetros para medir el ancho del cuerpo (ancho corporal a la escápula) para cada espécimen considerado. Se midieron cinco ejemplares de cada especie, excepto para *Ara militaris* y *Megascops seductus*, ya que para estas especies sólo había cuatro ejemplares disponibles. Se seleccionaron ejemplares cuya preparación mantuviera la forma corporal más similar posible a los organismos vivos. Con la finalidad de reducir posibles sesgos asociados con variación geográfica en el tamaño corporal, cuando fue posible se midieron ejemplares colectados lo más cerca de la zona de estudio.

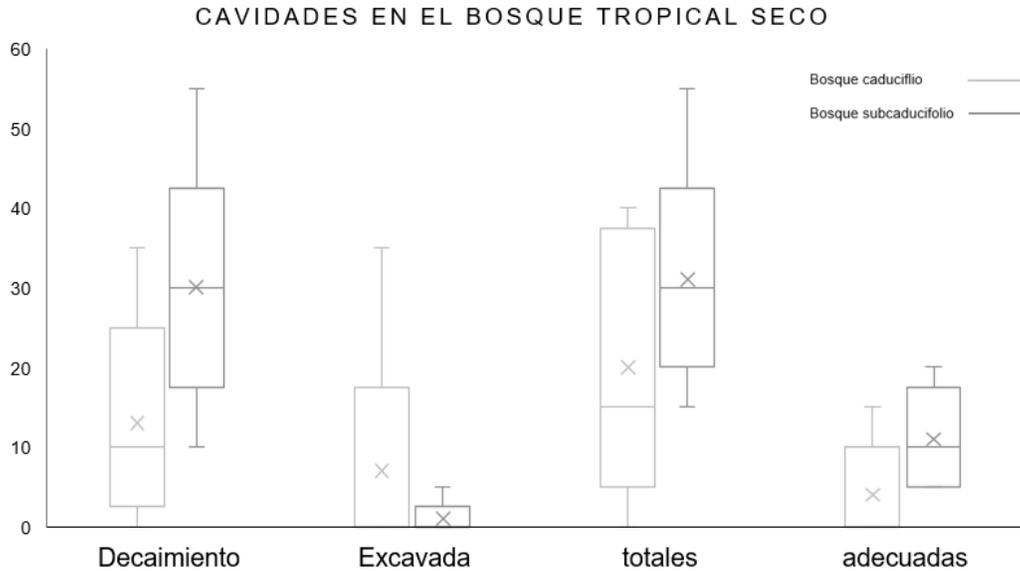
## **ANÁLISIS DE DATOS**

Se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, las cuales permitieron determinar determinando que ni los datos de densidad de cavidades ni de sus características tuvieron una distribución normal. Por lo tanto, las comparaciones entre bosque caducifolio y subcaducifolio fueron hechas con pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis, considerando los datos por transecto como unidad muestral ( $n=5$ ). Para las comparaciones de densidad de cavidades, expresada en valores de cavidades/Ha, se consideraron: cavidades totales, cavidades adecuadas para las aves, cavidades excavadas, y cavidades por decaimiento de madera. Para comparar las características de las cavidades por tipo de hábitat, se consideraron: altura al suelo y ancho de entrada, profundidad, diámetro del soporte, así como DAP y altura total de los individuos vegetales soportando las cavidades. Se calcularon tablas de contingencia de chi cuadrada para evaluar si el origen de las cavidades y la disponibilidad de recursos adecuados para las aves es independiente del hábitat o, por el contrario, si se asocia con un tipo de hábitat en particular. El análisis de los datos se realizó usando el programa Past3 (Hammer et al. 2001).

## RESULTADOS

### Densidad de cavidades por tipo de hábitat

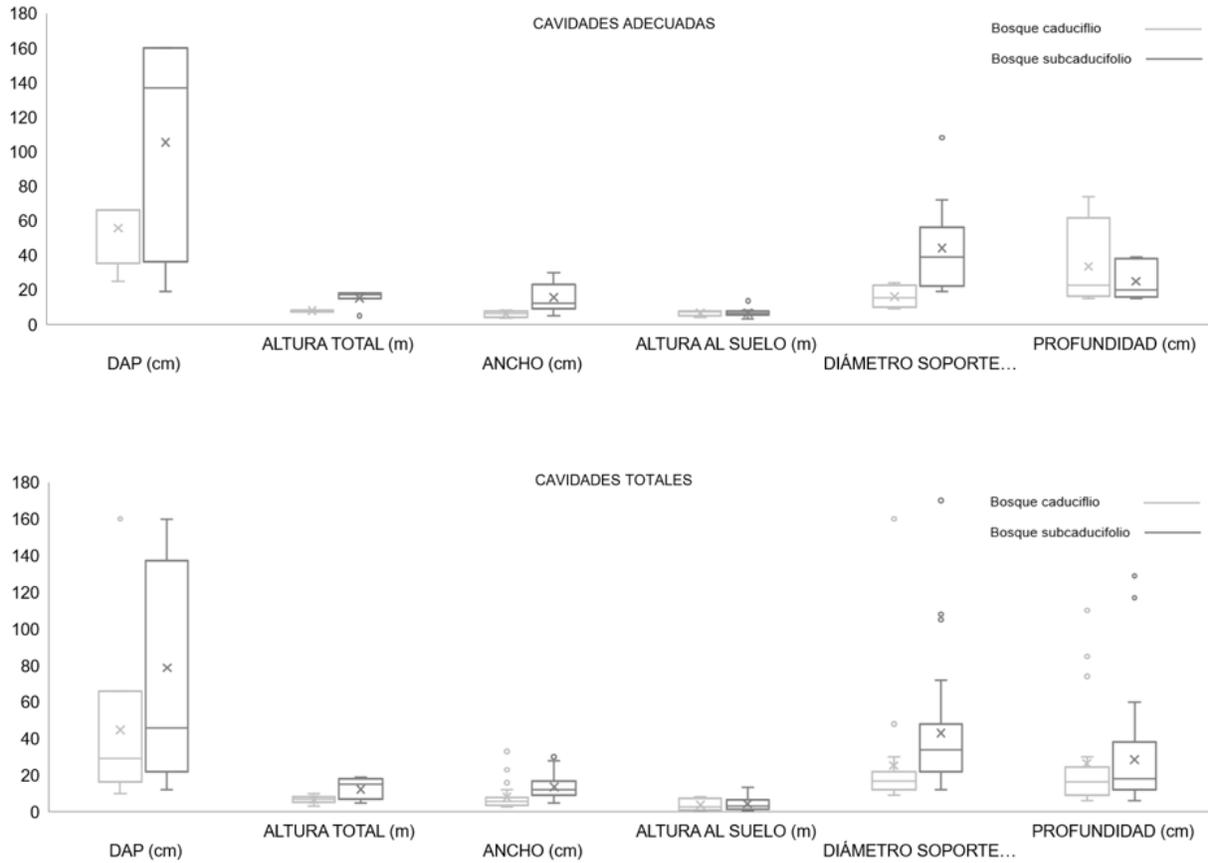
Usando imágenes satelitales se estimó que el 91.1% (3,926 Ha) de la cobertura de la zona de estudio corresponde a bosque caducifolio, mientras que el 8.8% (382 Ha) corresponde a bosque subcaducifolio. En los transectos de bosque caducifolio se registró una densidad de  $20 \pm 16.95$  cavidades/Ha, mientras que en los transectos de bosque subcaducifolio, la densidad registrada fue de  $31 \pm 14.74$  cavidades/Ha. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la densidad total de cavidades entre tipos de hábitat (Figura 4). Al considerar el origen de las cavidades, el bosque caducifolio registró una densidad promedio de cavidades formadas por decaimiento de madera de  $13 \pm 13.5$  cavidades/Ha; mientras que la densidad promedio de cavidades excavadas por aves fue de  $7 \pm 15.65$  cavidades/Ha. Para el bosque subcaducifolio, la densidad promedio de cavidades formadas por decaimiento fue de  $30 \pm 16.2$  cavidades/Ha; mientras que la densidad promedio de cavidades excavadas fue de  $1 \pm 2.23$  cavidades/Ha. No hubo diferencias significativas en la densidad de cavidades de acuerdo con su origen entre tipos de hábitat (Figura 4). Con respecto a las cavidades que representan recursos adecuados para las aves adoptadoras, el bosque caducifolio tuvo una densidad promedio de  $4 \pm 6.51$  cavidades/Ha. En el bosque subcaducifolio, la densidad fue de  $11 \pm 6.51$  cavidades/Ha. No hubo diferencias significativas en la densidad de cavidades adecuadas entre tipos de hábitat (Figura 4). Estas comparaciones tienen en cuenta el número neto de cavidades registradas por transecto. Sin embargo, también queremos mostrar una medida de densidad que permita hacer comparaciones con otros estudios de aves adoptadoras de cavidades (Cockle et al., 2008; de la Parra et al., 2015; Vázquez y Renton, 2015). Por lo tanto, mostramos los valores de cavidad / transecto escalados a valores de cavidades / ha.



**Figura 4.** Cantidad de cavidades registradas según su origen por tipo de hábitat en el bosque tropical seco del Alto Balsas de Guerrero. Se muestran medidas de dispersión: media, mediana, cuartiles y rango.

#### **Comparación de las características de cavidades por tipo de hábitat**

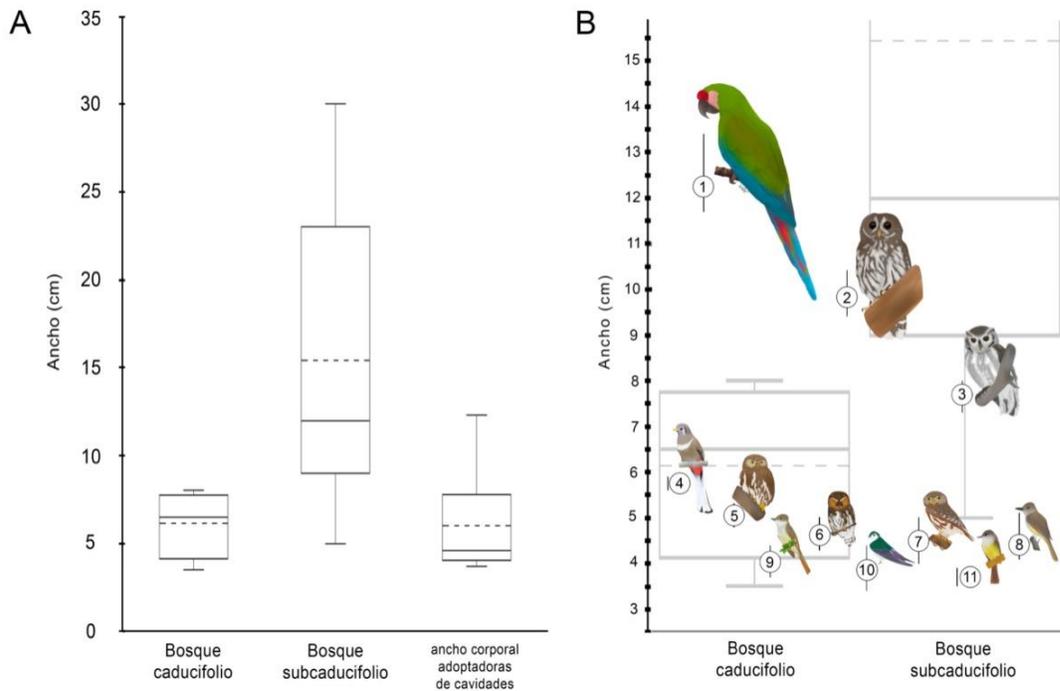
De acuerdo con nuestro muestreo, las cavidades del bosque tropical seco ( $n = 51$ ) tuvieron una altura sobre el suelo de  $4.12 \pm 3.48$  m, ancho de la entrada de  $11.39 \pm 7.51$  cm, profundidad de  $27.57 \pm 28.23$  cm, y diámetro del soporte de  $36.13 \pm 33.97$  cm. En promedio, los árboles de soporte de cavidades tuvieron un DAP de  $65.37 \pm 52.95$  cm, y una altura total de  $10.15 \pm 5.13$  m. No hubo diferencias significativas entre los tipos de hábitat para la altura al suelo y la profundidad de las cavidades, ni tampoco en el DAP de los individuos vegetales que las soportaron (Figura 5). Sin embargo, todas las cavidades del bosque subcaducifolio, incluyendo las adecuadas como recursos de anidamiento, tuvieron entradas más anchas, soportes de mayor diámetro y se localizaron en árboles más altos con respecto a las cavidades en el bosque caducifolio (Figura 5).



**Figura 5.** Características de las cavidades del bosque tropical seco del Alto Balsas de Guerrero. Se muestran medidas de dispersión media, mediana, cuartiles y rango.

### Recursos de anidamiento por tipo de hábitat y talla de las aves

El promedio del ancho corporal de las aves adoptadoras de cavidades del bosque tropical seco fue de 11.39 cm, con un rango de 3.68 a 12.27 cm. El ancho de la entrada de las cavidades adecuadas para anidamiento de las aves en el bosque caducifolio tuvo un promedio de 6.12 cm, con un intervalo de 3.5 a 8 cm; para el bosque subcaducifolio, el promedio fue de 15.45 cm, con un intervalo de 5 a 30 cm (Figura 6).

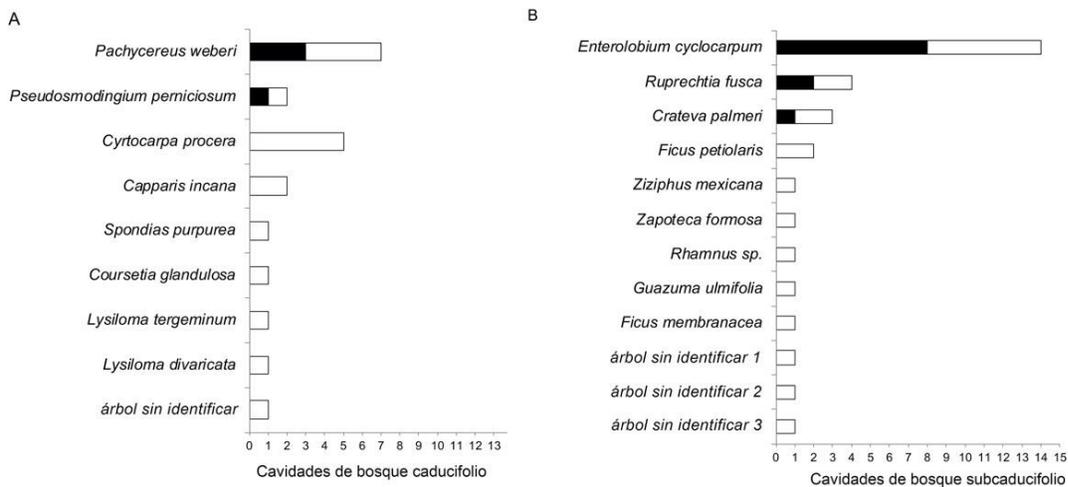


**Figura 6.** A) Ancho de las cavidades adecuadas comparadas con el ancho corporal de las aves adoptadoras de cavidades en el Bosque Tropical Seco del Alto Balsas de Guerrero. B) Promedio del ancho corporal del ensamble de aves adoptadoras obligadas de cavidades. Los círculos con los números de la nomenclatura se ubican en el eje de acuerdo con la medida de ancho de la especie en cm. Las líneas punteadas indican el intervalo de los recursos de anidamiento restringidos al bosque subcaducifolio. 1 = *Ara militaris*; 2 = *Strix virgata*; 3 = *Megascops seductus*; 4 = *Trogon elegans*; 5 = *Glaucidium brasilianum*; 6 = *Micrathene whitneyi*; 7 = *Glaucidium palmarum*; 8 = *Myiarchus tyrannulus*; 9 = *Myiarchus nuttingi*; 10 = *Tachycineta thalassina*; 11 = *Myiarchus tuberculifer*.

### Distribución de las cavidades por tipo de hábitat y especie vegetal

De acuerdo con las tablas de contingencia, el origen de las cavidades estuvo asociado con el tipo de hábitat ( $\chi^2 = 9.28$ ,  $p = 0.0023$ ). La mayoría (87.5%) de las cavidades formadas por excavación de aves se encontraron en el bosque caducifolio. En contraste, el bosque subcaducifolio registró al 69.7% de todas las cavidades originadas por decaimiento de la madera. Identificamos al menos 17 especies vegetales diferentes que sostuvieron cavidades en el área de estudio, además de

cuatro especies que no fue posible determinar (Figura 7). En el bosque caducifolio, al menos ocho especies diferentes sostuvieron cavidades. Solamente tres de ellas sostuvieron al 70% del total de las cavidades registradas: *Pachycereus weberi*, con siete cavidades; *Cyrtocarpa procera*, con cinco cavidades; *Pseudosmodingium perniciosum*, con dos cavidades. El total de cavidades adecuadas para las aves se distribuyó en dos especies: *P. weberi*, con tres cavidades (75 %) y *P. perniciosum*, con una cavidad (25 %). En el bosque subcaducifolio, nueve diferentes especies vegetales sostuvieron cavidades, además de tres árboles que no fue posible identificar. El 58% del total de las cavidades registradas se concentraron en dos especies: *Enterolobium cyclocarpum*, con catorce cavidades, y *Ruprechtia fusca*, con cuatro cavidades. Las especies que sostuvieron cavidades adecuadas para el anidamiento de aves fueron *E. cyclocarpum*, con ocho cavidades (72.72%); *R. fusca*, con dos (18.18%); y *Crateva palmeri*, con una cavidad (9.09%).



**Figura 7.** Cavidades por especie vegetal en el Trópico Seco del Alto Balsas de Guerrero: A) bosque caducifolio; B) bosque subcaducifolio. Las columnas negras muestran la cantidad de cavidades no adecuadas. Las columnas blancas, la cantidad de cavidades adecuadas.

## **Discusión**

Nuestros resultados indican que la densidad de cavidades adecuadas para el anidamiento de aves es similar entre bosque caducifolio y bosque subcaducifolio. Este resultado difiere respecto a lo reportado en el Trópico Seco del Pacífico Mexicano, donde la densidad de cavidades adecuadas para las aves en el bosque subcaducifolio es aparentemente hasta cuatro veces mayor que en el bosque caducifolio (Vázquez y Renton 2015). En los bosques secos del Pacífico, la elevada densidad de cavidades se debe a la alta abundancia de *Piranhea mexicana* (Martineja y Bullock 1994), un árbol que forma naturalmente un número excepcionalmente alto de cavidades (Vázquez y Renton 2015). Sin embargo, en el Alto Balsas no existen áreas donde la vegetación sea dominada por una especie botánica en particular (Martínez et al. 1997).

Sin embargo, una densidad similar de cavidades útiles no significa que la disponibilidad de recursos sea igual entre ambos tipos de vegetación. En primer lugar, el bosque subcaducifolio representa el 8.8% de la cobertura forestal conservada de las tierras bajas en el Alto Balsas, mientras que el bosque caducifolio representa cerca del 90%. Consecuentemente, es esperable que el bosque subcaducifolio albergue una abundancia de cavidades prácticamente 0.1 veces menor que el bosque caducifolio.

Las diferencias en las características de las cavidades entre tipos de hábitat sugieren que las aves podrían hacer un uso diferencial de los recursos de anidamiento, en función de su tamaño corporal. Las cavidades en el bosque caducifolio tuvieron anchos de entrada y diámetros de soporte de menor tamaño respecto al bosque subcaducifolio. Por lo tanto, al considerar la talla de las aves como potenciales ocupantes, no todas las cavidades adecuadas representan recursos de anidamiento para todas las especies por igual. De hecho, las aves adoptadoras de cavidades que tienen un ancho corporal mayor a 6.1 cm tienen un acceso limitado o nulo a recursos en el bosque caducifolio, pues su cuerpo rebasa el ancho de entrada de las cavidades disponibles en ese

hábitat. Especies como el Tecolote del Balsas (*Megascops seductus*) y el Búho Café (*Strix virgata*) son ejemplos de aves cuyos recursos de anidamiento se encuentran altamente restringidos al bosque subcaducifolio. Así como la guacamaya verde (*Ara militaris*), que a pesar de anidar en acantilados, existen también reportes en la costa de Jalisco y el centro de Nayarit, donde se les ha visto anidar en cavidades de árboles de gran dosel (de la Parra-Martínez et al. 2015; Rivera-Ortiz et al. 2016). En contraste, aves adoptadoras de cavidades con talla corporal pequeña, como *Glaucidium palmarum*, *G. brasilianum* y *Myiarchus nuttingi* pueden encontrar recursos potenciales para anidamiento en ambos tipos de hábitat.

La evidencia obtenida sugiere que los mecanismos ecológicos que forman las cavidades del bosque caducifolio y subcaducifolio también son diferentes. En primer lugar, las cavidades adecuadas dentro del bosque subcaducifolio, fueron generadas principalmente por procesos de decaimiento y el 80% de los recursos de anidamiento se encontraron en parotas (*Enterolobium cyclocarpum*). En los ambientes con mayor humedad, el decaimiento de la madera favorece la formación de cavidades, por lo que representa la principal fuente de cavidades. Sin embargo, este mismo proceso provoca que la duración de las cavidades sea más efímera (Sandoval y Barrantes 2009; Cockle et al. 2011). Los árboles de parota (*Enterolobium cyclocarpum*), son la especie vegetal de mayor tamaño en la región (Pineda-Herrera et al. 2012; de la Parra-Martínez et al. 2015), y proporcionan recursos de anidamiento para las aves adoptadoras de cavidades de mayor talla. En caso de desaparecer las parotas con cavidades, las aves adoptadoras de mayor talla (como el Tecolote del Balsas, el Búho Café y potencialmente la Guacamaya Verde) pueden verse amenazadas al no tener sitios adecuados para reproducirse (de la Parra-Martínez et al. 2015; Rivera-Ortiz et al. 2016). En contraste, el 75% de los recursos de anidamiento en el bosque caducifolio están concentrados en los candelabros (*Pachycereus weberi*), especie vegetal clave en la provisión de recursos para las aves excavadoras de cavidades de la familia Picidae (Hendricks

et al. 1990). Es notable que las cavidades encontradas en esta especie vegetal son generadas por pájaros carpinteros, potencialmente *Melanerpes chrysogenys* y *M. hypopolius* en la zona de estudio. El tejido suave de los cactus columnares implica que los carpinteros invierten un menor gasto de energía al excavar cavidades para colocar sus nidos (Schepps et al. 1999).

Estudios realizados en el occidente de México han determinado que algunas especies vegetales pueden ser críticas para la provisión de recursos de anidamiento. Por ejemplo, guayabillo (*Piranhea mexicana*) provee cerca del 52% de las cavidades utilizables por aves en el Trópico Seco de la costa de Jalisco (Vázquez y Renton 2015). En el Alto Balsas encontramos que la presencia de cavidades estuvo asociada con especies vegetales y procesos ecológicos particulares en cada tipo de vegetación: *Pachycereus weberi* y *Enterolobium cyclocarpum* son especies críticas para la provisión de los recursos del ensamble de aves anidadoras de cavidades.

En el trópico seco del Pacífico Mexicano, cerca del 86% de la cobertura forestal corresponde a bosque caducifolio, cubriendo las laderas de las colinas. En estas áreas, las altas temperaturas y baja humedad limitan el desarrollo de árboles grandes que podrían sostener cavidades (Bullock 1986). En cambio, las barrancas y valles con alta humedad ambiental están cubiertas por bosque subcaducifolio (Bullock 1986), donde árboles de los géneros *Piranhea* y *Astronium* sostienen al 80% de las cavidades para anidamiento de aves (Trejo y Dirzo 2002).

Particularmente, en áreas específicas donde las condiciones de humedad y temperatura favorecen el decaimiento de la madera, es posible encontrar mayor número de cavidades (Galicia et al. 1999; Maass et al. 2002). Dado que las condiciones ambientales influyen en la composición florística a escala local (Bullock 1986; Trejo y Dirzo 2000), así como en la agregación de recursos de anidamiento. Como consecuencia, pueden ocurrir patrones de restricción en la disponibilidad de recursos de anidamiento, dado que el bosque subcaducifolio, que ocupa un área cercana al 8.8% de la superficie en la zona de estudio, concentra los recursos de anidamiento para

las aves adoptadoras de cavidades de mayor tamaño (Saunders et al. 1982; Vázquez y Renton 2015). Es importante mencionar que los patrones de agregación espacial de los recursos favorecen procesos de competencia por el acceso a los recursos (Salinas-Melgoza et al. 2009).

Otro factor que puede influir en la disponibilidad de las cavidades es el comportamiento territorial de las aves, al restringir el acceso a los recursos de anidamiento para otros ocupantes potenciales. Por ejemplo, el Loro Corona Lila (*Amazona finschi*) defiende el territorio alrededor de la cavidad ocupada, excluyendo a otros loros que buscan alimento y sitios de anidación. (Salinas-Melgoza et al. 2009). Los enfrentamientos agonistas entre loros incluso pueden desencadenar en la destrucción de nidadas, limitando el número de parejas reproductivas en las poblaciones de adoptadoras de cavidades (Salinas Melgoza et al. 2009); También la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) presenta mecanismos de evasión de la presión a la depredación y competencia por la selección de sitios de anidamiento con otros loros (Rivera-Ortiz et al. 2016). Este tipo de conducta territorial y competencia por el acceso a recursos de anidamiento también se ha registrado en el Tecolote del Oeste (*Megascops kennicottii*) que compite por los sitios de anidación en cavidades (Gehlbach y Stoleson 2010).

Lamentablemente, la sustitución de bosque subcaducifolio por áreas agrícolas es un fenómeno generalizado en México y en toda el área de distribución del trópico seco Mesoamericano (Sánchez-Colón et al. 2009; Sánchez-Azofeifa y Portillo-Quintero 2011). Además, la pérdida de los árboles grandes del bosque subcaducifolio para ser utilizados como fuente de madera es un problema crítico (Pennington y Sarukhán, 2005). Esto se debe a que la pérdida de estos árboles afecta seriamente a las aves grandes, que necesitan de cavidades de mayor tamaño. Es notable que el centro-occidente de México, una de las áreas con mayor endemismo de aves en México (Navarro-Sigüenza et al. 2014), también alberga al 29% de las aves que dependen de cavidades para anidar (Monterrubio-Rico y Escalante- Pliego 2006). Esto

plantea la urgencia de proteger la cobertura de bosque tropical seco y los recursos para las aves adoptadoras de cavidades. Por lo tanto conservar la cobertura vegetal de la región y evitar la pérdida de recursos potenciales de anidamiento depende de la apropiación de la biodiversidad como un patrimonio biológico que beneficie a las comunidades locales (Ortega y Calderón 2020; Vázquez et al. 2017), establecer estrategias de conservación para especies como el Tecolote del Balsas (*Megascops seductus*), el Tecolote colimense (*Glaucidium palmarum*), carpintero enmascarado (*Melanerpes chrysogenys*), carpintero del Balsas (*Melanerpes hypopolius*), para ayudar a frenar y eventualmente, revertir la pérdida de hábitat y recursos de anidamiento para esta y otras especies de aves adoptadoras de cavidades (Cockle et al. 2011; Peterson y Navarro 2000). Sin embargo, la región del Alto Balsas ha recibido un apoyo gubernamental marginal para la conservación de la biodiversidad, a pesar de que el área es considerada un área prioritaria para la conservación IBA (Vázquez-Reyes et al. 2018; BirdLife International 2020).

## **CONCLUSIONES**

El bosque caducifolio y subcaducifolio complementan la provisión de recursos de anidación para las aves adoptadoras de cavidades en la cuenca del Alto Balsas, dependiendo de las condiciones ecológicas y la composición de especies vegetales dentro de los tipos de vegetación. Sin embargo, el bosque subcaducifolio concentra la mayor parte de los recursos para las aves adoptadoras de cavidades de mayor tamaño. Por lo tanto, es urgente detener la pérdida del bosque subcaducifolio en el Alto Balsas, considerando proteger las especies de árboles que brindan recursos, especialmente para las especies de aves grandes que adoptan cavidades para anidar, entre ellas al tecolote del Balsas (*Megascops seductus*), especie endémica y amenazada.

## LITERATURA CITADA

- Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L. A. Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra. (2015). *Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes*. CONABIO, México D.F.
- Bezaury, J. B. (2010). Las selvas secas del Pacífico mexicano en el contexto mundial. En G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury Creel y R. Dirzo (Eds.), *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. pp. 21-40. México D.F.: Fondo de Cultura Económica, CONABIO.
- BirdLife International (2020) Important Bird Areas factsheet: Papalutla, Sierra de Tecaballo. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 04/08/2020.
- Bullock, S. H. (1986). Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of Mexico. *Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology Series B*, 36(3-4), 297-316. <https://doi.org/10.1007/bf02263135>
- Cockle, K. L., Martin, K., & Wesolowski, T. (2011). Woodpeckers, decay, and the future of cavity-nesting vertebrate communities worldwide. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(7), 377-382. <https://doi.org/10.1890/110013>
- Cornelius, C., Cockle, K., Politi, N., Berkunsky, I., Sandoval, L., Ojeda, V., Rivera, L., & Martin, K. (2008). Cavity-nesting birds in neotropical forests: Cavities as a potentially limiting resource. *Ornitología Neotropical*, 19(SUPPL), 253-268.

Recuperado de

[https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/paper/document/paper\\_10754377\\_v19\\_nSUPPL\\_p253\\_Cornelius](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/paper/document/paper_10754377_v19_nSUPPL_p253_Cornelius)

- de la Parra-Martínez, S. M., Renton, K., Salinas-Melgoza, A., & Muñoz-Lacy, L. G. (2015). Tree-cavity availability and selection by a large-bodied secondary cavity-nester: the Military Macaw. *Journal of Ornithology*, 156(2), 489–498.  
<https://doi.org/10.1007/s10336-014-1150-9>
- Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A., & Ceballos, G. (2011). *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation*. Island Press.
- Galicia, L., López-Blanco, J., Zarco-Arista, A., Filips, V., & García-Oliva, F. (1999). The relationship between solar radiation interception and soil water content in a tropical deciduous forest in Mexico. *CATENA*, 36(1–2), 153–164. [https://doi.org/10.1016/s0341-8162\(98\)00121-0](https://doi.org/10.1016/s0341-8162(98)00121-0)
- Gehlbach, Frederick R., y Stoleson, Scott H. (2010). Western Screech-Owl (*Megascops kennicottii*). In: Cartron, Jean-Luc, ed. *Raptors of New Mexico*. Albuquerque, NM: University of New Mexico Press. p. 511-523.
- Gibbs, J. P., Hunter, M. L., & Melvin, S. M. (1993). Snag Availability and Communities of Cavity Nesting Birds in Tropical Versus Temperate Forests. *Biotropica*, 25(2), 236.  
<https://doi.org/10.2307/2389188>
- Gill F, D Donsker & P Rasmussen. (2021). IOC World Bird List (v11.1).  
doi : 10.14344/IOC.ML.11.1.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica*, 4, 9 p.  
[http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

- Hendricks, P., McAuliffe, J. R., & Valiente-Banuet, A. (1990). On Communal Roosting and Associated Winter Social Behavior of Gray-Breasted Woodpeckers. *The Condor*, 92(1), 254–255. <https://doi.org/10.2307/1368413>
- IUCN 2021. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1*. <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded on [day month year].
- Koch, A. J., Munks, S. A., Driscoll, D., & Kirkpatrick, J. (2008). Does hollow occurrence vary with forest type? A case study in wet and dry Eucalyptus obliqua forest. *Forest Ecology and Management*, 255(12), 3938–3951. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.025>
- Martijena, N. E., & Bullock, S. H. (1994). Monospecific Dominance of a Tropical Deciduous Forest in Mexico. *Journal of Biogeography*, 21(1), 63. <https://doi.org/10.2307/2845604>
- Martínez Gordillo, Martha, & Valencia Ávalos, Susana, & Calónico Soto, Jorge (1997). Flora de Papalutla, Guerrero y de sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 68(2), 107-133. [fecha de Consulta 6 de Mayo de 2021]. ISSN: 0185-254X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40068203>
- Maass, J.M.,v. Jaramillo, A. Martínez-Yrizar, F. García-Oliva, A. Pérez-Jiménez & J. Sarukhán. (2002). Aspectos funcionales del ecosistema de la selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco, p. 525-551 In F. Noguera, J. vega, A. García & M. Quezada (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología UNAM, D.F., México.
- Meza, L. y López, J. (1997). Vegetación y mesoclima de Guerrero. *Estudios Florísticos en Guerrero. no. 1*. México: Facultad de Ciencias, UNAM.

- Monterrubio-Rico, T. C., & Escalante-Pliego, P. (2006). Richness, distribution and conservation status of cavity nesting birds in Mexico. *Biological Conservation*, 128(1), 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.017>
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Peterson, A. T., Berlanga-García, H., & Sánchez-González, L. A. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 476–495. <https://doi.org/10.7550/rmb.41882>
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Peterson, T., Berlanga-García, H. y Sánchez-González, L. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 476–495.
- Newton, I. (1994). The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds: A review. *Biological Conservation*, 70(3), 265–276. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(94\)90172-4](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)90172-4)
- Ortega-Álvarez, R., & Calderón-Parra, R. (2020). Linking biological monitoring and wildlife ecotourism: a call for development of comprehensive community-based projects in search of sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 23(3), 4149–4161. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00761-7>
- Pennington, T. D., & Sarukhán, J. (2005). *Arboles tropicales de México*. Manual de identificación de las principales especies. 3a edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México 523 p.
- Peterson, A. T. y Navarro-Sigüenza, A. G. (2000). Western Mexico: a significant centre of avian endemism and challenge for conservation action. *Cotinga*, 14, 42–46.

- Pineda-Herrera, E., Pérez-Olvera, C. P., Dávalos-Sotelo, R., & Valdez-Hernández, J. I. (2012). Características tecnológicas de la madera de dos especies de Costa Grande, Guerrero, México. *Madera y Bosques*, 18(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2012.183358>
- Renton, K., Salinas-Melgoza, A., Rueda-Hernández, R., & Vázquez-Reyes, L. D. (2018). Differential resilience to extreme climate events of tree phenology and cavity resources in tropical dry forest: Cascading effects on a threatened species. *Forest Ecology and Management*, 426, 164–175. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.012>
- Rivera-Ortíz, F. A., Oyama, K., Villar-Rodríguez, C. L., Contreras-González, A. M., & Arizmendi, M. D. C. (2016). The use of tree cavities and cliffs by the Military Macaw (*Ara militaris*) in Salazares Nayarit, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(2), 540–544. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.02.002>
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Salinas-Melgoza, A., Salinas-Melgoza, V., & Renton, K. (2009). Factors Influencing Nest Spacing of a Secondary Cavity-Nesting Parrot: Habitat Heterogeneity and Proximity of Conspecifics. *The Condor*, 111(2), 305–313. <https://doi.org/10.1525/cond.2009.090017>
- Sánchez-Azofeifa, G. A. y Portillo-Quintero, C. (2011). Extent and Drivers of Change of Neotropical Seasonally Dry Tropical Forests. En Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A. y Ceballos, G. (Eds). *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation* (pp. 45-58). Island Press. U.S.A.
- Sánchez-Colón, S., Flores Martínez, A., Cruz-Leyva I. A. y Velázquez, A. (2009). Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. En *Capital natural de*

*México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 75-129). CONABIO, México.

- Sandoval, L., y Barrantes, G. (2006). Selección de árboles muertos por el carpintero de Hoffmann (*Melanerpes hoffmannii*) para la construcción de nidos. *Ornitología Neotropical*, 17.
- Sandoval, L., & Barrantes, G. (2009). Relationship between Species Richness of Excavator Birds and Cavity–adopters in Seven Tropical Forests in Costa Rica. *The Wilson Journal of Ornithology*, 121(1), 75–81. <https://doi.org/10.1676/07-165.1>
- Saunders, D. A., Smith, G. T., & Rowley, I. (1982). The availability and dimensions of tree hollows that provide nest sites for cockatoos (Psittaciformes) in Western Australia. *Wildlife Research*, 9(3), 541. <https://doi.org/10.1071/wr9820541>
- Schepps, J. Lohr, S. & Martin, T. (1999). Does Tree Hardness Influence Nest-Tree Selection by Primary Cavity Nesters? *The Auk*, 116(3), 658-665. <https://doi.org/10.2307/4089327>
- Şekercioğlu, Ç., Wenny, D. & Whelan, C. (2016). *Why birds Matter*. Avian ecological function and ecosystem services. University of Chicago Press. 387 pp. <https://doi.org/10.7208/9780226382777>
- Trejo, I., & Dirzo, R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest. *Biological Conservation*, 94(2), 133–142. [https://doi.org/10.1016/s0006-3207\(99\)00188-3](https://doi.org/10.1016/s0006-3207(99)00188-3)
- Trejo, I., & Dirzo, R. (2002). Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, 11, 2063–2084. <https://doi.org/10.1023/a:1020876316013>

- van der Hoek, Y., Gaona, G. V., & Martin, K. (2017). The diversity, distribution and conservation status of the tree-cavity-nesting birds of the world. *Diversity and Distributions*, 23(10), 1120–1131. <https://doi.org/10.1111/ddi.12601>
- Vázquez-Reyes, L. D., Arizmendi, M. D. C., O. Godínez-Álvarez, H., & Navarro-Sigüenza, A. G. (2017). Directional effects of biotic homogenization of bird communities in Mexican seasonal forests. *The Condor*, 119(2), 275–288. <https://doi.org/10.1650/condor-16-116.1>
- Vázquez-Reyes, L. D., Jiménez-Arcos, V. H., Santa Cruz-Padilla, S. A., García-Aguilera, R., Aguirre-Romero, A., Arizmendi, M. D. C., & Navarro-Sigüenza, A. G. (2018). Aves del Alto Balsas de Guerrero: diversidad e identidad ecológica de una región prioritaria para la conservación. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2314>
- Vázquez, L., & Renton, K. (2015). High Density of Tree-Cavities and Snags in Tropical Dry Forest of Western Mexico Raises Questions for a Latitudinal Gradient. *PLOS ONE*, 10(1), e0116745. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116745>

**ANEXO. ARTÍCULO PUBLICADO.**

**Medina-Estrada, J.,** Remolina-Figueroa, D., Ramírez-Bastida, P., Vázquez-Reyes, L. D.

(2022). Nesting resources availability for cavity adopter birds in a tropical dry forest of

Central Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 93: e923836.

[doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.93.3836](https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.93.3836)