



Universidad Veracruzana

Instituto de Investigaciones biológicas

Definición de estilo: Título 1

Región Xalapa

Posgrado en Biología Integrativa

Ocupación de nidos artificiales por aves y fauna
residente en dos tipos de hábitats dentro del Área Privada
de Conservación “Xocotitla”, Veracruz

Tesis para obtener el grado de Maestra en
Biología integrativa

Presenta:

Biól. Diana Gissell Juanz Aguirre

Dr. Arturo González Zamora
Dra. Martha Lucía Baena Hurtado
Dr. Luis Manuel García Feria

—_Mayo de 2022

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Universidad Veracruzana

Instituto de Investigaciones Biológicas
Región Xalapa

Maestría en Biología Integrativa

Ocupación de nidos artificiales por aves y fauna residente en dos tipos de hábitats dentro del Área Privada de Conservación "Xocotitla", Veracruz

Tesis para obtener el grado de Maestra en
Biología Integrativa

Presenta:

Biól. Diana Gissell Juanz Aguirre

Director:

Dr. Arturo González Zamora

Asesores:

Dra. Martha Lucía Baena Hurtado

Dr. Luis Manuel García Fera

Dedicatoria o agradecimientos

Al posgrado en Biología Integrativa por contribuir en mi formación académica, y al programa CONACYT por el recurso económico que hizo posible la investigación planeada.

A todas las personas que dedicaron un poco de su tiempo para acompañarme en la instalación y monitoreos de cajas nido: María, Paula, Montse, Julio, Madeleine, Memo, Macario, Malinalli, Sra. Rosario, Giovanni, Jair, Jairo, Miguel y Enrique. En especial a Alberto por llevarme y acompañarme en todos los monitoreos de campo.

Al buen Isra por su ayuda con los análisis.

A la familia Molina: Aurelio, Luis, Eliza y Gonzalo por las atenciones y facilidades.

Al APC “Xocotitla” y sus habitantes, así como a la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre “La Coruja” por las prestaciones.

Índice

1. Introducción	7
2. Planteamiento del problema	8
3. Justificación	8
4. Marco Teórico	9
4.1 Cavidades como recurso de anidación para la fauna silvestre	9
4.2 Cajas nido para fauna silvestre.....	11
4.3 Recomendaciones para la colocación de cajas nido.....	15
5. Hipótesis	16
6. Objetivo	16
6.1 Objetivos particulares	16
7. Materiales y Métodos	17
7.1 Área de estudio.....	17
7.2 Caracterización del hábitat y selección de los ambientes	18
7.3 Construcción de nidos artificiales	20
7.4 Colocación de nidos artificiales	21
7.5 Monitoreo de cajas nido.....	22
7.5.1 Registro de ocupación por otros grupos de fauna.....	24 <u>23</u>
8. Análisis estadístico	24
8.1 Caracterización del hábitat.....	24
8.2 Evaluación de ocupación de cajas nido por aves residentes	24
8.3 Evaluación de ocupación de cajas nido por otros grupos de fauna silvestre ..	25
9. Resultados.....	26
9.1 Caracterización del hábitat.....	26
9.2 Ocupación de cajas nido	29 <u>28</u>
9.2.1 Aves residentes	29 <u>28</u>

9.2.2 Número de huevos en cajas nido.....	31
9.2.3 Criterios de selección por aves en la ocupación de cajas nido.....	3635
9.3 Ocupación de cajas nidos artificiales por otros grupos de fauna	3736
9.3.1 Efecto de los criterios de selección en la ocupación de cajas nido por otros grupos de fauna	4039
10. Discusión	4140
10.1 Ocupación temporal de nidos artificiales por aves y otro tipo de fauna ...	4240
10.2 Número de puestas y huevos en las cajas nido	4443
10.3 Variables estructurales de la vegetación que determinan la ocupación de las cajas nido en aves y otro tipo de fauna	4544
10.4 Efecto de la orientación en la ocupación de las cajas nido por aves y fauna residente	4746
10.5 Riqueza de aves y otra fauna que ocuparon las cajas nido	4847
10.5.1 Composición de los nidos en las cajas nido.....	5048
Implicaciones de este estudio para la conservación de fauna en bosque tropical seco	5150
Conclusiones.....	5251
Referencias	5352
Anexos	6059
.....	6059

Resumen

Los nidos artificiales (cajas nido) contribuyen a complementar la oferta natural de oquedades, son una alternativa de anidación y refugio para la fauna que requiere de estos espacios. Este estudio evaluó la ocupación de cajas nido por aves residentes y otros grupos de fauna, en dos tipos de hábitat del Área Privada de Conservación (APC) “Xocotitla” ubicada en Paso de Ovejas, Veracruz. Se esperaba registrar mayor ocupación en hábitat de potrero debido a la visible falta de cobertura vegetal. Para ello, se instalaron 80 cajas nido que fueron monitoreadas focalmente durante 2020 y 2021, registrando la presencia-ausencia de fauna que hizo uso de las cajas. Se evaluó el efecto que pudieran tener algunas características de los hábitats y de las cajas nido, así como la temporalidad, utilizando pruebas paramétricas y no paramétricas. En total se registraron cinco especies de aves residentes y 25 especies que incluyen mamíferos (n=2), anfibios (n=2), reptiles (n=3) e invertebrados, haciendo uso de las cajas. La altura de las cajas nido ($z=1.89, p=0.0585$) y la distancia de árboles cercanos a cajas nido se consideraron ~~en~~ las variables indicadoras en la ocupación por aves residentes, mientras que, para otros grupos de fauna tanto la altura de las cajas nido ($z=2.52, p=0.01$) y el tipo de hábitat ($z=1.95, p=0.05$) tuvieron un efecto positivo? en la ocupación. Esta tesis ~~evidencia~~ evidencia que los hábitats del APC Xocotitla son similares, que las variables de la estructura de la vegetación no influyeron en la ocupación de cajas nido por aves y que de las características de las cajas sólo la altura de la caja nido resulto ser favorable. Mientras que, para los otros grupos de fauna, si se observó diferencia en la ocupación de cajas nido entre hábitats y en la altura de las cajas nido. Se concluye que el uso de nidos artificiales aumenta la anidación de fauna que requiere cavidades. Se sugiere el uso de nidos artificiales para potencializar la anidación de fauna que requiere cavidades, a través de programas de conservación, ya que las oquedades naturales están en declive.

Palabras clave: fauna residente, hábitat perturbado, nidos artificiales, técnica de manejo, conservación.

Comentado [JAGD1]: ¿cuáles son?

Comentado [JAGD2]: ¿a qué te refieres?

Comentado [JAGD3]: En el resumen no hace falta poner los resultados estadísticos

Con formato: Tachado

Comentado [JAGD4]: ¿cuáles?

Comentado [JAGD5]: Pero esto nunca lo mencionaste en resultados

Comentado [JAGD6R5]: Mencionaste otras variables pero no la comparación entre hábitats.

Comentado [JAGD7]: Igual de esto no dices nada en resultados. Me refiero al resumen

Comentado [JAGD8]: Las palabras clave deben ser palabras que no esten en el título

Comentado [JAGD9]: Esta ya está en el título

I. Introducción

Las actividades humanas causan pérdida del hábitat natural afectando la estructura, composición y diversidad de la vegetación remanente agotando los bienes y servicios ambientales (Williams-Linera 2009). Con la disminución de ~~los bosques~~ la cobertura boscosa, la ausencia de cercas vivas y la remoción de árboles caídos o dañados, se reduce aún más la disponibilidad de recursos como las cavidades naturales afectando a diferentes grupos de fauna que requiere de estos espacios para anidar o refugiarse (De la Ossa-Lacayo, 2013 y Ruíz, 2017; Benson y Bailey, 2018), y la carencia de otros recursos como las fuentes de alimento, amenazando a las aves y otros grupos de fauna (Abdelouahid *et al.*, 2020). El hábitat es el conjunto de características que tiene un lugar donde una especie vive y encuentra los requerimientos ambientales haciendo posible su reproducción y sobrevivencia, estos están determinados por el rango de condiciones ambientales a los cuales una especie está adaptada (Gallina, 2011; Jardel, 2015). Para los animales los factores básicos del hábitat son las condiciones del clima y la vegetación (Jardel, 2015), mientras que para la selección de sitios de nidificación los animales toman en cuenta la exclusión de depredadores y la provisión de un microhábitat apropiado para el desarrollo de las crías (Saunders *et al.*, 1982; Enkerlin-Hoeflich, 1995; Álvarez y Barba, 2009; Vargas *et al.*, 2014).

Sin embargo, cada especie puede tener distintos requerimientos en altura de nidificación, diámetro y estado de descomposición de los árboles que habitan (Hunter, 1990). Las cavidades naturales pueden ser formadas por descomposición de la madera o por excavación de insectos o aves (Altamirano *et al.*, 2012). ~~Por otro lado, mientras que~~ las oquedades que son producto de las estructuras artificiales propias de la arquitectura como puentes o edificios, grietas en objetos o cajas nido artificiales, son consideradas cavidades secundarias utilizadas para la nidificación de muchas especies de fauna (Etxezarreta y Arizaga, 2014; García-Lau y Vives, 2019). Existe fauna que anida en cavidades secundarias (patos, guacamayas, golondrinas, carboneros, carpinteros, ratones, ardillas y tlacuaches) (citas), pero necesitan de cavidades naturales en los árboles para anidar, ~~pero debido a que~~ no pueden excavarlos ellos mismos, por lo que dependen de las cavidades disponibles (Newton, 1994) y no todas las cavidades naturales ubicadas dentro del hábitat forestal son adecuadas ni viables para anidar (cita). Aunado a esto, en los bosques tropicales la abundancia y riqueza de aves como los pájaros carpinteros que fabrican oquedades naturales es baja en comparación con la riqueza de los que

anidan en cavidades secundarias (Medina-Estrada *et al.*, 2022). Por ello, las aves que anidan en cavidades secundarias son más vulnerables a la pérdida de hábitat y recursos de anidación que otras aves en bosques tropicales (Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego, 2006; Van der Hoek *et al.*, 2017). Además, los árboles no suelen adquirir huecos **naturalmente?** hasta que tienen al menos 100 años (Rueegger *et al.*, 2012).

Comentado [JAGD10]: Esta idea no queda clara, mejorar la redacción.

Para mitigar el efecto de la falta de oquedades naturales para la anidación de algunas especies de aves, se ~~hae~~**ha hecho** uso de los nidos artificiales (ej. cajas nido) que favorecen el establecimiento de otras especies dependientes de cavidades como mamíferos, anfibios, reptiles, e invertebrados (McComb y Noble, 1981b, 1982; Newton, 1994). Además, las cajas nido pueden incrementar la probabilidad de ocupación y el éxito reproductivo con lo que posteriormente se puede evaluar la eficacia de la instalación de cajas nido (Gamonal *et al.*, 2004; Mänd, 2005; Lindenmayer *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2011 y Ruíz, 2017). El empleo de cajas nido en México ha sido escaso y en particular, el uso de cajas nido por aves y otros grupos de fauna en bosques tropicales secos de Veracruz es inexistente, a pesar de ser una técnica de manejo de fauna que se ha usado durante décadas en Norteamérica y Europa, pero con poca aplicabilidad en ecosistemas tropicales.

2. Planteamiento del problema

La disminución de cavidades naturales como recurso de anidación para las aves y otro tipo de fauna que albergan hábitats tropicales con diferente grado de perturbación se debe principalmente a la pérdida y perturbación de la vegetación, por ello es necesario considerar **manejos alternativos** como el empleo de cajas nidos que contribuyan a la conservación de las especies con alguna categoría de riesgo.

Comentado [JAGD11]: Es muy confuso como está redactado, usar frases más sencillas y menos rebuscadas

Comentado [JAGD12]: Este término es correcto?

3. Justificación

La pérdida y perturbación de la vegetación en los bosques tropicales del centro de Veracruz causa una baja disponibilidad de árboles con oquedades que son necesarias para la nidificación y refugio de la fauna silvestre. La colocación de nidos artificiales es una técnica de manejo y una alternativa para la anidación de aves, mamíferos, reptiles, anfibios e invertebrados que utilizan cavidades en ambientes degradados. Características del hábitat como la cobertura vegetal, altura de los árboles y exposición solar de las cavidades, son favorables para la

ocupación de cajas nido en ecosistemas templados del hemisferio norte. Sin embargo, se desconocen los factores que ~~factores~~ pueden influir en la ocupación de cajas nido por aves residentes y otros grupos de fauna como mamíferos, reptiles, anfibios e invertebrados en bosques tropicales secos. Hasta el momento no existen estudios sobre el empleo de esta técnica y su uso por la fauna silvestre, por lo que este estudio se considera de gran importancia para generar conocimientos sobre su potencial uso en este tipo de ecosistemas tropicales.

4. Marco Teórico

4.1 Cavidades como recurso de anidación para la fauna silvestre

Las cavidades o huecos en los árboles brindan refugio y oportunidades de reproducción para aves, mamíferos, reptiles e invertebrados y su disponibilidad puede afectar a una amplia gama de especies, dependiendo de la dependencia que cada una tenga hacia estas (Newton, 1994). Las cavidades naturales son importantes porque brindan protección contra depredadores y porque proporcionan microclimas esenciales para su mantenimiento (Gibbons y Lindenmayer, 2002; Dawson *et al.*, 2005; Butler *et al.*, 2009 y Abdelouahid *et al.*, 2020). La reducida disponibilidad de árboles huecos puede tener implicaciones de conservación para la fauna que utiliza estos recursos, especialmente para las especies que requieren obligadamente de estos espacios (Le roux *et al.*, 2016).

De manera natural existen menos cavidades en los bosques tropicales secundarios por que se encuentran en desarrollo que en los bosques primarios conservados (Marsden y Pilgrim, 2003). Las limitaciones de lugares de anidación pueden verse afectados directamente por la falta de sustratos o indirectamente a través de la competencia inter o intraespecífica por los huecos de los árboles (Wiebe, 2011), también repercuten en la distribución, abundancia y dinámica poblacional de una especie, ~~de la misma manera que cambios ambientales en un hábitat determinado~~, que pueden tener un efecto negativo en los parámetros reproductivos, y éstos a su vez pueden ser la causa principal del declive de una población (Wellicome y Holroyd, 2001). En los bosques de todo el mundo, el suministro de cavidades de árboles puede limitar entre el 10% al 40% las poblaciones de las especies de aves que requieren cavidades para anidar o posarse, principalmente por la pérdida de vegetación (Martínez-Gómez, 1992; Cockle *et al.*, 2011).

Comentado [JAGD13]: Cajas nido o nidos? Arriba lo tienes diferente, usar solo un término y estandarizar en toda la tesis

Comentado [JAGD14]: ¿cómo cuales?

Comentado [JAGD15]: Aquí falta expandir más esto, cuál es la relación entre que se encuentren en desarrollo y que tengan menos cavidades?

Comentado [JAGD16]: No creo que sean la causa principal, es una de las causas pero no la más importante

Comentado [JAGD17]: Esto debería ir más arriba para ligarlo con la pérdida de vegetación

La madera muerta también provee refugio, alimento y lugares de cría para muchos animales, las condiciones en las que se encuentre la madera determinarán a los organismos que se presenten en ella, estos microhábitats muestran distintas condiciones de temperatura, humedad y materia orgánica las cuales propiciarán el establecimiento y desarrollo de especies características de cada uno de ellos, (Hunter, 1990; Dajoz, 2000; Delgado y Pedraza, 2002).

Otro contexto en el que la flexibilidad de la elección del lugar de anidación podría ser importante es en la evolución de la anidación colonial, particularmente entre los que anidan en cavidades, la evolución del comportamiento social puede verse afectada por si una especie es una excavadora o cavadora secundaria, esto podría permitir una anidación gregaria al facilitar que las parejas reproductoras construyan nidos cerca de parejas conespecíficas (Eberhard 1998).

Las condiciones ambientales pueden afectar muchos aspectos de la biología, incluyendo el tamaño de puesta, la fecha de inicio de la reproducción, el crecimiento y supervivencia de las crías (Winkler *et al.*, 2002). Las condiciones del hábitat están determinadas en gran medida por factores ambientales bióticos (composición y estructura de la vegetación), que influyen en las condiciones micro climáticas, la disponibilidad de alimento y sitios de refugio (Nelson, 1988; Morin, 1999; Jardel, 2015). Por ejemplo, la cobertura vegetal que se refiere a cualquier estructura física o biológica evita la pérdida innecesaria de energía para proteger a la fauna de las condiciones climáticas (protección), depredadores y otros enemigos (escondite) (Gallina, 2011).

En la mayoría de las especies animales la reproducción ocurre usualmente cuando hay más recursos disponibles, por ~~ejemplo~~ejemplo, las aves se reproducen en la época del año que garantice el éxito reproductivo, es decir cuando la naturaleza aporta los recursos suficientes para garantizar la supervivencia de las crías, también eligen sitios de anidación ~~de acuerdo~~ de acuerdo con la temperatura, que es el factor ambiental más importante en la regulación y éxito de la reproducción (Sergio *et al.*, 2006). En el hemisferio norte las aves que dependen de cavidades para anidar se reproducen durante la primavera y el verano (marzo-julio), mientras que en el hemisferio sur la temporada reproductiva se presenta de septiembre a diciembre (Newton, 1994; Martin *et al.*, 2004; Cockle *et al.*, 2008).

Las especies de aves se clasifican normalmente en dos gremios según su modo de adquisición de cavidades: cavadores primarios, que incluye a los pájaros carpinteros, con

Comentado [JAGD18]: Salto de ideas brusco, falta una conexión entre ambos temas.

Comentado [JAGD19]: Igual este es un salto de ideas, deberías ligarlo más suavemente.

Comentado [JAGD20]: Otro salto de ideas brusco, esto puedes ligarlo arriba cuando hablas de la historia de vida de la fauna

adaptaciones anatómicas que les permiten crear agujeros en los árboles para anidar o posarse; y los cavadores secundarios, que incluyen una variedad de paseriformes, anátidos, psitácidos y rapaces que dependen de los refugios creados por los cavadores primarios, además de un número limitado de cavidades naturales (Martin *et al.*, 2004). La propensión para excavar está determinada por la morfología del cráneo y el pico de la especie, los pájaros carpinteros machos generalmente hacen la mayor parte de la excavación. En Norteamérica, los pájaros carpinteros controlan el suministro de cavidades, son los principales excavadores y se ha demostrado que ~~constituyen-crean~~ el 77% de las cavidades naturales para anidación (Cockle *et al.*, 2011). Además, las especies excavadoras aumentan la disponibilidad de cavidades sobre las que ya están disponibles por procesos naturales (Martin *et al.*, 2004 y Cornelius *et al.*, 2008). Debido a que los cavadores secundarios dependen de cavidades preexistentes, los adoptantes de cavidades tienen mucho menos control sobre la ubicación de sus nidos que los excavadores, y las densidades de reproducción de los adoptantes de cavidades obligados pueden estar limitadas por la disponibilidad de sitios para anidar (Brawn y Balda, 1988).

En México han sido registradas de 1123 a 1150 especies de aves (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014), de las cuáles 112 especies de la avifauna de aves terrestres residentes necesitan cavidades para anidar (Monterrubio-Rico y Escalante-Pliego, 2006). En la reserva de bosque mesófilo de montaña “El Triunfo” registraron 43 especies y se considera el área con mayor concentración de especies que anidan en cavidades en México. La pérdida de cavidades en un área determinada tendrá un impacto mayor en los usuarios obligados y afectará de forma variable a cavadores secundarios (Newton, 1994), esto indica que el grado de conservación de los ecosistemas influye en la disponibilidad de recursos para anidar.

4.2 Cajas nido para fauna silvestre

Dado que los bosques tropicales se ven perturbados por la tala, es posible que los **conservacionistas** deban gestionar prácticas para garantizar la disponibilidad de cavidades (Warakai *et al.*, 2013). Las cajas nido artificiales podrían tener utilidad para la conservación e investigación de la vida silvestre, ya que una desventaja que se presenta en el estudio de los animales que usan cavidades naturales, es que son difíciles de monitorear debido a las dificultades de accesibilidad **(cita)**.

Comentado [JAGD21]: Y científicos? Y ecólogos?

Diferentes especies animales pueden competir por los nidos con las aves que anidan en cavidades naturales y secundarias (Wiebe, 2004). Las cajas nido pueden complementar las cavidades naturales para muchas especies, sin embargo, existe poca evidencia científica sobre su uso por invertebrados y mamíferos (McComb y Noble, 1981a). Los vertebrados que utilizan con mayor frecuencia las cajas nido son aves como pájaros carpinteros, carboneros, trepadores azules, papamoscas, algunos búhos y palomas, y algunos mamíferos como murciélagos, roedores y mustélidos (Czeszczewik *et al.*, 2008). Las cavidades preferidas para algunos mamíferos probablemente proporcionen un entorno térmico óptimo para el ocupante, que le confiere beneficios energéticos (Isaac *et al.*, 2008).

Muchas aves, mamíferos, así como reptiles e insectos utilizan cajas artificiales facilitando el monitoreo y mantenimiento de las cajas nido, permitiendo a su vez estudiar conductas particulares como el cuidado parental (Franzreb y Hanula 1995; Zárbynická *et al.*, 2016). El uso de cavidades artificiales en la investigación aviar ha favorecido el entendimiento del comportamiento reproductivo de especies que anidan en cavidades, permitiendo a los investigadores realizar monitoreos y manipulación experimental de huevos, polluelos y padres (cita). Pero, por otra parte, el uso de cajas nido en las investigaciones de avifauna también han sido seriamente criticadas, ya que difieren en forma de las cavidades naturales y sólo se suele experimentar con los modelos clásicos (Miller, 2002; Lambrechts *et al.*, 2010).

A pesar de las opiniones a favor y en contra de esta técnica, lo cierto es que las cajas nido ofrecen una estrategia de gestión alternativa y brindan tiempo necesario para que los huecos de los árboles se formen de manera natural (McComb y Noble, 1981a), y, por tanto, su práctica uso ha sido común en Europa y Estados Unidos (Wiebe, 2011; Bautista *et al.*, 2016). En México, existe poca información sobre la disponibilidad de cavidades en bosques tropicales secos, particularmente en Veracruz, siendo escasos los estudios científicos sobre el uso de cajas nido por aves y otra fauna en bosques tropicales secos (Marsden y Pilgrim, 2003; Boyle *et al.*, 2008).

El microclima tanto en cavidades naturales como artificiales está poco documentado y puede variar con la ubicación y las dimensiones de la cavidad (Wiebe, 2001; Maziarz y Wesołowski, 2013), así mismo cajas nido con aislamiento deficiente pueden exponer a sus usuarios a temperaturas más extremas de las que experimentarían en las cavidades de los árboles (Isaac *et al.*, 2008) y pueden tener un efecto contraproducente al proporcionar nidos

Comentado [JAGD22]: Término correcto? ornitológica

Con formato: Resaltar

adicionales para los competidores potenciales de la especie objetivo (Mänd *et al.*, 2005). Las cajas nido generalmente parecen proporcionar un microclima relativamente cálido y seco que es distinto de las cavidades de los árboles que son más frías y húmedas (Maziarz *et al.*, 2017).

Por otra parte, se menciona que las cajas nido colocadas en un área determinada suelen ser más uniformes en cuanto a dimensiones y ubicación sobre el suelo, por lo que ofrecen una variedad limitada de posibilidades de anidación para los no excavadores (Lambrechts *et al.*, 2010), así como proporcionar un microclima bastante similar en general (Ellis, 2016), lo que puede reducir la oportunidad de que las aves encuentren condiciones térmicas y de humedad óptimas. Miñarro (2021) describe que la vegetación ~~de~~ alrededor del nido puede proporcionar información sobre selección de microhábitats en diferentes especies de aves, así como la preferencia de la orientación geográfica de las cajas nidos puede estar determinada por el microclima que se genera dentro de ellas (Rodríguez *et al.*, 2011; Milligan y Dickinson, 2016).

Las áreas con vegetación escasa pueden ser ventajosas para algunas aves dado sus hábitos de comportamiento alimenticio (Navara y Anderson, 2011), la estimación de la estructura y composición de la vegetación es particularmente útil para predecir la presencia y densidad de muchas especies (Gallina, 2011), pero también se sabe que hay riesgos de depredación respecto al tipo de vegetación donde se posicionan las cajas nido, por el grado de exposición del nido, o por que los padres no encontraron cavidades más elevadas viéndose obligados a utilizar cavidades más bajas disponibles (Lill, 1968). Weatherhead y Blouin-Demers (2004) y Rodríguez *et al.*, (2011), reportan que las serpientes se han caracterizado como las principales depredadoras de nidos de aves paseriformes del Nuevo Mundo y otros animales arborícolas y, mientras que Warakai *et al.*, (2013), han reportado a otros reptiles como los geckos. Por ello, algunos autores hacen referencia a la implementación de cajas nido como una “trampa mortal” (Klein *et al.*, 2007), que favorece la depredación de nidos secundarios, sin embargo, otros autores recomiendan adicionar otras estructuras como conos antidepredatorios y placas metálicas en las aperturas de entrada, para evitar que ciertas especies agranden los agujeros de los nidos (Fokidis y Risch, 2005; Benson y Bailey, 2018) como lo encontrado en nuestro estudio.

En el mundo, más de 1000 especies de aves, muchos mamíferos, anfibios y reptiles, dependen o usan cavidades en árboles para reproducirse y/o refugiarse (Altamirano *et al.*, 2012). Varias especies de invertebrados y vertebrados utilizan las cavidades naturales de los

Comentado [JAGD23]: No sería al revés? El microclima depende de la orientación

Comentado [JAGD24]: Esto creo ya lo habáis mencionado antes, unirlo para evitar información repetida

árboles como refugio, descanso o alimentación. McComb y Noble (1982) colocaron tres diseños de cajas nido en tres hábitats distintos y encontraron 39 taxones de invertebrados que incluyen: gasterópodos, arácnidos, ortópteros, hemípteros, himenópteros, coleópteros lepidópteros, isópteros, dípteros, siendo las avispas de papel las más frecuentes en cajas nido grandes ~~y~~; mientras que de vertebrados se incluyen: ranas, salamandras y ardillas voladoras. ~~Ellos~~ también ~~describen~~ ~~mencionan que~~ una cavidad ideal para invertebrados es aquella situada a menos de 6,2 m del suelo, en un árbol joven y pequeño con lianas, cerca del agua y situado cerca de otros árboles con cavidades con densa cobertura.

Milligan y Dickinson (2016), compararon el uso del hábitat de cinco especies de aves (*Myiarchus cinerascens*, *Troglodytes aedon*, *Baeolophus inornatus*, *Tachycineta thalassina* y *Sialia mexicana*) que usan cajas nido en bosques de California, para determinar cuáles características del hábitat predicen mejor la ocupación de las cajas, colocaron 360 cajas nido y examinaron la frecuencia de ocupación durante 11 años. Las aves eligieron los lugares para anidar basándose en criterios distintos a la caja misma. *S. mexicana* fue quien tuvo mayor frecuencia de anidación y prefirió sitios de anidación alejados de los corredores ribereños, *M. cinerascens* se asoció en hábitats con mayor densidad de bordes y menos pastizales, carboneros y reyezuelos a vegetación ribereña y chaparral al igual que la golondrina.

Finch (1989), instaló 65 cajas nido a 2 m de altura en árboles de hoja caduca vivos y > a 10 cm de diámetro de los árboles, las cajas se colocaron en distancias variables debido al tamaño del corredor ribereño, los ocupantes fueron matracas comunes (*Troglodytes aedon*) que anidaron en 21 cajas (32%) en 1983, 29 (45%) en 1984 y 23 (35%) en 1985, además ~~de~~ que algunos machos realizaron intento de anidación (nido incompleto) en 15 cajas adicionales (23%) en 1983, 13 (20%) en 1984 y 11 (17%) en 1985. Mientras que

~~En~~ el Parque Nacional “La Malinche” la ocupación de cajas nido por aves fue mayor en bosques jóvenes que en bosques maduros, debido a la falta de cavidades naturales, ~~mientras que en bosques maduros la ocupación de cavidades naturales fue mayor que la registrada en cajas nido~~ (Cuatianquiz *et al.*, 2016).

Por otra parte, Farrell (2018) realizó monitoreo durante la temporada no reproductiva y encontró que durante el invierno los carboneros cresta negra (*Baeolophus atricritatus*) utilizan las cajas nido para posarse durante las noches de invierno, así como el saltapared cola larga (*Thryomanes bewickii*) y los pájaros carpinteros mexicanos (*Dryobates scalaris*), esto

Comentado [JAGD25]: Esto no me queda claro

Con formato: Punto de tabulación: No en 8.96 cm

Comentado [JAGD26]: Estandarizar, antes no habías usado nombres comunes, seguir solo un estilo, yo preferiría que te quedaras solo con nombres científicos

demuestra que las cajas nido pueden ser beneficiosas para individuos de especies distintas que habitan regiones con climas invernales severos. Así mismo, McComb y Noble (1981a), encontró evidencia de uso aviar en cajas nido alcanzando su punto máximo en invierno (refugio) y primavera (anidación), además de un 3.8% de ocupación por mamíferos, anfibios y reptiles en las inspecciones de cajas nido y cavidades naturales.

4.3 Recomendaciones para la colocación de cajas nido

Las cajas nido pueden emplearse como estrategias en programas de conservación para algunas especies cavadoras secundarias y/o arborícolas, no necesariamente construidas para aves, sino para todo tipo de fauna. La implementación de cajas nido en conjunto con los programas educativos relacionados con la conservación de avifauna, constituyen una de las mejores estrategias didácticas para crear sensibilidad en torno a la conservación de la biodiversidad (Herrada y Cervantes, 2000 y Pasquali *et al.*, 2011). La ciencia ciudadana (CS) es un tipo de participación que involucra al público y profesionales en investigaciones científicas, proporcionando beneficios educativos para el público en general al mismo tiempo que se obtienen datos biológicos de las especies (Abdelouahid *et al.*, 2020).

Para la conservación de algunas especies, la provisión de cajas nido debe considerarse como una intervención específica y temporal, la retención de árboles con cavidades es una medida más sostenible (Goldingay y Stevens, 2009; Lindenmayer *et al.*, 2009; Cockle *et al.*, 2010). Diferentes especies de aves parecen tener preferencia por distintos modelos de cajas-nido, sería preferible utilizar en una misma área varios modelos distintos (cajas grandes, medianas y pequeñas) para mantener la diversidad de especies (McComb y Noble, 1981a; Moreno-Rueda, 2003). Colocar las cajas nido a una altura que permita el monitoreo regular también puede resultar en una ubicación no tan favorable, lo que puede conducir a una reducción del uso de las cajas nido por parte de la especie objetivo (Moore *et al.*, 2010). Otras recomendaciones para la instalación de cajas nido, es que no deberían instalarse en lugares fácilmente detectables, ni en lugares muy ocultos donde sean indetectables por las aves (Rodríguez *et al.*, 2011).

La instalación de cajas nido para aves insectívoras también es una herramienta efectiva para incrementar el control biológico de las plagas (Miñarro, 2021), así como cajas nido diseñadas para rapaces, quienes pueden disminuir poblaciones grandes de roedores en ambientes de cultivo (Meaney *et al.*, 2021).

Comentado [JAGD27]: Término correcto?

Comentado [JAGD28]: Esto igual ya lo habías mencionando antes, unirlo para evitar repetición

Comentado [JAGD29]: ?

Comentado [JAGD30]: Esto queda muy suelto aquí

Un importante problema en los estudios de cajas nido es el costo y el tiempo requerido para monitorear su uso (Moore *et al.*, 2010). La acumulación de material de anidación en las cajas nido puede inducir infestaciones no deseadas (Mazgajski, 2007), de modo que la limpieza regular de las cajas nido es necesaria para aliviar estos problemas, pero dicho mantenimiento requiere mucha mano de obra (Wesołowski, 2011). Sin embargo, el mantenimiento de las cajas nido puede realizarse en base al objeto de estudio, por ejemplo, Jaworski *et al.*, (2021), sugieren un enfoque más flexible para el mantenimiento y manejo de las cajas nido, realizando una limpieza menos frecuente o proporcionar más de una caja nido en un lugar determinado para mejorar la conservación de los insectos asociados a los nidos.

5. Hipótesis

Dado que las oquedades para anidación son un recurso limitado y competido de manera natural en vida libre y las condiciones de la estructura de la vegetación en hábitats contrastantes como acahual y el potrero pueden limitar su disponibilidad como sitios de anidación en aves y otra fauna. Con la instalación de cajas nido como una alternativa de anidación en acahual y el potrero se espera que:

1. La ocupación de cajas nidos por aves y fauna residente sea mayor en el hábitat de acahual que en potrero.
2. La ocupación de cajas nido está relacionada con las variables estructurales de la vegetación en ambos tipos de hábitat.

Comentado [JAGD31]: Esto es redundante

Comentado [JAGD32]: En que sentido son contrastantes?

Comentado [JAGD33]: ¿por qué? Está hipótesis casi vino de la nada, falta información o resaltarlo en los antecedentes.

Comentado [JAGD34]: Igual de esto casi no se habló en los antecedentes

6. Objetivo

Evaluar la ocupación de cajas nidos artificiales por aves y fauna residente en acahual y potrero dentro del Área Privada de Conservación (APC) Xocotitla.

6.1 Objetivos particulares

1. Evaluar la estructura arbórea del acahual y potrero dentro del APC Xocotitla.
2. Analizar la ocupación temporal de cajas nido por aves en acahual y potrero y la influencia de la estructura arbórea de ambos hábitats, la estacionalidad y la orientación geográfica sobre su ocupación dentro del APC Xocotitla.

3. Analizar la ocupación temporal de cajas nido por otros grupos de fauna en acahual y potrero y la influencia de la estructura arbórea de ambos hábitats, la estacionalidad y la orientación geográfica sobre su ocupación dentro del APC Xocotitla.

7. Materiales y Métodos

7.1 Área de estudio

El estudio se desarrolló en el Área Privada de Conservación (APC) “Xocotitla” de 42.40 ha, en el Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México (96°32'20" N y 19°11'0" O, 241 m s.n.m.) (Figura 1). La temperatura y precipitación pluvial media en la región durante la época de secas es de 25.4°C y 59.6 mm y en lluvias 27.1°C y 719.1 mm, la estación seca se extiende de octubre a mayo y la de lluvia de junio a octubre (Suárez 2011).

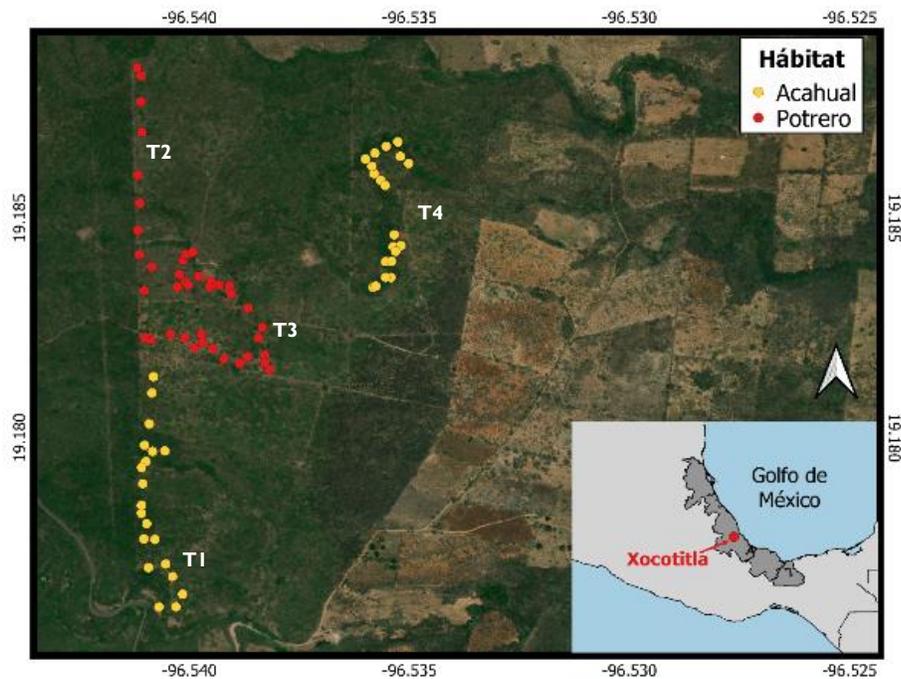


Figura 1. Ubicación y número de transectos (T) monitoreados en el Área Privada de Conservación “Xocotitla” (elaborado por Huesca, I. y Juarez, D., 2022)

A mediados de los años ~~70's~~ ~~setentas~~ previo a que ~~a que~~ el área fuera decretada como reserva, esta estaba ocupada ~~ae~~ por un bosque secundario de que vegetación?, predominando las especies leñosas de la familia Fabaceae, posteriormente fue talado y durante de 10 años se cultivó maíz y posteriormente tomate y papaya. Finalmente, el potrero fue utilizado para el pastoreo de ganado bovino alrededor de 23 años y se realizó mantenimiento de la maleza hasta el 2004 (Suárez, 2011). La estructura de la vegetación de especies leñosas consistía en especies dominantes como *Cordia sp.*, *Randia aculeata*, *Guazuma ulmifolia*, *Thouinidium decandrum* e *Ipomea wolcottiana* con una altura media de 1.7 m y un área basal de 3.9 m² ha⁻¹ (Williams-Linera, 2011). Sin embargo, los propietarios decidieron dar paso a un proceso de regeneración natural y abandonaron la actividad productiva del predio, incluyendo cabezas de ganado de las que se desconoce el número exacto que se encuentran en condiciones ferales dentro del perímetro. Al documentar especies nativas principalmente de aves, en 2016 se decreta como Área privada de conservación (SEDEMA, 2016).

Comentado [JAGD35]: En español no se usa la abrevitura 's

Con formato: Resaltar

7.2 Caracterización del hábitat y selección de los ambientes

Como primer paso se realizó una visita de reconocimiento al APC Xocotitla en invierno de 2020 para conocer y caracterizar el hábitat de potrero y acahual. En esta visita se dio mantenimiento a los senderos. Con base en las métricas obtenidas y con el apoyo de un mapa de capas de uso de suelo y vegetación obtenidas del geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de México (CONABIO, 2022), realizado en Qgis 3.22, se describieron los hábitats de la siguiente manera:

Comentado [JAGD36]: ¿cuál serie específicamente usaste?

Potrero: Los potreros son áreas abiertas donde predominan principalmente pastos nativos e introducidos y hierbas, sin embargo, también hay presencia de otras formas de crecimiento, particularmente de arbustos y árboles jóvenes que son utilizados en ocasiones por el uso de la madera, para ofrecer sombra o alimento al ganado (Lira-Noriega 2007). El hábitat de potrero en el APC Xocotitla entra dentro de la categoría “potrero con árboles” de acuerdo con Castillo-Campos y Laborde (2006). Presenta un menor número de especies arbóreas, individuos con menor altura (4.26 ± 1.16 m), DAP (24.37 ± 14.35 m) y mayor distancia entre árboles vecinos (7.64 ± 11.86 m) a diferencia del acahual (5.3 ± 2.09 m, 25.37 ± 13.39 m y 7.80 ± 9.16 m) respectivamente, y por lo tanto tiene menor cobertura vegetal, así

Comentado [JAGD37]: Siempre espacios entre símbolos matemáticos

Comentado [JAGD38]: Esto no debería ir aquí si no en acahual

como arbustos, herbáceas, lianas poco presentes y cuerpos de agua más distantes. Este hábitat no es un potrero convencional como en la zona sur del estado de Veracruz que presentan extensas áreas de pasto y árboles dispersos de sombra para el ganado (Guevara *et al.*, 1994). Diversas condiciones no han favorecido que este hábitat tenga una sucesión secundaria como en el acahual, el ganado feral limita el crecimiento de nuevas plántulas, erosiona el suelo y favorece la abundancia de garrapatas durante la temporada seca. Finalmente, la delimitación del predio con alambre de púas no permite el paso del ganado hacia el acahual, limitándolo a este hábitat.

Acahual: ~~De acuerdo a~~ De acuerdo con Chazdon (2014), se denomina “bosque secundario o acahual al crecimiento forestal producido de manera natural después de una perturbación natural o inducida, con diferente dinámica sucesional”, con una composición florística variable en función del tiempo de abandono (Castillo-Campos y Laborde, 2004). El hábitat de acahual dentro del APC Xocotitla, tiene aproximadamente 20 años de abandono, presenta mayor riqueza de especies a diferencia del potrero, incluso se encuentran algunas representativas del bosque tropical seco como *Chloroleucon mangense*, *Lysiloma acapulcense*, *Lysiloma divaricatum*, *Credela odorata*, *Maclura tinctoria*, *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Guazuma ulmifolia* que tienen importancia como hábitat, alimento y refugio para muchas aves (Moreno-Casasola y Paradowska 2009; Suárez 2011), así como árboles con mayor altura, DAP y distancia entre árboles vecinos. Se situasitúa a lo largo de una cuenca temporal, presenta una estructura vegetal riparia más compleja al tener arbustos espinosos, herbáceas y lianas lo que ofrece una cobertura vegetal abundante, además, los cuerpos de agua se encuentran cercanos. En este hábitat se ha detectado mínima presencia del ganado feral, favoreciendo la estructura de la vegetación en la sucesión secundaria.

Para analizar la estructura de la vegetación, durante julio y agosto del 2020 se realizaron cinco visitas en cada tipo de hábitat. Posterior a la colocación de las cajas nido, se registraron algunas métricas de las características de las cajas nido como: la altura de cajas nido (ACN), el diámetro a la altura del pecho de cajas nido (DAPCN), y de la estructura del hábitat: altura de los árboles más cercanos (AAC), el diámetro a la altura del pecho de los árboles más cercanos (DAPAC) y la distancia del árbol de soporte de cajas nido a los árboles

Comentado [JAGD39]: Cada ambiente es diferente, no creo que exista la definición de un potrero convencional

Comentado [JAGD40]: Aquí van los datos anteriores

Comentado [JAGD41]: Al piso?

Comentado [JAGD42]: No será de los árboles?

más cercanos (DAC) utilizando el método cuadrantes centrados en puntos (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Land *et al.*, 1989; Gallina, 2011).

También se registró la especie de todos los árboles seleccionados para la colocación de las cajas nido (n= 80 árboles de soporte de cajas nidos y n= 320 árboles cercanos). Para determinar las especies arbóreas se emplearon datos de Naturalista (<https://www.naturalista.mx/>), así como listados publicados sobre la flora del área de estudio (Medina y Castillo-Campos, 1993; Williams-Linera y Loera, 2009; Suárez, 2011; Ramírez, 2012).

Se obtuvo la abundancia absoluta de los árboles (número de individuos por especie), para posteriormente calcular la frecuencia absoluta (especie más frecuente), abundancia relativa (porcentaje del total de especies presentes) y dominancia absoluta (superficie ocupada por especie) de las especies de árboles cercanos a los árboles que contienen cajas nido en ambos hábitats, empleando las siguientes fórmulas (Gallina, 2011):

Dominancia Absoluta (DA)= media del área basal por árbol * número de árboles por especie

Frecuencia Absoluta (FA): $FA = \left(\frac{p_i}{\sum p} \right) * 100$, p_i es el número de puntos con la especie y p es el total de puntos multiplicado por 100

Densidad Relativa (D_r): $D_r = \left(\frac{n_i}{\sum n} \right) * 100$, n_i es el número de individuos por especie (i) y n es el total del número de individuos multiplicado por 100

7.3 Construcción de nidos artificiales

La construcción de cajas nido se llevó a cabo durante el invierno de 2020, siguiendo las recomendaciones de Benson y Bailey (2018). Se construyeron un total de 80 cajas nido con las mismas dimensiones (14 cm Largo x 14 cm de Ancho x 23 cm Alto) empleando madera de pino (Figura 2).

Las cajas nido cuentan con una apertura de entrada de 1½" que, de acuerdo con el manual, favorece la anidación del carbonero cresta negra (*Baeolopus atricristatus*), especie residente con límites reproductivos para la zona (Patten y Smith-Patten, 2020). Así como una

Comentado [JAGD43]: No se tomaron muestras de ejemplar? Ni se consultaron herbarios o especialistas? Esto puede llevar a sesgos taxonómicos.

puerta lateral abatible con seguro, para llevar a cabo la revisión del nido, limpieza después de la anidación y mantenimiento de la propia caja.

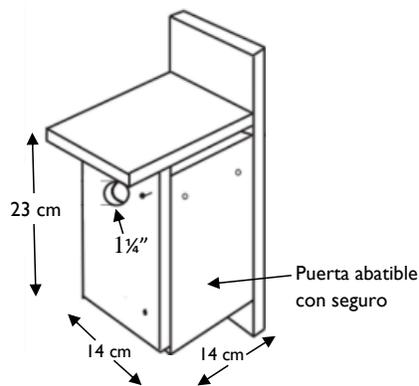


Figura 2. Cajas nido construidas para este estudio tomando como base el modelo de Benson y Bailey, (2018)

7.4 Colocación de nidos artificiales

En invierno del 2020 se instalaron 80 cajas nidos dentro del APC Xocotitla. ~~De acuerdo a De~~ acuerdo con Gamonal (2014) y Harper *et al* (2005), se colocaron a lo largo de 4 transectos lineales (T), de los cuales, dos pertenecen al hábitat de acahual (T2= 642_m_ ~~T~~ T4=574_m) y dos, a potrero (T1= 797m_ ~~T~~ T3=933m) (Figura 3).

Comentado [JAGD44]: Espacio siempre despues y antes de simbolos matemáticos



Figura 3. Caja nido instalada en árbol de *Ipomea wolcottiana wolcottiana* dentro del APC Xocotitla

Para la colocación de cajas nido se consideraron árboles vivos, troncos estéticamente no inclinados y sin ramas a los laterales de las cajas nido para facilitar la revisión de los nidos mediante la puerta abatible. La altura de los árboles vario entre 2 y 4 metros ~~m~~ y se consideraron aquellos con un DAP mayor a 20 cm (Benson y Bailey, 2018).

De manera experimental empleando un dispositivo GPS, las cajas nido fueron orientadas geográficamente con la apertura de entrada hacia la dirección norte (N=32), noreste (N=21) y este (N=27). Debido a la baja altura de la mayoría de los árboles se utilizó una escalera para fijar las cajas nido con dos clavos de acero inoxidable sumergidos previamente en alcohol al 70%.

Comentado [JAGD45]: Este fue un factor anidado dentro de hábitat? Más bien en cada hábitat cuantas cajas hubo por dirección?

7.5 Monitoreo de cajas nido

El monitoreo de cajas nido se realizó durante 18 meses, iniciando en marzo de 2020 y finalizando en Julio de 2021. Las temporadas reproductivas comprenden los meses de marzo a julio 2020 y 2021 (Brush, 1983; Newton, 1994; Martin y Wiebe, 2004). Durante estos periodos se realizaron 30 visitas efectuadas cada 10 días en ambos tipos de hábitats, 15 visitas por temporada (5 visitas por nido en promedio). En esta época se realizó un esfuerzo de muestreo de 650 horas. En temporada no reproductiva se realizó una visita al mes, realizando un esfuerzo de muestreo de 56 horas.

Comentado [JAGD46]: Esto no me queda claro.

Comentado [JAGD47R46]: A que te refieres por temporada?

Para documentar las observaciones de ocupación de los nidos, ~~de acuerdo a~~ de acuerdo con González (2011) y Leena (2018), el observador se posicionó a una distancia de 3 a 5 metros de los nidos artificiales. ~~Para registrar~~ registrar la actividad en cada caja nido, empleando cámara fotográfica (Nikkon 70-300 mm), telescopio (Vortex Diamondback 20-60x80) y binoculares (Vortex DiamondbackHD 8X42 y 10x42). Cuando no se visualizaron individuos fuera o cerca de las cajas nido se realizó la revisión interna. Antes de abrirla, se golpeó la caja suavemente para verificar la presencia de aves por vocalizaciones o movimiento. El periodo de revisión no excedió los 5 minutos para evitar perturbar las aves. Los nidos se consideraron ocupados cuando al menos contenían un huevo o polluelos (Martin, 2004; Gamonal, 2014; Benson y Bailey, 2018). Para documentar las observaciones del monitoreo en campo se utilizó una hoja de registro modificada de Benson y Bailey (2018) (Anexo 1). Posterior a la revisión del nido, se observó la caja para verificar el regreso o vocalización de los padres y registrar la especie usuaria.

Las aves que incubaron huevos dentro de las cajas nido se identificaron a nivel de especie utilizando las guías Howell y Webbs (2013), Van Perlo (2006), Sybley (2014), e-bird (<https://ebird.org/home>) y Naturalista (<https://www.naturalista.mx/>). Las especies de aves a las que pertenecían los huevos encontrados también se confirmaron mediante la guía de nidos, huevos y polluelos de Baicich y Harrison (1997). Además, se grabaron cantos con una grabadora (Tascam Dr-05x) y se compararon los audios con la aplicación Merlin (<https://merlin.allaboutbirds.org/>) de Cornell Lab of Ornithology y la base de datos de ©Fundación Xeno-canto (<https://www.xeno-canto.org/>) como apoyo en la identificación.

Con la base de datos de E bird © (<https://birdsoftheworld.org/>) y la guía de Baicich y Harrison (1997), se determinaron las aves residentes y migratorias que ~~están se presentes~~ encontraron en Xocotitla, así como las especies de aves residentes que requieren de cavidades en los árboles para anidar.

Una vez ~~que terminaba cada~~ la anidación ~~por parte de las aves~~ en las cajas nido durante las temporadas reproductivas 2020 y 2021, se esperaban ocho días para confirmar la interacción reproductiva, se recolectaron y etiquetaron en bolsas Ziploc los sustratos que construyeron las aves antes de tener sus puestas, con la finalidad de que al finalizar esta tesis, se pueda analizar la composición y estructura de los nidos colectados, ya que son registros

que brindan información de la biología reproductiva de estas especies. Finalmente se realizó limpieza en los interiores de las cajas para potencial uso de posibles anidaciones.

7.5.1 Registro de ocupación por otros grupos de fauna

Al comenzar los monitoreos de cajas nido en la temporada reproductiva 2020, se observó la presencia de otros grupos de fauna. Dada la escasa existencia de este tipo de estudios con fauna, se decidió registrar la presencia-ausencia y la determinación taxonómica de los individuos encontrados que hicieron uso de las cajas nido durante los 18 meses que comprende las temporadas reproductivas para aves 2020 y 2021 y la no reproductiva en 2020. El registro se efectuó considerando las características de las cajas nido como son altura y DAP de cada caja nido ocupada y de la estructura del hábitat que incluye la altura, DAP y distancia entre árboles más cercanos a árboles de soporte para cajas nido, así como la especie arbórea que soportan cajas nido y de los árboles cercanos, la orientación geográfica y la temporalidad.

8. Análisis estadístico

8.1 Caracterización del hábitat

Para conocer la distribución de las variables de hábitat registradas, se obtuvieron valores de media, moda, mediana y desviación estándar. Para comparar las métricas de la estructura arbórea por tipo de hábitat, se aplicó la prueba t de Student para los datos con distribución normal y la prueba no paramétrica de Mann-Whitney en caso contrario.

Con la finalidad de comparar los patrones de riqueza y abundancia relativa de cada especie arbórea se realizó una curva de rango-abundancia por tipo de hábitat. Las curvas están presentadas en escala logarítmica para representar en el mismo gráfico las especies que son distintas en abundancia (Moreno, 2001; Feinsinger, 2003; Ugalde-Lezama *et al.*, 2010).

Con formato: Sangría: Primera línea: 0 cm

8.2 Evaluación de ocupación de cajas nido por aves residentes

Para conocer la distribución de las variables de ocupación registradas, se obtuvieron valores de media, moda, mediana y desviación estándar de las características relacionadas a las cajas nido ocupadas (ACN y DAPCN) por tipo hábitat.

Para conocer si la ocupación de cajas nido por aves depende de la orientación geográfica de la caja nido, se realizó la prueba ji cuadrada (χ^2) (Briggs y Mainwaring, 2021). A su vez, para evaluar el efecto de la orientación geográfica sobre el número de huevos se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, debido a que los datos no mostraron una distribución normal (Cuatianquiz y Macías, 2016; Le roux *et al.*, 2016; Briggs y Mainwaring, 2021).

Después se empleó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para evaluar las diferencias de la estructura arbórea (AAC, DAPAC y DAC) y las características de las cajas nido (ACN, DAPCN y orientación geográfica), sobre la presencia-ausencia de huevos en las cajas nido (Warakai *et al.*, 2013; Maziarz *et al.*, 2017).

Posteriormente, se obtuvo una curva de rango-abundancia para comparar los patrones de riqueza y abundancia relativa de especies de aves por tipo de hábitat (Moreno, 2001; Cárdeñas *et al.*, 2003; Ugalde-Lezama *et al.*, 2010; Beltrán-Rodríguez *et al.*, 2018).

La ocupación de cajas nido se evaluó mediante el número de huevos registrados dentro de cajas nido ocupadas, por esta razón se utilizaron modelos para datos de conteo con la finalidad de evaluar el efecto de la estructura arbórea (tipo de hábitat, AAC, DAPAC y DAC) y de las características de las cajas nido (ACN, DAPCN y orientación geográfica) sobre la abundancia de huevos. Debido a la naturaleza de los datos de conteo y a la alta presencia de ceros, se evaluaron diferentes modelos lineales generalizados (GLM) con diferentes ajustes: Poisson (P), Binomial Negativo (BN), Poisson con ceros inflados (PCI) y Binomial Negativo con ceros inflados (BNCI). Posteriormente para seleccionar las mejores variables predictoras y el modelo con el mejor ajuste se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC) y el Criterio de Información Bayesiano (BIC) con los valores más bajos (Martínez, 2009; Monflis, 2012; Cuatianquiz y Macías, 2016; Milligan y Dickinson, 2016; Zárbybnická *et al.*, 2016).

Comentado [JAGD48]: Pero para elegir el modelo que mejor ajusta a los datos se deben realizar otras pruebas además de examinar los residuales. Los criterios de información solo sirven para modelos anidados no?

8.3 Evaluación de ocupación de cajas nido por otros grupos de fauna silvestre

Para conocer la distribución de las variables de ocupación registradas por otros grupos de fauna por tipo hábitat, se obtuvieron valores de media y desviación estándar.

Para conocer el efecto de la orientación geográfica en la ocupación de cajas nido por otros grupos de fauna, se realizó la prueba Kruskal Wallis (Le roux *et al.*, 2016) y se empleó la

Con formato: Sangría: Primera línea: 0 cm

prueba Mann-Whitney para comparar el efecto de la temporalidad (Warakai *et al.*, 2013; Maziarz *et al.*, 2017).

Por otro lado, para evaluar el efecto de la estructura arbórea (tipo de hábitat, AAC, DAPAC y DAC) y las características de las cajas nido (ACN, DAPCN y orientación geográfica) sobre la ocupación de otros grupos de fauna se utilizaron GLM con modelos Poisson y Binomial Negativo para datos de conteo (Monflis, 2012; Milligan y Dickinson, 2016). Las mejores variables predictoras y el **mejor modelo** fueron seleccionados mediante el AIC y BIC con valores más bajos. Adicionalmente, dadas las características de estos modelos, se calculó el porcentaje de **devianza explicada** (D^2) donde: $D^2 = (1 - (\text{desviación residual} / \text{desviación total}) * 100)$ (Schmidt y Rainer, 2014; Mouchet, 2015), ~~para sustentar el modelo más influyente.~~

Comentado [JAGD49]: Es desviación no? Del inglés deviance

9. Resultados

9.1 Caracterización del hábitat

En total en ambos tipos de hábitat se muestrearon 400 árboles adultos y jóvenes, de los cuales 80 corresponden a los árboles de soporte para cajas nido y 320 a los árboles cercanos. En general, **la altura de las cajas nido (ACN)** fue mayor en el potrero (2.52 ± 0.30 m), en contraste con el acahual (2.28 ± 0.24 m), se observa una diferencia significativa ($t = -3.93$, $g.l. = 68.468$, $p = < 0.0001001$) de esta variable entre hábitats. En cuanto al diámetro a la altura del pecho de los árboles que soportan cajas nido (DAPCN), aunque fue menor en el potrero (52.35 ± 23.58 cm) comparado con el acahual (69.30 ± 56.66 cm), no difieren **estadísticamente.**

Comentado [JAGD50]: Esta variable tengo una duda, es la altura a la que se colocaron las cajas? O la altura que tienen las cajas? Por que habría una diferencia entre alturas, creí que era algo que habían estandarizado.

Comentado [JAGD51]: La diferencia no es tan grande, $2.52 - 0.30$ y $2.28 + 0.24$, hay solapamiento en los intervalos de confianza. Me quedan dudas si realmente hay diferencias significativas. Favor de revisar los datos, las pruebas y agregar un boxplot.

Con formato: Resaltar

Comentado [JAGD52]: Valor de la prueba.

Por otra parte, la altura promedio de los árboles cercanos a los árboles de soporte de cajas nido (AAC) fue mayor en el acahual (5.3 ± 2.09 m) comparado con el potrero (4.26 ± 1.16 m), y se observa una diferencia significativa ($t = 2.781$, $g.l. = 67$, $p = 0.0070$) entre hábitats. Sin embargo, el diámetro a la altura del pecho de árboles cercanos a los árboles de soporte de cajas nido (DAPAC), **no difirió entre ambos tipos de hábitat.** De manera similar, la distancia

Comentado [JAGD53]: Valores y valor de la prueba

promedio de árboles cercanos a los árboles de soporte de cajas nido (DAC), no difirió entre ambos tipos de hábitat.

Comentado [JAGD54]: Valores y valor de la prueba

En total se determinaron 23 especies, 19 géneros y 10 familias de árboles en ambos tipos de hábitat, sin embargo, del total de árboles muestreados de 55 árboles no se obtuvo su determinación taxonómica. En el potrero se registraron 185 árboles adultos y jóvenes pertenecientes a 15 especies y en el acahual se registraron 215 árboles adultos y jóvenes pertenecientes a 23 especies, siendo el hábitat con la mayor riqueza de especies.

Comentado [JAGD55]: A que nivel se llegó? Familias? Géneros? Por eso la importancia de realizar colectas botánicas, acudir a herbarios y consultar especialistas para la identificación.

Comentado [JAGD56]: Incluyendo morfoespecies?

En ambos tipos de hábitat la especie *Chloroleucon mangense* fue la más abundante con un total de 65 individuos (29 en acahual y 36 en potrero), seguido de *Luehea candida* con un total de 52 individuos (22 en acahual y 30 en potrero), *Acacia cochliacantha* con 26 individuos en potrero y *Calypttranthes schiedeana* en acahual con 21 individuos, mientras que las especies menos abundantes en ambos tipos de hábitat fueron *Diphysa robinoides* y *Wimmeria pubescens* (Figura 4).

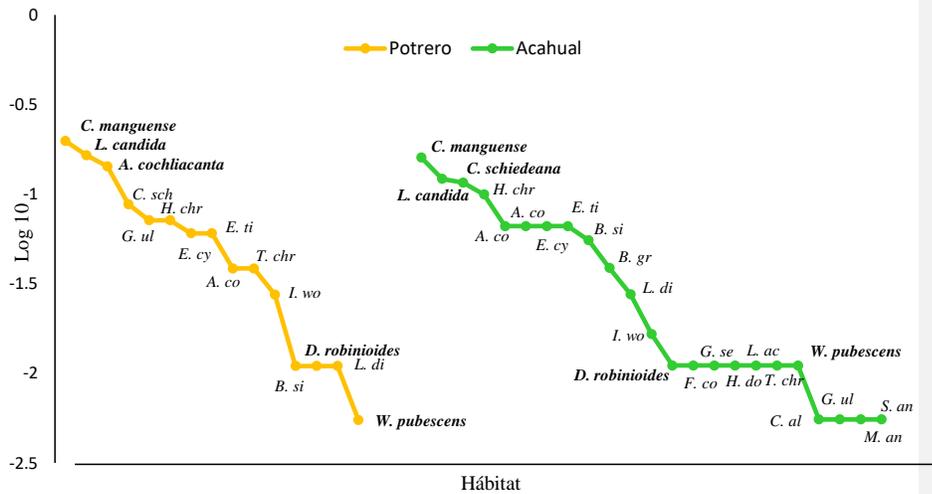


Figura 4. Curva de rango y abundancia de especies arbóreas por tipo de hábitat dentro del Área Privada de Conservación Xocotitla

La especie arbórea con mayor frecuencia absoluta del total de especies presentes en ambos tipos de hábitat fue *Luehea candida* (FA = 52.5). La especie que presentó el mayor porcentaje de densidad relativa del total de especies presentes fue *Chloroleucon mangense* (16.25%) y la especie con mayor dominancia absoluta en base al área basal fue *Lysiloma divaricatum* (11.39 m²), seguido de *Luehea candida* (11.17 m²) (Tabla 1).

Tabla 1. Especies arbóreas y variables de la estructura vertical de la vegetación en ambos tipos de hábitat de la APC Xocotitla

Familia	Especie	AA	FA	Dr (%)	DA (m ²)
Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i>	1	1.25	0.25	0.10
	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	31	21.25	7.75	2.92
	<i>Tabebuia chrysantha</i>	9	10	2.25	1.76
Boraginaceae	<i>Ehretia tinifolia</i>	23	22.5	5.75	3.86
Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i>	7	7.5	1.75	1.46
	<i>Bursera simaruba</i>	12	13.75	3	4.87
Celastraceae	<i>Wimmeria pubescens</i>	3	3.75	0.75	4.50
Convolvulaceae	<i>Ipomea wolcottiana</i>	8	10	2	1.06
Fabaceae	<i>Acacia cochliacantha</i>	38	27.5	9.5	3.32
	<i>Acacia cornigera</i>	19	20	4.75	0.84
	<i>Chloroleucon mangense</i>	65	47.5	16.25	5.42
	<i>Diphysa robinoides</i>	4	3.75	1	1.57
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	5	5	5.75	0.48
	<i>Gliricidia sepium</i>	2	1.25	0.5	0.18
	<i>Lysiloma acapulcense</i>	2	2.5	0.5	0.018
	<i>Lysiloma divaricatum</i>	7	8.75	1.75	11.39
	<i>Senna antomaria</i>	1	1.25	0.25	0.0004
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	14	10	3.5	1.89
	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	2	1.25	0.5	0.19
	<i>Luehea candida</i>	52	52.5	13	11.17
Martyniaceae	<i>Martynia annua</i>	1	1.25	0.25	0.045

Comentado [JAGD57]: Faltaría dividir cuales encontraste en potrero y cuales en achual. También faltan las morfoespecies no identificadas a nivel de especie.

Comentado [JAGD58]: ¿A qué te refieres con los nombres en negritas?

Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	2	2.5	0.5	4.48
Myrtaceae	<i>Calyptranthes schiedeana</i>	37	32.5	9.25	4.24

AA: Abundancia Absoluta; FA: Frecuencia Absoluta; Dr: Densidad relativa y DA: Dominancia Absoluta

9.2 Ocupación de cajas nido

9.2.1 Aves residentes

Durante todo el estudio se registró una ocupación en ~~32~~ ~~80~~ cajas nido (40 %), mientras que en las temporadas reproductivas en 22 (27.5 %) de las ~~80~~ cajas nido (22) ~~en las cuales~~ se registraron huevos y polluelos. Del total de cajas ocupadas, 18 fueron distintas durante las temporadas reproductivas 2020 y 2021, de las cuales 10 se ubican en hábitat de potrero y 8 en hábitat de acahual; y cuatro fueron reutilizadas durante el 2021. La mayoría de las cajas nido ocupadas (n=29) estuvieron colocadas en árboles adultos de la especie *Ipomea wolcottiana* ~~wolcottiana~~, seguido de *Chloroleucon mangense*, a una altura (2.5±0.49 m) y DAP (66±26.45 cm) en el potrero y a una altura (2.4±0.35 m) y DAP (52.8±37.03 cm) en el acahual. La apertura de entrada de estas cajas nido se ubicaron en la orientación geográfica Este (N=8), Norte (N = 7) y Noreste (N = 3).

Durante el periodo 2020, ~~7~~ (8.75%) (7) de ~~80~~ las cajas nido fueron ocupadas por aves, tres de ellas correspondieron al hábitat de acahual y cuatro al potrero, en contraste con la temporada 2021 donde la ocupación de cajas nido se incrementó a ~~15~~ (18.75 %) ~~de las 80~~ (15), de las cuales seis correspondieron al hábitat de acahual y nueve a potrero.

En el APC "Xocotitla" en ambas temporadas reproductivas se registraron ~~5~~ ~~22~~ (23%) especies residentes que anidaron en cajas nido en ambos tipos de hábitat. Las aves que ocuparon cajas nido durante la temporada 2020 y 2021 pertenecieron a los órdenes Passeriformes y Piciformes. En 2020 se identificaron cuatro especies de aves residentes que ocuparon cajas nido: ~~matraca nuca canela~~ (*Campylorhynchus rufinucha*) (n = 1), ~~carpintero frente dorado~~ ~~carpintero frente dorado~~ *Melanerpes aurifrons* (n= 2), mosquero gritón *Myiarchus tyrannulus* (n= 2) y carbonero cresta negra *Baeolophus atricristatus* (n= 2) (Figura 5). Sin embargo, en 2021, se determinaron cinco especies de aves residentes que ocuparon cajas nido: ~~carpintero frente dorado~~ ~~carpintero frente dorado~~ *Melanerpes aurifrons* (n=5), el papamoscas gritón *Myiarchus tyrannulus* (n=5), seguidos en frecuencia de ocupación por el

Comentado [JAGD59]: ¿Cuántas en potrero y cuantas en acahual?

Comentado [JAGD60]: ¿a que te refieres?

Comentado [JAGD61]: Esto no me queda claro

Con formato: Fuente: Cursiva

Con formato: Fuente: Sin Cursiva

Con formato: Resaltar

Comentado [JAGD62]: Los mismos datos para I. wolcottiana, estandarizar como presentas los resultados

Con formato: Resaltar

Comentado [JAGD63]: Igual que lo anterior.

Comentado [JAGD64]: Esto es un poco confuso, deberías describir primero tus resultados generales, luego dividiendo por tipos de hábitat y ya luego más específico por temporadas.

Comentado [JAGD65]: Se esperaría ver un listado donde se muestren los datos de donde se encontraron (hábitat) y su estatus (migratoria vs residente)

Comentado [JAGD66]: Estandarizar en toda la tesis si usas ambos nombres o solo uno, se preferiría el nombre científico.

Comentado [JAGD67R66]: Nombres científicos entre paréntesis, estandarizar

Con formato: Fuente: Sin Cursiva

Con formato: Resaltar

carbonero cresta negra *Baeolophus atricristatus* (n=2), el papamoscas triste *Myiarchus tuberculifer* (n=2) y la matraca nuca canela *Campylorhynchus rufinucha* (n=1) (Figura 5).



Figura 5. **A)** Adultos de matraca nuca canela (*Campylorhynchus rufinucha*) "**A**", **B)** papamoscas gritón (*Myiarchus tyrannulus*) "**B**" y **C)** carbonero cresta negra (*Baeolophus atricristatus*) "**C**", utilizando las cajas nidos durante la época reproductiva. (Fotografías Alberto Lozano).



Figura 6. Especies de aves residentes que utilizaron cajas nido durante las temporadas reproductivas 2020 y 2021: A) matraca nuca canela (*Campylorhynchus rufinucha*) "A", papamoscas gritón (*Myiarchus tyrannulus*) "B", papamoscas triste (*Myiarchus tuberculifer*) "C", carbonero cresta negra (*Baeolophus atricristatus*) "D" y carpintero frente dorado (*Melanerpes aurifrons*) "E" (Fotografías Diana Juanz y Aurelio Molina).

Comentado [JAGD68]: Este panel de figuras no está referido en el texto

Comentado [JAGD69]: Iniciar siempre con la letra de la subfigura. Estandarizar en todo el texto.

En ambos tipos de hábitat se documentó el mismo número de especies de aves (n=4), sin embargo, se observó una variación en la anidación entre las especies de aves que ocuparon los distintos hábitats. La especie que ocupó con mayor frecuencia las cajas nido durante ambas temporadas reproductivas en hábitat de potrero fue *M. aurifrons*, mientras que *M. tyrannulus* fue el menos presente. Las especies *B. atricristatus* y *C. rufinucha* también usaron más cajas nido en el potrero, sin embargo *B. atricristatus* tiene una baja preferencia por el acahual y *C. rufinucha* no mostró preferencia por este sitio. Por el contrario, en el acahual *M. tyrannulus* fue la especie más abundante que anidó en las cajas nido, mientras que *M. aurifrons* el menos presente. La especie *M. tuberculifer* no se registró durante el año 2020, y en 2021 sólo ocupó cajas nido en el hábitat de acahual (Figura 7).

Comentado [JAGD70]: Prueba estadística o valores para asegurar esto.

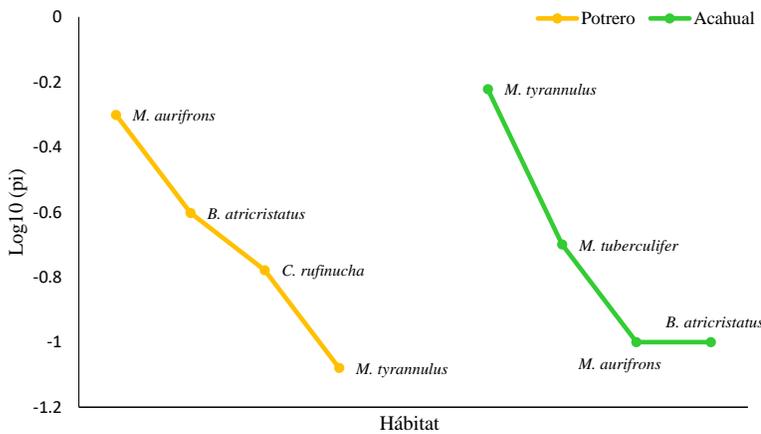


Figura 7. Curva de rango-abundancia de especies de aves que ocuparon cajas nido en las temporadas reproductivas 2020 y 2021 dentro del Área de Conservación Xocotitla

9.2.2 Número de huevos en cajas nido

En ambas temporadas reproductivas se registraron 22 puestas en total que sumaron 85 huevos: 45 huevos en cajas nido del hábitat de potrero y 40 en el hábitat de acahual (Figura 8).

Comentado [JAGD71]: De igual manera se esperaría un listado de los huevos encontrados a que especie corresponden y donde se encontraron.

En general, el mayor número de puestas (N=7) fueron de los carpinteros frente dorada (*M. aurifrons*) y del papamoscas gritón (*Myiarchus tyrannulus*), mientras que el menor número de puestas (N=2) fueron de la matraca nuca canela (*Campylorhynchus rufinucha*) y el papamoscas triste (*Myiarchus tuberculifer*).

De igual manera el mayor número de huevos (N=31) fue del papamoscas gritón (*Myiarchus tyrannulus*), seguido del carbonero cresta negra (*Baeolophus atricristatus*) (N=21) y con el menor número de huevos registrados (N=8) la matraca nuca canela (*Campylorhynchus rufinucha*) y el papamoscas triste (*Myiarchus tuberculifer*). Por otra parte, la especie que sumó mayor número de huevos en el potrero fue *Baeolophus atricristatus* (n= 17) con un menor número de puestas (n=3) a diferencia de *M. aurifrons* con similar cantidad de huevos (n=15) pero con mayor número de puestas (n=6). En el acahual se observó a *M. tyrannulus* como la especie que sumó mayor número de huevos (n= 26) y presentó el mayor número de puestas (n=6), en contraste *M. aurifrons* (n= 6) y *B. atricristatus* (n= 3) fueron las especies con menor número de huevos y puestas (n= 1), mientras que *C. rufinucha* no anido en este tipo de hábitat (Figura 9).



Figura 8. Huevos y polluelos de papamoscas triste (*Myiarchus tuberculifer*) "A y B", carbonero cresta negra (*Baeolophus atricristatus*) "C y D", carpintero frente dorado (*Melanerpes aurifrons*) "E y F", papamoscas gritón (*Myiarchus tyrannulus*) "G y H" y matraca nuca canela (*Campylorhynchus rufinucha*) "I y J" respectivamente (Fotografías Diana Juarez).

Comentado [JAGD72]: Subíndices siempre antes de la leyenda.

Con formato: Resaltar

Con formato: Resaltar

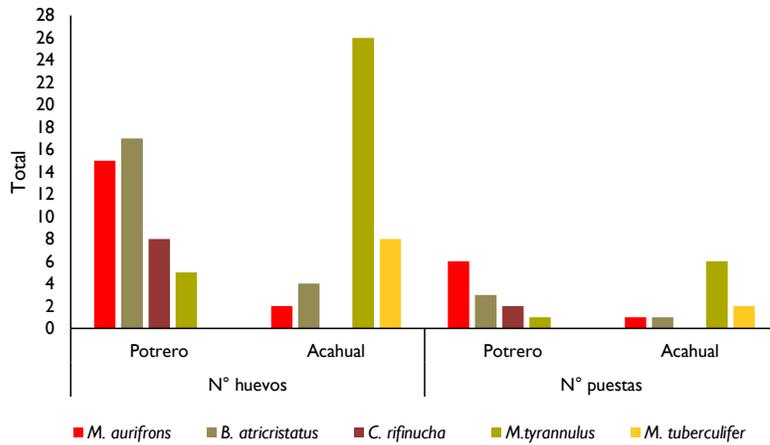


Figura 9. Número de huevos y puestas de aves registrados en cajas nido por tipo de hábitat dentro del Área de Conservación Xocotitla durante las temporadas reproductivas 2020 y 2021

En 2020, se registraron siete puestas que en conjunto sumaron un total de 28 huevos, mientras que, en 2021 fueron 15 puestas y un total de 57 huevos (30 en potrero y 27 en acahual), observando mayor número de puestas y huevos en ambos tipos de hábitat durante la temporada 2021 (Figura 10).

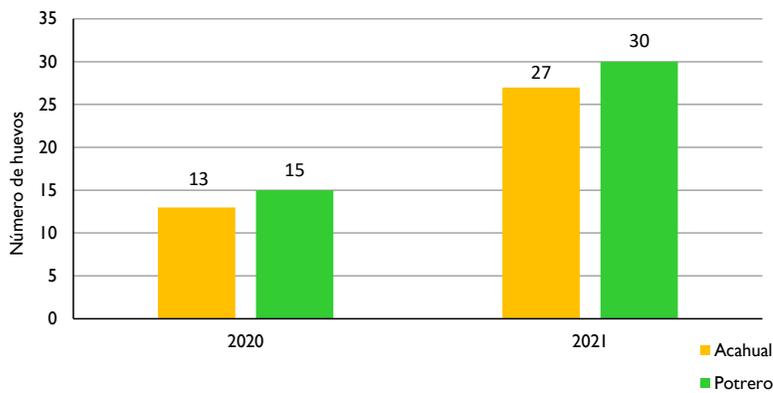


Figura 10. Número de huevos registrados en Acahual y Potrero en las temporadas reproductivas de 2020 y 2021.

A lo largo del ciclo anual, en ambas temporadas se observó que el número de puestas inició en el mes de mayo, incrementó en junio y disminuyó en julio. Durante el 2020, el mes de junio fue donde las aves pusieron más huevos, registrando un total de 20 huevos, de los cuales 9 en puestos en hábitat de acahual y 11 en potrero, mientras que en 2021 se registraron 37 huevos, 13 en acahual y 24 en potrero (Figura 11).

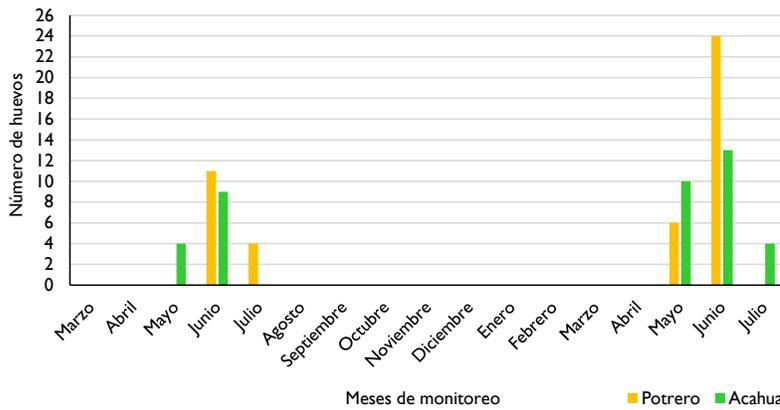


Figura 11. Número de huevos registrados por mes en cajas nido, durante las temporadas reproductivas 2020 y 2021 en el APC Xocotitla

Durante el 2021, tres cajas nido ocupadas en 2020 para anidar, también fueron utilizadas nuevamente por aves residentes, dos de ellas (B02 y A09) por especies distintas entre temporadas y una de ellas (A07) por la misma especie de ave en ambas temporadas. Así mismo, en una caja nido (B02) se registraron dos intentos de anidación por especies de aves distintas, la primera puesta fue observada a finales de mayo y contenía sólo un huevo de la especie *M. aurifrons*, mientras que, en el mes de junio se observa un nido completado dentro de la caja nido y una segunda puesta de cuatro huevos correspondientes a la especie *C. rufinucha*. También se documentó la depredación por parte de una *Boa constrictor* hacia una caja nido en hábitat de potrero con jóvenes emplumados de *M. aurifrons* (Figura 12).

El porcentaje de los huevos eclosionados del total del número de puestas durante 2020 fue del 100%, mientras que en 2021 fue de 92%.



Figura 12. Mazacuata alimentándose de polluelos dentro de caja nido (A) y fotografiada al exterior (B)

Comentado [JAGD73]: Nombre común y científico siempre, estandarizar en toda la tesis.

Por otra parte, en los meses de mayo y junio de ambas temporadas se documentaron seis intentos de anidación por aves en cajas nido, observando construcción incompleta de los nidos, la mayoría en hábitat de potrero. En base a la composición de los nidos, se **determinaron** **determinó que las especies de el aves** (*Myiarchus sp.*) **fue la** que **realizaron-realizó** intentos de anidación.

También se detectó uso de las cajas nido como refugio durante la temporada no reproductiva por parte de aves (n=10), al documentar la presencia de plumas y excretas con las que se logró identificar al carpintero frente dorada (*M. aurifrons*) como alguno de los ocupantes de cajas nido (n= 7), principalmente en hábitat de potrero. Algunas de las cajas nido que fueron ocupadas durante la temporada reproductiva (n= 3), también se utilizaron como refugio en la temporada no reproductiva principalmente durante el invierno.

9.2.3 Criterios de selección por aves en la ocupación de cajas nido

La orientación geográfica no tuvo un efecto sobre la ocupación de cajas ($\chi^2= 1.60$, $gl= 2$, $p= 0.4478448$), ni en la ocupación de cajas nidos a lo largo del tiempo ($w= 40.05$, $p = 0.5244$) y ni en el número de huevos ($w= 78398$, $p = 0.98365084$).

Comentado [JAGD74]: Espacios siempre entre símbolos matemáticos

Comentado [JAGD75]: Estandarizar a tres decimales.

Los resultados del modelo sobre el número de huevos respecto a la estructura arbórea y las características de las cajas nido ocupadas por aves mostraron que el modelo Poisson con ceros inflados (PCLr) empleando únicamente como variables predictoras la altura de las cajas nido (ACN) ($z= 1.89$, $p= 0.0585$) y la distancia de árboles cercanos a cajas nido (DAC) ($z= 1.83$,

Con formato: Resaltar

$p= 0.0672$), fue el mejor modelo que se ajustó a los datos (Tabla 2). ~~El resto de las variables no fueron consideradas por el mejor modelo.~~

Tabla 2. Comparación de modelos según criterios de información

Modelo	AIC	BIC
PCI.r	172,0234	186,3156
BNCl.r	173,6585	190,3327
BN.r	185,0762	194,6043
PCI	190,9727	238,6132
BNCl	192,9727	242,9952
BN	199,2025	225,4048
P	298,7531	322,5734
P.r	306,1042	318,0143

Nota: Modelo PCI.r: Poisson con ceros inflados reducido; BNCl.r: Binomial con ceros inflados reducido; BNCl.r: Binomial negativo con ceros inflados reducido; PCI: Poisson ceros inflados; BNCl: Binomial negativo con ceros inflados; BN: Binomial negativo; P: Poisson y P.r: Poisson reducido.

9.3 Ocupación de cajas nidos artificiales por otros grupos de fauna

Se registró la presencia de 25 especies de otros grupos de fauna silvestre, en un total de 40 cajas nido de las cuales, 30 fueron utilizadas por invertebrados, anfibios, reptiles y 10 por mamíferos. Al igual que las aves, la fauna hizo uso de las cajas nidos durante los 18 meses de monitoreo que comprende las temporadas reproductivas 2020 y 2021 (n=2), así como la no reproductiva 2020 (n=1). En total se registraron 336 eventos de ocupación, y al igual que las aves, en general la fauna también uso más cajas nido ubicadas en hábitat de potrero (n=190) que en acahual (n=146). La mayor ocupación de cajas nido se aprecia mayormente durante el verano tanto de 2020 como en 2021(Figura 13).

Comentado [JAGD76]: Faltan D2

Comentado [JAGD77]: No porbarn la diferencia entre tipo de hábitat? Esa es una de las hipótesis y objetivos

Tabla con formato

Comentado [JAGD78]: El símbolo para separar decimales es el punto no la coma. Estandarizar.

Comentado [JAGD79]: Igual se esperaba un listado de estos grupos

Comentado [JAGD80]: Prueba estadística?

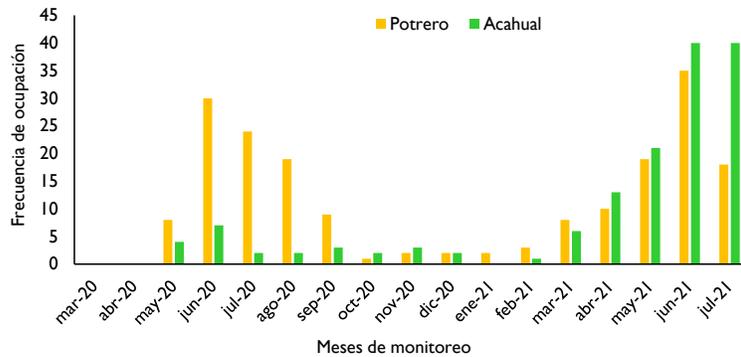


Figura 13. Frecuencia de ocupación por otro tipo de fauna durante las temporadas reproductivas 2020 y 2021 dentro del APC Xocotitla

Así mismo, la mayoría de las cajas nido ocupadas por aves y otros grupos de fauna se ~~encontraron~~encontraron en árboles de la especie *Ipomea wolcochiana*. En ambas temporadas, los invertebrados y anfibios ocuparon cajas nido con una altura (m) similar, (2.2 ± 0.24) y (2.2 ± 0.06), respectivamente. Los mamíferos (2.4 ± 0.17) y reptiles (2.5 ± 0.35) eligieron cajas nido más altas. El DAP de los árboles con cajas nidos usados fue similar entre todos los grupos de fauna (invertebrados 56 ± 56.67 cm, anfibios 45 ± 33.82 cm, mamíferos 45 ± 21.10 cm y reptiles 56 ± 23.04 cm respectivamente).

Con formato: Resaltar

Comentado [JAGD81]: Resultados de las pruebas estadísticas

Comentado [JAGD82]: Resultados de la prueba estadística

En el potrero también se registró una mayor riqueza de especies ($n=24$) que hicieron uso de las cajas nido a diferencia del acahual ($n=11$). El mayor número de especies registradas en ambas temporadas pertenecieron al grupo de los invertebrados entre los que se encuentran: ~~Acaros~~Acaros (Acari), Tijerillas (Dermaptera), Grillos (Orthoptera), Arañas cangrejo (Sparassidae), Arañas lobo (Lycosidae), Alacranes (*Centruroides cuauhmapan*), Mantodeos (Mantoidea), Polillas esmeraldas (Geometridae), Polillas tigre (Erebidae), Mariposa búho (Noctuidae), Mariposa de la muerte (*Ascalapha odorata*), Mariposa carey (*Smyrna blomfieldia* spp. ~~D~~atis), Hormiga carpintera (*Camponotus sericeiventris*), Chinche mata avispas (*Apiamerus* sp.), Abeja europea (*Apis melifera*), Avispa de papel (*Polistes instabilis*), Escarabajo de madera (*Apsida* sp.), Piojo de libros (*Cerastipsocus* sp.) y Arañas de pared (*Selenops mexicanus*).

Comentado [JAGD83]: Nombres comunes siempre inician con minúsculas, estandarizar.

La mayoría de los invertebrados hicieron uso de las cajas nido durante el invierno y se retiraron antes de iniciar la temporada reproductiva (Figura 14).

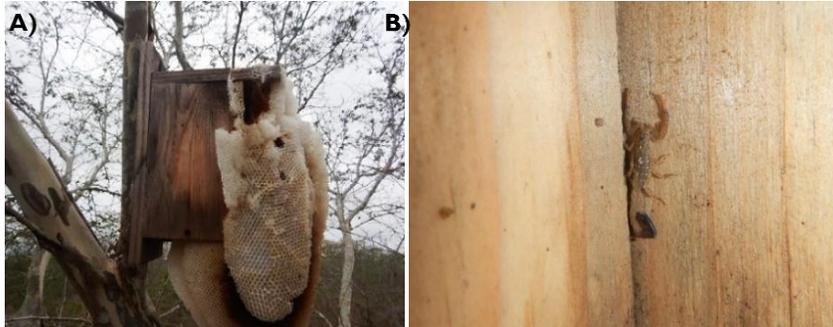


Figura 14. Panal de la abeja europea (*Apis mellifera*) construido en **caja** caja nido "A" y alacrán de la familia Buthidae "B" dentro de caja nido en hábitat de potrero

Con formato: Resaltar

Se encontraron dos especies de anfibios dentro de las cajas nido, la rana arborícola vermiculada (*Trachycephalus vermiculatus*) y el sapo costero (*Incilius valliceps*). Estos registros se presentaron al inicio de las lluvias, tanto en hábitats de potrero como de acahual, cerca de cuerpos de agua y ambas temporadas. En cuanto a los reptiles se observaron tres especies, garrobo (*Ctenosaura acanthura*), lagartija vientre rosado (*Seloporus variabilis*) y la boa (*Boa imperator*). El garrobo y la lagartija vientre rosado ocuparon las cajas nido en ambas temporadas como refugio (dentro de las cajas nido) y como asoleaderos (fuera de la caja nido) mayormente en hábitat de potrero tanto en temporadas reproductivas como no reproductivas. En 2021, **La** boa se encontró dentro de una caja nido en hábitat de potrero depredando un nido (Figura 15).

Comentado [JAGD84]: Esta figura no corresponde a la boa.



Figura 15. Rana Arborícola Vermiculada (*Trachycephalus vermiculatus*) "A" y lagartija vientre rosado (*Sceloporus variabilis*) "B" usando cajas nido en hábitat de potrero

Los mamíferos registrados fueron el ratón de campo (*Peromyscus* sp.) y el tlacuache ratón (*Marmosa mexicana*) en cajas nido que no fueron utilizadas por aves, la mayoría en hábitat de potrero, en temporadas no reproductivas para las aves. Se documentaron ocho cajas nido con material vegetal para anidación y la reproducción del tlacuache ratón (n=3) tanto en hábitat de potrero como en acahual, y seis cajas nido con material vegetal para anidación del ratón de campo (Figura 16).



Figura 16. Ratón de campo (*Peromyscus* sp.) "A" y el tlacuache ratón (*Marmosa mexicana*) "B" anidando en cajas nido en hábitat de potrero

9.3.1 Efecto de los criterios de selección en la ocupación de cajas nido por otros grupos de fauna

En cuanto a cajas nido ocupadas por otros grupos de fauna respecto a las variables analizadas, la prueba de Mann-Whitney no refleja diferencias en los otros grupos de fauna por temporalidad ($W = 3131$, $p = 0.811$), ni por orientación geográfica ($X^2 = 0.93267$, $gl = 2$, $p = 0.6273$).

El modelo que mejor explica el efecto de los otros grupos de fauna respecto a la estructura arbórea y las características del nido fue el Binomial Negativo (BNr) considerando

como variables predictoras el tipo de hábitat y ACN ($D^2=21\%$), el resto de las variables no fueron consideradas por el mejor modelo (Tabla 3).

Tanto la altura de las cajas nido ($z= 2.52, p= 0.0114$) y el tipo de hábitat ($z= 1.95, p= 0.0512$) fueron significativas.

Con formato: Sangría: Primera línea: 1.25 cm

Comentado [JAGD85]: Este no es valor significativo.

Modelo	AIC	BIC	Devianza explicada (%)
BN.r	366.9676	376.4957	16
P.r	370.7536	377.8997	16
BN	373.7687	397.5889	21
P	375.6583	397.0965	21

Nota: Modelo BNr: Binominal negativo reducido; P.r: Poisson reducido; BN: Binomial negativo; P: Poisson.

10. Discusión

Con formato: Interlineado: sencillo

En los últimos años, los estudios sobre ocupación de cajas nidos, han constatado la relevancia de esta técnica para las aves de distintos ecosistemas como bosques caducifolios (Gibbs *et al.*, 1993; Aitken *et al.*, 2002), boreales (Vaillancourt *et al.*, 2008), pinos y coníferas (Albano, 1992; Martin, 2004, Purcell y Verner, 2016) principalmente en Estados Unidos, Canadá y Europa. Sin embargo, aunque estos estudios han destacado la importancia de esta técnica para brindar opciones de cavidades a las especies de aves, la información que existe acerca del empleo de esta técnica en bosque tropical seco y su uso por aves y otra fauna residente es muy escasa.

La presente tesis aporta información novedosa para entender el grado de ocupación de cajas nido por aves y otro tipo de fauna residente en el Área Privada de Conservación Xocotitla, ubicada en la región del centro de Veracruz. De hecho, esta tesis representa el primer estudio sistemático que cuantifica la ocupación de cajas nido en bosque tropical seco. Específicamente, este trabajo documenta la ocupación temporal de nidos artificiales por aves y otro tipo de fauna residente (invertebrados, anfibios, mamíferos y reptiles). Además, se documentan las variables estructurales de la vegetación que determinan la ocupación de las cajas nido. Finalmente, para entender como el grado de ocupación por aves y fauna residente puede estar determinado por la orientación de las cajas nido, se analizó el efecto que tiene la

orientación en el nivel de ocupación. El trabajo analiza un gran número de cajas nido (N = 80) en dos tipos de hábitat (acahual y potrero) del Área Privada de Conservación Xocotitla, permitiendo de esta manera evaluar si la ocupación de las cajas nidos por aves y fauna residente es alterada por el tipo de hábitat.

10.1 Ocupación temporal de nidos artificiales por aves y otro tipo de fauna

En general, ~~de acuerdo a~~ de acuerdo con lo esperado, a lo largo del estudio se observó mayor ocupación de cajas nidos en hábitat de potrero. A pesar de que, en general, la estructura de la vegetación entre ambos tipos de hábitat resultó ser muy similar, parece no ejercer un efecto directo en la elección de cajas nido. No obstante, la disponibilidad de cavidades sí puede ser un factor que influya en dicha selección.

La ocupación de cajas nido por aves e invertebrados fue mayor en el potrero, mientras que para otros grupos de fauna como mamíferos, anfibios y reptiles el hábitat de acahual resultó favorable para la ocupación. La altura de las cajas nido fue una variable indicadora, al tener efecto en la ocupación de aves residentes y otros grupos de fauna. Así, el presente estudio tiene implicaciones de manejo y conservación que se discuten a continuación.

Las cajas nidos instaladas en el APC Xocotitla, fueron ocupadas como refugio por aves, mamíferos, reptiles, anfibios e invertebrados y en una menor frecuencia se utilizaron para la reproducción de aves y mamíferos. Las cajas nido ocupadas por todos los grupos de fauna se encontraron en su mayoría en la especie *Ipomea wolcottiana* en ambos tipos de hábitat. De las 80 cajas nido, 40 (50%) fueron utilizadas por especies de mamíferos, de reptiles, de anfibios y diversos invertebrados durante los monitoreos de 2020 y 2021. Así mismo, aunque se registró mayor número de cajas ocupadas por aves y otros grupos de fauna en el segundo año de monitoreo como en el estudio de Warakai *et al.*, (2013), no hubo una diferencia significativa entre hábitats por temporalidad.

En este estudio se observó que las cajas nido ubicadas sobre el transecto número tres correspondiente al hábitat de potrero, tuvo mayor frecuencia de ocupación por aves en ambas temporadas (2020 y 2021), mientras que para los otros grupos de fauna se registró en el transecto número uno, que corresponde al hábitat de acahual. De acuerdo con Danchin y Wagner (1997) quienes argumentan que algunas aves pueden anidar cerca de otras parejas por sus antecedentes exitosos de reproducción y crianza de nidadas anteriores, es probable que las

Comentado [JAGD86]: Algo que discutir aquí? Alguna comparación con otro estudio? Alguna explicación al patrón encontrado?

Comentado [JAGD87R86]: En este estado parece más bien en un resumen de resultados

Comentado [JAGD88]: Igual algo que discutir? En esta sección se deben comparar tus resultados con otros estudios y buscar explicaciones a los patrones encontrados, no repetir los resultados

Comentado [JAGD89]: Igual esto es mera repetición de resultados, falta más discusión. ¿qué características se han encontrado en otros estudios?

parejas reproductoras de 2021 usaron la presencia de sus congéneres en la temporada 2020, como señales para evaluar indirectamente los criterios necesarios para su reproducción (e.j.c): alimento, seguridad, parejas, sitios de anidación) y anidaron en las cajas disponibles cercanas a las de sus congéneres exitosos. En ese sentido, en el hábitat de potrero, durante las visitas de la temporada reproductiva 2021, se documentó desplazamiento o depredación en tres cavidades que también fueron ocupadas en 2020 por aves, al documentar en primera instancia puestas de pájaros carpinteros y en visitas posteriores registrar ausencia de huevos y nueva construcción de nidos, así como nuevas puestas de especies distintas.

Este resultado puede ser explicado por la disponibilidad estacional de alimento que se presenta en esta zona durante este periodo, ya que el hábitat es más productivo como consecuencia de la llegada de las lluvias a finales de mayo (Williams y Middleton, 2008). Por lo tanto, un ambiente más productivo, con una vegetación más frondosa favorece una mayor abundancia de alimento mediante la aparición de insectos y artrópodos disponibles que pueden servir de alimento y favorecer la ocupación de las cajas nidos en ese periodo en ambos tipos de hábitat.

Durante los monitoreos de las temporadas reproductivas, se observó que los invertebrados particularmente orugas, fungen como alimento vivo dentro de las cajas para los polluelos, mientras que, en otros periodos, los invertebrados utilizan las cajas nido para refugiarse. Existen pocos estudios sobre el uso de cajas nido por artrópodos, pero Jaworski *et al.*, (2021) menciona que la composición (sustrato) de los nidos de aves u otros grupos de fauna, compuestos por detritos de plantas y restos de animales, contienen cantidades de desechos orgánicos que atraen a una variedad de organismos, principalmente insectos.

En este estudio se observó una mayor ocupación en el hábitat de acahual durante la temporada reproductiva 2021 por todos los grupos de fauna. Estudios indican que las cajas nido que permanecen durante más tiempo en un hábitat determinado pueden llegar a ser ocupadas de manera más constante por avifauna al haber estado disponibles por más tiempo y, por lo tanto, probablemente atraigan ocupantes que las reutilicen (Doran y Holmes, 2005; Rodríguez 2011; Jones *et al.*, 2014; Milligan y Dickinson 2016).

Dado que las cajas nidos quedan expuestas a la intemperie, en ambientes templados se requieren realizar reparaciones y también el remplazo para que puedan estar disponibles para el uso de animales por un período relativamente corto (aproximadamente 5 años) debido al

Comentado [JAGD90]: Creo que por ahí no va la discusión, lo que debes hacer es concentrarte en las características de los hábitats, que tienen de especial cada uno que hace esta diferencia.

Comentado [JAGD91]: ¿algo que discutir de este resultado? De lo contrario se puede eliminar, esta sección debe usarse más contraste con literatura.

Comentado [JAGD92]: ¿cuál?

Comentado [JAGD93]: Pero entonces ya estás hablando de temporalidad

Comentado [JAGD94]: Se requiere más discusión o sustento teórico de lo contrario podrían ser especulaciones.

Comentado [JAGD95]: Pero esto no lo mediste, debes centrar tu discusión en los datos que has medido y estos como se relacionan con otros estudios y la teoría.

colapso y/o descomposición de las cajas nido (Lindenmayer *et al.*, 2009). Es probable que por la duración del estudio no fuera posible registrar una mayor ocupación, sin embargo, a pesar de ser un estudio experimental en este tipo de ecosistema, esta técnica puede ser de gran utilidad en esta zona para mantener las cajas nidos en funcionamiento durante largo plazo. En estudios con cajas nido construidas para aves, los periodos de monitoreos oscilan entre los 4 y hasta 10 años permitiendo demostrar que las cajas nido son mayormente ocupadas a lo largo del tiempo, particularmente durante el segundo y tercer año (Sachhi *et al.*, 2004; Fokidis y Risch, 2005).

10.2 Número de puestas y huevos en las cajas nido

Durante las temporadas reproductivas de monitoreo, de las 22 especies de aves residentes presentes en Xicotitla que usan cavidades, el 23% de esta riqueza, anidaron en cajas nido.

La matraca nuca canela (*C. rufinucha*) utilizó espacios cercanos en hábitat de potrero, con una puesta de cuatro huevos durante cada temporada reproductiva. El papamoscas triste (*M. tuberculifer*) no se registró durante 2020 y en 2021 fue reportado en hábitat de acahual con dos puestas con el mismo número de huevos (N= 4) en cada puesta. El carbonero cresta negra (*B. atricristatus*) realizó dos puestas en cada temporada reproductiva, la mayoría en hábitat de potrero, las puestas del primer año suman menor número de huevos (N=8) a diferencia del segundo año (N= 13). Para el carpintero frente dorada (*M. aurifrons*) también aumentaron las puestas del 2020 (N= 2) al 2021 (N= 5) la mayoría registradas en el potrero, durante el primer año fue menor el número de huevos (N= 7) en contraste con el segundo año (N=10). Mientras que el *M. tyrannulus* tuvo un número de puestas similar a los carpinteros en el primer año (N= 2) y en el segundo (N=5) pero en hábitat de acahual, así como menor número huevos (N=9) en el primer año y (N=22) a diferencia del segundo año.

A pesar de que no hubo diferencias significativas, entre la temporalidad, ni entre tipos de hábitat, se aprecia que la ocupación de cajas nido se incrementó para *B. atricristatus*, *M. aurifrons* y *M. tyrannulus* entre el 2020 y el 2021, similar a lo reportado sobre la mayor ocupación de cajas nido ~~de acuerdo a~~ de acuerdo con la permanencia en el hábitat (Cuatianquiz y Macías, 2016; Milligan y Dickinson, 2016).

Los recursos que proporcionan ambos hábitats pueden ser distintos. Por ejemplo, en el acahual, hay cuerpos de agua cercanos, lo que podría propiciar una mayor diversidad de

Comentado [JAGD96]: Todo esto son resultados no discusión. Recuerda que un párrafo de discusión debe tener esta estructura:

Encontramos que .. Esto se parece a lo encontrado por .. Esto se debe a esto ...

Todo sustentado por teoría. Para eso construiste tu introducción y marco teórico, aquí es donde debes usar todas esas referencias e información.

Comentado [JAGD97]: Esto a que se puede deber? Debes incluir una explicación a los patrones observados sustentado en la teoría.

insectos u otros invertebrados componentes de la dieta de los mosqueros *M. tyrannulus* y *M. tuberculifer*, especies de aves residentes que prefirieron anidar en cajas nido en este tipo de hábitat, cerca de cuerpos de agua y donde hay mayor riqueza arbórea y estructura vegetal, mientras que *M. aurifrons* anidó en áreas más abiertas, y tuvo el mayor número de cajas nido (N=4) con depredación durante 2021 lo que puede estar asociado a diversos factores como la limitación de alimentos en el sitio que garantice el desarrollo de las crías y futuras anidaciones (Martin, 1995), así como la exposición de la caja nido (Lill, 1968).

10.3 Variables estructurales de la vegetación que determinan la ocupación de las cajas nido en aves y otro tipo de fauna

En particular, esta tesis demuestra que el número de especies arbóreas y las especies dominantes es similar entre Acahual y potrero por lo que no se encontraron diferencias entre hábitats. Este hecho puede estar relacionado con la interrupción de la regeneración natural de la vegetación debido a la presencia de ganado (Tobar e Ibrahim, 2010). Por ejemplo, la presencia de ganado feral en el área de estudio ha sido constante en los últimos 18 años y aunque, en la actualidad es una reserva, muchas veces el ganado logra generar un impacto sobre las plántulas mediante las pisadas y el ramoneo. El impacto del ganado repercute en la compactación y erosión del suelo (Janzen, 1986 y Medina, 2016), en la composición de especies (Tadey, 2008), en la dispersión de especies exóticas y en última instancia en la regeneración natural de la vegetación (Linnane *et al.*, 2001; Harvey *et al.*, 2008). Así, aunque las prácticas ganaderas se redujeron desde hace 18 años y aparentemente son más controladas en la zona de potrero, de manera repetida el ganado accede a la zona de acahual e impacta de manera negativa la vegetación. Únicamente los árboles adultos grandes son los que reciben un menor impacto del ganado.

Por otra parte, la duración de la estación seca y de la temporada de lluvia también se consideran de las principales causas que se espera determinen los patrones de riqueza de especies arbóreas en el bosque seco tropical (Williams Linera 2009). En años anteriores los dueños del predio reportaron una sequía extrema, en los recorridos de monitoreo se llegó a apreciar durante 2020 varias osamentas de especies de animales (tortuga, armadillo, zorrillo, tigrillo) que fallecieron en el cauce del arroyo, la mayoría en hábitat de acahual, mientras que en 2021, se observaron varios árboles secos y caídos en ambos tipos de hábitat, principalmente

Comentado [JAGD98]: Pero esta variable no la mediste ni incluíste en tu modelo. Debes centrarte en lo que sí mediste de lo contrario dejas abiertos muchos huecos metodológicos.

Con formato: Fuente: Sin Negrita, Tachado

Con formato: Tachado

Comentado [JAGD99]: Pero no fue el objetivo de la tesis, además quedaron muchas especies sin identificar y no hubo ejemplares de herbario para sustentar esto. Esto se debería eliminar.

Con formato: Tachado

Con formato: Tachado

Comentado [JAGD100]: Esto no se midió en la tesis y no fue el objetivo, debes centrarte en los datos que tienes que de por sí son muy interesantes

Con formato: Tachado

~~en potrero debido a la falta de retención de agua y nutrientes en el suelo que le permitan mantenerse en pie o sobrevivir en base a su fenología biológica.~~

Con formato: Resaltar

La altura a la que se colocan las cajas nido puede afectar la ocupación de la fauna (Fokidis y Risch 2005). En la mayoría de los ~~artículos consultados~~ estudios las alturas a las que se encuentran las cajas nido o cavidades naturales, oscilan entre 6 y 12 m en bosques templados y de coníferas de Norte América (Estados Unidos y Canadá), siendo árboles más altos que los que se encuentran en los bosques secos tropicales (citas de todos esos estudios). Sin embargo, nuestros resultados tienen similitud con el estudio realizado en una plantación de manzano en España donde Miñarro (2021), posicionó las cajas nido a una altura de entre 1,5 y 3 m. No obstante, se sugiere realizar más investigaciones en bosques tropicales para conocer los criterios de selección por especies de aves y otros grupos de fauna arborícola en la ocupación de cavidades.

Con formato: Tachado

Comentado [JAGD101]: Se debe comparar con ambientes más similares, no se han utilizado o hecho estudios de este tipo en ningún ambiente tropical?

De manera interesante, sólo la ACN y la DAC fueron las variables que mostraron ser distintas entre ambos tipos de hábitat, siendo mayor la altura y la distancia entre árboles en el Acahual. Aunque en vida libre, la selección de cavidades naturales depende de diversos factores como la disponibilidad (Aitken *et al.*, 2002), la altura (Hunter, 1990), la cobertura vegetal (Gallina, 2011; Jardel, 2015), la orientación geográfica (Charter *et al.*, 2010), de la localización y accesibilidad de los nidos (Gómez-Gómez *et al.*, 2020) o la exposición ante depredadores (Saunders *et al.*, 1982; Enkerlin-Hoeflich, 1995; Álvarez y Barba, 2009; Vargas *et al.*, 2014), además de la presencia de especies competidoras (McComb y Noble, 1981b, 1982; Newton, 1994). Por lo tanto, la presencia de árboles más altos de soporte para las cajas nido (e.j.ej. que ayudan a evitar depredadores) y árboles más grandes en proximidad (e.j.ej. que aporten cobertura de protección) pueden ser variables importantes que favorezcan en el tiempo la ocupación de cajas nido por aves en el acahual.

La cobertura de los árboles cercanos en Xicotitla mostró la misma tendencia que en el los estudios de McComb y Noble (1982); Finch (1989); Navara y Anderson (2011), Cuatianquiz *et al.*, (2016) y Milligan y Dickinson (2016), quienes también reportan en hábitats con menor cobertura, mayor número de cajas nido ocupadas por distintas especies, similar a lo que se observó en hábitat de potrero con respecto a las aves, donde hubo un mayor número de cajas nido ocupadas. Por ello, se piensa similar a Czeszczewik *et al* (2008), quien menciona que la escasez de cavidades en los árboles hizo que las cajas nido fueran más atractivas para

las aves en este tipo de hábitat. Por otra parte, el DAP de árboles que contienen cajas nido coincide también con Aitken *et al* (2002), quienes no encontraron significativo el diámetro del árbol del nido como variable predictora en el uso de las cavidades.

Respecto a la ocupación de cajas nido por otros grupos de fauna, el acahual fue el hábitat que tuvo mayor efecto a diferencia de lo encontrado en Czeszczewik *et al* (2008), quienes reportan mayor ocupación por mamíferos en bosques manejados que, en bosques primarios templados. Al igual que en los resultados de ocupación por aves y similar (2-3 m) a lo encontrado por Lindenmayer *et al.*, (2003) y Beyer y Goldingay (2004), la altura de las cajas nido resultó ser una variable indicadora para la ocupación de fauna. En especial para el tlacuache ratón (*M. mexicana*), marsupial pequeño, de hábitos arborícolas, que suele emplear nidos de aves abandonados o disponibles para anidar (Alonso-Mejía y Medellín, 1992; Ceballos y Oliva, 2005; Gonzales, 2010), quien prefirió ocupar cajas nido en hábitat de acahual, cerca de la transición entre los dos tipos de hábitat (ecotono) ofreciendo un parche de vegetación distinto y tal vez más idóneo. La construcción de nidos (n= 10) por esta especie, consistió en rellenar la caja nido con hojarasca al igual que lo documentado por Beyer y Goldingay (2004).

Entre otras observaciones, la apertura de entrada de las cajas nido ha sido considerada en estudios que evalúan la ocupación tanto de cajas nido como de cavidades naturales por aves y mamíferos, demostrando que una apertura pequeña disminuye aún más la depredación de nidos (Korpimäki, 1985). Sin embargo, en este estudio se excluyó el efecto que pudiera tener el tamaño de la apertura de las cajas nido para la ocupación de aves residentes y otros grupos de fauna, debido a que una vez que fueron colocadas, en el primer monitoreo (marzo 2020) se observó una rápida interacción (69%) por parte de los pájaros carpinteros, lo que tuvo consecuencias en aperturas más grandes de lo planeado y permitió el acceso a otro tipo de fauna que en un principio no se tenía considerada. Además, se registraron algunas cajas con intentos de nuevas aperturas en una orientación diferente a la apertura de entrada de las cajas.

Comentado [JAGD102]: Alguna discusión de esto? O se puede eliminar

10.4 Efecto de la orientación en la ocupación de las cajas nido por aves y fauna residente

En nuestro estudio, la orientación geográfica de las cajas nido no tuvo un efecto en la ocupación. Este resultado difiere de lo reportado en otros estudios en bosque templado que

Comentado [JAGD103]: Falta explicar a que se pudo deber este patrón

muestran que generalmente existe una mayor ocupación de cajas nidos orientadas hacia el Norte, Noreste y Este (Navara y Anderson, 2011; Rodríguez, 2011; Briggs y Mainwaring, 2021). Algunas investigaciones indican que la composición y características del nido afectan sus propiedades térmicas (Wiebe, 2001; Hartman y Oring, 2003; Burton 2007; Isaac *et al.*, 2008; Charter *et al.*, 2010; Maziarz y Wesolowski, 2013), que la temperatura del nido afecta al proceso de incubación, y que dependiendo la dirección de los nidos artificiales pueden ofrecer un microclima idóneo dentro de las cajas nido, ya que la radiación permite conservar por mayor tiempo una temperatura óptima (Dawson *et al.*, 2005; Álvarez y Barba, 2009). En este estudio la temperatura del interior de las cajas nidos no fue considerada, sin embargo, se recomienda incluir esta variable en futuros estudios en bosques tropicales secos, para comprobar si la temperatura es un factor importante de selección de cajas nido en este tipo de ecosistema.

Por lo tanto, en esta área donde se encuentra el APC Xocotitla normalmente las temperaturas son altas (31° C) la mayor parte del año, de modo que si la orientación geográfica no es un criterio de selección importante en la aves, es probable que la altura a la que fueron colocadas las cajas nidos (e.j. sólo se confirmó un evento de depredación por *Boa constrictor*) y la presencia de árboles más grandes cerca de la caja nido—(e.j. que aporten cobertura de protección) sean variables que tengan un mayor peso comparado con la simple orientación.

Otros criterios de selección como la especie arbórea donde se colocaron las cajas nido, la disponibilidad de recursos alimenticios o la competencia por sitios de anidación también pueden tener efecto en la ocupación por aves y otro tipo de fauna.

Comentado [JAGD104]: Aquí no hay nada de discusión solo resultados.

10.5 Riqueza de aves y otra fauna que ocuparon las cajas nido

En la reserva Xocotitla, 22/111 (20%) de las especies de aves residentes requieren de cavidades para reproducirse, de las cuales encontramos 5/22 (23%) ocupando cajas nido. Este dato coincide con un estudio de aves anidadoras de cavidades en bosques templados de México en el cual se reporta en promedio entre un 17 y 21% (Monterubio-Rico y Escalante-Pliego, 2006). A pesar de la diversidad de aves residentes, sólo cinco especies de aves ocuparon las cajas nido. Es probable que, a pesar de que exista una baja disponibilidad de cavidades, las cajas nidos proporcionadas no fuesen atractivas para más especies de aves de

Xocotitla y sólo aquellas especies como *C. rufinucha*, *M. tyrannulus*, *M. tuberculifer* y *M. aurifrons* fueron las más intrépidas en hacer uso de estas.

Los carboneros cresta negra (*B. atricristatus*), si suelen anidar en las cajas nido, de hecho, el tamaño de caja nido y orificio de entrada empleado en esta tesis, es el modelo idóneo para esta especie según la guía de Benson y Bailey (2018), utilizada en la fabricación de cajas nido, así como para la especie de papamoscas viajero (*Myiarchus crinitus*). Si bien la especie anteriormente mencionada no ocupa cajas nido en Xocotitla debido a que es una especie migratoria, sus parientes residentes *M. tyrannulus* y *M. tuberculifer* si hicieron uso de ellas efectuando la reproducción. En el caso de la matraca nuca canela (*C. rufinucha*), este es el primer estudio que demuestra que esta especie también puede hacer uso de los nidos artificiales para su reproducción en bosque seco tropical. En cuanto a los carpinteros frente dorada (*M. aurifrons*) se sabe que se reproducen en áreas semiáridas, en agujeros de troncos y ocasionalmente en postes o caja nido (Baicich, y Harrison, 1997). Durante los monitoreos en temporada reproductiva, sólo se observó un nido natural de carpintero ubicado en una palma a 1.50 cm del suelo y en área de potrero, mientras que en ese mismo transecto (T3), se registraron tres cajas nido ocupadas por esta ave.

Las cajas nido registradas con más de un intento de anidación, todas fueron ocupadas por primera vez en 2021 por *M. aurifrons*, de las cuales, una fue abandonada, la segunda depredada y en la tercera se observó comportamiento de territorialidad por parte de las matracas nuca canela (*C. rufinucha*), quienes un año anterior anidaron en una caja nido próxima, y que en el segundo año desplazaron, construyeron un nido y tuvieron una puesta de 4 huevos que lograron eclosionar y salir del nido, esto fue similar a lo que menciona Newton (1998),—donde los adultos que llegan después de que su antiguo territorio ya ha sido ocupado por otro individuo de la misma especie son a veces capaces de expulsar al recién llegado, y la eficiencia dependerá en parte de cuánto tiempo ha tenido el nuevo individuo para establecerse.

Por otra parte, al revisar las cajas nido que en su mayoría no fueron utilizadas por las aves, se encontraba una sola especie y en otras, varios invertebrados, los polinizadores fueron de los más registrados dentro de las cajas nidos, entre ellos, las abejas (*A. mellifera*) y avispas (*P. instabilis*) fueron las más frecuentes y abundantes encontradas en cajas nido, similar a lo mencionado por Aguilar (2016), quien evaluó la eficiencia de las cajas nido por abejas. En menor proporción se registraron anfibios y reptiles refugiados en las cajas durante los

Comentado [JAGD105]: Más teoría que dicen otros estudios, la literatura. Todo esto es especulativo.

Comentado [JAGD106]: ¿Qué más se sabe de esta especie? Cuales son las implicaciones de este resultado? Que dice la literatura de otras especies del género?

Comentado [JAGD107]: Todo esto son resultados no discusión.

Comentado [JAGD108]: Falta más literatura.

monitoreos de 2020, incluso al abrir una caja nido para inspeccionarla se encontró un ejemplar muerto de lagartija vientre rosado (*S. variabilis*) en hábitat de potrero. También se observó que una caja nido en hábitat de potrero fue elegida por especies distintas incluyendo aves que se refugiaron durante el invierno.

Comentado [JAGD109]: Más literatura y apoyo en teoría, no es discusípn.

10.5.1 Composición de los nidos en las cajas nido

Las aves que ocuparon las cajas nidos se caracterizaron por acondicionar el interior de las cajas empleando distintos materiales naturales como plumas, pelos, piel de serpiente, hojarasca, semillas, ramitas y materiales plásticos. En la búsqueda de hacer más confortable el interior de las cajas, tanto para la puesta de huevos, así como para los pollos, cada especie de ave se caracterizó por hacer uso de diferentes materiales que muy probablemente emplean en la construcción de nidos naturales.

En cuanto a la composición de los nidos, la matraca nuca canela (*C. rufinucha*), construyó su nido con materia vegetal y semillas algodonosas, relleno la caja nido completamente y colocando sus huevos entre el sustrato. El carbonero cresta negra (*B. atricristatus*), empleo diferentes sustratos vegetales, particularmente ramas pequeñas, relleno la caja nido a la mitad y colocando sus huevos sobre el lecho del nido. Por otra parte, los mosqueros (*M. tyrannulus* y *M. tuberculifer*) elaboraron nidos con diversos materiales entre tejidos en los que se encuentra materia vegetal, semillas algodonosas, piel de serpiente, pelo de mamífero, plumas de otras aves de mayor tamaño y diversos trozos de plástico entre los que se distinguieron bolsas de basura y rafia. Estos resultados coinciden con lo reportado por Vásquez *et al* (2022), quienes mencionan que numerosas especies de aves utilizan materiales producidos o desechados por el humano (antropogénicos) en la construcción de nidos, particularmente en entornos urbanizados.

Comentado [JAGD110]: Aquí no hay discusión.

De manera interesante, los carpinteros (*M. aurifrons*) no emplearon ni llevaron ningún tipo de material dentro de la caja nido, similar a lo reportado en la guía de nidos, huevos y polluelos de Baicich y Harrison (1997), sobre la construcción de nidos en vida libre de esta especie en bosques templados. También se documentó que los carpinteros excavaron dentro de las cajas y sus huevos fueron puestos sobre la viruta, mientras que el resto de las especies sí fabricaron sus nidos dentro de las cajas.

Comentado [JAGD111]: ¿algo que se pueda discutir de este resultado? O se puede eliminar

En cuanto a los mamíferos, la presencia del tlacuache ratón (*M. mexicana*) utilizando cajas nido en árboles, coincide con lo reportado con Gonzales (2010). Se observó que utilizaron únicamente materia vegetal y semillas algonosas, al igual que los ratones de campo (*Peromyscus* sp.), en primera instancia, se observaron machos de tlacuache ratón eligiendo el sitio de anidación y en visitas posteriores se encontraron nidos cercanos entre sí, rellenos de hojarasca del árbol localmente conocido como guayabillo (*Calyptanthes schiedeana*), estos animales rellenan completamente el interior de la caja nido y tuvieron sus crías entre la hojarasca, se llegaron a observar hasta 6 crías de color rosado y sin pelo, al cuidado de la hembra.

Comentado [JAGD112]: ¿algo que discutir?

bosque tropical seco

Implicaciones de este estudio para la conservación de fauna en bosque tropical seco

Con formato: Interlineado: sencillo

En base a la experiencia obtenida y ~~de acuerdo al~~ de acuerdo con el análisis de datos en hábitat de potrero y acahual de la reserva Xicotitla y considerando falta de vegetación arbórea en ecosistemas similares del centro de Veracruz, se recomienda:

- 1) En la reserva Xicotitla instalar un mayor número de cajas nido (~~N=80~~) de distintos tamaños, diferentes aperturas de entrada y orientaciones geográficas, para la ocupación de fauna arborícola residente (aves, mamíferos, herpetofauna e invertebrados).
- 2) Para potencializar la reproducción únicamente para aves residentes, se recomienda colocar las cajas nido lejos de ramas cercanas a la apertura de entrada y aplicar tanto como anti depredatorio, como placa metálica alrededor de la apertura de entrada para evitar depredación de huevos y polluelos, así como desplazamiento por reptiles o mamíferos arborícolas.
- 3) Gestionar áreas privadas o destinadas voluntariamente a la conservación en predios perturbados o acahuales ubicados en ecosistemas como selva baja caducifolia y aplicar planes de manejo como la reforestación y mantenimiento de árboles nativos e

Comentado [JAGD113]: Esto no lo evaluaste en tu tesis

implementación de cajas nido como alternativa a corto y mediano plazo, mientras la cobertura vegetal aumenta y pueda ofrecer el recurso de anidación (cavidad).

Conclusiones

Esta tesis evidencia que los hábitats del APC Xocotitla son similares, que las variables de la estructura de la vegetación no influyeron en la ocupación de cajas nido por aves y que de las características de las cajas sólo la altura de la caja nido resulto ser favorable. Mientras que, para los otros grupos de fauna, si se observó diferencia en la ocupación de cajas nido entre hábitats y en la altura de las cajas nido.

De acuerdo a nuestra hipótesis, se registró una mayor ocupación de cajas nido en el hábitat de potrero como se pensaba debido a la evidente falta de cobertura y por ende cavidades naturales, a su vez, no se encuentran diferencias significativas entre hábitats y es probable que los sitios de anidación documentados (cajas nido) posiblemente son elegidos en base a otros criterios ambientales no analizados en este estudio como el tamaño, la forma y el material de la caja nido, y por otra parte la temperatura, humedad y la intensidad de la luz interior que pueden ofrecer las cajas nido.

Por otro lado, aunque no se encontró efecto en la ocupación de cajas nido por temporalidad, el aumento en el número de cajas ocupadas en el segundo año, pueden indicar la necesidad de este recurso y la carencia de cavidades naturales tanto en el potrero como en acahual. Por ello, se propone aplicar un plan de acción que fomente la conservación de especies y la salud de la reserva.

En general, se sugiere realizar estudios de la fauna que requiere cavidades y su uso en los bosques secos tropicales de Veracruz, ya que la alta pérdida de vegetación pone cada vez

Con formato: Interlineado: sencillo

Comentado [JAGD114]: En que sentido? Cajas más altas son mejores?

Comentado [JAGD115]: Igual en que sentido?

Comentado [JAGD116]: Esto contradice lo anterior.

Comentado [JAGD117]: Esto es muy ambiguo ser más específica o eliminarlo

más en riesgo su permanencia. La implementación de cajas nido puede ser una técnica de gestión complementaria para la vida silvestre dependiente de cavidades. Sin embargo, la permanencia de bosques remanentes, debe ser una prioridad en las estrategias de conservación.

Comentado [JAGD118]: Esto no tiene relación con tu tesis y queda un poco suelto.

Referencias

- Abdelouahid, R., Debauche, O., Mahmoudi, S., Marzak, A., Manneback, P., Lebeau, F. 2020. Smart Nest Box: IoT Based Nest Monitoring In Artificial Cavities. Carleton University. 1-7.
- Aguilar, S. 2016. Evaluación de la eficiencia de las cajas nido para abejas ("Bee Hotels") como herramienta de restauración y rescate de la diversidad de polinizadores. Tesis de licenciatura en ciencias ambientales. Universidad de Jaén, España, 39 pp.
- Aitken, K., Wiebe, K. y Martin, K. 2002. Nest-site reuse patterns for a cavity-nesting bird community in interior British Columbia. *The Auk*: 119 (2), 391–402.
- Albano, D. 1992. Nesting Mortality of Carolina Chickadees Breeding in Natural Cavities. *The Condor*: 94 (2), 371-382.
- Alonso-Mejía, A. y Medellín, R. 1992. Marmosa mexicana. *Mammalian species*: (421), 1-4.
- Altamirano, T. Ibarra, J. Martin, K. y Bonacic, C. 2012. Árboles viejos y muertos en pie: un recurso vital para la fauna del bosque templado de Chile. (15), 25-30.
- Álvarez, E. y Barba, E. 2009. ¿Cómo afecta la calidad del nido per se al proceso de incubación? Una aproximación experimental. *Revista Catalana de Ornitología*: 25, 11-18.
- Baich, P. y Harrison, C. 1997. *Nests, Eggs, and Nestlings of North American Birds*. 2a Ed. Academic Press. 347 pp.
- Bautista, A., Cuatianquiz, C., Ancona, S., Vázquez, J., Ayala, J. y Bravo, I. 2016. Espejos de agua y huecos artificiales Regresando un poco de lo que tomamos. *Ciencia y desarrollo*: 42 (285), 44-49.
- Beltrán-Rodríguez, L. Valdez-Hernández, J., Luna-Cavazos, M., Romero-Manzanares, A., Pineda-Herrera, E., Maldonado-Almanza, B., Borja-de la Rosa, M. y Blancas-Vázquez, J. 2018. Estructura y diversidad arbórea de bosques tropicales caducifolios secundarios en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*: 89 (1), 108-122.
- Benson, C. y Bailey, R. 2018. Pensando fuera de la caja nido. *The Cornell Lab of Ornithology*. 42 pp.
- Beyer, G. y Goldingay, R. 2004. The value of nest boxes in the research and management of Australian hollow-using arboreal marsupials. *Wildlife Research*; 33 (3), 161-174.
- Boyle, WA, Ganong, CN, Clark, DB y Hast, MA 2008. Densidad, distribución y atributos de las cavidades de los árboles en un bosque húmedo tropical antiguo. *Biotrópica* 40: 241 – 245.
- Brawn, J. y Balda, R. 1988. Population Biology of Cavity Nesters in Northern Arizona: Do Nest Sites Limit Breeding ~~Densities?~~ *Densities?* *The Condor*: 90 (1), 61-71.
- Briggs, C. y Mainwaring, M. 2021. The orientation of nestboxes influences their occupation rates and the breeding success of passerine birds. *Ornis Hungarica*: 29(2), 107–121.
- Brush, T. 1983. Cavity use by secondary cavity-nesting birds and response to manipulations. *The Condor*: Vol. 85, 461-466.

Con formato: Español (México)

- Butler, M., Whitman, B. y Duffy, A. 2009. Nest Box Temperature and Hatching Success of American Kestrels Varies with Nest Box Orientation. *The Wilson Journal of Ornithology*: 121(4), 778–782.
- Burton, N. 2007. Intraspecific latitudinal variation in nest orientation among ground-nesting passerines: a study using published data. *Condor*: 109, 441–446.
- Cárdeñas, G., Harvey, C., Ibrahim, M. y Finegan, B. 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*: 10 (39-40), 78-85.
- Castillo-Campos G. y Laborde, J. 2006. La vegetación. En: Guevara, S., Laborde, J. y Sánchez-Ríos, G. Eds. *Los Tuxtles. El Paisaje de la Sierra*, 2ª Ed. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea, Xalapa, 231-265 pp.
- Ceballos, G. y Oliva, G. 2005. Los mamíferos Silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Fondo de Cultura Económica. 98-99 pp.
- Charter, M., Meyrom, K., Leshem, Y., Aviel, S., Izhaki, I. y Motro, Y. 2010. Does Nest Box Location and Orientation Affect Occupation Rate and Breeding Success of Barn Owls *Tyto alba* in a Semi-Arid **Environment? Environment?** *Acta Ornithologica*: 45(1), 115-119.
- Chazdon, R. 2014. *Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Cockle, K., Martin, K. y Wiebe, K. 2008. Availability of cavities for nesting birds in the Atlantic Forest, Argentina. *Ornitología Neotropical*: 19, 269-278.
- Cockle, K., Martin, K. y Drever, M. 2010. Supply of tree-holes limits nest density of cavity-nesting birds in primary and logged subtropical Atlantic Forest. *Biol. Conserv*: 143, 2851–2857.
- Cockle, K., Martin, K. y Wesolowski, T. 2011. Woodpeckers, decay, and the future of cavity-nesting vertebrate communities worldwide. *Front Ecol Environ*: 9 (7), 377–382.
- Cornelius, C., Cockle, K., Politi, N., Berkunsky, I., Sandoval, L., Ojeda, V., Rivera, L., Hunter, M. and Martin, K. 2008. Cavity-nesting birds in neotropical forests: Cavities as a potentially limiting resource. *Ornitología Neotropical* 19: 253 – 268.
- Cuatlanquiz, C. y Macías, C. 2016. **PrePre-** and post-experimental manipulation assessments confirm the increase in number of birds due to the addition of nest boxes. *PeerJ*: 4 (3), 1-17.
- Czeczczewik, D., Walankiewicz, W., y Stańska, M. 2008. Small mammals in nests of cavity-nesting birds: Why should ornithologists study rodents? *Canadian Journal of Zoology*: 86 (4), 286–293.
- Dajoz, R. 2000. *Insects and Forests. The Role and diversity of insects in the forest environment*. Intercept Ltd, Londres. 668 p.
- Danchin, E. y Wagner, R. 1997. The evolution of coloniality: the emergence of new perspectives. *Trends in Ecology and Evolution*: 12, 342–347.
- Dawson, R., Lawrie, C. y O'Brien, E. 2005. The importance of microclimate variation in determining size, growth and survival of avian offspring: experimental evidence from a cavity nesting passerine. *OEcología*: (144), 499 – 507.
- Delgado, L. y Pedraza, R. 2002. La madera muerta de los ecosistemas forestales. *Foresta Veracruzana*: 4 (2), 59-66.
- De La Ossa-Lacayo, A. 2013. Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. *Rev. Colombiana Cienc. Anim*: 5 (1), 171-193.
- Doran, P. y Holmes, Y. 2005. Habitat occupancy patterns of a forest dwelling songbird: Causes and consequences. *Canadian Journal of Zoology*: 83, 1297– 1305.
- Eberhard, J. 1998. Evolution of Nest-Building Behavior in *Agapornis* Parrots. *The Auk*: 115 (2), 455-464.
- eBird. 2021. Consultado el 03 de agosto de 2021. eBird Basic Dataset. Cornell Lab of Ornithology, www.ebird.org.
- Ellis, M.V., 2016. Influence of design on the microclimate in nest boxes exposed to direct sunshine. *Australian Zoologist*: 38, 95–101.
- Enkerlin-Hoeflich, E. 1995. Comparative ecology and reproductive biology of three species of Amazona parrots in northeastern Mexico (PhD. Thesis). Texas A&M University, College Station, USA.
- Etzezarreta, J. y Arizaga, J. 2014. Characteristics of San Martín Riparia-**riparia** colonies in artificial river walls. *Ardeola*: 61 (1), 127-134.
- Farrell, C. 2018. Investigating the winter nocturnal nest box use of the Black Crested Titmouse (*Baeolophus atricristatus*). Master of Science. Texas State University. 30 pp.
- Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Comentado [JAGD119]: Estandarizar en unas referencias das el nombre completo de la revista en otras no.

Con formato: Español (México)

- Finch, D. 1989. Relationships of Surrounding Riparian Habitat to Nest-Box Use and Reproductive Outcome in House Wrens. *The Condor*: 91 (4), 848-859.
- Fokidis, H. y Risch, T. 2005. The Use of Nest Boxes to Sample Arboreal Vertebrates. *Southeastern Naturalist*: 4(3), 447-458.
- Franzreb, K. y Hanula, J. 1995 Evaluation of photographic devices to determine nestling diet of the endangered red-cockaded woodpecker. *Journal of Field Ornithology*: 66, 253-259.
- Gallina, S. 2011. Características y evaluación del hábitat. En: Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Gallina, S. y López, C. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C., 280-316 pp.
- Gamonal, J., Martínez, J., Palomares, L. y Escudero, M. 2004. Tasas de ocupación de cajas nido para ~~passeriformes~~ ~~passeriformes~~ en pinares y robledales de la Sierra de Guadarrama. Grupo Ornitológico SEO-MONTICOLA, Universidad Autónoma de Madrid. 96-109.
- García-Lau y Vives, 2019. Variación temporal del uso de cavidades por aves urbanas en La Habana, Cuba. *Huitzil*. *Revista Mexicana de Ornitología*: 20 (2), 524 pp.
- Gibbons, F. y Lindenmayer, D. 2002. Tree hollows and wildlife conservation in Australia. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria. 211 pp.
- Gibbs, J., Hunter, M., Melvin, S. 1993. Snag Availability and Communities of Cavity Nesting Birds in Tropical Versus Temperate Forests. *Biotropica*: 25, (2), 236-241.
- Goldingay, R. y Stevens, J. 2009. Use of artificial tree hollows by Australian birds and bats. *Wildlife Research*: 36, 81-97.
- Goldingay, R., Rueegger, N., Grimson, M. y Taylor, B. 2015. Specific nest box designs can improve habitat restoration for cavity-dependent arboreal mammals. *Restoration Ecology*: 23 (4), 482-490.
- Goldingay, R., Quin, D., Tálamo, O. y Mentiplay-Smith, J. 2020. Nest box revealed habitat preferences of arboreal mammals in box-ironbark forest. *Ecological Management & Restoration*, 1-12.
- Gómez-Gómez, A., Escalante-Pliago, P. y Mosqueda-Cabrera, M. 2020. Uso de cajas-nido por la guacamaya roja (*Ara macao*) en la región de Los Tuxtlas, Veracruz. *Huitzil*: 21 (2), 1-11.
- Gonzales, A. 2010. Los mamíferos de Veracruz, Colección la ciencia en Veracruz. Universidad Veracruzana, Secretaría de Educación y Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología, 99pp.
- González, F. 2011. Capítulo 4: Métodos para contar aves terrestres. 32 páginas In Gallina S., C. López. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Universidad Autónoma de Querétaro- Instituto de ecología, Querétaro, México.
- Guevara, S., Meave, J. y Castillo, S. 1994. Vegetación y flora de potreros en la sierra de los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana*: 28, 1-27.
- Gutiérrez-Guzmán, U., Castellanos-Pérez, E., Quiñones-Vera, J., Serrato-Corona I, J., Martínez-Ríos I, J., Orona-Castillo, I. y Chairez-Hernández I. 2015. Cobertura vegetal estimada por fotografías digitales relacionada con la biomasa en un sitio de pastizal del norte de México. *Phyton (Buenos Aires)*: 84 (2), 312-318.
- Hartman C. y Oring L. 2003. Orientation and microclimate of Horned Lark nests: The importance of shade. *Condor*: 105, 158-163.
- Harper, M., McCarthy, M y Van der Ree, R. 2005. The use of nest boxes in urban natural vegetation remnants by vertebrate fauna. *Wildlife Research*: 32, 509-516.
- Harvey, C., Guindon, C., Harber, W., Hamilton, D. y Murray, K. 2008. Importancia de los fragmentos de bosque, los árboles dispersos y las cortinas rompevientos para la biodiversidad local y regional de Monteverde, Costa Rica. En: Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Eds. Harvey C. y Sáenz, J. Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Herrada, A. y Cervantes, G. (2000). Observación de aves silvestres asociadas a los humedales, en: Del Río Lugo, N. (Ed.), *Ampliando el entorno educativo del niño*, UAM. 31-43 pp.
- Howell, S. y Webbs, S. 2013. *The birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. 851 pp.
- Hunter, M. Jr. 1990. *Wildlife, forest, and forestry. Principles of managing forests for biological diversity*. Prentice Hall, New Jersey. 370 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2021. Cartografía digital del Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de México. CONABIO. Consultado el 16 de febrero de 2021. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

- Isaac, J., Parsons, M. y Goodman, B. 2008. How hot do nest boxes get in the tropics? A study of nest boxes for the endangered mahogany glider. *Wildlife Research*: 35 (5), 441–445.
- Janzen, D. 1986. The eternal external threat. En: M. E. Soulé (ed.), *Conservation Biology. The science of scarcity and diversity*: 286-303.
- Jardel, E. 2015.—. Guía para la caracterización y clasificación de hábitats forestales. 1ª Ed. Comisión Nacional Forestal. 118 pp.
- Jaworski, T., Gryz, J., Krauze-Gryz, D., Plewa, R., Bystrowski, C., Dobosz, R. y Horák, J. 2021. My home is your home: Nest boxes for birds and mammals provide habitats for diverse insect communities. *Insect Conservation and Diversity*.
- Jones, J., Harris, M. y Siefferman, L. 2014. Physical habitat quality and interspecific competition interact to influence territory settlement and reproductive success in a cavity nesting bird. *Frontiers in Ecology and Evolution* (Eds.) Lawler, J., O'Connor, R., Hunsaker, C., Jones, K., Loveland, T. y White, D. 2004. The effects of habitat resolution on models of avian diversity and distributions: A comparison of two land-cover classifications. *Landscape Ecology*: 19, 515–530.
- Klein, Á., Nagy, T., Csörgő T. y Mátics, R. 2007. Exterior nest-boxes may negatively affect Barn Owl *Tyto alba* survival: an ecological trap. *Bird Conservation International*: 17, 273-281.
- Korpimäki, E. 1985. Clutch size and breeding success in relation to nest-box size in Tengmalm's owl *Aegolius funereus*. *Holarctic Ecology*: 8, 175-180.
- Lambrechts, M., Adriaensen, F., Ardía, D. et al., 2010. The Design of Artificial Nestboxes for the Study of Secondary Hole-Nesting Birds: A Review of Methodological Inconsistencies and Potential Biases. *Acta Ornithologica*: 45 (1), 1-26.
- Land, D., Marion, W. y O'Meara, T. 1989. Snag Availability and Cavity Nesting Birds in Slash Pine Plantations. *The Journal of Wildlife Management*: 54 (4), 1165-1171.
- Le Roux, D., Ikin, K., Lindenmayer, D., Bistricher, G., Manning, A. y Gibbons, P. 2016. Effects of entrance size, tree size and landscape context on nest box occupancy: Considerations for management and biodiversity offsets. *Forest Ecology and Management*: 366, 135-142 pp.
- Leena, C. 2018. Efecto de la instalación de cajas nidos en la abundancia de chercán (*Troglodytes aedon*) y su depredación sobre larvas de *Lobesia botrana* (Lepidóptera) en viñas orgánicas de la zona costera de la Región de Valparaíso, Chile. Tesis de licenciatura, Universidad Pontificia Universidad Católica De Valparaíso, Quillota, Chile, 28 pp.
- Linnane, M., Brereton, A. y Giller, P. 2001. Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos Taurus*) in semi-feral conditions in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. *Applied Animal Behaviour Science*: 71 (4), 277–292.
- Lill, A. 1968. Nidification in the channel-billed toucan (*Ramphastos vitellinus*) in Trinidad, west Indies, New York Zoological Society. 235-236.
- Lindenmayer, D., MacGregor, C., Cunningham, R., Incoll, R., Crane, M., Rawlins, D. y Michael, D. 2003. The use of nest boxes by arboreal marsupials in the forests of the central highlands of Victoria. *Wildlife Research*: 30, 259–264.
- Lindenmayer, D., Welsh, A., Donnelly, C., Crane, M., Michael, D., Macgregor, C., McBurney, L., Montague-Drake, R. y Gibbons, P. 2009. ¿Are nest boxes a viable alternative source of cavities for hollow-dependent animals? Long-term monitoring of nest box occupancy, pest use and attrition. *Biological Conservation*: 142 (1), 33-42.
- Lindenmayer, D., Crane, M., Blanchard, W., Okada, S. y Montague-Drake, R. 2015. ¿Do nest boxes in restored woodlands promote the conservation of hollow-dependent fauna? *Restoration Ecology*: 24 (2), 244-251.
- Lira-Noriega, A., Guevara, S., Laborde, J. y Sánchez-Ríos, G. 2007. Composición florística en potreros de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*: (80), 59-87.
- Mänd, R., Tilgar, V., Lõhmus, A. y Leivits A. 2005. Providing nest boxes for hole-nesting birds—Does habitat matter? *Biodiversity and Conservation*: 14 (8), 1823–1840.
- Martin, T. 1995. Avian Life History Evolution in Relation to Nest Sites, Nest Predation, and Food. *Ecological Monographs*: 65 (1), 101–127.
- Martin, K., Aitken, K. Y Wiebe, K. 2004.—. Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada: Nest characteristics and niche partitioning. *The Condor*: 106 (5), 5-19.
- Martínez, D., Albin, J., Cabaleiro, J., Pena, T., Rivera, F. y Blanco, V. 2009. El Criterio de Información de Akaike en la obtención de Modelos Estadísticos de Rendimiento. *XX Jornadas de Paralelismo*, 439-444.

Comentado [JAGD120]: En algunas tienes , en otras ., para separar autores. estandarizar

- Martínez-Gómez J. 1992. Raptor Conservation in Veracruz, México. The Raptor Research Foundation, Inc. J. Raptor Res: 26 (3), 184-188.
- Marsden, S. y Pilgrim, J. 2003. Factores que influyen en la abundancia de loros y cálaos en bosques vírgenes y alterados en New Britain, PNG. Ibis 145: 45 – 53.
- Mazgajski, T. 2007. Effect of old nest material on nest site selection and breeding parameters in secondary hole nesters - a review. Acta Ornithology: 42, 1–14.
- Maziarz, M. y Wesolowski, T. 2013. Microclimate of tree cavities used by Great Tits (*Parus major*) in a primeval forest. Avian Biol. Res: 6, 47–56.
- Maziarz, M., Broughton, R. y Wesolowski, T. 2017. Microclimate in tree cavities and nest-boxes: Implications for hole-nesting birds. Forest Ecology and Management: 389, 306–313.
- McComb, W.C., Noble, R.E., 1981a. Microclimates of nest boxes and natural cavities in bottomland hardwoods. J. Wildlife Manage: 45, 284–289.
- McComb, W. y Noble, R. 1981b. Nest-Box and Natural-Cavity Use in Three Mid-South Forest Habitats: The Journal of Wildlife Management: 45 (1), 93-101.
- McCComb, W. y Noble, R. 1982. Invertebrate Use of Natural Tree Cavities and Vertebrate Nest Boxes. The American Midland Naturalist: 107 (1), 163-172.
- Meaney, K., Peacock, D., Taggart, D. y Smith, J. 2021. Rapid colonisation, breeding and successful recruitment of eastern barn owls (*Tyto alba delicatula*) using a customised wooden nest box in remnant mallee cropping areas of southern Yorke Peninsula, South Australia. Wildlife Research: 48 (4), 334-344.
- Medina, M. y Castillo-Campos, G. 1993. Vegetación y listado florístico de la Barranca de Acazónica, Veracruz, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México: 53, 73-111.
- Medina, C. 2016. Efectos de la compactación de suelos por el pisoteo de animales, en la productividad de los suelos. Remediaciones. Revista Colombiana de Ciencia Animal: 8 (1), 88-93.
- Medina-Estrada, J., Remolina-Figueroa, D., Ramírez-Bastida, P. y Vázquez-Reyes, L. 2022. Nesting resources availability for cavity adopter birds in a tropical dry forest of Central Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad: 93, 1-12.
- Miller, K. 2002. Nesting success of the great crested flycatcher in nest boxes and in tree cavities: are nest boxes safer from nest predation?. The Willson Bulletin: 114 (2), 179-185.
- Milligan, M. y Dickinson, J. 2016. Habitat quality and nest-box occupancy by five species of oak woodland birds. The Auk: 133, 429–438
- Miñarro, G. 2021. Las cajas nido para pájaros ayudan a controlar las plagas del manzano. Tecnología Agroalimentaria: (24), 2-7.
- Monfils, M., Hayes, D., Kahler, B. y Soulliere, G. 2012. Evaluating relationships between habitat variables and marsh bird use of great lakes coastal wetlands at multiple scales. Michigan Natural Features Inventory, Report Number 07.
- Monterrubio-Rico, T. y Escalante-Pliego, P. 2006. Richness, distribution and conservation status of cavity nesting birds in Mexico. Biol. Conserv: 128, 67–78.
- Moore, T., De Tores, P. y Fleming, P. 2010. Detecting, but not affecting, nest-box occupancy. Wildlife Research: 37, 240–248.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. I. 84 pp.
- Moreno-Rueda, G. 2003. Selección de cajas-nido por aves insectívoras en Sierra Nevada. Zoologica baetica: 13/14, 131-138.
- Moreno-Casasola, P. y Paradowska, K. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. Madera y Bosques: 15 (3), 21-44.
- Morin, P. 1999. Community Ecology. Blackwell Sciences, Inc. Malden, EE.UU.
- Mouchet, M., Levers, C., Zupan, L., Kuemmerle, T., Plutzer, C., Erb, K., Lavorel, S., Thuiller, W. y Haberet, H. 2015. Testing the Effectiveness of Environmental Variables to Explain European Terrestrial Vertebrate Species Richness across Biogeographical Scales. PLoS ONE: 10 (7), 1-16.
- Mueller-Dombois, D. Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York.
- Naturalista. 2021. Consultado el 25 de septiembre de 2021. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.naturalista.mx>.
- Navara, K. y Anderson, E. 2011. Eastern Bluebirds Choose Nest Boxes Based on Box Orientation. Southeastern Naturalist: 10 (4), 713-720

- Navarro-Sigüenza, A., Rebón-Gallardo, M., Gordillo-Martínez, A., Townsend, A., Berlanga-García, H. y Sánchez-González, L. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*: 85, 476-495.
- Nelson, K. 1988. *Habitat Use and Densities of Cavity Nesting Birds*. Tesis de Maestría. Universidad Estatal de Oregon, 172 pp.
- Newton, I. 1994. The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds: A review. *Biological Conservation*: 70, 265-276.
- Newton, I. 1998. *Population limitation in birds*. London, Academic Press
- Patten, M. y Smith-Patten, S. 2020. Black-crested Titmouse (*Baeolophus atricristatus*), versión 1.0. En *Aves del Mundo* (AF Poole, Editor). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU.
- Pasquali, C. Acedo de Bueno, M. y Ochoa, B. 2011. Propuesta para una estrategia didáctica en educación ambiental: la observación de aves. *Educere*: 15 (52), 543-650.
- Purcell y Verner. 2016. Nest Predators of Open and Cavity Nesting Birds in Oak Woodlands. *The Wilson Bulletin*: 111 (2), 251-256.
- Ramírez, M. 2021. Técnicas para la restauración de la Selva Baja Caducifolia en el Centro de Veracruz.—Tesis de maestría. INECOL, A.C., Xalapa, Veracruz. 63 pp.
- Rodríguez, J., Avilés, J. y Parejo, D. 2011. The value of nestboxes in the conservation of Eurasian Rollers *Coracias garrulus* in southern [Spain](#). *Ibis*: 153, 735-745.
- Rodriguez-Vivas, R., Pérez-Cogollo, L., Rosado-Aguilar, J., Ojeda-Chi, M., Trinidad-Martinez, I., Miller, J., Li, Y., Perez de León, A., Guerrero, F. y Klafke, G. 2014. *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* resistant to acaricides and ivermectin in cattle farms of Mexico. *Brazilian Journal of Veterinary Pathology*: 23, 113-122.
- Rueegger, N., Goldingay, R. y Brookes, L. 2012. Does nest box design influence use by the eastern pygmypossum?. *Australian Journal of Zoology*: 60, 372-380.
- Ruiz, J. 2017. Instalación y monitoreo de nidos artificiales para la conservación del Loro orejiamarillo (*Ognorhynchus icterotis*) en la vereda El Vergel Alto del Municipio de Cubarral, Meta. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias y Educación Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá. 112 pp.
- Sachhi, R., Galeotti, P., Boccola, S. y Baccalini, B. 2004. Occupancy rate and habitat variables influencing nest-box use by tawny owls *Strix aluco*. *Avocetta*: 28 (1), 25-30.
- Saunders, D., Smith, G., y Rowley, I. 1982. The availability and dimensions of tree hollows that provide nest sites for cockatoos (*Psittaciformes*) in Western Australia. *Australian Wildlife Research*: 9, 541-556.
- Schmidt, M. y Rainer, H. 2014. A spatially-explicit count data regression for modeling the density of forest cockchafer (*Melolontha hippocastani*) larvae in the Hessian Ried (Germany). *Forest Ecosystems*: 1 (19), 1-16.
- Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA). 2016. Decreto Área Privada de Conservación "Xocotitla". Certificado N° SEDEMA/DGGARN-APC/071/2016. 4 pp.
- Sergio, F., Pedrini, P., Rizzolli, F. y Marchesi, L. 2006. Adaptive range selection by Golden Eagles in a changing landscape: multiple modeling approach. *Biological Conservation*: 33, 32-41.
- Suárez, A. 2011. Identificación de especies leñosas nativas promisorias para la restauración de la Selva Baja Caducifolia del Centro de Veracruz. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados campus-Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 87 pp.
- Sybley, D. 2014. *The Sibley Guide to Birds*, 2ª Ed. Konopf. 599 pp.
- Tadey, M. 2008. Efecto del ganado sobre los niveles de polinización en especies vegetales del monte patagónico. *Ecología Austral*: 18, 89-100.
- Tobar, L., e Ibrahim, M. 2010. ¿Las cercas vivas ayudan a la conservación de la diversidad de mariposas en paisajes agropecuarios? *Revista de Biología Tropical*: 58(1), 447-463.
- Ugalde-Lezama, S., Alcántara-Carbajal, J., Valdez-Hernández, I., Ramírez-Valverde, G., Velázquez-Mendoza, J. y Tarángo-Arámbula, A. 2010. Riqueza, abundancia y diversidad de aves en un bosque templado con diferentes condiciones de perturbación. *Agrociencia*: 44, 159-169.
- Vaillancourt, M., Drapeau, P., Robert, M. y Gauthier, S. 2009. Origin and Availability of Large Cavities for Barrow's Goldeneye (*Bucephala islandica*), a Species at Risk Inhabiting the Eastern Canadian Boreal Forest. *Avian Conservation and Ecology*: 4 (1), 1-6.
- Van der Hoek, Y., Gaona, G., y Martin, K. 2017. The diversity, distribution and conservation status of the tree-cavity nesting birds of the world. *Diversity and Distributions*: 23, 1120 - 1131.

- Van Perlo, Ber 2006. Birds of Mexico and Central America. Princeton Illustrated Checklists. Princeton New Jersey. E.U.A.
- Vargas, J., Hernán, F., Carpio, D. y McClure, C. 2014. Características de la vegetación en sitios de anidación del Águila arpía (*Harpia harpya*) en Darién, Panamá. *Ornitología Neotropical*: 25, 207–218.
- Vázquez-Pérez, J., Enríquez, P., Rangel-Salazar, J. y Castillo, M. 2011. Densidad y uso de hábitat de búhos en la Reserva de la Biosfera selva el Ocote, Chiapas, sur de México. *Ornitología Neotropical*: 22, 577–587.
- Vásquez, M., Rylander, R., Tleimat, L. y Fritts, S. 2022. Use of Anthropogenic Nest Materials by Black-Crested Titmice Along an Urban Gradient. *Journal of Fish and Wildlife Management*: 13 (1), 1-7.
- Warakai, D., Okena, D., Igag, P., Opiang, M. y Mack, A. 2013. Tree cavity-using wildlife and the potential of artificial nest boxes for wildlife management in New Guinea. *Tropical Conservation Science*: 6 (6), 711-733.
- Weatherhead, P. y Blouin-Demers, G. 2004. Understanding avian nest predation: why ornithologists should study snakes. *Journal of Avian Biology*: 35, 185–190.
- Wellcome, T. y Holroyd, G. 2001. The second international burrowing owl symposium: Background and context. *Journal of Raptor Research*: 35, 269-73.
- Wesołowski, T. 2011. Reports from nestbox studies: a review of inadequacies. *Acta Ornithology*: 46, 13–17.
- Wiebe, K.L., 2001. Microclimate of tree cavity nests: is it important for reproductive success in Northern Flickers?. *The Auk*: 118, 412–421.
- Wiebe, K. L. 2004. Innate and learned components of defense by flickers against a novel nest competitor, the European Starling. *Ethology*: 110, 779–791.
- Wiebe, K. 2011. Los sitios de anidación como limitación de recursos para las aves que anidan en cavidades en los ecosistemas de bosque maduros: una revisión de la evidencia. *J. Field. Field Ornithology*: 82 (3), 239-248.
- Winkler, D., Dunn, O. y McCulloch C. 2002. Predicting the effects of climate change on avian life-history traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*: 99 (21), 13595-13599.
- Williams, S. y Middleton, J. 2008. Climatic seasonality, resource bottlenecks, and abundance of rainforest birds: implications for global climate change. *Diversity and Distributions*: 14 (1), 69–77.
- Williams-Linera, G. y Lorea, F. 2009. Tree species diversity driven by environmental and anthropogenic factors in tropical dry forest fragments of central Veracruz, México. *Biodiversity and Conservation*: 18, 3269-3293.
- Williams-Linera, G., Alvarez-Aquino, C., Hernández-Ascención, E. y Toledo, M. 2011. Early successional sites and the recovery of vegetation structure and tree species of the tropical dry forest in Veracruz, México. *New Forests*: 42, 131-148.
- Zárybnická, M., Kubiznák, P., Sindelár, J. y Hlavác, V. 2016. Smart nest box: a tool and methodology for monitoring of cavity-dwelling animals. *Methods in Ecology and Evolution*: 7, 483-492.

Con formato: Resaltar

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

www.uv.mx

