

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**DIVERSIDAD DE AVES, MAMÍFEROS TERRESTRES Y  
VEGETACIÓN EN LOS CORREDORES BIOLÓGICOS DEL  
CAMPUS TECNOLÓGICO CENTRAL CARTAGO,  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERA FORESTAL CON ÉNFASIS EN CONSERVACIÓN Y  
RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS FORESTALES CON EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**RAQUEL ALVARADO BRENES**

**CARTAGO, COSTA RICA**

**2022**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**DIVERSIDAD DE AVES, MAMÍFEROS TERRESTRES Y  
VEGETACIÓN EN LOS CORREDORES BIOLÓGICOS DEL  
CAMPUS TECNOLÓGICO CENTRAL CARTAGO,  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERA FORESTAL CON ÉNFASIS EN CONSERVACIÓN Y  
RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS FORESTALES CON EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**RAQUEL ALVARADO BRENES**

**CARTAGO, COSTA RICA**

**2022**

**Diversidad de aves, mamíferos terrestres y vegetación en los corredores biológicos del  
Campus Tecnológico Central Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica**

Avifauna, land mammal and vegetation diversity in the biological corridors of the Cartago  
Central Technological Campus of the Costa Rica Institute of Technology

Raquel Alvarado Brenes\*

**RESUMEN**

El presente estudio buscó evaluar la biodiversidad de flora y dos grupos de fauna presentes en los corredores biológicos y área de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), el cual se encuentra en Dulce Nombre de Cartago, Costa Rica y cuenta con 88,7 ha. Se realizó un monitoreo de aves y mamíferos terrestres mediante transectos no lineales de ancho variable de 1 km y 1,7 km ubicados dentro de los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura, además de puntos de conteo y fototrampeo, registrando indicios y avistamientos directos de las especies. Los recorridos de los transectos se realizaron en dos horarios al día, uno en la mañana y otro en la tarde, por dos a cuatro días a la semana durante cinco meses distribuidos en las épocas lluviosa y seca desde setiembre del año 2021 a marzo del 2022. Los muestreos de avifauna contaron con un total de 79 horas de esfuerzo de muestreo para ambos sitios, mientras que para los mamíferos el esfuerzo fue de 46 horas en los recorridos de los transectos en ambos sitios y 2985 horas por las cámaras trampa. Adicionalmente, a los datos obtenidos en campo se les agregó la información del estatus migratorio en el caso de las aves y el gremio trófico y peso corporal a los mamíferos. Además, se realizó un muestreo de vegetación con el método Braun Blanquet para evaluar las diferencias de diversidad en ambos sitios de estudio mediante parcelas de 5 m de radio, siete parcelas dentro de los corredores biológicos y cinco fuera de estos, para un total de 12 parcelas. Para la vegetación y ambos grupos de fauna se realizaron análisis de riqueza de especies y diversidad con los índices Shannon-Weinner, Simpson y Margalef; para estos últimos se realizó un ANOVA para identificar las diferencias de diversidad por sitios de muestreo. La diversidad de avifauna presentó diferencias significativas dentro de los corredores comparado con el área fuera de estos (Shannon-Weinner:  $F=28,04$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0,05$ ; Simpson:  $F=8,68$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0,05$  y Margalef:

F=19,77; g.l.=9; p<0,05). La diversidad de mastofauna terrestre también presentó diferencias significativas en ambos sitios de muestro (Shannon-Weinner: F=74,68; g.l.=9; p<0,05; Simpson: F=123,83; g.l.=9; p<0,05 y Margalef: F=20,39; g.l.=9; p<0,05). En cuanto a la diversidad de vegetación, los tres índices mostraron diferencias significativas para el muestreo en ambos sitios (Shannon-Weinner: F=19,38; g.l.=11; p<0,05; Simpson: F=10,54; g.l.=11; p<0,05 y Margalef: F=6,36; g.l.=11; p<0,05). En ambos grupos de fauna se mostró una mayor riqueza de especies dentro de los corredores biológicos, entre las cuales se encontraron especies de aves residentes y migratorias; además, entre las especies de mamíferos registrados se encontraron tres gremios tróficos y tres categorías de tamaño de peso corporal. Se concluyó que la diversidad de avifauna, mastofauna y vegetación es mayor dentro de los corredores biológicos que en las áreas de desarrollo de infraestructura, además se establece que los corredores biológicos del ITCR forman un hábitat importante para las aves residentes y migratorias, además un hábitat necesario para el establecimiento de mamíferos terrestres.

Palabras clave: Avifauna, mastofauna terrestre, corredores biológicos, conectividad de hábitat, índices de diversidad.

## ABSTRACT

This study sought to evaluate the biodiversity of flora and two groups of fauna currently living in the biological corridors and infrastructure development area of the Cartago Central Technological Campus of the Costa Rica Institute of Technology (ITCR), located in Dulce Nombre de Cartago, Costa Rica with 88.7 ha. This was done by monitoring birds and land mammals through non-linear transects of variable width of 1 km and 1.7 km located within the biological corridors and infrastructure development areas, in addition to counting points and photo-trapping, signs and direct sighting of the species were recorded. Transect walks were conducted two times per day, for two to four days a week, for five months divided into rainy and dry seasons from September 2021 to March 2022. The avifauna samplings had a total of 79 hours of sampling effort for both sites, while for mammals the effort was 46 hours of transect walks at both sites and 2985 hours for the camera traps. Information on the migratory status of birds and trophic guild and weight of mammals was added. In addition, vegetation sampling by the Braun Blanquet method was carried out to evaluate the differences in diversity at both sampling sites using 5 m radius plots, seven plots inside the biological corridors and five outside of them, for a total of 12 plots. For vegetation and both groups of fauna, species richness and diversity analyses were carried out using the Shannon-Weinner, Simpson and Margalef indexes; an ANOVA test was used for these indexes to identify the differences in diversity by sampling site. Avifauna diversity showed significant differences within the corridors compare to the area outside the corridors (Shannon-Weinner:  $F=28.04$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0.05$ ; Simpson:  $F=8.68$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0.05$  y Margalef:  $F=19.77$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0.05$ ). The diversity of land mastofauna also presented significant differences in both sampling sites (Shannon-Weinner:  $F=74,68$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0,05$ ; Simpson:  $F=123,83$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0,05$  y Margalef:  $F=20,39$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0,05$ ). Regarding vegetation diversity, the three indexes showed significant differences for sampling in both sites (Shannon-Weinner:  $F=19,38$ ;  $g.l.=11$ ;  $p<0,05$ ; Simpson:  $F=10,54$ ;  $g.l.=11$ ;  $p<0,05$  y Margalef:  $F=6,36$ ;  $g.l.=11$ ;  $p<0,05$ ). Both groups of fauna showed a greater number of species within the biological corridors, among which resident and migratory bird species were found; in addition, among the mammal species recorded, three trophic guilds and three size by weight categories were found. It was concluded that the diversity of avifauna, mastofauna and vegetation is greater within the biological corridors than in the infrastructure development areas, and it was also

established that the ITCR biological corridors form an important habitat for resident and migratory birds, as well as a necessary habitat for the establishment of terrestrial mammals.

Keywords: Avifauna, land mastofauna, biological corridors, habitat connectivity, diversity indexes.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

---

\*R. Alvarado Brenes, “Diversidad de aves, mamíferos terrestres y vegetación en los corredores biológicos del Campus Tecnológico Central Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica” Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2022.

## **CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Trabajo Final de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador integrado por Ph.D. Nancy Gamboa Badilla, Ph.D. Ruperto Quesada Monge y Ph.D. Harold Arias-LeClaire, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal con énfasis en Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

---

Nancy Gamboa Badilla Ph.D.

Directora de tesis

---

Harold Arias-LeClaire Ph.D.

Lector

---

Ruperto Quesada Monge Ph.D.

Lector

---

Dorian Carvajal Vanegas M. Sc.

Coordinador Trabajos Finales de Graduación.



---

Raquel Alvarado Brenes

Estudiante

## **DEDICATORIA**

A Jorge.

La paciencia, el apoyo y el amor siempre serán profundamente agradecidos.



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi profesora y directora de tesis Nancy Gamboa Badilla, quien siempre ha sido una gran inspiración para mí, por toda su ayuda y apoyo durante la creación de este proyecto y durante mi carrera universitaria. A mis lectores Ruperto Quesada Monge y Harold Arias Le-Claire por su ayuda y consejo en mi proyecto final. A Marlon Salazar Chacón, por su guía y colaboración y a GASEL por brindar información valiosa para el proyecto.

Quiero también agradecer a toda la familia de la Escuela de Ingeniería Forestal con quienes siempre pude contar y me ofrecieron apoyo y consejo. En especial a los profesores que me mostraron todas las razones por las que amo esta carrera.

A mi hermana Rosa por su constante apoyo y compañía durante toda mi vida. A Valeria, Ana Lucía y Marlon, por compartir tantas aventuras y momentos importantes durante esta bella carrera, siempre los tendré presentes. También quiero dar gracias a mis amigos del “crew” por mostrarme tanto apoyo y comprensión, hablar con ustedes siempre me llena de alegría y paz.

# ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| RESUMEN .....  | iii  |
| ABSTRACT .....   | v    |
| CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN ..... | vii  |
| DEDICATORIA .....  | viii |
| AGRADECIMIENTOS .....  | ix   |
| ÍNDICE GENERAL .....   | x    |
| ÍNDICE DE CUADROS .....  | xi   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | xi   |
| INTRODUCCIÓN .....   | 1    |
| OBJETIVOS .....  | 3    |
| Objetivo general .....   | 3    |
| Objetivos específicos .....                                    | 3    |
| MATERIAL Y MÉTODOS .....                                       | 4    |
| Área de estudio .....  | 4    |
| Recolección de datos .....                                     | 6    |
| <i>Muestreo de aves</i> .....                                  | 7    |
| <i>Muestreo de mamíferos</i> .....                             | 7    |
| <i>Muestreo de vegetación</i> .....                            | 8    |
| Análisis de datos .....  | 9    |
| RESULTADOS .....   | 11   |
| Diversidad de aves .....                                       | 11   |
| Diversidad de mamíferos .....                                  | 15   |
| Diversidad de vegetación .....                                 | 18   |
| DISCUSIÓN .....  | 22   |
| CONCLUSIONES .....   | 27   |
| RECOMENDACIONES .....  | 28   |
| REFERENCIAS .....  | 29   |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| <b>Cuadro 01.</b> Escala de abundancia y cobertura de Braun Blanquet, utilizada para la medición de la vegetación en las áreas dentro y fuera de los corredores biológicos del Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR.....  | 9  |
| <b>Cuadro 02.</b> Número de observaciones de aves presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.....  | 12 |
| <b>Cuadro 03.</b> Promedio mensual $\pm$ desviación estándar de índices de diversidad de aves presentes en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo..... | 13 |
| <b>Cuadro 04.</b> Número de observaciones de mamíferos terrestres presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo. ....                             | 16 |
| <b>Cuadro 05.</b> Promedio mensual $\pm$ desviación estándar de índices de diversidad de mamíferos presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo. | 17 |
| <b>Cuadro 06.</b> Frecuencia de especies de vegetación presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.....   | 19 |
| <b>Cuadro 07.</b> Promedio $\pm$ desviación estándar por parcela de índices de diversidad de vegetación por sitio de muestreo para el Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022.....   | 20 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 01.</b> Distribución de los corredores biológicos en el Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR. Fuente: elaboración propia.....   | 5  |
| <b>Figura 02.</b> Distribución de los métodos de muestreo en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura en el Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR. Fuente: elaboración propia. ....  | 7  |
| <b>Figura 03.</b> Riqueza de avifauna según estatus migratorio presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo. ....  | 11 |
| <b>Figura 04.</b> Gráfica de caja de los índices de diversidad Shannon-Weinner (A), Simpson (B) y Margalef (C) de avifauna en los sitios de muestreo (CB: corredores biológicos, DI: desarrollo de infraestructura) del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. | 14 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 05.</b> Riqueza de mastofauna terrestre según gremios tróficos presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.....  | 15 |
| <b>Figura 06.</b> Riqueza de especies de mastofauna terrestre según categorías de peso corporal presentes en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.....                                  | 16 |
| <b>Figura 07.</b> Gráfica de caja de los índices de diversidad de Shannon-Weinner (A), Simpson (B) y Margalef (C) sobre la mastofauna terrestre en los sitios de muestreo (CB: corredores biológicos, DI: desarrollo de infraestructura) del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022..... | 18 |
| <b>Figura 08.</b> Gráfica de caja de los índices de diversidad Shannon-Weinner (A), Simpson (B) y Margalef (C) sobre la cobertura vegetal en los sitios de muestreo (CB: corredores biológicos, DI: desarrollo de infraestructura) del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022.....       | 21 |

## INTRODUCCIÓN

La reducción y eliminación de la vegetación nativa de un bosque o bien la sustitución de un ecosistema por un uso del suelo diferente, provocan la fragmentación del hábitat, lo cual genera como consecuencia parches naturales sin conectividad biológica, ecológica y por tanto genética [1]. Investigaciones han demostrado la importancia de los parches de bosque para la conservación de la biodiversidad en el mundo, ejemplo de esto se muestra en el análisis de la defaunación de varios sitios de bosques fragmentados en el Noreste de Costa Rica, donde a pesar de mantener la diversidad a escala de paisaje, se muestra la paulatina desaparición de algunos mamíferos y anfibios [2]. En este contexto, el aumento o mantenimiento de la conectividad de los parches de vegetación cumple un papel ecológico importante para la protección de la fauna [3]. Un ecosistema sano con movimientos de poblaciones e intercambio genético consiste en áreas naturales que se encuentran conectadas entre sí, cuyas conexiones sostienen la diversidad de los organismos que lo componen y estrechan las interacciones biológicas para el funcionamiento del sitio [4]. Bajo este marco se visualiza la necesidad de mantener y manejar adecuadamente la conectividad que existe entre los fragmentos de bosque, donde la eficacia de una estrategia de conservación como es el caso de los corredores biológicos es fundamental desde la determinación de su conectividad funcional [5].

Los corredores biológicos se han convertido en una estrategia para la conservación de especies silvestres de flora y fauna que se han visto afectadas por el aumento de las actividades humanas, las cuales han ido restando cada vez más área de vegetación natural de su hábitat [6]. Según el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) [7], para Costa Rica se reportan 44 corredores biológicos, los cuales representan alrededor del 33% del territorio continental del país. Una de las alternativas más importantes para crear conectividad del hábitat en beneficio de los seres vivos y así conservar los ecosistemas, es el establecimiento de corredores biológicos por medio de la reforestación con especies preferiblemente nativas, las cuales, en la mayoría de los casos, además ayudan a controlar la erosión del suelo [8]. Por otra parte, también los ríos y sus zonas de protección se señalan como métodos de conectividad importantes en las zonas urbanas [9], esto debido a que contribuyen con la cobertura boscosa dentro de la ciudad, así como con la conservación del

agua. La preservación de estas áreas que sirven para aumentar la conectividad entre los remanentes de bosque en las zonas perturbadas por el ser humano es considerada de gran importancia para mantener y proteger la biodiversidad. De esta forma, se evita el aislamiento y la pérdida de la variabilidad genética, prolongando así la existencia de las especies en el tiempo [10], [11].

Como parte de estos esfuerzos de interconexión de áreas alteradas, se crean los corredores biológicos interurbanos. Este tipo de corredores conectan espacios verdes dentro de las ciudades, proporcionando amplios beneficios tanto para las personas que las habitan como para el equilibrio de los sistemas naturales en el paisaje [12]. En el caso del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), el Campus Tecnológico Central Cartago forma parte del Corredor Biológico Ribereño Interurbano Subcuenca Reventado Aguacaliente (COBRI SURAC). Así mismo, el ITCR desarrolla un programa de corredores biológicos dentro del campus, creado con la intención de beneficiar al ambiente a través de la conservación de la flora y la fauna nativa establecida y que utiliza los hábitats naturales remanentes a partir de su conectividad [13].

Actualmente, debido a la situación mundial causada por la pandemia del COVID-19 y la declaración de emergencia nacional en el país, las instalaciones del ITCR han dejado de recibir la continua visita de personas externas a la institución. Aunado a esta situación, los esfuerzos de la universidad por la revegetación de los corredores biológicos podrían explicar algunos de los avistamientos de animales en las instalaciones, reportados durante los últimos dos años. En este contexto, se visualiza la necesidad de realizar estudios que determinen y cuantifiquen la diversidad de fauna silvestre existente en el campus, partiendo de la función primaria del monitoreo de la biodiversidad, con el propósito de encontrar las relaciones que existen en la vida silvestre para posteriormente utilizar ese conocimiento en la toma de decisiones de conservación [14]. Así mismo, describir variaciones tanto en las especies como en los ecosistemas, evaluar cómo son influenciados por las acciones humanas y definir posibles maneras de prevenir o manejar los cambios perniciosos [15]. Se espera encontrar diferencias significativas en términos de diversidad y composición de avifauna, mastofauna terrestre y vegetación asociadas a las diferentes coberturas dentro del Campus Tecnológico Central Cartago, Costa Rica del ITCR. La presente investigación se planteó para convertirse

en una línea base para el estudio de los corredores biológicos del ITCR, los cuales aportan a la biodiversidad en el paisaje urbano de la provincia de Cartago-Costa Rica, mediante la evaluación de la diversidad de aves y mamíferos terrestres en relación con la cobertura vegetal y sus características dentro del campus.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Evaluar la diversidad de avifauna, mastofauna terrestre y vegetación dentro y fuera de las zonas delimitadas como corredores biológicos en el Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

### **Objetivos específicos:**

- Analizar la diversidad de aves según su condición de residentes o migratorias dentro y fuera de las zonas delimitadas como corredores biológicos.
- Analizar la diversidad de mamíferos terrestres según peso corporal y gremio trófico dentro y fuera de las zonas delimitadas como corredores biológicos.
- Comparar la diversidad de la vegetación según tipo herbácea, arbustiva y arbórea dentro y fuera de las zonas delimitadas como corredores biológicos.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Este trabajo de investigación profundizó en la descripción de la diversidad de dos grupos de fauna silvestre en el Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Para ello se realizó un monitoreo entre setiembre del 2021 y marzo del 2022. Se colectaron datos de observaciones directas e indirectas de aves y mamíferos terrestres dentro y fuera de los corredores biológicos del campus. Con la información obtenida se realizó un análisis estadístico para evaluar la diversidad de ambos grupos en el campus del ITCR. Adicionalmente, se establecieron parcelas de muestreo de vegetación herbácea, arbustiva y arbórea, para el análisis de la diversidad de este componente dentro y fuera de los corredores biológicos del Campus Tecnológico Central Cartago.

### **Área de estudio**

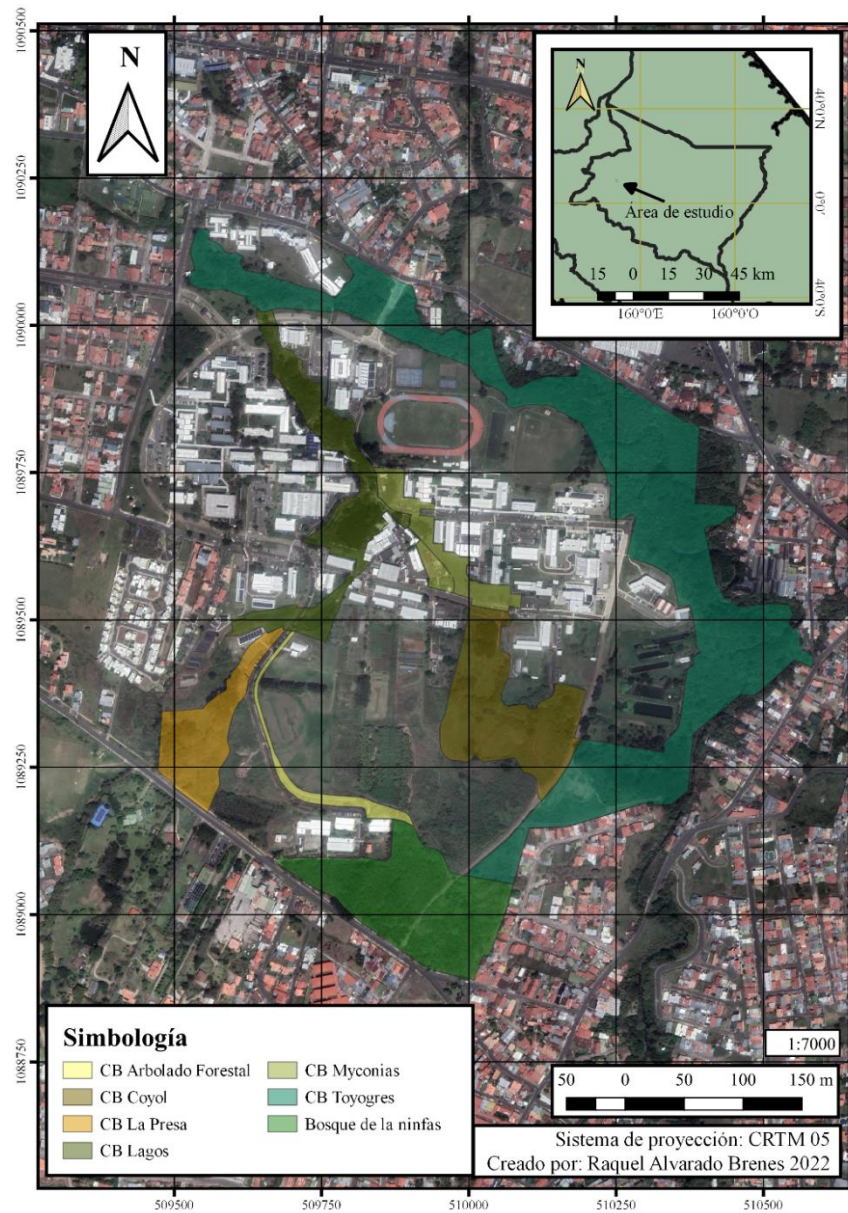
El Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR se encuentra en el distrito de Dulce Nombre, cantón Cartago, provincia de Cartago, Costa Rica, en las coordenadas 9°51'16"N y 83°54'33"O. Se ubica a una altura de 1435 msnm y presenta un clima tropical húmedo [16]. La temperatura media anual se encuentra entre 15°C y 22°C y la precipitación media anual entre 1500 mm y 3000 mm. Se ubica dentro del área del corredor biológico COBRI SURAC, el cual abarca gran parte de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica.

Este campus del ITCR posee 88,7 ha, de los cuales 20,77 ha son áreas de desarrollo y cuenta con seis corredores biológicos (CB) internos. El primero de ellos es el CB Arbolado Forestal con 0,31 ha de superficie, el cual es utilizado como barrera natural. Los otros cinco corredores están conformados por relictos de bosque y son el CB Coyol de 2,82 ha, CB La Presa de 1,22 ha, CB Lagos de 3,01 ha, CB Miconias de 0,49 ha y CB Toyogres de 15,50 ha. La Figura 01 muestra la distribución de los corredores biológicos en el Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR.

La vegetación del campus se encuentra compuesta mayoritariamente por pastizales y zonas de bosque secundario que han sido dejadas en abandono y recuperación. Además, cuenta con plantaciones de árboles que actúan como cortinas rompevientos. Las especies varían entre nativas y exóticas introducidas para revegetación, entre las más abundantes se encuentran casuarina (*Casuarina equisetifolia*), ciprés (*Cupressus lusitanica*), eucalipto (*Eucalyptus*



sp.), llama del bosque (*Spathodea campanulata*), tora (*Tithonia diversifolia*) y tuete (*Vernonia patens*) [17]. Actualmente no existe un reporte oficial de las especies de fauna en el Campus Tecnológico Central Cartago, por lo que no se cuenta con una lista de las especies más abundantes en el área de estudio. La intención de esta investigación es crear una línea base para comenzar con el estudio de la biodiversidad presente en este campus de la universidad.

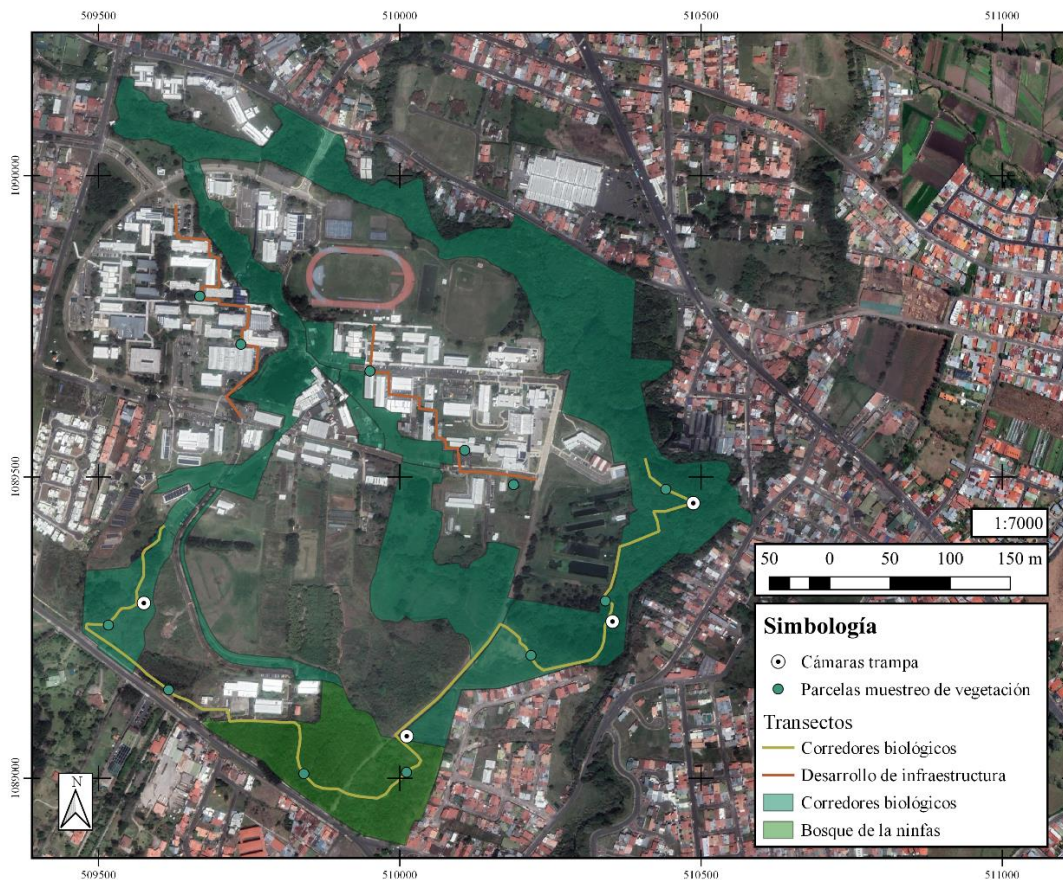


**Figura 01.** Distribución de los corredores biológicos en el Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR. Fuente: elaboración propia.

## Recolección de datos

### *Selección de áreas, trayectos y periodos de muestreo para evaluar fauna silvestre*

Las técnicas utilizadas para el monitoreo de fauna fueron distribuidas en dos transectos no lineales de ancho variable dentro del campus, uno se colocó dentro de los corredores biológicos y el otro fuera de ellos en el área de desarrollo de infraestructura. Para la época lluviosa del año 2021 (setiembre-noviembre), ambos transectos fueron de 1 km de longitud, mientras que para la época seca (enero-marzo) el transecto dentro de los corredores se aumentó a 1,7 km. Esto con el fin de abarcar más territorio de los corredores biológicos. Los sitios elegidos para ubicar el trayecto de los transectos fueron seleccionados tomando en cuenta la cercanía a cuerpos de agua (lagos y quebradas), el tipo de cobertura vegetal y la cercanía a calles e infraestructura académico-administrativa. En la Figura 02 se muestra la distribución de las técnicas de muestreo, transectos, parcelas de muestreo de vegetación y cámaras trampa.



**Figura 02.** Distribución de los métodos de muestreo en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura en el Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR. Fuente: elaboración propia.

### *Muestreo de aves*

Para el registro de las aves en el sitio se utilizaron dos técnicas de muestreo, recorridos en transectos no lineales de ancho variable y puntos de conteo. Mediante la herramienta digital QGIS y comprobación en el campo, se establecieron los transectos no lineales de ancho variable dentro y fuera de los corredores biológicos. Los recorridos de los transectos duraron aproximadamente 3 horas cada uno y se realizaron dos veces al día, en la mañana comenzando alrededor de las 6:00 am y en la tarde desde las 3:00 pm, estos se hicieron entre dos a cuatro días a la semana, para el periodo del muestreo (5 meses). Los puntos de conteo se incluyeron dentro de los transectos, durante el recorrido cada 20 minutos se realizaron observaciones en estos puntos, con una duración de 10 minutos en cada uno. El esfuerzo de muestreo total para los monitoreos de aves dentro de los corredores biológicos, incluyendo los puntos de observación, fue de 49 horas con un total de 28,5 km recorridos. Fuera de los corredores biológicos en la zona de desarrollo de infraestructura el esfuerzo de muestreo fue de 30 horas para un total de 21 km recorridos. Las variables de medición tanto en los transectos como en los puntos de conteo fueron especie de ave, cantidad de observaciones y comportamiento al momento del registro. Esta última variable incluyó si el individuo se encontraba en vuelo, perchado, en cortejo, alimentándose o realizando algún otro tipo de actividad. La observación se realizó utilizando binoculares y se identificaron las especies mediante las guías de aves de Costa Rica (Guía de Aves de Costa Rica y Aves de Costa Rica, Guía de campo) [18], [19].

### *Muestreo de mamíferos*

Para el registro de las especies de mamíferos terrestres se utilizaron dos técnicas de muestreo, recorridos en transectos no lineales de ancho variable y fototrampeo mediante captura de imágenes y videos con cámaras trampa (Bushnell Trophy Cam HD Aggressor, 14 Mega Pixeles, 1080p HD Video). Como se mencionó anteriormente, los dos transectos fueron ubicados tomando en cuenta áreas relevantes para los hábitats de animales dentro y fuera de

los corredores biológicos del campus y se colocaron dos cámaras trampa a los costados de los transectos, una cámara en cada uno. Los transectos y recorridos fueron los mismos que para el muestreo de aves y se realizaron en los mismos horarios, dos recorridos al día por 4 días a la semana durante los 5 meses de muestreo. El total del esfuerzo de muestreo de mamíferos para los transectos dentro de los CB fue de 25 horas para un total de 18,2 km recorridos. Fuera de los corredores en las zonas de desarrollo de infraestructura el esfuerzo de muestreo fue en total de 21 horas con 14 km recorridos.

Durante los recorridos en los transectos, se anotaron registros directos (observación de los individuos) y registros indirectos (huellas, excretas, sonidos, madrigueras, entre otros). Las especies se identificaron mediante guías de mamíferos de Costa Rica (Mamíferos de Costa Rica y *The Mammals of Costa Rica*) [20], [21]. Para los registros directos, las variables de medición fueron especie de mamífero y número de observación. En el caso de los registros indirectos fueron especie de mamífero, número de observación, largo y ancho de huella y/o excreta.

Las cámaras trampa se ubicaron procurando un espacio amplio frente al lente y sensor de la cámara. Debido a las recomendaciones de uso de cámaras trampa, ambas se posicionaron en espacios donde se consideró que los animales podrían visitar frecuentemente, esto porque mostraron señales de paso animal (huellas, rasguños, excretas, pateaderos o caminos naturales) o bien por ser lugares conocidos de avistamientos [22]. El esfuerzo de muestreo total de las cámaras trampa fue de 2985 horas. Durante el primer periodo de monitoreo (época lluviosa) las cámaras estuvieron fijas en dos estaciones de muestreo (una en cada uno), al comenzar el siguiente periodo (época seca) las cámaras se cambiaron de posición con el fin de representar mejor la diversidad de fauna en el sitio. Las variables de medición para el registro de los datos obtenidos por las cámaras fueron especie, comportamiento del individuo, hora y fecha de la observación.

#### *Muestreo de vegetación*

Para el registro de las especies vegetales en el área de estudio, se estableció un total de 12 parcelas de 5 m de radio cada una. Las parcelas se ubicaron a lo largo de los costados de los transectos, siete parcelas se establecieron en el transecto ubicado dentro de los corredores

biológicos y las cinco restantes en el transecto ubicado en el área de desarrollo de infraestructura, fuera de los corredores.

Dentro de las parcelas se registró la vegetación encontrada mediante el método Braun Blanquet, [23] basado en la clasificación de las especies presentes en un espacio, tomando en cuenta los factores abundancia y cobertura. Este método clasifica a las especies en cinco grados de afinidad con una comunidad. Las variables registradas fueron especie, grupo vegetal y porcentaje de recubrimiento en la parcela. El Cuadro 01 muestra la clasificación de la escala de abundancia y cobertura según Braun Blanquet.

**Cuadro 01.** Escala de abundancia y cobertura de Braun Blanquet, utilizada para la medición de la vegetación en las áreas dentro y fuera de los corredores biológicos del Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR.

| Índice | Significado                       |
|--------|-----------------------------------|
| 1      | Cobertura menor al 5%             |
| 2      | Cobertura del 5% al 25%           |
| 3      | Cobertura del 25% al 50%          |
| 4      | Cobertura del 50% al 75%          |
| 5      | Cobertura igual o superior al 75% |

Fuente: El método fitosociológico [23].

### **Análisis de datos**

A partir de los datos colectados en campo, se determinaron los valores de riqueza y diversidad de aves, de mamíferos terrestres y de vegetación, tanto dentro como fuera de los corredores biológicos del ITCR. Para analizar la diversidad biológica se estimaron los índices de Shannon-Weinner, Simpson y Margalef tanto de la fauna como la vegetación evaluada. Estos índices se compararon mediante una prueba ANOVA para comprobar las diferencias de diversidad en los sitios de muestreo. Como parte del ANOVA de la vegetación se tomó en cuenta los gráficos de cajas para evaluar las diferencias de la diversidad en ambos sitios. En el caso de los dos grupos de fauna, los cálculos se determinaron con base en la cantidad de observaciones realizadas en ciclos de 30 días para un total de 5 periodos de muestreo. Mientras que, para la vegetación, se realizó el cálculo de diversidad basado en la cantidad de parcelas muestreadas.

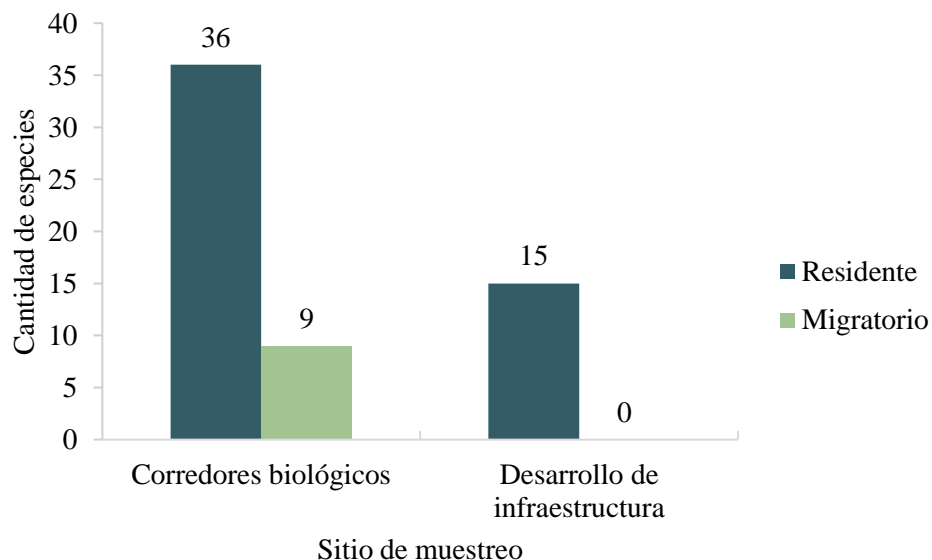
Para registrar las observaciones de las especies de mamíferos captadas en las cámaras trampa se utilizó el programa digiKam 7.5.0 para agregar a las fotos y videos etiquetas de metadatos de especie, grupo, sitio de muestreo y estación de monitoreo al que pertenecían. Mediante el programa R Studio 2022.02.0+443 se realizó una clasificación de las fotos y videos obtenidos por tiempo y especie en que se realizó el registro, este fue por periodos de 30 minutos.

Para completar la base de datos, se investigó el estatus migratorio de las especies de aves mediante las guías de aves de Costa Rica [18], [19], así como el gremio trófico y peso corporal de las especies de mamíferos según las guías de Costa Rica [20], [21], registradas en los monitoreos de campo. Finalmente, a partir del cálculo de los índices de diversidad de vegetación en los corredores biológicos y en las áreas de desarrollo de infraestructura y los resultados obtenidos, se realizaron comparaciones según el tipo de vegetación en cada condición, para la determinación de la posible influencia de la cobertura vegetal en la presencia de la fauna silvestre.

## RESULTADOS

### Diversidad de aves

El muestreo de campo realizado mostró un total de 49 especies de aves en el Campus Tecnológico Central Cartago, de las cuales 45 especies se encontraron dentro de los corredores biológicos y 15 en la zona de desarrollo de infraestructura, 11 especies de aves se encontraron en ambos sitios. Dentro de los corredores biológicos se encontraron 36 especies de aves residentes de Costa Rica y 9 migratorias, mientras que en el área de desarrollo de infraestructura fueron 15 especies residentes y ningún ave migratoria. En la Figura 02 se muestra la riqueza de avifauna según el estatus migratorio para cada uno de los sitios de muestreo.



**Figura 03.** Riqueza de avifauna según estatus migratorio presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.

Las especies más frecuentes en los corredores biológicos fueron *Pitangus sulphuratus*, *Dendrocygna autumnalis* y *Quiscalus mexicanus*, fuera de los corredores las más frecuentes fueron *Pitangus sulphuratus* y *Tyrannus melancholicus*. La cantidad total de observaciones de las especies de aves se encuentran en el Cuadro 02.

**Cuadro 02.** Número de observaciones de aves presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.

| <b>Especie</b>                      | <b>Nombre común</b>       | <b>Corredores biológicos</b> | <b>Infraestructura</b> |
|-------------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------|
| <i>Actitis macularius</i> (M)       | Andarríos maculado        | 4                            | -                      |
| <i>Ardea alba</i> (R)               | Garceta grande            | 18                           | -                      |
| <i>Ardea herodias</i> (M)           | Garzón azulado            | 12                           | -                      |
| <i>Buteo plagiatus</i> (R)          | Gavilán gris              | 1                            | -                      |
| <i>Butorides virescens</i> (R)      | Garcilla verde            | 3                            | -                      |
| <i>Cairina moschata</i> (R)         | Pato real                 | 20                           | -                      |
| <i>Caracara plancus</i> (R)         | Caracara cargahuesos      | 1                            | 1                      |
| <i>Cathartes aura</i> (R)           | Zopilote cabecirrojo      | -                            | 1                      |
| <i>Chloroceryle americana</i> (R)   | Martín pescador verde     | 4                            | -                      |
| <i>Columba livia</i> (R)            | Paloma doméstica          | -                            | 9                      |
| <i>Contopus virens</i> (M)          | Pibí oriental             | 1                            | -                      |
| <i>Coragyps atratus</i> (R)         | Zopilote negro            | 4                            | 13                     |
| <i>Dendrocygna autumnalis</i> (R)   | Piche común               | 40                           | -                      |
| <i>Egretta caerulea</i> (M)         | Garceta azul              | 13                           | -                      |
| <i>Egretta thula</i> (R)            | Garceta nivosa            | 12                           | -                      |
| <i>Empidonax_sp</i> (M)             | Mosquerito                | 1                            | -                      |
| <i>Gallinula galeata</i> (R)        | Gallareta frentirroja     | 17                           | -                      |
| <i>Jacana spinosa</i> (R)           | Jacana centroamericana    | 23                           | -                      |
| <i>Leptotila verreauxi</i> (R)      | Paloma coliblanca         | 8                            | -                      |
| <i>Megaceryle torquata</i> (R)      | Martín pescador collarejo | 3                            | -                      |
| <i>Megascops choliba</i> (R)        | Lechucita neotropical     | 6                            | -                      |
| <i>Melanerpes hoffmannii</i> (R)    | Carpintero de hoffman     | 1                            | 4                      |
| <i>Melozone leucotis</i> (R)        | Pinzón orejiblanco        | 2                            | -                      |
| <i>Momotus lessonii</i> (R)         | Momoto coroniazul         | 2                            | -                      |
| <i>Nycticorax nycticorax</i> (R)    | Martinete coroninegro     | 1                            | -                      |
| <i>Nyctidromus albicollis</i> (R)   | Tapacaminos común, Cuyeo  | 4                            | -                      |
| <i>Ortalis cinereiceps</i> (R)      | Chachalaca cabecigrís     | 1                            | -                      |
| <i>Pandion haliaetus</i> (M)        | Águila pescadora          | 4                            | -                      |
| <i>Patagioenas flavirostris</i> (R) | Paloma piquirroja         | 10                           | -                      |
| <i>Pionus senilis</i> (R)           | Loro coroniblanco         | -                            | 1                      |
| <i>Piranga rubra</i> (M)            | Tangara bermeja           | 4                            | -                      |
| <i>Pitangus sulphuratus</i> (R)     | Bienteveo grande          | 61                           | 41                     |
| <i>Psarocolius montezuma</i> (R)    | Oropéndola de montezuma   | 2                            | -                      |
| <i>Psilorhinus morio</i> (R)        | Urraca parda, piapia      | 2                            | 11                     |
| <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (R)  | Golondina azul y blanco   | -                            | 6                      |
| <i>Quiscalus mexicanus</i> (R)      | Zanate grande             | 34                           | 3                      |



|                                    |                          |     |     |
|------------------------------------|--------------------------|-----|-----|
| <i>Rupornis magnirostris</i> (R)   | Gavilán chapulinero      | 2   | -   |
| <i>Sayornis nigricans</i> (R)      | Mosquero de agua         | 4   | -   |
| <i>Sipia laemosticta</i> (R)       | Hormiguero alimaculado   | 2   | -   |
| <i>Spatula discors</i> (M)         | Cerceta aliazul          | 18  | -   |
| <i>Sporophila corvina</i> (R)      | Espiguero variable       | 5   | -   |
| <i>Tachybaptus dominicus</i> (R)   | Zambullidor enano        | 9   | -   |
| <i>Thraupis episcopus</i> (R)      | Targara azuleja, Viudita | 2   | -   |
| <i>Tringa solitaria</i> (M)        | Andarríos solitario      | 3   | -   |
| <i>Turdus grayi</i> (R)            | Mirlo pardo              | 4   | 5   |
| <i>Tyrannus melancholicus</i> (R)  | Tirano tropical          | 24  | 25  |
| <i>Vanellus chilensis</i> (R)      | Chorlitzo sureño         | 1   | 2   |
| <i>Zenaida asiatica</i> (R)        | Paloma aliblanca         | 22  | 14  |
| <i>Zonotrichia capensis</i> (R)    | Comemaíz                 | 23  | 12  |
| <b>Total de observaciones</b>      |                          | 438 | 148 |
| <b>Total de especies por sitio</b> |                          | 45  | 15  |
| <b>Total general de especies</b>   |                          | 49  |     |

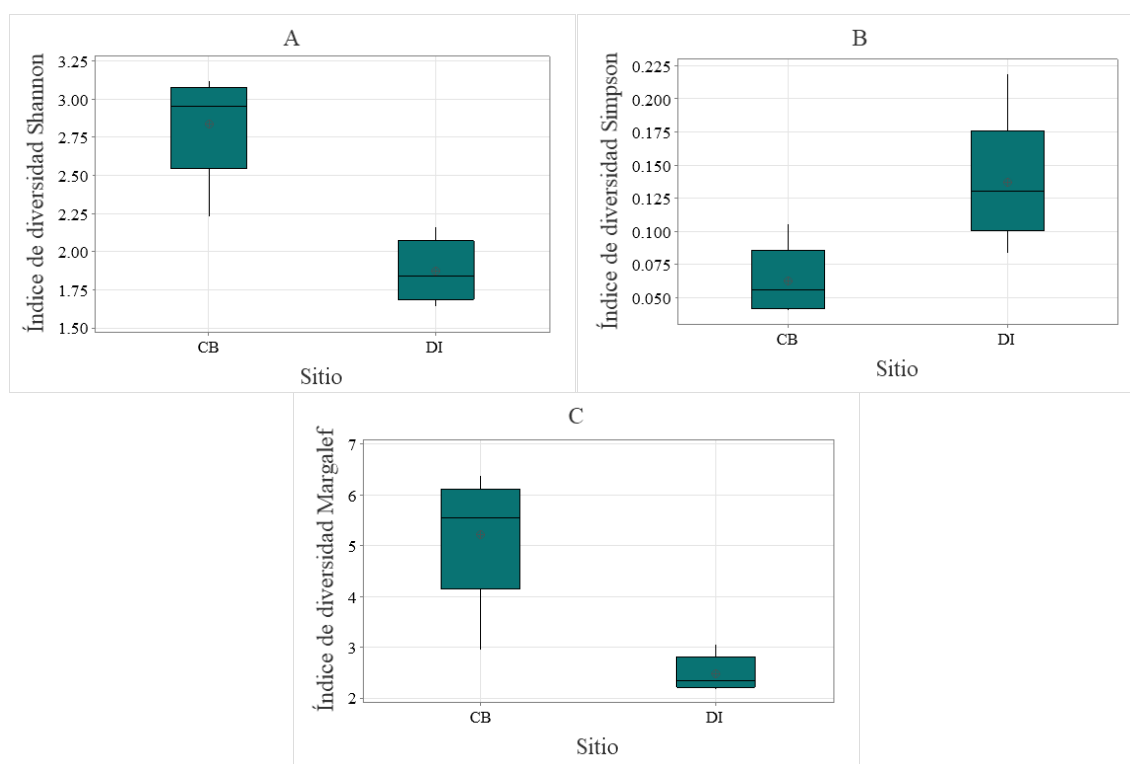
A continuación, se presenta el Cuadro 03 con los promedios de los índices de diversidad Shannon-Weinner, Simpson y Margalef para la avifauna.

**Cuadro 03.** Promedio mensual  $\pm$  desviación estándar de índices de diversidad de aves presentes en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.

|                        | <b>Corredores biológicos</b> | <b>Desarrollo de infraestructura</b> |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Riqueza de especies    | 45                           | 15                                   |
| Total de observaciones | 438                          | 148                                  |
| Shannon-Weinner        | 2,841 $\pm$ 0,353            | 1,872 $\pm$ 0,206                    |
| Simpson                | 0,062 $\pm$ 0,026            | 0,137 $\pm$ 0,050                    |
| Margalef               | 5,216 $\pm$ 1,327            | 2,484 $\pm$ 0,356                    |

Los índices mostraron la diversidad de especies de aves presente en ambos sitios de muestreo en el Campus Tecnológico Central Cartago. Mediante la prueba ANOVA para el índice Shannon resultaron diferencias significativas para la diversidad en ambos sitios ( $F=28,04$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0,05$ ). En el gráfico A de la Figura 04, se muestra una mayor mediana dentro de los corredores biológicos (2,96) en comparación con la zona de desarrollo de infraestructura (1,84), indicando así una mayor diversidad en las especies de aves presentes dentro de los corredores biológicos. Por el tamaño de las cajas de la gráfica, la variación de los datos de

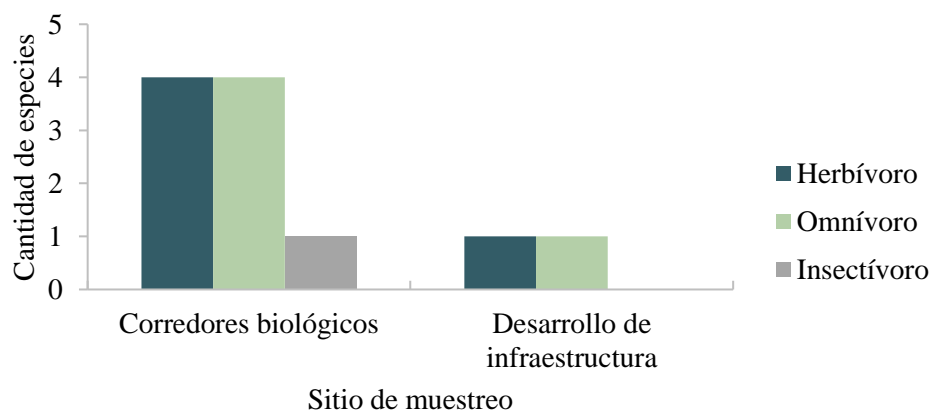
los índices en los corredores biológicos es mayor a la variación de los datos en la zona de desarrollo de infraestructura. El índice de diversidad Simpson muestra diferencias significativas entre ambos sitios ( $F=8,68$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0,05$ ). En el gráfico B se observa que la mayor diversidad de avifauna se encuentra en los corredores biológicos debido a que es la zona que presenta una mediana menor para el índice Simpson (0,06) en comparación con la zona de desarrollo de infraestructura (0,13). En este caso el sitio con mayor variación de datos es el área de desarrollo de infraestructura. El gráfico C presenta el índice de Margalef, el cual muestra diferencias significativas en la diversidad de aves en ambos sitios ( $F=19,77$ ;  $g.l.=9$ ;  $p<0,05$ ). El gráfico muestra una mediana mayor para los corredores biológicos (5,54) sugiriendo así una mayor diversidad en relación con la zona de desarrollo de infraestructura (2,35). El tamaño de la caja es mayor en los corredores biológicos lo cual indica una mayor variación de los datos en este sitio.



**Figura 04.** Gráfica de caja de los índices de diversidad Shannon-Weiner (A), Simpson (B) y Margalef (C) de avifauna en los sitios de muestreo (CB: corredores biológicos, DI: desarrollo de infraestructura) del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022.

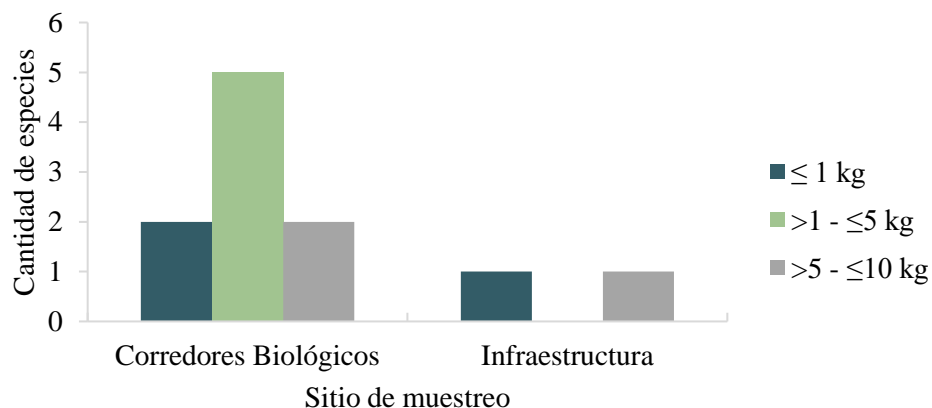
## Diversidad de mamíferos

En el muestreo de campo se obtuvo un total de 9 especies de mamíferos, considerando observaciones directas e indirectas realizadas en los recorridos de los transectos y los registros de las cámaras trampa. La totalidad de las especies se encontró dentro de los corredores biológicos y dos de ellas se encontraron también fuera. Dentro de este grupo de especies se pudo identificar al menos una especie de los gremios tróficos herbívoro, insectívoro y omnívoro. Las dos especies de mamíferos que se encontraron fuera de los corredores biológicos son de los gremios herbívoro y omnívoro. La riqueza de mastofauna terrestre por gremios tróficos presente en los sitios de muestreo se encuentra en la Figura 05.



**Figura 05.** Riqueza de mastofauna terrestre según gremios tróficos presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.

Las especies reportadas en los corredores biológicos se encontraron en las tres categorías de tamaño ( $\leq 1$  kg,  $>1 - \leq 5$  kg y  $>5 - \leq 10$  kg), y su mayoría en la categoría de tamaño mediano [21]. Por otro lado, las dos especies encontradas en la zona de desarrollo de infraestructura se encontraron en dos diferentes categorías de tamaño ( $\leq 1$  kg y  $>5 - \leq 10$  kg). La riqueza de especies de mastofauna terrestre según categorías de peso corporal en los sitios de muestreo, se encuentra en la Figura 06.



**Figura 06.** Riqueza de especies de mastofauna terrestre según categorías de peso corporal presentes en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.

Las especies más abundantes dentro de los corredores biológicos fueron *Didelphis marsupialis* y *Canis latrans*. La cantidad de observaciones totales para las especies encontradas en los monitoreos se presentan en el Cuadro 04.

**Cuadro 04.** Número de observaciones de mamíferos terrestres presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.

| Especie                            | Nombre común      | Corredores biológicos | Desarrollo de infraestructura |
|------------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <i>Cuniculus paca</i> (H)*         | Tepezcuintle      | 5                     | -                             |
| <i>Canis latrans</i> (O)           | Coyote            | 65                    | 10                            |
| <i>Dasyprocta punctata</i> (H)     | Guatusa           | 1                     | -                             |
| <i>Dasypus novemcinctus</i> (I)    | Armadillo, cusuco | 37                    | -                             |
| <i>Didelphis marsupialis</i> (O)   | Zorro pelón       | 69                    | -                             |
| <i>Eira barbara</i> (O)            | Tolomuco          | 1                     | -                             |
| <i>Procyon lotor</i> (O)           | Mapache           | 18                    | -                             |
| <i>Sciurus granatensis</i> (H)     | Ardilla, chiza    | 1                     | -                             |
| <i>Sciurus variegatoides</i> (H)   | Ardilla, chiza    | 11                    | 5                             |
| <b>Total de observaciones</b>      |                   | <b>208</b>            | <b>15</b>                     |
| <b>Total de especies por sitio</b> |                   | <b>9</b>              | <b>2</b>                      |
| <b>Total general de especies</b>   |                   |                       | <b>9</b>                      |

\*H: herbívoro, I: insectívoro, O: omnívoro.

El promedio de los índices mensuales de diversidad Shannon-Weinner, Simpson y Margalef calculados para los corredores biológicos y la zona de desarrollo de infraestructura en el Cuadro 05.

**Cuadro 05.** Promedio mensual  $\pm$  desviación estándar de índices de diversidad de mamíferos presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.

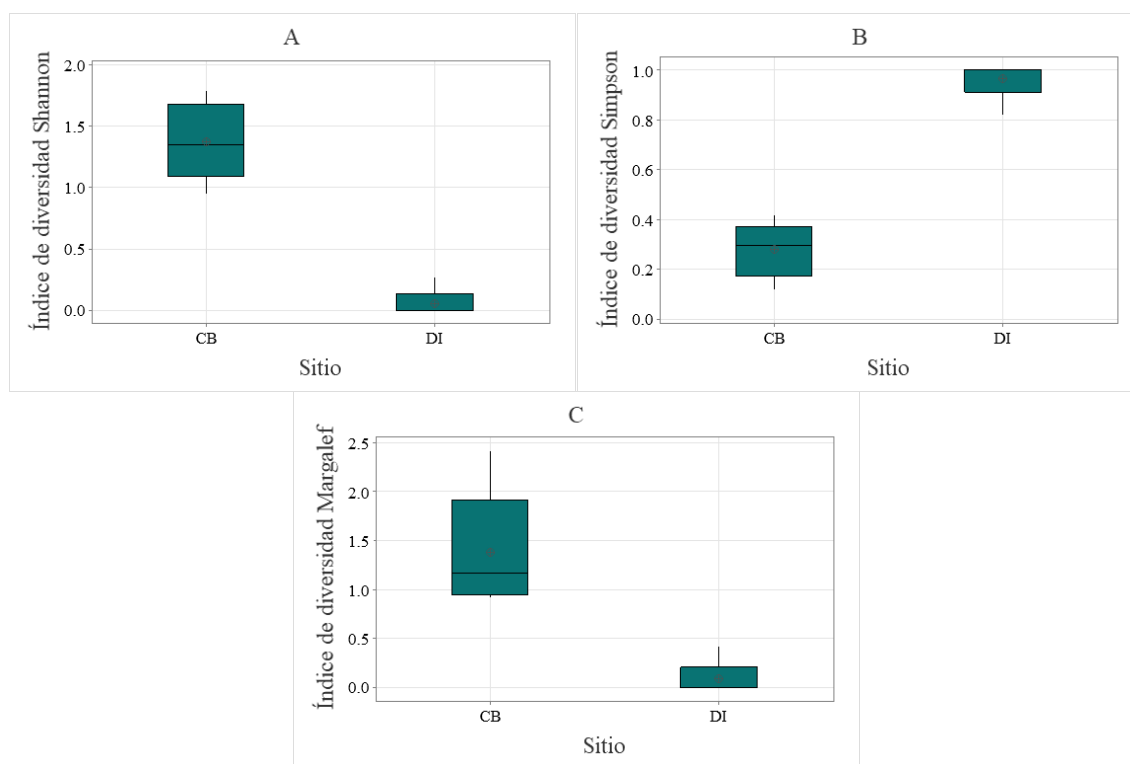
|                        | <b>Corredores biológicos</b> | <b>Desarrollo de infraestructura</b> |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Riqueza de especies    | 9                            | 2                                    |
| Total de observaciones | 208                          | 15                                   |
| Shannon-Weinner        | 1,377 $\pm$ 0,319            | 0,055 $\pm$ 0,123                    |
| Simpson                | 0,278 $\pm$ 0,111            | 0,164 $\pm$ 0,366                    |
| Margalef               | 1,375 $\pm$ 0,612            | 0,083 $\pm$ 0,187                    |

Mediante la prueba ANOVA se obtuvo la diferencia de diversidad para el grupo de los mamíferos según sitio de muestreo. Los gráficos de cajas para la mastofauna terrestre se presentan en la Figura 07. El índice Shannon-Weinner mostró diferencias significativas para ambos sitios de muestreo ( $F=74,68$ ; g.l.=9;  $p<0,05$ ). La mediana en el gráfico A es mayor en los corredores biológicos (1,35), por lo que se asume una mayor diversidad de mamíferos terrestres en este sitio en comparación con el área de desarrollo de infraestructura (0,00). La caja es de mayor tamaño para los corredores, por lo que presenta una mayor variación de datos que el área de desarrollo de infraestructura.

El índice Simpson presentó diferencias significativas en ambos sitios ( $F=123,83$ ; g.l.=9;  $p<0,05$ ). El gráfico B muestra una mediana de menor valor en los corredores biológicos (0,30) a diferencia del área de desarrollo de infraestructura (1,00), lo que, según el índice de diversidad Simpson, indica una mayor diversidad de mamíferos terrestres en este sitio. La variación de los datos para este índice es mayor en los corredores biológicos.

Para el caso del índice de Margalef, se presentan diferencias significativas en la diversidad de ambos sitios ( $F=20,39$ ; g.l.=9;  $p<0,05$ ). El gráfico C presenta una mediana mayor dentro de los corredores biológicos (1,17) y menor en la zona de desarrollo de infraestructura (0,00).

Por lo que se muestra mayor diversidad de mastofauna terrestre dentro de los corredores biológicos. La variación de datos de los índices es mayor en los corredores biológicos.



**Figura 07.** Gráfica de caja de los índices de diversidad de Shannon-Weinner (A), Simpson (B) y Margalef (C) sobre la mastofauna terrestre en los sitios de muestreo (CB: corredores biológicos, DI: desarrollo de infraestructura) del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022.

Resulta importante señalar que en el campus también se encuentran gatos y perros comunes; sin embargo, ambas especies quedarán fuera de este estudio debido a que el mismo se enfoca únicamente en las especies silvestres que habiten el área.

### Diversidad de vegetación

El muestreo de vegetación registró un total de 31 especies de plantas, incluyendo árboles, arbustos y herbáceas. La especie con mayor frecuencia y cobertura tanto dentro de los corredores biológicos como fuera de ellos fue la gramínea *Eleusine indica*. Seguidamente, dentro de los corredores biológicos las mayores coberturas se registraron para las especies *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus tereticornis*, *Acnistus arborescens* y *Croton draco*. Por otra

parte, fuera de los corredores, excluyendo a *E. indica*, las especies con mayor abundancia fueron *Digitaria costaricensis*, *Callistemon speciosus* y *Cojoba arborea*. En el Cuadro 06 se muestran las frecuencias de las especies encontradas en el muestreo de vegetación.

**Cuadro 06.** Frecuencia de especies de vegetación presente en los corredores biológicos y áreas de desarrollo de infraestructura del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022. Fuente: datos de campo.

| <b>Especie</b>                   | <b>Corredores biológicos</b> | <b>Desarrollo de infraestructura</b> |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Acacia angustissima              | 1                            | -                                    |
| Acnistus arborescens             | 2                            | -                                    |
| Ageratum conyzoides              | 1                            | -                                    |
| Brunfelsia pauciflora            | -                            | 1                                    |
| Callistemon speciosus            | -                            | 1                                    |
| Coffea arabica                   | 1                            | -                                    |
| Cojoba arborea                   | -                            | 1                                    |
| Cordia eriostigma                | 1                            | -                                    |
| Cordyline fruticosa              | -                            | 1                                    |
| Croton billbergianus             | 1                            | -                                    |
| Croton draco                     | 3                            | 1                                    |
| Cupressus lusitanica             | -                            | 1                                    |
| Digitaria costaricensis          | 1                            | 2                                    |
| Eleusine indica                  | 4                            | 3                                    |
| Eriobotrya japonica              | 2                            | -                                    |
| Erythrina berteroana             | -                            | 1                                    |
| Erythrina poeppigiana            | 1                            | -                                    |
| Eucalyptus saligna               | 3                            | -                                    |
| Eucalyptus tereticornis          | 2                            | -                                    |
| Euphorbia ophthalmica            | 1                            | -                                    |
| Inga densiflora                  | 1                            | -                                    |
| Ligustrum lucidum                | 1                            | -                                    |
| Pinus caribaea                   | 1                            | -                                    |
| Psidium guajava                  | -                            | 1                                    |
| Rinorea deflexiflora             | 1                            | -                                    |
| Sapium glandulosum               | 1                            | -                                    |
| Spathodea campanulata            | 1                            | -                                    |
| Trema micrantha                  | 1                            | -                                    |
| Trichilia havanensis             | 1                            | -                                    |
| Vermonia patens                  | 1                            | -                                    |
| Zygia longifolia                 | -                            | 1                                    |
| <b>Total general de especies</b> |                              | <b>31</b>                            |

En el Cuadro 07 se muestran los promedios por parcela de los índices de diversidad para los corredores biológicos y la zona de desarrollo de infraestructura. Se encontró un total de 23

especies de vegetación dentro de los corredores biológicos mientras que en el área de desarrollo de infraestructura el total fue de 11 especies.

**Cuadro 07.** Promedio  $\pm$  desviación estándar por parcela de índices de diversidad de vegetación por sitio de muestreo para el Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022.

|                     | <b>Corredores biológicos</b> | <b>Desarrollo de Infraestructura</b> |
|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Riqueza de especies | 23                           | 11                                   |
| Shannon-Weinner     | 1,471 $\pm$ 0,237            | 0,851 $\pm$ 0,246                    |
| Simpson             | 0,180 $\pm$ 0,060            | 0,403 $\pm$ 0,170                    |
| Margalef            | 1,456 $\pm$ 0,393            | 0,950 $\pm$ 0,248                    |

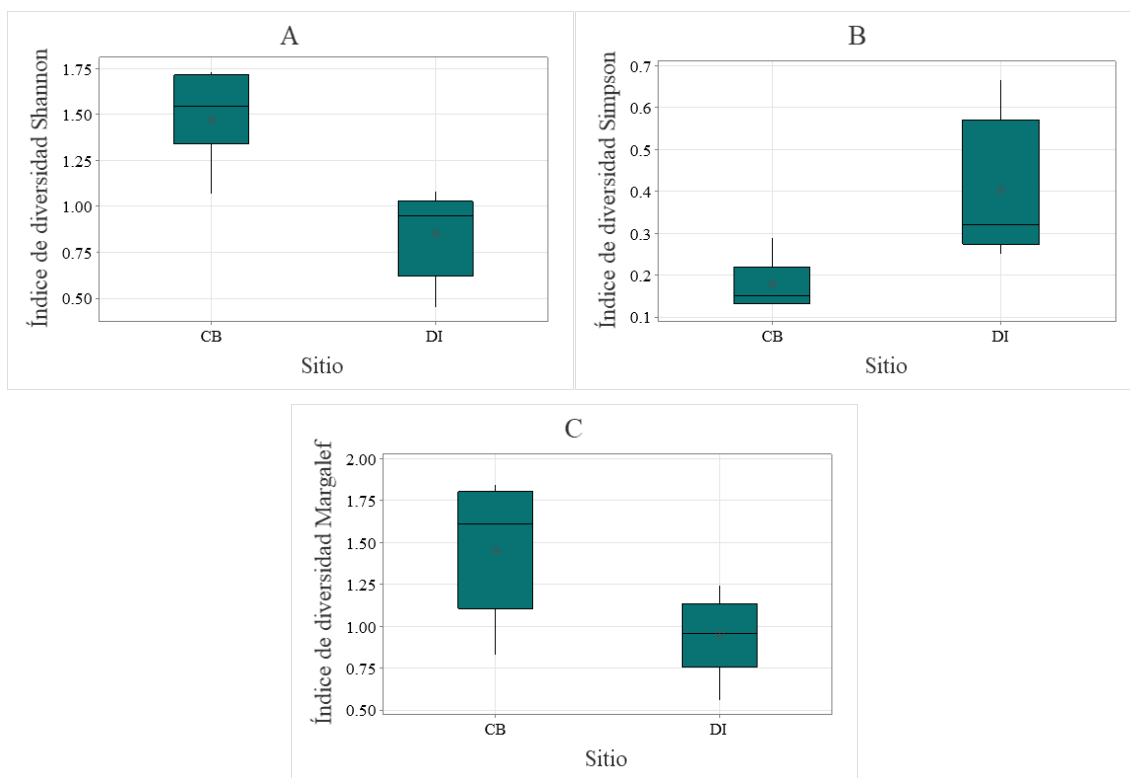
La Figura 08 muestra las gráficas de caja de los índices de diversidad de cobertura vegetal en los sitios de muestreo: corredores biológicos e infraestructura. El índice de Shannon-Weinner se presenta en el gráfico A. Al realizar la prueba de ANOVA sobre este índice de diversidad por la cobertura vegetal en ambos sitios, se demostró una diferencia significativa ( $F=19,38$ ;  $g.l.=11$ ;  $p<0,05$ ). En el gráfico A se observa una mediana mayor en los corredores biológicos (1,55) comparada con la mediana obtenida en la zona de infraestructura (0,95). Esto indica un mayor índice de diversidad vegetal en los corredores biológicos que en el área de infraestructura. La variación de los índices en ambos sitios fue similar, basado en el tamaño de las cajas para cada sitio.

En el gráfico B se observa el caso del índice de diversidad de Simpson. En la prueba de ANOVA se presenta una diferencia significativa para la diversidad en ambos sitios ( $F=10,54$ ;  $g.l.=11$ ;  $p<0,05$ ). El índice que muestra una mayor diversidad en este gráfico se encuentra en los corredores biológicos, indicando una mediana de 0,13, mientras que fuera de estos la mediana es de 0,32. El tamaño de la caja en la zona de desarrollo de infraestructura es mayor que en los corredores biológicos, lo que muestra que la variación de los índices es mayor en el área de infraestructura.

El gráfico C presenta el índice de diversidad Margalef. Nuevamente, el ANOVA muestra una diferencia significativa entre ambos sitios ( $F=6,36$ ;  $g.l.=11$ ;  $p<0,05$ ). Se presenta una mayor diversidad en los corredores biológicos con una mediana de 1,61, mientras que para la zona



fuera de estos la mediana es de 0,96. En este gráfico la caja que muestra mayor tamaño es la de los corredores biológicos, mostrando una mayor variación en los índices en este sitio en comparación con la infraestructura.



**Figura 08.** Gráfica de caja de los índices de diversidad Shannon-Weinner (A), Simpson (B) y Margalef (C) sobre la cobertura vegetal en los sitios de muestreo (CB: corredores biológicos, DI: desarrollo de infraestructura) del Campus Tecnológico Central Cartago, Cartago, Costa Rica, 2022.

## DISCUSIÓN

### Diversidad de flora

Al analizar la composición vegetal muestreada en el campus de la universidad, se observa mayor diversidad de flora en los territorios de los corredores biológicos en comparación con la zona de desarrollo de infraestructura. Esto debido a la diferencia en la abundancia relativa de vegetación en ambos sitios. Cuando se analiza el grupo de especies que se encontró en las parcelas de estudio, se aprecia un incremento en la riqueza dentro de los corredores en comparación con la zona de desarrollo de infraestructura, lo cual se ve reflejado en una mayor densidad de vegetación dentro de los corredores que fuera de ellos. De igual forma, el análisis de recubrimiento vegetal indicó mayores porcentajes dentro de los corredores biológicos, siendo las especies arbóreas las más abundantes. Por su parte, en las zonas de infraestructura la menor diversidad podría deberse a una mayor intervención humana que regula el crecimiento de las especies vegetales. Debido a ello, se observaron especies de gramíneas como *Eleusine indica* y *Digitaria costaricensis* con los mayores porcentajes de cobertura. Las actividades humanas como la construcción por desarrollo o, por ejemplo, el turismo son actividades que han provocado daños importantes para la naturaleza, por lo que resulta necesario conocer los procesos naturales o artificiales que han llevado a que la vegetación se encuentre en su actual estado [25]. Por lo contrario, se ha demostrado en otras investigaciones la efectividad de preservar bosques o fragmentos de estos, ya que muestran una alta diversidad florística cuando se realizan esfuerzos de conservación [26].

### Conectividad de hábitats

Para generar un corredor biológico es necesario contar con una especie objetivo de conservación. Al establecer un corredor funcional se deben conocer las necesidades específicas de tamaño y forma del hábitat para la especie objetivo y así generar un corredor adecuado. Si se conectan parches de hábitat con un corredor inapropiado para la especie objetivo, puede haber una conectividad estructural mas no un movimiento funcional de genes, individuos o poblaciones [27]. Los corredores biológicos, se sugiere que pueden servir de hábitat y resguardo para los animales cuando existen peligros cerca de sus poblaciones [28], [29], por lo que se consideran espacios importantes para la conservación de la fauna.

La conexión de los fragmentos de bosques mediante corredores biológicos ayuda al intercambio genético debido a que propicia el desplazamiento de animales entre poblaciones [30]. En este sentido se considera la importancia de la conexión de los corredores biológicos del Campus Tecnológico Central Cartago ya que benefician el intercambio genético con las poblaciones que los habitan o transcurren. A su vez, al comunicarse con las áreas vegetales que se encuentran en los alrededores y formar parte del COBRI SURAC, posiblemente permiten en el paisaje la movilización de especies de fauna que tienen su hábitat fuera del campus. Entonces, se podría sugerir que utilizan los corredores como zonas de paso, por lo cual, mantener esta comunicación de áreas vegetales o parches de vegetación es necesario para la conservación de la biodiversidad. Se considera poco efectivo para la conservación cuando únicamente se presta atención a los fragmentos de hábitat, sin tomar en cuenta las áreas que se encuentren fuera de estos [31]. Un ejemplo de ello es la especie *Canis latrans* (coyote), mamífero reportado dentro del estudio y cuyo tamaño es de mediano a grande. El tamaño del hábitat necesario para los coyotes varía dependiendo del lugar del planeta en el que se encuentren, sin embargo, siempre se relaciona mucho con la presencia de presa en el sitio [32]. Los resultados indican que esta especie es transitoria en el campus, ya que no se encontraron indicios de madrigueras o rastros que mostraran el uso del campus como hábitat. El campus también cuenta con la presencia del río Toyogres, el cual actúa como corredor ripario natural. El área adyacente a un río posee tantos servicios ambientales que posee una gran biodiversidad entre terrestre y acuática [27].

### **Hábitat para aves migratorias y residentes**

Con la migración las aves buscan territorios con condiciones climáticas más favorables para pasar las épocas de invierno, debido a que en su lugar de origen pueden llegar a ser muy hostiles e inhabitables para algunas especies de aves [33]. Costa Rica, un país que cuenta con una amplia variedad de elevaciones, climas y condiciones abióticas es una región con mucha biodiversidad y además ubicado en el trópico, representa un lugar propicio para recibir a estas aves que provienen de sitios con clima templado [34]. Los resultados obtenidos en este estudio indican que más de una cuarta parte de las aves encontradas en el Campus Tecnológico Central Cartago llegan en la época de migración, la cual comienza alrededor de los meses de setiembre y octubre [19]. Algunas de las aves encontradas en los recorridos

nocturnos en los transectos de los corredores biológicos fueron *Piranga rubra* y *Spatula discors*, vistas durmiendo en zonas con vegetación, lo que sugiere que en el caso de estas y posiblemente otras especies migratorias, los corredores biológicos son utilizados como área de descanso y no sólo como zona de paso. Esto parece indicar que el campus universitario es una pieza importante en la migración de la avifauna de América.

La mayoría de las aves observadas en ambos sitios de muestreo en el campus son residentes del país y gran parte comunes del Valle Central. Sin embargo, también se dieron hallazgos de especies poco comunes para esta región [19] como *Nycticorax nycticorax* (dentro de los corredores biológicos) y *Pionus senilis* (fuera de los corredores biológicos). Esto pareciera indicar que a pesar de no ser su entorno habitual es favorable para su estadía. El estudio también arrojó datos relacionados con la reproducción de las especies residentes, en una de las visitas realizadas en los corredores biológicos se encontró una cría de *Butorides virescens* junto a uno de sus progenitores. Esta podría ser una evidencia de que el campus funge como hábitat de estadía y reproducción para esta especie. Las características que indican el estado de un hábitat, ya sea que esté perturbado o en buena condición se pueden evaluar con monitoreos de aves [35], es decir, las aves pueden fungir como indicadores del deterioro de un sitio, ya que el tamaño de sus poblaciones está influenciado por las características del hábitat. Por ejemplo, si se encuentran menos individuos de lo habitual o en comparación con otro sitio similar, puede deberse a la falta de procesos de reproducción causada por el deterioro del hábitat.

### **Hábitat para mamíferos pequeños y medianos de diversos gremios tróficos**

En cuanto a la cadena trófica de los mamíferos registrados en el área de estudio, se observó mayor complejidad dentro de los corredores biológicos, que fueron los sitios con proporciones más altas de vegetación. Fuera de los corredores se encontraron solamente dos gremios tróficos, herbívoro y omnívoro, que, si bien son la mitad de los gremios encontrados en total, están compuestos únicamente por una especie cada uno (*Sciurus variegatoides* y *Canis latrans* respectivamente). A partir de esta información obtenida se podría sugerir que la mayoría de las especies de mamíferos habitantes en el campus prefieren sitios más alejados del desarrollo humano, buscando posiblemente mejores condiciones de protección, alimentación, entre otras en las áreas con cobertura vegetal. Además, otros estudios sugieren

que algunas especies de mamíferos también buscan áreas grandes de vegetación para establecerse [36].

Un hallazgo muy valioso de este estudio fue la observación de *Cuniculus paca*, este animal es de hábito nocturno y muy sedentario, no caminan grandes distancias y se dice que ahorran energía, por lo que suelen aumentar fácilmente de peso y conservar esa energía cuando la comida es escasa [21]. En la lista roja de la IUCN el tepezcuintle se encuentra en menor preocupación con poblaciones estables [37], sin embargo, debido a que es altamente buscado por la cacería, por ser uno de mamíferos silvestres más degustados por las personas y la pérdida de hábitat por la expansión humana [21], [38] sus poblaciones se han visto muy reducidas. Estudios muestran como esta especie prefiere las zonas boscosas para diversificar su alimentación y consumir sus alimentos, ya que son sitios con vegetación más densa y menos claridad, por lo que están más protegidos de depredadores [39], [40]. Su hallazgo en el Campus Tecnológico Central Cartago muestra la importancia de los corredores biológicos para la conservación de especies en cierto grado de peligro como lo es el tepezcuintle. Si bien esta especie se observó en una sola estación de monitoreo mediante las cámaras trampa, se podría esperar que continuados los monitoreos se registren más observaciones y de seguir protegiendo el recurso natural de la universidad, su población podría aumentar.

### **Diversidad de especies de fauna por tipo de cobertura**

Al realizar la estimación de los índices de diversidad de ambos grupos de fauna y compararlos entre las áreas dentro de los corredores biológicos y las áreas de desarrollo de infraestructura, se demostró una diferencia significativa que sugiere mayor biodiversidad tanto de aves como de mamíferos dentro de los corredores biológicos que fuera de ellos. Así mismo, la evaluación mostró una diferencia marcada en la abundancia de especies de aves y mamíferos, existiendo una mayor abundancia de ambos grupos de fauna dentro de los corredores biológicos en comparación con la zona fuera de estos. Consecuentemente, la mayor parte de las especies de aves encontradas en el campus se ubicaron solamente dentro de los corredores biológicos, lo cual sugiere que este es un espacio importante para la presencia de la avifauna. Entre las condiciones necesarias para la presencia de aves en un sitio está la disponibilidad de alimento permanente o durante el tiempo en que se encuentren en el sitio [41], por lo que se puede sugerir que en los corredores se encuentra el sustento necesario para alimentar a

estas especies de aves. Posiblemente en un escenario en el cual no hubiese vegetación, se podría esperar que no existiera la misma riqueza. Sin embargo, además de la cantidad de vegetación es importante considerar la composición florística del sitio. Al realizar los muestreos de observación de aves en los corredores biológicos, se encontró una menor cantidad de aves en las áreas con plantaciones arbóreas de especies exóticas como *Pinus caribaea* y *Eucalyptus sp.* Mientras que, dentro de las áreas con vegetación en su mayoría nativa, la presencia de aves fue más alta. Un estudio de aves en tres condiciones diferentes de vegetación (dos plantaciones de especies exóticas y un bosque con especies nativas), mostró una mayor presencia de especies de aves en el bosque [42]. En comparación con lo encontrado en este estudio, se podría sugerir que para la presencia de la avifauna es determinante también la presencia de especies de vegetación nativa.

Una posible causa de la poca abundancia de especies de mamíferos carnívoros es la distribución heterogénea del espacio cubierto por la vegetación en el campus, ya que los corredores biológicos presentan formas irregulares y alargadas (ver Figura 01). El gremio de los carnívoros presenta algunas exigencias respecto a su hábitat, como lo son áreas de tamaño grande [43]. Así mismo, los sitios con formas circulares u ovaladas disminuyen el efecto de borde en comparación con las áreas rectangulares o alargadas [44]. Aunado a esto, la teoría de las metapoblaciones establece que las poblaciones locales necesitan de áreas extensas que se encuentren conectadas entre sí para poder realizar una migración limitada [45], por lo que además de necesitar un espacio amplio, es necesario que el campus tenga conexión con áreas también extensas que ya posean poblaciones de mamíferos carnívoros. De la misma manera, el tamaño y forma de los fragmentos de bosque presentes en el campus podría ser un factor que limite el tamaño de las especies de mamíferos que en él pueden habitar, lo cual podría explicar la poca presencia de mamíferos pertenecientes a este gremio en el campus.

## **CONCLUSIONES**

Se evidenció una mayor diversidad de aves dentro de los corredores biológicos en comparación con las zonas de desarrollo de infraestructura, la preferencia de estadía de las aves fue en lugares con alta abundancia y densidad de vegetación.

El campus representa un sitio importante de paso y hábitat para las especies migratorias de aves que viajan a zonas tropicales para pasar el tiempo de invierno de sus hábitats originales, ya que los corredores biológicos reúnen condiciones para que estas aves puedan sobrevivir.

La diversidad de mamíferos fue mayor dentro de los corredores biológicos a diferencia del área de desarrollo de infraestructura, estas especies prefieren sitios donde la influencia humana es menor.

Los corredores biológicos fueron los sitios favorables para ser el hábitat de diversos gremios tróficos de mamíferos; sin embargo, por el tamaño reducido y forma irregular del hábitat, la presencia de especies carnívoras fue casi nula.

El tamaño y la forma de los corredores también fue una limitante para la presencia de mamíferos de tamaño grande, por lo que fue más común encontrar mamíferos de tamaño pequeño a mediano.

La cobertura por vegetación fue más abundante en los corredores biológicos del Campus Tecnológico Central Cartago, provocando a su vez una mayor diversidad florística.

En los sitios con desarrollo de infraestructura fuera de los corredores biológicos la cobertura vegetal fue dominada en su mayoría por especies de gramíneas, las cuales mantienen siempre verde estos lugares; sin embargo, la evaluación indicó que la presencia de fauna fue mayor en los espacios con índices diversidad de flora más altos, los corredores biológicos.

## RECOMENDACIONES

La funcionalidad de un corredor biológico se demuestra a partir de su eficiencia en el tiempo, por lo que es recomendable continuar con los monitoreos de fauna de los grupos estudiados en la presente investigación además de otros como reptiles y anfibios. Junto con esto incluir los espacios con las plantaciones maduras del campus, estudios a escala de paisaje y determinar métricas silviculturales de este tipo de cobertura.

El objetivo de un corredor biológico debe enfocarse en una especie sombrilla o focal, se recomienda realizar estudios poblaciones que indiquen cuál especie podría ocupar este lugar en los corredores biológicos del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica, además analizar la capacidad de carga del sitio para darle prioridad a las necesidades de hábitat que requiera, orientado la toma decisiones sobre la protección de los corredores.

Especies domésticas de animales como perros y gatos ocupan un espacio importante en la universidad, estos fueron vistos durante los monitoreos de fauna por lo que se considera pueden representar un peligro para la fauna silvestre. Con el objetivo de evitar la pérdida de especies importantes para la región, se recomienda realizar estudios que indaguen la posible influencia que tienen estas especies domésticas sobre las silvestres.

Se sugiere también realizar estudios específicos de especies invasoras que puedan ocupar el campus, ya sea de fauna o flora, para así realizar un control biológico y evitar una posible propagación masiva que atente contra la salud de la biodiversidad de los corredores biológicos.

En estudios de biodiversidad resulta conveniente combinar bases de datos y resultados con investigaciones relacionadas en espacio y tiempo; por ejemplo, en este caso es recomendable vincular este estudio con las evaluaciones que actualmente están siendo realizadas por el Museo Nacional de Costa Rica como investigación de la biodiversidad en el Gran Área Metropolitana (GAM). Es importante contar con corredores biológicos en las ciudades por lo que se recomienda además realizar estudios que sustenten el establecimiento de estos dentro del campus.



## REFERENCIAS

- [1] C. Murcia, "Edge effects in fragmented forests: implications for conservation," 1995.
- [2] H. Arias-Le Claire and N. Gamboa-Badilla, "Indicios de defaunación en comunidades de mamíferos y anfibios de mantillo en bosques bajo manejo forestal en el paisaje fragmentado del Noreste de Costa Rica," Pinar del Río, 2008.
- [3] H. Arias-Le Claire and N. Gamboa-Badilla, "Influencia de la fragmentación del bosque y el manejo forestal en la composición de especies de mamíferos en el noreste de Costa Rica.," La Habana, Jul. 2007.
- [4] S. Latimer and Peatt Alison, *Designing and Implementing Ecosystem Connectivity in the Okanagan*. 2014. [Online]. Available: <http://a100.gov.bc.ca/pub/acat/public/viewReport.do?reportId=42389> Copyright 2014. Okanagan Collaborative Conservation Program. All rights reserved.
- [5] A. M. Alonso-F., B. Finegan, C. Brenes, S. Günter, and X. Palomeque, "Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador," *Caldasia*, vol. 39, no. 1, p. 143, Jun. 2017, doi: 10.15446/caldasia.v39n1.64324.
- [6] SINAC, "PLAN ESTRATÉGICO 2018-2025 PROGRAMA NACIONAL DE CORREDORES BIOLÓGICOS DE COSTA RICA," San José, 2018. Accessed: Jun. 15, 2022. [Online]. Available: [https://enbcr.go.cr/sites/default/files/sinac\\_2018\\_planestrategico\\_programa\\_nacional\\_de\\_corredores\\_biologicos\\_costa\\_rica.pdf](https://enbcr.go.cr/sites/default/files/sinac_2018_planestrategico_programa_nacional_de_corredores_biologicos_costa_rica.pdf)
- [7] SINAC, "Corredores Biológicos," 2017. <https://www.sinac.go.cr/ES/correbiolo/Paginas/default.aspx> (accessed Jun. 15, 2022).
- [8] S. Feoli Boraschi, "Corredores biológicos: una estrategia de conservación en el manejo de cuencas hidrográficas," *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, vol. 6, no. 17, 2009.
- [9] P. Gastezzi Arias, V. Alvarado García, and G. Pérez Gómez, "La importancia de los ríos como corredores interurbanos," *Biocenosis*, vol. 31, no. 2, 2017.
- [10] A. F. Bennett, "Enlazando el Paisaje El Papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre," Gland, Suiza y Cambridge, RU, 1998.
- [11] K. L. Sánchez Barrera and L. R. Rodríguez Carias, "Determinación de parámetros para corredores biológicos de uso múltiple: el caso de Texiguat, El Paraíso, Honduras," Zamorano, Honduras, Oct. 2010.
- [12] M. Potthast and S. Geppert, "Corredores Biológicos Interurbanos: Fusionando el capital construido y el capital natural de la ciudad," *AMBIENTICO*, no. 272, pp. 5–12, Oct. 2019, [Online]. Available: [www.ambientico.una.ac.cr](http://www.ambientico.una.ac.cr)
- [13] M. Torres-Morales and J. Calvo-Alvarado, "Carta de intenciones entre el Corredor Biológico Ribereño Interurbano Subcuenca Reventado Agua Caliente (COBRI SURAC) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica." Cartago, May 2019.

- [14] S. H. Vega Tulmo, "Diagnóstico de la fauna existente en la zona Jatun Juigua Yacubamba (mamíferos, aves y anfibios) con el fin de elaborar una propuesta para declarar como área protegida de la comunidad," Universidad técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2013.
- [15] S. E. Chediack, "Conceptos generales sobre biodiversidad y manejo de recursos naturales," in *Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué?*, Tlalpan, México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009, pp. 13–27. [Online]. Available: [www.cbmm.gob.mx](http://www.cbmm.gob.mx)
- [16] Tecnológico de Costa Rica, "Campus Tecnológico Central Cartago," 2021. <https://www.tec.ac.cr/ubicaciones/campus-tecnologico-central-cartago> (accessed Apr. 30, 2021).
- [17] M. Quirós Quesada, "Definición de áreas de conservación vegetal en el campus central y propuesta de restauración, Tecnológico de Costa Rica," Nov. 2016.
- [18] F. G. Stiles and A. F. Skutch, *Guía de Aves de Costa Rica*, 4th ed. Santo Domingo: INBio, 2007.
- [19] R. Garrigues and R. Dean, *Aves de Costa Rica, Guía de campo*, 2nd ed. Zona Tropical, 2014.
- [20] E. Carrillo, G. Wong, and J. Sáenz, *Mamíferos de Costa Rica*, 2nd ed. Santo Domingo: INBio, 2002.
- [21] M. Wainwright, *The Mammals of Costa Rica*, vol. 1. Zona Tropical, 2007.
- [22] Johanna Hurtado A. and Carlomagno Soto C., "Manual para el monitoreo participativo de vertebrados terrestres a través de cámaras trampa en Costa Rica," Santo Domingo, Heredia, Costa Rica, 2017.
- [23] F. J. Alcaraz Ariza, "El método fitosociológico," Feb. 2013.
- [24] M. Salazar-Chacón, "Fauna del TEC," Cartago, 2021.
- [25] L. A. Guzmán, L. E. Tuninetti, and D. Mizdraje, "Relación de la humanidad con la naturaleza, las perturbaciones y el turismo Humanity's Relationship with Nature, Disturbances and Tourism and Le rapport entre l'être humain, la nature, les perturbations et le tourisme," *Espiga*, vol. 21, no. 43, pp. 40–61, 2022, [Online]. Available: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/espiga>
- [26] P. R. Stevenson and M. E. Rodríguez, "Determinantes de la composición florística y efecto de borde en un fragmento de bosque en el Guaviare, Amazonia Colombiana," *Revista Colombia Forestal*, vol. 11, pp. 5–17, Dec. 2008.
- [27] L. Tischendorf and L. Fahrig, "On the usage and measurement of landscape," *OIKOS*, vol. 90, pp. 7–19, 2000.
- [28] Y. Araya-Jiménez, "Efectividad de estructuras para el paso de fauna silvestre en la Ruta Nacional No 4, Bajos de Chilamate - Vuelta Kooper, Costa Rica," 2019. Accessed: Jun. 15, 2022. [Online]. Available: <https://pantheracostarica.org/wp-content/uploads/2020/02/4.pdf>

- [29] D. F. López-Herrera, M. León-Yusti, S. C. Guevara-Molina, and F. Vargas-Salinas, "Reptiles en corredores biológicos y mortalidad por atropellamiento vehicular en Barbas-Bremen, departamento del Quindío, Colombia," *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 40, no. 156, p. 484, Oct. 2016, doi: 10.18257/raccefyn.334.
- [30] G. J. Colorado Zuluaga, J. L. Vásquez Muñoz, and I. N. Mazo Zuluaga, "Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en santa elena (Medellín, Colombia)," *Acta Biologica Colombiana*, vol. 22, no. 3, pp. 379–393, 2017, doi: 10.15446/abc.v22n3.63013.
- [31] Y. León-Alfaro, "Análisis de fragmentación y conectividad del bosque en la subcuenca del río Tapezco, Costa Rica: conectando el bosque para proteger el agua," *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, vol. 28, no. 1, pp. 102–120, 2019, doi: 10.15446/rcdg.v28n1.67969.
- [32] S. Crimmins, J. W. Edwards, and J. M. Hoube, "Canis latrans (Coyote) Habitat Use and Feeding Habits in Central West Virginia," *Northeastern Naturalist*, vol. 19, no. 3, pp. 411–420, 2012, doi: 10.2307/41684250.
- [33] M.-A. Maglianesi, *Avifauna Neotropical: Ecología y Conservación*, 1st ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2022.
- [34] C. Morera-Beita, L. F. Sandoval-Murillo, and L. D. Alfaro-Alvarado, "Evaluación de corredores biológicos en Costa Rica: estructura de paisaje y procesos de conectividad fragmentación," *Revista Geográfica de América Central*, vol. 1, no. 66, pp. 129–155, 2021, doi: 10.15359/rgac.66-1.5.
- [35] B. Maruiri-Aguilar, A. I. García-Valdés, and R. Pineda-López, *Las aves del Jardín Botánica Regional de Cadereyta: una presencia interpretada*. Querétaro: Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, 2013. [Online]. Available: [www.concyteq.edu.mx](http://www.concyteq.edu.mx)
- [36] A. J. Matthey Trigueros, D. Matthey Trigueros, J. Navarro Picado, and L. Piedra-Castro, "Diversity and activity patterns of medium and large terrestrial mammals in the Lapa Verde Wildlife Refuge, Heredia, Costa Rica," *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 56, no. 1, pp. 242–258, Jan. 2022, doi: 10.15359/rca.56-1.12.
- [37] IUCN Red List, "Agouti, Cuniculus paca," 2016. <https://www.iucnredlist.org/species/699/22197347> (accessed Jun. 16, 2022).
- [38] A. Alvarado, "Caracterización florística de los hábitats utilizados por el tepezcuintle, cuniculus paca (Linneo, 1766; rodentia: cuniculidae) en el piso basal del Parque Nacional Carara, Costa Rica," Licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2010.
- [39] Y. Martínez-Ceceñas, E. J. Naranjo, Y. Hénaut, and A. Carrillo-Reyes, "Ecología alimentaria del tepezcuintle (Cuniculus paca) en áreas conservadas y transformadas de la Selva Lacandona, Chiapas, Mexico," *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 89, no. 2, pp. 507–515, Jun. 2018, doi: 10.22201/ib.20078706e.2018.2.2127.
- [40] C. Guzmán-Aguirre, "Uso, preferencia de hábitat y aprovechamiento del tepezcuintle, Cuniculus paca (Linneo, 1766) en el Parque Estatal de la Sierra de Tabasco, México," Instituto

de Ecología A.C., Xalapa, 2008. Accessed: Jun. 17, 2022. [Online]. Available: <https://docplayer.es/92711920-Uso-preferencia-de-habitat-y-aprovechamiento-del-tepezcuintle-cuniculus-paca-linneo-1766-en-el-parque-estatal-de-la-sierra-de-tabasco-mexico.html>

- [41] A. S. Quiñonez and F. Hernandez, "Habitat use and conservation status of birds from El Paraíso wetland, Lima, Peru," *Revista Peruana de Biología*, vol. 24, no. 2, pp. 175–186, Jul. 2017, doi: 10.15381/rpb.v24i2.13494.
- [42] M. González, "Riqueza y caracterización ecológica de aves en bosque nativo y plantaciones exóticas (Prusia, Costa Rica)," *Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 9, no. 2, pp. 226–235, Dec. 2017, Accessed: Jun. 15, 2022. [Online]. Available: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v9n2/1659-4266-cinn-9-02-00226.pdf>
- [43] J. Navarro and A. Gómez, "Diversidad de mamíferos terrestres en bosques cercanos a cultivos de piña, Cutris de San Carlos, Costa Rica.," *Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 7, no. 1, pp. 59–65, Jun. 2015.
- [44] D. Saunders, R. Hobbs, and C. Margules, "Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review," *Conservation Biology*, vol. 5, no. 1, pp. 18–32, Mar. 1991.
- [45] H. Rojas-Castro and S. Araya-Crisóstomo, "Medidas de conservación ex situ: Un enfoque metapoblacional a partir del modelo clásico de Levins," *Gayana (Concepción)*, vol. 83, no. 1, pp. 46–56, Jun. 2019, doi: 10.4067/S0717-65382019000100046.