



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Instituto de Biología

DISPONIBILIDAD Y SELECCIÓN DE CAVIDADES
COMO SITIOS DE ANIDACIÓN POR EL LORO
CORONA LILA (*Amazona finschi*) EN EL BOSQUE
TROPICAL SECO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

LEOPOLDO DANIEL VÁZQUEZ REYES

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DRA. KATHERINE RENTON

COMITÉ TUTORAL: DRA. BLANCA ESTELA HERNÁNDEZ BAÑOS
DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ

MÉXICO, D.F.

ABRIL, 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 28 de junio de 2010, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** del alumno **VÁZQUEZ REYES LEOPOLDO DANIEL** con número de cuenta **300141256** con la tesis titulada "**Disponibilidad y selección de cavidades como sitios de anidación por el loro corona lila (*Amazona finschi*) en el bosque tropical seco**", realizada bajo la dirección del la **DRA. KATHERINE RENTON**:

Presidente: DRA. BERTHA PATRICIA ESCALANTE PLIEGO
Vocal: DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ
Secretario: DRA. KATHERINE RENTON
Suplente: DR. JORGE ERNESTO SCHONDUBE FRIEDEWOLD
Suplente: DRA. BLANCA ESTELA HERNÁNDEZ BAÑOS

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 8 de marzo de 2011.

M. del Coro Arizmendi
Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga
Coordinadora del Programa

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología, por el apoyo recibido a través de la beca CONACYT 220265, para realización de estudios de Maestría.

Al Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la beca que permitió la asistencia al XIV Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, realizado entre el 8 y el 12 de noviembre de 2010 en San José de Costa Rica.

A la Dra. Katherine Renton, por su dirección y apoyo académico, indispensables para la realización de esta investigación.

A las Dras. Irma Trejo y Blanca Hernández, miembros del comité tutorial quienes aportaron valiosos comentarios y sugerencias a lo largo del desarrollo del trabajo; así como a la Dra. Patricia Escalante y al Dr. Jorge Schondube, por sus comentarios sobre el manuscrito.

Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología, UNAM.

Fundación Ecológica de Cuixmala A.C.

A Sylvia Margarita de la Parra Martínez y Martín Sánchez Vilchis, por su valioso apoyo durante el trabajo de campo.

MÁS AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Katherine Renton, por la oportunidad de desarrollo y la formación recibida, le estoy profundamente agradecido.

A la M. en C. Sylvia de la Parra, por su amistad, compañía y apoyo; quien en muchos sentidos le dio sentido y alegría a esta etapa de mi formación... *te quiero un chorro carnala.*

A quienes por la amistad, consejos y enseñanza brindados son parte fundamental de mi formación:

Licenciados Mauricio Valencia, Enrique Briseño y Roberto Saldaña... *gracias bros; Ph.D.*

candidate Aarón Vélez; M.S. Laura Rojas; Dr. Elías Piedra y a los M. en C. Josefina Vázquez y Héctor Moya; Ing. Salvador Muñúzuri.

A mis amigos en Morelia: p. Biól. Armando Galicia y QFB Carlos Galicia; así como a los M. en C. Jorge Cortés y Luis E. Zacarías.

Al Dr. Enrique Martínez Meyer, por enseñarme el valor de un comentario preciso en el momento correcto.

Al Sr. Fernando Domínguez y al Cap. Heriberto Salazar... *gracias misters.*

A la Dra. María del Coro Arizmendi, quien me brindo apoyo personal y académico de fundamental importancia al inicio temprano de este proceso.

A la Dra. Patricia Ramírez Bastida, por brindarme una amistad excepcional... *hay que ser como ud.*

Finalmente, debo y quiero hacer una mención especial para los Drs. Ignacio Peñalosa y Rodolfo Cárdenas: su apoyo incondicional, amistad y atinados consejos son un referente insustituible en momentos muy importantes ¡y complejos! de mi formación personal y profesional.

A todos ellos gracias.

A mi Familia,
porque éste logro
también es suyo.

A mis Amigos,
simplemente gracias...

A la memoria de la Petra

¿Querés té con leche?...

¡La papa para el tigre!...

y todos se morían de risa...

y Pedrito también.



Loro corona lila (*Amazona finschi*) en la entrada de su nido, localizado en una cavidad del árbol

Piranhea mexicana. Abril 2009, Reserva de la Biosfera Chamela Cuixmala, Jalisco.

Fotografía: Leopoldo Vázquez

<http://caicaz.blogspot.com>

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES	6
Aves adoptadoras de cavidades	6
Generación de cavidades: aves excavadoras y procesos de decaimiento en los árboles	7
Disponibilidad de cavidades de anidamiento	8
Selección de cavidades por las aves	11
Selección de sitios de anidación por los Psitácidos	12
Cavidades de anidamiento como limitantes para el loro corona lila	14
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	15
MÉTODOS	15
Sitio de estudio	15
Disponibilidad de cavidades en el bosque tropical seco	16
Cavidades utilizadas como nido por los loros	19
Análisis de datos	20
RESULTADOS	21
Disponibilidad de cavidades	21
Disponibilidad de arboles muertos	28
Asociación de cavidades por origen y por sustrato al tipo de vegetación	30
Comparación de características de cavidades por tipo de vegetación	31

Características de los árboles muertos	34
Selección de cavidades para anidación por el loro corona lila	35
Sustrato utilizado para anidar por el loro corona lila	36
Otros organismos ocupando cavidades	39
DISCUSIÓN	40
Disponibilidad y distribución de cavidades en el bosque tropical seco	40
Importancia de los árboles muertos en pie para la anidación de los loros	43
Importancia de las aves excavadoras para la anidación de los loros	44
Selección de cavidades como sitios de anidacion	44
Sustrato de anidación utilizado por el loro corona lila	45
Ocupación de cavidades por otros organismos	46
Implicaciones para la conservación del loro corona lila	47
CONCLUSIONES	49
LITERATURA CITADA	50
Anexo 1. Lista de aves adoptadoras de cavidades presentes en la región de Chamela	57

RESUMEN

El loro corona lila (*Amazona finschi*) es un ave endémica del Pacífico Mexicano en que, como anidante secundaria de cavidad, la disponibilidad de oquedades puede ser un factor limitante para su reproducción. Se determinó la disponibilidad de sitios de anidación para los loros en bosque caducifolio, subcaducifolio y monoespecífico de *Piranhea mexicana*, que conforman el mosaico de vegetación del bosque tropical seco en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, en la costa occidental de Jalisco, México. Se evaluaron las características de las cavidades y la cantidad de árboles muertos en pie, que representan sitios potenciales de anidación. Además, se buscaron los nidos activos del loro registrando sus características, para evaluar la selección de cavidad por los loros.

El total de cavidades no varió entre tipos de hábitat, pero hubo una variación significativa en la disponibilidad de cavidades con características adecuadas para los loros, siendo más abundantes en el bosque de *Piranhea* y en el subcaducifolio que en el caducifolio. Los carpinteros excavaron el 16% de las cavidades adecuadas para los loros y estas se asociaron al bosque subcaducifolio y de *Piranhea*. Las características de las cavidades variaron significativamente entre hábitats: las cavidades en el bosque caducifolio estuvieron en árboles más pequeños, a menor altura del suelo, con entradas más estrechas y soportes más pequeños que en el subcaducifolio ó de *Piranhea*. Además, la densidad de troncos apropiados para albergar cavidades útiles es mayor en el bosque subcaducifolio. Los loros seleccionaron las cavidades en función de su altura sobre el suelo, tal vez para excluir depredadores terrestres.

Los resultados demuestran que los bosques de *Piranhea* y subcaducifolio son críticos para proveer sitios de anidación al loro en Jalisco, ya que concentran los recursos de anidamiento en una extensión de sólo el 14% del mosaico de vegetación en el bosque tropical seco en la región.

ABSTRACT

The lilac-crowned parrot (*Amazona finschi*) is endemic to the Mexican Pacific, and as a secondary cavity-nesting bird, the availability of cavities can be a limiting factor for reproduction. We determined the availability of nest-sites for parrots in deciduous, semideciduous and monospecific *Piranhea mexicana* forests, which conform a mosaic of vegetation in the tropical dry forest of the Chamela-Cuixmala Biosphere Reserve on the coast of Jalisco, Mexico. We also evaluated cavities characteristics and snag abundance as potential nest-sites. Furthermore, we searched for active nests to register their characteristics and assess cavity selection by parrots.

The total abundance of cavities did not vary among vegetation types, however there was a significant variation in the availability of cavities with characteristics suitable for parrots, being more abundant in *Piranhea* and semideciduous forests. Woodpeckers excavate 16% of suitable cavities for parrots, and these were associated with semideciduous and *Piranhea* forests. Cavity characteristics varied significantly among habitats: cavities in deciduous forest were in smaller trees and supports, at a lower height from the ground, and had a narrower entrance than cavities in semideciduous and *Piranhea* forests. The density of snags with appropriate characteristics to support cavity nest-sites for parrots, was higher in semideciduous forest. The lilac-crowned parrot selects nest-cavities according to their height above the ground, perhaps to exclude terrestrial predators.

The results show that *Piranhea* and semideciduous forests are fundamental to provide nest-sites for the lilac-crowned parrot in Jalisco, since nesting resources for this parrot species were concentrated in these forest types, that represent only 14% of the mosaic of tropical dry forest in the region.

INTRODUCCIÓN

Las aves que anidan en cavidades y no son capaces de excavar sus nidos se conocen como anidadoras secundarias ó adoptadoras de cavidades; estos organismos dependen de las oquedades disponibles en el ambiente para reproducirse, por lo que la disponibilidad de recursos de anidamiento puede limitar el número de parejas reproductivas y su tamaño poblacional (Newton 1994).

Entre los principales agentes formadores de cavidades se encuentran los pájaros carpinteros (Piciformes), al menos en bosques templados de Norteamérica (Martin y Eadie 1999, Martin et al. 2004, Aiken y Martin 2007). También existen indicios acerca de su importancia en bosques tropicales, donde la riqueza específica de carpinteros se relaciona con la riqueza de adoptadoras de cavidad (Sandoval y Barrantes 2009). Otro agente formador de cavidades es el proceso de senescencia de los árboles, que genera troncos muertos en pie que representan recursos potenciales de anidamiento (Zack et al. 2002, Lohmus y Remm 2005, Remm et al. 2006).

Para evaluar la disponibilidad de recursos de anidamiento deben considerarse las preferencias de selección de cavidades por parte de las aves, que seleccionan aquellas que tienen una estructura adecuada para su tamaño (Saunders et al. 1982), al tiempo que reducen el riesgo de depredación (Newton 1994; Lohmus y Remm 2005; Remm et al. 2006) y excluyen competidores (Newton 1994). Las principales características seleccionadas en las cavidades son: la altura sobre el suelo (Li y Martin 1991), el tamaño de la entrada y la profundidad de la cavidad (Enkerlin-Hoeflich 1995, Gibbons et al. 2002, Lohmus y Remm 2005), así como el volumen de la misma (Wiebe 2001).

Entre las aves adoptadoras de cavidades se encuentran muchos Psitaciformes: guacamayas, cacatúas, loros y pericos (Newton 1994, Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego 2006). Además de usar cavidades con características que representan menor riesgo de depredación (Enkerlin-Hoeflich 1995; Renton y Salinas-Melgoza 1999; Monterrubio y Enkerlin-Hoeflich 2004; Selman et al 2004),

los Psitaciformes tienden a usar sustratos específicos de anidación (Saunders et al. 1982, Snyder et al. 1987, Pinho y Nogueira 2003, Madriz 2004, Pacheco-Garzón y Losada-Prado 2006, Renton y Brightsmith 2009). Esta preferencia los vuelve vulnerables a la limitación por recursos de anidamiento (Monterrubio-Trejo y Escalante-Pliego 2006).

El loro corona lila (*Amazona finschi*) es psitácido endémico del Pacífico Mexicano que se encuentra amenazado por la captura ilegal y la destrucción de su hábitat (IUCN 2007). Actualmente se conoce que estos loros anidan principalmente en árboles de *Piranhea mexicana* y *Astronium graveolens* (Renton y Salinas-Melgoza 1999, Monterrubio-Rico et al. 2009); sin embargo, no se han estudiado los patrones de disponibilidad de cavidades y selección de sitios de anidación (Salinas-Melgoza et al. 2009). En este trabajo se determinaron: 1) la disponibilidad de cavidades para el loro en tres tipos de vegetación del bosque tropical seco de la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala, al occidente de México y 2) los factores que dirigen la selección de cavidades por el loro, considerando la importancia de las aves excavadoras y la presencia de árboles muertos en pie.

ANTECEDENTES

Aves adoptadoras de cavidades

Las aves no colocan sus nidos en el hábitat al azar, sino que seleccionan los sitios más adecuados para el éxito de la nidada y con menor riesgo de depredación (Martin 1993). En este sentido, los nidos de cavidad tienen menor riesgo de depredación que los nidos abiertos (Martin 1993). Las aves que ocupan cavidades para anidar se pueden dividir en aves excavadoras (Piciformes principalmente); y aves que no excavan sus nidos, conocidas como anidadoras secundarias de cavidad ó adoptadoras de cavidades como se llamaran en adelante en la presente investigación. Entre las aves adoptadoras de cavidades, se encuentran especies de los órdenes

Psittaciformes, Strigiformes, Falconiformes y algunos Passeriformes (Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego 2006).

Generación de cavidades: aves excavadoras y procesos de decaimiento en los árboles

La actividad de aves excavadoras, como los carpinteros (Piciformes), juega un papel muy importante en la formación de las cavidades que posteriormente pueden ser ocupadas por las aves no excavadoras (Aitken y Martin 2007). En bosques templados de Norteamérica, las aves excavadoras generan hasta el 80% de las oquedades disponibles y se consideran el principal agente formador de cavidades (Martin y Eadie 1999, Martin et al. 2004, Aiken y Martin 2007). En bosques europeos se ha encontrado que la densidad de pájaros carpinteros puede ser un indicador de la abundancia de cavidades en el hábitat (Remm et al. 2006). Así mismo, la diversidad de aves adoptadoras de cavidades se relaciona positivamente con la diversidad de aves excavadoras tanto en bosques templados (Mikusisnski y Angelstam 1998) como en bosques tropicales (Sandoval y Barrantes 2009). Esto sustenta la importancia de las aves excavadoras como especies clave generadoras de cavidades y de recursos de anidamiento (Remm et al. 2006), aunque su importancia como formadoras de cavidades en los bosques tropicales ha sido poco estudiada (Cornelius et al. 2008).

Otro factor que puede contribuir a la abundancia de cavidades es el proceso de decaimiento de los árboles, que genera individuos muertos o senescentes que representan una fuente de sitios de anidamiento (Zack et al. 2002). Además, la interacción de los pájaros carpinteros y los hongos que infectan a los árboles podrían dirigir la formación de cavidades tanto hacia algunas especies arbóreas como hacia los individuos de mayor edad en el hábitat (Jackson y Jackson 2004). De este modo, pueden afectar la disponibilidad de recursos para aves adoptadoras de cavidades (Lohmus y Remm 2005; Remm et al. 2006). En los bosques templados de Norteamérica, Zack et al. (2002) encontraron una mayor cantidad y diversidad de aves anidadoras de cavidad en áreas con mayor

abundancia de árboles muertos en pie con cavidades. Por otro lado, Gibbs et al. (1993) encontraron que existe una menor densidad de árboles muertos en pie en los bosques tropicales comparado con los bosques templados, tal vez porque los procesos de decaimiento que finalmente derriban a los árboles son más acelerados en el trópico. Además, los bosques tropicales albergan más especies de aves adoptadoras de cavidades y proporcionalmente menos especies de aves excavadoras, lo cual junto con la menor densidad de árboles muertos en pie, podría suponer una limitación en los recursos de anidamiento para las aves adoptadoras de cavidades (Gibbs et al. 1993). Sin embargo, al igual que con las aves excavadoras, la importancia de los árboles muertos y senescentes para la reproducción de las aves en los bosques tropicales aún no ha sido suficientemente estudiada.

Disponibilidad de cavidades de anidamiento

Las adoptadoras de cavidades no excavan sus nidos y dependen de la disponibilidad de cavidades en el ambiente, lo cual podría limitar el número de parejas reproductivas y el tamaño de las poblaciones de estas aves (Newton 1994). La mayoría de estudios de la densidad de cavidades se han realizado en bosques templados conservados y bosques sujetos a perturbación humana en Estados Unidos y Europa (Cornelius et al. 2008). Estos estudios indican que los bosques conservados tienen una alta abundancia de cavidades. En bosques de álamos en Canadá se registraron 12.3 cavidades/ha, la mayoría (11.2 cavidades/ha) originadas por carpinteros mientras que sólo 1.1 cavidades/ha fueron de origen natural (Aitken y Martin 2007). Así mismo, en un bosque de pino-encino del oeste de Estados Unidos se registró una densidad de entre 3.4 y 4.8 cavidades/ha, disponibles reportando una baja proporción de ocupación, de 21% de las cavidades disponibles (Waters et al. 1990).

En condiciones de cavidades abundantes no se puede asumir la limitación para las aves adoptadoras de cavidades (Waters et al. 1990); por lo tanto, la hipótesis de las cavidades como

limitantes para la reproducción de las aves debe interpretarse junto con otros factores de los recursos y de las interacciones ecológicas (Brown y Balda 1988).

Sin embargo, en condiciones de baja disponibilidad de cavidades, estas pueden volverse un recurso limitante para la reproducción de las aves. En un estudio realizado en bosques riparios de Arizona donde se bloquearon las cavidades disponibles en el ambiente, la densidad de adoptadoras de cavidades descendió, mientras que al aumentar la oferta de sitios de anidación con la adición de cajas de anidación, aumentó la densidad de estas aves. Esto permite suponer que la disponibilidad de las cavidades de anidamiento limitó a las poblaciones involucradas (Brush 1983).

En este sentido, la disponibilidad de cavidades puede volverse limitante para la reproducción de las aves adoptadoras bajo condiciones de perturbación del hábitat (Brown y Balda 1988). En bosques de pino sujetos a diferentes niveles de perturbación, el incremento en la disponibilidad de cavidades al colocar cajas nido aumentó la densidad de aves adoptadoras de cavidades (*Tachycineta thalassina*, *Sitta pygmaea* y *Sialia mexicana*) en las áreas más perturbadas, mientras no hubo cambio en la población de estas aves en el área con menor perturbación donde se aplicó el mismo tratamiento (Brown y Balda 1988). Sin embargo, la disponibilidad de cavidades no necesariamente refleja la calidad de las mismas para su uso como sitios de anidación por las aves (Lohmus y Remm 2005). En bosques riparios de Estonia se ha observado que aún cuando los recursos potenciales de anidamiento son relativamente abundantes (3.7 cavidades/ha), la densidad de parejas reproductoras de algunas especies de passeriformes se eleva después de colocar cajas nido, lo que indica que la baja calidad de muchas cavidades existentes en el hábitat limitaba la disponibilidad de cavidades de anidamiento (Lohmus y Remm 2005).

En comparación con los bosques templados, se sabe muy poco acerca de los aspectos ecológicos relacionados con la disponibilidad de cavidades en los bosques tropicales (Cornelius et al. 2008). En un bosque de eucaliptos del oeste de Australia se ha registrado una alta densidad de 16

cavidades/ha, el 42% siendo ocupados por Psittaciformes, Falconiformes y Anseriformes, lo que sugiere que la disponibilidad de las cavidades no es un factor limitante (Saunders et al. 1982). Sin embargo, la disponibilidad de cavidades puede ser más reducida en bosques tropicales perturbados. En Papúa Nueva Guinea, se reportó una disponibilidad de 0.8 cavidades/ha para el anidamiento de pericos y calaos en las áreas de bosque conservado, mientras que en el hábitat perturbado la densidad varió entre 0 y 0.34 cavidades/ha (Marsden y Pilgrim 2003). De igual forma, en el noreste de México se encontró que la disponibilidad de cavidades para tres loros del género *Amazona* disminuye con la perturbación del hábitat, de modo que en el hábitat más perturbado hubo entre 1.3 a 2.6 cavidades/ha; mientras que en fragmentos de bosque hubo entre 4.2 y 8.8 cavidades/ha (Enkerlin-Hoeflich 1995). Además documentó una ocupación del 25% en cavidades apropiadas, lo que indica que probablemente no sean limitantes en función de su abundancia (Enkerlin-Hoeflich 1995).

Sin embargo, una alta abundancia de cavidades no implica alta disponibilidad de sitios de anidación. Es necesario tomar en consideración si las características de las cavidades son adecuadas para la anidación de las aves. En general, una cavidad es adecuada cuando sus dimensiones y posición en el sustrato permiten el acceso de las aves anidantes y ayudan a excluir a los depredadores (Newton 1994). En las montañas de Puerto Rico, donde el hábitat ha sido altamente perturbado, se registró una alta disponibilidad general de cavidades en el bosque, aunque las cavidades adecuadas para ser usadas como nidos fueron muy escasas, entre 0.2 y 1.3 cavidades/ha (Snyder et al. 1987). Del mismo modo en áreas conservadas del bosque atlántico de Argentina se ha registrado una densidad de 16.8 cavidades/ha, mientras que en áreas sujetas a tala selectiva la densidad fue de 7.5 cavidades/ha (Cockle et al. 2008). Sin embargo, al considerar sólo las cavidades que por sus características podrían ser ocupadas como sitios de anidamiento, la densidad fue de 1.3 cavidades/ha en áreas conservadas y de 0.5 cavidades/ha en bosque talado, por lo que las cavidades

óptimas para anidar pueden ser limitantes para especies que tengan criterios específicos de selección en cuanto a las características de sus recursos de anidación (Cockle et al. 2008).

Selección de cavidades por las aves

No todas las cavidades en el ambiente son adecuadas para la anidación de las aves, dado que seleccionan para anidar cavidades con dimensiones específicas de acuerdo al tamaño del ave (Saunders et al. 1982). La altura al suelo (Li y Martin 1991), el tamaño de la entrada y la profundidad de la cavidad (Enkerlin-Hoeflich 1995, Gibbons et al. 2002, Lohmus y Remm 2005), así como el volumen de la misma (Wiebe 2001) son las características seleccionadas para la ocupación de las cavidades. Dichas características podrían ser preferidas por las aves porque excluyen depredadores y algunos competidores (Newton 1994). De este modo, la calidad de las cavidades disponibles puede ser el factor que las vuelve un recurso limitante para la reproducción de las aves adoptadoras de cavidades (Newton 1994, Lohmus y Remm 2005, Cockle et al. 2008).

En los bosques boreales de Columbia Británica se estudiaron cinco especies de aves anidadoras de cavidad, las cuales seleccionaron las cavidades de anidación de acuerdo a su tamaño: las aves pequeñas, como el azulejo pálido (*Sialia currucoides*) y la golondrina bicolor (*Tachycineta bicolor*) seleccionaron cavidades de anidamiento con entradas, profundidades y volúmenes significativamente menores que las especies de mayor tamaño, como el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*) y el pato monja (*Bucephala albeola*); del mismo modo que el carpintero de pechera (*Colaptes auratus*), que es un ave excavadora (Peterson y Gauthier 1985). Por otro lado, el tecolote oriental (*Otus asio*) seleccionó sus cavidades de anidamiento de acuerdo a la profundidad, altura y tamaño de entrada que podría servirles a los búhos para evadir la presión de depredación por mamíferos terrestres (Belthoff y Ritchison 1990). Este patrón de selección de cavidades para anidar es muy similar al mostrado por el tecolote ojo oscuro (*Otus flammeolus*), en bosques templados de

Nuevo Mexico, en Estados Unidos (McCallum y Gehlbach 1988). En otro tipo de hábitat, los tecolotes enanos *Micrathene whitneyi* del desierto Sonorense en Arizona seleccionaron las cavidades de anidamiento en áreas de mayor densidad de cactus maduros, en individuos maduros y en alturas mayores que las cavidades disponibles no utilizadas (Hardy y Morrison 2001).

Selección de sitios de anidación por los Psitácidos

La mayoría de los psitácidos son adoptadores de cavidades y dependen de la disponibilidad de éstas para anidar (Newton 1994, Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego 2006). Algunos estudios señalan que los psitácidos usan para anidar cavidades que por su tamaño de entrada y altura en los árboles, podrían representar un menor riesgo de depredación (Enkerlin-Hoeflich 1995; Renton y Salinas-Melgoza 1999; Monterrubio y Enkerlin-Hoeflich 2004; Selman et al. 2004).

Al noreste de México, tres especies del género *Amazona* (*A. oratrix*, *A. autumnalis* y *A. viridigenalis*) seleccionan cavidades de anidación con entradas estrechas y mayor altura sobre el suelo, lo que podría estar relacionado con la reducción de la depredación (Enkerlin-Hoeflich 1995). Las cotorras serranas *Rhynchopsitta pachyrhyncha* utilizan cavidades de entradas estrechas y de altura considerable en árboles muertos (Monterrubio y Enkerlin-Hoeflich 2004). En este mismo sentido, los pericos africanos *Poicephalus rueppelli* usan cavidades con aberturas de tamaño suficiente para permitir su entrada pero que excluyen a los depredadores de mayor tamaño, tal vez por esta razón evitan el uso de cavidades con entradas mayores que 15 cm (Selman et al. 2004).

Así mismo, en bosques de eucalipto del oeste de Australia cinco especies de psitaciformes utilizan las cavidades disponibles, seleccionándolas con relación a su tamaño corporal (Saunders et al. 1982). De esta manera, las aves de mayor tamaño, como las cacatúa fúnebre de cola amarilla (*Calyptorhynchus funereus*), seleccionaron las cavidades con entradas mayores y más profundas: 27 cm de ancho y 1.7 m de profundidad; en tanto, los loros de Port Lincoln (*Barnadius zonarius*)

seleccionaron cavidades con entradas más pequeñas y de menor profundidad: 13 cm de ancho y 83 cm de profundidad (Saunders et al. 1982).

El tamaño de los árboles donde se ubican las cavidades también puede influir en la selección de cavidades por los psitácidos. En el caso del perico de cuello café (*Poicephalus fuscicollis*) del sur de África, las cavidades ocupadas como nido se encuentran en los baobabs (*Adansonia digitata*) más grandes disponibles (Symes y Perrin 2004). En Indonesia, la cacatúa sulfúrea (*Cacatua sulphurea*) selecciona para anidar árboles de *Tetrameles nudiflora* y *Chisocheton sp* de tamaño grande, ya que prefieren árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) > 1.16m, los cuales son muy escasos en el hábitat, a razón de menos de 2 árboles por ha (Walker et al. 2005). Además, las cavidades con dimensiones dentro del rango usado por la cacatúa son muy raras, con sólo 0.57 cavidades/ha (Walker et al. 2005). Conforme el tamaño del ave aumenta, la posibilidad de encontrar una cavidad adecuada disminuye, por lo que el hábitat donde abundan los recursos de anidamiento puede volverse crítico para la reproducción de las especies, como sucede en el caso de la cacatúa lustrosa (*Calyptorhynchus lathami*), que depende de las cavidades en árboles muertos de gran tamaño en Australia (Cameron 2006).

Además, los psitácidos tienden a utilizar sustratos específicos de anidación. En la Amazonia peruana las guacamayas *Ara macao* y *A. chloroptera* usan cavidades en árboles *Dypterix micrantha*; mientras que *Ara ararauna* usa palmas *Mauritia flexuosa* (Renton y Brightsmith 2009). En Costa Rica, *Ara ambigua* utiliza árboles de *Dypterix panamensis* (Madriz 2004) y en el Pantanal brasileño *Anodorhynchus hyacinthinus* usa cavidades en árboles de *Sterculia apetala* (Pinho y Nogueira 2003). En el suroeste de Australia, las cacatúas *Cacatua roseicapilla*, *C. pastinator*, *Calyptorhynchus funereus*, *C. magnificus* y el perico *Barnadius zonarius* usan cavidades en *Eucalyptus salmonophloia* (Saunders et al. 1982). En Nueva Caledonia, el perico *Eunymphicus cornutus* anida en árboles de *Syzygium sp.* y *Mimusops sp.* (Robinet y Salas 1999). Por otro lado,

algunos psitácidos seleccionan árboles senescentes ó muertos para anidar, como la cotorra serrana (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) que anida árboles de *Pseudotsuga menziessi*, *Pinus ayacahuite* y *Populus tremuloides* muertos ó senescentes (Monterrubio-Rico y Enkerlin-Hoeflich 2004, Monterrubio-Rico et al. 2006). Así mismo, el loro *Amazona vittata* usa árboles senescentes de *Cyrilla racemiflora* en los bosques maduros de Puerto Rico (Snyder et al. 1987) y el loro *Ognorhynchus icterotis* anida en palmas muertas de *Ceroxylum quindiuense* en Colombia (Pacheco-Garzón y Losada-Prado 2006).

Dado que los psitácidos utilizan con mayor frecuencia cavidades con características específicas para anidar, las cavidades con características óptimas podrían ser un recurso limitante de las oportunidades de reproducción (Beissinger 1996).

Cavidades de anidamiento como limitantes para el loro corona lila

El loro corona lila (*Amazona finschi*) es una especie endémica al Occidente de México (Forshaw 1989) considerada Vulnerable en la Lista Roja de IUCN (2010) y la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-2001 (SEMARNAT 2002). Estudios realizados con el loro corona lila en el bosque tropical seco han determinado que los loros anidan principalmente en cavidades en árboles de *Piranhea mexicana* y *Astronium graveolens* con poca variación en la altura de la cavidad en el árbol y el ancho de la entrada (Renton y Salinas-Melgoza 1999, Monterrubio-Rico et al. 2006). Sin embargo, no se han realizado estudios para determinar la disponibilidad de cavidades en los diferentes tipos de hábitat en el bosque tropical seco para comprender la selección de sitios de anidación por los loros y su papel como factor limitante para la reproducción de estas aves (Salinas-Melgoza et al. 2009). El propósito del presente estudio fue determinar los factores que dirigen la selección de cavidades por el loro corona lila, así como su disponibilidad en el bosque tropical seco. Además se evaluó la importancia de las aves excavadoras y la presencia de árboles muertos en pie

como factores que influyen en la disponibilidad de cavidades para el loro. Se compararon las características de las cavidades disponibles en el ambiente con las utilizadas para anidar por los loros con la finalidad de determinar si realizan una selección de cavidades para anidar.

Hipótesis

Los loros seleccionan para anidar aquellas cavidades que presentan características asociadas a la evasión de la depredación; mismas que son escasas en el hábitat.

Objetivos

1. Determinar la disponibilidad de cavidades en el bosque tropical seco, evaluando la importancia de los árboles muertos en pie y las aves excavadoras de cavidades como formadoras de sitios potenciales de anidación.
2. Determinar la disponibilidad de cavidades adecuadas de anidamiento para el loro corona lila.
3. Evaluar si el loro corona lila realiza una selección de sitio de anidación comparando las características de las cavidades utilizadas como nidos por los loros y las cavidades no utilizadas.

MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, en la costa de Jalisco (19°22'N a 19°35'N; 104°56'O a 105°03'O). El clima del sitio es marcadamente estacional, con una precipitación promedio anual de 748 mm, la mayor parte de la cual cae entre junio y noviembre (Bullock 1986). La topografía del sitio está compuesta por colinas que albergan cañadas y pequeños valles, su altitud varía de los 20 a los 520 msnm. La vegetación en las laderas de las colinas es

bosque tropical caducifolio, mientras que en las cañadas y zonas más húmedas hay bosque tropical subcaducifolio (Lott 1987); además existen manchones de bosque asociados a laderas y cañadas que están dominados de forma monoespecífica por *Piranhea mexicana* (Martijena y Bullock 1994). Aunque la fenología, composición florística y sitios de establecimiento de las tres asociaciones vegetales es diferente, las condiciones de latitud y altitud, temperatura, precipitación y humedad, definen a estos tipos de vegetación como bosque tropical seco, de acuerdo a la propuesta de zonas de vida de Holdridge (1967).

Disponibilidad de cavidades en el bosque tropical seco

Se realizó una búsqueda intensiva de cavidades durante la temporada reproductiva del loro corona lila entre abril y junio de 2009, considerando tres tipos de vegetación en el bosque tropical seco: 1) bosque caducifolio, 2) bosque subcaducifolio, y 3) bosque monoespecífico de *Piranhea mexicana*. En cada tipo de vegetación se establecieron 5 transectos de 100 x 25 m, lo que representa un área de 1.25 ha por hábitat y una muestra total de 3.75 ha de bosque tropical seco (figura 1).

En cada transecto se revisaron los árboles con ayuda de binoculares para registrar todas las cavidades existentes. Se consideraron como cavidad sólo los huecos en los árboles con aberturas de más de 2 cm de ancho y más de 8 cm de profundidad (según Cockle et al. 2008).

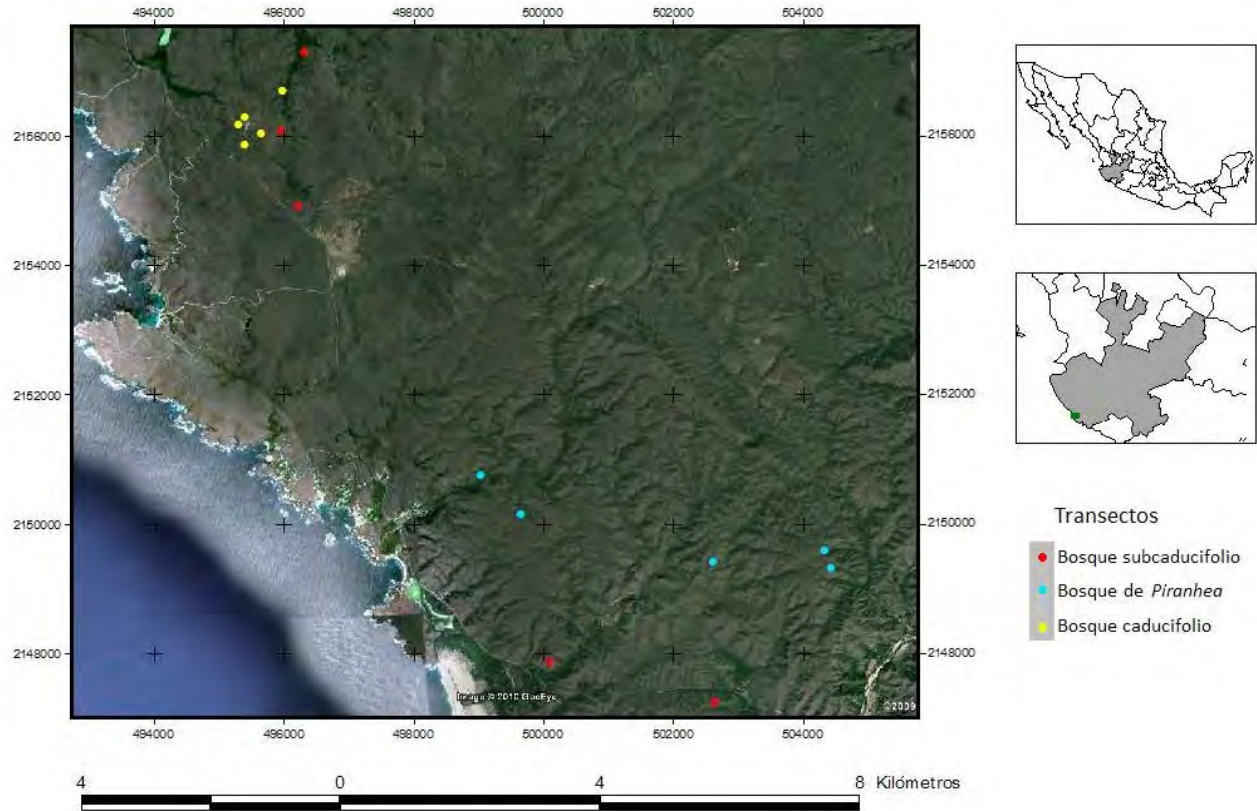


Figura 1. Sitio de estudio y ubicación de los transectos para estimar la disponibilidad de cavidades en el bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, en la costa de Jalisco (19°22'N a 19°35'N; 104°56'O a 105°03'O).

Además, se definió como cavidad a los huecos en la madera que tuvieron paredes y fondo cerrados. Las cicatrices en madera ó huecos que estaban abiertos en el fondo no se consideraron como una cavidad. En el caso de las oquedades que tuvieron más de una entrada, sólo se registraron los datos de la abertura de mayor tamaño, ya que esta dimensión determinará si un posible ocupante ó depredador es excluido (figura 2).

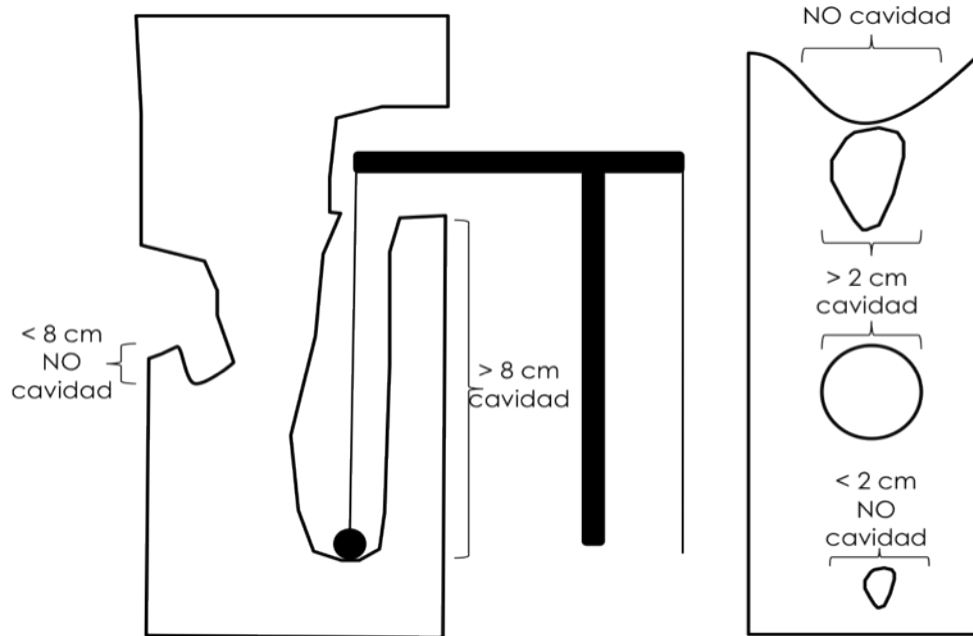


Figura 2. Criterios considerados para definir una cavidad. Se tomaron en cuenta como cavidades entradas con ancho > 2 cm y profundidad > 8 cm (Cockle et al. 2008), con paredes y fondo cerrados.

Las cavidades anotadas fueron categorizadas de acuerdo al estado del árbol (árbol vivo o muerto) y a su origen (excavada o natural). Las cavidades excavadas por aves se pueden distinguir con facilidad debido a su forma redonda simétrica, mientras las cavidades no excavadas tienen una forma irregular y se localizan en sitios dañados de los árboles, como la base ó la punta de ramas rotas, detrás de la corteza ó en la punta de trocos muertos (Aitken y Martin 2007). Al encontrar un árbol con cavidad se registró la especie y su DAP. Además se midieron las variables de altura al suelo y el ancho de entrada de la cavidad, así como el diámetro del soporte donde se encontró y la profundidad de la cavidad. Se consideraron estas características porque son las que presentan menor variación en los nidos del loro corona lila (Renton y Salinas-Melgoza 1999). Adicionalmente, se anotó la posición de cada cavidad sobre el árbol (rama ó tronco) y su ángulo de orientación vertical (de 0 a 90°). En cavidades de altura < 4 m sobre el suelo se utilizó una escalera para alcanzar y

medir sus características. En el caso de las cavidades de altura > 4 m, se utilizó un tubo de medición de árboles extendible hasta 15 m al cual se fijó un carrete con hilo de pescar que sostenía un plomo. Se midió la altura de la cavidad por la extensión del tubo, mientras la distancia que el plomo descendió dentro de cada cavidad determinó su profundidad. Para cavidades de mayor altura se utilizó un dendrómetro digital Criterion RD 1000 para medir la altura y el diámetro de la entrada de la cavidad, además del diámetro del soporte. Siempre que fue posible, durante la revisión de las cavidades se registró si había organismos ocupándolas; además, durante la revisión en los transectos se observó con binoculares el uso de las cavidades por organismos diferentes a los loros.

Para evaluar la importancia de los árboles muertos en pie como fuente de cavidades potenciales de anidación, se registraron todos los árboles muertos en pie dentro de cada transecto, anotando su DAP, altura total y el número de cavidades que contenía. Para el análisis sólo se consideraron a los árboles muertos en pie con DAP > 10 cm y altura > 2 m (Gibbs et al. 1993). Los árboles muertos en pie que en este trabajo se consideraron adecuados para la anidación de los loros fueron aquellos cuyos DAP y altura coincidieron con los árboles que los loros utilizan para anidar (Renton y Salinas-Melgoza 1999).

Cavidades utilizadas como nido por los loros

Se realizó una búsqueda de nidos mediante observaciones directas del comportamiento de las parejas de loros (Renton y Salinas-Melgoza 1999). Como resultado de esta búsqueda en la temporada reproductiva de 2009 se encontraron 17 cavidades seleccionadas como nidos por el loro corona lila. Además, dentro de los transectos se registraron los datos de una cavidad que en años pasados fue usada como nido por los loros. Para cada uno de estos nidos se registraron las mismas características que para las cavidades en los transectos.

Análisis de datos

Con los datos obtenidos de los transectos en los diferentes tipos de hábitat se estimó:

- 1) la densidad de cavidades en el hábitat, sin importar su tamaño o sustrato.
- 2) la densidad de cavidades adecuadas para la anidación de los loros.
- 3) la densidad total de árboles muertos en pie.
- 4) la densidad de árboles muertos que podrían albergar una cavidad.

Para las cavidades adecuadas para los loros, se consideraron sólo las cavidades con los valores de DAP del árbol > 27.7 cm, altura de la cavidad > 7.4 m, ancho de la entrada de $6.4 - 14$ cm y profundidad > 24 cm, que se ha reportado son utilizadas por el loro corona lila (Renton y Salinas-Melgoza 1999). Se excluyeron del análisis de cavidades adecuadas a aquellas que tuvieron un ángulo de inclinación mayor a 45° . Se consideraron como árboles muertos útiles para los loros a aquellos con DAP > 28 cm y altura > 7.4 m (Renton y Salinas-Melgoza 1999).

Se analizó la normalidad de los datos con pruebas de Shapiro-Wilk. La densidad total de cavidades tuvo una distribución normal ($W = 0.98$, $P = 0.97$), al igual que la densidad total de árboles muertos ($W = 0.91$, $P = 0.16$) y de árboles muertos adecuados para sostener cavidades para los loros ($W = 0.88$, $P = 0.06$), por lo que las comparaciones entre los tres tipos de vegetación se analizaron con ANOVA de una vía usando pruebas pos hoc de Tukey. Por otro lado, la densidad de cavidades adecuadas para los loros no presentó una distribución normal ($W = 0.79$, $P = 0.003$) y las comparaciones entre tipos de vegetación se realizaron con pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis, usando pruebas post hoc de Dunnet (Zar 1999). En ambos casos, los análisis se realizaron con el programa JMP 6.0 (SAS Institute 2005).

Se aplicaron pruebas de tabla de contingencia de χ^2 para evaluar si la frecuencia de cavidades excavadas y naturales o de cavidades en árboles vivos ó muertos está asociada con el tipo de vegetación (Zar 1999). Adicionalmente, se aplicaron pruebas de bondad de ajuste de χ^2 para

determinar si las cavidades adecuadas para la anidación de los loros ocurren de manera equitativa en las diferentes especies de árboles ó por rangos de tamaño del DAP; así como para identificar si existe alguna relación entre el origen de las cavidades útiles y el origen de las cavidades ocupadas como nidos por los loros.

Para evaluar la selección de sitios de anidación por los loros se compararon las características de las cavidades utilizadas y no utilizadas como nidos por medio de pruebas de Mann-Whitney U (Zar 1999). Finalmente, se aplicó un modelo de regresión logística múltiple (nido = 1, cavidad = 0) usando el programa SPSS 17 (2008) para evaluar cuál de las características registradas para las cavidades es mejor como predictor de la selección de sitio de anidación por los loros. Para los análisis se consideró un valor $\alpha = 0.05$. Los datos se presentan como valores promedio \pm desviación estándar.

RESULTADOS

Disponibilidad de cavidades en el bosque tropical seco

En total se registraron 289 cavidades en 3.75 ha del bosque tropical seco: 124 cavidades fueron registradas en bosque monoespecífico de *Piranhea mexicana*; 110 cavidades en el bosque subcaducifolio; y 55 cavidades en el bosque caducifolio. Se registró una mayor abundancia de cavidades en los bosques de *Piranhea* y subcaducifolio ($F_{2,12} = 5.34$, $P = 0.02$, figura 3).

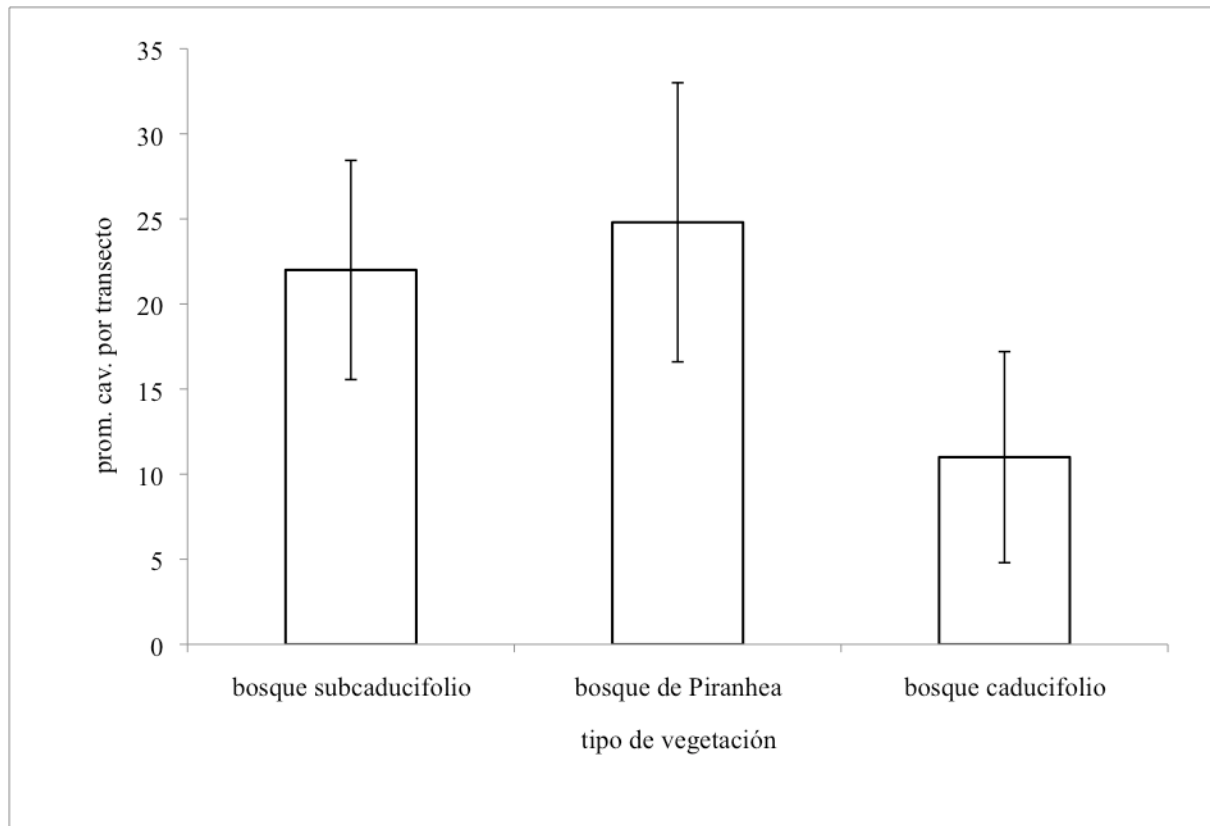


Figura 3. Densidad total de cavidades para la anidación del loro corona lila en tres tipos de vegetación del bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. La mayor abundancia se registró en los bosques de *Piranhea* y subcaducifolio ($F_{2,12} = 5.34$, $P = 0.02$).

De forma contrastante, no se presentaron cavidades adecuadas en el bosque tropical caducifolio ($H = 12.58$, $gl = 2$, $P = 0.002$). La mayor abundancia de cavidades adecuadas se presentó en el bosque *Piranhea* ($d = 2.5$ $p = 0.05$; figura 4).

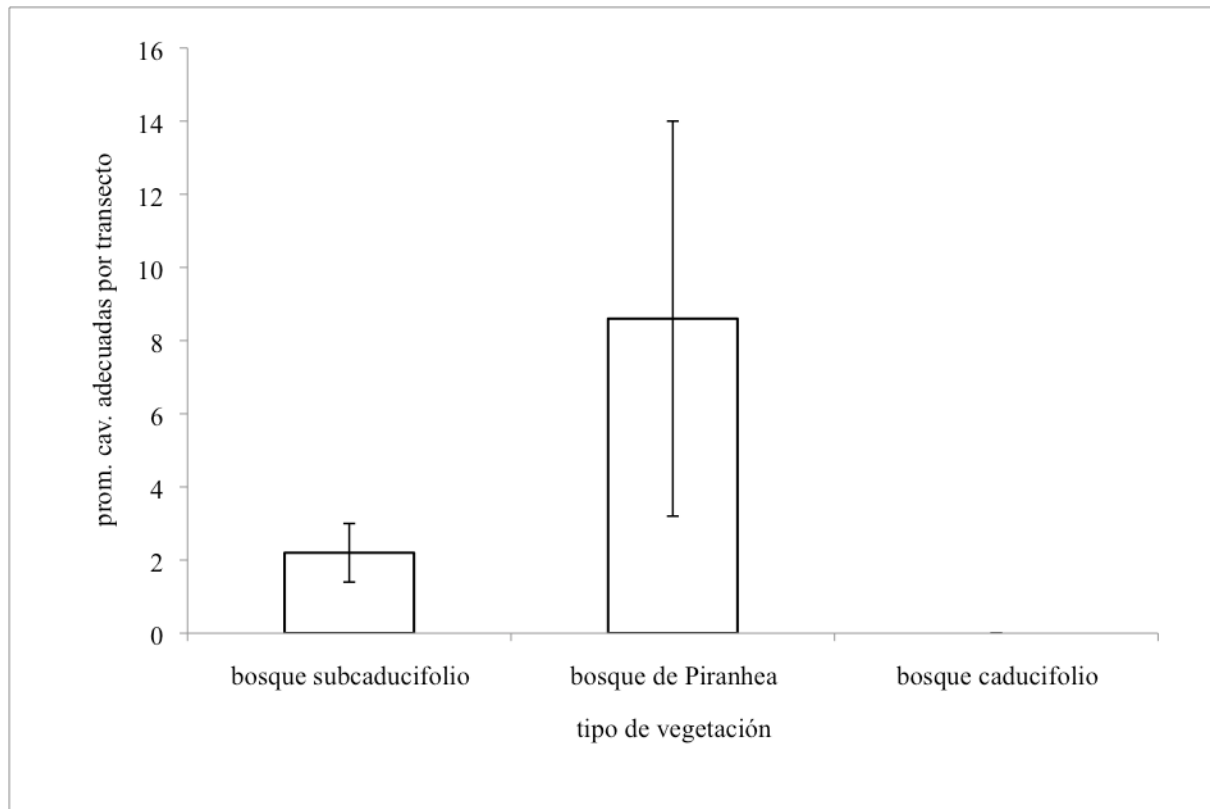


Figura 4. Densidad de cavidades adecuadas para la anidación del loro corona lila en tres tipos de vegetación del bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. No se registraron cavidades adecuadas en el bosque caducifolio ($H = 12.58$, $gl = 2$, $P = 0.002$).

Se encontraron 213 cavidades en 32 especies de árboles y 54 cavidades en árboles muertos en pie. Además se registraron 22 cavidades en árboles que no fue posible identificar, dado que el trabajo se realizó en la época de sequía y muchos árboles pierden sus hojas. Sin embargo, sólo ocho especies de árboles, además de los árboles muertos, presentaron cavidades adecuadas para los loros (Tabla 2).

El resultado de la prueba de bondad de ajuste de χ^2 mostró que la frecuencia de cavidades adecuadas no es independiente de la especie de árbol sustrato ($\chi^2 = 17.7$, gl = 8, $P = 0.02$). La especie de árbol que tuvo más cavidades adecuadas para los loros fue *Piranhea mexicana* (39 cavidades), seguida por los árboles muertos en pie (7 cavidades; Tabla 2).

Otros árboles presentaron cavidades adecuadas, aunque en mucho menor abundancia. *Astronium graveolens* presentó dos cavidades adecuadas. Seis especies más presentaron una cavidad adecuada para los loros. Durante la búsqueda de nidos activos de los loros, se registraron nidos en especies de árboles que no presentaron cavidades dentro de los transectos, estos datos también se presentan en la Tabla 2. Por otro lado, la frecuencia de cavidades adecuadas para los loros estuvo asociada significativamente con el rango de DAP de los árboles sustrato ($\chi^2 = 29$, gl = 8, $P < 0.001$). Hubo mayor abundancia de cavidades adecuadas para los loros en árboles con DAP de entre 29.7 y 66.75 cm (figura 5).

Tabla 2. Especies de árboles y cavidades registradas en el bosque tropical seco.

Especie	Familia	Total de cavidades	Cavidades adecuadas	¹Nidos activos
<i>Piranhea mexicana</i>	Euphorbiaceae	76	39	9
muerto en pie		54	7	
no identificada		22		
<i>Cynometra oaxacana</i>	Fabaceae	17		
<i>Caesalpinia sclerocarpa</i>	Fabaceae	16		
<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	13	1	2
<i>Coccoloba barbadensis</i>	Polygonaceae	11	1	

Especie	Familia	Total de cavidades	Cavidades adecuadas	¹Nidos activos
<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	9	2	3
<i>Couepia polyandra</i>	Chrysobalanaceae	9	1	
<i>Guaiacum coulteri</i>	Zygophyllaceae	8		
<i>Guarea glabra</i>	Meliaceae	6	1	
<i>Caesalpinia coriaria</i>	Fabaceae	6		
<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	6		
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	Fabaceae	5		
<i>Sideroxylon capiri</i>	Sapotaceae	5	1	
<i>Thouinidium decandrum</i>	Sapindaceae	4		
<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	2	1	
<i>Caesalpinia mangense</i>	Fabaceae	2		
<i>Haematoxylum brasiletto</i>	Fabaceae	2		
<i>Sciadodendron excelsum</i>	Araliaceae	2		
<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	1		
<i>Bursera arborea</i>	Burseraceae	1		
<i>Caesalpinia platyloba</i>	Fabaceae	1		
<i>Comocladia engleriana</i>	Anacardiaceae	1		
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	1		
<i>Ficus cotinifolia</i>	Moraceae	1		
<i>Guapira macrocarpa</i>	Nyctaginaceae	1		
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	1		

Especie	Familia	Total de cavidades	Cavidades adecuadas	¹Nidos activos
<i>Lonchocarpus sp.1 eriocarinalis?</i>	Fabaceae	1		
<i>Lonchocarpus sp.2</i>	Fabaceae	1		
<i>Pithecellobium dulce</i>	Fabaceae	1		
<i>Recchia mexicana</i>	Scrophulariaceae	1		
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Bignoniaceae	1		
<i>Thouinia paucidentata</i>	Sapindaceae	1		
<i>Forchammeria pallida</i>	Capparaceae	-	-	1
<i>Gyrocarpus americanus</i>	Hernandiaceae	-	-	2

¹ Algunos de los nidos activos se encontraron fuera de los transectos, por lo que puede haber más nidos que cavidades adecuadas.

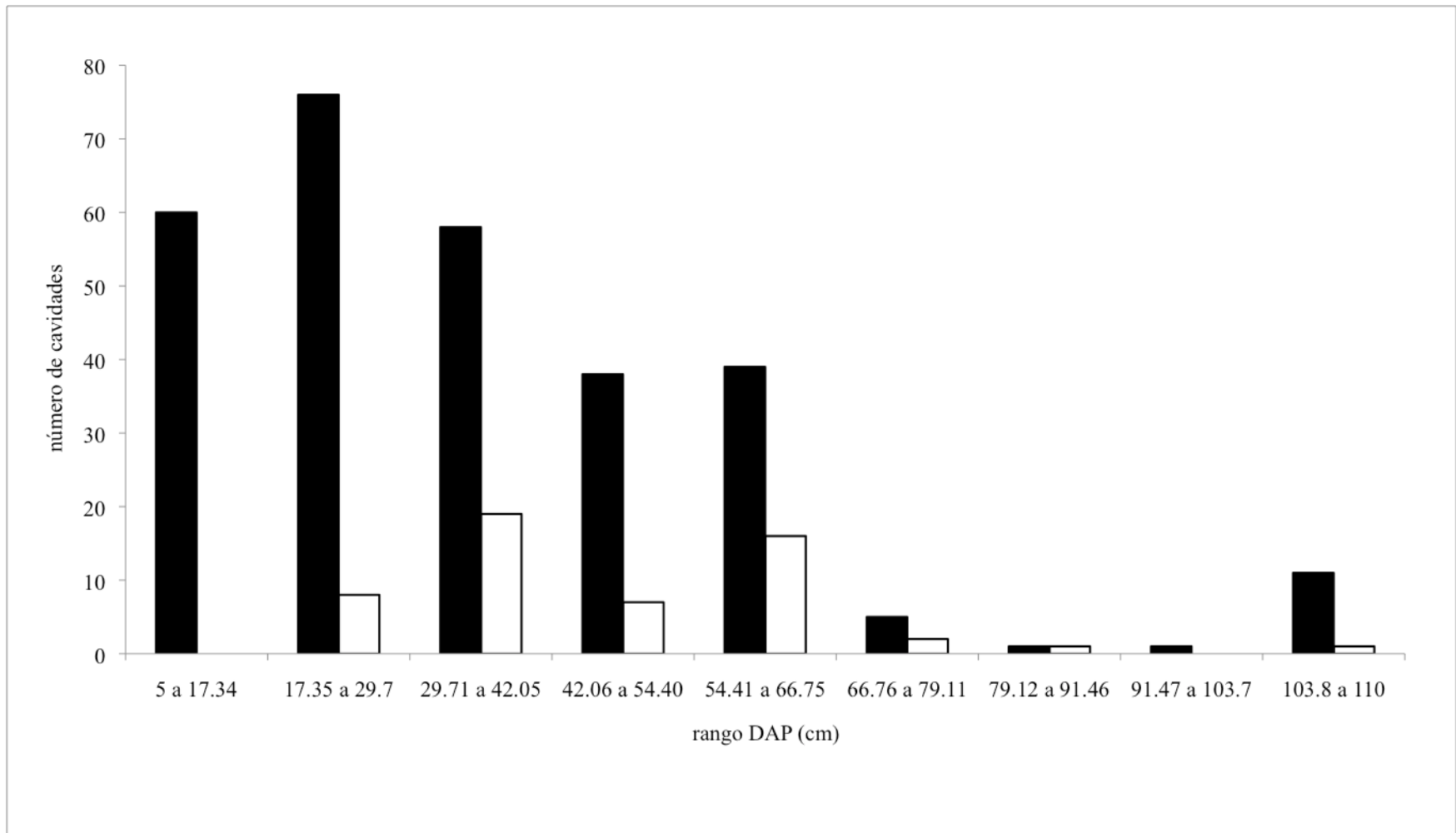


Figura 5. Distribución de las cavidades por rango de DAP de los árboles en el bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. Las barras negras representan el total de cavidades, las barras blancas representan las cavidades adecuadas.

Disponibilidad de árboles muertos

En total se registraron 250 troncos de árboles muertos en pie en 3.75 ha del bosque tropical seco. La mayor densidad de estos árboles se registro en el bosque caducifolio, seguido por el bosque de *Piranhea* (figura 6). La abundancia de árboles muertos no varió significativamente entre los tres tipos de vegetación ($F_{2,12} = 3.73, P > 0.05$).

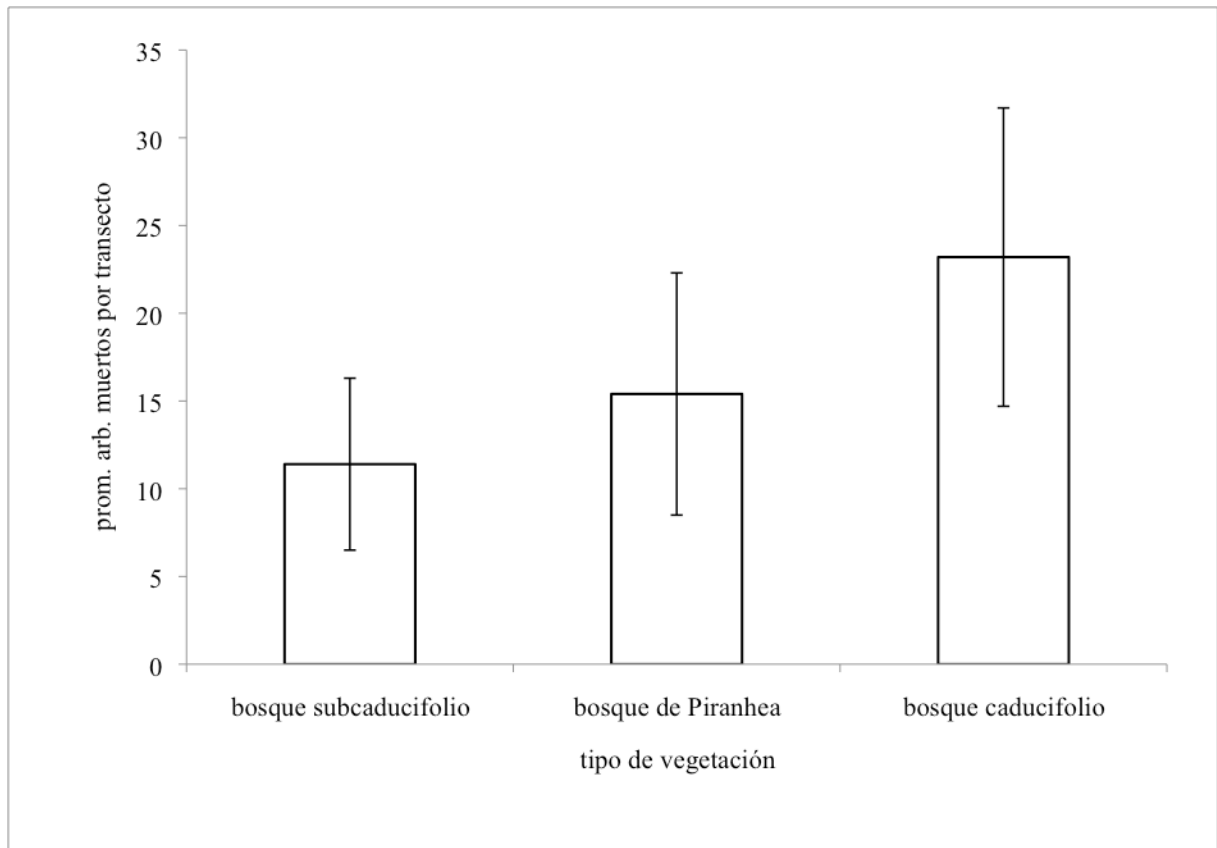


Figura 5. Densidad de árboles muertos en pie con cavidades útiles para el loro corona lila en tres tipos de vegetación en el bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. No se registraron diferencias entre los tipos de vegetación ($F_{2,12} = 3.73, P > 0.05$).

Tampoco se detectaron diferencias en la abundancia de árboles muertos que por sus dimensiones podrían albergar una cavidad adecuada para los loros entre los tres tipos de vegetación considerados ($F_{2,12} = 2.57, P = 0.11$). Es notable que, aunque la densidad de árboles muertos fue más alta en el bosque caducifolio, la densidad de árboles muertos adecuados para mantener cavidades útiles para los loros en este tipo de vegetación fue la más baja (figura 6).

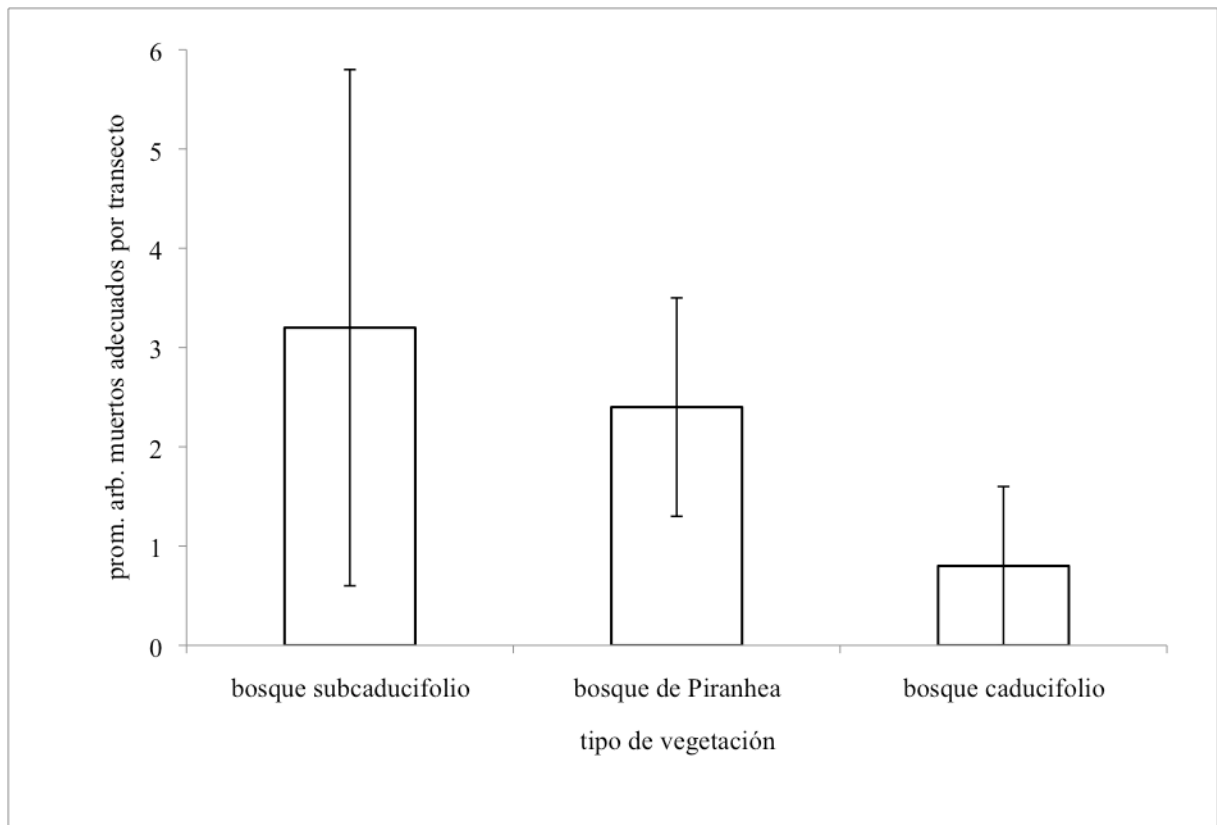


Figura 6. Densidad de árboles muertos en pie adecuados para mantener cavidades útiles para el loro corona lila en tres tipos de vegetación en el bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. No se registraron diferencias entre los tipos de vegetación ($F_{2,12} = 2.57, P = 0.11$).

Asociación de cavidades por origen y por sustrato al tipo de vegetación

Del total de 289 cavidades registradas, 24 (8%) fueron excavadas por pájaros carpinteros: 13 en bosque subcaducifolio y 11 en bosque de *Piranhea*, mientras no se registró ninguna cavidad excavada en el bosque caducifolio (figura 7). En el caso de las 54 cavidades adecuadas para la anidación del loro corona lila, los pájaros carpinteros formaron 10 cavidades (18%). Considerando el porcentaje de cavidades por hábitat, las aves excavadoras generaron el 27% de las cavidades adecuadas en el bosque subcaducifolio, mientras en el bosque de *Piranhea*, sólo generaron el 16%. Con respecto al estado del sustrato donde se encuentran las cavidades, la frecuencia de cavidades en árboles muertos estuvo asociada con el tipo de vegetación ($\chi^2 = 15.7$, $gl = 2$, $P < 0.001$), con una mayor abundancia de cavidades en árboles muertos en el bosque caducifolio (figura 8).

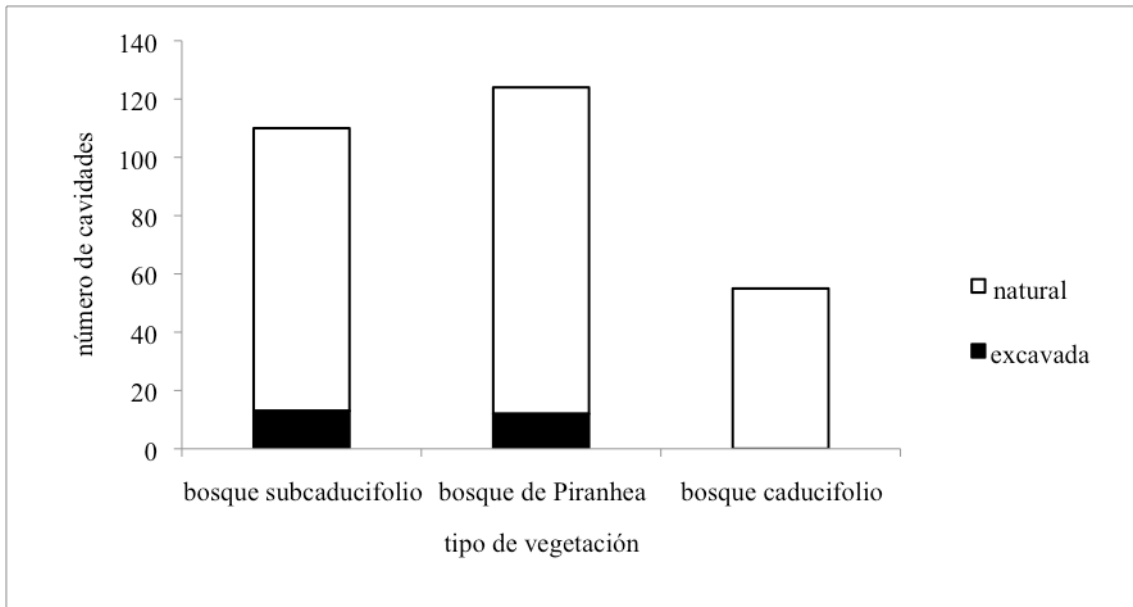


Figura 7. Asociación de cavidades por su origen en los tres tipos de vegetación en el bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala.

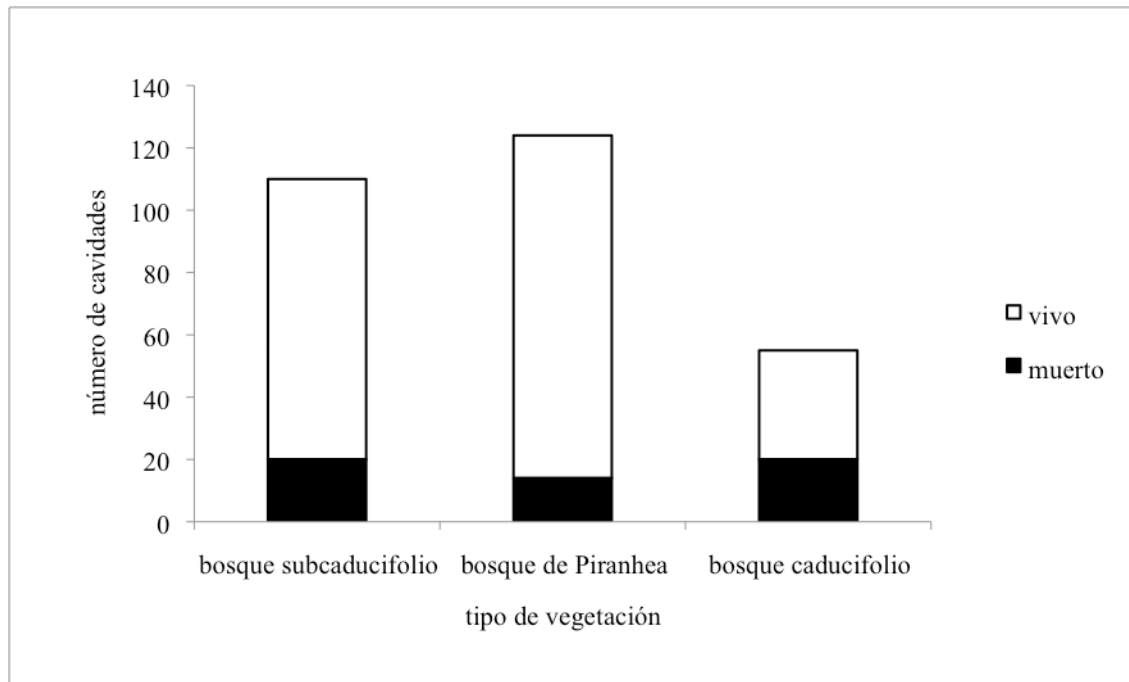


Figura 8. Asociación de cavidades en árboles vivos y muertos en los tres tipos de vegetación en el bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala.

Comparación de las características de las cavidades por tipo de vegetación

Las características de las cavidades que se registraron en los transectos variaron significativamente entre los tres tipos de vegetación, con la excepción de profundidad de las cavidades, que no presentó diferencias significativas (Tabla 4). Las cavidades en el bosque subcaducifolio y bosque *Piranhea* se encontraron en árboles más grandes, tanto en el diámetro a la altura del pecho como en el diámetro del soporte de la cavidad. En cambio, las cavidades en el bosque caducifolio se localizaron en árboles de menor tamaño y tienen una altura sobre el suelo y un ancho de entrada por debajo del rango utilizado por los loros (Tabla 4). La mayor parte de las cavidades adecuadas para la anidación de los loros estuvo concentrada en árboles de 29.71 a 66.75 cm de DAP en los bosques de *Piranhea* y subcaducifolio; es notable que en el bosque caducifolio, los árboles de estos tamaños son muy escasos (figura 9).

Tabla 4. Características de las cavidades en los tres tipos de vegetación en el bosque tropical seco.

Comparación post hoc de Dunn: * $P < 0.01$ ** $P < 0.001$.

	bosque subcaducifolio n = 80	bosque <i>Piranhea</i> n = 110	bosque caducifolio n = 49	Prueba de significancia
DAP (cm)	44.7 ± 27.4**	34.6 ± 17**	19.3 ± 10**	$H_2 = 44.1, P < 0.001$
altura de la cavidad (m)	4.9 ± 3.8	5.9 ± 3.8	2.18 ± 1.0*	$H_2 = 40.1, P < 0.001$
ancho de la cavidad (cm)	9.4 ± 5.7	8.53 ± 4.3	4.9 ± 3.0*	$H_2 = 37.1, P < 0.001$
diámetro del soporte (cm)	23.78 ± 11.3	23.1 ± 11.1	16 ± 7.5*	$H_2 = 22.1, P < 0.001$
profundidad (cm)	39.5 ± 55.9	54.4 ± 77.8	54.4 ± 65.7	$H_2 = 6.1, P > 0.05$

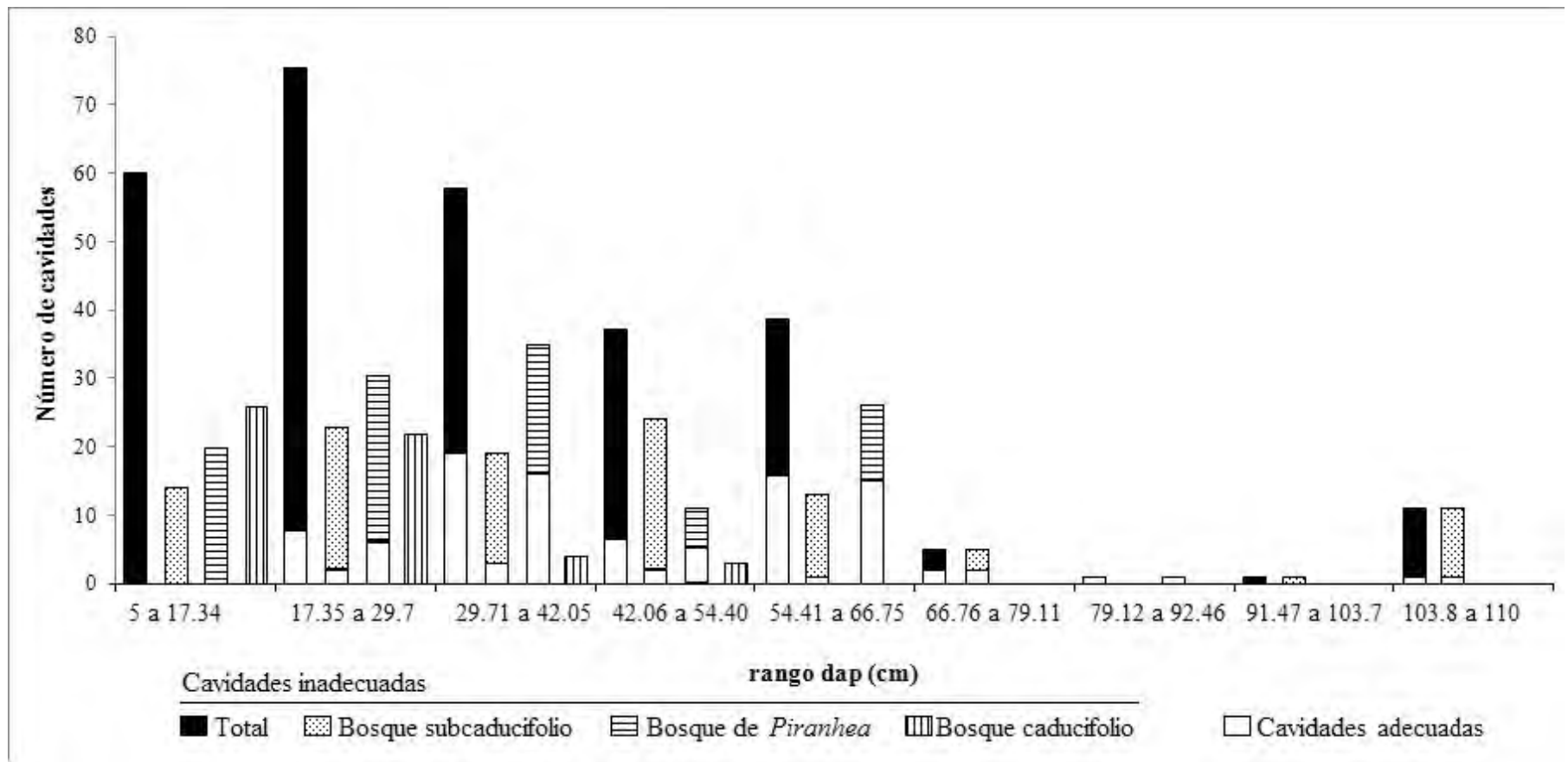


Figura 9. Distribución de las cavidades por rango de DAP, según el tipo de vegetación, en los árboles del bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. La mayor cantidad de cavidades útiles está en árboles de 29.71 a 66.75 cm de DAP en los bosques de *Piranhea* y subcaducifolio.

Características de los árboles muertos

El tamaño de los árboles muertos difirió significativamente entre cada uno de los tres tipos de vegetación, con mayor diámetro en el bosque subcaducifolio, seguido por el bosque de *Piranhea* y finalmente el bosque caducifolio. Las alturas totales de los árboles muertos no fueron diferentes entre los tipos de vegetación (Tabla 5). La mayoría de los árboles muertos registrados en el bosque subcaducifolio y de *Piranhea* fueron troncos de grandes árboles sumamente reducidos en altura debido a al avanzado de decaimiento que mostraban; mientras que los árboles muertos del bosque caducifolio fueron árboles pequeños en DAP y de baja altura.

Tabla 5. Características de los árboles muertos en los tres tipos de vegetación en el bosque tropical seco. Comparación post hoc de Dunn * $P < 0.01$ ** $P < 0.001$.

	bosque subcaducifolio n = 57	bosque <i>Piranhea</i> n = 77	bosque caducifolio n = 116	Prueba de significancia
DAP (cm)	22.4 ± 9.1**	19.2 ± 8.4**	14.3 ± 5.7**	$H_2 = 53.99$ $P < 0.001$
altura (m)	5.9 ± 3.5	5.4 ± 2.8	4.9 ± 2.1	$H_2 = 1.5$ $P = 0.47$

Selección de cavidades para anidación por el loro corona lila

Las características de las cavidades utilizadas para anidar por los loros difieren significativamente de las cavidades no utilizadas. En primer lugar, se encuentran a alturas mayores y en árboles más grandes, además de que tuvieron mayores profundidades. Sin embargo, no hubo diferencias en el ancho de la entrada entre las cavidades utilizadas para anidar en los diferentes tipos de vegetación (Tabla 6). Así mismo, el modelo de la regresión logística múltiple predice la selección de cavidades como nidos por los loros (Modelo $\chi^2 = 20.5$, $P < 0.001$). La variable que mejor predice la selección de nidos por parte de los loros es la altura de la cavidad ($W = 8.92$, $P = 0.003$; Tabla 7).

Tabla 6. Diferencias en las características de las cavidades utilizadas por el loro corona lila como sitios de anidación y las cavidades disponibles en el bosque tropical seco.

	cavidades utilizados como nidos (n = 18)	cavidades disponibles (n = 211)	Mann-Whitney U
Altura cavidad (m)	9.9 ± 2.9	6.7 ± 5.1	$U = 1043.5,$ $P = 0.002$
Ancho entrada (cm)	10.7 ± 2.4	9.9 ± 4.6	$U = 1431.5,$ $P = 0.8$
Diámetro soporte (cm)	30.9 ± 7.3	24 ± 10	$U = 947,$ $P = 0.001$
Profundidad (cm)	90.9 ± 46.8	55.8 ± 76.7	$U = 612.5,$ $P < 0.001$

Tabla 7. Resultado de la regresión logística múltiple, que señala como variable predictora de la selección de cavidad por los loros la altura de la cavidad. * $P < 0.05$.

	Parámetro estimado	Error estándar	Wald	G. L.	significancia	$e^{(B)}$
Altura cavidad (m)	0.238	0.080	8.921	1	0.003*	1.269
Ancho entrada (cm)	-0.057	0.076	0.563	1	0.453	0.945
Diámetro soporte (cm)	0.042	0.026	2.546	1	0.111	1.043
Profundidad (cm)	0.004	0.003	1.993	1	0.158	1.004
Constante	-4.982	1.101	20.472	1	0.000	0.007

Sustrato utilizado para anidar por el loro corona lila

Con respecto a los nidos de loros detectados, el 55.5% se presentó en árboles de *P. mexicana* (figura 10), que también fue la especie que presentó mayor abundancia de cavidades adecuadas para los loros (Tabla 2). La segunda especie más utilizada por los loros fue *Astronium graveolens* con 16.6% de los nidos de los loros, aunque esta especie sólo presentó el 3.7% de las cavidades adecuadas registradas en los transectos; caso similar al de *Tabebuia sp.* que presentó el 11% de los nidos registrados, pero sólo el 1.9% de las cavidades adecuadas registradas en los transectos. No se detectaron nidos en árboles muertos, aunque el 10.8% de las cavidades adecuadas estuvieron en este

sustrato (figura 11). Con respecto al origen de las cavidades registradas como nidos activos, la prueba de χ^2 señaló que su ubicación fue independiente del origen, excavado ó natural, de las oquedades.

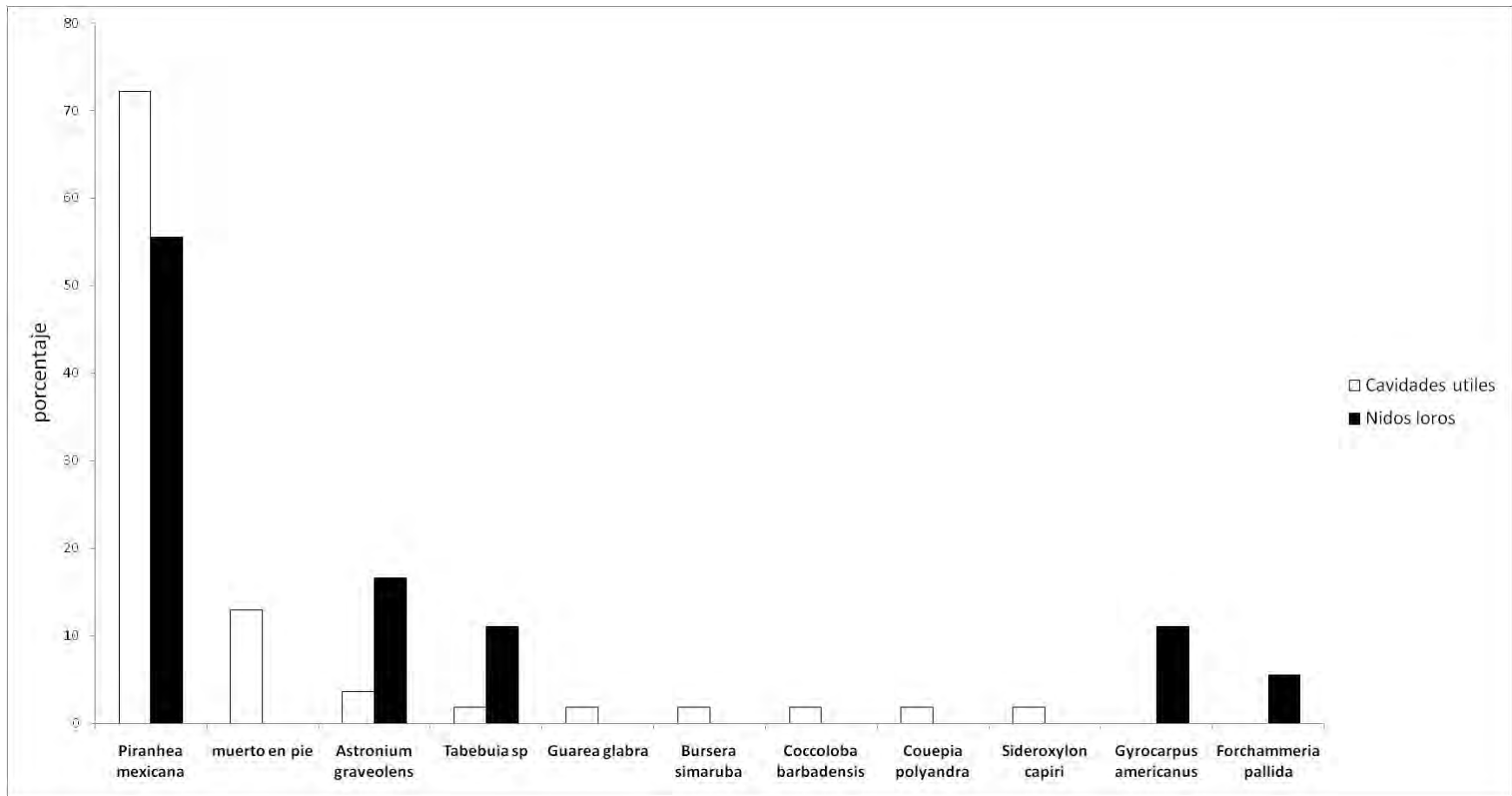


Figura 9. Árboles con cavidades adecuadas para los loros y cavidades seleccionadas como nido por el loro corona lila en el bosque tropical seco de la Reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala. Algunos de los nidos activos se encontraron fuera de los transectos para búsqueda de cavidades.

Otros organismos ocupando cavidades en el bosque tropical seco

Treinta de las cavidades registradas dentro de los transectos se encontraron ocupadas por algún organismo, lo que representa el 10.3% del total de 289 cavidades registradas. Al tomar en cuenta sólo las 54 cavidades adecuadas para los loros, 9 de ellas estuvieron ocupadas: dos por nidos del loro corona lila y el resto por búhos (*Ciccaba virgata* y *Glaucidium brasilianum*), reptiles, anfibios ó insectos (Tabla 8). Entre los ocupantes de las 21 cavidades que no eran útiles para los loros, se encontraron invertebrados como abejas (3), hormigas (9), arañas (1), caracoles (1), termitas (1), además de anfibios, reptiles, mamíferos y otras aves, entre ellos una cavidad ocupada por un nido de halcón *Micrastur semitorquatus* (Tabla 8).

Tabla 8. Fauna registrada ocupando cavidades en los transectos realizados en el bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala.

Fauna ocupando cavidades	cavidad no adecuada	cavidad adecuada	Total de cavidades
Abejas	3		3
Loros (<i>Amazona finschi</i>)		2	2
Arañas	2		2
Serpientes (<i>Boa constrictor</i> y <i>Oxybelis sp.</i>)		1	1
Caracol	1		1
Búho (<i>Ciccaba virgata</i>)		1	1
Búho (<i>Glaucidium brasilianum</i>)		1	1
Hormigas	9	2	11
Iguana (<i>Ctenosaura pectinata</i>)	1		1

Fauna ocupando cavidades	cavidad no adecuada	cavidad adecuada	Total de cavidades
Lagartija	1		1
Mamífero (rastros de pelo)	1		1
Halcón (<i>Micrastur semitorquatus</i>)	1		1
Rana	1	2	3
Termitas	1		1
Total	21	9	30

DISCUSIÓN

Disponibilidad de cavidades como sitios de anidamiento

En el presente estudio encontramos una alta densidad de cavidades: 77 cavidades/ha, con 14 cavidades adecuadas/ha, la cual está muy por encima de las 16 cavidades/ha reportadas para bosques tropicales argentinos (Cockle et al. 2008). La mayor densidad de cavidades se encontró en los bosques subcaducifolio y de *Piranhea* con 88 y 99.2 cavidades/ha respectivamente, mientras hubo 44 cavidades/ha en el bosque caducifolio. Aunque la fenología y composición florística de los tres tipos de vegetación es diferente, la ubicación de los bosques del Pacífico y Centroamérica (tanto altitudinal como latitudinal), así como la precipitación; determinan las condiciones de temperatura y humedad que definen la zona de vida del bosque tropical seco, de acuerdo a la propuesta de zonas de vida de Holdridge (1967). En particular, el bosque tropical seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala representa una matriz compleja de comunidades vegetales donde domina el bosque caducifolio en los lomeríos, con pequeños parches de bosques subcaducifolio y de *Piranhea* asociados a los valles y cañadas (Lott 1987, Martijena y Bullock 1994). Estas diferencias explican la

ausencia de cavidades adecuadas para los loros en el bosque caducifolio, donde la talla de las especies dominantes no permiten la presencia de cavidades con altura sobre el suelo y tamaño de los árboles dentro de los parámetros que los loros usan para anidar. Cuando se toman en cuenta sólo las cavidades con características adecuadas para los loros, se observa un patrón drástico de agregación en los recursos de anidamiento para los loros en el bosque de *Piranhea*, con 34.4 cavidades adecuadas/ha; respecto al bosque subcaducifolio con 8.8 cavidades adecuadas/ha.

La alta frecuencia de cavidades en árboles de *Piranhea mexicana* puede deberse a que esta especie favorece la formación de huecos de manera natural, como se ha reportado en bosques del sureste de Australia para los árboles conocidos como marri (*Corymbra calophylla*) (Whitford 2002, Whitford y Williams 2002). Los marri poseen características estructurales que durante los procesos de crecimiento, senescencia y pérdida de ramas, favorecen la formación de cavidades que brindan refugio y sitios de reproducción a aves y marsupiales adoptadores de cavidades. En consecuencia, albergan hasta tres veces más cavidades adecuadas para anidar que otros árboles (Whitford y Williams 2002). La concentración de las cavidades en los árboles de *P. mexicana* influye de manera muy importante en la distribución espacial de los recursos para los loros en el bosque tropical seco de la costa de Jalisco, ya que esta especie vegetal forma parches monotípicos, que se presentan de manera discontinua con área variable de entre 0.1 y 1000 ha (Martijena y Bullock 1994). Esto explica el patrón agregado de distribución detectado en los árboles utilizados como nidos por el loro corona lila en la región, donde *Piranhea* representa el recurso de anidamiento más utilizado por los loros; mientras que otros árboles con cavidades que podrían ser seleccionadas son menos abundantes y representan una menor proporción de cavidades disponibles y ocupadas como nidos (Renton y Salinas-Melgoza 1999, Salinas-Melgoza et al. 2009, *este trabajo*).

En el occidente de Michoacán, el loro corona lila utiliza mayoritariamente otros árboles para anidar, como *Astronium graveolens* y *Brosimum alicastrum* (Monterrubio et al. 2009). Las cavidades

en árboles de *Astronium graveolens* también han sido reportadas como sitios de anidación del loro corona lila en la costa de Jalisco (Renton y Salinas-Melgoza 1999; Salinas-Melgoza et al. 2009). Sin embargo, de acuerdo con los resultados del presente estudio dichas especies de árboles representan una proporción de recursos mucho menor que *Piranhea*. Es muy probable que los loros utilicen los recursos de anidamiento en función de las condiciones locales de disponibilidad de cavidades (Monterrubio-Rico et al. 2009).

Por otro lado, las cavidades adecuadas para los loros se asociaron con árboles de mayor diámetro. El DAP es un referente importante de la talla y edad del árbol, que a su vez se relaciona con la formación y presencia de cavidades (Lindenmayer et al. 1991a, Lindenmayer et al. 1991b, Ranius et al. 2009). Conforme los árboles crecen desarrollan y pierden ramas, lo que puede formar cavidades de tamaño adecuado en los puntos de rompimiento (Lindenmayer et al. 1991b, Ranius et al. 2009). Además, pasan un mayor tiempo expuestos a los fenómenos que provocan la formación de cavidades, por lo que generan y acumulan recursos de anidamiento (Lindenmayer et al. 1991a, Lindenmayer et al. 1991b). Los animales excavadores también prefieren árboles de mayor edad sujetos a procesos de decaimiento y con maderas más blandas que facilitan excavar (Schepps et al. 1999). Las cavidades en árboles de mayor diámetro se encontraron en el bosque subcaducifolio, donde las condiciones microclimáticas permiten el desarrollo de árboles de mayor tamaño como *Astronium graveolens*, *Brosimum alicastrum* y *Tabebuia* sp. (Lott et al. 1987).

La concentración de los recursos de anidamiento para el loro corona lila en los pequeños parches de bosque de *Piranhea* o subcaducifolio tiene implicaciones importantes en la comprensión de la ecología reproductiva de los loros (Salinas-Melgoza et al. 2009). El comportamiento agonístico de los loros en el que excluyen a otras parejas del área de anidamiento, puede limitar el acceso a los recursos de anidamiento (Renton 2004); limitando también la cantidad de parejas reproductivamente activas por temporada, limitando las tasas de crecimiento poblacional (Newton 1994).

Comportamientos similares se han reportado en otros Psittaciformes como *Amazona vittata* (Snyder et al. 1987), *Eclectus roratus*, *Probosciger aterrimus* y *Cacatua galeritta* (Heinsohn et al. 2003), *Poicephalus rueppelli* (Selman et al. 2004) y las guacamayas del género *Ara* (Renton 2004, Renton y Brightsmith 2009).

Importancia de los árboles muertos en pie para la anidación de los loros

Aunque la densidad total de árboles muertos en pie en el bosque tropical seco es elevada (71.4 árboles/ha), la gran mayoría son árboles de talla pequeña que no podrían albergar cavidades adecuadas; por lo que no representan un recurso potencial de anidación para los loros. En cambio, la densidad de árboles muertos con dimensiones adecuadas para albergar una cavidad para los loros es mucho más baja. Gibbs et al. (1993) reportaron una densidad de 3.5 a 20.5 árboles muertos/ha como potenciales recursos de nidificación para organismos adoptadores de cavidades, mientras que en el presente estudio se reportan densidades de 2.4 a 9.6 árboles muertos adecuados/ha. En contraste, en este trabajo se registró un máximo de 3.2 árboles muertos adecuados/ha y no se registraron nidos activos en árboles muertos. Aunque el loro corona lila usa árboles muertos para anidar, este sustrato es poco abundante respecto a *Piranhea mexicana*, *Astronium graveolens* ó *Tabebuia sp.* en Chamela, de modo que los loros los usan individuos vivos de estas especies antes que arboles muertos: de hecho, sólo el 7% de los nidos que se han registrado del loro han estado en este sustrato (Salinas-Melgoza et al. 2009). En contraste, otros adoptadores de cavidades utilizan principalmente oquedades en árboles muertos o senescentes, como las cotorras serranas (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) al norte de México (Monterrubio-Rico y Enkerlin-Hoeflich 2004, Monterrubio-Rico et al. 2006), o bien el loro *Ognorhynchus icterotis* en Colombia (Pacheco-Garzón y Losada-Prado 2006). En estos casos, el uso de árboles muertos podría relacionarse con la abundancia local de recursos de anidación en árboles senescentes.

Importancia de las aves excavadoras para la anidación de los loros

En el presente estudio las aves excavadoras sólo formaron el 8% del total de cavidades encontrados y 18% de las cavidades adecuadas para los loros. Esto contrasta marcadamente con lo que se ha encontrado para los bosques templados donde las aves excavadoras llegan a formar hasta el 80% de las cavidades, siendo consideradas un factor fundamental en la ecología de las aves adoptadoras de cavidades (Martin y Eadie 1999, Martin et al. 2004, Aitken y Martin 2007). En este sentido, la importancia de las aves excavadoras en la formación de sitios de anidación para los loros corona lila en el bosque tropical seco de Chamela-Cuixmala es relativamente limitada. Dado que el tamaño de las cavidades generadas por las aves excavadoras depende del tamaño del organismo excavador (Martin et al. 2004), es factible suponer que las cavidades excavadas útiles para los loros son escasas respecto a las cavidades naturales debido a que la actividad de las aves excavadoras grandes es poco intensa. En el caso de Chamela, las especies de carpinteros de talla suficiente para excavar cavidades apropiadas para los loros (*Campephilus guatemalensis* y *Dryocopus lineatus*) son menos abundantes que los carpinteros de menor tamaño (*Melanerpes chrysogenys* y *Picoides scalaris*), demasiado pequeños para generar huecos adecuados para los loros (el anexo 1 presenta una referencia completa de las aves excavadoras y adoptadoras de cavidades en la región).

Selección de cavidad como sitio de anidamiento

El presente estudio determinó que el loro corona lila selecciona como sitios de anidamiento las cavidades en función de su altura. La altura sobre el suelo es un factor importante en la selección de cavidades de las aves para excluir del nido a depredadores terrestres (Li y Martin 1991, Newton 1994). La altura sobre el suelo se ha identificado como una variable importante en la selección de cavidades por varias especies de búhos, que también son aves adoptadoras de cavidades (McCallum y Gehlbach 1988, Belthoff y Ritchison 1990, Hardy y Morrison 2001). En el caso de aves psitácidas,

la evidencia indica que la altura sobre el suelo de la cavidad es importante para reducir el riesgo de depredación del nido para especies del género *Amazona* (Enkerlin-Hoeflich 1995) y cotorras del género *Rhynchopsitta* (Monterrubio y Enkerlin-Hoeflich 2004).

Asimismo, las cavidades utilizadas como nidos por los loros tuvieron una profundidad significativamente mayor a las disponibles en el ambiente, lo cual podría limitar el acceso de los organismos depredadores al contenido del nido. Uno de los nidos registrados durante este trabajo fue atacado el 26 de abril de 2009 por coatíes (*Nasua narica*). Sin embargo, el nido no fue depredado; probablemente porque el tamaño de la entrada y la profundidad de la cavidad, mayor a un metro, impidió que los polluelos fueran alcanzados (Renton y Vázquez, obs pers).

Sustrato de anidación utilizado por el loro corona lila

Los loros utilizaron principalmente las cavidades en árboles de *Piranhea mexicana* y *Astronium graveolens* para anidar. Esta preferencia marcada por árboles característicos de los bosques subcaducifolios es una clave importante en la biología reproductiva de los loros; además, resulta importante para su conservación mantener el bosque subcaducifolio, que representa su hábitat de reproducción (Whitford y Williams 2002, Cameron 2006). Al igual que el loro corona lila, otros psitácidos presentan patrones de preferencia hacia ciertas especies de árboles, probablemente porque su altura y dimensiones les permiten albergar cavidades más adecuadas para la anidación (Saunders et al. 1982, Snyder et al. 1987, Robinet y Salas 1999, Pinho y Nogueira 2003, Madriz 2004, Monterrubio-Rico y Enkerlin-Hoeflich 2004, Cameron 2006, Monterrubio-Rico et al. 2006, Pacheco-Garzón y Losada-Prado 2006, Renton y Brightsmith 2009).

Ocupación de cavidades por otros organismos

Organismos como pequeños mamíferos, reptiles y abejas, además de otras aves que usan huecos en árboles, pueden competir por cavidades con los psitácidos al ocupar las cavidades útiles para anidación (Oldroyd et al. 1994). Los organismos que más frecuentemente se detectaron ocupando cavidades fueron hormigas, en dos ocasiones dentro de cavidades adecuadas para los loros, mientras que sólo se detectaron tres cavidades ocupadas por abejas, ninguna de ellas adecuadas para los loros. Sin embargo, la ocupación de cavidades por abejas se reconoce como un problema para algunas especies de psitácidos (*Ara macao*, Íñigo-Elias 1996 y Carreón e Íñigo-Elias 1999 ó *Anodorhynchus hyacinthinus*, Pizo et al. 2008), dado que pueden invadir cavidades ocupadas por aves, excluyendo a la pareja y matando a los polluelos. De las aves que se reportaron ocupando cavidades, sólo los búhos *Glaucidium brasilianum* y *Ciccaba virgata* podrían competir con los loros por la ocupación de cavidades, ya que las aves usan cavidades en función de su tamaño corporal (Saunders et al. 1982). La cavidad ocupada por el halcón *Micrastur semitorquatus* era demasiado grande para ser usada por los loros (Renton y Salinas-Melgoza 1999), por lo estos no la habrían usado para anidar. El anexo 1 presenta una lista de las aves adoptadoras de cavidad es que se distribuyen en la región de Chamela (a partir de Arizmendi et al. 1990 y Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego 2006).

Por otro lado, además de que la ocupación ocasional de cavidades por otros organismos puede resultar un factor limitante para los loros, la presencia de serpientes puede tener incidencia en la depredación que podrían ejercer sobre las aves y sus nidadas (Enkerlin-Hoeflich 1995, Koenig et al. 2007).

Implicaciones para la conservación del loro corona lila

La concentración de recursos de anidamiento para el loro corona lila en un tipo de vegetación de extensión reducida y distribución discontinua; así como la asociación de esos recursos con un tamaño mínimo de árbol (DAP mayor a 29.7 cm) tiene implicaciones importantes en términos de las necesidades para la conservación los loros. Ya sea que la disponibilidad de cavidades para los loros se asocie a *Piranhea mexicana* u otras especies más abundantes localmente, como *Astronium graveolens*, *Brosimum alicastrum* y *Tabebuia sp.* (Monterrubio-Rico et al. 2009), sus recursos de anidamiento son parte de la cobertura del bosque subcaducifolio (Lott et al. 1987). Esto significa que las cavidades que podrían ser utilizadas por el loro corona lila se distribuyen en el 14% de la superficie total del bosque tropical seco en la costa de Jalisco (Sanchez-Azofiefa et al. 2009). De este modo, el bosque subcaducifolio representa un hábitat crítico para la reproducción y conservación del loro corona lila (Cameron 2006). Más específicamente, el bosque de *Piranhea* es prioritario para las poblaciones de loro corona lila en Jalisco. En este sentido, debe considerarse que las altas tasas de deforestación que amenazan al bosque tropical seco de la costa del estado (Trejo y Dirzo 2000).

Si bien la problemática asociada a la dependencia por *Piranhea* como recurso de anidamiento ocurre en Jalisco, que es el área principal de distribución de este árbol, la selección de cavidad por el loro corona lila involucra problemas comunes en otras zonas del Pacífico. Por ejemplo, en Michoacán los loros usan principalmente *Astronium graveolens* para anidar (Monterrubio-Rico et al. 2009), que es localmente muy abundante. Tanto *P. mexicana* como *A. graveolens* son aprovechados como especies maderables dado que sus características (tronco alto, recto y talla considerable) los hacen valiosos para la construcción de muebles, cercados, durmientes y otros implementos (Pennington y Sarukhán 2005).

Lograr la conservación del loro corona lila involucra reconocer y considerar la importancia fundamental que tienen los árboles seleccionados como sitio de anidamiento para mantener poblaciones reproductoras de estas aves, como *Piranhea mexicana* en Jalisco (Salinas-Melgoza et al. 2009, este trabajo) ó *Astronium graveolens* en Michoacán (Monterrubio-Rico et al. 2009). En vista de los procesos de crecimiento de los árboles y formación de cavidades, es necesario mantener en el hábitat a los árboles de las especies, tallas y edades donde las cavidades adecuadas se presentan para mantener poblaciones reproductivas de estos organismos (Lindenmayer et al 1991b, Whitford y Williams 2002, Cameron 2006).

CONCLUSIONES

La disponibilidad de cavidades/ha en el bosque tropical seco de Chamela es alta comparada con otros bosques del Neotrópico; la mayor parte de las cavidades se localizaron en árboles vivos y su origen se asoció al decaimiento de los árboles.

En el bosque de *Piranhea* se registraron densidades aproximadas de 34.4 cavidades adecuadas/ha; por 8.8 cavidades adecuadas/ha del bosque subcaducifolio y ninguna cavidad para el bosque caducifolio.

Las aves excavadoras generaron el 18% de las cavidades disponibles para el loro corona lila.

El bosque de *Piranhea mexicana*, es un tipo de vegetación presente en áreas discontinuas de extensión reducida, concentra el 70% de las cavidades adecuadas para la reproducción de los loros de corona lila. Dado el comportamiento territorial de los loros y a la distribución de recursos de anidamiento, la reducción de las áreas de *Piranhea mexicana* repercutirá en una disminución de las parejas reproductoras de loros.

El loro corona lila selecciona las cavidades de anidamiento en función de la altura (9.9 ± 2.9 m.) sobre el suelo, lo que se relaciona con la exclusión de depredadores terrestres.

El bosque de *Piranhea*, junto con el bosque subcaducifolio, representan el hábitat clave para la reproducción del loro corona lila (*Amazona finschi*) en la costa de Jalisco; la estabilidad de sus poblaciones en la región depende de la protección y conservación de estos sistemas vegetales.

LITERATURA CITADA

- Aitken, K. E. H., K. Martin. 2007. The importance of excavators in hole-nesting communities: availability and use of natural tree holes in old mixed forest in western Canada. *Journal of Ornithology* 148 supplement 2: S425-S434.
- Arizmendi, M. C., H. Berlanga, L. M. Márquez-Valdelamar, L. Navarrijo, J. F. Ornelas. 1990. Avifauna de la región de Chamela, Jalisco. Cuadernos No. 4. Instituto de Biología. UNAM.
- Beissinger, S. R. 1996. On the limited breeding opportunities hypothesis for avian clutch size. *American Naturalist* 147: 655-658.
- Belthoff, J. R., G. Ritchison. 1990. Nest-site selection by Eastern Screech-Owls in central Kentucky. *Condor* 92: 982-990.
- Brown, J. D., R. P. Balda. 1988. Population biology of cavity nesters in northern Arizona: do nest sites limit breeding densities? *Condor* 90: 61-71.
- Brush, T. 1983. Cavity use by secondary cavity-nesting birds and response to manipulations. *Condor* 85: 461-466.
- Bullock, S. H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of Mexico. *Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology*. 36: 297-316.
- Cameron, M. 2006. Nesting hábitat of the glossy black-cockatoo in central New South Wales. *Biological Conservation* 127: 402-410.
- Carreón, G., E. E. Iñigo Elias. 1999. Ecología y biología de la conservación de la guacamaya escarlata (*Ara macao*) en la selva Lancandona, Chiapas, México. UNAM. Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. M142. México. 12 pp.
- Cockle, K., K. Martin, K. Wiebe. 2008. Availability of cavities for nesting birds in the Atlantic forest, Argentina. *Ornitología Neotropical* 19 (suppl.): 269-278.

- Cornelius, C., K. Cockle, N. Politi, I. Berkunsky, L. Sandoval, V. Ojeda, L. Rivera, M. Hunter Jr., K. Martin. 2008. Cavity-nesting birds in neotropical forests: cavities as a potentially limiting resource. *Ornitologia Neotropical* 19 (supplement): 253-268.
- Enkerlin-Hoeflich, E. C. 1995. Comparative ecology and reproductive biology of three species of *Amazona* parrots in northeastern Mexico. Tesis Doctoral. Texas A&M University. E.U.A.
- Forshaw, J. M. 1989. Parrots of the World. Landsdowne Editions. Willoughby, Australia.
- Gibbs, J. P., M. L. Hunter Jr., S. M. Melvin. 1993. Snag availability and communities of cavity nesting birds in tropical versus temperate forests. *Biotropica* 25: 236-241.
- Gibbons, P., D. B. Lindenmayer, S. C. Barry, M. T. Tanton. 2002. Hollow selection by vertebrate fauna in forests in southeastern Australia and implications for forest management. *Biological Conservation*. 103: 1-12.
- Hardy, P. C., M. L. Morrison. 2001. Nest site selection by Elf Owls in the Sonoran desert. *Wilson Bulletin* 113:23-32.
- Heinsohn, R., S. Murphy, S. Legge. 2003. Overlap and competition for nest holes among eclectus parrots, palm cockatoos, and sulphur-crested cockatoos. *Australian Journal of Zoology*. 51: 81-94.
- Holdridge, L. R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.
- Íñigo-Elias, E. E. 1996. Ecology and breeding biology of the scarlet macaw (*Ara macao*) in the Usumacinta drainage basin of Mexico and Guatemala. Tesis Doctoral. Universidad de Florida. 117 pp.
- IUCN. 2010. International Union for Conservation of Nature. Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/142698/0> Consulta: 25 de febrero de 2008.
- Jackson, J. A., B. J. S. Jackson. 2004. Ecological relationships between fungi and woodpecker cavity sites. *Condor* 106: 37-49.

- Koenig, S. E., J. M. Wunderle, E. C. Enkerlin-Hoeflich. 2007. Vines and canopy contact: a route for snake predation on parrot nests. *Bird Conservation International* 17: 79-91.
- Li, P., T. E. Martin. 1991. Nest-site selection and nesting success of cavity-nesting birds in high elevation forest drainages. *Auk*. 108: 405-418.
- Lindenmayer, D. B., R. B. Cunningham, H. A. Nix, M. T. Tanton, A. P. Smith. 1991a. Predicting the abundance of hollow-bearing trees in montane forests of southeastern Australia. *Australian Journal of Ecology* 16: 91-98.
- Lindenmayer, D. B., R. B. Cunningham, M. T. Tanton, A. P. Smith, H. A. Nix. 1991b. Characteristics of hollow-bearing trees occupied by arboreal marsupials in the montane ash forests of the Central Highlands of Victoria, south-east Australia. *Forest Ecology and Management* 40: 289-308.
- Lohmus, A., J. Remm. 2005. Nest quality limits the number of hole-nesting passerines in their natural cavity-rich habitat. *Acta Oecologica* 27: 125-128.
- Lott, E. J., S. T. Bullock, J. A. Solis-Magallanes. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forests of coastal Jalisco. *Biotropica* 19: 228-235.
- Madriz, B. 2004. Relación de dependencia directa para la alimentación y anidación de la lapa verde (*Ara ambigua*) y el almendro (*Dipteryx panamensis*) en la zona norte de Costa Rica. Informe de consultoría presentado a la Comisión Interna del SINAC y FONAFIFO. Costa Rica.
- Marsden, S. J., J. D. Pilgrim. 2003. Factors influencing the abundance of parrots and hornbills in pristine and disturbed forests on New Britain, PNG. *Ibis* 145:45-53.
- Martijena, N. E., S. H. Bullock. 1994. Monospecific dominance of a tropical deciduous forest in Mexico. *Journal of Biogeography* 21:63-74
- Martin, K., J. M. Eadie. 1999. Nest webs: A community-wide approach to the management and conservation of cavity-nesting forest birds. *Forest Ecology and Management* 155: 243-257.

- Martin, K., K. E. H. Aitken, K. L. Wiebe. 2004. Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada: nest characteristics and niche partitioning. *Condor* 106: 5-19.
- Martin, T. E. 1993. Nest predation and nest sites. *Bioscience* 43:523-532.
- McCallum, D. A., F. R. Gehlbach. 1988. Nest-site preferences of Flammulated Owls in western New Mexico. *Condor* 90: 653-661.
- Mikusisnski, G., P. Angelstam. 1998. Economic geography, forest distribution, and woodpecker diversity in central Europe. *Conservation Biology* 12: 200-208.
- Monterrubio-Rico, T. C., B. P. Escalante-Pliego. 2006. Richness, distribution and conservation status of cavity nesting birds in Mexico. *Biological Conservation* 128:67-78.
- Monterrubio-Rico, T. C., E. Enkerlin-Hoeflich. 2004. Present use and characteristics of Thick-billed Parrot nest sites in Northwestern Mexico. *Journal of Field Ornithology* 75:96-103.
- Monterrubio-Rico, T. C., J. Cruz-Nieto, E. Enkerlin-Hoeflich, D. Venegas-Holguin, L. Tellez-Garcia, C. Marin-Togo. 2006. Gregarious nesting behavior of Thick-billed Parrots (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) in Aspen stands. *Wilson Journal Ornithology* 118:237-243.
- Monterrubio-Rico, T.C., J. Ortega-Rodríguez, M.C. Marin-Togo, A. Salinas-Melgoza y K. Renton. 2009. Nesting habitat of the Lilac-crowned Parrot in a modified landscape in Mexico. *Biotropica* 41: 361-368.
- Newton, I. 1994. The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds: A review. *Biological Conservation* 70:265-276.
- Oldroyd, B. P., S. H. Lawler, R. H. Crozier. 1994. Do feral honey bees (*Apis mellifera*) and regent parrots (*Polytelis anthoepplus*) compete for nest sites? *Australian Journal of Ecology* 19: 444-450.

- Pacheco-Garzón, A., S. Losada-Prado. 2006. Biología reproductiva del loro orejiamarillo (*Ognorhynchus icterotis*) en el Tolima. *Conservación Colombiana* 2: 87-97.
- Pennington, T. D., J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual de identificación de las principales especies. 3a edición. UNAM. Fondo de Cultura Económica. México 523 p.
- Peterson, B., G. Gauthier. 1985. Nest site use by cavity-nesting birds of the Caribou parkland, British Columbia. *Wilson Bulletin* 97: 319-331.
- Pinho, J. B., F. M. B. Nogueira. 2003. Hyacinth macaw (*Anodorhynchus hyacinthinus*) reproduction in the northern Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *Ornitologia Neotropical* 14: 29-38.
- Pizo, M. A., C. I. Donatti, N. M. R. Guedes, M. Galetti. 2008. Conservation puzzle: Endangered hyacinth macaw depends on its nest predator for reproduction. *Biological Conservation* 141: 792-796.
- Ranius, T., M. Niklasson, N. Berg. 2009. Development of tree hollows in pedunculate oak (*Quercus robur*). *Forest Ecology and Management* 257: 303-310.
- Remm, J., A. Lohmus, K. Remm. 2006. Tree cavities in riverine forests: What determines their occurrence and use by hole-nesting passerines? *Forest Ecology and Management* 221: 267-277.
- Renton, K. 2004. Agonistic interactions of nesting and nonbreeding macaws. *Condor*. 106: 354-362.
- Renton, K., A. Salinas-Melgoza. 1999. Nesting behavior of the Lilac-crowned Parrot. *Wilson Bulletin* 111:488-493.
- Renton, K., J. D. Brightsmith. 2009. Cavity use and reproductive success of nesting macaws in lowland forest of southeast Peru. *Journal of Field Ornithology*. 80: 1-8.
- Robinet, O., M. Salas. 1999. Reproductive biology of the endangered Ouvea Parakeet *Eunymphicus cornutus uvaeensis*. *Ibis* 141: 660-669.

- Salinas-Melgoza, A., V. Salinas-Melgoza, K. Renton. 2009. Factors influencing nest spacing of a secondary cavity nesting parrot: Habitat heterogeneity and proximity of conspecifics. *Condor* 111: 305-313.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., M. Quesada, P. Cuevas-Reyes, A. Castillo, G. Sánchez-Montoya. 2009. Land cover and conservation in the area of influence of the Chamela-Cuixmala biosphere reserve, Mexico. *Forest Ecology and Management*. 258: 907-912.
- Sandoval, L., G. Barrantes. 2009. Relationship between species richness of excavator birds and cavity-adopters in seven tropical forests in Costa Rica. *Wilson Journal of Ornithology* 121: 75-81.
- SAS Institute. 2005. JMP 6.0. EUA.
- Saunders, D.A., G.T. Smith, I. Rowley. 1982. The availability and dimensions of tree hollows that provide nest sites for cockatoos (Psittaciformes) in western Australia. *Australian Wildlife Research* 9: 541-556.
- Scheeps, J., S. Lohr, T. E. Martin. 1999. Does tree hardness influence nest-tree selection by primary cavity nesters? *Auk* 116: 658-665.
- Selman, R., M. Perrin, M. Hunter. 2004. Characteristics and competition for nest sites by the Rüppell's Parrot, *Poicephalus rueppelli*. *Ostrich* 75:89-94.
- SEMARNAT 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo 2002, 1-153. México.
- Snyder, N. F. R., J. W. Wiley, C. B. Kepler. 1987. The Parrots of Luquillo: natural history and conservation of the Puerto Rican Parrot. Western Foundation of Vertebrate Zoology. Los Angeles. E.U.A.

SPSS IBM Inc. E. U. A. 2008.

Symes, C. T., M. R. Perrin. 2004. Breeding biology of the greyheaded parrot (*Poicephalus fuscicollis suahelicus*) in the wild. *Emu*. 104: 45-57.

Trejo, I., R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in México. *Biological Conservation* 94: 133-142.

Walker, J. S., A. J. Cahill, S. A. Marsden. 2005. Factors influencing nest-site occupancy and low reproductive output in the critically endangered yellow-crested cckatoo *Cacatua sulphurea* on Sumba, Indonesia. *Bird Conservation International*. 15: 347-359.

Waters, J. R., B. R. Noon, J. Verner. 1990. Lack of nest site limitation in a cavity-nesting bird community. *Journal of Wildlife Management* 54: 239-245.

Whitford, K. R. 2002. Hollows in jarrah (*Eucalyptus marginata*) and marri (*Corymbia calophylla*) trees. I. Hollow sizes, tree attributes and ages. *Forest Ecology and Management* 160: 201-214.

Whitford, K. R., M. R. Williams. 2002. Hollows in jarrah (*Eucalyptus marginata*) and marri (*Corymbia calophylla*) trees. II. Selecting trees to retain for hollow dependent fauna. *Forest Ecology and Management* 160: 215-232.

Wiebe, K. L. 2001. Microclimate of tree cavity nests: is it important for reproductive success in Northern Flickers? *Auk* 118: 412-421.

Zack, S., L. George, W. F. Laudensalyer. 2002. Are there snags in the system? Comparing cavity use among nesting birds in “snag-rich” and “snag-poor” eastside pine forests. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-181. 2002

Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. 4th edition. Prentice Hall. U.S.A.

Anexo 1. Lista de aves adoptadoras de cavidades presentes en la región de Chamela. Se consideró el listado de la avifauna presente en la región, por Arizmendi *et al.* (1990); así como el listado de aves adoptadoras de cavidad de México, publicado en Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego (2006).

Especie	dependencia de la cavidad	categoría	cavidades en transectos
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Herpetotheres cachinans</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Falco sparverius</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Falco ruficularis</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Aratinga holochlora</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Aratinga canicularis</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Ara militaris</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Tyto alba</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Ciccaba virgata</i>	no obligada	adoptadora	1
<i>Attila spadiceus</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Progne chalybea</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Tachycineta albilinea</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Troglodytes aedon</i>	no obligada	adoptadora	-
<i>Cairina moschata</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Micrastur semitorquatus</i>	obligada	adoptadora	1
<i>Forpus cyanopygius</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Amazona finschi</i>	obligada	adoptadora	2
<i>Amazona oratrix</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Megascops seductus</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Glaucidium brasilianum</i>	obligada	adoptadora	1
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Myiarchus cinerascens</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Myiarchus nuttingi</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Deltarhynchus flammulatus</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Tityra semifasciata</i>	obligada	adoptadora	-
<i>Melanerpes chrysogenys</i>	obligada	excavadora	-
<i>Picoides scalaris</i>	obligada	excavadora	-
<i>Dryocopus lineatus</i>	obligada	excavadora	-
<i>Campephilus guatemalensis</i>	obligada	excavadora	-