

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y  
CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DEL BOSQUE EN UN  
GRADIENTE ALTITUDINAL DEL CORREDOR BIOLÓGICO  
ALEXANDER SKUTCH, PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA  
EN INGENIERÍA FORESTAL**

**VARGAS GÓMEZ YOSELYN**

**CARTAGO, COSTA RICA**

**2023**

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica



**YORK**   
UNIVERSITÉ  
UNIVERSITY



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y  
CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DEL BOSQUE EN UN  
GRADIENTE ALTITUDINAL DEL CORREDOR BIOLÓGICO  
ALEXANDER SKUTCH, PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA  
EN INGENIERÍA FORESTAL**

**VARGAS GÓMEZ YOSELYN**

**CARTAGO, COSTA RICA**

**2023**

# ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DEL BOSQUE EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DEL CORREDOR BIOLÓGICO

ALEXANDER SKUTCH, PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA

Yoselyn Vargas Gómez\*

## Resumen

Se midió todos los árboles mayores o iguales a 10 cm de diámetro ( $DAP \geq 10$  cm) en cuatro parcelas permanentes de muestreo (PPM) de 3600 m<sup>2</sup> (60x60m) en un gradiente altitudinal de 700 – 1300 msnm dentro del Corredor Biológico Alexander Skutch (CoBAS). Se obtuvo un total de 976 individuos, 43 familias, 79 géneros y 102 especies. La dominancia en la composición florística del Refugio de Aves “Los Cusingos” se presentó con la familia Arecaceae con la palma *Socratea exorrhiza* que sumó 114 individuos del total de la población efectiva y la familia Lauraceae. Además, este refugio registró un área basal de 30,6 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. En la Reserva Biológica “Las Nubes” la dominancia fue por las familias Chloranthaceae y Dipetodontaceae y presentó un área basal de 21,4 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. Por su parte, el índice de similitud *Sørensen-Dice* sugirió que las parcelas establecidas se parecen entre sí en casi la mitad de su población, con un valor de 47,8%. La diversidad de Shannon se encontró dentro del rango llamado alta diversidad con un valor de 3,6 para el Refugio de Aves “Los Cusingos” y para la Reserva Biológica “Las Nubes” un valor de 2,14 interpretado como media diversidad. Se analizó la conectividad estructural a través de imágenes satelitales en el complemento de Qgis- LecoS; obteniendo que el número de fragmentos de *Cobertura forestal* dobla la cantidad de fragmentos de la *Cobertura no forestal*, concluyendo que, al mismo tiempo de que el CoBAS posee menor densidad de *Cobertura forestal* respecto a la *No forestal*; la cobertura forestal que posee se encuentra más fragmentada. Con base a los resultados obtenidos, se conformó una estrategia de conservación para el CoBAS.

## Palabras clave

Conectividad estructural, Corredor biológico, Gradiente altitudinal, Composición florística, CoBAS.

## Abstract

All trees greater than or equal to 10 cm in diameter ( $DBH \geq 10$  cm) were measured in four permanent sampling plots (PSP) of 3600 m<sup>2</sup> (60x60m) in an altitudinal gradient of 700 - 1300 m.a.s.l within the Alexander Skutch Biological Corridor (CoBAS). A total of 976 individuals, 43 families, 79 genera and 102 species were obtained. The dominance in the floristic composition of the "Los Cusingos" Bird Refuge was presented by the Arecaceae family with the *Socratea exorrhiza* palm, which accounted for 114 individuals of the total effective population, and the Lauraceae family. In addition, this refuge registered a basal area of 30.6 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. In the "Las Nubes" Biological Reserve, the Chloranthaceae and Dipetodontaceae families dominated, with a basal area of 21.4 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. The *Sørensen-Dice* similarity index suggested that the established plots resembled each other in almost half of their population, with a value of 47.8%. Shannon diversity was found to be within the range called high diversity with a value of 3.6 for "Los Cusingos" Bird Refuge and for "Las Nubes" Biological Reserve a value of 2.14 interpreted as medium diversity. Structural connectivity was analyzed through satellite images in the Qgis-LecoS complement; obtaining that the number of *Forest cover* fragments doubles the number of *Non-forest cover* fragments, concluding that, at the same time that the CoBAS presents a lower density of *Forest cover* compared to *Non-forest cover*, said forest cover is more fragmented. Based on the results obtained, a conservation strategy was developed for the CoBAS.

## Keywords

Structural connectivity, Biological corridor, Altitudinal gradient, Floristic composition, CoBAS.

\* Vargas Gómez, Y. 2023. Estructura, composición florística y conectividad estructural del bosque en un gradiente altitudinal del Corredor Biológico Alexander Skutch, Pérez Zeledón, Costa Rica. Tesis de licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. pág 64.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

## Constancia de defensa pública de proyecto de graduación

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por Ph.D. Ruperto Quesada Monge, Ph.D. Luis Guillermo Acosta Vargas y Ph.D. Nancy Gamboa Badilla, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

---

Nancy Gamboa Badilla Ph.D.  
Directora de tesis

---

Ruperto Quesada Monge Ph.D.  
Profesor lector

---

Luis Guillermo Acosta Vargas Ph.D.  
Profesor lector




---

José Antonio Araya Orozco Lic.  
Representante del CCT

---

Dorian Carvajal Vanegas M.Sc  
Coordinador Trabajos Finales de Graduación



---

Yoselyn Vargas Gómez  
Estudiante

## **Dedicatoria**

¡A Dios!

Porque esta carrera siempre fue de Él

Que me impulsó a iniciar y sostuvo todo mi paso

## **Agradecimientos**

A Dios que me permite concluir esta etapa

A Cristel Baltodano y Sandy Barrantes, por impulsarme a vencer todos los obstáculos que nos presentó el bosque; sin ustedes poco hubiese avanzado.

A los profesores Quirico Jiménez y Nelson Zamora por su inmenso aporte en la identificación de las especies.

A la profesora Nancy por su voto de confianza y empatía en este largo proceso.

A toda mi familia por sus detalles e impulsarme en toda la carrera.

A todos mis compañeros, por su apoyo académico y emocional, en especial a Nicole Aguilar, Angie Rodríguez, Orlando Jiménez y a todos con los que estreché relaciones y buenos momentos en las giras.

A José Araya, por su paciencia cada vez que me desorientaba en el bosque y compartir sus conocimientos en dendrología. Y a todos funcionarios del Refugio de Aves los Cusingos, por estar anuentes en los detalles en especial a Lizeth Hidalgo.

Al Centro Científico Tropical por permitirme ampliar mis conocimientos e incluirme en sus proyectos de investigación.

*In memoriam* Marcial Méndez, mi padre, que me apoyó hasta las últimas consecuencias.

## Índice general

Resumen.....	III
Abstract.....	IV
Constancia de defensa pública de proyecto de graduación.....	V
Dedicatoria.....	VI
Agradecimientos .....	VII
Índice general.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
Índice de cuadros .....	IX
Índice de anexos.....	X
1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	3
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos.....	3
3. Metodología.....	4
Área de estudio .....	4
Estructura y composición florística .....	5
Conectividad estructural .....	10
Proceso para generar la propuesta de conservación.....	14
4. Resultados.....	14
Composición florística.....	14
Conectividad estructural .....	23
5. Discusión .....	25
Zonas de Vida y composición florística .....	25
Conectividad estructural .....	30



6. Propuesta de conservación .....	32
Visión a futuro .....	38
7. Conclusiones.....	39
8. Recomendaciones .....	41
9. Referencias bibliográficas .....	42
10. Anexos.....	51

## **Índice de figuras**

Figura 1. Ubicación del Corredor Biológico Alexander Skutch, Pérez Zeledón, Costa Rica. ...	4
Figura 2. Abundancia (%) según familias del bosque presente en Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica. ....	16
Figura 3. Abundancia de las especies con mayor IVI, según clase diamétrica del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica.....	18
Figura 4. Abundancia (%) según familias del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón Costa Rica .....	21
Figura 5. Fragmentación del paisaje del Corredor Biológico Alexander Skutch .....	24

## **Índice de cuadros**

Cuadro 1. Zonas de Vida presentes en el Corredor Biológico Alexander Skutch, Pérez Zeledón, Costa Rica.....	5
Cuadro 2. Definición de las métricas del paisaje analizadas con el complemento LecoS. ....	11
Cuadro 3. Número de individuos, diámetro y área basal del bosque presente en Refugio de Aves “Los Cusingos” Pérez Zeledón, Costa Rica. ....	15

Cuadro 4. Especies forestales con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en el bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica. ....	15
Cuadro 5. Área basal por especie según clasificación diamétrica del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica. ....	15
Cuadro 6. Similitud entre parcelas del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica.....	17
Cuadro 7. Índices de diversidad del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica.....	19
Cuadro 8. Número de individuos, diámetro y área basal del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes” Pérez Zeledón, Costa Rica.....	20
Cuadro 9. Especies forestales con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en el bosque presente en el Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón, Costa Rica.....	20
Cuadro 10. Área basal por especie según clasificación diamétrica del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes” Pérez Zeledón, Costa Rica.....	21
Cuadro 11. Similitud entre parcelas del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón, Costa Rica.....	22
Cuadro 12. Índices de diversidad del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón, Costa Rica.....	22
Cuadro 13. Métricas de conectividad del paisaje según la cobertura forestal analizadas con el complemento LecoS .....	24

## **Índice de anexos**

Anexo 1. Fragmentación del paisaje del Corredor Biológico Alexander Skutch con ruta de conectividad alterna.....	51
Anexo 2. Lista de especies encontradas en las PPM del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica. ....	51
Anexo 3. Lista de especies encontradas en las PPM del bosque presente en el Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón, Costa Rica.....	53

## 1. Introducción

Alexander Skutch, botánico de la universidad Johns Hopkins; después de varios viajes por Centroamérica, en 1941 decide establecerse en el Valle de El General, al sur de Costa Rica, con el propósito de estudiar la avifauna. Sin embargo, sus conocimientos en botánica lo instaron a la siembra de especies ornamentales y frutales para la atracción de aves. Con ello estaba forjando la unión de fragmentos de bosques en la zona, separados en aquella época principalmente por la ganadería, la agricultura y los asentamientos humanos [1].

Con estas prácticas se formó la línea base de conservación para que en el año 2006 se firmara oficialmente la creación del Corredor Biológico Alexander Skutch (CoBAS), dos años después de la muerte del botánico [2]. Actualmente, este corredor biológico es gestionado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y se encuentra inscrito en el Programa Nacional de Corredores Biológicos (PNCB) del país. Como actores clave dentro del Comité local del CoBAS se encuentra el Centro Científico Tropical (CCT) y la Universidad de York.

En Costa Rica, las actividades de origen antropogénico y los procesos naturales han generado cambios en el uso del suelo, los cuales se reflejan en la estructura y composición del paisaje [3]. Pues cuanto más pequeños son los fragmentos de bosque resultantes de estos eventos, menor será la densidad de las poblaciones de flora y fauna en el ecosistema, y por consiguiente mayor será el riesgo de extinción de especies en el hábitat natural [4]. Esta situación ha llegado a tener un gran lugar dentro de las preocupaciones de los últimos gobiernos. Por ello, una de las estrategias de conservación implementadas ha sido el establecimiento de corredores biológicos. Actualmente los corredores biológicos cubren el 32 % del territorio nacional. La mayoría de ellos inscritos en el PNCB que tiene como propósito la gestión local para aumentar la conectividad entre masas forestales, disminuir el riesgo de extinción y mitigar los procesos de fragmentación que enfrenta el paisaje natural del país [5]. En este contexto el CoBAS tiene como uno de sus objetivos mantener la conectividad con áreas silvestres protegidas estatales como el Parque Nacional Chirripó y aumentar la conectividad con reservas privadas como la Reserva Biológica Las Nubes y el Refugio de Aves Dr. Alexander Skutch “Los Cusingos”.

El CoBAS, a pesar de ser un proyecto regional y de importancia mundial al conservar la biodiversidad y el desarrollo sostenible [6]; no ha logrado conformar un registro del crecimiento e identificación de la comunidad vegetal, por lo tanto, se desconoce la estructura y composición florística a lo largo de las variaciones de altitud que presenta el corredor. Siendo la altitud, un factor ambiental que provoca que las especies que conforman una comunidad vegetal respondan de maneras diferentes. La elevación es muy importante en la estructura, riqueza y composición de las comunidades vegetales pues evidencia la combinación de varios factores climáticos simultáneamente [7].

El cambio en el gradiente de elevación limita el crecimiento y distribución de bosques premontanos tropicales, ya que existe una marcada disminución en la riqueza de especies, número de especies leñosas e incluso las propiedades químicas del suelo cambian a medida que incrementa la altitud y desciende la temperatura [8]. Finalmente, los estudios de cambios en la composición florística y distribución de las especies de flora en rangos altitudinales en los bosques tropicales permiten conocer mejor la dinámica de los bosques; sin embargo, es información que hasta ahora ha sido muy escasa para los trópicos [9].

Por esta razón, al existir un vacío de información relevante para la toma de decisiones de conservación, el objetivo del presente estudio fue establecer parcelas permanentes de muestreo (PPM) a lo largo de un gradiente altitudinal y evaluar la estructura, composición florística y la conectividad estructural del Corredor Biológico Alexander Skutch.

## **2. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la estructura, composición florística y conectividad estructural del bosque a lo largo de un gradiente altitudinal del Corredor Biológico Alexander Skutch para conservación del paisaje.

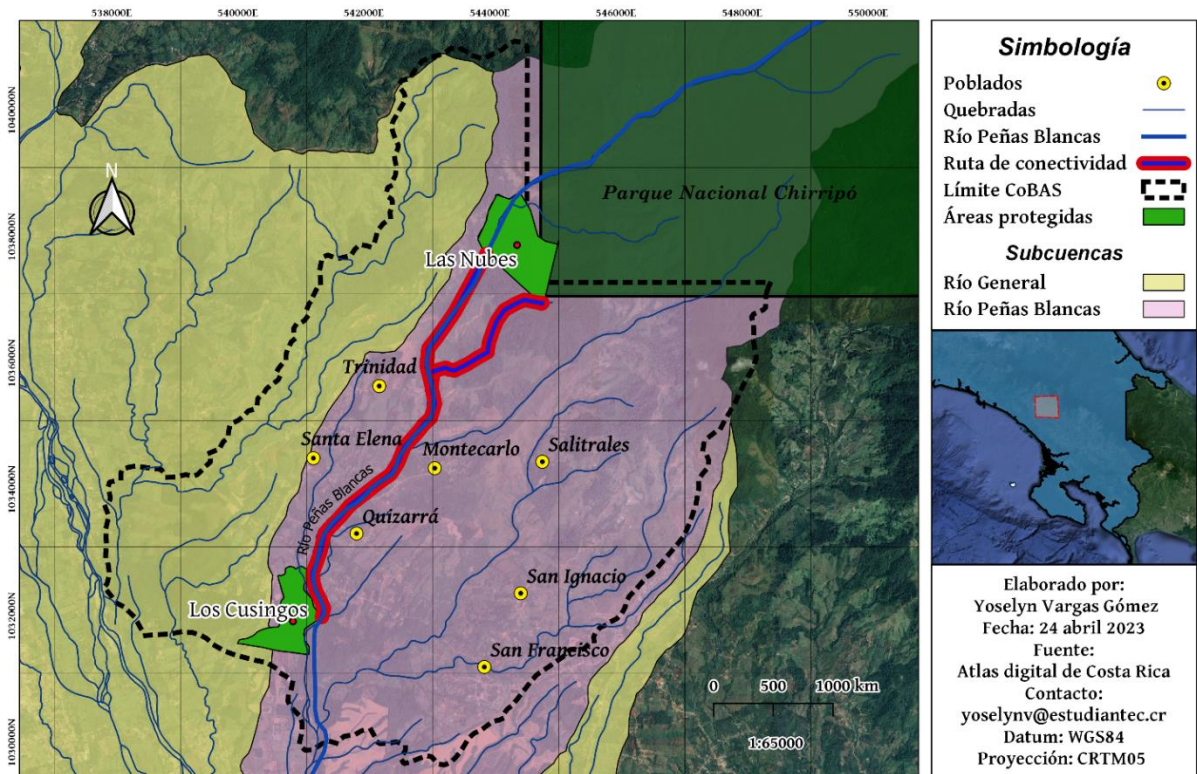
### **Objetivos específicos**

- a) Caracterizar la estructura y composición florística del bosque en el gradiente altitudinal presente en el Corredor Biológico Alexander Skutch.
  
- b) Analizar la conectividad estructural del hábitat en el paisaje del Corredor Biológico Alexander Skutch.
  
- c) Generar una propuesta de acciones para la conservación del Corredor Biológico Alexander Skutch.

### 3. Metodología

#### Área de estudio

El estudio se desarrolló en el Corredor Biológico Alexander Skutch (CoBAS) situado en el cantón de Pérez Zeledón, provincia de San José. El CoBAS posee una extensión de 6012 ha distribuidas en los distritos de Cajón (63%) y El General (37%). Abarca las comunidades de: Quizarrá, Santa Elena, Montecarlo, San Francisco, San Ignacio, Santa Marta, Santa María y Trinidad, conformando una gran zona de amortiguamiento para los Parques Nacionales Chirripó y La Amistad. Este corredor biológico pertenece al Área de Conservación La Amistad Pacífico ACLAP y se ubica en las coordenadas 9°20'34.872" Latitud Norte, 83° 36' 12.925" Longitud Oeste (Figura 1) Limita al norte con el Parque Nacional Chirripó y la Reserva Biológica Las Nubes, al sur con el Refugio de Aves Dr. Alexander Skutch “Los Cusingos”, al este con el Río Calientillo y al oeste continúa la trayectoria de la quebrada La Hermosa [10].



**Figura 1.** Ubicación del Corredor Biológico Alexander Skutch, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Dentro del territorio del CoBAS se escogieron dos sitios de estudios con una diferencia altitudinal, el Refugio de Aves Dr. Alexander Skutch “Los Cusingos” y la Reserva Biológica “Las Nubes”. El refugio cuenta con un área de 77 hectáreas de bosque muy húmedo premontano a 700 m.s.n.m, mientras que la reserva cuenta con un área de 124 hectáreas de bosque húmedo primario de montaña y una altitud entre 1100 y 1800 m.s.n.m. Estos sitios se consideraron clave, por ser los destinos de la ruta de conectividad oficial establecida por el corredor.

Según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge [11] la mayor parte del territorio del Corredor Biológico Alexander Skutch se encuentra en la zona de vida (bp-P) Bosque pluvial Premontano, que presenta una precipitación media anual entre 4000-8000 mm y una temperatura media anual de 12,18 °C. Esta zona de vida representa un 37,7% de la superficie del corredor. Sin embargo, el CoBAS está inmerso en tres zonas de vida diferentes, tal como se muestra en el (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Zonas de vida presentes en el Corredor Biológico Alexander Skutch, Pérez Zeledón, Costa Rica.

<b>Zona de Vida</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Superficie (%)</b>	<b>Precipitación (mm/año)</b>	<b>Temperatura (C°/año)</b>
Bosque pluvial Montano Bajo (bp-MB)	321,4	5,3	4000-8000	12 - 18
Bosque pluvial Premontano (bp-P)	3428,6	57,0	4000-8000	18 - 24
Bosque muy húmedo Premontano (bmh-P)	2276,1	37,7	2000-4000	18 - 24

Fuente: Centro Científico Tropical (CCT) [10].

## **Estructura y composición florística**

### ***Restablecimiento de parcelas permanentes de muestreo existentes***

Se restablecieron dos parcelas permanentes de muestreo (PPM) de 3600 m<sup>2</sup> (60 x 60 m), existentes en el Refugio de Aves Alexander Skutch, ubicadas a una altitud de 700 msnm. Estas parcelas fueron establecidas y medidas en el año 2014 y posteriormente en el año 2018. Para el establecimiento se colocó cinta topográfica en cada vértice, con un par ordenado escrito según su posición, tomando uno de los vértices como (0,0) y continuando con las subparcelas según

el eje de coordenadas de un plano cartesiano. Estas parcelas ya existentes se utilizaron como modelo para establecer las parcelas en la Reserva Biológica Las Nubes.

En cada PPM se establecieron nueve subparcelas de 20 x 20 m, donde se midió con cinta diamétrica todos los árboles con diámetro mayor a 10 cm ( $DAP \geq 10$  cm) medido a 1,30 m del suelo. Se registró el número de placa de cada individuo e identificó la especie. Se utilizó una escalera para medir el DAP en los individuos que presentaban gambas o alguna dificultad para obtener el diámetro a 1,30 m del suelo; especialmente en la palmera *Socratea exorrhiza* por sus raíces fúlcreas. Se plaqueó y codificó cada uno de los individuos a los que se les cayó la placa anterior y se plaquearon los individuos que ingresaron a la base de datos. Para la estructura vertical se determinaron las variables de posición de copa, forma de copa y presencia de lianas. Para la medición de la posición de copa la clasificación se realizó con cinco pisos; con valores del 1 al 5, donde 1 se refería a un árbol que se encontraba en el dosel recibiendo luz desde todos los ángulos y 5 se refería a un árbol que se encontraba completamente en el sotobosque y sin luz directa [12]. La categorización en la forma de copa se realizó con valores de 1 si la vista desde abajo tenía una forma similar a un círculo y 5 cuando la copa tenía pocas o ninguna rama [13]. Por último, la presencia de lianas se evaluó con valores de 1 cuando no presentaba lianas y 5 cuando toda la copa estaba cubierta de lianas [14]. Para la identificación taxonómica a nivel de familia, género y especie, se tomaron muestras con una podadora de extensión en los individuos con ramas bajas y fotografías de las hojas en los individuos que presentaron gran altura. Además, se tomaron observaciones de campo y las muestras colectadas se trasladaron para fotografiarlas e identificarlas con ayuda del inventario de flora nacional [15], el Manual de plantas de Costa Rica [16] y contactos directos con dendrólogos especialistas del país.

### ***Establecimiento de parcelas permanentes de muestreo***

Se establecieron dos PPM con un área de 3600 m<sup>2</sup> (60 x 60m) a una altitud de 1200 msnm en La Reserva Biológica Las Nubes, como punto de mayor altitud en el gradiente. Después de fijar un punto de inicio se midieron 20 m con rumbo definido consecutivamente hasta sumar 60m. De esta forma, se cerró la primera subparcela. Posteriormente, se sumó 90° hacia la izquierda, y así consecutivamente hasta cerrar todas las subparcelas. Se colocó cinta topográfica con un



par ordenado escrito según su posición, tomando uno de los vértices como (0,0) y continuando con las subparcelas según el eje de coordenadas de un plano cartesiano. En los vértices exteriores se enterraron cuatro tubos PVC de 5 cm de diámetro y 1m de largo y se tomó un punto de GPS en cada uno de ellos. Para dividir las subparcelas se utilizó tubo PVC de alta presión de 1,5 cm de diámetro y 1,40 m de largo. Se pintó el extremo superior de cada tubo con pintura aerosol rosa fluorescente, esto para aumentar la visibilidad en el bosque.

Se midió con cinta diamétrica todos los árboles mayores a 10 cm de diámetro ( $DAP \geq 10$  cm) medido 1,30 m del suelo, ubicados dentro de las nueve subparcelas de 20 x 20 m. Se plaquéó con etiquetas de aluminio de blanda escritura y clavos de hierro de 1 1/2", llevando un número consecutivo (por ejemplo: P1-02-03, donde P1: Parcela 1, 02: Individuo 2, 03: Subparcela 3). Se tomó muestra con podadora de extensión de los individuos con ramas bajas y se tomó fotografías de las hojas de los individuos de gran altura para su posterior identificación. Utilizando el mismo procedimiento de medición de las parcelas existentes se realizó la categorización para la posición y forma de copas, así como la presencia de lianas.

### ***Análisis de la información***

#### ***Área basal***

Se calculó el área basimétrica ( $m^2$ ) para los dos sitios de estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$g = \frac{\pi}{4} * \left( \frac{d}{100} \right)^2$$

Donde:

g: área basimétrica

d: diámetro de cada individuo (cm)

Posteriormente, con el área basimétrica se calculó el área basal por hectárea ( $m^2/ha$ ) con base en la siguiente regla de tres:

$$G = \frac{10\,000\ m^2}{X} \rightarrow \frac{(2 * 3600\ m^2)}{\sum G}$$

Donde:

G: área basal (m<sup>2</sup>/ha)

X: incógnita (m<sup>2</sup>/ha)

### *Gremios ecológicos*

Todos los individuos muestreados fueron clasificados según su gremio ecológico, basado en los comportamientos de las especies ante las gradientes ambientales de luz y suelo [17]. La asignación se realizó utilizando la literatura [18] y cuando no fue posible asignar un gremio ecológico a un individuo, se otorgó la categoría “indeterminado”, como lo sugiere el Manual de procedimientos para estándares de sostenibilidad para manejo de bosques [19].

### *Índice de valor de importancia*

Como componente esencial de la composición florística, se determinó el índice valor de importancia (I.V.I) de las especies según lo describe [Lamprecht]. Este valor se obtuvo a través de la sumatoria de los valores relativos de abundancia, dominancia y frecuencia [20].

$$IVI = A_r + D_r + F_r$$

Donde:

IVI: índice de valor de importancia

A<sub>r</sub>: abundancia relativa

D<sub>r</sub>: dominancia relativa

F<sub>r</sub>: frecuencia relativa

### *Distribución diamétrica*

Se realizó una distribución de la abundancia y área basal por categorías diamétricas de las 10 especies que presentaron mayor I.V.I.

### *Índices de diversidad y similitud*

Se calcularon los índices de diversidad Simpson (D), Margalef ( $D_{Mg}$ ), Shannon-Wiener (H) y el índice de equitatividad de Pielou (J), así como los índices de similitud de Sørensen-Dice (SD) y Chao-Jaccard (CJ). Lo anterior, utilizando el programa Microsoft Excel y el programa estadístico PAST 4.03. Se utilizaron las siguientes fórmulas:

a) Índice Simpson (D)

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

Donde:

D: índice de Simpson

n: número total de individuos de una especie

N: número total de individuos

b) Índice de Margalef ( $D_{Mg}$ )

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde:

$D_{Mg}$ : índice de Margalef

S: número de especies

N: número total de individuos

c) Índice de Shannon (H')

$$H = - \sum_{i=1}^S p_{i_1} * \ln (p_{i_1})$$

Donde:

H: Índice de Shannon

i: cada especie

S: número total de especies

pi: abundancia relativa de cada especie de la comunidad

d) Índice de equitatividad Pielou´ (J)

$$J = \frac{H}{\ln(S)}$$

Donde:

J: índice de equitatividad de Pielou´

H = índice de diversidad de Shannon

S = número de especies (o riqueza)

e) Similitud de Sørensen-Dice (SD) y Chao Jaccard (CJ)

$$SD = \frac{2c}{a+b} * 100 \qquad CJ = \frac{c}{a+b-c} * 100$$

Donde:

SD: índice de similitud de Sørensen

CJ: índice de similitud de Jaccard

a: número de especies que aparecen en la comunidad A

b: número de especies que aparecen en la comunidad B

c: número de especies que aparecen en ambas comunidades

### **Conectividad estructural**

Para analizar la fragmentación del paisaje se utilizó el programa QGIS. Se usó el complemento Landscape Ecology Statistics (LecoS) para la cuantificación de índices y métricas de paisaje [21]. Además, se usó Google Earth para la visualización rápida y verificación de datos.

### ***Procesamiento de las capas***

Se tomaron las capas de cobertura 2005 y cobertura 2012 del Atlas Digital 2014 [22]. Para poder utilizarlas con el complemento LecoS. El corredor biológico se clasificó según el uso de la tierra, utilizando como referencia el Manual para la interpretación de imágenes de sensores remotos de las principales coberturas y usos de la tierra de Costa Rica [23]. Posteriormente, para la mejor interpretación de las imágenes se realizó una nueva categorización de la cobertura en la que se redujo a dos clases: a) Forestal y b) No forestal. Para ello, primero se actualizaron los usos del suelo verificando los polígonos de las capas con la imagen satelital de *Google Hybrid*. Para analizar el paisaje a través del complemento LecoS, fue necesario convertir a formato ráster la capa vectorial obtenida del proceso anterior. De esta manera la capa queda en formato ráster con valores numéricos en cada píxel que permitieron realizar el análisis con la herramienta LecoS.

### ***Selección de las métricas del paisaje***

El complemento LecoS, presentó como resultado cada una de las métricas del paisaje seleccionadas en una tabla de atributos o bien en un archivo CSV. Para este estudio, se seleccionaron las más significativas, ya que los índices del paisaje son expresiones cuantitativas utilizadas para describir los tipos de bosque, formas de fragmentos, bordes de fragmentos y disposición de estos en el espacio [24]. En el Cuadro 2 se brinda a detalle la definición según [McGarigal] [25] de las principales métricas de paisaje que fueron seleccionadas para este estudio.

**Cuadro 2.** Definición de las métricas del paisaje analizadas con el complemento LecoS.

<b>Métrica de paisaje</b>	<b>Descripción</b>
<b><i>Área total</i></b>	Extensión total de cada clase en estudio (m <sup>2</sup> ) dividido por 10 000, para expresarlo en hectáreas.
<b><i>Número de parches</i></b>	Se analiza a nivel de clase y de paisaje. Da una indicación del grado de fragmentación, especialmente si en su estado inicial la región era relativamente homogénea en cuanto al tipo de hábitat

---

<i>Densidad de borde</i>	<p>o uso de la tierra. Cuanto mayor es la cantidad de fragmentos, más fino es el grano del mosaico y la heterogeneidad se percibe a escala espacial inferior. Si la cobertura presenta mayor irregularidad en la forma de sus fragmentos, la densidad de borde será mayor. A mayor densidad de borde, mayor impacto de las coberturas circundantes y su influencia en el grado de su conectividad.</p>
<i>Densidad de fragmentos</i>	<p>Permite comparar territorios de tamaños diferentes. Expresa el número de fragmentos de un tipo de cobertura en 100 hectáreas. El valor mínimo de NP ocurre cuando el total del paisaje es dominado por un solo fragmento que ocupa toda el área de este. Un mosaico con mayor densidad de fragmentos es más heterogéneo; una clase con mayor densidad de fragmentos está más fragmentada.</p>
<i>Área media de parches</i>	<p>Media aritmética de un conjunto de valores es el resultado que se obtiene al dividir la suma de esos valores entre el número de ellos.</p>
<i>Índice de fragmento más grande</i>	<p>Porcentaje que ocupa el fragmento más grande en el total del tipo de coberturas si se calcula en el nivel de clase. Se aproxima a 0 cuando el área de fragmento más grande de la clase correspondiente es muy pequeña y es igual a 100 cuando el total del paisaje consiste en un solo fragmento que ocupa el 100% del área de este.</p>
<i>Mayor área de parche (ha)</i>	<p>El parche que suma el mayor número de celdas; al final, para mostrar el área exacta, se multiplica el número por el valor de la celda.</p>
<i>Menor área de parche (ha)</i>	<p>El parche que suma el menor número de celdas, siendo el resultado también multiplicado.</p>

---

---

<b><i>Distancia media al vecino más cercano</i></b>	Suma de la distancia (m) de un fragmento al fragmento vecino más cercano del mismo tipo, basado en la distancia de borde a borde, dividido por el número de parches del mismo tipo. Puede indicar el nivel de aislamiento que se puede presentar entre fragmentos de esta clase. Sin embargo, no siempre refleja la situación general de la mayoría de los datos.
<b><i>Índice de cohesión del parche</i></b>	Mide el grado de agregación y la dominancia de las coberturas que conforman un paisaje determinado. En este sentido, es un indicador de la conectividad física de un paisaje o de un tipo de cobertura. Rango de 0 a 100; el valor de COHESION se incrementa a medida que la agregación y la agrupación de las coberturas aumentan.
<b><i>División del paisaje</i></b>	Se refiere a la posibilidad de que dos celdas, elegidas al azar del paisaje, se encuentren en el mismo parche; ( $0 \leq D < 1$ ).
<b><i>Índice de división</i></b>	El número de parches que se obtiene al dividir la región total en partes de igual tamaño de tal manera que esta nueva configuración lleve al mismo grado de división del paisaje deseado.

---

Fuente: Jaeger [26]& Rutledge [27].

### ***Análisis de métricas del paisaje***

Para realizar el análisis de fragmentación y conocer el estado del paisaje se usó la clase de Forestal (FO\_id =1) y No Forestal (NFO\_id = 2). El complemento LecoS analizó la estructura del paisaje cuantificando mediante el conteo de píxeles. Se realizó superponiendo a la imagen de interés, la malla dividida en cuadrados [28]. A través de la literatura, especialmente el estudio de la descripción de las métricas descritas por [Mcgarigal] [29] en el año 2015 se interpretó el resultado del análisis de los fragmentos de bosque presentes en el Corredor Biológico Alexander Skutch y en consecuencia el estado de la conectividad estructural del paisaje.

## **Proceso para generar la propuesta de conservación**

A través de los datos obtenidos con el estudio de la composición florística y la conectividad estructural, se conformó un marco de ideas basado en el análisis y presentación de los resultados. Este se expuso en reuniones virtuales al Comité local del Corredor Biológico Alexander Skutch, especialmente con los actores clave del Refugio de Aves “Los Cusingos” y la Reserva biológica Las Nubes; así como a la persona coordinadora de proyectos de los corredores biológicos del Centro Científico Tropical (CCT). Con ello, los actores clave formularon su aportación desde su experiencia y necesidades de conservación más pertinentes que han constatado en el Corredor Biológico. Se discutió la posibilidad de implementar las ideas de conservación en primera instancia dentro del territorio de las entidades clave para posteriormente a través de la educación ambiental implementarlas en todo el territorio del Corredor Biológico Alexander Skutch.

## **4. Resultados**

### **Composición florística**

#### ***Refugio de Aves “Los Cusingos”***

En las dos parcelas permanentes de muestreo (PPM) evaluadas en el Refugio de Aves Los Cusingos se contabilizó un total 512 individuos con un diámetro promedio de 19,4 cm y un área basal de 30,6 (m<sup>2</sup>/ha) (Cuadro 3). Se identificaron 82 especies, 62 géneros y 35 familias, para mayor detalle ver Anexo 2. . La mayor dominancia fue presentada por las familias Arecaceae (23,2 %), Lauraceae (7%), Myristicaceae (7%) y Moraceae (6,6%) (Figura 2). Las especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) fueron: *Socratea exorrhiza*, *Brosimum utile* y *Dendropanax caucanus*; concentradas en las categorías diamétricas de 10-20 y 20-30 cm (Cuadro 4 y 5). La familia Arecaceae representó casi un cuarto de la población de bosque “Los Cusingos”. La especie de palma dominante fue *Socratea exorrhiza*, llamada comúnmente chonta. Además, se registró la presencia de la palma *Euterpe precatória* de la misma familia.



**Cuadro 3.** Número de individuos, diámetro y área basal del bosque presente en Refugio de Aves “Los Cusingos” Pérez Zeledón, Costa Rica.

PPM	N° Individuos	Diámetro (cm)	Área Basal (m <sup>2</sup> )	Individuos (n/ha)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
1	257	19,3	11,01	713,8	30,5
2	255	19,5	11,03	708,3	30,6
<b>Promedio</b>	<b>256</b>	<b>19,4</b>	<b>11,02</b>	<b>711,1</b>	<b>30,6</b>
<b>Total</b>	<b>512</b>	-	<b>22,04</b>	-	61,2

Fuente: datos de campo

**Cuadro 4.** Especies forestales con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en el bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica.

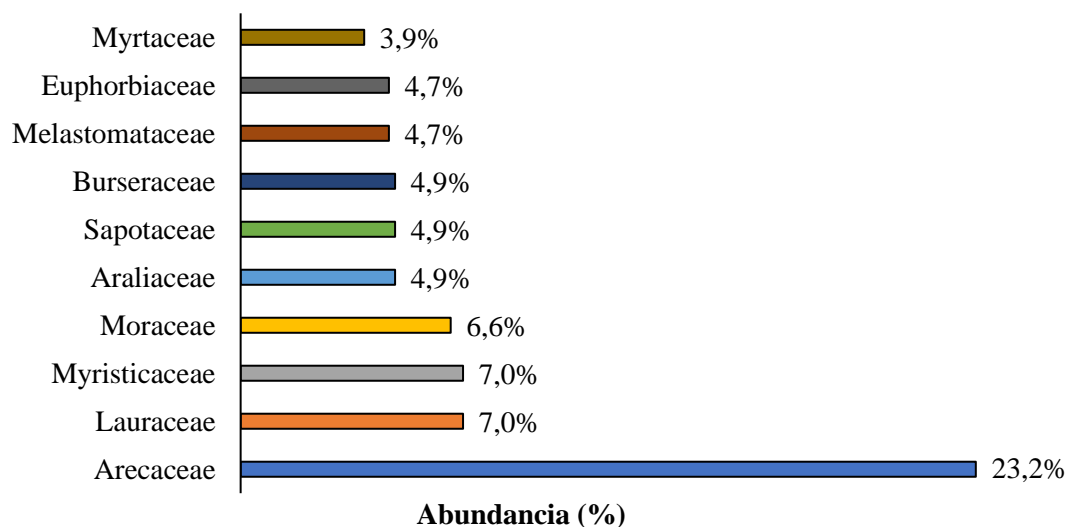
Especie	Abundancia relativa %	Frecuencia relativa %	Dominancia relativa %	IVI %
<i>Socratea exorrhiza</i>	22,3	1,8	6,8	10,3
<i>Brosimum utile</i>	3,1	1,8	22,9	9,3
<i>Dendropanax caucanus</i>	3,9	0,9	7,5	4,1
<i>Tapirira guianensis</i>	3,7	1,8	6,1	3,9
<i>Virola sebifera</i>	5,1	1,8	3,0	3,3
<i>Pouteria reticulata</i>	3,5	0,9	4,0	2,8
<i>Myrciaria floribunda</i>	3,3	1,8	2,4	2,5
<i>Croton bilbergianus</i>	4,3	0,9	2,3	2,5
<i>Protium ravenii</i>	3,7	1,8	1,2	2,2
<i>Cordia bicolor</i>	1,2	0,9	3,7	1,9

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 5.** Área basal por especie según clasificación diamétrica del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Especie	Categoría diamétrica (cm)									
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110
<i>Socratea exorrhiza</i>	1,494	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brosimum utile</i>	0,009	0,092	0,295	0,184	0,512	0,647	0,948	-	1,442	0,916
<i>Dendropanax caucanus</i>	0,147	0,190	0,212	0,660	-	-	0,447	-	-	-
<i>Tapirira guianensis</i>	0,089	0,296	0,074	0,428	0,458	-	-	-	-	-
<i>Virola sebifera</i>	0,304	0,279	0,086	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pouteria reticulata</i>	0,156	0,305	0,214	-	0,212	-	-	-	-	-
<i>Myrciaria floribunda</i>	0,140	0,197	0,187	-	-	-	-	-	-	-
<i>Croton bilbergianus</i>	0,279	0,223	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protium ravenii</i>	0,269	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cordia bicolor</i>	0,085	-	-	0,153	-	-	-	0,567	-	-

Fuente: datos de campo



**Figura 2.** Abundancia (%) según familias del bosque presente en Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica. Fuente: datos de campo

Los índices de similitud se utilizan para datos cualitativos (presencia / ausencia). La similitud de Sørensen-Dice relaciona el duplo del número de especies comunes con la suma del número de especies de las dos muestras. Mientras que el índice de Chao-Jaccard tiene en cuenta la

relación entre el número de especies comunes y el total de las especies encontradas en las dos muestras que se comparan [30]. En ambos coeficientes de comunidad SD y CJ = 1, si todas las especies son comunes, es decir si las muestras son idénticas, y SD y CJ = 0, si no existen especies comunes, es decir si ambas muestras son completamente distintas. Según el índice de *Jaccard* las parcelas mostraron una similitud del 31,4% lo cual sugiere una similitud entre parcelas. Por su parte, el índice de similitud *Sørensen-Dice* sugiere que las parcelas se parecen entre sí en casi la mitad de su población, con un valor de 47,8% (Cuadro 6).

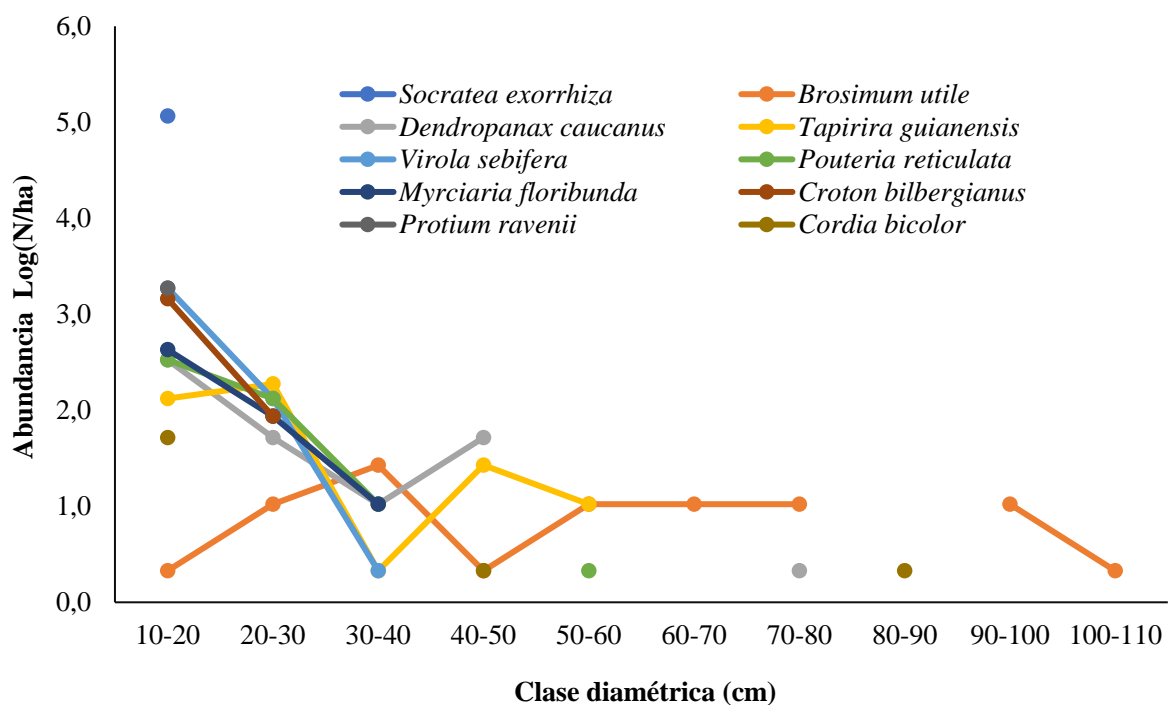
El índice de Pielou indica el patrón de distribución de una especie, designando el ordenamiento espacial de los individuos [31]. En concreto, mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, siendo cercanos a uno los que corresponden a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes [32]. El resultado de la aplicación de este índice en las parcelas del bosque del Refugio de Aves “Los Cusingos” fue de 0,81. Lo anterior sugiere que todas las especies son igualmente abundantes.

**Cuadro 6.** Similitud entre parcelas del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Índice	Valor (%)
Sørensen-Dice	47,8
Chao-Jaccard	31,4
Equidad de Pielou	0,81

Fuente: datos de campo

La especie de palma *Socratea exorrhiza* sumó 114 individuos del total de la población efectiva. Por ello, al intentar visualizar la abundancia a través de una distribución diamétrica en un gráfico, este presentó un “pico” en la curva generada, lo cual distorsionó la escala sin poder visualizar la “J invertida” propia de las especies del bosque discetáneo en estudio. Por ello, para un mejor ajuste y visualización, se aplicó el logaritmo natural de la abundancia de especies por hectárea ( $\log(N/ha)$ ), como se muestra en la Figura 3:



**Figura 3.** Abundancia de las especies con mayor IVI, según clase diamétrica del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica. Fuente: datos de campo

Respecto a la diversidad del bosque, se calculó el índice de Shannon ( $H'$ ) el cual muestra el grado de diversidad de especies en determinada área. Este permite calcular la suma de las probabilidades de las especies. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección [33]. Al calcular este índice se ubicó dentro del rango llamado altamente diverso con un valor de 3,60. La dominancia de Simpson sugiere una baja dominancia de alguna de las especies y por consiguiente una alta diversidad (Cuadro 7). Valores cercanos a uno explican la dominancia de una especie sobre las demás. Sin embargo, el resultado arrojó un valor de 0,07 que es más cercano a cero, lo cual sugiere que en la comunidad no existe una especie dominante. Así mismo, la diversidad de Simpson, indica el grado de probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una misma población pertenezcan a la misma especie; varía de 0 a 1 por lo tanto, entre menor valor corresponde a sitios más diversos [34]. Al aplicar la fórmula se confirmó la heterogeneidad con

un valor de 0,93 que demuestra que es una formación vegetal muy diversa. Respecto al índice de diversidad específico o índice de Margalef, se obtuvo un resultado de 13,6. Lo anterior sugiere que el Refugio de Aves “Los Cusingos” es un bosque que tiene una significativa cantidad de especies arbóreas dado que los valores inferiores a dos son zonas de baja diversidad y los valores superiores a 5 son indicativos de alta biodiversidad [35]. Los resultados obtenidos para cada uno de los índices aplicados al bosque del Refugio de Aves “Los Cusingos”, a partir de la medición de las dos PPM, coinciden y sugieren una alta diversidad de especies en el sitio.

**Cuadro 7.** Índices de diversidad del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Índice	Valor
Índice de Margalef (D)	13,6
Índice Shannon (H')	3,6
Índice Simpson (Ds)	0,93
Dominancia Simpson	0,07

Fuente: datos de campo

### ***Reserva biológica “Las Nubes”***

Se encontraron 464 individuos de 18 familias, 21 géneros y 28 especies. Para mayor detalle ver Anexo 3. En la Figura 4 se evidencia la dominancia de la familia Chloranthaceae con un 23,5 % del total de la población. El promedio de diámetro registrado fue de 18,7 cm y la especie más abundante fue *Hedyosmum bonplandianum*. El bosque de la Reserva Biológica “Las Nubes” presentó un área basal de 21,4 m<sup>2</sup>/ha (Cuadro 8). La especie con mayor I.V.I fue *Perrottetia longistylis* con un valor de 18,6. Otras especies con el mayor IVI se muestran en el Cuadro 9.

**Cuadro 8.** Número de individuos, diámetro y área basal del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes” Pérez Zeledón, Costa Rica.

PPM	N° Individuos	Diámetro (cm)	Área Basal (m <sup>2</sup> )	Individuos (n/ha)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
1	206	21,0	8,68	572,2	24,1
2	258	16,9	6,71	716,6	18,7
<b>Promedio</b>	232	<b>18,7</b>	<b>7,7</b>	<b>644,4</b>	<b>21,4</b>
<b>Total</b>	<b>464</b>	-	15,4	-	42,8

Fuente: datos de campo

**Cuadro 9.** Especies forestales con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en el bosque presente en el Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón, Costa Rica.

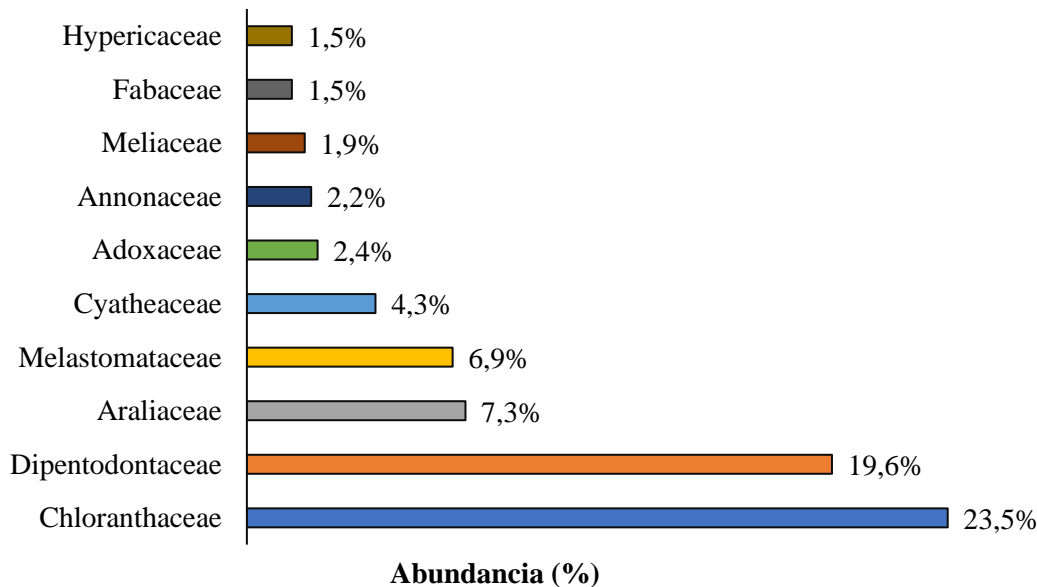
Especie	Abundancia relativa %	Frecuencia relativa %	Dominancia relativa %	IVI %
<i>Perrottetia longistylis</i>	26,0	5,0	24,7	18,6
<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	31,1	5,0	15,9	17,4
<i>Dendropanax sp.1</i>	9,4	5,0	18,2	10,9
<i>Conostegia oerstediana</i>	9,1	5,0	7,9	7,4
<i>Cyathea multiflora</i>	4,9	5,0	2,6	4,2
<i>Croton draco</i>	1,1	5,0	4,5	3,5
<i>Vismia ferruginea</i>	2,0	5,0	3,3	3,4
<i>Viburnum costaricanum</i>	4,3	2,5	3,4	3,4
<i>Guatteria sp.4</i>	2,0	5,0	2,6	3,2
<i>Ficus sp.1</i>	0,6	5,0	2,7	2,8

Fuente: datos de campo

**Cuadro 10.** Área basal por especie según clasificación diamétrica del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes” Pérez Zeledón, Costa Rica.

Especie	Clase diamétrica (cm)				
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
<i>Perrottetia longistylis</i>	1,126	1,066	0,299	0,132	-
<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	1,435	0,259	-	-	-
<i>Dendropanax sp.1</i>	0,226	0,488	0,538	0,437	0,246
<i>Conostegia oerstediana</i>	0,416	0,426	-	-	-
<i>Cyathea multiflora</i>	0,248	0,031	-	-	-
<i>Croton draco</i>	-	0,093	-	0,189	0,196
<i>Vismia ferruginea</i>	0,018	0,147	0,189	-	-
<i>Viburnum costaricanum</i>	0,161	0,198	-	-	-
<i>Guatteria sp.4</i>	0,063	0,214	-	-	-
<i>Ficus sp.1</i>	-	-	0,091	-	0,196

Fuente: datos de campo



**Figura 4.** Abundancia (%) según familias del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón Costa Rica. Fuente: datos de campo

Según el índice de *Jaccard* las parcelas establecidas en la Reserva Biológica “Las Nubes” mostraron una similitud del 42,9 % lo cual sugiere una alta similitud entre parcelas. Por su parte, el índice de similitud *Sørensen-Dice* sugiere que las parcelas se parecen entre sí en más de la mitad de su población, con un valor de 60% (Cuadro 11). El índice de equidad de Pielou posee valores que pueden variar de 0 a 1, siendo cercanos a uno los que corresponden a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. El resultado de la aplicación de este índice en las parcelas del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes”, fue de 0,64 lo que sugiere que todas las especies son medianamente abundantes.

**Cuadro 11.** Similitud entre parcelas del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón, Costa Rica.

<b>Índice</b>	<b>Valor (%)</b>
Sørensen-Dice	60,0
Chao-Jaccard	42,9
Equidad de Pielou	0,64

Fuente: datos de campo

Respecto a la diversidad, el índice de Shannon se ubicó dentro del rango llamado diversidad media con un valor de 2,14. Lo anterior se confirma con la dominancia de Simpson, la cual arrojó un valor de 0,19. Lo anterior demuestra que en la comunidad podría existir una especie arbórea dominante a bien que al menos ha comenzado a dominar el ecosistema [34]. Estos datos podrían sugerir una media dominancia de alguna de las especies y por consiguiente una mediana diversidad (Cuadro 12), ya que valores cercanos a uno explican la dominancia de una especie sobre las demás. Así mismo, la diversidad de Simpson que es el inverso de la dominancia de Simpson, presentó una tendencia a disminuir la heterogeneidad con un valor de 0,81. Lo anterior demostró una formación vegetal menos diversa. Respecto al índice de diversidad específico o índice de Margalef, los valores inferiores a dos son zonas de baja diversidad y los valores



superiores a cinco son indicativos de alta biodiversidad [35]. De la aplicación de la fórmula se obtuvo un resultado de 4,6 lo cual demuestra que la Reserva Biológica “Las Nubes” es un bosque con una significativa cantidad de especies arbóreas con inclinación a homogenizar su diversidad.

**Cuadro 12.** Índices de diversidad del bosque presente en la Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón, Costa Rica.

<b>Índice</b>	<b>Valor</b>
Índice de Margalef (D)	4,6
Índice Shannon (H')	2,14
Índice Simpson (Ds)	0,81
Dominancia Simpson	0,19

Fuente: datos de campo

### **Conectividad estructural**

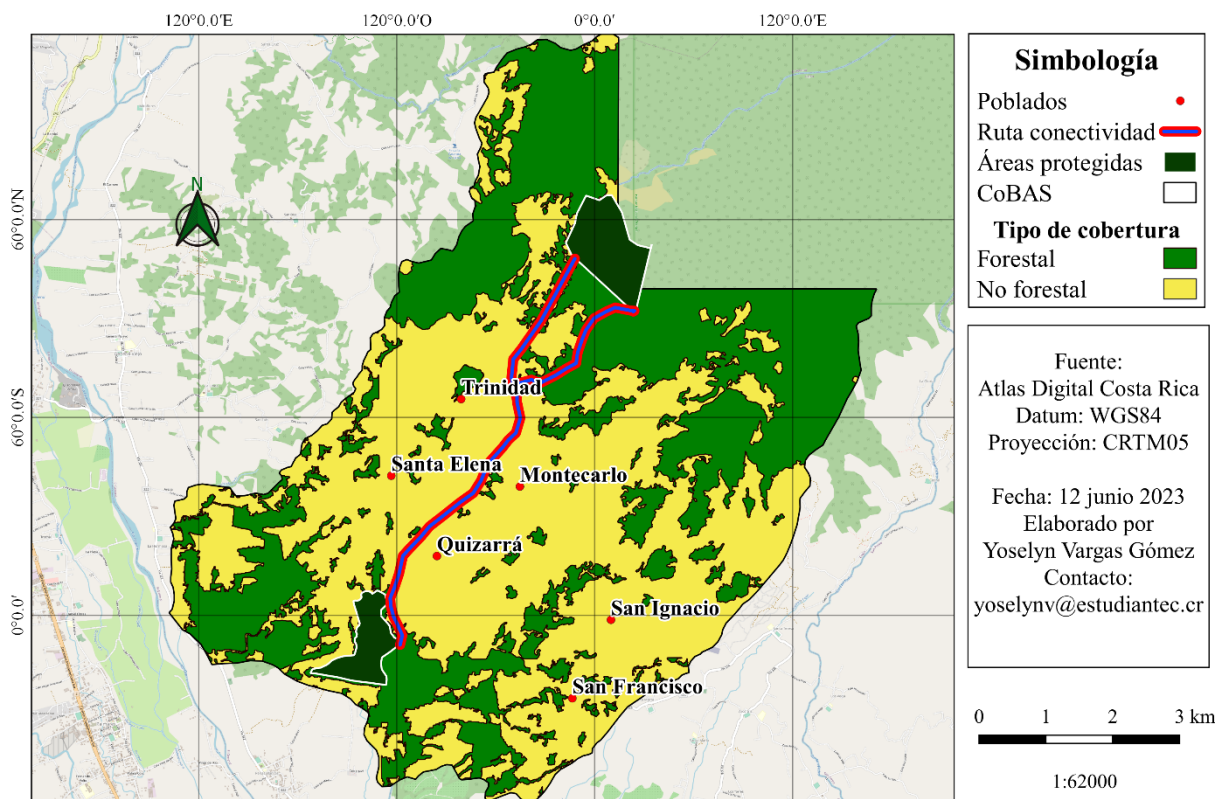
Las métricas de conectividad del paisaje proporcionan datos numéricos que permiten inferir sobre qué tan conectadas se encuentran dos áreas determinadas y a su vez cuál es el grado de fragmentación que facilita o impide el movimiento de recursos entre estas áreas [36]. Cabe aclarar que a través de dichas métricas únicamente se pudo aproximar la conectividad estructural en el paisaje del CoBAS, pues está directamente relacionada con la física y la geometría entre parches de hábitat. Por lo tanto, no se determinó la conectividad funcional que considera la respuesta de los organismos y comunidades de especies a los cambios en la estructura del paisaje [37]. Los resultados obtenidos de las métricas de paisaje seleccionadas en el complemento LecoS, se muestran en el Cuadro 13.

**Cuadro 13.** Métricas de conectividad del paisaje según la cobertura forestal analizadas con el complemento LecoS

Métrica de paisaje	Cobertura	
	Forestal	No forestal
Proporción del paisaje (%)	0,44	0,56
Densidad de borde (m/ha)	0,00363	0,00372
Número de parches	64	31
Densidad de parches (N°/100ha)	1,18E-06	5,72E-07
Mayor área de parche (m <sup>2</sup> )	14299425	27518400
Menor área de parche (m <sup>2</sup> )	11025	11025
Área media de parche (m <sup>2</sup> )	369337,5	985137,1
Índice parche más grande	26,4	50,8
Distancia al vecino cercano (m)	3088,2	4610,6
Índice cohesión ( $0 \leq C < 100$ )	9,56	9,69
División del paisaje ( $0 \leq D < 1$ )	0,92	0,74
Índice de división	12,99	3,87

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de imágenes satelitales en LecoS

La cobertura No forestal representa un 56% de la superficie del CoBAS, ésta se encuentra menos fragmentada. Mientras que la cobertura forestal cubre un 44% del territorio, pero presenta mayor cantidad de fragmentos. En la Figura 5 se observan diferencias estructurales relacionadas a la superficie y cantidad de fragmentos de los dos tipos de cobertura clasificados, obtenidos a través de las imágenes satelitales con las que se analizaron las métricas del paisaje en LecoS.



**Figura 5.** Fragmentación del paisaje del Corredor Biológico Alexander Skutch

## 5. Discusión

### Zonas de Vida y composición florística

El bosque muy húmedo Premontano (bmh-P) ubicado en la parte más baja del gradiente altitudinal del CoBAS (700-900 msnm), en términos taxonómicos registró como familias más diversas Fabaceae, Lauraceae, Moraceae y Malvaceae. La familia Fabaceae, al igual que en otras zonas protegidas, es la más diversa como reporta la Estación Biológica La Selva [38] y el Parque Nacional La Cangreja [39]. Además de los bosques del norte de la Península de Osa [40] y los de Bribri-Talamanca [41]. Adicionalmente, el género más diverso fue *Miconia* con cinco especies, entendiéndose diverso como el número de especies en relación con el tamaño (abundancia) de la población de cada especie [17]. Las parcelas establecidas en esta zona de

vida parecieran ser similares según el índice de Jaccard, este índice es uno de los más utilizados en ecología, pues toma como parámetro básico la presencia- ausencia de especies. De igual forma el índice de Sørensen que es menos rígido, sugiere que las parcelas se parecen entre sí en casi la mitad; es decir, más de la mitad de las especies son similares en las dos parcelas [42]. Siempre existirá una diferencia, no existe un 100% de similitud entre dos parcelas, ya que las comunidades vegetales no se comportan con una dinámica idéntica. Mientras el valor obtenido en estos índices se aleje más del 100% las parcelas serán menos similares, o empiezan a conformarse diferentes en donde solo algunas especies se encuentran en las dos comunidades [43]. Para conocer la diversidad arbórea de dichas parcelas uno de los índices aplicados fue Shannon-Weaver, ya que es uno de los más utilizados para determinar la diversidad de especies vegetales de un determinado hábitat. Este índice define la diversidad del sitio como alta, ya que según [Somarriba] el índice de diversidad de Shannon varía entre 1,5 y 3,5, rara vez alcanza valores de 4,5, por lo que valores cercanos a 3,5 reflejan sitios muy diversos, resultando este bosque altamente diverso de acuerdo con este rango establecido [47]. El valor de diversidad de Shannon registrado en el año 2014 para el bosque del Refugio de Aves “Los Cusingos” fue de 3,1 [44], valor semejante al obtenido en un bosque tropical húmedo del Chocó en Colombia, donde se registró un valor de diversidad de Shannon de 3,2 [45]. Mientras que en el año 2018 el bosque del Refugio de Aves “Los Cusingos” presentó un valor de 3,5 [46]. Los resultados registrados en el transcurso de estos nueve desde la medición de las parcelas realizadas por [Brenes y Camacho] del año 2014 [44]; sugieren que la diversidad arbórea en la parte más baja del CoBAS está incrementando. Lo anterior se podría explicar con dos posibles escenarios: a) aumento en el número de especies del bosque y b) que los individuos se distribuyan homogéneamente entre las especies [47]. Por su parte el índice de Margalef estima la riqueza, transformando el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión, supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos [48]. Para este índice los valores inferiores a dos son zonas de baja diversidad y los valores superiores a cinco indicativos de alta diversidad [35]. El resultado obtenido en este estudio se ubicó dentro del margen reportado para bosques lluviosos de colinas bajas del litoral pacífico colombiano con y el bosque lluvioso de la amazonia colombiana [49].

El índice de Simpson, el cual indica el grado de probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una misma población pertenezcan a la misma especie, el valor fue de 0,93 lo que indica, que de cada 100 veces que se tome al azar un par de individuos en 93 oportunidades corresponderán a la misma especie, lo cual confirma que este índice está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes como lo afirma [Magurran] [34], puesto que las especies de árboles ecológicamente más importante registradas en este estudio, fueron *Brosimum utile*, *Dendropanax caucanus* y *Tapirira guianensis*. Lo anterior descartando a la especie de palma *Socratea exorrhiza*, que por su abundancia ocupó el primer lugar en el Índice de Valor de Importancia. El 55% del total de las especies presentaron pocos individuos (menos de cinco), de este porcentaje, la mitad tan solo registra un individuo. Es probable que la heterogeneidad observada en la distribución de especies esté determinada por factores micro ambientales tales como diferencias en la topografía del terreno, la altitud y la composición del suelo [50]. El factor suelo es influyente para el trópico, ya que las variaciones por pequeñas que sean tienen fuertes efectos sobre la distribución y variación espacial de las especies presentando mosaicos edáficos (química de suelo y textura, drenaje y topografía) a diferentes escalas en los sitios en los que se muestrea el bosque [51]. Por otra parte, en un bosque pluvial en Ecuador se determinó una correlación positiva entre el pH, los elementos del suelo Ca y Mg, así como la diversidad de especies arbóreas; lo que sugiere que la disponibilidad de nutrientes afecta la riqueza de especies vegetales [52]. La abundancia de individuos que resulta de este estudio para el bosque del Refugio de Aves “Los Cusingos” es de 711 árboles  $ha^{-1}$ ; fue mayor a la de bosques de menor edad en zonas de vida similares en Costa Rica y en el trópico, como la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes [53] con 436 árboles  $ha^{-1}$ , la isla Barro Colorado en Panamá con 512 árboles  $ha^{-1}$  [54], la Estación Biológica La Selva 395 a 529 árboles  $ha^{-1}$  [55] y la región Kwakwani-Guyana Francesa con 491 a 504 árboles  $ha^{-1}$  [56]. Esta densidad de árboles no se presenta por ejemplo en sitios más secos, como en el Parque Nacional Santa Rosa (Guanacaste) el cuál reporta un máximo individuos de 354 árboles  $ha^{-1}$  [57].

En comparación con otros bosques de Costa Rica [58], el bosque del Refugio de Aves “Los Cusingos” presenta valores similares en número de especies para zonas de bajura. Este estudio registró 119 especies arbóreas  $ha^{-1}$ , lo cual varía levemente con lugares del país con registros de

precipitación semejantes, como en la Estación Biológica La Selva (tierras bajas del noreste de Costa Rica) o el Parque Nacional Corcovado (tierras bajas del Pacífico sur del país), donde es posible hallar más de 100 especies  $\text{ha}^{-1}$  [59]. La riqueza de especies se ha correlacionado con la distribución de la precipitación y su intensidad durante el año; esto particularmente en el Neotrópico [60]. Sin embargo, se obtuvo un valor mayor de área basal  $30 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ , encontrándose entre el rango reportado para sitios con mayor precipitación como la Estación Biológica La Selva entre  $23,1$  y  $33,9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , levemente menor a sitios menos perturbados como la zona de Bribri-Talamanca con  $37,2$  y  $39,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  [41]. Lo anterior sugiere la presencia de algunos árboles con un diámetro muy superior al promedio, lo que se podría atribuir a la especie *Brosimum utile*, que con solo 16 individuos presentó  $7 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  de área basal, correspondiente al 23% del total. El bosque muy húmedo premontano en estudio reportó precipitaciones medias de 3500 mm por año sin temporada completamente seca; al igual que en la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes con similar altitud (800-900 msnm), en este piso altitudinal el área basal podría también estar influenciada por la precipitación [53]. Por su parte, la variabilidad en la distribución horizontal reflejada con la clasificación diamétrica del área basal sugiere heterogeneidad del bosque en cuanto a edad. La cual es uno de los factores que promueve una alta diversidad florística en un sitio. Se asume una alta dinámica del bosque al mostrar cómo se turnan las fases de crecimiento. El bosque del Refugio de Aves Alexander Skutch “Los Cusingos” presenta similitud en la composición florística al bosque del Parque Nacional Braulio Carrillo [61]. Además, el alto porcentaje de palmas concuerda con la característica del piso altitudinal premontano [62]. En este caso el bosque muy húmedo confirma la abundancia de la palma *Socratea exorrhiza*.

La zona de vida que representa la mayor área del territorio del CoBAS con un 56,9% fue el bosque pluvial Premontano (bp-P) ubicado en el gradiente medio. Y aunque se puede señalar que la riqueza de especies disminuye a medida que aumenta la altitud, esta declinación no es monótona [63]. En esta zona de vida se encuentra la relación de equilibrio en la cual el pico en la riqueza de especies se da en elevaciones medias [64].

En la parte más alta del gradiente altitudinal (1100-1600 msnm) predomina el bosque pluvial Montano Bajo (bp-MB) correspondiente a un 5,3% del territorio del CoBAS. Las parcelas en la

Reserva Biológica “Las Nubes” se encuentran en esta zona de vida. En este bosque se obtuvo en total 486 árboles  $\text{ha}^{-1}$  donde la familia Cyatheaceae se presentó en los pequeños claros del bosque con los helechos arborescentes de los géneros *Alsophila* y *Cyathea*; confirmando para los bosques pluviales que muchos grupos de helechos tienen una excelente capacidad para crecer como especies pioneras en suelos desprovistos de vegetación [65]. En relación con el área basal obtenida de  $14,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ; se podrían comparar con el reporte de los bosques más secos al noroeste del país con valores de 12,7 y  $19,8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  como en el Parque Nacional Palo Verde [66]. Sin embargo, las investigaciones sugieren que esto no tiene relación con la disminución de la precipitación en zonas altas; sino más bien con el cambio en la tasa de crecimiento de las especies vegetales a bajas temperaturas, esto conforme aumenta la elevación [67]. La nubosidad en los bosques montano bajo produce un ingreso extra de agua en el sistema debido a lo que se conoce como “lluvia horizontal”, las gotas de las nubes generalmente contienen altas concentraciones de acidez, afectando la fisiología de las hojas, lo que puede producir una reducción en la incidencia de radiación solar, limitando la fotosíntesis con lo que se produce un decrecimiento en estatura, biomasa y número de especies [68]. De manera que, los resultados que presentaron las parcelas establecidas en los puntos de mayor elevación del CoBAS sostienen una relación inversa entre altitud y número de especies [69]. Similar relación que demostró un estudio de composición florística en un gradiente altitudinal entre la Estación La Selva y el Volcán Barva (100-2600) msnm; en el que la diversidad florística alcanzó su punto máximo a los 300 msnm y disminuyó conforme aumentaba la elevación, mostrando claramente el patrón de forma encorvada o de campana de Gauss [70]. Los bosques que se encuentran en elevaciones medianas y altas, de 600 msnm en adelante, sostienen una flora adaptada a condiciones de humedad e intensidad lumínica variable [71]. Lo anterior sugiere una correlación negativa entre dominancia e incluso la riqueza florística y la altitud. No obstante, factores ambientales como la biotemperatura, humedad y precipitación [72] pueden ser la explicación de los casos en los que este comportamiento difiere y ha sido directamente proporcional [73], a mayor altitud, mayor área basal. Como se registró en algunos bosques de Sudamérica en los que se encontraron relaciones positivas entre elevaciones mayores y la diversidad de especies arbóreas [74].

La topografía del terreno es un factor que genera cambios en la composición de los bosques. Este piso altitudinal se extiende en las faldas de las montañas y cumbres escarpadas de alturas medias de las cordilleras [75] y los bosques que están ubicados en laderas suelen tener una composición diferente de los presentes en tierras planas, mediando aspectos como exposición del terreno y drenaje [17]. Esto puede explicar la disminución de riqueza, abundancia y dominancia que registra la parte alta del gradiente altitudinal estudiado. En República Dominicana se evidenció una fuerte influencia de variables topográficas (ángulo de pendiente y convexidad) en los patrones de distribución de especies [76]. Además, en Ecuador se han reportado cambios significativos a lo largo de gradientes topográficas, señalando que la vegetación que crece en quebradas u hondonadas posee mayor riqueza que las zonas expuestas al viento, como las crestas. Esto principalmente por la lixiviación de nutrientes de las partes altas hacia áreas planas [77]. Cabe rescatar que una de las consecuencias del cambio climático es la posible alteración de los rangos de distribución de especies y comunidades [78]. Las especies vegetales se podrían estar adaptando a elevaciones mayores en respuesta de las alteraciones del clima. Esto se podría constatar si se observa el incremento en la abundancia de especies de árboles cuya distribución corresponde a bajas altitudes [79]; de manera que los bosques con distintos rangos de elevación funcionan como laboratorios naturales a corto plazo sobre la respuesta de especies frente a cambios de clima e incluso impactos de cambios atmosféricos en los trópicos [80].

### **Conectividad estructural**

Con respecto al análisis del paisaje que se realizó con la herramienta LecoS en el área de Corredor Biológico Alexander Skutch, el número de parches es una de las métricas de paisaje básicas que revela algún nivel de fragmentación. El número de parches con cobertura Forestal obtenido fue de 64 parches, casi el doble del número de parches de categoría No forestal. Cuanto mayor sea el número de fragmentos (parches), el mosaico del paisaje es más fino y con mayor heterogeneidad [81]. En este caso la densidad de parches presentada para cobertura forestal confirma que el paisaje está fragmentado, en comparación con la clase No Forestal. Pues el número mínimo de parches se presentaría si el total del paisaje es dominado por un fragmento de una sola clase. Sin embargo, el número de parches presentado; no quiere decir que la



superficie estudiada es dominada por cobertura forestal; pues la métrica de proporción del paisaje presentó un 0,56 en cobertura No forestal, mientras que en cobertura forestal un 0,44. Este dato lo corrobora el índice del fragmento más grande, que representa un 50,8% de la cobertura No Forestal. Los fragmentos de la cobertura forestal presentan la distancia al vecino más cercano; es decir, de borde a borde de los parches del mismo tipo, con menor valor que los de la cobertura No Forestal. Esto quiere decir, que el nivel de aislamiento de los parches de cobertura forestal entre sí; es levemente bajo en comparación con la distancia entre los fragmentos de cobertura No forestal. Este corredor posee una cobertura forestal del 44 % de su área total, lo cual sugiere que las actividades de restauración y reforestación deberían ser priorizadas [82].

La presión existente sobre los bosques por la creciente producción agrícola difumina cada vez más los límites entre estos dos usos de suelo. La demanda de alimentos, madera, leña y servicios ecosistémicos; entre otros, parece cubrirse a través de modelos que equilibren la ecología y la producción. Los sistemas agroforestales que permiten entrecruzar en tiempo y espacio elementos agrícolas y forestales parecen ser uno de los modelos que más ha favorecido estos objetivos [83].

Por último, a manera de resumen sobre los dos sitios de estudio en el gradiente del CoBAS, se presentaron diferencias en los dos bosques estudiados conforme varían las condiciones ambientales, topográficas, de temperatura y precipitación. Al igual que un estudio realizado en Bolivia en un gradiente altitudinal en el cual se caracterizó cuatro tipos de bosque en 1700-3400 msnm y en donde la precipitación y la temperatura jugaron un papel importante en la determinación de su estructura [84].

En cuanto a la diversidad de especies registrada, fue mayor a la determinada para las zonas de vida donde se encuentra la mayor altitud del gradiente, pero menor en sitios de mayor precipitación, sean éstos de altitud media o baja. No obstante, la diversidad de este corredor biológico podría incrementar al aumentar el área de bosque, ya que se sabe que la superficie de muestreo, aunque fuese de una hectárea no es suficiente para representar adecuadamente la alta diversidad dada la heterogeneidad en la distribución espacial de las especies de los bosques tropicales [53].

Aunque se evidencia similitudes en abundancia, dominancia y riqueza florística no se debe hacer una comparación exacta con los sitios citados, ya que, aunque la mayoría pertenecen al mismo piso altitudinal según clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, no comparten valores exactos en variables como evapotranspiración y biotemperatura [11]. Particularmente, el clima varía mucho en cortas distancias dada la condición topográfica compleja de Costa Rica [85]. Además, se pueden repetir ciertos patrones en tipos de vegetación de diferentes zonas, pero no hay dos espacios ocupados por comunidades idénticas, puesto que la vegetación cambia continuamente [86].

Es importante resaltar la presencia de especies con patrones de distribución restringidos como *Talauma gloriensis*, especie rara y difícil de encontrar [87]. Así como especies amenazadas y poco comunes incluidas en la lista de la UICN como es el caso de *Tachigali versicolor*, *Dussia macrophyllata* *Humiriastrum diguense* y *Vantanea barbourii* [88]. Lo anterior sugiere la necesidad de darle un seguimiento a largo plazo a estas especies que hacen del ecosistema del CoBAS un reservorio para la conservación de la biodiversidad nacional.

---

## 6. Propuesta de conservación

A través de los resultados obtenidos con el estudio de la estructura, composición florística y conectividad del paisaje. Se formuló una serie de ideas para promover la conservación de la biodiversidad del Corredor Biológico Alexander Skutch por medio de las cuales se pretendió comprender varias áreas que integran los elementos encontrados en esta investigación.

Uno de los enfoques se basó en proporcionar mayor conectividad del paisaje a pesar de que algunas áreas fragmentadas estén ya consolidadas. Es decir, que en algunos fragmentos de bosque no se logra proyectar ningún tipo de conectividad, principalmente por la presencia de actividades agrícolas que brindan un desarrollo productivo y económico de la zona. Tal es el caso de los ingenios de caña de azúcar que en su mayoría son administrados por la Cooperativa Agrícola Industrial de Pérez Zeledón (CoopeAgri R.L). En este contexto, las ideas propuestas pretenden lograr un manejo sostenible entre los fragmentos de cobertura forestal con potencial

para incrementar su conectividad estructural y funcional, así como las actividades productivas de los habitantes del corredor biológico. De manera que, incluso dentro de las áreas agrícolas se pueden llevar a cabo buenas prácticas como el control biológico de plagas en lugar del uso de agroquímicos. Lo anterior considerando la posibilidad de reducir el impacto de la producción en los ecosistemas adyacentes y además mejorar los servicios ecosistémicos proporcionando espacios de concertación social para promover la inversión en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en los espacios del CoBAS [89].

La propuesta de conservación se hizo para el área del Corredor Biológico Alexander Skutch, con énfasis en la aplicabilidad inicial de estas acciones como modelo en los sitios clave del corredor, que son el Refugio de Aves “Los Cusingos” y la Reserva Biológica “Las Nubes” al ser los destinos de la ruta de conectividad del corredor. Lo anterior sin descartar que las prácticas de conservación se extiendan a los distritos aledaños mejorando así el paisaje y el hábitat de la matriz circundante en la que se encuentra inmerso el CoBAS. Para la elaboración de la propuesta se contó con el diagnóstico de varios componentes realizado por el SINAC en el año 2018 y contenidos en el Plan de Gestión del Corredor Biológico Alexander Skutch [90]. Dicho documento detalla las amenazas a los Elementos Focales de Manejo (EFM) del CoBAS y las causas de estas amenazas. De manera que esta propuesta reafirma la orientación hacia la protección de estos elementos y las acciones necesarias que permitan coordinar esfuerzos de los distintos actores en la zona. Los EFM son todos los elementos de la biodiversidad, valores culturales y socioeconómicos del área protegida que merecen la atención de los esfuerzos de conservación [91]. A continuación, se proponen las acciones de conservación según los EFM del CoBAS

### ***Subcuenca del río Peñas Blancas***

#### ***a) Fortalecimiento del Comité local del Corredor Biológico Alexander Skutch***

- Realizar un diagnóstico de las personas activas dentro del comité actual para identificar las personas comprometidas a realizar las acciones de conservación propuestas.

- Recabar información sobre la atención que se ha brindado a los conflictos sociales, como lo ha sido la poca participación de los habitantes del CoBAS para postularse como dirigentes de las Juntas Directivas, así como la poca renovación del personal de estas Juntas [92].
- Promover el desarrollo de reuniones del comité local en varias comunidades.
- Realizar invitaciones a posibles participantes con idoneidad para ejercer el liderazgo que logre concretar las acciones de conservación dentro del CoBAS.
- Desarrollar una estrategia comunicativa que mejore la imagen externa e interna del comité local del CoBAS.

*b) Restauración de la ribera del río y nacientes*

- Identificar los dueños de las fincas ganaderas (clasificar de acuerdo con el nivel de impacto ambiental en los acuíferos)
- Convocar reuniones con los dueños de las fincas para mostrar los resultados de la clasificación de contaminación actual que provoca cada finca.
- Buscar financiamiento para la implementación de un proyecto de prácticas sostenibles en la ganadería, agricultura y silvicultura.
- Realizar reuniones con entes institucionales, de cooperación y regionales para la promoción del proyecto de prácticas sostenibles en todas las actividades productivas del CoBAS.
- Continuar con las campañas de *Esferas de barro*, que consiste preparar bolas de barro a las que se les agrega microorganismos y se lanzan al caudal desde la ribera del río Peñas Blancas para contribuir con el proceso de biorremediación del cuerpo del agua.

*c) Restauración de la ruta de conectividad del CoBAS*

- Identificar dueños de fincas aledañas a la ruta de conectividad.
- Diseñar un proyecto de restauración forestal dentro de dichas fincas, especialmente que integre y dé seguimiento a los sistemas agroforestales ya existentes.

- Iniciar con la búsqueda de financiamiento para establecer viveros locales para la producción de árboles para reforestación.
- Promover la investigación sobre las posibilidades de domesticar especies con algún grado de amenaza encontradas en este estudio, como *Talauma gloriensis*, *Tachigali versicolor*, *Dussia macroprophyllata* *Humiriasrum diguense* y *Vantanea barbourii*, para fomentar el uso de estas especies en programas de recuperación de áreas degradadas y en proyectos de reforestación en la ruta de conectividad.
- Promover reuniones de voluntariado para la ejecución de dicho proyecto de restauración.
- Establecer formalmente una segunda ruta de conectividad sobre el río Caliente como nueva ruta de conectividad, la cual uniría la cobertura forestal entre los pueblos, San Ignacio y San Francisco, al sureste del CoBAS. Esta sugerencia se basa en la mayor cantidad de fragmentos de cobertura forestal, ver *Anexo 1*.

*d) Encadenamiento del potencial del CoBAS como destino turístico*

- Identificar el total de los emprendimientos turísticos sostenibles y aumentar la visibilidad de los existentes con capacidad para atender turistas, voluntarios y estudiantes [93]. Como lo son las fincas: Capicacao, Trapiche La Guaria, Terrazas del río, Sabia Salud, Mirador Linda Vista, La Cantera, Finca David, Villa Tica, Coffea Pan Santa Elena, entre otros.
- Elaborar una guía de contactos y agenda conjunta de los emprendimientos turísticos sostenibles existentes dentro del CoBAS que permita una “ruta turística” en comunicación.
- Contratar un especialista en educación ambiental y mercadeo que promueva el CoBAS como destino turístico.
- Realizar un listado de las especies emblema registradas en el CoBAS para fomentar su protección y potencial turístico. Ya que el corredor se encuentra dentro de una de las cuatro regiones de alto endemismo de Costa Rica. Especialmente para el grupo de los vertebrados terrestres, concentrando aproximadamente un 80% del total de

especies endémicas del país. Entre estos grupos de vertebrados se resaltan los anfibios y reptiles; avifauna y flora (helechos y epífitas como orquídeas) [94]. Por ejemplo, el sapo arlequín (*Atelopus varius*) [95] y la nutria (*Lutra longicaudis*), especies presentes en el corredor y en categoría de amenaza por la UICN [96].

- Aumento en la investigación, educación ambiental y turismo en torno al patrimonio arqueológico existente en el Corredor Biológico Alexander Skutch.

*e) Consolidación de la producción agropecuaria y el consumo local sostenible*

- Identificar los productores agropecuarios del CoBAS.
- Considerar la actualización del plan regulador de crecimiento de las comunidades.
- Contactar a los líderes del sector agropecuario.
- Promover la colocación de los productos agrícolas en los comercios locales como en la Hacienda Altagracia y el Hotel Kinkára, los cuáles son proyectos grandes, que buscan mercados con alto poder adquisitivo, que a su vez generan oportunidades para el desarrollo del CoBAS.
- Contar con la capacitación a los productores por parte de un especialista en agronegocios.
- Crear una base de datos del proceso de producción de cada actividad agropecuaria.
- Valorar las capacidades para introducir productos en el Mercado Mayorista.

***Especies endémicas de plantas, anfibios y aves***

*a) Establecimiento de viveros con especies nativas*

- Identificar iniciativas de viveros con especies nativas presentes en el corredor.
- Definir las especies con potencial para germinar o implantar en viverización.
- Plantear las posibles dificultades de la viverización de las especies seleccionadas.
- Iniciar la búsqueda de sitios con viabilidad para el establecimiento del vivero.

- Plantear la posibilidad legal del proceso de domesticación de especies nativas: reproducción, introducción y extracción en el bosque.
- Realizar investigaciones para evaluar las posibilidades de introducción de especies de nativas en el bosque.
- Evaluar la viabilidad de extracción de especies con algún grado de amenaza con fines de reproducción.

*b) Formalización del protocolo de manipulación de anfibios*

- Analizar el documento borrador ya existente del protocolo de manipulación.
- Convocar reuniones para revisar el protocolo con el comité técnico del ACLAP.
- Verificar el uso del protocolo con los procesos SINAC.
- Solicitar el protocolo propuesto dentro de los permisos de investigación del SINAC.
- Implementar el protocolo, en primera instancia en capacitación con los guías turísticos y encargados de fincas.

*c) Reforestación para alimentación de aves*

- Identificar las especies de árboles, arbustos y plantas de la zona que presentan atracción para la avifauna.
- Presentar el listado de especies a los viveros ya existentes como los viveros del ICE, CoopeAgri R.L, para la reproducción de especies de plantas relevantes para las aves.
- Establecer un vivero de especies arbóreas que presenten atracción de avifauna y se encuentren con algún grado de amenaza, especialmente dentro de la Reserva Biológica “Las Nubes” en la Universidad de York y dar continuidad al vivero existente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”.
- Solicitar a las entidades públicas y privadas la promoción de voluntariados para realizar la reforestación de especies con atracción de avifauna.

Las propuestas anteriores pretenden fortalecer los esfuerzos ya existentes por parte de los actores sociales y las entidades privadas y públicas que han unido sus esfuerzos desde la creación del corredor [2]. Sin embargo, existen otras medidas que se consideran inminentes en su aplicación para la disminución de los impactos irreversibles en la biodiversidad actual del Corredor Biológico Alexander Skutch. Algunas de ellas son:

- Mantener el monitoreo constante de las PPM establecidas para fortalecer la toma de decisiones a través de información comprobada en el tiempo.
- Evitar la entrada de ganado a las fincas con bosque.
- Evitar el ingreso de animales domésticos (en especial perros) a las zonas de bosque protegido. Este punto puede parecer irrelevante, sin embargo, durante la ejecución de este estudio y a través de la participación en otros proyectos de investigación se pudo constatar con cámaras trampa, la invasión y alteración que generan en el ecosistema boscoso dichos animales. Se captaron ataques a animales silvestres como pizotes y guatusas. Además, se reportó como los perros causaban perturbación a los turistas que ingresan al Refugio de Aves “Los Cusingos”.
- Dentro de lo posible permitir la regeneración natural en áreas abandonadas cercanas a bosques, especialmente si son pequeños fragmentos.
- Evitar las intervenciones humanas: entierro de basura, limpiezas dentro del bosque, robo de cámaras trampa, cacería, quemadas, corta selectiva y saqueos indígenas.

### **Visión a futuro**

El potencial del Corredor Biológico Alexander Skutch como destino turístico o para el desarrollo de actividades de investigación científica, educación ambiental y servicios ecosistémicos que brinda; reside en el compromiso de los habitantes y la respuesta a las propuestas de acciones de conservación [97]. Como visión a futuro el CoBAS debe proyectar el avance sostenible en cadena [98] y las reacciones de la población ante la implementación de cada acción de conservación; esto con miras a mejorar la ejecución de actividades que, en el



futuro, dada la naturaleza cambiante de los ecosistemas pueda variar. En síntesis, se pretende consolidar al Corredor Biológico Alexander Skutch como un modelo de corredor biológico del país, esto si visualiza en el futuro el cumplimiento de los siguientes supuestos:

- Protección y manejo sostenible de todos los mantos acuíferos presentes en el CoBAS.
- Disminución significativa de la degradación, alteración y contaminación en la cuenca del Río Peñas Blancas relacionadas a la ganadería tradicional.
- Evidencia de un aumento de la conectividad estructural y funcional a través de la regeneración arbórea de la ruta de conectividad del CoBAS.
- Seguimiento e integración de los sistemas productivos y regenerativos a través de los sistemas agroforestales.
- Capacitación constante a los emprendedores para la sostenibilidad económica y ambiental de su producción.
- Consolidación de una red de emprendimientos turísticos que robustezca las actividades de conservación, educación ambiental y producción dentro del corredor.
- Apertura a nuevos mercados competentes a través de la creación de un sello verde en los emprendimientos sostenibles que respalde la producción del CoBAS.
- Aumento de los reportes de avistamientos y estudios de aves gracias a la reforestación de especies vegetales con atracción de avifauna.
- Respeto del protocolo de manipulación de anfibios con fines turísticos, investigación y comercio, en todo el territorio del corredor biológico.
- Exposición de los viveros de especies nativas como modelo preservación genética.
- Conservación máxima del patrimonio arqueológico del CoBAS.

## **7. Conclusiones**

- a) Parte de los objetivos de esta investigación fue comprobar los cambios ligeros en la vegetación conforme se asciende a nivel altitudinal. Los resultados sugieren que en el bosque muy húmedo y pluvial tropicales ubicados en el rango altitudinal (700-1500 msnm)

del Corredor Biológico Alexander Skutch la riqueza y abundancia de especies disminuye conforme aumenta la altitud [99].

- b) De acuerdo con los datos de índice de Shannon reportados en el año 2014 [44] y 2018 [46] para el bosque del Refugio de Aves “Los Cusingos” y el valor obtenido en este estudio, los resultados sugieren que la diversidad tiende a aumentar.
- c) Se destaca la importancia de las especies *Socratea exorrhiza*, *Brosimum utile*, *Dendropanax caucanus* y *Tapirira guianensis* como especies representantes en el actual bosque del Refugio de Aves “Los Cusingos”, presentando el mayor I.V.I tanto por abundancia como por dominancia.
- d) Se logró establecer efectivamente dos PPM en la parte más alta del gradiente altitudinal, ubicadas en la Reserva Biológica Las Nubes de la Universidad de York, en el límite con el Parque Nacional Chirripó; generando la primera base de datos de composición florística a esa altitud con la que no contaba el Corredor Biológico Alexander Skutch.
- e) El ecosistema del CoBAS es un reservorio para la conservación de la biodiversidad nacional. El cual alberga especies incluidas dentro de la lista de especies amenazadas y poco comunes de la UICN para Costa Rica.
- f) Comparando los datos de imágenes obtenidas en el estudio del 2017 sobre el análisis de la estructura del paisaje del CoBAS entre 2005-2016 [3] y el análisis de fragmentos realizado en este estudio se muestra una tendencia a la recuperación de espacios cubiertos de bosque, aumentando gradualmente tanto en área como en cantidad de fragmentos.
- g) Esta investigación permitió la identificación de numerosas especies leñosas que contribuyen a la atracción de la avifauna como uno de los elementos focales de conservación del CoBAS.
- h) Los habitantes del Corredor Biológico Alexander Skutch, poco a poco se han sumado a las iniciativas para que la producción sea sostenible sin realizar cambio de uso del suelo y aumentando la conectividad del paisaje con prácticas sostenibles [100].

## 8. Recomendaciones

- a. Dado que cada altitud del gradiente estudiado presentó condiciones ambientales y especies arbóreas de relevancia ecológica, se evidencia la necesidad de aumentar la cantidad de parcelas en otros sitios del gradiente altitudinal de CoBAS. Esto para mantener un registro de estructura y composición florística más completo, especialmente en la parte media del gradiente altitudinal. Esta información permitiría tomar mejores decisiones de conservación.
- b. Continuar con el monitoreo de las parcelas permanentes de muestreo (PPM) para obtener datos precisos para la toma de decisiones de conservación de los bosques presentes en el Corredor Biológico Alexander Skutch.
- c. Para las parcelas permanentes de muestreo (PPM) del Refugio de Aves “Los Cusingos”, en futuros proyectos se recomienda remplazar los clavos de todos los individuos plaqueados desde su establecimiento, colocándolos en un ángulo de  $315^\circ$ , lo cual impedirá que la escorrentía de fuste quede en contacto con el clavo y favorezca la proliferación de patógenos.
- d. Se recomienda realizar una investigación para el estudio de la conectividad funcional a través de una especie focal de fauna, con la intención de conocer su desplazamiento a lo largo del gradiente altitudinal del CoBAS.
- e. Fortalecer las campañas estratégicas de educación ambiental como boletines informativos, impartir talleres, seguimiento en redes sociales, que dé a los habitantes del CoBAS un sentido de consciencia y pertenencia al corredor.

## 9. Referencias bibliográficas

- [1] La Revista Histórica Hispanoamericana, vol. 54, No. 2 (mayo de 1974), págs. 350-351  
Publicado por: Duke University Press.
- [2] Costa Rica (2006). Decreto Ejecutivo N° 33106-MINAE. Poder Ejecutivo de CR.  
Publicado en La Gaceta N° 103 el 30 de mayo de 2006.
- [3] Acuña-Prado, E., Molina-Jiménez, J., Rodríguez-Vindas, S. (2017). Análisis de la estructura del paisaje en el corredor biológico Alexander Skutch, Zeledón, en los años 2005, 2012 y 2016. (Tesis de Licenciatura en Ciencias Geográficas), Universidad Nacional.
- [4] Forman, R y Godron, M. (1981): Patches and structural components for a Landscape Ecology. *Bioscience* 31, pp. 733-740.
- [5] Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2018). Plan Estratégico 2018-2025 del Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica (Informe Final). Programa Nacional de Corredores Biológicos. San José-Costa Rica. 52 p.
- [6] The Socioecological Evolution of a Biological Corridor: A 15-year Case Study of the Alexander Skutch Biological Corridor in Southern Costa Rica.
- [7] Montagnini, F; Jordan, C. 2005. Tropical forest ecology: the basis for conservation and management. Berlín, DE, Springer. 295 p
- [8] Givnish, T. 1999. On the causes of gradients in tropical tree diversity. *Journal of Ecology*. 87:193-210
- [9] Colwell, R; Brehm, G; Cardelús, C; Gilman, A; Longino, J. (2008). Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Science* 322:258-260.
- [10] Canet, L. (2005). Ficha técnica para el diseño y oficialización del Corredor Biológico Alexander Skutch. San José: Pontificia el Centro Científico Tropical, Red de Pequeñas Reservas.
- [11] Holdridge, L.R (1967). Life zone ecology “Ecología Basada en Zonas de Vida”. TSC, Tropical Science Center. P.40-43 Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica.

- [12] Hutchinson, I. (1993). Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo (Vol. 204): CATIE
- [13] Dawkins, H. (1958). The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda: Imperial Forestry Institute, University of Oxford.
- [14] Alder, D., y Synnott, T. J. (1992). Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest: Oxford Forestry Institute, University of Oxford.
- [15] SINAC, REDD-CCAD-GIZ, 2014. Protocolo de campo para la identificación de especies arbóreas: Información taxonómica y dendrológica de las especies arbóreas de Costa Rica. (2014). San José, Costa Rica. 168 p.
- [16] Hammel, B. E.; Grayum, M. H.; Herrera, C.; Zamora, N. (2003-2014) Manual de Plantas de Costa Rica. Vol. IV, V, VI, VII y VIII: Dicotiledóneas. Monogram. Syst. Missouri Botanical Garden Press.
- [17] Finegan, B. (1996) Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. Trends in Ecology & Evolution, Volumen 11, Issue 3, Pgs 119-124.
- [18] Louman B, Quirós D, Nilsson M., Eds 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE, Turrialba C. R
- [19] MINAE. 2009. Estándares de Sostenibilidad para manejo de bosques naturales en Costa Rica: Principios, Criterios e Indicadores - Código de Prácticas - Manual de Procedimientos.
- [20] Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido -. Trad. A Carrillo. Eschborn, DE, GTZ. 335 p.
- [21] Jung, M. (2016). LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis. Ecological Informatics, 31, 18–21.
- [22] Tecnológico de Costa Rica (2014) Atlas Digital de Costa Rica 2014. Repositorio digital. Biblioteca José Figueres Ferrer, Cartago, Costa Rica.
- [23] Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2013). Manual para la interpretación de imágenes de sensores remotos de las principales coberturas y usos de la tierra de Costa Rica. Ed. San José, Costa Rica.

- [24] Silva, ME. (2003). Efectos ecológicos de la expansión urbana sobre las tierras agrícolas de la Pampa Ondulada, Buenos Aires, Argentina. Tesis M.Sc. AR, Universidad de Buenos Aires. 36 p.
- [25] McGarigal, K; Marks, BJ. (1995). Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Pórtland, US. Department of Agriculture, Forest. 132 p. (Pacific Northwest Research Station, General Technical Report PNW-GTR-351)
- [26] Jaeger J.A.G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. (2000) *Landscape ecology* 15.2, pp. 115-130.
- [27] Rutledge D. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? (2003). *Doc Science Internal Series* 98, 27 p.
- [28] Moizo Marrubio, P. (2004). La percepción remota y la tecnología SIG: Una aplicación en ecología de paisaje. *Geofocus. Revista Internacional de Ciencia Y Tecnología de La Información Geográfica*, 4, 1–24.
- [29] McGarigal, K; Marks, B; Ene, E; Holmes, C. (2002) Fragstats: Spatial pattern analysis program for categorical maps. Software program designed to compute a wide variety of landscape metrics for categorical map patterns. Massachusetts, US. University of Massachusetts.
- [30] Chao, A. Jaccard (2005). A new statistical approach for assessing compositional similarity based on incidence and abundance data. – *Ecol. Lett.* 8: 148–159.
- [31] Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 165 pp.
- [32] Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, La Sociedad Entomológica Aragonesa.
- [33] Shannon, C., y Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1, 125.
- [34] Magurran A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey; 179.
- [35] Margalef, R. 1995. Aplicacions del caos determinista en ecologia (pp 171-184) En: Flos, J. (ed.) 1995. *Ordre i caos en ecologia*. Publicacions Universitat de Barcelona.
- [36] Taylor, P. D., Fahrig, L., & With, K. A. (2006). Landscape connectivity: a return to the basics. *Conservation Biology Series-Cambridge-*, 14, 29.

- [37] Baguette, M., Blanchet, S., Legrand, D., Stevens, V. M., & Turlure, C. (2013). Individual dispersal, landscape connectivity and ecological networks. *Biological Reviews*, 88(2), 310-326.
- [38] Hartshorn, G.S. & B. E. Hammel. (1994). Vegetation types and floristic patterns, p.73-89. In L. McDade, K.S. Bawa, H. A. Hespenheide & G. S. Hartshorn (eds.). *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest*. The University of Chicago, Chicago, Illinois.
- [39] Acosta V., L.G. (1998). Análisis de la composición florística y estructura para la vegetación del piso basal de la zona protectora La Cangreja, Mastatal de Puriscal. *Práctica de Especialidad*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 69 p.
- [40] Thomsen, K.(1997). Potential of non-timber forest products in tropical rain forest in Costa Rica. Ph. D. Tesis. Faculty of Natural Sciences, University of Copenhagen, Copenague.
- [41] Valverde B., O. (1998). Estructura forestal y patrones florísticos de dos bosques tropicales húmedos de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Brenesia* 49/50: 39-60.
- [42] Sørensen, T. (1948). A Method of Establishing Groups of Equal Amplitude in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons: I kommission hos E. Munksgaard.
- [43] Mostacedo, B; Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz de la Sierra, BO, BOLFOR. 87p.
- [44] Brenes, J y Camacho, A. (2014). Análisis de la composición forestal del bosque primario del Refugio de Vida Silvestre Dr. Alexander Skutch “Los Cusingos.”. *Práctica Profesional diplomado*. Ingeniería en Manejo Forestal y Vida Silvestre. Universidad Técnica Nacional, Atenas, Costa Rica. Pág. 50.
- [45] Mosquera-Ramos, L. J., Robledo-Murillo, D., y Asprilla-Palacios, A. (2007). Diversidad florística de dos zonas de bosque tropical húmedo en el municipio de Alto Baudó, Chocó-Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 12.
- [46] Huertas, P. (2018). Caracterización de la composición y estructura florística en la parte baja del Corredor Biológico Alexander Skutch, Pérez Zeledón, Costa Rica. *Práctica Profesional*. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica. Pág. 26.
- [47] Somarriba, Eduardo. (1999). Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas*. 72-74.

- [48] Margalef, R. (1969). Diversity and stability: a practical proposal and a model of interdependence. *Diversity and stability in ecological systems. Brookhaven symposia in Biology*, 22, 25-37.
- [49] Melo, O. (2000). Evaluación ecológica y silvicultural de los fragmentos de vegetación secundaria, ubicados en áreas de bosque seco tropical en el norte del departamento del Tolima Informe técnico PIFECA. Tolima, Colombia: Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad del Tolima.
- [50] Lieberman, D., G. S. Hartshorn, M. Lieberman & R. Peralta. (1990). Forest Dynamics of La Selva Biological Station, 1969-1985, p. 509-521. In A. Gentry (ed.). *Four Neotropical Rainforest*. Yale University, New Haven, Connecticut.
- [51] Clark, DA; Clark, DB; Sandoval, R; Castro, M. (1995) Edaphic and Human Effects on Landscape-Scale Distributions of Tropical Rain Forest Palms. *Ecology* 76(8):2581- 2594.
- [52] Homeier, J; Breckle, S; Günter, S; Rollenbeck, R; Leuschner, C. 2010. Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a speciesrich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica* 42(2):140-148.
- [53] Wattenberg, I., S. W. Breckle & R. Ortíz Vargas. (1996) La diversidad de especies de árboles y la estructura de un bosque muy húmedo premontano en la Reserva Biológica Alberto Brenes. *Rev. Pensamiento Actual (Costa Rica)* 2: 11-19.
- [54] Lang, G. E. & D. E. Knighth. (1983). Tree growth, mortality, recruitment, and canopy gap formation during a 10-year period in a tropical moist forest. *Ecology* 64:1075-1080.
- [55] Lieberman, M. & D. Lieberman. (1994) Patterns of density and dispersion of forest trees, p.117. In L. A. McDade, K. S. Bawa, H. A. Hespenheide & G. S. Hartshorn (eds). *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest*. The University of Chicago, Chicago, Illinois.
- [56] Comiskey, J. A., G. Aymard & F. Dallmeier. 1994. Structure and composition of lowland mixed forest in the Kwakwani region of Guyana. *Biollania* 10: 13-28.
- [57] Burnham, R. J. 1997. Stand characteristics and leaf litter composition of a dry forest hectare in Santa Rosa National Park, Costa Rica. *Biotropica* 29: 384-395.



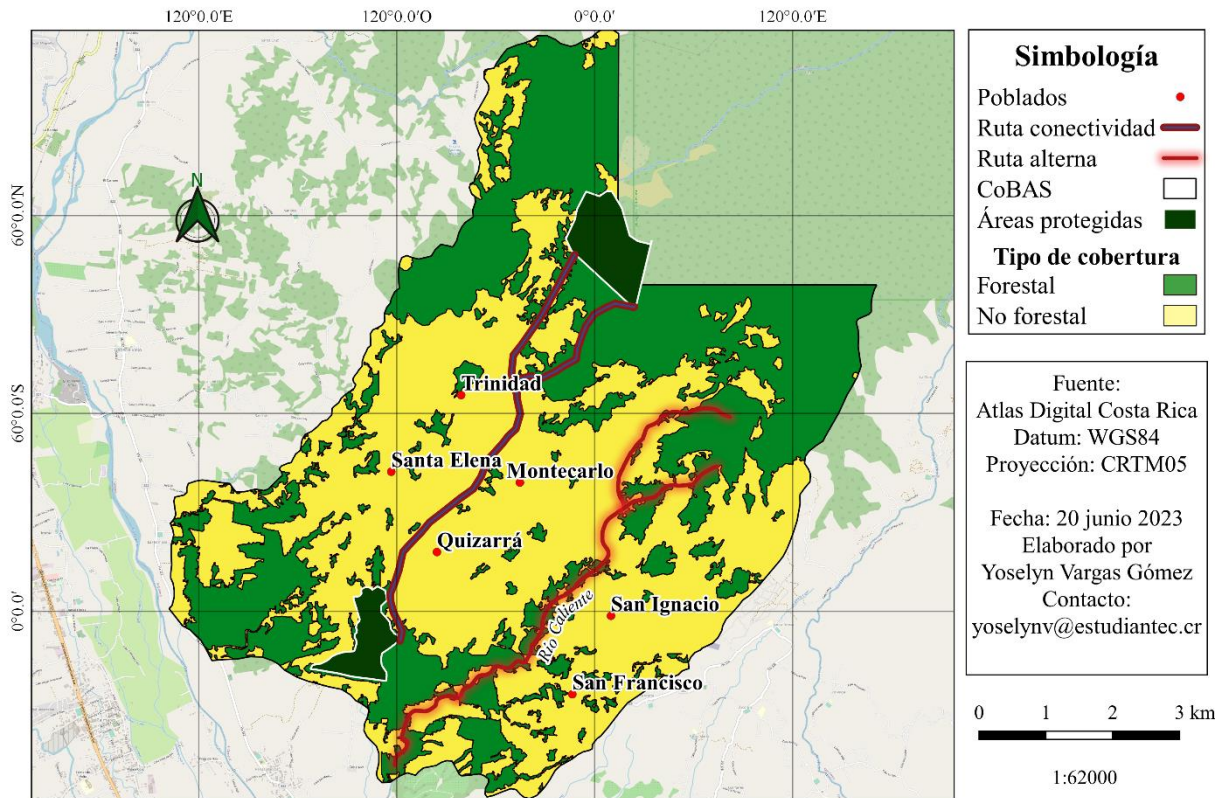
- [58] Finegan, B; Sabogal, C. (1988). El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica (parte 1). *El Chasqui (C.R)* 17: 3-24.
- [59] Lieberman, M., D. Lieberman, G. S. Hartshorn & R. Peralta. (1985). Small-scale altitudinal variation in lowland wet tropical forest vegetation. *J. Ecol.* 73:505-516.
- [60] Gentry, A. H. (1982). Patterns of neotropical plant species diversity. *Evol. Biol.* 15:1-84.
- [61] Bermúdez, F. (2005). Plan de Manejo del Parque Nacional Braulio Carrillo.
- [62] Hartshorn, G.H. (1991). Plantas. pp. 119-353. IN: Janzen, D.H. *Historia Natural de Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- [63] Rahbeck, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 18(2):200-205.
- [64] Sanders, N. 2002. Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography* 25:25-32.
- [65] Sharpea, J.M., & Shiels, A.B. (2014). Understory fern community structure, growth and spore production responses to a large-scale hurricane experiment in a Puerto Rico rainforest. *Forest Ecology and Management*, 332, 75-86.
- [66] Hartshorn, G. S. 1983. Plants: introduction, p. 118-157. In D. H. Janzen (ed.). *Costa Rica Natural History*. The University of Chicago, Chicago, Illinois.
- [67] Soethe, N., W. Wilcke, J. Homeier, J. Lehmann, and C. Engels (2008). Plant growth along the altitudinal gradient: role of plant nutritional status, fine root activity, and soil properties. In *Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador*, eds. E. Beck, J. Bendix, I. Kottke, F. Makeschin, and R. Mosandl, pp. 259–266. Berlin: Springer-Verlag.
- [68] Bruijnzeel, L; Veneklaas, E. 1999. Climatic conditions and tropical montane forest productivity: the fog has not lifted yet. *Ecology* 79(1):3-9.
- [69] Heaney, A. & J. Proctor (1990) Preliminary studies on forest structures and floristics on Volcán Barva, Costa Rica. *J. Trop. Ecol.* 6: 307-320.
- [70] Liebermann, D; Liebermann, M; Peralta, R; Hartshorn, G. 1996. Tropical forest structure and composition on a larger-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal of Ecology*. 84(2):137-152.

- [71] Silver, W; Marín-Spiotta, E; Lugo, A. 2001. El Caribe. In Kappelle, M; Brown, A. eds. Bosques nublados del neotrópico. Santo Domingo de Heredia, CR, INBio. 156-181 p.
- [72] Asner, G. P., Hughes, R. F., Varga, T. A., Knapp, D. E., & Kennedy-Bowdoin, T. (2009). Environmental and biotic controls over aboveground biomass throughout a tropical rainforest. *Ecosystems*, 12(2), 261-278.
- [73] Cuevas, E., Lozano, D., & Yaguana, C. (2019). Efecto de la gradiente altitudinal sobre la composición florística, estructura y biomasa arbórea del bosque seco andino, Loja, Ecuador. *Bosque (Valdivia)*, 40(3), 365-378.
- [74] Loza, I., Moraes, M., & Jørgensen, P. M. (2010). Variación de la diversidad y composición florística en relación a la elevación en un bosque montano boliviano (PNANMI Madidi). *Ecología en Bolivia*, 45(2), 87-100.
- [75] Fournier, L. 1980. Esfuerzo fitogeográfico de Costa Rica. In: Introducción a la Flora de Costa Rica. Montiel, San José, Universidad de Costa Rica.
- [76] Sherman, R; Martin, P; Fahey, T. (2005). Vegetation-environment relationships in forest ecosystems of the Cordillera Central, Dominican Republic. *Journal of the Torrey Botanical Society* 132(2):293-310.
- [77] Diertl, K. 2010. Pflanzendiversität entlang eines Höhengradienten in den Anden Südecuadors. PhD dissertation, Erlangen-Nürnberg, DE. Friedrich-Alexander-Universität. 277 p.
- [78] Feeley, K; Silman, M. (2010). Biotic attrition from tropical forest correcting for truncated temperature niches. *Global Change Biology*. 16: 1830-1836.
- [79] Feeley, K; Silman, M; Bush, M; Farfán. (2011). Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography* (38):783-791.
- [80] Malhi, Y; Silman, M; Salinas, M; Bush, M; Meir, P; Saatchi, S. (2010) Elevation gradients in the tropics: laboratories for ecosystem ecology and global change research. *Global Change Biology*. 16(12):3171-3175.
- [81] Matteucci, SD; Morello, J; Rodríguez, A; Mendoza, N. 2004. Mosaicos de paisaje y conservación regional: el Alto Paraná Encajonado argentino-paraguayo. Buenos Aires, AR, Universidad de Buenos Aires. Editorial de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. 160 p

- [82] Acevedo, H.A., Arroyo, M., y Obando, V. (2016). Corredor Biológico Alexander Skutch: Análisis de fragmentación y rutas de conectividad estructural. Agathos Natura. San José, Costa Rica.
- [83] N. Alba Cuéllar y M. Peña Franjul. (2008). Manual práctico de reforestación. Bogotá, Colombia, Grupo Latino, p 950.
- [84] Bach, K; Schawe, M; Beck, S; Gerold, G; Gradstein, S; Moraes, M. 2003. Vegetación, suelos y clima en los diferentes pisos altitudinales de un bosque montano de Yungas, Bolivia: Primeros resultados. *Ecología en Bolivia* 38(1):3-14.
- [85] Grayum, M; Hammel, B; Zamora, N. 2004. El ambiente físico. In Hammel, B; Grayum, M; Herrera, C; Zamora, N eds. *Manual de plantas de Costa Rica Volumen I: Introducción*. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA. p. 51-90.
- [86] Matteucci, S; Colma, A. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington, D.C, OEA. 168 p.
- [87] Montero, W. (2013). Análisis de la Composición Florística y Estructura para la vegetación de Reserva Biológica San Luis (RBSL) como proceso de restauración forestal, San Luis, Puntarenas, Costa Rica.
- [88] Quesada, R. (2012). Especies forestales vedadas y bajo otras categorías de protección en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(2), pág. 84–88.
- [89] Decreto Ejecutivo No. 40043-MINAE. *La Gaceta*, diario oficial de la República de Costa Rica. San José, Costa Rica. 27 de enero del 2017.
- [90] SINAC. (2018) Plan de Gestión del Corredor Biológico Alexander Skutch. Proyecto Implementación del Programa Nacional de Corredores Biológicos en el marco de la Estrategia Nacional de Biodiversidad de Costa Rica SINAC/GIZ. San José, 99p.
- [91] SINAC (2014). Guía para el diseño y formulación del Plan General de Manejo de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. San José-Costa Rica. 75p.
- [92] Margolluis, R. y Salafsky, N. 1998. *Measures of success: designing, managing and monitoring conservation and development projects*. ISLAND PRESS, Washington, D.C. Salafsky et al 2008.

- [93] Galaski, K.B. (2009). Turismo Comunitario Rural para el Desarrollo Sostenible en el Corredor Biológico Alexander Skutch, en el sur de Costa Rica (Tesis de Posgrado). Universidad de York. Toronto, Ontario, Canadá.
- [94] INBIO. (2018). *Endemismo*. MINAE. Estudio país. San José, Costa Rica.
- [95] Jiménez, A. Montoya, F. Bolaños, F. Alvarado, G. (2019). From incidental findings to systematic discovery: locating and monitoring a new population of the endangered Harlequin Toad. *Amphibian and Reptile Conservation*. 13.
- [96] Macdonald, S. & Mason, C. (1992) A Note on *Lutra longicaudis* in Costa Rica IUCN Otter Spec. Group Bull. 7: 37 – 38
- [97] Arauz, B. (2016). Corredores biológicos como potenciadores del desarrollo local: Estudio de caso del corredor biológico Alexander Skutch. *Revista Universidad en Dialogo*. No. 1 (6): 67- 79.
- [98] Guilcapi, M.F.L. (2013). Contribución a la actualización del Perfil Técnico y formulación del Plan Estratégico del Corredor Biológico Alexander Skutch (Tesis de Posgrado). CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- [99] Girardin, C., Farfan-Rios, W. Garcia, K., Feeley, K. J., Jørgensen, P. M., Murakami, A. A. (2014). Spatial patterns of above-ground structure, biomass and composition in a network of six Andean elevation transects. *Plant Ecology & Diversity*, 7(1-2), 161-171.
- [100] González, A (2023). Comunicación personal. Reunión para tesis de pregrado. Alexander González Vega, MSc. Turismo y manejo sostenible, Coordinador del Programa de Corredores Biológicos, CCT. Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

## 10. Anexos



**Anexo 1.** Fragmentación del paisaje del Corredor Biológico Alexander Skutch con ruta de conectividad alterna.

**Anexo 2.** Lista de especies encontradas en las PPM del bosque presente en el Refugio de Aves “Los Cusingos”, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Especie	Nº Individuos	Especie	Nº Individuos
<i>Abarema adenophora</i>	1	<i>Micropholis melinoniana</i>	2
<i>Alchornea latifolia</i>	1	<i>Mouriri gleasoniana</i>	3
<i>Annona amazonica</i>	1	<i>Myrciaria floribunda</i>	17
<i>Beilschmiedia tovarensis</i>	2	<i>Nectandra membrenaceae</i>	1
<i>Brosimum guianense</i>	1	<i>Ocotea cernua</i>	2
<i>Brosimum lactescens</i>	5	<i>Ocotea laetevirens</i>	3
<i>Brosimum utile</i>	16	<i>Ocotea producta</i>	1
<i>Cecropia obtusifolia</i>	4	<i>Ocotea pullifolia</i>	12
<i>Compsonaura excelsa</i>	7	<i>Ocotea sp.1</i>	1

<i>Cordia bicolor</i>	6	<i>Ocotea sp.2</i>	9
<i>Croton bilbergianus</i>	22	<i>Ocotea sp.3</i>	2
<i>Croton smithianus</i>	1	<i>Ocotea sp.4</i>	1
<i>Dendropanax arboreus</i>	6	<i>Pachira aquatica</i>	1
<i>Dendropanax caucanus</i>	20	<i>Pera arborea</i>	5
<i>Dussia macrophyllata</i>	1	<i>Phyllanthus skutchii</i>	2
<i>Entada gigas</i>	3	<i>Pourouma bicolor</i>	5
<i>Erythroxylum macrophyllum</i>	1	<i>Pouteria reticulata</i>	18
<i>Eugenia sp.1</i>	1	<i>Pouteria torta</i>	4
<i>Euterpe precatoria</i>	5	<i>Protium panamensis</i>	1
<i>Ficus tonduzii</i>	3	<i>Protium ravenii</i>	19
<i>Garcinia madruno</i>	2	<i>Rhodostemonodaphe kunthiana</i>	1
<i>Goethalsia meiantha</i>	10	<i>Simarouba amara</i>	8
<i>Guatteria recurvisepala</i>	4	<i>Sloanea aff. garcia-cossioi</i>	1
<i>Guettarda sp.1</i>	1	<i>Sloanea laurifolia</i>	2
<i>Hasseltia floribunda</i>	2	<i>Socratea exorrhiza</i>	114
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	3	<i>Sterculea recordiana</i>	1
<i>Hieronyma oblonga</i>	1	<i>Symphonia globulifera</i>	5
<i>Humiriastrum diguense</i>	2	<i>Symplocos naniflora</i>	1
<i>Inga allenii</i>	1	<i>Tachigali versicolor</i>	1
<i>Inga densiflora</i>	1	<i>Talauma gloriensis</i>	3
<i>Inga thibaudiana</i>	5	<i>Tapirira guianensis</i>	19
<i>Inga umbellifera</i>	5	<i>Tetragastris panamensis</i>	5
<i>Jacaranda copaia</i>	2	<i>Tovomita weddelliana</i>	4
<i>Jacaratia dolichaula</i>	6	<i>Trema integerrima</i>	3
<i>Lacistema aggregatum</i>	1	<i>Trophis mexicana</i>	3
<i>Lacmellea panamensis</i>	3	<i>Turpinia occidentalis</i>	6
<i>Maquira costaricana</i>	6	<i>Vantanea barbourii</i>	1
<i>Marila laxiflora</i>	3	<i>Virola nobilis</i>	5
<i>Miconia chrysophylla</i>	3	<i>Virola sebifera</i>	26
<i>Miconia elata</i>	11	<i>Vochysia ferruginea</i>	3
<i>Miconia matthaei</i>	1		
<i>Miconia multispicata</i>	3		
<i>Miconia sp.1</i>	2		
<i>Miconia trinervia</i>	1		
<i>Micropholis crotonoides</i>	1		

**Anexo 3.** Lista de especies encontradas en las PPM del bosque presente en el Reserva Biológica “Las Nubes”, Pérez Zeledón, Costa Rica.

<b>Especie</b>	<b>N° Individuos</b>
<i>Alchornea glandulosa</i>	2
<i>Alchornea latifolia</i>	2
<i>Alsophila firma</i>	3
<i>Annona papilionella</i>	7
<i>Casearia tacanensis</i>	2
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	2
<i>Clarisia mexicana</i>	1
<i>Clethra sp.1</i>	1
<i>Conostegia oerstediana</i>	32
<i>Cordia bicolor</i>	1
<i>Croton draco</i>	5
<i>Cupania glabra</i>	1
<i>Cupania sp.1</i>	1
<i>Cyathea multiflora</i>	17
<i>Dendropanax sp.1</i>	23
<i>Dendropanax sp.2</i>	1
<i>Ficus caldasiana</i>	1
<i>Ficus sp.1</i>	4
<i>Ficus sp.2</i>	3
<i>Ficus sp.3</i>	1
<i>Guarea sp.1</i>	8
<i>Guarea sp.2</i>	3
<i>Guarea sp.3</i>	1
<i>Guatteria sp.1</i>	1
<i>Guatteria sp.2</i>	1
<i>Guatteria sp.3</i>	8
<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	109
<i>Heliocarpus americanus</i>	1
<i>Inga oerstediana</i>	1
<i>Inga punctata</i>	3
<i>Inga sp.1</i>	3
<i>Inga sp.2</i>	3
<i>Margaritaria nobilis</i>	1
<i>Nectandra sp.1</i>	1
<i>Nectandra sp.2</i>	2
<i>Ochroma pyramidale</i>	1

<i>Ocotea meziana</i>	1
<i>Ocotea stenoneura</i>	1
<i>Oreopanax sp.1</i>	10
<i>Perrottetia longistylis</i>	91
<i>Ruagea glabra</i>	1
<i>Sapium sp.1</i>	2
<i>Sorocea affinis</i>	1
<i>Viburnum costaricanum</i>	15
<i>Virola sebifera</i>	1
<i>Vismia baccifera</i>	7
<i>Vochysia ferruginea</i>	3

---