



**EFFECTO DE LA COBERTURA VEGETAL SOBRE LA SELECCIÓN DE SITIOS DE
ANIDACIÓN DE AVES EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN MANIZALES,
COLOMBIA**

JUAN FELIPE LEÓN LEÓN

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
MANIZALES, COLOMBIA
2024**

**EFEECTO DE LA COBERTURA VEGETAL SOBRE LA SELECCIÓN DE SITIOS DE
ANIDACIÓN DE AVES EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN MANIZALES,
COLOMBIA**

JUAN FELIPE LEÓN LEÓN

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR
EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

Director

PAUL DAVID ALFONSO GUTIÉRREZ CÁRDENAS, *Ph. D.*

Universidad de Caldas

Codirector

DAVID OCAMPO RINCÓN, *M. Sc. (c)*

Department of Ecology and Evolutionary Biology

Princeton University

PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD DE CALDAS
MANIZALES, CALDAS, COLOMBIA

2024

Resumen

La selección de sitios de anidación es un comportamiento que puede afectar el éxito reproductivo de las especies. En aves, esta selección responde principalmente a las relaciones entre la arquitectura de nido (simple, plataforma, copa, domo, cavidad) y las coberturas vegetales disponibles. Para entender el efecto de los cambios en coberturas vegetales sobre las preferencias de sitios de anidación de las aves, necesitamos información básica sobre su biología reproductiva a escalas de paisaje, sin embargo, esta información en aves del Neotrópico continúa siendo limitada. En este estudio quise: 1) determinar la distribución de arquitecturas de nidos en diferentes coberturas vegetales, 2) evaluar el efecto de la pérdida de complejidad vegetal sobre la diversidad de arquitecturas de nidos, 3) estimar el efecto del sitio de anidación sobre la diversidad de arquitecturas de nidos y 4) comprobar si el sitio de anidación y la arquitectura del nido tienen efecto sobre el éxito reproductivo. Para explorar el patrón de distribución de nidos realicé búsquedas de nidos y análisis descriptivos y puse a prueba mis hipótesis sobre factores afectando el sitio de anidación con modelos lineales generalizados. En un sistema agroforestal con diferentes coberturas vegetales registré 176 nidos, 47 de los cuales estaban activos. El sistema agroforestal presentó la mayor diversidad de arquitecturas de nidos. Esta diversidad disminuyó con la pérdida de complejidad vegetal, afectando fuertemente a las aves que anidan en cavidades. La selección de sitios de anidación varió para las diferentes arquitecturas de nidos. El éxito reproductivo no fue explicado por las coberturas vegetales ni la altura del nido. Sin embargo, los nidos en cavidades en árboles sí presentaron mayor éxito reproductivo. Entender la biología reproductiva de las aves y como responden a la transformación de hábitat durante su época reproductiva es de vital importancia para plantear estrategias de conservación que incluyan espacios que garanticen el éxito reproductivo.

Palabras clave: Aves Neotropicales, cobertura vegetal, éxito reproductivo, modelos lineales generalizados, sistema agroforestal.

Abstract

Nesting site selection is a behavior that can affect the reproductive success of species. In birds, this selection primarily responds to the relationships between nest architecture (simple, platform, cup, dome, cavity) and available vegetation cover. To understand the effect of changes in vegetation cover on bird nesting site preferences, we need basic information about their reproductive biology at landscape scales; however, such information for Neotropical birds remains limited. In this study, I aimed to 1) determine the distribution of nest architectures in different vegetation covers, 2) evaluate the effect of vegetation complexity loss on nest architecture diversity, 3) estimate the effect of nesting site on nest architecture diversity, and 4) verify if nesting site and nest architecture influence reproductive success. To explore the pattern of nest distribution, I conducted nest searching and descriptive analyses and tested my hypotheses about factors affecting nesting sites using generalized linear models. In an agroforestry system with different vegetation covers, I recorded 176 nests, 47 of which were active. The agroforestry system exhibited the greatest diversity of nest architectures. This diversity decreased with vegetation complexity loss, strongly affecting cavity-nesting birds. Nesting site selection varied for different nest architectures. Reproductive success was not explained by vegetation cover or nest height. However, nests in tree cavities did show higher reproductive success. Understanding the reproductive biology of birds and how they respond to habitat transformation during their breeding season is crucial for developing conservation strategies that include spaces ensuring reproductive success.

Keywords: Agroforestry systems, generalized linear models, Neotropical birds, plant cover, reproductive success.

Contenido

Introducción	6
Métodos.....	8
Área de estudio y muestreo de nidos.....	8
Análisis de datos.....	10
Variación en la composición de nidos.....	10
Efecto de la pérdida de complejidad en vegetación	10
Selección de sitios de anidación	11
Éxito reproductivo	11
Resultados.....	11
Variación en la composición de nidos.....	14
Efecto de la pérdida de complejidad en vegetación	15
Selección de sitios de anidación.....	16
Éxito reproductivo.....	18
Discusión.....	20
Conclusiones.....	23
Referencias bibliográficas.....	24
Material suplementario	27

Introducción

La selección de sitios de anidación influye directamente en el éxito reproductivo de las aves (Martin 1993b, DeCesare et al. 2014, Van de Looock et al. 2020). Tal comportamiento puede estar determinado por factores intrínsecos, como la arquitectura del nido, capacidades cognitivas o la energía disponible del individuo para el evento reproductivo, y factores extrínsecos como disponibilidad de hábitat, niveles de depredación, potencial de parasitismo de cría o competencia intra e interespecífica por sitios de anidación (Fretwell & Lucas 1969, Martin 1998, Martin 2001, Forstmeier & Weiss 2004, Schmidt et al. 2005). Como resultado, se espera que la selección de donde construir el nido garantice la protección contra depredadores y las condiciones ambientales para así maximizar el éxito reproductivo (Mainwaring et al. 2014, Street et al. 2022).

Los nidos pueden presentar una gran diversidad de tipos de arquitecturas y ubicaciones, dependiendo de la especie que lo esté construyendo (Hansell 2000, Mainwaring et al. 2014, Ocampo et al. 2023). Simon & Pacheco (2005) propusieron cuatro tipos de nidos estándar: (i) simples (con pocos o sin materiales de construcción); (ii) copa (estructura abierta); (iii) domo (estructura cerrada con entrada lateral); y (iv) cavidades (con o sin túnel). Por sus diferencias en complejidad estructural, se ha sugerido que cada tipo de nido debería involucrar diferentes niveles de inversión parental. Por ejemplo, los nidos simples o en copa, los más comunes entre las aves, son considerados más fáciles de construir y que podrían ubicarse en más sitios, debido a lo cual se ha hipotetizado como promotor de la colonización de nuevos nichos (Mainwaring & Hartley 2013, Price & Griffith 2017). En contraste, los nidos en domo toman más tiempo y energía en ser construidos, lo que podría limitar el número de eventos reproductivos de un mismo individuo durante una temporada reproductiva (Medina et al. 2022). No obstante, estos nidos garantizan mejores condiciones térmicas, además de proteger en casi todas las direcciones excepto en la entrada, contrario a los nidos simples y en copa (Martin et al. 2017). Las aves que anidan en cavidades secundarias (i.e. ocupan cavidades preexistentes), seleccionan cavidades profundas y elevadas en árboles relativamente aislados con buena visibilidad, que reducen el riesgo de depredación (Cockle et al. 2011). No obstante, la competencia intra e interespecífica por las cavidades disponibles en un hábitat determinado aumenta debido a la limitada disponibilidad de estas (Cornelius et al. 2008).

La influencia de las características estructurales de un hábitat sobre la selección de sitios de anidación y su éxito reproductivo en aves ha sido ampliamente estudiada (Hansell 2000, Rao & Koli 2017, Fournier et al. 2021). Sin embargo, no se ha explorado como es afectada la selección de sitios de anidación en distintos escenarios de transformación del hábitat ni como la composición del ensamblaje de las especies anidando allí (Martin 2001, Mcnew et al. 2013). Se ha evidenciado que el incremento en el grado de transformación de un hábitat por agricultura puede afectar principalmente las especies de aves que anidan exclusivamente en cavidades (Warkentin et al. 1995, Foley et al. 2005, Newell & Rodewald 2011). Por otro lado, las aves generalistas pueden variar sus preferencias del hábitat para anidar en función al cambio en las dinámicas del paisaje, algunas incluso usando estructuras hechas por el humano, como postes de luz y tejados (Tomasevic & Marzluff 2016, Hille et al. 2021). No obstante, el uso de estas estructuras puede representar una desventaja reproductiva, ya que podrían actuar como trampas ecológicas al atraer aves hacia áreas menos óptimas (Mainwaring 2015). La estructura de la vegetación también influencia la selección de sitios de anidación determinando la altura a la que están ubicados los nidos, con consecuencias en el éxito reproductivo de las aves (Gjerdrum et al. 2005). Con nidos artificiales se ha demostrado que la altura de los nidos no es aleatoria en un mismo hábitat y que responde a los niveles de depredación, tipos de depredadores y competencia interespecífica (Piper & Catterall 2004, Tomasevic & Marzluff 2016).

Para entender el estado de conservación de las poblaciones de las especies es clave estudiar el efecto de los factores bióticos y abióticos sobre la selección de sitios de anidación y las consecuencias ecológicas de la transformación de los hábitats por las actividades humanas (McLaughlin & Mineau 1995). Solo en Colombia, durante el 2019 se perdieron 1577.9 km² de bosque tropical y en la región Andina cerca de 252.12 km², lo cual, aumenta la urgencia de evaluar en los Andes colombianos los efectos de la pérdida de complejidad vegetal, principalmente en las áreas más vulnerables a procesos de extinción como los monocultivos y sistemas agroforestales (IDEAM 2020). Las actividades antrópicas causan cambios acelerados en la estructura vegetal y el uso del suelo, en comparación con procesos naturales. Estudios han determinado como la diversidad de aves dentro de monocultivos disminuye en comparación con los sistemas agroforestales (Di Giacomo & De Casenave 2010, Rao & Koli 2017). Sin embargo, el éxito

reproductivo en estos sistemas es menor comparado con áreas protegidas con bajo impacto antrópico (Borges & Marini 2010). Lo anterior evidencia como el ensamblaje de especies de aves y su éxito reproductivo varían entre gradientes de coberturas vegetales en función de la complejidad en vegetación del mosaico.

Debido a que cada una de estas coberturas vegetales ofrece sitios para anidar con diferentes características en términos de soportes y alturas, se podría esperar que cambien las proporciones de tipos de anidadores entre coberturas. Esto resultaría en un aumento en la competencia entre anidadores en las mismas coberturas vegetales con el mismo tipo de arquitectura de nido, lo cual potencialmente podría impactar el éxito reproductivo, o incluso llevar a la exclusión de especies que ya no pueden anidar en algunas coberturas (Robertson & Hutto 2006).

En este trabajo se estudió la selección de sitios de anidación de aves en un sistema agroforestal en Manizales, Colombia, a través de una serie de cuatro preguntas: ¿cómo varía la composición nidos de aves entre tres coberturas vegetales en el área de estudio?, ¿cuál es la relación entre la diversidad de arquitectura de nidos y la pérdida de complejidad vegetal?, ¿cómo influye la cobertura vegetal y la altura (sitio de anidación) en la diversidad de arquitecturas de nido? y ¿de qué manera la arquitectura de nido y el sitio de anidación influyen en el éxito reproductivo? Este tipo de investigaciones permiten exponer un panorama sobre los posibles factores que pueden afectar la selección de sitio de anidación y el éxito reproductivo en determinadas coberturas vegetales, además, derivan series de sugerencias para tomadores de decisiones y propietarios de sistemas productivos en el Neotrópico, informando sobre el impacto de la transformación del hábitat en las dinámicas reproductivas de las aves.

Métodos

Área de estudio y muestreo de nidos

Este estudio se realizó en la finca Romelia Orchids & Birds (5°05'05.9" N, 75°37'07.4" W) en un área rural de la vereda La Cabaña, oriente de la ciudad de Manizales (Colombia). La finca está ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera Central, en un rango altitudinal entre 980–1250

msnm. La finca presenta un mosaico de monocultivos de cítricos, bosques ribereños, pastizales, jardines, guaduales, construcciones humanas y carreteras sin pavimentar en una extensión de 19 hectáreas (Fig. 1).

La búsqueda de nidos fue realizada entre febrero y julio de 2023, principalmente entre las 7:00 y las 10:00 horas en la mañana y en la tarde entre las 14:00 y las 17:00 horas, en tres coberturas vegetales: construcciones humanas (casas, antejardines y carretera sin pavimentar), monocultivos de cítricos con pastizales y sistema agroforestal (bordes de bosque ribereño, plantaciones de árboles ornamentales y jardines). Durante los recorridos de búsqueda libre, siguiendo la metodología propuesta por Fierro-Calderón et al. (2021), se inspeccionó la vegetación y se hicieron observaciones de comportamientos de las aves que podrían indicar la presencia de un nido, como vuelos evasivos, visitas frecuentes a un mismo sitio o transporte en el pico de material de construcción de nido o alimento para polluelos. Al encontrar un nido activo, se determinó su etapa de anidación (en construcción, incubación, polluelos, volantones) y lo seguí visitando cada 2–3 días, hasta que el nido quedara inactivo y pudiera determinar el resultado del evento de anidación (exitoso, abandonado, parasitado o depredado). Fue considerado un nido exitoso cuando al menos uno de los volantones sobreviviera uno o más días (Martin 1993a). Al final del evento de anidación se determinaron fechas de actividad y coordenadas, y se registraron datos del nido como arquitectura (simple sin plataforma, simple con plataforma, copa, domo, cavidad en tierra y cavidad en árboles), altura respecto al suelo, tipo de sustrato y tipo de cobertura vegetal en la cual se encontraba ubicado.

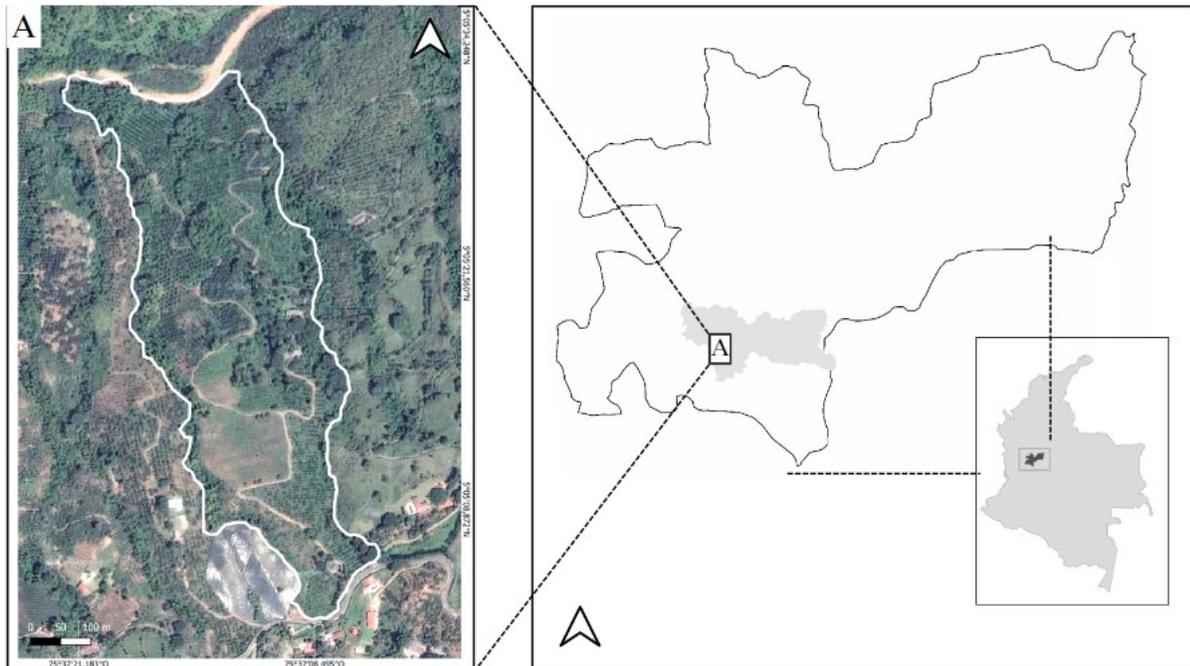


Figura 1. Localización geográfica de la finca Romelia Orchids & Birds (A) en Manizales, Caldas, Colombia.

Análisis de datos

Variación en la composición de nidos

Se hizo un análisis descriptivo comparando las composiciones de nidos a nivel de familias de aves presentes en las construcciones humanas, monocultivos de cítricos y sistema agroforestal.

Efecto de la pérdida de complejidad en vegetación

Se comparó la riqueza de especies de aves y la diversidad de arquitecturas de nido en las tres coberturas vegetales del área de estudio con las aves que pudiesen anidar en un bosque maduro hipotético, que representa una cobertura vegetal sin perturbaciones antrópicas. La lista de aves que se esperaba en el ambiente hipotético mencionado fue construida utilizando como referencia a Birds of the World (Billerman et al. 2022) y realizando una búsqueda bibliográfica suplementaria, para obtener información sobre las arquitecturas del nido de cada ave hipotética. No se consideró para esta comparación especies migratorias, ya que se reproducen en otras latitudes ni tampoco

aquellas cuya reproducción está asociada directamente con el agua, porque este no es un ambiente disponible en el área de estudio.

Selección de sitios de anidación

Se evaluó el efecto de la cobertura vegetal y la altura del nido respecto al suelo (sitio de anidación) sobre la diversidad de arquitecturas de nido, mediante un análisis de modelos lineales generalizados (GLM) con el paquete AICmodavg (Mazerolle 2020) en RStudio (2023). Se utilizó el criterio de Información Akaike, corregido para tamaños de muestra bajos (AICc) para evaluar los modelos (Burnham & Anderson 2004). Posteriormente, para determinar la variación en las alturas de los nidos respecto al suelo, fue utilizada una submuestra con las arquitecturas de nidos por cobertura vegetal que mayor representatividad tuvieran, es decir, copa y domo para el monocultivo de cítricos y copa, domo y cavidades en árboles para el sistema agroforestal. Esta variación fue examinada utilizando la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para el monocultivo de cítricos y la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para el sistema agroforestal con el *pos-hoc* de Holm.

Éxito reproductivo

Se utilizó una submuestra de los nidos para los cuales se evidenció un resultado de anidación ($n = 47$). Se evaluó el efecto de la arquitectura de nido y el sitio de anidación sobre el éxito reproductivo usando análisis de modelos lineales generalizados (GLM) con el paquete AICmodavg (Mazerolle 2020) en RStudio Team (2023). Se utilizó el criterio de Información Akaike corregido para tamaños de muestra bajos (AICc) para evaluar los modelos (Burnham & Anderson 2004).

Resultados

Se registraron 176 nidos de 41 especies correspondientes a 15 familias de aves en el área de estudio (Tabla 1). En construcciones humanas se encontraron 25 nidos (14.2%), en monocultivos de cítricos 69 nidos (39.2%) y 82 en sistema agroforestal (46.59%). En cuanto al tipo de arquitectura de sus nidos, 18 nidos tenían arquitectura simple con plataforma (10.23%), 5 fueron simples sin

plataforma (2.84%), 55 en copa (31.25%), 65 en domo (36.93%), 7 en cavidades en tierra (3.98%) y 26 en cavidades en árboles (14.77%) (Tabla 2, Fig. 2).

Tabla 1. Composición de especies, tipo de arquitectura del nido y frecuencia de nidos por tipo de cobertura vegetal por especie presentes en la Finca Romelia Orchids & Birds (Manizales, Colombia). *Tipo de cobertura vegetal: (CH) construcciones humanas, (MC) Monocultivo de cítricos, y (SA) sistema agroforestal. NA: Nidos sin una clasificación taxonómica asociada.

Taxón	Arquitectura nido	CH*	MC*	SA*	Total
Bucconidae		1	0	0	1
<i>Malacoptila mystacalis</i>	Cavidad en tierra	1	0	0	1
Caprimulgidae		0	2	3	5
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Simple sin plataforma	0	2	3	5
Columbidae		1	7	8	16
<i>Columbina talpacoti</i>	Simple con plataforma	0	2	3	5
<i>Leptotila plumbeiceps</i>	Simple con plataforma	0	2	0	2
<i>Leptotila verreauxi</i>	Simple con plataforma	0	3	1	4
<i>Zenaida auriculata</i>	Simple con plataforma	1	0	4	5
Fringillidae		1	0	5	6
<i>Euphonia lanirostris</i>	Domo	1	0	5	6
Furnariidae		1	0	3	4
<i>Synallaxis albescens</i>	Domo	1	0	2	3
<i>Synallaxis brachyura</i>	Domo	0	0	1	1
Hirundinidae		2	0	0	2
<i>Stelgypteryx ruficollis</i>	Cavidad en tierra	2	0	0	2
Momotidae		2	0	1	3
<i>Momotus aequatorialis</i>	Cavidad en tierra	2	0	1	3
Picidae		0	0	2	2
<i>Colaptes punctigula</i>	Cavidad en árboles	0	0	1	1
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Cavidad en árboles	0	0	1	1
Psittacidae		0	0	18	18
<i>Forpus conspicillatus</i>	Cavidad en árboles	0	0	1	1
<i>Pionus menstruus</i>	Cavidad en árboles	0	0	17	17
Thamnophilidae		0	1	0	1
<i>Thamnophilus multistriatus</i>	Copa	0	1	0	1
Thraupidae		4	10	5	19
<i>Asemospiza obscura</i>	Domo	1	1	0	2
<i>Saltator striatipectus</i>	Copa	0	4	0	4
<i>Sicalis flaveola</i>	Cavidad en árboles	1	0	1	2
<i>Sporophila crassirostris</i>	Copa	0	2	0	2
<i>Stilpnia cyanicollis</i>	Copa	0	0	1	1
<i>Tachyphonus rufus</i>	Copa	0	1	0	1
<i>Thraupis episcopus</i>	Copa	1	1	3	5
<i>Tiaris olivaceus</i>	Domo	1	0	0	1
<i>Volatinia jacarina</i>	Copa	0	1	0	1
Trochilidae		0	1	3	4
<i>Amazilia tzacatl</i>	Copa	0	1	1	2
<i>Phaethornis guy</i>	Copa	0	0	1	1
<i>Phaethornis striigularis</i>	Copa	0	0	1	1
Troglodytidae		4	0	4	8
<i>Henicorhina leucosticta</i>	Domo	1	0	1	2
<i>Pheugopedius sclateri</i>	Domo	0	0	3	3

Taxón	Arquitectura nido	CH*	MC*	SA*	Total
<i>Troglodytes aedon</i>	Cavidad en árboles	3	0	0	3
Turdidae		0	1	4	5
<i>Turdus grayi</i>	Copa	0	1	1	2
<i>Turdus ignobilis</i>	Copa	0	0	3	3
Tyrannidae		0	10	10	20
<i>Elaenia flavogaster</i>	Copa	0	1	1	2
<i>Myiophobus fasciatus</i>	Copa	0	1	0	1
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	Domo	0	1	4	5
<i>Nesotriccus incomptus</i>	Copa	0	3	0	3
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Domo	0	0	1	1
<i>Todirostrum cinereum</i>	Domo	0	4	2	6
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Copa	0	0	2	2
NA	-	9	37	16	62
Total		25	69	82	176

Tabla 2. Número de nidos en el área de estudio registrados entre febrero y julio de 2023. Tipo de cobertura vegetal: (CH) construcciones humanas, (MC) Monocultivo de cítricos, y (SA) sistema agroforestal.

Arquitectura de nido	Tipo de cobertura vegetal			
	CH	MC	SA	Total
Simple con plataforma	1	9	8	18
Simple sin plataforma	0	2	3	5
Copa	1	31	23	55
Domo	12	27	26	65
Cavidad en tierra	6	0	1	7
Cavidad en árboles	5	0	21	26
Total	25	69	82	176

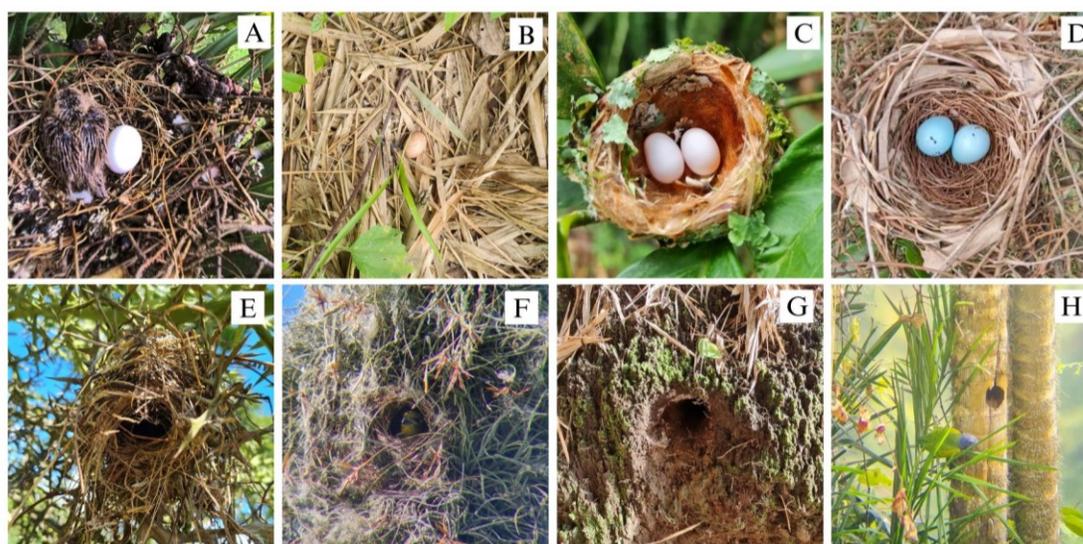


Figura 2. Tipos de arquitectura de nidos: (A) Nido simple con plataforma de *Zenaida auriculata*, (B) nido simple sin plataforma de *Nyctidromus albicollis*, (C y D) nidos en copa de *Amazilia tzacatl*

y *Saltator striatipectus*, (E y F) nidos en domo de *Asemospiza obscura* y *Euphonia lanirostris*, (G) nido en cavidad en tierra de *Malacoptila mystacalis* y (H) nidos en cavidades en árboles de *Pionus menstruus*.

Variación en la composición de nidos

Las familias que mayor representatividad de nidos tuvieron entre el mosaico de coberturas vegetales en el área de estudio fueron Tyrannidae (16.39%), Thraupidae (15.57%), Psittacidae (14.75%), Columbidae (13.11%) y Furnariidae (9.02%) (Fig. 3). En las construcciones humanas las familias más representativas fueron Troglodytidae (16%) y Thraupidae (16%). Tres de los cuatro nidos de Troglodytidae en construcciones fueron de *Troglodytes aedon*, una especie que puede anidar en cavidades artificiales facilitadas por los humanos como canaletas en los techos de las viviendas. En los monocultivos de cítricos las familias más representativas fueron Tyrannidae (14.49%), Thraupidae (14.49%), Columbidae (10.14%) y Furnariidae (8.7%). Particularmente, encontré nidos de *Leptotila plumbeiceps* y *Thamnophilus multistriatus* en los monocultivos, ambas especies asociadas a bosques. En el sistema agroforestal la mayor representatividad de familias fueron Psittacidae (21.95%), Tyrannidae (12.19%) y Columbidae (9.76%). *Pionus menstruus* fue la especie como mayor número de nidos en este sistema debido a la alta disponibilidad de cavidades en palmas muertas como sitios de anidación. A pesar de que las familias Tyrannidae y Thraupidae tuvieron una alta representatividad de nidos en el área de estudio, con siete y nueve especies por familia respectivamente, solo la familia Psittacidae estuvo representada en un 94.44% por una especie.

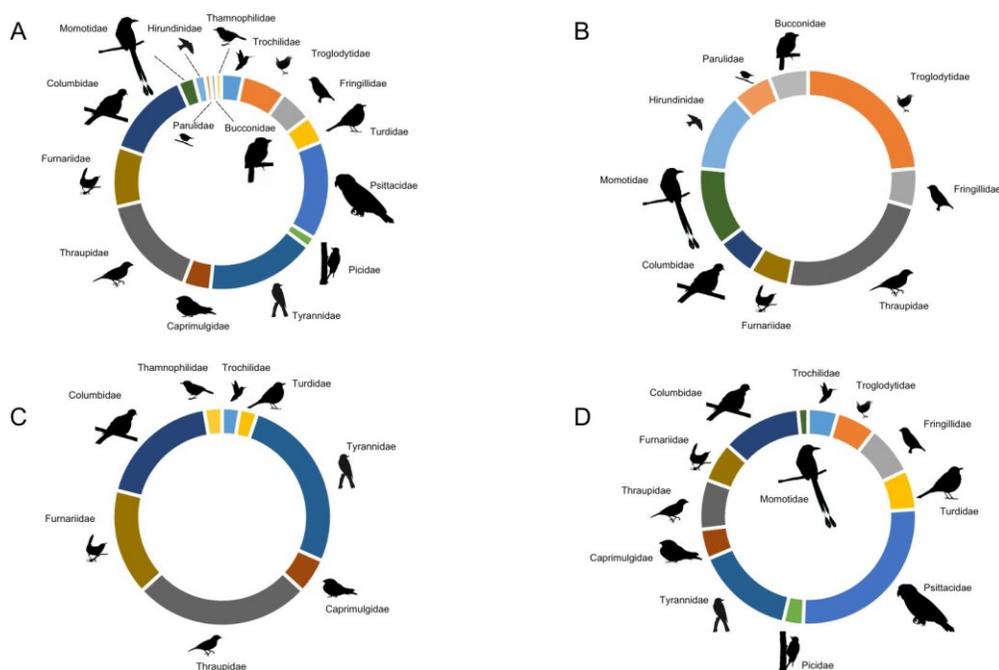


Figura 3. (A) Representatividad de nidos por familias en el mosaico de coberturas vegetales del área de estudio: (B) construcciones humanas, (C) monocultivos de cítricos y (D) sistema agroforestal.

Efecto de la pérdida de complejidad en vegetación

Para el bosque maduro hipotético fue estimado un total de 131 especies de aves, de las cuales 12 tienen arquitectura de nido simple con plataforma, tres simples sin plataforma, 52 en copa, 28 en domo, cinco en cavidades en tierra y 31 en cavidades en árboles. En contraste, mostrando un patrón de disminución de especies en función a la pérdida de complejidad vegetal en el sitio de estudio, se registraron 13 especies de aves anidando en construcciones humanas, 21 en monocultivos de cítricos y 27 especies de aves anidando en el sistema agroforestal (Tabla 3). Tanto en el bosque maduro hipotético como en el sistema agroforestal encontré representatividad de todas las seis arquitecturas de nidos. Sin embargo, en los monocultivos de cítricos se determinó ausencia de nidos en cavidades, tanto en tierra como en árboles. Finalmente, en las construcciones humanas no se encontraron nidos simples sin plataforma, como el de *Nyctidromus albicollis* (Fig. 4).

Tabla 3. Riqueza de especies según su arquitectura de nido entre coberturas vegetales en el área de estudio. Tipo de cobertura vegetal: (CH) construcciones humanas, (MC) Monocultivo de cítricos, (SA) sistema agroforestal y (BMH) bosque maduro hipotético.

Arquitectura de nido	Tipo de cobertura vegetal			
	CH	MC	SA	BMH
Simple con plataforma	1	3	3	12
Simple sin plataforma	0	1	1	3
Copa	1	13	9	52
Domo	5	4	8	28
Cavidad en tierra	4	0	1	5
Cavidad en árboles	2	0	5	31
Total	13	21	27	131

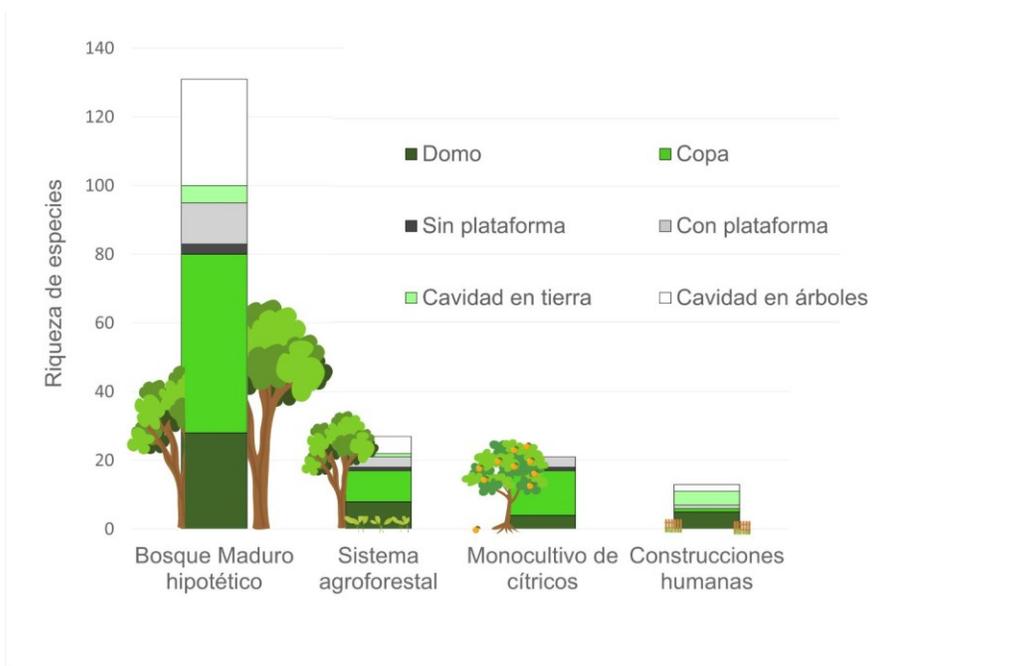


Figura 4. Riqueza de especies de aves según su arquitectura de nido en las tres coberturas vegetales del área de estudio y en un bosque maduro hipotético.

Selección de sitios de anidación

La selección de sitios de anidación varió en coberturas vegetales y altura en función de las arquitecturas de nido (Fig. 5). Los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidar de las aves con nidos simples sin plataforma incluyen el sistema agroforestal y la altura ($P < 0.05$). Estas aves seleccionan anidar directamente en el suelo en sistemas agroforestales para anidar. Las aves que construyen copas seleccionan principalmente los monocultivos de cítricos para anidar y

tienden a no usar construcciones humanas. La altura es el modelo que mejor explica la selección de sitios de anidación en aves con nido en domo ($P < 0.01$). Estas tienden a seleccionar alturas cercanas al suelo para anidar. Los modelos que mejor explicaron la selección de sitios de anidación para aves con nido en copa fueron los que incluían los monocultivos de cítricos ($P < 0.005$) y las construcciones humanas ($P < 0.05$). Las aves que anidan en cavidades en tierra estuvieron asociadas a las construcciones humanas ($P < 0.001$). Estas aves seleccionan principalmente construcciones humanas, como taludes de carreteras no pavimentadas, para anidar. Los nidos en cavidades de los árboles estuvieron ausentes en monocultivos de cítricos. A pesar de que no se encontró significancia estadística ($P = 0.99$), estas aves tienden a no seleccionar los monocultivos de cítricos para anidar.

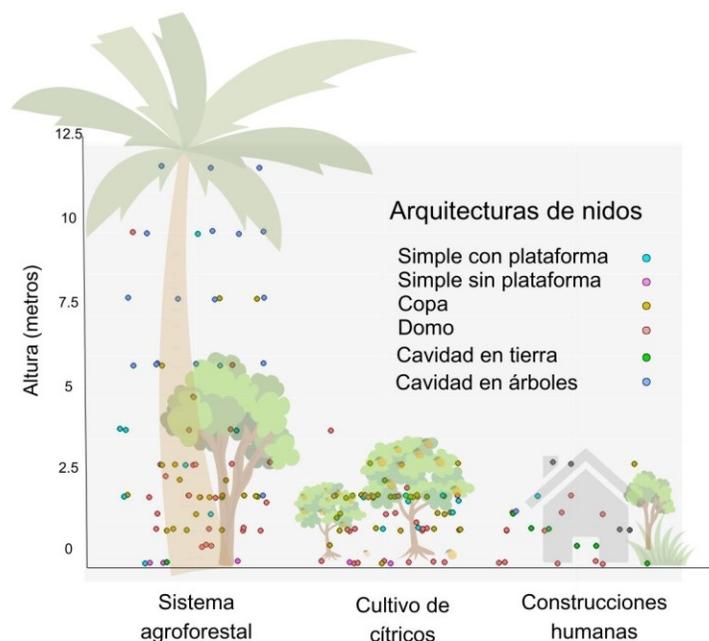


Figura 5. Distribución de los nidos registrados en el área de estudio por cobertura vegetal con respecto a la altura del nido. Los círculos representan cada uno de los 176 nidos registrados y los colores determinan las arquitecturas del nido. Simple con plataforma (azul), simple sin plataforma (violeta), copa (naranja), domo (rosado), cavidad en tierra (verde) y cavidad en árboles (rojo).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las alturas de los nidos con arquitectura de nido en domo y en copa en los monocultivos de cítricos ($W = 520,5$, $P > 0.005$) (Fig. 6). En el sistema agroforestal sí existen diferencias entre las alturas de los nidos.

Entre las medianas de las alturas de los nidos en copa y en domo no existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.005$). En contraste, en el sistema agroforestal sí hay diferencias estadísticamente significativas entre los nidos en copa y en cavidades en árboles ($P < 0.005$) y entre los nidos en domo y en cavidades en árboles ($P < 0.005$) (Fig. 6).

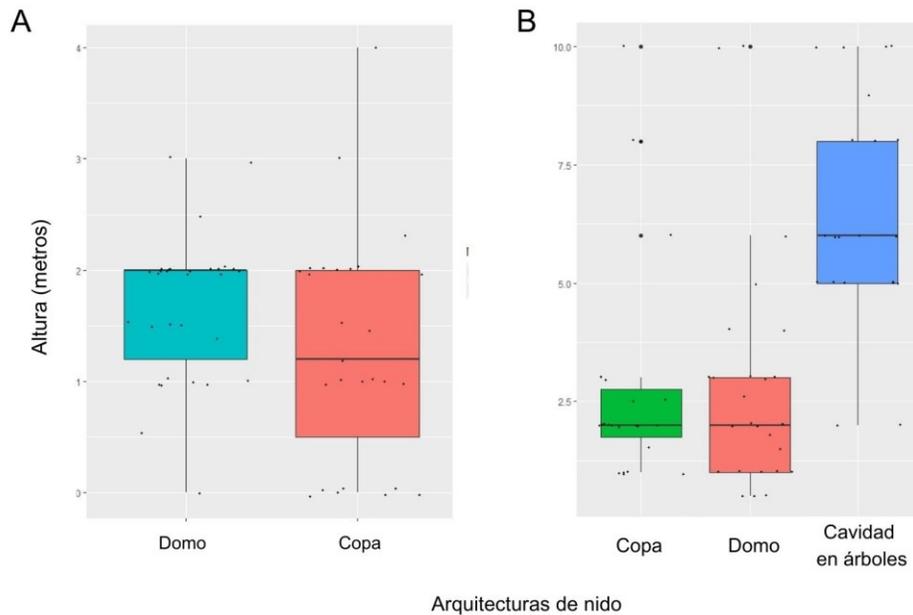


Figura 6. Gráfico de caja de la altura de (A) los nidos en domo y en copa registrados en monocultivos de cítricos y (B) los nidos en copa, domo y cavidad en árboles en la finca Romelia Orchids & Birds (Manizales, Colombia).

Éxito reproductivo

Del total de nidos encontrados solo se obtuvo información sobre el éxito reproductivo para 47 nidos, pertenecientes a 25 especies. De estos, 31 (65.96%) fueron exitosos y 16 (34.04%) presentaron pérdida de la nidada (Tabla 4). La altura (Fig. 8) y la cobertura vegetal no explicaron el éxito reproductivo en el área de estudio. Sin embargo, encontré que, si existe un efecto del tipo de nido, siendo los nidos en cavidades de árboles los que presentan mayor éxito reproductivo en el área de estudio.

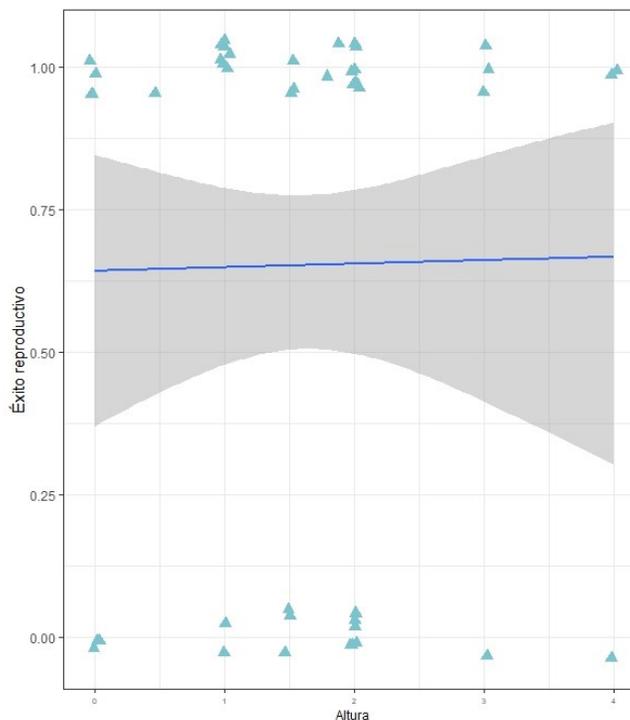


Figura 8. Nivel de éxito reproductivo respecto a la altura de los nidos en el área de estudio.

Tabla 4. Número de nidos monitoreados por especie y éxito reproductivo en el área de estudio entre febrero y julio de 2023. NA: Nidos sin una clasificación taxonómica asociada.

Taxón	Arquitectura de nido	Nidos monitoreados	Nidos exitosos
Columbidae		11	7
<i>Leptotila verreauxi</i>	Simple con plataforma	3	2
<i>Leptotila plumbeiceps</i>	Simple con plataforma	2	1
<i>Columbina talpacoti</i>	Simple con plataforma	5	4
<i>Zenaida auriculata</i>	Simple con plataforma	1	0
Caprimulgidae		1	1
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Simple sin plataforma	1	1
Trochilidae		3	2
<i>Amazilia tzacatl</i>	Copa	1	1
<i>Phaethornis guy</i>	Copa	1	0
<i>Phaethornis striigularis</i>	Copa	1	1
Momotidae		1	1
<i>Momotus aequatorialis</i>	Cavidad en tierra	1	1
Picidae		1	1
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Cavidad en árboles	1	1
Thamnophilidae		1	1
<i>Thamnophilus multistriatus</i>	Copa	1	1
Tyrannidae		10	7
<i>Nesotriccus incompta</i>	Copa	3	2

Taxón	Arquitectura de nido	Nidos monitoreados	Nidos exitosos
<i>Myiophobus fasciatus</i>	Copa	1	0
<i>Todirostrum cinereum</i>	Domo	2	1
<i>Elaenia flavogaster</i>	Copa	1	1
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	Domo	3	3
Troglodytidae		4	4
<i>Troglodytes aedon</i>	Cavidad en árboles	3	3
<i>Henicorhina leucosticta</i>	Domo	1	1
Turdidae		1	0
<i>Turdus grayi</i>	Copa	1	0
Thraupidae		9	7
<i>Sporophila crassirostris</i>	Copa	2	2
<i>Tachyphonus rufus</i>	Copa	1	1
<i>Thraupis episcopus</i>	Copa	2	2
<i>Saltator striatipectus</i>	Copa	3	1
<i>Asemospiza obscura</i>	Domo	1	1
Fringiilidae		2	0
<i>Euphonia lanirostris</i>	Domo	2	0
NA		3	0
Total		47	31

Discusión

Se encontró una alta diversidad de arquitecturas de nido en Finca Romelia Orchids & Birds, que presentaron un patrón de distribución asociado con la estructura vegetal. Es posible que los procesos de colonización de las diferentes especies, que presentan determinadas arquitecturas, estén ajustados a las características específicas de cada cobertura. La disminución en la complejidad de cobertura vegetal genera un gradiente de estructuras que parece actuar como filtro ambiental determinando la elección de sitios para anidar de las aves. Sin embargo, a escala local no se encontraron diferencias entre el éxito reproductivo de las especies anidando en cada cobertura.

Los resultados evidencian la pérdida de las aves que anidan en cavidades de árboles cuando la estructura vegetal disminuye en los monocultivos de cítricos. Esto debido a la disminución de cavidades disponibles en árboles, lo que las convierte en especies altamente susceptibles (Martin 1993b). Los monocultivos de cítricos presentan alta abundancia de nidos ($n = 69$) de pocos tipos de arquitecturas. Esta cobertura vegetal fue principalmente seleccionada por las aves con

arquitectura de nido en copa. Lo anterior se puede explicar considerando la capacidad que tiene estas aves de colonizar nuevos nichos, dado que los nidos en copa son más fáciles de construir y pueden ubicarse más fácilmente en más sitios con respecto a los nidos en domo (Price & Griffith 2017). Sin embargo, es posible que, en esta reducida complejidad vegetal, la presión de ser depredados o parasitados es mayor (Payne 1977, Wilcove 1985). Adicionalmente, el solapamiento interespecífico en función a la arquitectura de nido en un hábitat como los monocultivos de cítricos, puede implicar una presión adicional de competencia sobre la selección de sitios para anidar (Martin 1993a).

Al comparar el ensamblaje de aves que pueden anidar en un bosque maduro hipotético con las aves que se registraron anidando en el sistema agroforestal y los monocultivos de cítricos del área de estudio, se observó una disminución drástica, principalmente en aves que anidan en cavidades en árboles. Solo cinco especies de aves que anidan en cavidades en árboles fueron registradas anidando en el sistema agroforestal con respecto a 31 posibles especies que pudiesen anidar dado bosque maduro hipotético, es decir, una diferencia del 83.87%. Más aún, en los monocultivos de cítricos no se registró ninguna especie que anida en cavidades en árboles. Esta pérdida de diversidad específica de anidadoras en cavidades ha sido documentada en otros sistemas como en la selva de Garúa en Ecuador en donde reportaron que 13 de 17 especies que fueron registradas únicamente en los bosques maduros estuvieron ausentes en bosques cultivados (Becker & Agreda 2005).

Así, los resultados soportan la evidencia de que la transformación de las coberturas vegetales puede actuar como un filtro ambiental, cambiando las proporciones de tipos de anidadores, incluso llegando a excluir aves que anidan en cavidades (Cockle 2010). Estas aves son un grupo particularmente apropiado para estudiar el efecto de la tala en el neotrópico dado que su historia de vida y requerimientos de hábitat los hacen especialmente susceptibles a los efectos de la pérdida de estructura vegetal con árboles grandes que ofrecen cavidades (Cornelius et al. 2008, Politi et al. 2012).

El patrón de distribución de altura de nidos mostró la preferencia de las aves con arquitectura de nido en domo por seleccionar sitios de anidación a baja altura se debe a la alta abundancia de

semilleros como *Tiaris olivaceus* y *Asemospiza obscura*. Estos construyen sus nidos principalmente en pastizales o arbustos menores a 2 metros de altura. Las aves con nidos en copa tienden a seleccionar los monocultivos de cítricos para anidar por encima del sistema agroforestal, debido a que las especies que se registraron están más asociadas a hábitats semi abiertos como *Sporophila crassirostris*, *Saltator striatipectus*, *Volatinia jacarina*, entre otras. Las aves que anidan en cavidades en tierra dependen de la inclinación del terreno, por tanto, la mayoría de los nidos que encontré con esta arquitectura como *Momotus aequatorialis*, *Malacoptila mystacalis*, *Stelgidopteryx ruficollis* fueron a borde de carretera en un sistema de taludes en el área de estudio. En el sistema agroforestal registré el 80.77% de los nidos en cavidades de árboles, su gran mayoría en palmas. Solo se registraron dos especies con esta arquitectura en construcciones humanas, *Sicalis flaveola* y *Troglodytes aedon*, anidando en las canaletas del techo de algunas casas.

La comunidad de aves en el área de estudio está utilizando tanto los monocultivos de cítricos y las construcciones humanas como el sistema agroforestal para anidar. Lo que muestra la capacidad que tienen las aves de responder ante los cambios ante la transformación de los hábitats. No obstante, contrario a las predicciones, ninguna cobertura vegetal tuvo efecto sobre el éxito reproductivo de las aves. Esto podría deberse a que sea necesario un mayor muestreo para capturar diferencias temporales o espaciales entre las coberturas, o que realmente no existan diferencias debido a que la cercanía entre las coberturas vegetales genere homogenización de las presiones de pérdida de nidadas a escala local. Sin embargo, al evaluar el éxito reproductivo entre las arquitecturas de nido sí se encontraron diferencias estadísticamente marginales que apoyan la hipótesis de que los nidos en cavidades son sitios más seguros para anidar, en comparación con otras arquitecturas. La altura del nido tampoco presentó correlación con el éxito reproductivo, pero en futuros estudios sería relevante incluir nidos a alturas superiores a los 4 metros, en donde las dinámicas pueden variar más drásticamente entre coberturas.

El entendimiento de las respuestas de las aves ante los cambios en las coberturas vegetales y la identificación de los grupos biológicos más sensibles antes estos cambios son argumentos que permiten orientar la toma de decisiones y a su vez, dar dirección hacia continuar investigando los factores que influyan en un aspecto tan relevante en la sobrevivencia y reproducción de las aves como la selección de sitios de anidación.

Conclusiones

Este trabajo representa una base para el estudio sobre la ecología reproductiva de las aves en monocultivos de cítricos en Colombia. A su vez, permite evidenciar cómo la transformación de las coberturas vegetales ocasiona un filtro ambiental sobre los sitios de anidación de las aves. Las aves que anidan en cavidades son una entidad biológica altamente afectada por la pérdida de complejidad vegetativa incluso llegando a reducir a 0 sus registros de anidación en monocultivos de cítricos. Los sistemas agroforestales que integran estrategias silvopastoriles permiten una continuidad en los procesos socioeconómicos al tiempo que permiten una continuidad en las dinámicas ecológicas como la anidación de las aves, representando una alternativa ecosostenible y de alto impacto sobre las comunidades.

Evaluar la selección de sitios de anidación de aves en un sistema agroforestal puede arrojar luces sobre los mecanismos que las aves usan, aun cuando estos pueden representar un costo en el éxito reproductivo, considerando la acelerada tasa de cambio de los ecosistemas por ejemplo en la región Andina. A pesar de la baja complejidad vegetativa de los monocultivos de cítricos, las aves utilizan este tipo de cobertura vegetal, por lo que estudiar a largo plazo otros factores como la competencia intra e interespecífica por los sitios como recurso, permitirá entender realmente el impacto de la transformación del hábitat en la actividad reproductiva de las aves.

Referencias bibliográficas

- Billerman, S. M., Keeney, B. K., Rodewald, P. G. & Schulenberg, T. S. (Editors) (2022). Birds of the World. Cornell Laboratory of Ornithology, USA. <https://birdsoftheworld.org/bow/home>
- Borges, F. J. & Marini, M. A. (2010). Birds nesting survival in disturbed and protected Neotropical savannas. *Biodiversity and Conservation*, 19: 223-236.
- Burnham, K. P & Kenneth, D. R. (2004). *Model selection and multimodel inference*. Springer. <https://doi.org/10.1007/b97636>
- Cockle, K. (2010). Nesting ecology and community structure of cavity-nesting birds in the Neotropical Atlantic Forest. Doctoral thesis. *The University of British Columbia*
- Cockle, K., Martin, k. & Wiebe, K. (2011). Selection of nest trees by cavity-nesting birds in the Neotropical Atlantic Forest. *Biotropica*, 43(2): 228-236. Doi: 10.1111/j.1744-7429.2010.00661.x
- Cornelius, C., Cockle, K., Politi, N., Berkunsky, I., Sandoval, L., Ojeda, V., Rivera, L., Hunter, M. & Martin, K. (2008). Cavity-nesting birds in neotropical forest: Cavities as a potentially limiting resource. *Ornitología Neotropical*, 19: 253-268.
- DeCesare, N. J., Hebblewhite, M., Bradley, M., Hervieux, D., Neufeld, L. & Musiani, M. (2014). Linking habitat selection and predation risk to spatial variation in survival. *Journal of Animal Ecology*, 83(2): 343-352. doi: 10.1111/1365-2656.12144
- Deeming & Mainwaring (2015). Functional properties of nests. In Eds. Deeming, D. C. & Reynolds, S. J. *Nest, eggs and incubation*. Oxford University Press.
- Expósito-Granados, M., Parejo, D., Martínez, J. G., Precioso, M., Molina-Morales, M. & Avilés, J. M. (2017). Host nest site choice depends on risk of cuckoo parasitism in magpie hosts. *Behavioral Ecology*, 28(6): 1492-1497. doi:10.1093/beheco/arx113
- Forstmeier W. & Weiss, I. (2004). Adaptive plasticity in nest-site selection in response to changing predation risk. *Oikos*, 104: 487-499.
- Fournier, A. M., Lancaster, J. D., Yetter, A. P., Hine, C. S., Beckerman, T., Figge, J., Gioe, A., Greider-Wagner, M., Jen, D., Johnson, C., Larreur, M. R., Shaw, A., Wolter, K., Wood, M., Wu, D. K., O'Neal, B. J. & Hagy, H. M. (2021). Nest success and nest site selection of wetland birds in a restored wetland system. *Avian Conservation & Ecology*, 16(1): 6.

- Fretwell, S. D. & Lucas, H. L. (1969). On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica*, 19(1): 16-36. DOI: 10.1007/bf01601953
- Hansell, M. (2000). Bird nests and construction behavior. *The Auk*, 119(3): 892-894.
- IDEAM. (2020). Resultados De Monitoreo Deforestación 2019. [http://www.andi.com.co/Uploads/PRESENTACION%20DEFORESTACION%202019%20\(julio%209\)_compressed.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/PRESENTACION%20DEFORESTACION%202019%20(julio%209)_compressed.pdf).
- Kesyser, A. (2002). Nest predation in fragmented forest: Landscape matrix by distance from edge interactions. *The Wilson Bulletin*, 114(2): 186-191.
- Lambertchs, M. M., Adriaensen, F., Ardia, D. R., Artemyev, A. V., Atiénzar, F., Bańdura, J., Barba, E., Bouvier, J., Camprodon, J., Cooper, C. B., Dawson, R. D., Eens, M., Eeva, T., Faivre, B., Garamszegi, L. Z., Goodenough, A. E., Gosler, A. G., Grégoire, A., Griffith, S. C.,..., Ziane, N. (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.
- Mainwaring & Hartley (2013). The energetic cost of nest building in birds.
- Mainwaring, M. C., Hartley, I. R., Lambrechts, M. M. & Deeming, D. C. (2014). The design and function of birds' nests. *Ecology and Evolution*, 20(4): 3909-3928. doi: 10.1002/ece3.1054
- Martin, T. E. (1993a). Nest predation among vegetation layers and habitat types: Revising the dogmas. *The American Naturalist*, 141(6): 897-913.
- Martin, T. E. (1993b). Nest predation and nest sites. *BioScience*, 43(8): 523-532.
- Martin, T. E. (1995). Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation and food. *Ecological Monographs*, 65(1): 101-127.
- Martin, T. E. (1998). Are microhabitat preferences of coexisting species under selection and adaptative? *Ecology*, 79(2): 656-670.
- Martin, T. E. (2001). Abiotic vs. biotic influences on habitat selection of coexisting species: Climate change impacts. *Ecology*, 82(1): 175-188.
- Martin, T. E., Boyce, A. J., Fierro-Calderón, K., Mitchell, A. E., Armstad, C. E., Mouton, J. & Bin Soudi, E. E. (2017). Enclosed nests may provide greater thermal than nest predation benefits compared with open nests across latitudes. *Functional Ecology*, 31(6): 1231-1240. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12819>

- McLaughlin, A. & Mineau, P. (1995). The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 55: 201-212.
- Medina, I., Perez, D. M., Afonso Silva, A. C., Cally, J., León, C., Maliet, O. & Quintero, I. (2022). Nest architecture is linked with ecological success in songbirds. *Ecology Letters*, 25(6): 1365-1375. DOI: 10.1111/ele.13998
- Mazerolle, M. J. (2020). Model selection and multimodel inference using the AICmodavg package.
- Ocampo, D., De Silva, T. N., Sheard, C. & Stoddard, M. C. (2023). Evolution of nest architecture in tyrant flycatchers and allies. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 378: 2022.0148.
- Payne, R. B. (1977). The ecology of brood parasitism in birds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8(1): 1-28. doi:10.1146/ANNUREV.ES.08.110177.000245
- Piper, S. D. & Catterall, C. P. (2004). Effects of edge type and nest height on predation of artificial nests within subtropical Australian eucalypt forests. *Forest Ecology and Management*, 203: 361-372. doi:10.1016/j.foreco.2004.08.005
- Price, J. J. & Griffith, S. C. (2017). Open cup evolved from roofed nests in the early passerines. *Proceeding the Royal Society B*, 284: 20162708. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.2708>
- Politi, N., Hunter, M. & Rivera, L. (2012). Assessing the effects of selective logging on birds in Neotropical piedmont and cloud montane forest. *Biodiversity and Conservation*, 21: 3131-3155.
- Rao, S. & Koli, K. (2017). Edge effect of busy high traffic roads on the nest site selection of bird inside the city area: Guild response. *Transportation Research Part D Transport and Environment*, 51: 94-101.
- RStudio Team (2023). RStudio: Integrated Development Environment for R. Available from: <http://www.rstudio.com/>
- Reif, J. (2013). Long-term trends in bird populations: A review of pattern and potential drivers in North America and Europe. *Acta Ornithologica*, 48(1): 1-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.3161/000164513X669955>
- Robertson, B. A. & Hutto, R. L. (2006). A framework for understanding ecological traps and evaluating existing evidence. *Ecology*, 87(5): 1075-1085. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1075:AFFUET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1075:AFFUET]2.0.CO;2)

- Schmidt, K. A., Nelis, L. C., Briggs, N. & Ostfeld, R. S. (2005). Invasive shrubs and songbird nesting success: Effects of climate variability and predator abundance. *Ecological Applications*, 15(1): 258-265.
- Simon, J. E. & Pacheco, S. (2005). On the standardization of nest descriptions of neotropical birds. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 13(2): 143-154.
- Street, S. E., Jaques, R. & De Silva, T. N. (2022). Convergent evolution of elaborate nests as structural defences in birds. *Proceedings of the Royal Society B*, 289(1989): 20221734.
- Van de Loock, D., Strubbe, D., Thijs, K. W., Van de Peer, T., De Neve, L., Githiru, M., Matthysen, E. & Lens, L. (2020). Flexible nest-site selection under anthropogenic habitat change in an Afrotropical understory insectivore. *Ibis*, 162(1): 187-200. <https://doi.org/10.1111/ibi.12691>
- Weidinger, K. (2002). Interactive effects of concealment, parental behavior and predators on the survival of open passerine nests. *Journal of Animal Ecology*, 71: 424-437.
- Wilcove, D. S. (1985). Nest predation in forest tracts and the decline of migratory songbirds. *Ecology*, 66(4): 1211-1214.

Material suplementario

Tabla S1. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura de en domo. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta AICc	AICCWt	Cum.Wt	LL
Null	1	233.85	0.00	0.33	0.33	-115.91
Agroforestry system	2	234.09	0.24	0.29	0.62	-115.01
Human constructions	2	234.40	0.55	0.25	0.87	-115.17
Citric crop	2	235.66	1.81	0.13	1.00	-115.79

Tabla S2. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura de en copa. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta AICc	AICCWt	Cum.Wt	LL
Human constructions	2	209.38	0.00	0.85	0.85	-102.66
Citric crop	2	212.92	3.54	0.14	1.00	-104.43
Null	1	220.65	11.26	0.00	1.00	-109.31
Agroforestry system	2	221.96	12.58	0.00	1.00	-108.94

Tabla S3. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en copa.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-0.5857	0.1698	-3.450	0.000561	***
Human constructions	-25.923	10.344	-2.506	0.012205	*

AIC 209.31

Tabla S4. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en copa.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-12.408	0.2318	-5.354	8.62e-08	***
Citric.crop	10.372	0.3351	3.095	0.00197	**

AIC 212.85

Tabla S5. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura simple sin plataforma. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Null	1	47.49	0.00	0.39	0.39	-22.73
Human constructions	2	47.98	0.49	0.30	0.69	-21.96
Agroforestry system	2	49.16	1.67	0.17	0.86	-22.55
Citric crop	2	49.54	2.05	0.14	1.00	-22.73

Tabla S6. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura simple con plataforma. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Null	1	118.20	0.00	0.37	0.37	-58.09
Human constructions	2	118.73	0.53	0.28	0.65	-57.33
Citric crop	2	119.29	1.09	0.21	0.86	-57.61
Agroforestry system	2	120.21	2.01	0.14	1.00	-58.07

Tabla S7. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura en cavidades en tierra. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Human constructions	2	43.65	0.00	1	1	-19.79
Citric crop	2	55.78	12.13	0	1	-25.85
Agroforestry system	2	59.50	15.85	0	1	-27.71
Null	1	60.88	17.23	0	1	-29.43

Tabla S8. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en cavidades en tierra.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-5.011	1.003	-4.995	5.89e-07	***
Human constructions	3.858	1.107	3.485	0.000493	***

AIC 43.5812

Tabla S9. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura en cavidades en árboles. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICCWt	Cum.Wt	LL
Citric crop	2	122.73	0.00	1	1	-59.33
Agroforestry system	2	136.44	13.71	0	1	-66.19
Null	1	149.42	26.69	0	1	-73.70
Human constructions	2	150.88	28.15	0	1	-73.40

Tabla S10. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en cavidades en árboles.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-11.364	0.2254	-5.041	4.62e-07	***
Citric.crop	-184.297	12.946.310	-0.014	0.989	

AIC 122.66

Tabla S11. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura en domo. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICCWt	Cum.Wt	LL
Height	2	224.56	0.00	0.32	0.32	-110.25
Citric crop + Height	3	226.27	1.71	0.14	0.46	-110.07
Height2	3	226.32	1.75	0.13	0.59	-110.09
Human constructions + Height	3	226.38	1.82	0.13	0.72	-110.12
Agroforestry system + Height	3	226.58	2.01	0.12	0.84	-110.22
Citric crop + Height2	4	228.07	3.51	0.06	0.89	-109.92
Human constructions + Height2	4	228.23	3.66	0.05	0.94	-109.99
Agroforestry system + Height2	4	228.33	3.77	0.05	0.99	-110.05
Null	1	233.85	9.28	0.00	0.99	-115.91
Agroforestry system	2	234.09	9.52	0.00	1.00	-115.01
Human constructions	2	234.40	9.84	0.00	1.00	-115.17
Citric crop	2	235.66	11.10	0.00	1.00	-115.79

Tabla S12. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en domo.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.02054	0.22846	-0.09	0.92836
Height	-0.21174	0.07841	-2.70	0.00692 **

AIC 224.49

Tabla S13. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en domo.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0.09114	0.29449	0.309	0.75696
Citric.crop	-0.20178	0.33695	-0.599	0.54927
Height	-0.22417	0.08120	-2.761	0.00577 **

AIC 226.13

Tabla 14. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura en copa. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICCWt	Cum.Wt	LL
Human constructions + Height2	4	202.46	0.00	0.77	0.77	-97.11
Human constructions + Height	3	205.66	3.20	0.16	0.93	-99.76
Citric crop + Height2	4	208.51	6.05	0.04	0.97	-100.14
Human constructions	2	209.38	6.92	0.02	0.99	-102.66
Citric crop	2	212.92	10.46	0.00	0.99	-104.43
Citric crop + Height	3	213.91	11.45	0.00	1.00	-103.89
Height2	3	214.08	11.62	0.00	1.00	-103.97
Agroforestry system + Height2	4	216.00	13.54	0.00	1.00	-103.88
Height	2	219.61	17.15	0.00	1.00	-107.77
Null	1	220.65	18.19	0.00	1.00	-109.31
Agroforestry system + Height	3	221.65	19.19	0.00	1.00	-107.76
Agroforestry system	2	221.96	19.50	0.00	1.00	-108.94

Tabla S15. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en copa.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.2127	0.2452	-0.867	0.38570
Human_constructions	-28.218	10.400	-2.713	0.00666 **
Height	-0.1318	0.0703	-1.874	0.06089 .

AIC 205.52

Tabla S16. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura simple sin plataforma. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Agroforestry system + Height	3	24.93	0.00	0.32	0.32	-9.39
Human constructions + Height	3	25.24	0.31	0.27	0.59	-9.55
Agroforestry system + Height2	4	27.02	2.10	0.11	0.70	-9.39
Height	2	27.12	2.19	0.11	0.81	-11.53
Human constructions + Height2	4	27.33	2.40	0.10	0.91	-9.55
Citric crop + Height	3	29.04	4.11	0.04	0.95	-11.45
Height2	3	29.19	4.27	0.04	0.99	-11.53
Citric crop + Height2	4	31.14	6.21	0.01	1.00	-11.45
Null	1	47.49	22.56	0.00	1.00	-22.73
Human constructions	2	47.98	23.05	0.00	1.00	-21.96
Agroforestry system	2	49.16	24.24	0.00	1.00	-22.55
Citric crop	2	49.54	24.61	0.00	1.00	-22.73

Tabla S17. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido simple sin plataforma.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-19.459	0.7559	-2.574	0.0100 *
Agroforestry_system	23.514	11.852	1.984	0.0473 *
Height	-378.608	70.502.009	-0.005	0.9957

AIC 24.787

Tabla S18. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura simple con plataforma. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Null	1	118.20	0.00	0.19	0.19	-58.09
Human constructions	2	118.73	0.53	0.15	0.34	-57.33
Citric crop	2	119.29	1.09	0.11	0.45	-57.61
Height2	3	119.58	1.38	0.10	0.54	-56.72
Height	2	119.80	1.60	0.09	0.63	-57.87
Human constructions + Height	3	120.20	2.00	0.07	0.70	-57.03
Agroforestry system	2	120.21	2.01	0.07	0.77	-58.07
Human constructions + Height2	4	120.44	2.24	0.06	0.83	-56.10
Citric crop + Height2	4	120.70	2.50	0.05	0.89	-56.23
Citric crop + Height	3	120.95	2.75	0.05	0.93	-57.40
Agroforestry system + Height2	4	121.59	3.39	0.03	0.97	-56.68
Agroforestry system + Height	3	121.86	3.66	0.03	1.00	-57.86

Tabla S19. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura en cavidades en tierra. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICCWt	Cum.Wt	LL
Human constructions + Height2	4	41.36	0.00	0.40	0.40	-16.56
Human constructions + Height	3	41.52	0.15	0.37	0.77	-17.69
Human constructions	2	43.65	2.29	0.13	0.90	-19.79
Citric crop + Height2	4	45.53	4.16	0.05	0.95	-18.65
Citric crop + Height	3	45.72	4.36	0.05	0.99	-19.79
Height2	3	52.00	10.64	0.00	1.00	-22.93
Agroforestry system + Height2	4	52.93	11.56	0.00	1.00	-22.35
Height	2	53.04	11.67	0.00	1.00	-24.48
Agroforestry system + Height	3	54.17	12.80	0.00	1.00	-24.01
Citric crop	2	55.78	14.41	0.00	1.00	-25.85
Agroforestry system	2	59.50	18.13	0.00	1.00	-27.71
Null	1	60.88	19.52	0.00	1.00	-29.43

Tabla S20. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en cavidades en tierra.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-3.942	1.212	-3.253	0.00114 **
Human_constructions	3.259	1.131	2.881	0.00397 **
Height	2.172	2.515	0.864	0.38776
I(Height^2)	-2.083	1.790	-1.164	0.24450

AIC 41.127

Tabla S21. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en cavidades en tierra.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-35.379	11.180	-3.165	0.00155 **
Human_constructions	33.549	11.245	2.983	0.00285 **
Height	-10.467	0.6025	-1.737	0.08237 .

AIC 41.375

Tabla S22. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en cavidades en tierra.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-5.011	1.003	-4.995	5.89e-07 ***
Human_constructions	3.858	1.107	3.485	0.000493 ***

AIC 43.582

Tabla S23. Set de modelos que describen como la selección de sitios de anidación varía entre coberturas vegetales con respecto a los nidos con arquitectura en cavidades en árboles. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Human constructions + Height2	4	80.97	0.00	0.88	0.88	-36.37
Human constructions + Height	3	86.31	5.34	0.06	0.94	-40.08
Citric crop + Height	3	87.66	6.69	0.03	0.97	-40.76
Citric crop + Height2	4	88.06	7.09	0.03	1.00	-39.91
Height2	3	94.45	13.48	0.00	1.00	-44.15
Height	2	95.39	14.42	0.00	1.00	-45.66
Agroforestry system + Height2	4	95.76	14.79	0.00	1.00	-43.76
Agroforestry system + Height	3	97.41	16.44	0.00	1.00	-45.63
Citric crop	2	122.73	41.77	0.00	1.00	-59.33
Agroforestry system	2	136.44	55.48	0.00	1.00	-66.19
Null	1	149.42	68.45	0.00	1.00	-73.70
Human constructions	2	150.88	69.91	0.00	1.00	-73.40

Tabla S24. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en cavidades en árboles.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-729.203	141.119	-5.167	2.38e-07	***
Human_constructions	365.332	102.577	3.562	0.000369	***
Height	172.975	0.45192	3.828	0.000129	***
I(Height^2)	-0.08889	0.03307	-2.688	0.007191	**

AIC 80.73

Tabla S25. Parámetros estimados de los modelos que mejor explican la selección de sitios para anidación entre coberturas para aves con arquitectura de nido en cavidades en árboles.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-48.617	0.7202	-6.750	1.48e-11	***
Human_constructions	26.271	0.7792	3.372	0.000748	***
Height	0.6525	0.1140	5.721	1.06e-08	***

AIC 86.168

Tabla S26. Set de modelos que describen el efecto de la altura sobre el éxito reproductivo. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	Aux	Delta AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Altura	2	24.30	0.00	0.68	0.68	-9.77
Altura^2	3	27.14	2.84	0.16	0.84	-9.77
Null	1	27.24	2.94	0.16	1.00	-12.50

Tabla S27. Parámetros estimados del modelo que mejor explica el éxito reproductivo en función a la altura.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	5.615	3.281	1.711	0.087
Height	-2.795	1.703	-1.641	0.101

AIC 86.168

Tabla S28. Set de modelos que describen el efecto de las coberturas vegetales sobre el éxito reproductivo. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Null	1	62.37	0.00	0.44	0.44	-30.14
Construcciones humanas	2	63.53	1.16	0.24	0.68	-29.63
Sistema agroforestal	2	64.25	1.88	0.17	0.85	-29.99
Monocultivos de cítricos	2	64.55	2.17	0.15	1.00	-30.14

Tabla S29. Set de modelos que describen el efecto de la arquitectura de nidos sobre el éxito reproductivo. Los modelos están ordenados de mayor a menor basado en los pesos de Akaike (AICCWt).

Model	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt	Cum.Wt	LL
Cavidad en árboles	2	61.04	0.00	0.38	0.38	-28.38
Null	1	62.37	1.33	0.19	0.57	-30.14
Simple sin plataforma	2	63.71	2.68	0.10	0.67	-29.72
Cavidad en tierra	2	63.71	2.68	0.10	0.77	-29.72
Domo	2	63.75	2.71	0.10	0.87	-29.74
Copa	2	64.45	3.41	0.07	0.93	-30.09
Simple con plataforma	2	64.52	3.48	0.07	1.00	-30.12

Tabla S30. Parámetro estimado del modelo que mejor explica el éxito reproductivo entre arquitecturas de nido.

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0.5232	0.3155	1.658	0.0972
Tree	170.428	19.780.902	0.009	0.9931

AIC 60.765