

Diversidad y composición de especies de aves y mamíferos en distintos usos de la tierra en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí, Costa Rica

Diversity and species composition of birds and mammals in different land uses in the upper part of the Río Tiribí Protected Zone, Costa Rica

Rebeca Torres-Guzmán¹  • Branko Hilje¹ 

Recibido: 12/3/2026

Aceptado: 5/5/2026

Abstract

This study evaluated the diversity and composition of birds and mammals in the Río Tiribí Protected Zone, encompassing areas of secondary forest and abandoned plantations of Alder, Ash, and secondary forest with Eucalyptus. Monitoring was conducted using fixed bird count points, totaling 400 minutes of sampling effort, and camera traps that recorded 17 760 hours of sampling. Data analysis included the Shannon and Jaccard indices, as well as species accumulation curves and heat maps, to characterize species richness and the distribution of the observed fauna. The bird community was dominated by insectivorous species, with a lower representation of frugivores and nectarivores, primarily from the families Troglodytidae, Tyrannidae, and Parulidae. Among mammals, three felid species were recorded (*Puma concolor*, *Leopardus pardalis*, and *Herpailurus yagouaroundi*), along with two elusive species (*Urocyon cinereoargenteus* and *Bassariscus sumichrasti*). Secondary forest and Ash plantation land exhibited the highest diversity values and showed greater similarity in bird species composition. For mammals, the highest similarity was observed between the forest and secondary forest with Eucalyptus, suggesting comparable ecological conditions. Sampling effort was adequate and indicated good habitat connectivity for birds, while the lower mammal richness suggests the presence of small but functionally important populations.

Keywords: Land cover, species richness, diversity indices, species similarity index, indicator species.

1. Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal; Cartago, Costa Rica; rtorrwsg@gmail.com, bhilje@itcr.ac.cr

Resumen

El estudio evaluó la diversidad y composición de aves y mamíferos en la Zona Protectora del Río Tiribí, abarcando áreas de Bosque Secundario y plantaciones abandonadas de Jaúl, Fresno y Bosque Secundario con Eucalipto. El monitoreo se realizó mediante puntos estacionarios de conteo de aves, que sumaron 400 minutos de esfuerzo, y cámaras trampa que registraron 17 760 horas de muestreo. Para el análisis se emplearon los índices de Shannon y Jaccard, además de curvas de acumulación de especies y mapas de calor, con el fin de caracterizar la riqueza y distribución de la fauna observada. La comunidad de aves estuvo dominada por especies insectívoras, con menor presencia de frugívoras y nectarívoras pertenecientes a las familias Troglodytidae, Tyrannidae y Parulidae. En mamíferos se identificaron tres felinos (*Puma concolor*, *Leopardus pardalis* y *Herpailurus yagouaroundi*) y dos especies de detección difícil (*Urocyon cinereoargenteus* y *Bassariscus sumichrasti*). Los usos de suelo correspondientes a Bosque Secundario y Plantación de Fresno presentaron los valores más altos de diversidad y mostraron una mayor similitud en la composición de aves. En mamíferos, la similitud más elevada se observó entre el Bosque y el Bosque Secundario con Eucalipto, lo que indica condiciones ecológicas comparables. El esfuerzo de muestreo fue adecuado y evidenció buena conectividad para aves, mientras que la menor riqueza de mamíferos sugiere poblaciones pequeñas pero funcionales.

Palabras clave: Cobertura, especies indicadoras, índice de diversidad, índice de similitud, riqueza de especies.

Introducción

La parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí (ZPRT) es uno de los pocos remanentes de bosques y plantaciones forestales en el Gran Área Metropolitana de Costa Rica [1]. Específicamente, dentro de esta zona protectora se encuentra la Finca Municipal Los Lotes, ubicada en el cantón de La Unión, Cartago. Esta finca tiene cercanía con otras Áreas Silvestres Protegidas (ASP) como el Parque Nacional Volcán Irazú y la Reserva Forestal de la Cordillera Volcánica Central, además de formar parte de la ZPRT. Asimismo, colinda directamente con los Corredores Biológicos (CB) Interurbanos María Aguilar y Río Torres, y se localiza a una distancia moderada del Corredor Biológico Cobrí-Surac [1]. Esta ubicación convierte a Los Lotes en un sitio estratégico para el desplazamiento y establecimiento de especies de fauna silvestre. Sin embargo, en sus alrededores predominan extensas áreas urbanas, agrícolas y de pastizales [2], que generan fragmentación

del paisaje y limitan el movimiento de la fauna entre las ASP. Asimismo, considerando que allí se encuentran una planta potabilizadora de agua, la cual abastece de agua a tres distritos, aproximadamente a 20 000 habitantes [3], estableciendo la calidad del agua para el consumo humano como una prioridad. Ferrer et al. [4] señala que los sistemas agroforestales y bosques nativos mantienen una buena calidad de agua, mientras que en la zona ganadera y urbana la calidad decrece, permitiendo establecer una relación directa entre la importancia de mantener un ecosistema sano y, por ende, poblaciones de fauna estables.

En la Finca Los Lotes se distinguen diez usos de la tierra: Bosque Secundario, Plantación de Jaúl, Bosque Secundario con Eucalipto, Plantación de Fresno, Plantación de Ciprés, Herbazales, Bosque Intervenido, Bosque Intervenido con Ciprés, Terreno Descubierto e Infraestructura. Las coberturas correspondientes a plantaciones no han recibido un manejo típico de plantación forestal que incluye prácticas como el control de malezas, raleos y finalmente la cosecha de la madera razón de esto, hay una presencia densa de especies nativas de sotobosque (enredaderas y arbustos) [5] y la distribución espacial de los árboles no presenta un patrón evidente por la mortalidad de los individuos de la plantación, la inmersión del sotobosque y el crecimiento por regeneración natural de otras especies arbóreas propias del ecosistema.

El crecimiento poblacional y la creciente demanda de infraestructura en la GAM han causado una reducción progresiva de áreas verdes. Esta tendencia ha derivado en un deterioro notable de los ecosistemas urbanos, con consecuencias directas sobre la salud y el bienestar de las poblaciones de fauna [6]. Como resultado, dichas áreas verdes enfrentan una fragmentación considerable limitando el movimiento de especies de fauna y por ende reduciendo la biodiversidad y en el flujo genético [4]. El grado de perturbación ambiental de un sitio puede reflejarse en la tolerancia de las especies de fauna silvestre a condiciones adversas [2]. Esto convierte a las especies sensibles a la perturbación en indicadores ecológicos útiles del estado de los ecosistemas naturales [2]. Esta tolerancia influye en procesos clave como control de herbívoros, la dispersión de semillas, la polinización y el reciclaje de nutrientes [7]. De manera similar, los mamíferos medianos y grandes requieren de mayores cantidades de alimento y espacio, así como de la disponibilidad de presas y la presencia de otros individuos para mantener una dinámica poblacional estable [8]. Por ello, su presencia y comportamiento también pueden reflejar el nivel de perturbación del hábitat, indicando si el sitio ofrece las condiciones necesarias para el establecimiento y permanencia de sus poblaciones [8].

Cuadro 1. Usos de la tierra, áreas y porcentaje de extensión dentro del área de estudio.

Table 1. Land uses, area, and percentage of coverage within the study area.

	Uso de la tierra	Área (ha)	%
Usos muestreados	Bosque Secundario	108,55	50,40
	Plantación de Jaúl	37,49	17,41
	Bosque secundario con Eucalipto	22,65	10,52
	Plantación de Fresno	18,65	8,66
Otros usos	Plantación de Ciprés	8,96	4,16
	Infraestructura	7,71	3,56
	Herbazal	5,76	2,67
	Bosque Intervenido	3,47	1,61
	Bosque Intervenido con Ciprés	1,92	0,89
	Terreno descubierto	0,21	0,10
	Total	215,36	100

Las aves y mamíferos cumplen funciones ecológicas clave para el mantenimiento y permanencia del bosque, por lo que su presencia y abundancia pueden indicar del estado y calidad del ecosistema [9]. Además, la estructura y composición del hábitat influyen en la diversidad y dinámica de las poblaciones de fauna silvestre, afectando su presencia y capacidad de persistencia en paisajes fragmentados [6]. El objetivo del estudio es evaluar la diversidad y composición de aves y mamíferos en los distintos usos de la tierra en la zona de estudio con el fin de comprender como estos determinan la distribución de la fauna y a raíz de esto establecer estrategias de manejo silvicultural enfocadas en la conectividad funcional y la protección del recurso hídrico.

Material y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la Finca Municipal Los Lotes que cubre alrededor de 215 ha en los meses de Junio a Setiembre. Además, la FM Los Lotes se encuentra dentro de la categoría de Área Silvestre Protegida del SINAC como Zona Protectora del Río Tiribí entre las coordenadas latitud= 9,9485 longitud= -83,9600 y latitud = 9,9336 longitud -83,9604 [1]. La elevación es de 1700 msnm, con una precipitación anual de 2942 mm y temperaturas entre los 12 y 20 °C. La zona de vida corresponde a Bosque Muy Húmedo Montano

Bajo [2]. Según la clasificación de los usos de la tierra definidos por la Municipalidad de La Unión para la FM Los Lotes, se identificaron 10 categorías de uso diferentes (Cuadro 1).

Selección de usos de la tierra representativos

Se definieron los cuatro usos de la tierra con mayor representatividad dentro del área de estudio, con base en su extensión relativa en hectáreas y porcentaje del total del área de la finca. Estos usos son: Bosque Secundario (BS), Plantación de Jaúl (*Alnus acuminata*), Bosque Secundario con Eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*) y Plantación de Fresno (*Fraxinus* sp.). En total estos usos comprenden 187,34 ha, lo que equivale aproximadamente al 87 % del total del área evaluada (215,36 ha). La selección de estos usos como muestra se basó en el principio de representatividad estadística, buscando incluir los hábitats predominantes que puedan influir significativamente en la distribución de la diversidad de aves y mamíferos. Al priorizar estas zonas, se asegura una mayor capacidad de detección de patrones ecológicos, manteniendo al mismo tiempo un enfoque eficiente en cuanto a tiempo y recursos de muestreo.

Muestreo de aves

El muestreo de aves se realizó mediante la técnica de puntos de conteo estacionarios en los meses desde Junio a Setiembre 2025 [10]. En cada punto, dos observadores permanecieron en silencio durante 5 minutos, registrando todas las aves detectadas de manera visual y auditiva y evitando el doble conteo mediante la localización espacial de los individuos. Los puntos fueron establecidos a intervalos de 200 metros, siguiendo un diseño sistemático que respondió al desarrollo vegetal y la disponibilidad de senderos y caminos lo cual permite detectar especies en un radio de, aproximadamente, 25 metros [10].

El número de puntos de conteo se determinó a partir de una razón de muestreo fija de un punto cada 200 metros lineales con el fin de no repetir estaciones de conteo, lo que equivale aproximadamente a un punto por cada 4 hectáreas (ya que un cuadrado de 200 metros × 200 metros abarca 4 ha). Con base en esto, la ecuación 1.

$$Nc = \frac{At}{4} \quad (1)$$

Donde, Nc es el número de puntos por cobertura, At es el área del uso de la tierra en ha.

Cada uso fue muestreado dos veces al mes (una vez cada dos semanas), iniciando a las 6:00 a.m., periodo en el que la actividad vocal de las aves es más intensa. Dado que se estableció un número específico de puntos de conteo por uso cada día de muestreo o

Cuadro 2. Cantidad de estaciones de conteo para cada uso en el muestreo de aves en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí, Finca Municipal Los Lotes, Cartago, Costa Rica.

Table 2. Number of count stations by land use in bird sampling in the upper Río Tiribí Protected Zone, Los Lotes Municipal Farm, Cartago, Costa Rica.

Uso de la tierra	Área (ha)	Cantidad de estaciones según la fórmula	Cantidad de estaciones real	Estaciones de conteo al final del periodo
Bosque Secundario	108,55	27	6	30
Plantación de Jaúl	37,49	9	4	20
Bosque secundario con Eucalipto	22,65	6	3	15
Plantación de Fresno	18,65	5	3	15
Total	187,34	47	16	80

unidad de muestreo, al finalizar el periodo de estudio se contó con un total acumulado de estaciones de conteo distribuidas entre los distintos usos, permitiendo así una comparación representativa del ensamblaje de aves en cada uso de la tierra evaluado. Para mantener la sistematización en los muestreos, el uso de la tierra de inicio de la jornada se alternó en cada día de muestreo.

El número de estaciones para cada uso de la tierra según la fórmula resulta en números que sobrepasan la disponibilidad de tiempo y recursos, por lo cual se consideró mantener la proporción en el esfuerzo de muestreo y ajustar la cantidad de estaciones por día según factores como los recursos y la topografía, así como los accesos a cada uso para obtener el número de estaciones real (por jornada) y el acumulado de estas al concluir el periodo de muestreo. Los muestreos auditivos empleados en puntos de conteo fueron complementados con Merlin ID para verificar la correspondencia de las especies detectadas.

Muestreo de mamíferos

Se contó con un total de 10 cámaras trampa modelo “Bushnell CORE S” para la ejecución del monitoreo, las cuales fueron programadas para capturar fotografías y videos con una detección de rango medio. Para asegurar una distribución proporcional del esfuerzo de muestreo, se diseñó una fórmula de intensidad de muestreo basada en el porcentaje de uso de la con respecto al total del área seleccionada para muestreo (áreas más extensas) (ecuación 2).

$$Emc = \left(\frac{At}{AT} \right) \times 10 \quad (2)$$

Donde: *Emc* son las estaciones de muestreo por cobertura, *At* es el área de cada uno de los usos seleccionados en hectáreas, *AT* es la suma total de

hectáreas de las cuatro coberturas a muestrear y el número 10 representa la cantidad total de cámaras trampa disponibles.

Las cámaras trampa se ubicaron estratégicamente en sitios donde se identificaron indicios de tránsito de fauna (huellas y/o excretas) en senderos con una distancia de al menos 50 metros. Permanecieron activas durante un periodo de 78 días o unidades de muestreo en el periodo de junio a octubre del 2025, operando las 24 horas del día, es decir, 17 760 horas en total para todas las cámaras. Todas las cámaras fueron colocadas y permanecieron desde dos semanas y hasta un mes en el mismo sitio, concluido ese periodo fueron retiradas para la recarga de baterías y se reubicaron dentro de la misma cobertura. Esta rotación periódica permitió abarcar una mayor proporción del área disponible.

Cuadro 3. Cantidad de Cámaras trampa a utilizar por cada uso de la tierra en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí, Finca Municipal Los Lotes, Cartago, Costa Rica.

Table 3. Number of camera traps by land use in the upper Río Tiribí Protected Zone, Los Lotes Municipal Farm, Cartago, Costa Rica.

Uso de la tierra	Área (ha)	Cantidad de cámaras	Estaciones de muestreo al final del periodo
Bosque Secundario	108,55	6	18
Plantación de Jaúl	37,49	2	6
Bosque secundario con Eucalipto	22,65	1	3
Plantación de Fresno	18,65	1	3
Total	187,34	10	30

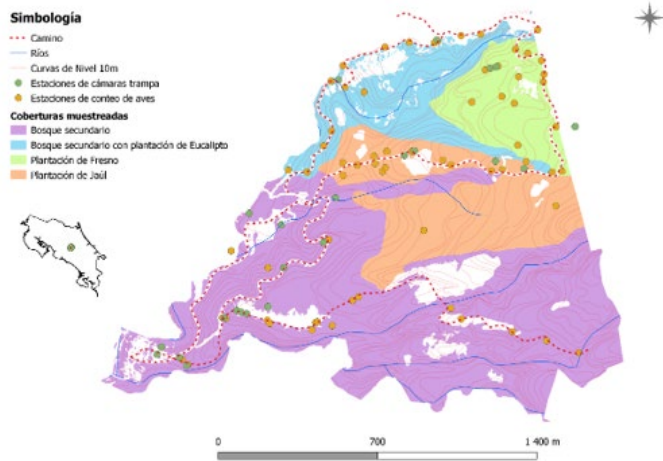


Figura 1. Mapa de usos de la tierra muestreados y la ubicación de cada estación de muestreo en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí, Finca Municipal Los Lotes, Cartago, Costa Rica.

Figure 1. Map of sampled land uses and sampling station locations in the upper Río Tiribí Protected Zone, Los Lotes Municipal Farm, Cartago, Costa Rica.

Una vez definida la cantidad de estaciones de conteo y de cámaras trampa y su proporción para cada tipo de cobertura, se priorizaron las zonas de fácil acceso para una mayor eficiencia en la duración de los desplazamientos durante los días de muestreo.

A partir de las fotografías obtenidas mediante las cámaras trampa, se procedió a identificar taxonómicamente a las especies observadas, siempre y cuando fuese la calidad de las fotografías lo permitieran. o patrones de comportamiento que apoyen el proceso de clasificación.

Se empleó la tasa de captura (TC) para los datos obtenidos a partir de las cámaras trampa y comparar la frecuencia de detección de especies en todas las coberturas. La TC de cada cobertura se calculó a partir de la división entre el número de días en los cuales se registró la presencia de individuos independientes, considerando un intervalo mínimo de 24 horas entre registros de una misma especie, sobre el total de días en los cuales la cámara trampa permaneció activa, multiplicado por 100 [11].

Análisis de datos

Se utilizaron índices de Shannon-Wiener (H') [12] para evaluar la diversidad de especies de aves y mamíferos en los diferentes usos del área de estudio. Se contempla tanto la riqueza de especies como su abundancia relativa, proporcionando una medida de la diversidad biológica en cada uso de suelo. Para los muestreos de aves se analizaron los resultados del acumulado

de las estaciones de conteo, independientemente de si corresponden a registros visuales o auditivos, para cada uso, de igual forma para los mamíferos.

Se emplearon además índices de similitud de Jaccard (J) [13] para analizar la similitud en la composición de especies entre los diferentes usos. Este índice permite comparar la similitud de especies de aves y mamíferos entre los distintos tipos de uso de suelo del área de estudio, contribuyendo a entender los patrones de distribución de las especies. Para los muestreos de aves se compararon los resultados del acumulado de las estaciones de conteo, independientemente de si corresponden a registros visuales o auditivos, entre cada posible conjunto de cobertura, de igual forma para los mamíferos.

Además, se recopilamos los datos correspondientes a cada punto de muestreo, puntos de conteo de aves y cámaras trampa para mamíferos, con el objetivo de elaborar dos mapas de calor que representen visualmente las zonas con mayor concentración de riqueza de especies de aves y mamíferos, respectivamente. Para ello, se utilizó el programa QGIS 3.22.0, empleando la herramienta “Mapas de calor”, en la cual se seleccionó la riqueza de especies como valor para generar los “hotspots”. En el caso de las aves, se utilizó un radio de 200 metros y un tamaño de píxel de 50, para las cámaras trampa un radio de 200 metros y el tamaño de píxel de 200.

Resultados y discusión

En las estaciones de muestro de aves se contabilizaron un total de 442 individuos pertenecientes a 57 especies distribuidas en 22 familias (Cuadro 4). De estas especies, cuatro son migratorias (*Mniotilta varia*, *Bartramia longicauda*, *Cardellina pusilla*), siete se consideran raras para la región según el Laboratorio Cornell de Ornitología para Costa Rica (*Trogon collaris*, *Aulacorhynchus prasinus*, *Contopus lugubris*, *Myadestes melanops*, *Picoides villosus*) y una endémica (*Margarornis rubiginosus*) (Cuadro 4).

Dentro de las familias que presentaron una mayor abundancia de especies se encuentra Troglodytidae, correspondiente a los soterrés, los cuales basan su alimentación principalmente en insectos e invertebrados, complementándola con una reducida proporción de frutos pequeños y semillas que encuentran en sitios con abundante vegetación herbácea [14], este mismo patrón alimenticio se observa en la familia Tyrannidae [15]. Asimismo, la familia Parulidae, conformada por las reinitas, presenta una dieta compuesta predominantemente por insectos y pequeños vertebrados, aunque durante la época no reproductiva incorporan frutos y néctar [16]. Por su parte, las

Cuadro 4. Lista de las especies de aves y número de individuos por especie observadas durante el periodo de muestreo desde junio hasta septiembre 2025 en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí, Finca Municipal Los Lotes, Cartago, Costa Rica.

Table 4. Bird species list and number of individuals per species recorded during the June–September 2025 sampling period in the upper Río Tiribí Protected Zone, Los Lotes Municipal Farm, Cartago, Costa Rica.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Número de individuos
Cardinalidae	<i>Amaurospiza concolor</i>	Semillero azul	2
Passerellidae	<i>Arremon brunneinucha</i>	Saltón cabecicastaño	7
Passerellidae	<i>Atlapetes albinucha</i>	Saltón gargantamarilla	1
Passerellidae	<i>Atlapetes tibialis</i>	Saltón de muslos amarillos	1
Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Tucancillo verde	2
Scolopacidae	<i>Bartramia longicauda</i>	Pradero	1
Parulidae	<i>Basileuterus delatirii</i>	Reinita cabecicastaña	4
Trochilidae	<i>Campylopterus hemileucurus</i>	Ala de sable violáceo	2
Trochilidae	<i>Campylopterus phainopeplus</i>	Ala de sable cola azul	3
Troglodytidae	<i>Cantorchilus modestus</i>	Soterrey chinchirigui	44
Parulidae	<i>Cardellina pusilla</i>	Reinita gorrinegra	3
Turdidae	<i>Catharus aurantiirostris</i>	Zorzal piquianaranjado	3
Fringilidae	<i>Chlorophonia callophrys</i>	Clorofonia cejidorada	1
Thraupidae	<i>Chlorospingus flavopectus</i>	Tangara de monte ojeruda	68
Cuculidae	<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>	Cuclillo piquinegro	1
Trochilidae	<i>Colibri cyanotus</i>	Colibrí orejivioláceo verde	1
Tyrannidae	<i>Contopus lugubris</i>	Pibí oscuro	1
Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>	Pibí oriental (Norteño)	1
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote cabecinegro	6
Furnariidae	<i>Cranioleuca erythrops</i>	Colaespina roja	14
Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireo cejirrufo	7
Furnariidae	<i>Dendrocolaptes picumnus</i>	Trepador vientribarreteado	1
Tyrannidae	<i>Elaenia frantzii</i>	Elainia montañera	1
Tyrannidae	<i>Empidonax virescens</i>	Mosquerito verde	20
Trochilidae	<i>Eupherusa eximia</i>	Colibrí colirayado	1
Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i>	Soterré de selva pechigrís	79
Troglodytidae	<i>Henicorhina leucosticta</i>	Soterré de selva pechiblanco	3
Furnariidae	<i>Lepidocolaptes affinis</i>	Trepador cabecipunteado	1
Furnariidae	<i>Margarornis rubiginosus</i>	Subepalo rojizo	1
Picidae	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero careto	3
Parulidae	<i>Mniotilta varia</i>	Reinita trepadora	4
Turdidae	<i>Myadestes melanops</i>	Jilguero	7
Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetón crestioscuro	1
Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Candelita pechinegra	68
Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Mosquero cejiblanco	4
Tinamidae	<i>Nothocercus bonapartei</i>	Tinamú serrano	1
Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cuco ardilla	2
Picidae	<i>Picoides villosus</i>	Carpintero serranero	3
Cardinalidae	<i>Piranga bidentata</i>	Tangara drosirayada	2
Cardinalidae	<i>Pitangus sulfuratus</i>	Bienteveo común	1
Corvidae	<i>Psilorhinus morio</i>	Urraca parda	9
Ptiliognathidae	<i>Ptiliognathus caudatus</i>	Capulínero	1

(Continúa en la siguiente página)

Familia	Nombre científico	Nombre común	Número de individuos
Thraupidae	<i>Saltator atriceps</i>	Saltador cabecinegro	1
Trochilidae	<i>Selasphorus scintilla</i>	Chispita gorginaranja	1
Parulidae	<i>Setophaga townsendi</i>	Reinita de townsend	2
Furnariidae	<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Trepadorcito aceitunado	1
Furnariidae	<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero menor	1
Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Golondrina norteña	1
Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina sureña	27
Hirundinidae	<i>Troglodytes musculus</i>	Cucarachero	6
Troglodytidae	<i>Troglodytes ochraceus</i>	Soterrey ocráceo	2
Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>	Trogón collajero	5
Turdidae	<i>Turdus plebejus</i>	Yigüirro de Montaña	1
Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	1
Vireonidae	<i>Vireo flavoviridis</i>	Vireo verdiamarillo	3
Vireonidae	<i>Vireo leucophrys</i>	Vireo montaño	1
Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Come maíz	3
Total		442	

tangaras de la familia Thraupidae exhiben una amplia diversidad morfológica en la forma del pico, lo que refleja distintos hábitos alimentarios; no obstante, las dos especies registradas de esta familia (*C. flavopectus* y *S. atriceps*) muestran preferencia por semillas, flores, néctar e insectos [17]. Las golondrinas (Hirundinidae), asociadas principalmente a hábitats abiertos, son casi exclusivamente insectívoras y se alimentan de insectos capturados en vuelo [18]. Finalmente, los Furnariidae, una de las familias más diversas del trópico, habitan en una amplia variedad de ambientes aptos para las aves, alimentándose principalmente de insectos, arácnidos y pequeños vertebrados [19].

La presencia de familias con hábitos insectívoros intuye una alta disponibilidad de recursos para el desarrollo de estos insectos [20], sugiriendo una calidad moderada del hábitat. Además de afirmar la presencia de redes tróficas y un posible balance entre la proporción de aves y de insectos, haciendo posible las dinámicas de regeneración y desarrollo del bosque [21].

En el muestreo de mamíferos se contabilizó un total de 436 individuos pertenecientes a 16 especies, dentro de las cuales destacan *Canis latrans* (Coyote), *Sylvilagus dicei* (Conejo de montaña), *Procyon lotor* (Mapache) y *Sciurus variegatoides* (Ardilla común) como las más abundantes. Estas especies presentan hábitos generalistas [22] [23], con adaptaciones a condiciones antrópicas [24] e incluso comunes en zonas urbanas en donde habitan parches de bosque, parques urbanos y vegetación ribereña [25].

Se registraron dos observaciones de algunas aves como *Chamaepetes unicolor* (Pava negra) y siete de *Odontophorus leucolaemus* (Codorniz pechinegra) en dos cámaras trampa; sin embargo, se excluyeron del análisis debido a que no corresponden al grupo focal para esta metodología.

La presencia de los tres felinos: *H. yaguarundi* (Yaguarundi), *L. pardalis* (Ocelote) y *P. concolor* (Puma) representa un 50% de las especies pertenecientes a la familia Felidae que habitan en Costa Rica [26]. Asimismo, se resaltan la presencia de *U. cinereoargenteus*, *E. barbara* y *B. sumichrasti* como bioindicadores de una estructura vertical compleja y poco perturbada [27], con disponibilidad de alimento (frutos, invertebrados y pequeños vertebrados) [26] y dinámicas de competencia por alimento y refugio, así como componentes importantes en cadenas tróficas [28]. La presencia de especies como el Puma (*P. concolor*), que se encuentra en la cima de la red trófica y tiene una sensibilidad alta a zonas perturbadas [29] así como una necesidad de mucho espacio para desplazarse, se traduce en una señal clara de un ecosistema sano por la demanda de alimento, área y refugio que necesita [30], funcionando como una especie cuya conservación implica la protección simultánea de otras especies [29].

Tasa de captura

Frecuentemente la tasa de captura representa la proporción de individuos de una especie en concreto que se han logrado detectar [11]; sin embargo, al tener

Cuadro 5. Lista de las especies de mamíferos detectadas con cámaras trampa y el número total de observaciones por especies en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí, Finca Municipal Los Lotes, Cartago, Costa Rica.

Table 5. List of mammal species detected by camera traps and total observations per species in the upper Río Tiribí Protected Zone, Los Lotes Municipal Farm, Cartago, Costa Rica.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Número de observaciones	Tasa de captura			
				Bosque	Fresno	Eucalipto	Jaul
Procyonidae	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Cacomixtle	1	0,32	0,00	0,00	0,00
Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	176	41,35	19,23	0,00	21,79
Dasyopodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de 9 bandas	34	0,64	0,00	0,00	0,00
Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón	18	6,41	1,28	7,05	1,28
Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Tolomuco	2	5,13	0,00	1,92	0,00
Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Jaguarundi	3	0,64	0,00	0,00	0,00
Heteromyidae	<i>Heteromys desmarestianus</i>	Ratón espinoso centroamericano	7	0,96	0,00	0,00	0,00
Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	1	1,60	0,00	0,00	2,56
Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	50	0,32	0,00	0,00	0,00
Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma	1	2,24	0,00	0,00	0,00
Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla de cola roja	21	15,71	0,00	0,64	0,00
Sciuridae	<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla común	55	0,00	0,00	0,64	0,00
Leporidae	<i>Sylvilagus dicei</i>	Conejo de montaña	63	5,45	0,64	1,92	0,00
Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorro gris	4	1,28	0,00	0,64	0,00
Total individuos			436				

Cuadro 6. Índice de Shannon para cada uso de la tierra en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí, Finca Municipal Los Lotes, Cartago, Costa Rica.

Table 6. Shannon diversity index for each land use in the upper Río Tiribí Protected Zone, Los Lotes Municipal Farm, Cartago, Costa Rica.

	Índice de Shannon	
	Aves	Mamíferos
Bosque	2,81	1,97
Eucalipto	2,39	0,76
Fresno	2,46	1,81
Jaúl	2,71	1,22

pocos datos y no tratarse de una especie focal, se interpretó como la frecuencia de detección de cualquier especie en cada uso. La tasa de captura fue más alta en el bosque (99), seguida por el fresno (55), siendo las más bajas el jaúl (28) y el eucalipto (27).

Frecuentemente la tasa de captura representa la proporción de individuos de una especie en concreto

que se han logrado detectar [11]; sin embargo, al tener pocos datos y no tratarse de una especie focal, se interpretó como la frecuencia de detección de cualquier especie en cada uso. La tasa de captura fue más alta en el bosque (99), seguida por el fresno (55), siendo las más bajas el jaúl (28) y el eucalipto (27).

Esto sugiere que el bosque secundario constituye el ambiente más favorable para los mamíferos, permitiendo el cumplimiento de dinámicas típicas como competencia y redes tróficas, facilitando una mayor cantidad de especies [31]. El fresno, al estar ubicado en el límite y colindar con otras zonas agropecuarias y/o forestales, funciona como un área frecuentada por la fauna independientemente de la presencia de especies generalistas o especialistas [32]. En el caso contrario el Jaúl y el Eucalipto, los cuales se reducen a oferta trófica por su poca diversidad estructural y pendientes abruptas, dificultando el establecimiento de comunidades.

Diversidad y composición de especies

Los usos de la tierra correspondientes a bosque secundario y la plantación de Jaúl fueron las que presentaron una mayor riqueza de especies de aves

y mamíferos, seguidos de la plantación de Fresno y el Bosque con Plantación de Eucalipto. Estos dos últimos mostraron menor diversidad, lo que sugiere que el bosque secundario y la plantación de jaúl podrían ofrecer una mayor heterogeneidad estructural perceptible visualmente [33]. Esta heterogeneidad incluye variación en la composición espacial de la cobertura, diversidad de especies vegetales,

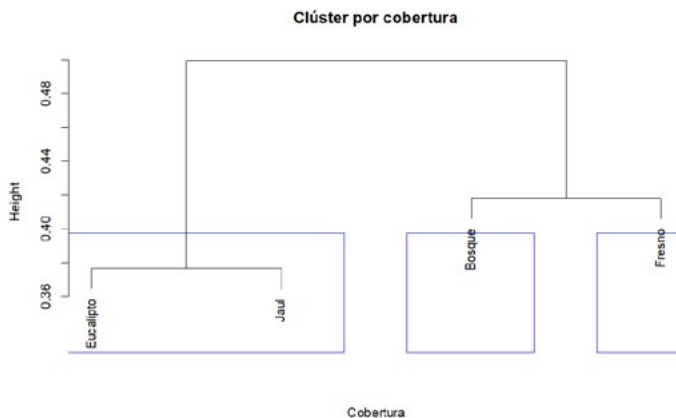


Figura 2. Análisis de conglomerados jerárquicos (método Ward.D2) utilizando distancia de Bray-Curtis para la similitud de aves las coberturas evaluadas en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí.

Figure 2. Hierarchical cluster analysis (Ward.D2 method) based on Bray-Curtis distance, showing bird community similarity across the evaluated land covers in the upper Río Tiribí Protected Zone.

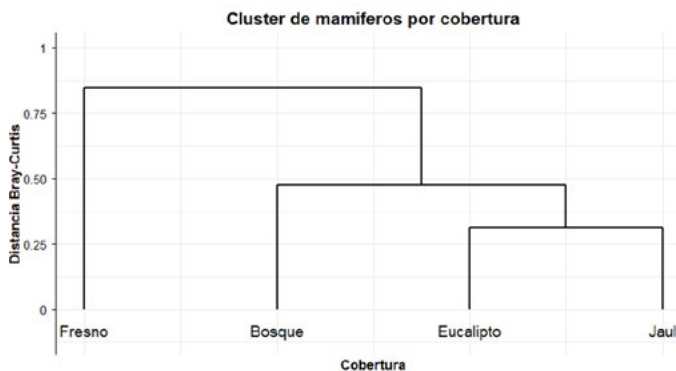


Figura 3. Análisis de conglomerados jerárquicos (método Ward.D2) utilizando distancia de Bray-Curtis para la similitud de mamíferos las coberturas evaluadas en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí.

Figure 3. Hierarchical cluster analysis (Ward.D2 method) based on Bray-Curtis distance, showing mammal community similarity across the evaluated land covers in the upper Río Tiribí Protected Zone.

diferencias en edades y dimensiones, lo que favorece la disponibilidad de alimento y refugio para la fauna [34]. En contraste, las plantaciones de eucalipto tienden a presentar una estructura más homogénea, con pendientes superiores al 60% y alta incidencia de derrumbes, lo que reduce la complejidad del hábitat y limita la presencia de microhábitats y vegetación asociada, afectando negativamente la biodiversidad.

De forma complementaria a lo indicado por el índice de Shannon, el índice de similitud de Jaccard revela patrones interesantes en la composición de aves entre las diferentes coberturas. Las plantaciones de fresno y eucalipto comparten únicamente un 45 % de las especies, lo que indica una correspondencia media entre estas dos coberturas. En contraste, las mayores similitudes se presentan entre bosque y fresno (71 %) y entre eucalipto y jaúl (73 %), evidenciando una alta correspondencia en la composición de especies entre estas últimas. Las combinaciones jaúl-fresno y jaúl-bosque muestran valores intermedios, lo que sugiere que la estructura y características de cada cobertura influyen en la distribución y coexistencia de las especies.

La diferencia observada entre el bosque y la plantación de jaúl en la composición de aves, ambos usos con los valores más altos del índice de Shannon, pero disimilitud en especies (Figura 2) podría estar asociada a las diferencias estructurales entre estos usos del suelo. En el caso de la plantación de jaúl, al tratarse de una especie con fustes largos y copa angosta, irregular y abierta [35], se ha favorecido la colonización por enredaderas, principalmente *Sechium pittieri* (Cogn.) C. Jeffrey (Tacaco de montaña), lo que genera una mayor cobertura del suelo y una oferta adicional de microhábitats y recursos alimenticios. Este incremento en complejidad estructural podría explicar la alta riqueza registrada, a pesar de la diferencia en composición de avifauna y flora [36]. Además, sugiere que esta plantación funciona más como un corredor o zona de paso para la avifauna que como un hábitat con poblaciones establecidas.

Al comparar cualquier otro uso con la plantación de Eucalipto va a haber una diferencia no en la composición de especies si no en la abundancia relativa de estas. Esto se debe a factores como la topografía [37], específicamente el alto porcentaje de pendiente de este y el efecto de borde que sufre debido a su colindancia con el límite de la finca y zonas urbanas, disminuyendo posiblemente la disponibilidad de alimento y refugio y por ende el número de especies [38].

La distancia entre el bosque y el fresno es aproximadamente 1 km, la similitud entre estas coberturas refuerza la idea del jaúl como una zona importante de paso para las aves. Así como la comparación entre el eucalipto y jaúl, funcionando

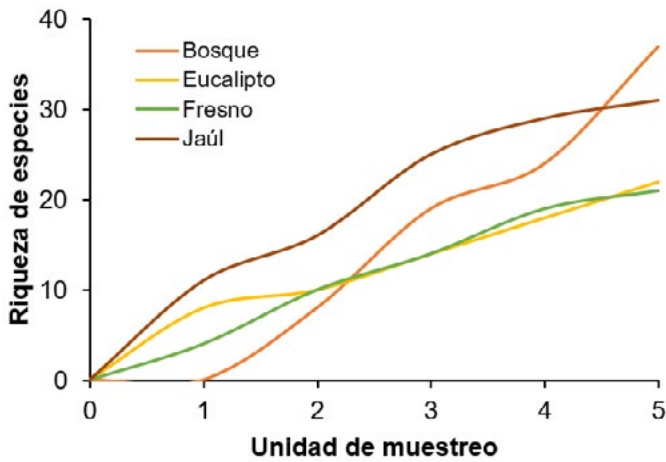


Figura 4. Curva de acumulación de especies de aves para cada cobertura en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí, Finca Municipal Los Lotes, Cartago, Costa Rica.

Figure 4. Bird species accumulation curves for each land cover in the upper Río Tiribí Protected Zone, Los Lotes Municipal Farm, Cartago, Costa Rica.

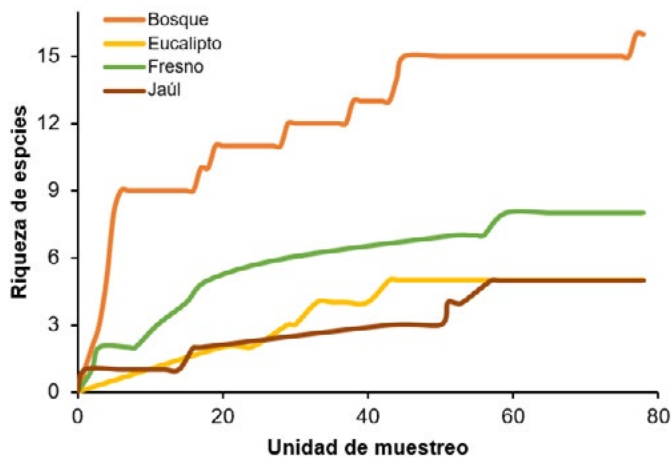


Figura 5. Curva de acumulación de especies de mamíferos para cada cobertura en la parte alta de la Zona Protectora del Río Tiribí, Finca Municipal Los Lotes, Cartago, Costa Rica.

Figure 5. Mammal species accumulation curves for each land cover in the upper Río Tiribí Protected Zone, Los Lotes Municipal Farm, Cartago, Costa Rica.

como un parche de amortiguamiento entre el efecto de borde y un aumento gradual de la disponibilidad de alimentos y complejidad estructural [39].

En el caso del Bosque y el Eucalipto esta alta similitud (Figura 3) puede ser ocasionada por la presencia de especies generalistas en ambas coberturas: Coyote,

Armadillo de nueve bandas y dos especies de la familia Sciuridae. Esta coincidencia podría atribuirse a la alta capacidad de adaptación que presentan estas especies para aprovechar los recursos en ambas coberturas [40]. A pesar de que las zonas perturbadas y/o intervenidas favorecen a especies oportunistas esto también puede obstaculizar la permanencia de otras más especializadas al tener una mayor competencia y una desventaja en las condiciones propias del tipo de uso de la tierra [41].

A pesar de la moderada similitud de especies entre el Bosque secundario y la plantación de Fresno, se resalta la presencia de *U. cinereoargenteus* (Zorro gris) en ambas, señalando una baja perturbación en estos usos [25]. Sin embargo, se repite el fenómeno de especies de amplia tolerancia, lo cual igualmente sucede al comparar Fresno y Jaúl, recalcando la colonización de este último uso por el tacaco de montaña.

Curva de acumulación de especies

Al verificar si el esfuerzo de muestreo fue suficiente para registrar la mayor parte de especies de aves presentes, se evidencia que el Fresno y el Eucalipto tuvieron un esfuerzo suficiente y reafirman su baja diversidad. En el Jaúl el esfuerzo también fue suficiente, pero hay una alta diversidad. En el bosque la diversidad es alta y la curva no se estabiliza; sin embargo, esto se relaciona con la época de migración de reinitas durante las últimas etapas de muestreo [16].

El esfuerzo de muestreo (Figura 4) fue suficiente para detectar una muestra representativa de mamíferos debido a la estabilización de la curva en la mayoría de las coberturas y la riqueza de especies es baja.

A excepción del Bosque secundario, en el cual durante la última semana de muestreo se detectaron dos nuevas especies (Figura 5), Tolomuco (*E. barbara*) y Cacomixtle (*B. sumichrasti*), la estructura heterogénea del bosque y la presencia de árboles de diferentes tamaños proporcionan refugios que favorecen a especies de baja detectabilidad y permiten la persistencia de taxones ausentes en coberturas más simplificadas [39], lo que explica la detección tardía de ambas especies al ser asociadas a zonas boscosas de alta calidad y continuas. En el caso concreto de *B. sumichrasti* sus hábitos nocturnos y sigilosos convierten su detección de un hallazgo importante [42].

Mapas de calor

La mayor concentración de riqueza de especies de aves se localiza en las plantaciones de Fresno y de Jaúl. No obstante, hay una presencia continua en todas las coberturas, mientras que las áreas con mayor

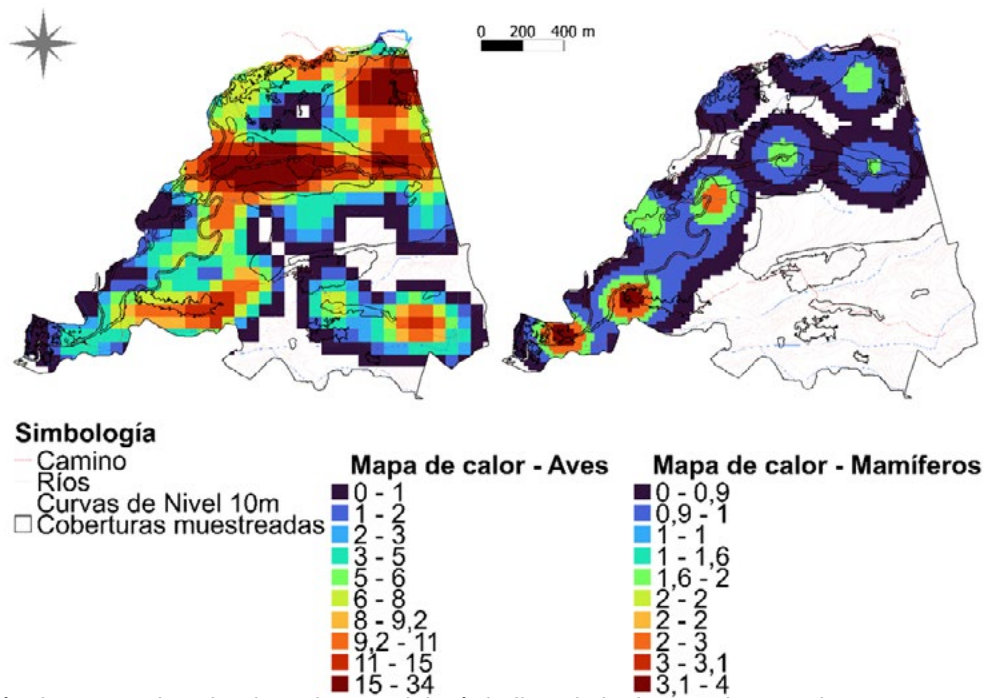


Figura 6. Comparación de mapas de calor de cada metodología indicando la riqueza de especies.

Figure 6. Comparison of heat maps generated by each method, illustrating species richness.

concentración de mamíferos están más dispersas y localizadas.

Es necesario recordar que en general la cantidad de especies existentes de aves supera a la de mamíferos por su facilidad de desplazamiento y dispersión, por lo cual pueden acceder a más hábitats y recursos [43]. El punto con mayor riqueza (Figura 6) corresponde al Jaúl lo cual puede adjudicarse a su ubicación como una zona de paso y conexión con otras coberturas, además de sus condiciones de baja vegetación, facilitando la presencia de más especies generalistas [44].

La zona con mayor diversidad de mamíferos fue la que registró coyote, cacomixtle y toluco, en la cual también hubo una presencia destacable de conejo de montaña y ardilla común, caso inverso de las zonas donde se registraron felinos, reafirmando el cumplimiento de las cadenas tróficas y la depredación de mamíferos pequeños [45].

Conclusiones

La presencia de fauna en distintos niveles tróficos indica una funcionalidad ecológica adecuada, destacando la presencia de felinos como señal de dinámicas saludables de desplazamiento y depredación. Estos hallazgos posicionan al Bosque Secundario, la Plantación de Fresno y el Bosque Secundario con Eucalipto áreas prioritarias para la conservación.

Se recomienda implementar un monitoreo periódico y sistemático que contemple ambas estaciones climáticas, con el fin de determinar si las especies registradas corresponden a poblaciones residentes o utilizan la ZPRT como una zona de tránsito, así como de identificar especies que presentan migraciones locales. Es fundamental dar un seguimiento especial a los felinos reportados por su vulnerabilidad a la cacería, y promover acciones para su conservación, permanencia y función como especie sombrilla. Finalmente, se recomienda realizar estudios de composición florística en cada uso para complementar la información sobre disponibilidad de alimento. Asimismo, se plantea la posibilidad de realizar una restauración pasiva y gradual en la plantación de Jaúl y el Bosque Secundario con Eucalipto, orientada a las necesidades de los mamíferos registrados, acompañada de Parcelas Permanentes de Muestreo para mantener un registro de las condiciones silviculturales de uso de la tierra.

Referencias

- [1] Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), "Visor Geográfico Nacional", 2024. [Online]. Disponible en: <https://www.snitcr.go.cr/Visor/nodos2> [Acceso 10 octubre 2025].
- [2] M. Varela, "Relación entre tipos de cobertura, niveles de erosión y poblaciones de anfibios en la parte alta de la microcuenca del Río Tiribí", Tesis,

- Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2024.
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), “Indicadores demográficos y sociales”, 2022. [Online]. Disponible en: <https://www.inec.cr/indicadores> [Acceso 10 octubre 2025].
- [4] D. Mora-Alvarado, “Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH)”, en TM, 2018, pp. 3–14.
- [5] D. Silveira, M. Cadenazzi, C. Nabinger y P. Boggiano, “Influencia del ambiente lumínico sobre la cobertura vegetal y metabolismos fotosintéticos en comunidades de sotobosque”, en Agro Sur, 2022, pp. 47–63.
- [6] D. Alvarez, “Conectividad Estructural Del Paisaje Circundante A Los Corredores Biológicos Del ITCR, Campus Tecnológico Central Cartago, Costa Rica”, Tesis, Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2023.
- [7] G. Ceballos, P. Ehrlich y P. Raven, “Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction”, en Proceedings of the National Academy of Sciences, 2020.
- [8] M. Gutierrez y M. Miranda, “El espacio verde como determinante de la salud en la ciudad”, en Ambientico, 2022, pp. 46–58.
- [9] S. Quesada Acuña, C. Martínez, Ó. Ramírez-Alán y P. Gastezzi-Arias, “Dispersión de semillas por aves residentes en bosque ribereño urbano del río Torres, San José, Costa Rica”, en Cuadernos de Investigación UNED, 2018, pp. 48–56.
- [10] C. J. Ralph, G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, D. F. DeSante y B. Milá, “Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres”, en Gen. Tech. Rep. PSW-GTR159, 1996, pp. 1–46.
- [11] T. O'Brien, J. Baillie, L. Krueger y M. Cuke, “The Wildlife Picture Index: Monitoring top trophic levels”, en Animal Conservation, 2010, pp. 335–343.
- [12] L. Pla, “Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza”, en Interciencia, 2006, pp. 583–590.
- [13] R. Real y J. Vargas, “The Probabilistic Basis of Jaccard's Index of Similarity”, en Systematic Biology, 1996, pp. 380–385.
- [14] Cornell Lab of Ornithology, “Wrens (Troglodytidae), version 1.0”, 2020. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.troglo1.01> [Acceso 10 octubre 2025].
- [15] Cornell Lab of Ornithology, “Tyrant Flycatchers (Tyrannidae), version 1.0”, 2020. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.tyrann2.01> [Acceso 10 octubre 2025].
- [16] Cornell Lab of Ornithology, “New World Warblers (Parulidae), version 1.1”, 2020. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.paruli1.01.1> [Acceso 10 octubre 2025].
- [17] Cornell Lab of Ornithology, “Tanagers and Allies (Thraupidae), version 1.0”, 2020. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.thraup2.01> [Acceso 10 octubre 2025].
- [18] Cornell Lab of Ornithology, “Swallows (Hirundinidae), version 1.0”, 2020. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.hirund2.01> [Acceso 10 octubre 2025].
- [19] D. W. Winkler, S. M. Billerman y I. J. Lovette, “Ovenbirds and Woodcreepers (Furnariidae), version 1.0”, en Birds of the World, 2020.
- [20] M. Arteaga Nuñez, “Estructura y composición de la vegetación de dos pinares de Pinus caribaea Morelet y su relación con la diversidad de las aves asociadas”, en CIFAM, 2018, pp. 193–206.
- [21] R. M. García-Núñez, C. Romero-Díaz, S. Ugalde-Lezama y J. Á. Tinoco-Rueda, “Vegetación y estructura del hábitat que determina la dieta de aves insectívoras en sistemas agroforestales”, en Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2020, pp. 853–864.
- [22] S. C. Webster, J. W. Hinton, M. J. Chamberlain, J. J. Murphy y J. C. Beasley, “Land cover and space use influence coyote carnivory: evidence from stable-isotope analysis”, en PeerJ, 2024.
- [23] J. Remmers, J. J. M. Green y M. L. A. Allen, “Human Landscape Alterations and Land Cover Heterogeneity Influence Northern Raccoon (Procyon lotor) Site Use Intensity”, en Ecosphere, 2025, pp. 1–15.
- [24] J. Monge y L. Hilje, “Feeding habits of the squirrel Sciurus variegatoides (Rodentia: Sciuridae) in the Nicoya Peninsula, Costa Rica”, en Revista de Biología Tropical, 2006, pp. 681–686.
- [25] V. Graves et al., “Impact of anthropogenic factors on occupancy and abundance of carnivores in the Austral Atlantic forest”, en Journal for Nature Conservation, 2021.
- [26] J. M. Mora y L. A. Ruedas, “Updated list of the mammals of Costa Rica, with notes on recent taxonomic changes”, en Zootaxa, 2023, pp. 451–501.
- [27] L. Pozos-López, N. González-Ruiz y J. Ramírez-Pulido, “Geographic distribution of tropical cacomixtle (Bassariscus sumichrasti) in Puebla,

- México”, en *Therya Notes*, 2024, pp. 20–23.
- [28] F. Grotta-Neto et al., “The role of tayra (*Eira barbara*) as predator of medium and large-sized mammals”, en *Austral Ecology*, 2021, pp. 329–333.
- [29] A. Shivaraju Dewey, “Puma concolor”, en *Animal Diversity Web*, 2003.
- [30] J.-M. Roberge y P. Angelstam, “Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool”, en *Conservation Biology*, 2004, pp. 76–85.
- [31] A. Jiménez-Valverde y J. Hortal, “Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos”, en *Revista Ibérica de Aracnología*, 2003, pp. 151–161.
- [32] D. Lindenmayer, W. Laurance y J. Franklin, “Global Decline in Large Old Trees”, en *Science*, 2012, pp. 1305–1306.
- [33] J. O. Huerta-Rodríguez et al., “Camera traps reveal the natural corridors used by mammalian species in eastern Mexico”, en *Ecological Processes*, 2022.
- [34] G. S. Vinueza-Hidalgo et al., “Use of natural and artificial cavities by Neotropical mammals in a tropical wet forest of Costa Rica”, en *Discover Conservation*, 2024.
- [35] L. G. Juárez-Hernández, M. Tapia-García y J. M. Ramírez-Gutiérrez, “Ichthyofauna in Maguey Bay, Oaxaca, Mexico, and its relationship with habitat structure”, en *Ciencias Marinas*, 2021, pp. 269–291.
- [36] D. W. Londe, R. D. Elmore, C. A. Davis, S. D. Fuhlendorf, B. Luttbeg y T. J. Hovick, “Structural and compositional heterogeneity influences the thermal environment across multiple scales”, en *Ecosphere*, 2020.
- [37] J. M. E. Aguilar-Luna, N. Cabrera-Barbecho, B. Barrios-Díaz y J. M. Loeza-Corte, “Efecto de onda y fenómeno de timidez en bosques homogéneos de *Alnus acuminata*”, en *Madera y Bosques*, 2020.
- [38] M. Anderle et al., “Habitat heterogeneity promotes bird diversity in agricultural landscapes: Insights from remote sensing data”, en *Basic and Applied Ecology*, 2023, pp. 38–49.
- [39] A. J. Lindwedel Cruz y A. Durán Apuy, “Aves y uso del suelo en el Corredor Biológico Interurbano El Achiote, Costa Rica”, en *Cuadernos de Investigación UNED*, 2023, pp. 127–141.
- [40] J. Barlow et al., “Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation”, en *Nature*, 2016.
- [41] J. Ferreira et al., “Carbon-focused conservation may fail to protect the most biodiverse tropical forests”, en *Nature Climate Change*, 2018.
- [42] L. A. Pérez-Solano, M. González, E. López-Tello y S. Mandujano, “Mamíferos medianos y grandes asociados al bosque tropical seco del centro de México”, en *Revista de Biología Tropical*, 2018, pp. 1232–1243.
- [43] C. Jenkins, S. Pimm y L. Joppa, “Global pattern of terrestrial vertebrate diversity and conservation”, en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, pp. E2602–E2610.
- [44] R. Thompson, M. Tamayo y S. Sigurðsson, “Diversidad de aves urbanas: ¿varía la abundancia y la riqueza de forma inesperada con los atributos de los espacios verdes?”, en *Journal of Urban Ecology*, 2022, pp. 1–13.
- [45] T. E. Lacher Jr. et al., “The functional roles of mammals in ecosystems”, en *Journal of Mammalogy*, 2019, pp. 942–964.