

Uso de hábitat de la Reinita gorjinaranja (*Setophaga fusca*) en la Reserva ProAves Arrierito Antioqueño, Andes centrales de Colombia

Habitat use of the Blackburnian Warbler (Setophaga fusca) in the Arrierito Antioqueño ProAves Reserve, Central Andes of Colombia

Juan Camilo Úsuga Fuentes^{1,2} 

1. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Turbo, Antioquia, Colombia.

2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Biología, Grupo de Ecología y Evolución de Vertebrados, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

camilo.usuga1@udea.edu.co

Fecha de recepción: 20/03/2025

Fecha de aceptación: 05/05/2026

Resumen: Las aves migratorias desempeñan funciones ecológicas clave en los ecosistemas que ocupan a lo largo de su ciclo anual; sin embargo, enfrentan múltiples amenazas asociadas a la pérdida y transformación del hábitat. En este estudio se evaluaron los factores ambientales que influyen en el uso de hábitat de la Reinita gorjinaranja (*Setophaga fusca*) en la Reserva ProAves Arrierito Antioqueño, Colombia, durante el periodo de migración boreal, mediante la aplicación de modelos de ocupación. Se realizaron censos en cinco transectos que representaron diferentes coberturas vegetales. La especie fue detectada en el 75 % de los puntos muestreados, con una frecuencia de detección del 18,75 %. Los modelos indicaron una relación negativa entre la altura del dosel y la probabilidad de uso del hábitat, lo que sugiere un mayor uso de áreas con doseles bajos dentro del paisaje evaluado. Este resultado contrasta con investigaciones previas para la especie. Se plantea que dicha diferencia podría estar asociada a su capacidad de adaptación a distintas configuraciones ambientales y a la disponibilidad de hábitat en el área de estudio. La detectabilidad mostró variación temporal, con mayores probabilidades durante las últimas horas de la mañana. Este patrón podría estar relacionado con cambios en su comportamiento social observados en campo, pasando de bandadas mixtas en horas tempranas a actividad más solitaria hacia el final de la mañana.

Palabras clave: Migración, aves, uso de hábitat, modelos de ocupación, Reinita gorjinaranja, Conservación, Andes colombianos.

Abstract

Migratory birds play key ecological roles in the ecosystems they occupy throughout their annual cycle; however, they face multiple threats associated with habitat loss and transformation. This study evaluated the environmental factors influencing habitat use by the Blackburnian Warbler (*Setophaga fusca*) in the Arrierito Antioqueño ProAves Reserve, Colombia, during the boreal migration period using occupancy models. Surveys were conducted along five transects representing different vegetation cover types. The species was detected at 75% of the sampled points, with a detection frequency of 18.75%. The models indicated a negative relationship between canopy height and habitat use probability, suggesting greater use of areas with lower canopy cover within the studied landscape. This result contrasts with previous research on the species and may be associated with its capacity to adapt to different environmental configurations and to the habitat availability within the study area. Detectability varied temporally, with higher probabilities during the late morning hours. This pattern may be related to observed changes in social behavior, shifting from mixed-species flocks in the early hours to more solitary activity toward the end of the morning.

Keywords: Migration, birds, use habitat, occupancy models, Blackburnian Warbler, Conservation, Colombian Andes

Introducción.

La migración de aves es un fenómeno que ha evolucionado en respuesta a las variaciones estacionales en la disponibilidad de recursos y las condiciones ambientales ([Alerstam et al., 2003](#)). Este comportamiento permite a las aves aprovechar los picos de abundancia de

alimentos en diferentes regiones geográficas a lo largo del año, maximizando sus oportunidades de supervivencia y reproducción. Sin embargo, la complejidad de este ciclo de vida las hace particularmente vulnerables a los cambios ambientales y las perturbaciones antropogénicas ([Sillett & Holmes, 2002](#)).

Debido a su sensibilidad a las condiciones ambientales, estas aves se consideran valiosos indicadores ecológicos (Wilcove & Wikelski, 2008). Los cambios en sus patrones de migración, ocupación de hábitats, tasas de supervivencia y/o éxito reproductivo pueden proporcionar información sobre la salud de los ecosistemas que atraviesan y habitan temporalmente (Faaborg *et al.*, 2010). Además, las aves migratorias juegan un papel crucial en los ecosistemas, debido a que conectan regiones geográficas distantes y participan en procesos ecológicos fundamentales como la dispersión de semillas, el control de insectos y la polinización, contribuyendo así al equilibrio ecológico en diversos biomas (Newton, 2004; Sekercioglu *et al.*, 2012).

Sin embargo, en las últimas décadas, las poblaciones de aves migratorias enfrentan desafíos debido a la degradación y pérdida de hábitats, tanto en sus áreas de reproducción como en sus sitios de migración e invernada (Newton, 2012; Stiles, 2017). La pérdida de hábitat en las áreas de migración es particularmente preocupante, debido a que estas aves dependen de sitios adecuados a lo largo de sus rutas para encontrar recursos críticos (Bairlein, 2016). La degradación de estos sitios de parada puede desconfigurar su proceso migratorio (Norris & Marra, 2007).

En el contexto tropical, la fragmentación de los hábitats ha reducido la capacidad de las aves para acceder a los recursos necesarios durante su migración, comprometiendo su supervivencia y reproducción (Stutchbury, 2012). La calidad y disponibilidad de hábitats en las zonas de invernada influyen significativamente en su condición corporal y supervivencia (Bayly *et al.*, 2013). La magnitud de este problema se evidencia en estudios como el de Rosenberg *et al.*, (2019), que estiman una disminución del 30 % en las poblaciones de aves migratorias de América del Norte desde 1970, equivalente a la pérdida de aproximadamente tres mil millones de aves.

Colombia constituye un país de importancia crítica para la conservación de las aves migratorias neotropicales, no solo por su ubicación estratégica en el continente americano, en el cruce de rutas migratorias del hemisferio norte y sur, sino también por la gran variedad de ecosistemas que alberga. Estos ambientes que van desde costas, humedales y manglares hasta bosques andinos y selvas amazónicas ofrecen alimento, refugio y áreas de descanso para centenares de especies durante sus procesos de migración y desplazamientos estacionales (Naranjo *et al.*, 2012; Bayly *et al.*, 2016).

Actualmente, de las 1968 especies de aves registradas en el país (Echeverry *et al.*, 2022), al menos 275 corresponden a especies migratorias, lo que representa cerca del 14 % de la avifauna nacional (Naranjo *et al.*,

2012). Estas cifras resaltan el papel de Colombia como un territorio clave para la supervivencia y conservación de estas especies a lo largo de su ciclo de vida. Entre estas especies, se encuentra la Reinita gorjinaranja (*Setophaga fusca*), un migrante neártico y neotropical que visita Colombia entre los meses de septiembre a mayo (Chiple, 1980). Su patrón migratorio consiste en desplazamientos hacia el sur hasta países como Perú y Ecuador, atravesando principalmente áreas andinas. Presenta picos de movimiento entre los meses de octubre y abril (Fink *et al.*, 2024). Durante estos movimientos presenta una conducta de forrajeo entre la vegetación en busca de comida (Morse, 2020).

Esta al igual que otras especies de aves que migran a Colombia enfrenta múltiples amenazas, debido a la fuerte deforestación, la expansión agrícola, el desarrollo urbano y los efectos del cambio climático (Renjifo *et al.*, 2016). Estos factores limitan considerablemente las áreas de invernada para las especies migratorias y representan el principal objeto de amenaza para estas aves. En este contexto, el estudio de la ecología de *S. fusca* resulta crucial para comprender sus requerimientos ecológicos e instaurar posibles iniciativas de conservación.

Una herramienta que permite obtener información valiosa sobre la ecología de una especie es el estudio de la ocupación (Kéry & Royle, 2016). El cual aporta datos que se pueden interpretar como el uso y la calidad de hábitat, así como los factores ambientales que condicionan la probabilidad de ocupación de una especie en un sitio determinado (MacKenzie & Nichols, 2006).

Por lo anterior, el presente estudio tuvo el objetivo de evaluar factores ambientales que influyeran el uso de hábitat de la Reinita gorjinaranja (*S. fusca*) en la Reserva ProAves Arrierito Antioqueño, ubicada en los andes colombianos. Así mismo se propuso que el uso de hábitat de esta especie estuviera influenciado por variables ambientales relacionadas estructura de la vegetación, debido a que estas podrían afectar la disponibilidad de refugio y recursos alimenticios.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Reserva ProAves Arrierito Antioqueño, un área de conservación ecológica de aproximadamente 3000 ha, administrada por la Fundación ProAves, y ubicada en el kilómetro 18 de la carretera Medellín-Anorí (Antioquia – Colombia), en la cordillera central de los Andes colombianos (6° 59' 5.54" N, 75° 06' 40.73" W) (ProAves, s.f.). La reserva se encuentra dentro del municipio de Anorí, en el departamento de Antioquia (Figura 1). Presenta una temperatura media fluctúa entre 18 y 35 °C y cuya precipitación media multianual varía de 1000 a 4000 mm.

La Reserva ProAves Arrierito Antioqueño se extiende a través de un rango altitudinal que va desde los 1250 y los 1850 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Esta variación altitudinal permite la presencia de diferentes zonas de vida, desde bosques húmedos premontanos hasta bosques muy húmedos montanos bajos, contribuyendo significativamente a la diversidad biológica de la reserva ([ProAves, s.f.](#)). Las pendientes pronunciadas y los diversos microclimas resultantes de esta gradiente altitudinal son factores determinantes en la distribución de especies vegetales y animales dentro del área protegida.

Los usos predominantes del suelo en la región circundante incluyen pasturas en pastizales naturales para la ganadería y plantaciones de caña de azúcar, café, maíz y cacao. La minería de oro es una de las principales actividades económicas de la zona ([Restrepo et al., 2023](#)), lo que representa un desafío significativo para la conservación debido a los impactos ambientales asociados con esta actividad.

En términos de especies vegetales dominantes se encuentran *Cordia alliodora*, *Croton magdalenensis*, *Cedrela montana*, *Retrophyllum rospigliosi*, *Weinmannia pubescens*, *Psammisia ramiflora*, *Bellucia pentamera*, *Miconia caudata*, *Andesanthus lepidotus*, además de algunas especies de los géneros *Myrcia*, *Magnolia* y *Cyathea*. La reserva alberga importantes remanentes de bosque andino y subandino, ecosistemas que han sufrido una significativa reducción en Colombia debido a la expansión de la frontera agrícola y otras actividades humanas ([Etter et al., 2008](#)). La conservación de estos bosques es crucial para mantener la conectividad ecológica en la región y proteger especies endémicas como el Arrierito Antioqueño (*Lipaugus weberi*), un ave críticamente amenazada que da nombre a la reserva. Al mismo tiempo dentro de áreas de influencia de la reserva es común encontrar áreas de matorrales densos, bosque secundario y áreas de vegetación secundaria alta que atraen a un sin número de especies de aves como tangaras, hormigueros y reinitas.

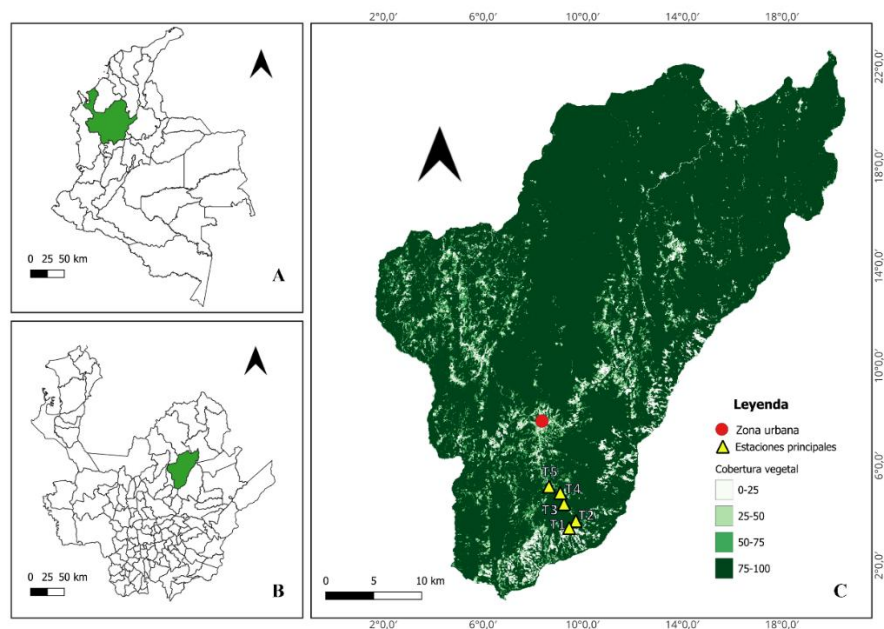


Figura 1. Mapa de sitios de muestreo. (A) mapa referencial de Colombia con el departamento de Antioquia marcado en color verde; (B) mapa general del departamento de Antioquia con el municipio de Anorí marcado de color verde; (C) mapa del municipio de Anorí con capa de cobertura vegetal, disposición de los transectos, y zona urbana en un punto rojo.

Diseño de muestreo

Se realizaron muestreos (censos) entre los meses de diciembre y febrero, coincidiendo con el pico de la temporada de migración boreal. Este período se ha seleccionado basándose en estudios previos de fenología migratoria en la región andina colombiana ([Gómez et al., 2013](#)). Se establecieron cinco transectos, cada uno de 1.4 km de longitud, distribuidos estratégicamente en diferentes tipos de cobertura vegetales, impacto antrópico y altitud con la finalidad de abarcar la mayor cantidad de

heterogeneidad ambiental dentro de la reserva. Cada transecto se dividió en ocho puntos de conteo, separados por 200 m (mínimo) para asegurar la independencia de las observaciones tal como se menciona en [Ruiz et al., \(2020\)](#) para el monitoreo de aves. En cada punto se realizó un levantamiento ambiental preliminar, donde se caracterizaron las coberturas vegetales presentes según [Rangel & Velázquez \(1997\)](#). Para establecer las covariables de ocupación se tomó como referencia lo mencionado por [De La Zerda & Stauffer \(1998\)](#).

T se refiere a la temperatura ambiental en °C.

RH corresponde a la humedad relativa del aire.

17.27 y 237.7°C son coeficientes adimensionales.

Cada punto de conteo constituyó la unidad de muestreo y fue visitado dos veces por día, una en la mañana (6:00–10:00) y otra en la tarde (13:30–17:30), durante cinco días consecutivos por transecto. De esta manera, cada punto tuvo un total de 10 repeticiones (2 visitas diarias $\times$ 5 días). En conjunto, en 40 puntos de conteo, se generaron 400 visitas a lo largo del muestreo. Cada censo tuvo una duración de 10 minutos. Para establecer la duración de los censos se optó por seguir lo propuesto por Ruiz *et al.* (2020). Se registraron todas las detecciones visuales y auditivas de la especie dentro de un radio de 50 m, aplicando la técnica de muestreo por distancia (Buckland *et al.*, 2001). Para los registros visuales se emplearon binoculares Vortex Triumph HD 10 $\times$ 42.

Además de los censos se recolectó información de factores ambientales para las covariables de ocupación y detección de forma independiente en cada punto. Para el primer grupo de covariables, *e.g.* altura dosel, se midieron con clinómetro, los cinco árboles más cercanos al centroide del punto y cuya altura superó los 2 m (Bulluck *et al.*, 2019). Por otra parte, en covariables como altura sotobosque y distancia a carreteras, se usaron cintas métricas y decímetros. Adicionalmente, se complementó el registro de estos datos de este grupo de covariables con Sistemas de Información Geográfica-SIG, utilizando buffers de 50 metros de diámetro alrededor de cada punto de muestreo. Se emplearon fuentes de datos como Sentinel-2 Land Cover Explorer (Environmental Systems Research Institute, [ESRI] & Impact Observatory *s.f.*) y de “Global Forest Change 2000-2023” (Hansen *et al.*, 2013) para extraer datos de cobertura boscosa (%) y capa de vegetación perdida. Así mismo se utilizó la base de datos EarthEnv, de donde se extrajeron datos de elevación, vegetación herbácea, mixta, arbustiva, y área construida (Tuanmu & Jetz, 2015). Finalmente, se obtuvieron datos del índice de huella espacial humana en Colombia (Instituto Alexander Von Humboldt [IAVH], 2024). Estos datos se descargaron en formato GeoTiff y procesaron en el programa Qgis v 3.80.0 © (Qgis, 2024).

Para el tipo de covariables que corresponde a la detección, se empleó un termohigrómetro digital HTC-2 al momento de medir la temperatura (°C), la humedad (%) y la hora. Por otra parte, se emplearon covariables como punto de rocío (PDT por sus siglas en inglés) y probabilidad de neblina, las cuales se consideraron debido a las características climáticas del área de estudio. Para el cálculo de estas covariables, se usaron ecuaciones como las de Magnu-Tetens que desempeñan un rol importante en el desarrollo de la previsión meteorológica (Jarimi & Riffat, 2020).

$$DPT = \frac{273.3 * (\ln(\frac{17.269}{RH}) + (\frac{17.269 * T}{T + 237.3}))}{17.269 - (\ln(\frac{17.269}{RH}) + (\frac{17.269 * T}{T + 237.3}))} \quad (1)$$

La ecuación (1) es la aproximación de Magnu-Tetens que es comúnmente utilizada para obtener la DPT en función de la temperatura ambiente y la humedad relativa (Hernandez-Torres *et al.*, 2024). Para el caso de la probabilidad de neblina, se empleó la ecuación (2) basada en el principio fundamental del aumento en el porcentaje de neblina cuando la temperatura se aproxima al punto de rocío (Gultepe *et al.*, 2007).

$$P = T - Td \quad (2)$$

P es la probabilidad de niebla en porcentaje (%).

T se refiere a la temperatura ambiental en °C.

Td hace referencia al punto de rocío.

Análisis de datos

Se registró a *S. fusca* en cinco transectos divididos en 40 puntos de conteo. La especie fue encontrada en 30/40 puntos. Presentó 75 registros en 400 visitas ($n = 75/400$), lo que representa un 18.75 % de las ocasiones. Para evaluar factores que expliquen el uso de hábitat de la especie se aplicaron modelos de ocupación (ψ) de una especie y una temporada (Mackenzie *et al.*, 2002), con un enfoque de máxima verosimilitud basado en datos de presencia y ausencia (1 = presencia, 0 = ausencia).

Inicialmente, se examinaron 14 covariables, 9 de ocupación, y 5 de detección (Tabla 1). A las cuales se les realizó un análisis exploratorio de varianza y posteriormente una prueba de correlación de Pearson. Con la finalidad de observar correlaciones existentes entre las covariables ($r > 0.7$) (Agresti & Finlay, 2008). Estos datos fueron analizados en el software estadístico R v 4.4.1 ® mediante el paquete “Unmarked” (Fiske & Chandler, 2011).

Tabla 1. Listado de covariables de ocupación y detección seleccionadas para la elaboración de los modelos.

Covariables de ocupación	Covariables de detección
Altura de dosel	Hora
Cobertura herbácea	Temperatura
Altura de sotobosque	Humedad relativa
Densidad de árboles frutales	Probabilidad de neblina
Elevación	Punto de rocío
Cobertura de bosque	
Distancia a carreteras	
Huella humana	
Distancia de quebradas	

En primera instancia, se analizaron los modelos con ocupación constante (.) para identificar las covariables con mayor probabilidad de influir en la detección. La selección de los mejores modelos se realizó mediante el Criterio de

Información de Akaike corregido (AICc) debido a que permite seleccionar el modelo que mejor equilibra el ajuste a los datos. Posteriormente, se procedió a evaluar modelos de detección más complejos que incorporaban covariables de ocupación. Para estos, también se empleó el AICc como criterio de selección. La evaluación de la bondad de ajuste (sobredispersión) para cada modelo se llevó a cabo utilizando el estadístico de Pearson, aplicando 1000 muestras bootstrap paramétricas mediante la función `mb.gof.test` del paquete `AICcmodavg` ([Mackenzie & Bailey, 2004](#)).

Se obtuvieron las estimaciones de los parámetros de detección y ocupación de los modelos, junto con su incertidumbre estadística asociada. La selección final de los mejores modelos se basó nuevamente en el Criterio de Información de Akaike (AICc). Se consideraron como óptimos aquellos modelos con un delta menor a 2 ($\Delta AICc < 2$) frente al mejor modelo, mientras que los modelos con delta superior a 2 ($\Delta AICc > 2$) no fueron tenidos en cuenta.

Dada la conducta migratoria y de movilización de la Reinita gorjirán durante los picos de migración boreal y la actividad local ([Gómez et al., 2013](#); [Morse, 2020](#)), es posible que se ocasionaran eventos de recuento de un mismo ejemplar en más de una estación. Asumiendo que estos movimientos fueron aleatorios, los modelos de ocupación pueden ser interpretados como medidores de uso de hábitat ([MacKenzie & Bailey, 2004](#)). En lugar de estimadores de la probabilidad de ocupación.

Resultados

El estudio se llevó a cabo en cinco transectos, cada uno caracterizado por condiciones de perturbación ambiental diferente. En términos ambientales, en todos los sitios, la cobertura boscosa varió significativamente entre las locaciones, oscilando entre un 0 y 97 %. La estructura vegetal entre los puntos de cada transecto varió significativamente entre sí. Hubo presencia de cultivos de café, pastizales para ganado, plantaciones de pino y matorrales de helecho del género *Cyathea*. Sin embargo, en cada uno hubo presencia de bosques mixtos y secundarios constituidos fuertemente por *Andeanthus lepidotus* comúnmente llamado “Siente cueros”. En general todos los transectos presentaron algún tipo de cercanía a la carretera Medellín-Anorí. Los valores oscilaron entre los 0 y 1142 m de cercanía a la carretera.

En términos de uso de hábitat a partir de modelos de ocupación. El modelo con menor AICc (362.69) y mayor peso de evidencia ($AICcWt = 0.40$) incluye la probabilidad de detección como función de la hora del día ($\rho(hora)$) y la probabilidad de uso de hábitat (ocupación) en función de la altura del dosel ($\psi(Altura_dosel)$), sugiriendo que este es el modelo con mejor ajuste dentro del conjunto evaluado. Los modelos siguientes incluyen variaciones con neblina como factor adicional en la

detección o diferentes covariables para la ocupación, como la densidad de árboles frutales o la altura del sotobosque, pero presentan valores de $\Delta AICc$ superiores a dos, lo que indica que son significativamente menos soportados en comparación con el mejor modelo.

Tabla 2. Resultados de la selección de modelos de ocupación y detección. Los modelos están ordenados según el valor de AICc en orden ascendente. Se muestran las covariables utilizadas para la ocupación (ψ) y la detección (ρ), así como los valores de $\Delta AICc$ y peso de evidencia ($AICcWt$) para cada modelo.

Modelo	K	AICc	Delta_AICc	AICcWt
$\rho(hora) \psi(Altura_dosel)$	4	362.69	0.00	0.40
$\rho(hora+neblina) \psi(Altura_dosel)$	5	365.06	2.36	0.12
$\rho(hora+neblina) \psi(Densidad_árboles_frutales)$	4	365.52	2.83	0.10
$\rho(hora) \psi(Densidad_árboles_frutales)$	4	365.52	2.83	0.10
$\rho(hora+neblina) \psi(.)$	4	366.24	3.55	0.07
$\rho(hora+neblina) \psi(Altura_sotobosque)$	4	366.25	3.56	0.07
$\rho(hora) \psi(Altura_sotobosque)$	4	366.25	3.56	0.07
$\rho(hora+neblina) \psi(Elevacion)$	4	368.61	5.92	0.02
$\rho(hora) \psi(Elevacion)$	4	368.61	5.92	0.02
$\rho(hora) \psi(.)$	3	370.27	7.58	0.01

El modelo $\rho(hora) \psi(Altura_dosel)$ muestra que tanto la hora como la altura del dosel influyen en el uso de hábitat de la Reinita gorjinaranja y su detectabilidad. La altura del dosel presenta un coeficiente negativo (-0.397 ± 0.26 , $p = 0.07$), lo que sugiere una tendencia a la disminución del uso de hábitat a medida que la altura aumenta. Esta relación negativa se observa en la Figura 2, donde la línea negra representa la tendencia descendente de la probabilidad de uso de hábitat (ocupación) con la altura del dosel, mientras que las líneas grises indican el intervalo de confianza, que se amplía en alturas mayores, sugiriendo cierto grado de incertidumbre en las estimaciones adicionado al error estándar (SE) elevado (Tabla 3).

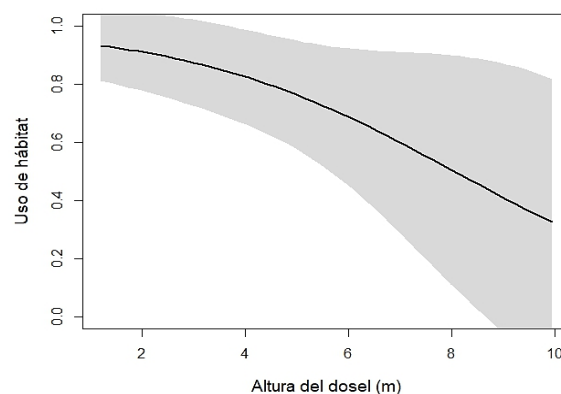


Figura 2. Estimación de la detección en función de la hora del día. Ocupación inferida en función de la altura del dosel (m) en metros, de acuerdo con el mejor modelo para Reinita gorjinaranja. Las líneas grises corresponden al intervalo de confianza del 95 % y la línea negra representa la tendencia central.

Por otro lado, la detectabilidad de la especie estuvo influenciada positivamente por la hora del día, con un coeficiente de $-2.13 (\pm 0.37, p = 9.27e-09)$. Asimismo, la covariable mostró un efecto significativo sobre la detección ($3.24 \pm 1.24, p = 0.00916$) (Tabla 3). La figura 3 muestra una relación positiva entre la variable ρ Hora, donde este último aumenta conforme avanza el tiempo.

Tabla 3. Coeficientes e intercepto estimados de ocupación y detección para el mejor modelo encontrado para Reinita gorjinaranja. Los parámetros hacen referencia a las variables estimadas. Junto con el valor estimado del parámetro basado en los datos observados. Y el SE, error estándar que proporciona una medida de la precisión del estimador.

Modelo	Parámetro	Estimador	SE
$\rho(hora) \psi(Altura_dosel)$	hora	3.24	1.24
	Altura_dosel	-0.39	0.26
	Ψ (intercept)	3.22	1.27
	ρ (intercept)	-2.13	0.37

La Reinita gorjinaranja presentó mayor probabilidad de detección durante las últimas horas de la mañana (10:00–12:00) y comienzos de la tarde. Aunque la literatura señala que la especie es principalmente activa durante las primeras horas de la mañana y al final del día (Morse, 2020), la variación observada en este estudio podría reflejar cambios en la probabilidad de detección de acuerdo con las condiciones de muestreo.

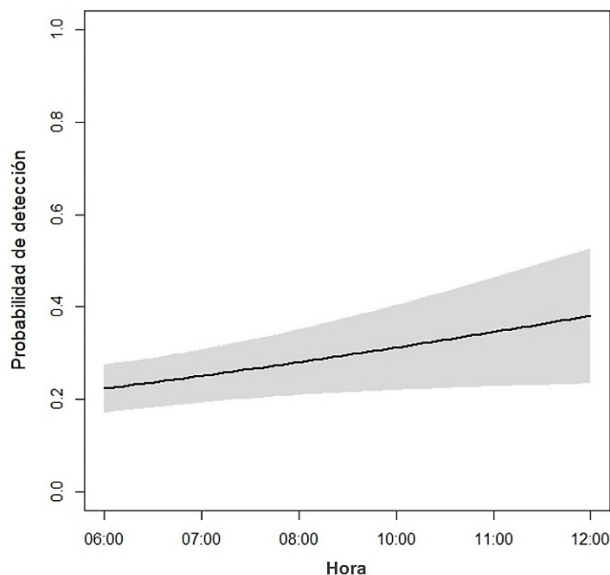


Figura 3. Estimación de la detección en función de la hora del día. De acuerdo con el mejor modelo para Reinita gorjinaranja. Las líneas grises corresponden al intervalo de confianza del 95 %.

Finalmente, el modelo presentó un nivel de sobredispersión bajo ($\hat{c} = 1.29$), valor considerado aceptable dentro del enfoque de selección de modelos basado en información del AICc propuesto por Burnham y Anderson (2002). Esto sugiere que el ajuste global es adecuado y que las estimaciones obtenidas son razonablemente robustas. No obstante, las interpretaciones deben realizarse en el contexto de las condiciones de muestreo y del conjunto de variables evaluadas.

Discusión y conclusión

El principal hallazgo del presente estudio en términos ecológicos es la relación negativa entre el uso de hábitat y el aumento de la altura de dosel en el área de estudio. En esta, los hábitats se caracterizaron según las observaciones de campo, por presentar más de un tipo de cobertura vegetal a lo largo del transecto y entre cada punto muestreado, lo que sugiere condiciones estructuralmente variables para los factores ambientales evaluados.

No obstante, el uso de hábitats de esta especie podría explicarse en función de la disponibilidad ambiental presente en el área de estudio (Johnson, 1980; Manly et al., 2002). En este sentido, las preferencias observadas pueden reflejar una respuesta relativa al contexto paisajístico presente para cada sitio de censo en la reserva y no necesariamente una preferencia absoluta por una estructura específica del dosel. Este patrón es consistente con la evidencia que sugiere que muchas especies presentan plasticidad ecológica y ajustan su uso del hábitat en función de la disponibilidad local y la configuración del paisaje (Fahrig, 2003; Betts et al., 2014).

De esa manera se podría explicar por qué esta especie usó hábitats con altura de dosel bajo en este estudio y en otras investigaciones como las elaboradas por De la Zerda Lerner (1995) y Colorado (2011) esta reinita neotropical utilizó estratos del dosel altos durante su estadía invernal en los andes colombianos.

Por otro lado, la hora resultó ser una variable clave en la detección de la especie, con mayor detectabilidad hacia el final de la jornada de la mañana (Figura 3). Este patrón puede explicarse por la actividad de la especie, que en las primeras horas de la mañana suele integrarse en bandadas mixtas y forrajea de forma más solitaria al mediodía (Colorado, 2011). Sin embargo, dado que el comportamiento en bandadas no fue una variable medida en este estudio, la relación entre hora y detectabilidad se interpreta con cautela.

En modelos de ocupación, la detectabilidad puede estar influenciada por múltiples factores ambientales y de muestreo (MacKenzie et al., 2002). En este estudio se evaluaron variables como temperatura, nubosidad y presencia de neblina. Sin embargo, estas no recibieron un soporte fuerte según los valores de AICc, lo que indica que

no explicaron de manera sustancial la variación observada en la detectabilidad dentro del conjunto de modelos considerados.

Asimismo, se exploró un modelo con un término cuadrático para la variable hora con el fin de evaluar posibles patrones no lineales o bimodales en la detectabilidad; no obstante, este modelo tampoco mostró un mejor desempeño comparativo según AICc. En consecuencia, la tendencia creciente observada en la figura 3 responde a la estructura lineal mejor respaldada por los datos, aunque el efecto fue moderado y acompañado de intervalos de confianza amplios hacia las últimas horas del muestreo.

El empleo de modelos de ocupación como herramienta analítica permitió estimar el uso de hábitat de *S. fusca* controlando la detección imperfecta, generando información robusta sobre el uso de hábitat en relación con factores ambientales. Este enfoque es reconocido como fundamental para evaluar el estado de conservación de especies migratorias e informar decisiones de manejo en paisajes andinos fragmentados (Kéry & Royle, 2016; González et al., 2021; Ocampo-Peñuela & Pimm, 2015). Con un valor de $p = 0.07$, no se encontró evidencia estadísticamente significativa para apoyar la hipótesis bajo el umbral convencional (0.05). Sin embargo, este resultado puede interpretarse como una tendencia marginal, lo que sugiere una posible relación entre el uso de hábitat y la altura del dosel. En este sentido, aunque el efecto no es estadísticamente fuerte, la dirección de la relación observada en la gráfica respalda una asociación biológicamente plausible que necesita ser analizada con mayor detalle.

En conjunto, los resultados obtenidos en esta investigación parecen reflejar una respuesta contextual a las condiciones locales. Así, tanto la configuración del paisaje como las condiciones de muestreo deben considerarse elementos clave para interpretar adecuadamente los patrones ecológicos observados y al momento de replicar futuras investigaciones con aves migratorias.

Agradecimientos

Expreso mi sincera gratitud a la Fundación Pro Aves Aves y Fish & Wildlife Service por el patrocinio y los recursos otorgados que hicieron posible este proyecto. El trabajo de campo no habría sido posible sin la valiosa asesoría, acompañamiento y hospitalidad de Alexander Cárdenas y su familia, cuya calidad humana y conocimiento del territorio fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, agradezco a Jefry Stifen Betancur por su importante contribución en el análisis estadístico que permitió dar solidez a los resultados obtenidos.

Referencias

- Agresti, A. & Finlay, B. (2008). Statistical Methods for the Social Science. [https://www.academia.edu/41717051/ Alan Agresti Barbra Finlay Statistical Methods BookFi](https://www.academia.edu/41717051/Alan_Agresti_Barbara_Finlay_Statistical_Methods_BookFi)
- Alerstam, T., Hedenström, A., & Åkesson, S. (2003). Long-distance migration: evolution and determinants. *Oikos*, 103(2), 247-260. DOI: 10.1034/j.1600-0706.2003.12559.x.
- Bairlein, F. (2016). Migratory birds under threat. *Science*, 354(6312), 547-548. DOI: 10.1126/science.aah6647.
- Bayly, N. J., Gómez, C., Hobson, K. A., González, A. M., & Rosenberg, K. V. (2013). Fall migration of the Veery (*Catharus fuscescens*) in northern Colombia: determining the energetic importance of a stopover site. *The Auk*, 130(4), 610-623. DOI:10.1525/auk.2012.11.188.
- Bayly, N. J., Rosenberg, K. V., Easton, W. E., Gómez, C., Carlisle, J., Ewert, D. N., Drake, A., & Goodrich, L. (2016). Major stopover regions and migratory bottlenecks for Nearctic-Neotropical landbirds within the Neotropics: a review. *Bird Conservation International*, 26(3), 319-349. DOI:10.1017/S0959270917000296.
- Betts, M. G., Fahrig, L., Hadley, A. S., Halstead, K. E., Bowman, J., Robinson, W. D., ... & Lindenmayer, D. B. (2014). A species-centered approach for uncovering generalities in organism responses to habitat loss and fragmentation. *Ecography*, 37(6), 517-527. DOI:10.1111/ecog.00740.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L., & Thomas, L. (2001). Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press. DOI:10.1093/oso/9780198506492.001.0001.
- Bulluck, L., Ames, E., Bayly, N., Reese, J., Viverette, C., Wright, J., ... & Tonra, C. (2019). Habitat-dependent occupancy and movement in a migrant songbird highlights the importance of mangroves and forested lagoons in Panama and Colombia. *Ecology and Evolution*, 9(19), 11064-11077. DOI: 10.1002/ece3.5610.
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). Model selection and inference: A practical information-theoretic approach (2nd ed.). Springer-Verlag, New York. DOI:10.1007/b97636.
- Chiple, R. M. (1980). Nonbreeding ecology of the Blackburnian Warbler. In *Migrant Birds in the Neotropics* (A. Keast and E. S. Morton, Editors), Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA. pp. 309-317.
- Colorado, G. J. (2011). Ecology and conservation of Neotropical-Nearctic migratory birds and mixed-species flocks in the Andes (Tesis doctoral). The Ohio State University.
- Colorado, G. J., & Rodewald, A. D. (2017). Patterns of change in body condition in wintering Neotropical-Nearctic migratory birds in shaded coffee plantations versus forest fragments. *Journal of Field Ornithology*, 88(3), 234-249. DOI: 10.1007/s10457-016-9989-9.

- De la Zerda Lerner, S. (1995). Winter habitat use by Blackburnian warbler (*Dendroica fusca*) in Los Amarillos, Colombia (Doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University).
- De La Zerda Lerner, Susana and Stauffer, Dean F. (1998) "Habitat Selection by Blackburnian Warblers Wintering in Colombia," *Journal of Field Ornithology*: Vol. 69 : Iss. 3 , Article 14. Available at: <https://digitalcommons.usf.edu/jfo/vol69/iss3/14>.
- Echeverry-Galvis, M. Á., Córdoba-Córdoba, S., Peraza, C. A., Baptiste, M. P., y Avendaño, J. E. (2022). Lista de referencia de especies de aves de Colombia. Versión 2022. Asociación Colombiana de Ornitología. DOI:10.15472/qhsz0p.
- Etter, A., McAlpine, C., & Possingham, H. (2008). Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: A regionalized spatial approach. *Annals of the Association of American Geographers*, 98(1), 2-23. DOI:10.1080/00045600701733911.
- Faaborg J, Holmes RT, Anders AD, Bildstein KL, Dugger KM, Gauthreaux SA Jr, Heglund P, Hobson KA, Jahn AE, Johnson DH, Latta SC, Levey DJ 2nd, Marra PP, Merkord CL, Nol E, Rothstein SI, Sherry TW, Sillett TS, Thompson FR, Warnock N. Conserving migratory land birds in the new world: do we know enough? (2010). *Ecological Applications*, 20(2), 398-418. DOI:10.1890/09-0397.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 34(1), 487-515. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419
- Fink, D., T. Auer, A. Johnston, M. Strimas-Mackey, S. Ligocki, O. Robinson, W. Hochachka, L. Jaromczyk, C. Crowley, K. Dunham, A. Stillman, C. Davis, M. Stokowski, P. Sharma, V. Pantoja, D. Burgin, P. Crowe, M. Bell, S. Ray, I. Davies, V. Ruiz-Gutierrez, C. Wood, A. Rodewald. (2024). eBird Status and Trends, Data Version: 2023; Released: 2025. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. <https://doi.org/10.2173/WZTW8903>
- Fiske, I., & Chandler, R. (2011). unmarked: An R package for fitting hierarchical models of wildlife occurrence and abundance. *Journal of Statistical Software*, 43(10), 1-23.
- Gómez, C., Bayly, N. J., & Rosenberg, K. V. (2013). Seasonal variation in stopover site use: Catharus thrushes and vireos in northern Colombia. *Journal of Ornithology*, 154(1), 107-117. DOI:10.1007/s10336-012-0876-5.
- González, A. M., Bayly, N. J., Wilson, S., & Hobson, K. A. (2021). Shade coffee or native forest? Indicators of winter habitat quality for a long-distance migratory bird in the Colombian Andes. *Ecological Indicators*, 131. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.108115.
- Gultepe, I., Tardif, R., Michaelides, S. C., Cermak, J., Bott, A., Bendix, J., ... & Cober, S. G. (2007). Fog research: A review of past achievements and future perspectives. *Pure and applied geophysics*, 164, 1121-1159. DOI:10.1007/s00024-007-0211-x.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(15 November), 850-853. DOI:10.1126/science.1244693.
- Hernandez-Torres, J. A., Torreglosa, J. P., Sanchez-Herrera, R., Bisch, A., & Baccioli, A. (2024). Development of an optimized non-linear model for precise dew point estimation in variable environmental conditions. *Applied Sciences*, 14(22), Article 10508. DOI:10.3390/app142210508.
- IAVH. (2024). Contrato de prestación de servicios No. 23-22/187-23/0017-197PS. Instituto Humboldt, Bogotá, D. C., Colombia.
- Jarimi, H., Powell, R., & Riffat, S. (2020). Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 15(2), 253-276. DOI:10.1093/ijlct/ctz072.
- Johnson, D. H. (1980). The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 61(1), 65-71.
- Kéry, M., & Royle, J. A. (2016). Applied hierarchical modeling in ecology: Analysis of distribution, abundance and species richness in R and BUGS. Academic Press. DOI:10.1016/C2015-0-04070-9.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Royle, J. A., & Langtimm, C. A. (2002). Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83(8), 2248-2255. DOI:10.1890/0012-9658(2002)083[2248:ESORWD]2.0.CO;2
- MacKenzie, D. I., & Bailey, L. L. (2004). Assessing the fit of site-occupancy models. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 9, 300-318. DOI:10.1198/108571104X3361.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L., & Hines, J. E. (2006). Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Elsevier. ISBN: 978-0-12-088766-8.
- Manly, B. F., McDonald, L. L., Thomas, D. L., McDonald, T. L., & Erickson, W. P. (2002). Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Morse, D. H. (2020). Blackburnian Warbler (*Setophaga fusca*), version 1.0. In *Birds of the World* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. DOI: 10.2173/bow.bkbwar.01.
- Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D., & Cifuentes-Sarmiento, Y. (2012). Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. Bogotá, D.C., Colombia. 708 p.

- Newton, I. (2004). Population limitation in migrants. *Ibis*, 146(2), 197-226. DOI:10.1111/j.1474-919X.2004.00293.x.
- Newton, I. (2012). Obligate and facultative migration in birds: ecological aspects. *Journal of Ornithology*, 153(1), 171-180. (Suppl 1), 171-180 (2012). DOI:10.1007/s10336-011-0765-3.
- Norris, D. R., & Marra, P. P. (2007). Seasonal interactions, habitat quality, and population dynamics in migratory birds. *The Condor*, 109(3), 535-547. DOI:10.1650/8350.1
- Ocampo-Peñuela, Natalia & Pimm, Stuart. (2015). Bird conservation would complement landslide prevention in the Central Andes of Colombia. *PeerJ*. 3. 10.7717/peerj.779.
- ProAves. (s.f). Reserva ProAves Arrierito Antioqueño. <https://proaves.org/reserva-proaves-arrierito-antioqueño>.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rangel, J. & Velázquez, A. (1997). METODOS DE ESTUDIO DE LA VEGETACION.
- Renjifo, L. M., Amaya-Villarreal, A. M., Burbano-Girón, J., & Velasquez-Tibata, J. (2016). Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander Von Humboldt.
- Restrepo-Santamaria, D., Valencia-Rodríguez, D., Herrera-Pérez, J., Muñoz-Duque, S., Galeano, A. F., & Jiménez-Segura, L. (2023). Bio Anorí, the biological expedition that documented fish diversity after the post-conflict in Antioquia, Colombia. *Global Ecology and Conservation*, 43, e02445. DOI: 10.1016/j.gecco.2023.e02445.
- Rosenberg, K. V., Dokter, A. M., Blancher, P. J., Sauer, J. R., Smith, A. C., Smith, P. A., Stanton, J. C., Panjabi, A., Helft, L., Parr, M., & Marra, P. P. (2019). Decline of the North American avifauna. *Science*, 366(6461), 120-124. DOI:10.1126/science.aaw1313.
- Ruiz-Gutiérrez, V., Berlanga, H. A., Calderón-Parra R., Savarino-Drago, A., Aguilar-Gómez, M. A., & Rodríguez-Contreras, V. (2020). Manual Ilustrado para el Monitoreo de Aves. PROALAS: Programa de América Latina para las Aves Silvestres. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad /Iniciativa para la Conservación de las Aves de Norte América, México y Laboratorio de Ornitología de Cornell. <https://bvearmb.do/handle/123456789/3876>
- Şekercioğlu, Cagan. (2012). Bird functional diversity and ecosystem services in tropical forests, agroforests and agricultural areas. *Journal of Ornithology*. 153. 153-161. 10.1007/s10336-012-0869-4.
- Sillett, T. S., & Holmes, R. T. (2002). Variation in survivorship of a migratory songbird throughout its annual cycle. *Journal of Animal Ecology*, 71(2), 296-308. DOI:10.1046/j.1365-2656.2002.00599.x.
- Stiles, F. G. (2017). Impactos del cambio climático global sobre la avifauna colombiana con base en modelos ecológicos de nicho. *Ornitología Colombiana*, 16, eA03. DOI:10.15472/loijs.
- Stutchbury, B. J. M. (2012). Migratory connectivity in Neotropics. In J. Faaborg & R. T. Holmes (Eds.), *Conserving migratory landbirds in the New World: Do we know enough?* (pp. 103-116). Cooper Ornithological Society. DOI:10.1890/09-0397.
- Tuanmu, M.-N., & Jetz, W. (2015) A global, remote sensing-based characterization of terrestrial habitat heterogeneity for biodiversity and ecosystem modeling. *Global Ecology and Biogeography*. DOI:10.1111/geb.12365.
- GIS.org (2024). QGIS, [Geographic Information System]. QGIS Association. <http://www.qgis.org>.
- Wilcove, D. S., & Wikelski, M. (2008). Going, going, gone is animal migration disappearing. *PLoS biology*, 6(7), e188. DOI:10.1371/journal.pbio.0060188.

Juan Camilo Úsuga Fuentes

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Turbo, Antioquia, Colombia.

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Biología, Grupo de Ecología y Evolución de Vertebrados, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

ORCID: 0009-0008-9202-2034

Uso de hábitat de la Reinita gorjinaranja (*Setophaga fusca*) en la Reserva ProAves Arrierito Antioqueño, Andes centrales de Colombia.

Citación del artículo: Úsuga-Fuentes, J. C. 2026. Uso de hábitat de la Reinita gorjinaranja (*Setophaga fusca*) en la Reserva ProAves Arrierito Antioqueño, Andes centrales de Colombia. *Conservación Colombiana*, 31(1), 85-93 pp. <https://doi.org/10.54588/cc.2026v31n1a6>