

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**USO DE MARIPOSAS COMO BIOINDICADORAS DEL
ESTADO DE RECUPERACIÓN DE BOSQUES MANEJADOS,
PITAL, SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

GEOVANNY ALBERTO ALFARO FIGUEROA

CARTAGO, COSTA RICA, 2018

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**USO DE MARIPOSAS COMO BIOINDICADORAS DEL
ESTADO DE RECUPERACIÓN DE BOSQUES MANEJADOS,
PITAL, SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

GEOVANNY ALBERTO ALFARO FIGUEROA

CARTAGO, COSTA RICA, 2018

USO DE MARIPOSAS COMO BIOINDICADORAS DEL ESTADO DE RECUPERACIÓN DE BOSQUES MANEJADOS, PITAL, SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA

Geovanny Alberto Alfaro-Figueroa

RESUMEN

El aprovechamiento de los ecosistemas boscosos genera diversos impactos, entre ellos la posible fragmentación y degradación del ecosistema. Sin embargo, actualmente se conocen pocos métodos para determinar el estado de recuperación de estas superficies afectadas. Por tanto, se propuso determinar la factibilidad de generar bioindicadores del estado de recuperación de bosques manejados, a partir del monitoreo de mariposas de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, en Pital, San Carlos, Costa Rica. Se evaluaron 3 sitios con diferente grado de perturbación, donde se realizó un monitoreo de mariposas, se establecieron parcelas para describir la estructura vegetal y se midió el porcentaje de cobertura arbórea, la temperatura y la humedad relativa, para conocer el efecto de la cobertura sobre la diversidad de mariposas. Se obtuvo un total de 1437 individuos identificados y repartidos en 33 especies de mariposas, de las cuales 9 especies presentaron potencial de ser bioindicadoras. Se encontró que el sitio influye sobre la diversidad de mariposas, donde dependiendo del grado de perturbación que posee el ecosistema, así podrían verse afectadas las especies de mariposas. En cuanto al área basal y la diversidad, no se encontraron diferencias significativas entre las coberturas boscosas, pero sí en cuanto al porcentaje de cobertura.

Palabras clave: Índices de diversidad, índices de similitud, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, monitoreo.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

USE OF BUTTERFLIES AS BIOINDICATORS OF THE STATE OF RECOVERY THE MANAGED FORESTS, PITAL, SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA

Geovanny Alberto Alfaro-Figueroa

ABSTRACT

The use of forest ecosystems generates diverse impacts; among which the possible fragmentation and degradation of the ecosystem can be included. However, currently few methods to determine what is the state of recovery of these affected surfaces are known. Therefore, this article proposed to determine the feasibility of generating bioindicators of the recovery status of managed forests, based on the butterflies monitoring of individuals from the Papilionidae, Pieridae and Nymphalidae families, in Pital, San Carlos, Costa Rica. Three places with different degree of disturbance were considered, in which a monitoring of butterflies of the mentioned families was carried out, plots were set up to describe the vegetal structure and the percentage of tree cover, the temperature and the relative humidity were measured, to know the effect of coverage on butterfly diversity. A total of 1437 individuals were obtained, distributed among 33 species of butterflies, with 9 of them having the potential to be bioindicators, In addition, it was found that the site does influence the diversity of butterflies, where, depending on the degree of disturbance that the plant cover or ecosystem has, these species will be affected, even though there have not been significant differences in the forest cover used, referring to the plant component in terms of basal area and diversity, but there was a difference in the percentage of coverage.

Keywords: Diversity indices, similarity indices, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, monitoring.

*Alfaro-Figueroa, G. (2018) Uso de mariposas como bioindicadoras del estado de recuperación en bosques manejados, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

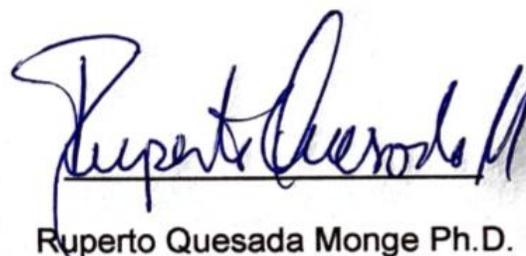
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por M.Sc. Cynthia Salas Garita, Ph.D. Ruperto Quesada Monge y Dra. Nancy Gamboa Badilla, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



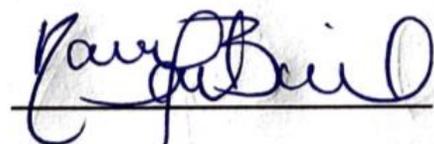
Cynthia Salas Garita M.Sc.

Directora de Tesis



Ruperto Quesada Monge Ph.D.

Profesor Lector



Nancy Gamboa Badilla Dra.

Profesora Lectora



Dorian Carvajal Vanegas M.Sc.

Coordinador Trabajo Final de Graduación



Geovanny Alberto Alfaro Figueroa

Estudiante

DEDICATORIA

Primero a Dios por permitirme afrontar esta meta y darme salud para seguir adelante.

A mi familia, especialmente a mis padres por estar siempre presentes, además de ser ese motor que me motivaba a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Armando Alfaro Arias y Kathia Figueroa Arredondo, por el esfuerzo que hicieron para ayudarme a concluir esta etapa de mi vida, además de ser los pilares que me sostuvieron y apoyaron en todo momento.

A mis hermanos Karla Alfaro Figueroa, Alejandra Alfaro Figueroa y Jorge Alfaro Figueroa, por realizar sacrificios y ayudar a mis padres con el factor económico, cuando fue necesario.

A mi profesora tutora Cynthia Salas Garita, por trasmitirme sus conocimientos a través de este proceso, por su apoyo y por sus excelentes consejos.

A todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Forestal, por trasmitirme el conocimiento que he adquirido hasta el momento. Además, agradecer a estos profesores/amigos que en esta última etapa de mi carrera me brindaron consejos y me apoyaron.

A doña Rosy, Don Víctor y toda su familia, por la excelente atención durante mi estadío en La Belén.

A Ricardo Murillo Hiller, por su disposición y ayuda al identificar las especies de mariposas.

A Leonardo Álvarez Alcázar, amigo y compañero, por la gran ayuda que me suministró al hacer el trabajo de campo y por la identificación de las especies de árboles.

A todos aquellos amigos y conocidos que gane durante mi estudio en esta gran carrera universitaria.

Al Instituto Tecnológico de Costa Rica, por acogerme en esta gran institución y ser parte de mi identidad.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIAL Y MÉTODOS	3
2.1. Localización del estudio	3
2.2. Sitios de estudio	4
2.3. Recolección de datos en campo.....	4
2.3.1. Composición y estructura arbórea.....	4
2.3.2. Monitoreo de mariposas.....	5
2.4. Manejo de datos.....	6
2.4.1. Estructura horizontal de la vegetación.....	6

2.4.2.	Estructura vertical de la vegetación	6
2.4.3.	Riqueza, abundancia y diversidad de especies tanto vegetales como de mariposas.....	6
2.4.4.	Efecto de variables de sitio sobre la riqueza, abundancia y diversidad de mariposas.....	11
2.4.5.	Análisis estadístico.....	11
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
3.1.	Composición y estructura arbórea	12
3.1.1.	Estructura horizontal	12
3.1.2.	Estructura vertical	14
3.1.3.	Porcentaje de cobertura arbórea	16
3.1.4.	Biodiversidad, abundancia y riqueza de especies vegetales	16
3.2.	VARIABLES AMBIENTALES	19
3.3.	Monitoreo de mariposas	20
3.3.1.	Descripción general de los resultados obtenidos.....	20
3.3.2.	Curvas de acumulación de especies	22
3.3.3.	Índices de diversidad y similitud para el monitoreo de mariposas	23
3.4.	Efecto del sitio en la riqueza, abundancia y diversidad de las mariposas	28
4.	CONCLUSIONES	31
5.	RECOMENDACIONES.....	32
6.	AGRADECIMIENTOS.....	32
7.	REFERENCIAS	33
8.	ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de individuos por hectárea, área basal y diferentes estadísticos aplicados al resultado de área basal, para los sitios A y B. Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.....	12
Cuadro 2. Las 10 especies vegetales más abundantes para los sitios A y B, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	17
Cuadro 3. Índices de diversidad y equitabilidad para las especies arbóreas de los sitios A y B, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	18
Cuadro 4. Variables ambientales para 3 sitios, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	19
Cuadro 5. Número de individuos y especies de mariposas de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae para 3 sitios, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	20
Cuadro 6. Información de las 10 especies más abundantes de mariposas, según sitio evaluado y hábito al que pertenecen, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	21
Cuadro 7. Índices de diversidad y equitabilidad para el monitoreo de mariposas para 3 sitios evaluados en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	23
Cuadro 8. Índices de similitud obtenidos del monitoreo de mariposas para 3 sitios evaluados en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	24

Cuadro 9. Especies de mariposas ligadas a zonas abiertas y con potencial para ser usadas como bioindicadoras del estado de recuperación de bosques manejados para 3 sitios en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.....27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de los tres sitios en estudio en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.....	3
Figura 2. Distribución del número de individuos por hectárea según clase diamétrica para los sitios A y B, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	13
Figura 3. Distribución del área basal por hectárea según clase diamétrica para los sitios A y B, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	14
Figura 4. Estratos dentro de la cobertura vegetal, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. a. estratos del sitio A. b. estratos del sitio B.....	15
Figura 5. Curvas de acumulación de especies, observado contra esperado usando el estimador CHAO 1, para 3 sitios evaluados, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	22
Figura 6. Análisis general de composición para el monitoreo de mariposas para 3 sitios, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. (el % se refiere al valor que representan esas especies del total de individuos de ese sitio)	25
Figura 7. Análisis de correspondencia para el monitoreo de mariposas para 3 sitios en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Especies vegetales monitoreadas en dos sitios en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.....	43
Anexo 2. Especies de mariposas monitoreadas en tres sitios en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.	46

1. INTRODUCCIÓN

El mundo posee problemas que afectan y competen a todos, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, son una amenaza constante y latente que preocupa a muchos que conocen al respecto [1]-[3]. Debido a estas amenazas, nace la necesidad de establecer proyectos que permitan identificar el estado de la conservación y recuperación de los ecosistemas, para así mantener la biodiversidad y los distintos servicios ecosistémicos que brindan [4].

El uso de bioindicadores se ha popularizado, pues ciertos especímenes de flora y fauna permiten obtener una mejor percepción del estado de conservación y el nivel de recuperación de los ecosistemas, por ser susceptibles y variar su comportamiento ante los diversos cambios o amenazas que sufren [5]-[7]. Además, muchos de estos especímenes poseen funciones importantes dentro de los sistemas, lo que da un mayor valor a su uso [5].

En Costa Rica se conoce poco sobre el efecto de la cobertura vegetal en las poblaciones de diferentes especies [8]-[9], lo que deja un vacío de información y limita la posibilidad de identificar los organismos que pueden cumplir con el rol de bioindicadores del estado de recuperación de los ecosistemas boscosos luego de ser manejados.

En el presente estudio se realizó un monitoreo de mariposas pertenecientes a las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, como bioindicadoras del estado de recuperación del ecosistema, debido a que este grupo de organismos es susceptible a las perturbaciones que se dan dentro de su hábitat. Dicho comportamiento, se presenta dada la disponibilidad de alimento y plantas hospederas para las larvas de mariposas [6] y [10]-[12]; donde se ha encontrado que existen afinidades con tipos de cobertura o hábitat. Aunado a esto, se escoge el grupo de mariposas por su importancia dentro del ecosistema. Estos insectos son un eslabón relevante dentro de

la cadena trófica y su papel de polinizadores permite la continuidad y reproducción de diversas especies vegetales [11].

El trabajo se desarrolla en la Zona Norte de Costa Rica, debido a que es la región del país donde, desde el 2013 y hasta el 2017, se reporta el mayor volumen de madera extraído por año de los bosques naturales, tanto de planes de manejo forestal como de madera caída en el último año, según las estadísticas que aporta anualmente el Sistema Nacional Áreas de Conservación (SINAC). Dicho volumen, representa aproximadamente el 3% del volumen total extraído en todo el país [13]-[17].

Al ser los bosques de la Zona Norte los más manejados del país y donde se originan los valores de referencia mínimos para realizar el aprovechamiento; donde se basan en Principios, Criterios e Indicadores para su elaboración, que buscan la continuidad y conservación de estos ecosistemas [18]-[19], es sorprendente, que aún en estas épocas no se haya establecido un bioindicador del estado de recuperación de los ecosistemas manejados.

Este estudio tiene como objetivo determinar la factibilidad de generar bioindicadores del estado de recuperación de bosques manejados, a partir del monitoreo de mariposas de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, en Pital, San Carlos, Costa Rica.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Localización del estudio

El estudio se realizó en la Zona Norte de Costa Rica (Región Huetar Norte), específicamente en las fincas de Carlos Loría Murillo, que se ubican en el caserío Yucatán, distrito Pital, cantón San Carlos de la provincia de Alajuela, Costa Rica; bajo las coordenadas geográficas 10°37' N y 84°10' O y una elevación promedio de 50 m.s.n.m (figura 1).

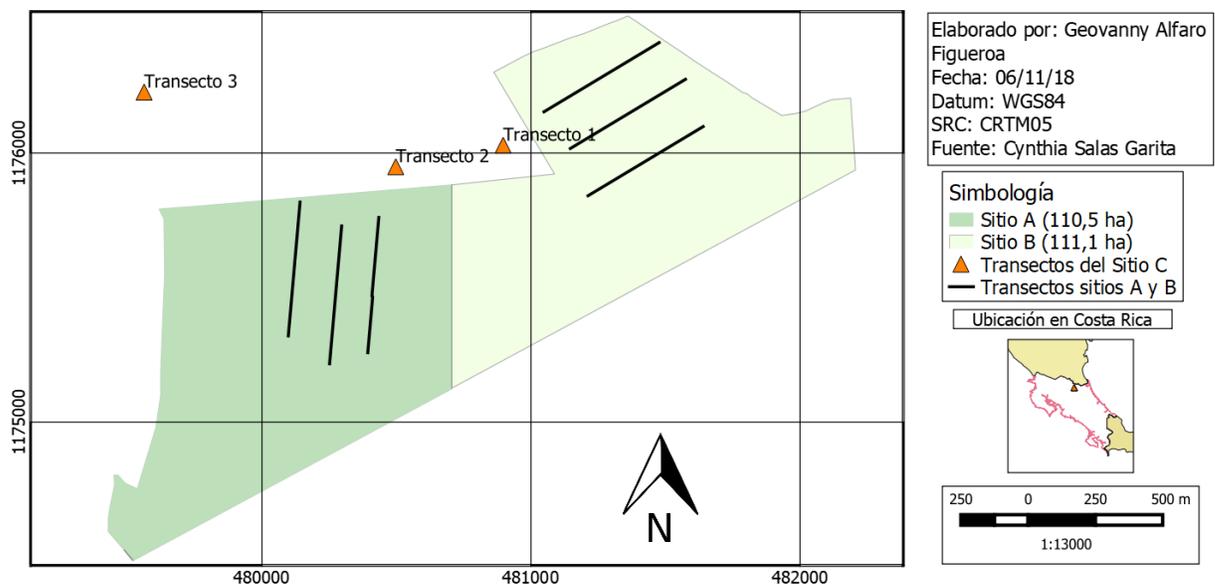


Figura 1. Mapa de ubicación de los tres sitios en estudio en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

La zona se caracteriza por tener dos épocas climáticas, la época seca que va de marzo a mayo y la época lluviosa de mayo a febrero. La precipitación promedio ronda los 2000 mm año⁻¹, la temperatura oscila entre los 20 °C y los 26 °C, el rango de humedad relativa promedio anual es de 80-90 % y presenta una radiación solar diaria de 3 a 5 horas [20]. Posee un 22% de su territorio cubierto por bosques [21] y según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, presenta bosques húmedos tropicales y

muy húmedos tropicales, diversos en especies arbóreas, con 3 ó 4 estratos bien definidos [22].

2.2. Sitios de estudio

Se trabajó con tres sitios, donde la clave fue el grado de perturbación. El primer sitio fue un bosque donde hace 2 años se realizó un aprovechamiento forestal, que entró en proceso de cicatrización (sitio A), el segundo sitio un bosque aprovechado hace un año (sitio B) y el tercero un pastizal sin presencia de árboles (sitio C).

No se pudo trabajar con un bosque sin grado de intervención o perturbación, ya que la Zona Norte del país en el mes de noviembre del 2016 fue afectada por el huracán Otto. Este evento provocó la caída de muchos árboles, lo que dio paso a la formación de claros en los diferentes parches de bosque de la zona [23]. En este caso, los árboles que el huracán afectó del sitio A no se extrajeron a diferencia del sitio B, que durante el aprovechamiento fue extraída la mayor parte de árboles caídos por el huracán.

2.3. Recolección de datos en campo

2.3.1. Composición y estructura arbórea

Para la caracterización de la composición y estructura, se realizaron muestreos únicamente en los sitios con cobertura arbórea (A y B). En ellos se realizó un muestreo aleatorio, donde se estableció un total de 5 parcelas de 50 m x 10 m en cada sitio. Para ubicar las parcelas se utilizó el carril del monitoreo de mariposas como guía central de la parcela. A cada individuo con diámetro mayor a 10 cm se le midió el diámetro a 1,3 m del suelo (DAP), la altura total y se anotó la especie (nombre científico). En los casos en que en el campo no fue posible la identificación se recolectó una muestra y se identificó con la ayuda del estudiante Leonardo Álvarez Alcázar.

Para la determinación del porcentaje de cobertura arbórea por sitio, sobre los transectos se establecieron 11 puntos de muestreo. En cada punto se tomó una fotografía del dosel utilizando una cámara con lente de ojo de pez, luego estas

imágenes fueron analizadas con el programa GAP Light Analyzer (GLA) 2.0. Las especificaciones para la toma de fotografías siguieron las recomendaciones de [24].

Esta labor no se realizó en el sitio C, donde la presencia de especies arbóreas fue nula y el porcentaje de cobertura se consideró de 0 %.

2.3.2. Monitoreo de mariposas

El monitoreo de mariposas se llevó a cabo entre los meses de julio y agosto del 2018. En cada uno de los sitios se establecieron 3 transectos de 500 metros de longitud. En los sitios A y B con una separación de 150 metros y en el sitio C una mayor distancia entre sí. Además, se dejó 100 m desde el borde del bosque respecto a los pastizales (sitios A y B), para evitar influencia del efecto de borde en los resultados.

Los transectos dentro de los sitios se recorrieron por 5 días, a partir de las 8:00 am y a lo largo de 3 horas aproximadas por día. Durante los días con lluvia no se realizó el monitoreo. El recorrido se hizo a paso constante y uniforme, registrando y contando todos los individuos adultos de cada especie de mariposa dentro de un margen de 3 metros a cada lado del transecto. Se trabajó con mariposas diurnas de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, por la facilidad de identificación [6], [10], [12] y [25].

En el campo se anotó la especie, el número de individuos por especie, el número de captura por transecto y sitio de estudio. Las capturas se llevaron a cabo cuando la especie era difícil de identificar al vuelo o se desconocía por completo la especie, para luego en laboratorio realizar su identificación, usando la guía de identificación de DeVries [10] o la colección de muestras físicas del proyecto “Diseño de una metodología para evaluar la sostenibilidad de los bosques naturales manejados de la Zona Norte” del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Código CF1401036). En los casos en que el individuo no se pudo identificar por estos dos métodos, se contó con la ayuda del M.Sc. Ricardo Murillo Hiller, profesor e investigador de la Universidad de Costa Rica y experto en lepidópteras. El esfuerzo de muestreo fue de 15 horas/sitio.

Para caracterizar el microclima dentro de la vegetación y determinar sus posibles efectos en la presencia de las mariposas, se midió la temperatura y la humedad relativa a nivel de piso con un Kestrel 3000. Para ello se establecieron 6 puntos de muestreo distanciados cada 100 metros entre sí sobre los transectos. La temperatura y la humedad relativa se midieron una sola vez cada día por punto de muestreo durante por 5 días, estas variables fueron medidas en los 3 sitios de estudio.

2.4. Manejo de datos

Para el análisis de datos se utilizaron los programas Microsoft Excel 2013, Past 3 [26] y EstimateS 9.1.0 [27]. Los resultados fueron determinados por medio de cálculos resumidos en diferentes figuras y cuadros.

2.4.1. Estructura horizontal de la vegetación

Para la estructura horizontal se determinó el área basal (G) en $m^2 ha^{-1}$, el número de individuos por hectárea (N) y sus respectivas distribuciones diamétricas.

2.4.2. Estructura vertical de la vegetación

Para la estructura vertical se realizó un análisis de las alturas, con el que se determinó la cantidad de estratos que poseía cada uno de los sitios. Para esto se trabajó con un gráfico, donde el eje “y” era la altura en metros y el eje “x” los individuos repartidos de menor a mayor altura, el cual permitió observar las tendencias en las alturas de los árboles del bosque y mediante esto se determinó la cantidad de estratos por sitio.

2.4.3. Riqueza, abundancia y diversidad de especies tanto vegetales como de mariposas

Tanto para la descripción de la cobertura vegetal como para el monitoreo de mariposas, se trabajó con diversos índices para el cálculo de riqueza, abundancia y diversidad. Estos índices se utilizaron para comparar los sitios de estudio, en el caso de la cobertura vegetal solo se comparó el sitio A con el B; de igual forma se construyeron curvas de acumulación de especies para determinar la riqueza de

especies de mariposas y estimar si el esfuerzo de muestreo fue el adecuado. Dentro de los índices utilizados se encuentran Margalef, Shannon-Weaver, Simpson, Jaccard, Sorensen y Morisita-Horn. También se tomó en cuenta el índice de Equitabilidad, que relaciona abundancia con especie y que tan uniforme es esta distribución [28].

a) Índice de diversidad de Margalef

Este índice supone que existe una relación entre las especies y el número total de individuos [29], es utilizado para definir riqueza.

La fórmula para calcular este índice es:

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

Donde:

D_{Mg} = Índice de diversidad de Margalef

S= número de especies por sitio de estudio

N= número total de individuos por sitio de estudio

b) Índice de diversidad de Shannon-Weaver

Mide el grado promedio de incertidumbre al escoger un individuo al azar de un grupo y la posibilidad de predecir la especie [30]. Asume que los individuos son escogidos al azar y que todas las especies están presentes en la muestra, mientras más aproximado a cero sea el valor menos especies hay [29].

La fórmula para calcular este índice es:

$$H' = \sum p_i \ln p_i \quad (2)$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

p_i = Abundancia proporcional (n_i/N)

n_i = Individuos por especie por sitio de estudio

N = Total de individuos por sitio de estudio

c) Índice de Simpson

Demuestra la posibilidad de que dos individuos escogidos al azar sean de la misma especie. Como es un valor inverso a la equidad, la diversidad se puede calcular como $1-\lambda$, ya que el valor original demuestra la dominancia de una especie [29]. Está fuertemente influenciado por los individuos más dominantes [30].

La fórmula para calcular este índice es:

$$\lambda = \sum p_i^2 \quad (3)$$

Donde:

λ = Índice de Simpson

p_i = Abundancia proporcional (n_i/N)

n_i = Individuos por especie por sitio de estudio

N = Total de individuos por sitio de estudio

d) Índice de similitud de Jaccard

Este valor permite medir el número de especies en común de dos sitios de estudio. Sus valores van de 0 a 1, donde 0 indica que no hay especies en común y 1 todas las especies en común [29].

La fórmula para calcular este índice es:

$$I_j = \frac{c}{a+b-c} \quad (4)$$

Donde:

I_j = Índice de similitud de Jaccard

a = número de especies en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = ($a+b$)

e) Índice de similitud de Sorensen

Permite relacionar el número de especies en común con la media aritmética de las especies de dos sitios [30].

La fórmula para calcular este índice es:

$$I_s = \frac{2c}{a+b} \quad (5)$$

Donde:

I_s = Índice de similitud de Sorensen

a = número de especies en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = ($a+b$)

f) Índice de similitud de Morisita-Horn

Este índice es influenciado por la riqueza y el tamaño de la muestra, es altamente sensible ante la abundancia de la especie con mayor número de individuos [30].

La fórmula para calcular este índice es:

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a_i x b_i)}{(d_a + d_b) x a_N x b_N} \quad (6)$$

Donde:

I_{M-H} = Índice de similitud de Morisita-Horn

a_i = número de individuos en la i-ésima especie en el sitio A

b_i = número de individuos en la i-ésima especie en el sitio B

$$d_a = \sum a_i^2 / a_N^2$$

$$d_b = \sum b_i^2 / b_N^2$$

a_N = número total de individuos del sitio A

b_N = número total de individuos del sitio B

g) Curva de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies es uno de los métodos para estimar la riqueza de especies y el esfuerzo de muestreo. Requieren de datos para un conjunto de especies en un hábitat homogéneo, donde los datos se obtienen en una escala espacial y temporal [31]. Antes de aplicar la ecuación para el cálculo de la curva, es necesario realizar un estudio de normalidad de los datos, para luego decidir la ecuación a utilizar.

En el presente estudio se realizaron curvas aleatorizadas de acumulación de especies, para eliminar la arbitrariedad. Al igual que Tobar [31], se hicieron 1000 aleatorizaciones

y se utilizó el índice de primer orden Chao (CHAO 1) como estimador, todo esto se hizo con el programa EstimateS 9.1.0. [27]. El índice o curva permitió predecir la riqueza a partir de las especies observadas y su abundancia en muestras de tamaño uniforme [31].

2.4.4. Efecto de variables de sitio sobre la riqueza, abundancia y diversidad de mariposas

Para determinar si una o más variables del sitio influyeron en la presencia y abundancia de las diferentes especies de mariposas, se realizó un análisis de correspondencia utilizando el programa estadístico R. En el análisis se contemplaron los valores de abundancia de todas las especies que tuvieran más de un individuo reportado en cada sitio, eliminando los valores conocidos como “singletons”. Además, se eliminó la información de la especie *Hermeuptychia hermes* presente en los repastos, esto por cuanto influye en el resultado por sus valores extremos. Se tomaron en cuenta las variables temperatura, humedad relativa y porcentaje de cobertura arbórea.

2.4.5. Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico se comprobó la normalidad de los datos. Aquellos que no poseían una distribución normal se analizaron mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis [11] y para los que sí tuvieron una distribución normal se utilizó un ANDEVA. Se trabajó con el programa Past 3 [26] e Infostat [32].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Composición y estructura arbórea

3.1.1. Estructura horizontal

El sitio B mostró una mayor cantidad de individuos que en el sitio A (cuadro 1), este resultado se aprecia en la gran cantidad de individuos que están dentro de la clase diamétrica de 10-20 cm (figura 1) y que es donde el sitio B posee la mayor cantidad de área basal (figura 2). Al comparar este resultado con estudios realizados por Araya [23] y Quirós [33] en un bosque aproximadamente a 6 km del sitio de estudio, el número de individuos por hectárea que se obtiene se asemeja a los datos obtenidos por estos autores.

Cuadro 1. Número de individuos por hectárea, área basal y estadísticos aplicados al área basal, para los sitios A y B. Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Parámetro	Sitio A	Sitio B
N/ha	420	608
G (m ² ha ⁻¹)*	19,86 _A	23,88 _A
S	0,29	2,34
CV %	3,36	22,17
Límite inferior	19,04	17,31
Límite superior	20,69	30,44

*Letras iguales significan que no existen diferencias significativas entre sitios.

El sitio B obtuvo una mayor variación en área basal que el sitio A, esto se puede observar tanto en el coeficiente de variación (22,17 %), como en el límite inferior y superior. En comparación con los límites del sitio A, los del sitio B se alejan más de la media obtenida. De igual forma, se aprecia que entre ambos resultados no existe diferencia significativa ($p\text{-value} = 0,13 > 0,05$).

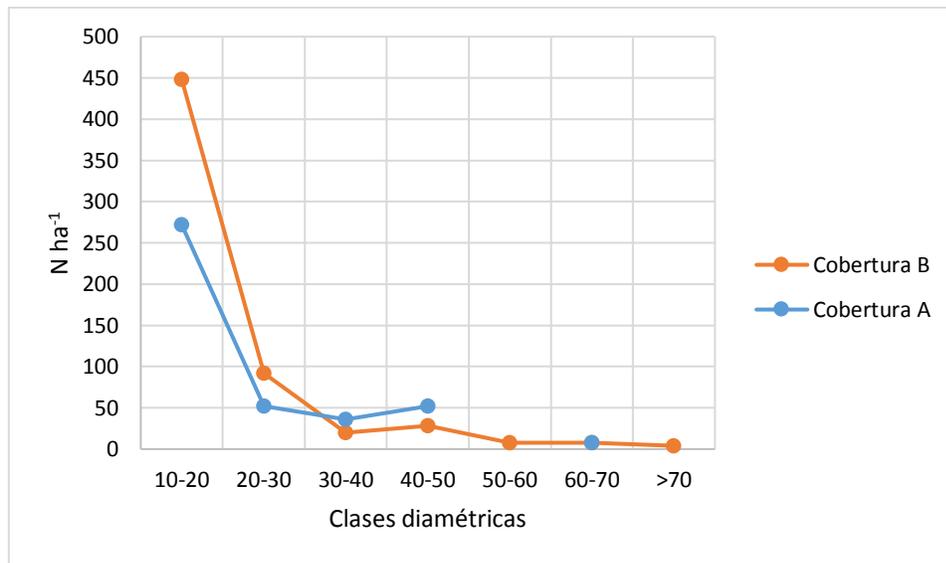


Figura 2. Distribución del número de individuos por hectárea según clase diamétrica para los sitios A y B, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Las coberturas vegetales de los sitios A y B obtuvieron una curva de distribución según clase diamétrica con forma de “J” invertida (figura 1). Resultado semejante al obtenido por Araya [23] y Quirós [33], variable de comportamiento normal, siendo lo esperado para bosques húmedos tropicales o muy húmedos tropicales [34]. El sitio A presentó menos individuos, principalmente en la categoría de 10 a 20 cm. En el sitio B existe un mayor reclutamiento de especies vegetales en esta clase diamétrica, dado el proceso de aprovechamiento forestal en este sitio y las afectaciones del huracán Otto [23].

No se contabilizaron individuos de más de los 65 cm sitio A y 75 cm en el sitio B (figura 1). Lo anterior debido a que los sitios fueron aprovechados recientemente, con una diferencia de 1 año entre ambos aprovechamientos; además, de la afectación y caída de árboles por el huracán Otto [23], lo que afecta principalmente a los árboles con diámetros mayores. Louman et al. [35] mencionan que para bosques no intervenidos, el área basal se va a acumular en diámetros mayores (figura 2), dato que en este estudio se ve escaso o representado por pocos individuos, lo que sugiere un efecto del aprovechamiento y el huracán Otto al que fueron sometidos ambos sitios,

permitiendo una mayor distribución entre las diferentes clases diamétricas de las especies vegetales.

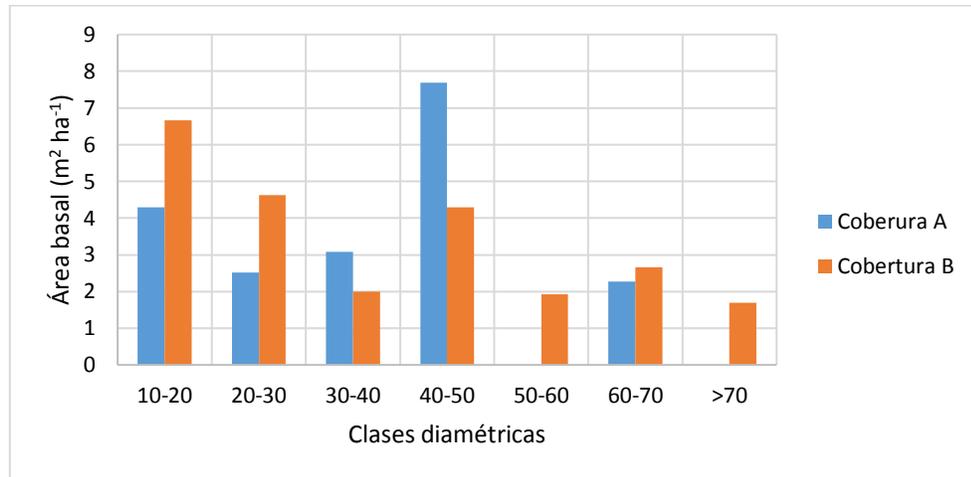


Figura 3. Distribución del área basal por hectárea según clase diamétrica para los sitios A y B, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

En el sitio A, la categoría de 40 a 50 cm de diámetro representó la mayor parte del área basal por hectárea con un 38,74 %, seguido por un 21,64 % de la categoría de 10 a 20 cm de diámetro, valores semejantes a los obtenidos por Quirós [33]. En el sitio B se encontró mayormente representada por la categoría de 10 a 20 cm de diámetro, seguido por la clase de 20 a 30 cm, representando un 27,88 % y un 19,40 % del total del área basal respectivamente. Nuevamente esta diferencia entre sitios se atribuye al proceso de aprovechamiento y los daños que dejó el huracán Otto en cada uno.

3.1.2. Estructura vertical

Se observó una diferencia en cuanto a la cantidad de estratos entre ambos sitios, donde el sitio A tenía uno más, debido a que dentro del estrato medio se observan dos tendencias, dividiendo este en medio-bajo y medio-alto, posible efecto del proceso de reclutamiento de las especies vegetales y consecuencias del huracán Otto (figura 3).

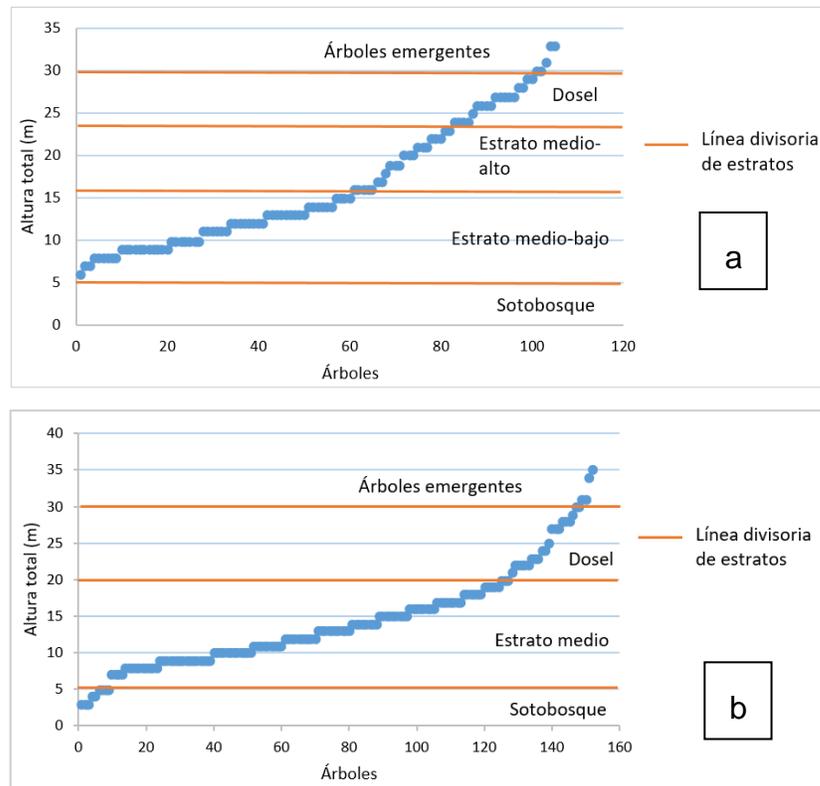


Figura 4. Estratos dentro de la cobertura vegetal, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. a. estratos del sitio A. b. estratos del sitio B.

Esta cantidad de estratos del sitio A difiere de los reportados por Araya [23] y Quirós [33], debido a que los autores utilizaron la clasificación IUFRO, la cual limita y generaliza como si todos los bosques tuviesen únicamente 3 estratos. Además, se difiere con los valores de altura reportados por Quesada [22], que menciona que en bosques húmedos tropicales y muy húmedos tropicales árboles individuales pueden alcanzar alturas hasta de 50 m y en este caso, se obtuvo una altura máxima aproximada de 35 m.

Aunado a esto, se observó cómo en ambos sitios el sotobosque presentó un límite en los 5 metros de altura, diferenciado porque en el sitio B se encontraron árboles con diámetro mayor a 10 cm y altura menor a los 5 m (figura 3). Este comportamiento se debe a que estos árboles se encontraban descopados, efecto del huracán Otto, ya el

sitio B se vio más afectado que el sitio A por este fenómeno natural. De igual forma el dosel en ambos sitios llegó hasta los 30 m.

3.1.3. Porcentaje de cobertura arbórea

El porcentaje de cobertura arbórea, es un valor que permite conocer parte de los efectos del aprovechamiento forestal y del huracán Otto en los sitios A y B. Este valor define el porcentaje de área que está cubierta por la cobertura y su inversa sería el área desprovista de cobertura vegetal (claros). En cuanto a este porcentaje se obtuvo un 83,47 % de cobertura forestal para el sitio A y 68,06 % para el sitio B, con diferencias significativas entre ambos sitios ($p\text{-value} = 0,002 < 0,05$).

Está diferencia en el porcentaje de cobertura entre sitios se podría explicar porque el sitio A posee 2 años de estar en proceso de cicatrización natural, donde el bosque ha avanzado en el cierre de los claros, ya que las copas de árboles cercanos a estos se están entrecruzando y las especies arbóreas colonizadoras ya poseen una mayor altura y comienzan a cerrar el dosel con sus copas. Además, el sitio B fue mayormente afectado por el huracán Otto, lo cual se observa en los árboles descopados en campo, lo que provoca un menor porcentaje de cobertura arbórea y claros más grandes.

En un estudio realizado en bosques tropicales de Colombia, se encontró que en tres bosques sin manejar el promedio de cobertura arbórea rondó el 82,4 % [37], valor que es inferior al porcentaje de cobertura arbórea obtenido para el sitio A y mayor al obtenido en el sitio B. Esto deja en evidencia que en este último el proceso de recuperación va mucho más atrasado que el bosque cicatrizado y que el efecto del huracán Otto fue mucho mayor.

3.1.4. Biodiversidad, abundancia y riqueza de especies vegetales

Se encontraron 5 especies vegetales en común para el sitio A y el sitio B, que son *Pentaclethra maculosa*, *Welfia georgii*, *Euterpe precatoria*, *Ardisia fimbriifera* e *Iriartea deltoidea* (cuadro 2), compuestas por 3 palmas y dos árboles. Dentro de ambos sitios las palmas representaron la mayor abundancia en cuanto a individuos

encontrados en campo, un 17,14 % para el sitio A y un 18,42 % para el sitio. El total de especies encontradas por sitio se encuentran en el anexo 1.

Cuadro 2. Las 10 especies vegetales más abundantes para los sitios A y B, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Sitio A		Sitio B	
Especie	Abundancia (N ha ⁻¹)	Especie	Abundancia (N ha ⁻¹)
<i>Pentaclethra macroloba</i>	60	<i>Pentaclethra macroloba</i>	68
<i>Welfia georgii</i>	32	<i>Welfia georgii</i>	56
<i>Euterpe precatoria</i>	24	<i>Euterpe precatoria</i>	36
<i>Vochysia allenii</i>	24	<i>Socratea exorrhiza</i>	24
<i>Ardisia fimbrillifera</i>	20	<i>Ardisia fimbrillifera</i>	20
<i>Carapa guianensis</i>	16	<i>Brosimum lactescens</i>	20
<i>Iriartea deltoidea</i>	16	<i>Iriartea deltoidea</i>	20
<i>Macrolobium hartshornii</i>	16	<i>Alibertia atlantica</i>	16
<i>Dendropanax arboreus</i>	12	<i>Cespedesia spathulata</i>	16
<i>Inga chocoensis</i>	12	<i>Hirtella guatemalensis</i>	16

Se obtiene similitud entre las especies más abundantes, con los estudios realizados por Araya [23] y Quirós [33], donde hay coincidencia con 4 y 6 especies respectivamente, siendo las palmas y *P. macroloba* donde existe mayor coincidencia.

Se encontraron 46 especies vegetales con diámetro mayor o igual a 10 cm para el sitio A y 60 especies para el sitio B, de las cuales comparten 21 especies. En este caso existe coincidencia con las especies reportadas por Quesada [37]. De estas especies vegetales y haciendo una búsqueda de su fenología durante el tiempo en que se hizo el trabajo, se encontró que en el sitio A 26 especies estaban en temporada de fructificación y otras 24 en floración, para el sitio B se encontraron 35 especies en floración y fructificación (Anexo 1). Es importante mencionar que hay especies que según la literatura mantienen floración y fructificación en un mismo periodo o que puede existir concordancia entre individuo con flores y otros con frutos dentro de la misma especie.

Lamprecht [34], menciona que para bosques tropicales se pueden encontrar entre 40 y 80 especies vegetales, con un diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 10 cm. En este caso se considera que se encontraron pocas especies porque la intensidad de muestreo fue baja, ya que la finalidad era únicamente hacer una descripción general, para conocer el posible efecto de las especies arbóreas, cercanas a los transectos de monitoreo de mariposas.

Cuadro 3. Índices de diversidad y equitabilidad para las especies arbóreas de los sitios A y B, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Índice	Sitio A	Sitio B	<i>p-value</i>
Margalef*	9,67 _A	11,94 _A	0,18
Simpson (1-λ)*	0,95 _A	0,96 _A	0,54
Shannon-Wiener*	3,45 _A	3,70 _A	0,20
Equitabilidad*	0,90 _A	0,90 _A	0,12

*Letras iguales significan que no existen diferencias significativas entre sitios.

El sitio B obtuvo valores más altos para los diferentes índices calculados, tanto los de diversidad como el de equitabilidad, pero, aunque existe esta tendencia, el análisis estadístico indicó que no existe diferencia significativa entre los dos sitios (*p-value* > 0,05) (cuadro 3).

Para el índice de Simpson (1-λ) se obtuvo valores cercanos a 1 (cuadro 3), lo que significa que el efecto de una especie dominante en ambos sitios es menor. A su vez este valor es complementado con el índice de Shannon-Wiener y el índice de equitabilidad, el índice de S-W determinó que existe mayor uniformidad entre la cantidad de individuos que componen a cada especie y justifica la posibilidad de predecir a qué especie pertenece un individuo. En el caso del índice de equitabilidad posee un valor cercano a 1, lo que quiere decir que la abundancia de las especies es semejante entre sí.

Los Índices de similitud de Jaccard, Sorensen y Morisita-Horn, dieron como resultado 0,244, 0,393 y 0,777 respectivamente. Los primeros dos resultados contemplan únicamente las especies que comparten ambos sitios, siendo un valor bajo por estar cerca de 0, lo que indica diferencia en cuanto a especies. Ambos sitios únicamente comparten 21 especies vegetales. Para el índice de similitud de Morisita-Horn se determinó un valor mayor, que se ve influenciado por la abundancia que posee cada una de estas especies [28], dando como resultado una mayor semejanza.

3.2. Variables ambientales

El sitio C presentó mayor temperatura y menor humedad relativa al compararlo con los sitios A y B. Entre los sitios A y B no se registró diferencia significativa entre sí para temperatura y humedad relativa, el sitio C sí presentó diferencia significativa respecto a estos dos sitios (cuadro 4) (humedad relativa $p\text{-value} = 2,8 E^{-9}$ y temperatura $p\text{-value} = 1,1 E^{-7}$).

Cuadro 4. Variables ambientales para 3 sitios, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Variable ambiental	Sitio A	Sitio B	Sitio C
Temperatura (°C)*	28,0 _A	28,1 _A	31,2 _B
Humedad relativa (%)*	99,8 _A	99,4 _A	81,8 _B

*Letras iguales significan que no existe diferencia mínima significativa entre sitios.

Se aplicó una prueba de Pearson para conocer la correlación de los datos de temperatura y humedad relativa de los sitios evaluados, se obtuvo un valor de -0,91. Esto significa que a mayor temperatura menor la humedad relativa y viceversa. Aunado a esto, al aplicar el mismo análisis de correlación a la variable porcentaje de cobertura arbórea y temperatura, se obtuvo un valor r de -0,87, esto significa que a mayor porcentaje de cobertura mayor temperatura, tal como lo menciona Jonkers [39].

Estudios realizados por [40]-[43], confirman que a menor cobertura vegetal mayor temperatura. Esto se debe al contacto directo de la radiación solar con el suelo, lo que

aumenta la temperatura de este y produce una mayor evaporación. Esta condición aumenta la temperatura del ambiente donde se encuentra la incidencia de radiación, lo que produce una mayor movilidad del aire y genera un ambiente más seco y caliente [43].

3.3. Monitoreo de mariposas

3.3.1. Descripción general de los resultados obtenidos

Se contabilizó un total de 1437 individuos de las 3 familias evaluadas (Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae). Estos individuos se ubicaron en 22 géneros y 33 especies diferentes, siendo la familia Nymphalidae la que registró el mayor número de especies e individuos. La distribución del número de individuos y especies en cada sitio evaluado fue diferente (cuadro 5). El anexo 2 detalla las especies de mariposas registradas durante el monitoreo.

Cuadro 5. Número de individuos y especies de mariposas de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae para 3 sitios, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Variable por sitio	Sitio A	Sitio B	Sitio C
N° de individuos	56	109	1272
N° de especies	19	23	12

El sitio C registró el mayor número de individuos y menor número de especies (cuadro 5). La especie *Hermeuptychia hermes* fue muy abundante en los repastos, lo cual coincide con autores que sugieren asociaciones con gramíneas [10]. En el caso del sitio C, estas especies vegetales son frecuentes. De igual forma, Tobar [31] reportó esta especie como una de las más abundantes en sitios perturbados.

El cuadro 6 muestra las diez especies de mariposas más abundantes, clasificadas según su hábito y ubicación en cada sitio de estudio evaluado. Según Finegan et al. [6] los hábitos en los que se clasificaron las mariposas, permiten explicar el uso como bioindicadoras, es posible identificar si son propias de bosque, propias de zonas abiertas o generalistas.

Cuadro 6. Especies más abundantes de mariposas según sitio evaluado y hábito al que pertenecen, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Espece	Abundancia absoluta	Sitio	Hábito*
<i>Hermeuptychia hermes</i>	1217	A, B y C	Zona abierta
<i>Pierella helvina</i>	44	A y B	Bosque
<i>Heliconius cydno galanthus</i>	35	A, B y C	Generalista
<i>Heliconius sara fulgidus</i>	20	C	Generalista
<i>Dulcedo polita</i>	12	A y B	Bosque
<i>Adelpha cocala lorzae</i>	11	B y C	Generalista
<i>Eurema gratiosa</i>	11	C	Zona abierta
<i>Cissia alcinoe</i>	10	B	Generalista
<i>Chloreuptychia arnea</i>	8	A y B	Generalista
<i>Cissia libye</i>	8	A, B y C	Generalista

*Para la determinación del hábito se utilizó la guía de DeVries [10].

Para este estudio se encontró, en los 3 sitios evaluados, 6 especies propias de bosque, 14 de zonas abiertas, 12 generalistas y una especie sin clasificación de hábito (*Cissia drymo*), debido a vacíos de información. Existe coincidencia con las especies y hábitos reportados en los estudios de Aguilar-Amuchastegui [44] y Tobar [31], siendo las familias escogidas para realizar los análisis la mayor diferencia con estos autores, ya que no limitan el estudio a las familias como se hace en este caso.

Las 2 especies con hábito propio de bosque (cuadro 6) únicamente se ubicaron en los sitios A y B. Aguilar-Amuchastegui [44] reporta una de estas especies como una de las más abundantes en común en los tres bosques que evaluó (*Pierella helvina*). De igual forma, cuatro especies con este hábito reportaron diferencias en cuanto al sitio C. Algunas de las especies con hábito propio de zonas abiertas se encontraron en los 3 sitios, lo que podría deber a que dentro de ambos bosques hay presencia de claros, los cuales propician condiciones adecuadas para que estas especies se puedan reproducir en estas zonas.

3.3.2. Curvas de acumulación de especies

Al comparar las especies de mariposas observadas versus las esperadas, estimadas mediante Chao 1 (figura 5), se observó que en el sitio A se muestreó un 76,3 % de las especies esperadas, en el sitio B un 89,8 % y en el Sitio C un 80 %. En el sitio B se muestreó la mayor cantidad de especies esperadas. Estos porcentajes son semejantes a los obtenidos por Tobar [31], quien concluye que el muestreo logró identificar una representatividad alta de las especies esperadas.

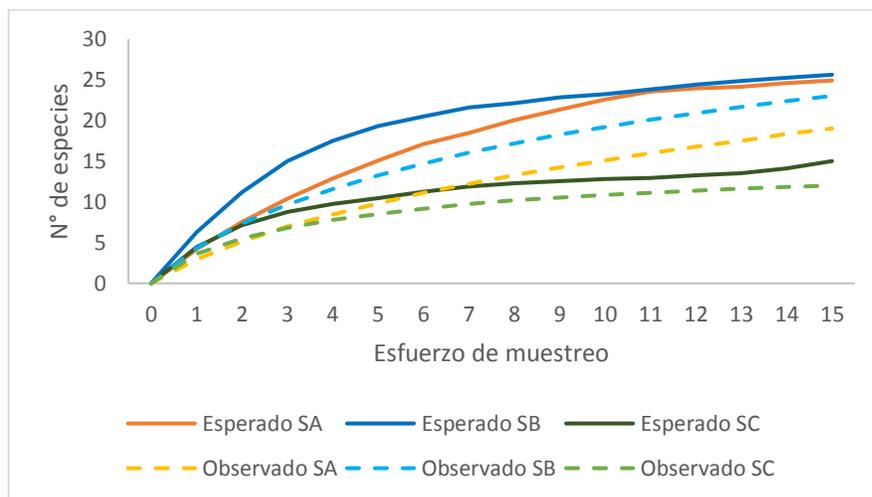


Figura 5. Curvas de acumulación de especies, observado contra esperado usando el estimador CHAO 1, para 3 sitios evaluados, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

La curva de acumulación de especies que se obtuvo para los tres sitios evaluados (figura 4) permite ver que un esfuerzo de muestreo mayor podría arrojar más resultados. Esto debido a que no se observó de forma concluyente que se haya alcanzado una asíntota al final de la curva. En el caso de las especies esperadas se observa cómo el sitio A y B tienden a estabilizarse en un valor a diferencia del sitio C, demostrando que en este último se podrían esperar más especies.

El sitio B obtuvo el mayor número de especies observadas a diferencia de los demás sitios (figura 4), valor que se ve reforzado por el índice de diversidad de Margalef obtenido para este sitio, el cual fue el más alto de los tres sitios (cuadro 7). Sin

embargo, la cantidad de especies esperadas para el sitio A y para el sitio B es la misma (figura 4), ya que entre los dos sitios no existen diferencias significativas en cuanto a la riqueza de especies (cuadro 7). El sitio A y B sí difieren respecto al sitio C en las especies observadas y esperadas, esto debido a que los hábitats de los sitios A y B son más complejos que el del sitio C, lo que afecta la aparición de las especies de mariposas.

3.3.3. Índices de diversidad y similitud para el monitoreo de mariposas

El sitio C presentó menores índices de diversidad que los sitios A y B (cuadro 7), y se determinó que sí existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por sitio, ($p\text{-value} < 0,05$). Se aplicó la prueba Man-Whitney y se determinó que las diferencias significativas se dieron entre el sitio C y los sitios A y B. No se obtuvo diferencias significativas entre los sitios A y B.

Cuadro 7. Índices de diversidad y equitabilidad para el monitoreo de mariposas para 3 sitios evaluados en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Índice	Sitio A	Sitio B	Sitio C	$p\text{-value}$
Margalef*	4,47 _A	4,69 _A	1,54 _B	3,5 E ⁻³
Simpson (1- λ)*	0,88 _A	0,86 _A	0,10 _B	2,1 E ⁻⁴
Shannon-Wiener*	2,51 _A	2,45 _A	0,30 _B	3,3 E ⁻⁴
Equitabilidad*	0,85 _A	0,78 _A	0,12 _B	5,8 E ⁻⁸

*Letras iguales significan que no existen diferencias significativas entre sitios.

El sitio C se vio fuertemente influenciado en sus diferentes índices por la escases de especies y la alta abundancia de *H. hermes* (cuadro 7). Por ejemplo el índice de Margalef fue de 1,54, lo que representa la poca riqueza encontrada en este sitio. Por su parte, el índice de Simpson reflejó poca diversidad en el sitio C y la dominancia de la especie *H. hermes* en 0,90.

En el caso del índice de Shannon-Wiener y el valor de Equitabilidad (cuadro 7), se observó poca equidad y mala distribución de los individuos dentro de las especies

encontradas en el sitio C y de la misma manera el índice de Simpson reflejó la dominancia de *H. hermes*.

Cuadro 8. Índices de similitud obtenidos del monitoreo de mariposas para 3 sitios evaluados en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Índice de similitud	Comparación entre sitios		
	A - B	A - C	B - C
Jaccard	0,45	0,24	0,25
Sorensen	0,62	0,39	0,40
Morisita-Horn	0,85	0,04	0,12

Se observó que la comunidad de mariposas del sitio C fue la menos similar al compararla con los sitios A y B, esta diferencia se confirmó mediante análisis de varianza aplicado a los distintos índices de biodiversidad (cuadro 7). Además, se encontró que los sitios A y B fueron los más similares entre sí.

Al comparar el sitio A con el B (cuadro 8), se obtuvo un índice de Jaccard de 0,45, entre ambos sitios se cuantificó 29 especies, de las cuales 13 estuvieron en ambos sitios. Este resultado se consideró un valor intermedio, ya que únicamente se contempló presencia-ausencia [28]. Al comparar los sitios A y B con el sitio C usando el índice de Jaccard, se obtuvo una similitud baja debido a las pocas especies que comparten los sitios.

Al comparar los tres sitios utilizando el índice Morotista-Horn, se observó que el sitio C fue el menos similar respecto a los otros dos sitios (valores de 0,04 con el sitio A y 0,12 con el sitio B), posiblemente debido a la influencia de la especie más abundante (cuadro 6). Además, en los sitios boscosos se encontró una distribución más uniforme entre el número de individuos por las diferentes especies y una mayor similitud entre las especies encontradas, reflejando un índice de similitud mayor (0,85).

El análisis de composición se realizó con 21 especies (figura 5), se eliminaron los registros “singletons” (es decir aquellas especies que estuvieron representadas

únicamente por un individuo). Lo anterior, debido a que la aparición de especies con un único individuo se podría deber a que la especie no pertenece a ese hábitat y de forma esporádica transita por la zona [44]. De este análisis se determinó que el sitio B presentó mayor número de especies, tanto a nivel individual (especies únicas) como compartidas con los otros sitios.

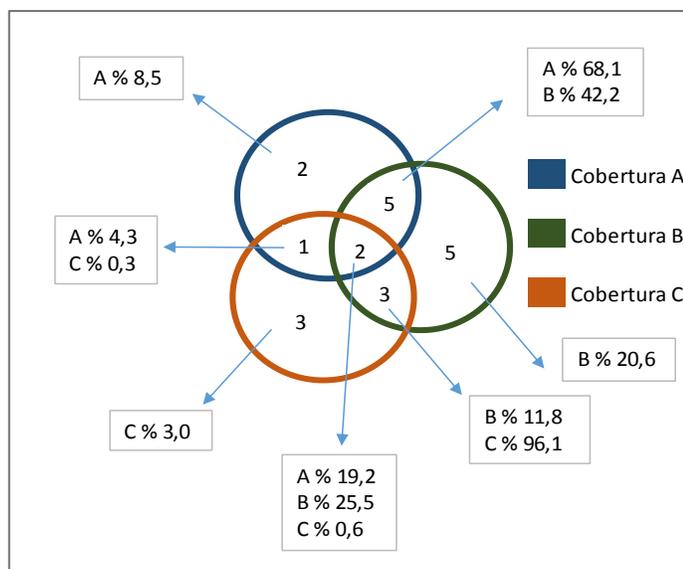


Figura 6. Análisis general de composición para el monitoreo de mariposas en 3 sitios, Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. (El % se refiere al valor que representan esas especies del total de individuos del sitio)

Dentro las 21 especies se encontraron 9 cuyo hábito se reportó de zonas abiertas, 4 propias de bosque y 8 tanto de zonas abiertas como de bosque (figura 5). Las que más interesaron en este caso fueron aquellas con hábito propio de zonas abiertas, por el potencial que poseen de ser bioindicadoras del estado de recuperación de los bosques manejados. Esto debido a que la única forma de encontrar estas especies en un bosque con más de un individuo observado, es que este haya sufrido un grado de perturbación de medio a alto. En otras, palabras lo que podría indicar es que los sitios A y B al ser ecosistemas boscosos y al haber pasado por un aprovechamiento forestal,

han permitido la apertura de claros, lo que genera condiciones óptimas para la presencia de estas especies [6] y [44].

Es importante indicar que se consideran bioindicadores todos aquellos organismos que posibilitan la identificación de cambios ambientales, medidas de biodiversidad, sistemas de detección temprana y salud ecológica dentro de un ecosistema [6] y [45], en plazos cortos y con bajos costos [46]-[47]. Muchos de estos indicadores, son utilizados para evaluar la calidad y la sostenibilidad del manejo forestal de los bosques [6] y [19].

Por lo tanto las mariposas se pueden considerar como bioindicadoras de perturbaciones ecológicas, siendo capaces de demostrar la degradación del ecosistema y el cambio ambiental [7] y [48]. Tal y como se ha mencionado anteriormente, bioindicadoras del estado de recuperación de un bosque manejado. Esta capacidad se debe a su alta riqueza y diversidad de especies, fácil manipulación, fidelidad ecológica, fragilidad ante perturbaciones mínimas y corta temporalidad generacional [49].

Cuadro 9. Especies de mariposas asociadas a zonas abiertas y con potencial para ser usadas como bioindicadoras del estado de recuperación de bosques manejados para 3 sitios en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Especie	Sitio	Hábitat	Plantas hospederas*
<i>Anartia fatima</i>	C	Hábitats disturbados, borde de los bosques y crecimiento secundario.	Género: <i>Blechnum</i> , <i>Justicia</i> , <i>Dicliptera</i> y <i>Ruellia</i>
<i>Appias drusilla</i>	A y C	Asociada a áreas abiertas, crecimiento secundario y borde de los bosques.	Familias Capparidaceae y Brassicaceae. Género <i>Drypetes</i>
<i>Dryas iulia</i>	B y C	Asociada a zonas abiertas, dosel del bosque y bordes.	Género <i>Passiflora</i>
<i>Eresia mechanitis</i>	B	Bordes del bosque y bosque secundario, vuela siempre en claros.	Desconocido
<i>Eurema gratiosa</i>	C	Asociada a áreas abiertas, borde del bosque y brechas de luz.	Género <i>Cassia</i>
<i>Heliconius charitonia</i>	B	Bordes del bosque y bosque secundario, confinada a áreas disturbadas.	<i>Tetrastylis lobata</i>
<i>Heliconius erato petiverana</i>	A	Asociada a áreas disturbadas y crecimiento secundario.	Género <i>Passiflora</i>
<i>Hermeuptychia hermes</i>	B y C	Común en pasturas y zonas abiertas.	Gramíneas
<i>Philaethria dido</i>	B	Especie común del dosel.	Género <i>Passiflora</i>

*Plantas hospederas descritas por DeVries [10].

dosel cerrado, mientras que las que se visualizan a la derecha se agrupan en función de las condiciones de temperatura y humedad relativa.

La mayoría de las especies de mariposas encontradas tuvieron una mayor conexión con los ecosistemas boscosos manejados, esto debido a la complejidad y diversidad que presentan, tanto a nivel microclimático como vegetal [34] y [50]-[53]. Este tipo de asociaciones fueron las utilizadas por Holdridge [54] para definir las zonas de vida. El presente estudio demostró cómo las variables ambientales y de diversidad pueden cambiar entre los sitios, principalmente boscosos y de repastos.

La presencia de una mariposa en un sitio se puede justificar por diversas razones, dentro de las cuales se contemplan la especificidad del juvenil con su planta hospedera [6], [7], [12] y [55], en este caso *H. hermes*, se asocia a gramíneas que se presentan únicamente en zonas con alta intensidad lumínica (zonas abiertas). Dicha especificidad la presentan las demás especies de mariposas con sus diversas plantas hospederas [10]. Se encontraron otros ejemplos, como es el caso de las especies *A. drusilla* y *Drypetes standleyi*. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Aguilar-Amuchastegui [44] y Tobar [31].

Otro factor que explica la presencia de mariposas, es el microclimático, el cual altera los patrones de vuelo y de ovoposición [6]. Un ejemplo sobre el efecto que posee la luz sobre las mariposas lo menciona Montagnini et al. [56], donde se indica que se extrajeron mariposas típicas de bosque y las colocaron en áreas abiertas, la reacción del insecto fue buscar la sombra de un cafetal cercano para movilizarse y alejarse lo más pronto posible de la luz. Este tipo de comportamiento fue apreciado en campo para las especies *Pierella helvina* y *Dulcedo polita*, las cuales evitan el contacto directo con los claros y los bordean a través del bosque [10].

De igual forma, las condiciones de alimentación de diversas especies de mariposas hacen factible su visualización en los diferentes sitios [10] y [44], este es el caso de *Heliconus cydno galanthus* y *Heliconius sara fulgidus*, que se hallaron en el sitio C

principalmente por estar ligadas a la herbácea *Lantana camara*, planta de la cual se alimentan del néctar. Otro ejemplo es *D. polita* y su condición al alimentarse de frutos de palmas en proceso de descomposición [10], las cuales son consideradas de las especies más abundantes en ambos ecosistemas boscosos, lo que concuerda con el resultado en las especies vegetales más abundantes dentro de los sitios A y B donde las palmas están representadas.

Dentro de los hábitos de las diferentes especies de mariposas, se encuentran patrones de vuelo que permiten justificar la visualización de una mariposa y su relación con la cobertura [44]. Por ejemplo, especies como *Philaetria dido* y *Dryas iulia*, acostumbran volar a un margen de altura respecto al dosel del bosque, pero al momento de llegar a un claro bajan confundidas pensando que la superficie del suelo es el dosel [10] y [44]. Otro ejemplo del patrón del vuelo es *H. cydno galanthus*, la cual acostumbra a volar en estratos medios del bosque, en este caso estrato medio o medio inferior del bosque, dependiendo del sitio en que se encuentre [10].

Pérez [56] menciona que dentro de ecosistemas donde la estructura vegetal es compleja, la riqueza y diversidad de mariposas es mayor, lo que concuerda con diversos estudios y escritos que se han realizado [7], [10], [11], [12], [45], [47], [55] y [59]-[60], lo que se observó en este estudio. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los sitios A y B, se observó una tendencia de mayor riqueza y diversidad en el sitio B con respecto al sitio A, considerado el sitio B como el más complejo.

Estos resultados en conjunto, justifican el hecho de que sean nueve las especies de mariposas que se consideran con potencial para ser usadas como bioindicadoras del estado de recuperación de un bosque (cuadro 9). Esto debido a que se ha encontrado que el sitio y las variables ambientales poseen un efecto sobre la presencia de especies de mariposas en los sitios. Además, permite observar la factibilidad de usar bioindicadores para reconocer el estado de recuperación del ecosistema, en este caso para los sitios evaluados en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

4. CONCLUSIONES

Se encontró diferencia entre la estructura vertical de la cobertura vegetal del sitio A y B. En el primero se identificaron cuatro estratos y en el segundo tres. No se encontró diferencia significativa en cuanto a la estructura horizontal y la composición de las especies vegetales de los sitios A y B que son los que tienen cobertura boscosa. Sin embargo, el sitio B posee mayor área basal y mayor variación.

Se encontró diferencia significativa en la composición de las especies de mariposas entre los sitios evaluados, los sitios A y B no poseen esta diferencia entre sí, pero sí difieren ambos con el sitio C, siendo este último el que posee menos riqueza y diversidad. En total se identificaron 19 especies de mariposas en el sitio A, 23 en el sitio B y 12 en el sitio C.

Se demostró que las variables de sitio, porcentaje de cobertura arbórea, temperatura y humedad relativa poseen un efecto sobre la presencia y abundancia de ciertas especies de mariposas en los diferentes sitios.

Se demostró que es factible utilizar ciertas especies de mariposas como bioindicadores del estado de recuperación de bosques manejados, en este caso el uso de mariposas de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae, en Pital, San Carlos, Costa Rica. En total se identificaron 9 especies de mariposas útiles para ser usadas como bioindicadoras del estado de recuperación de bosques manejados.

5. RECOMENDACIONES

Para próximos estudios semejantes a este se recomienda:

Efectuar las mediciones en dos periodos, donde se realice una medición en época lluviosa y otra en época seca, ya que las especies varían según la época. Además, se aconseja conseguir un bosque de referencia, el cual no haya sido manejado en un período aproximado a 15 años atrás, para tener las condiciones más cercanas al bosque original.

Otra forma de aumentar el valor al estudio es hacer 4 mediciones en todos los sitios, donde se considere una medición por época climática y otras antes y después del manejo forestal del bosque, manteniendo siempre un bosque de referencia, para obtener más valores o datos que comparar.

En caso de querer generar una guía de utilización de organismos bioindicadores, se aconseja no basarla únicamente en los resultados obtenidos en una zona, sino generar un estudio suficientemente amplio y que abarque todos los ecosistemas del país, al menos por regiones.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Ricardo Murillo Hiller, por su apoyo para la identificación de las especies de mariposas y a Leonardo Álvarez Alcázar, por su ayuda en la identificación de las especies vegetales.

7. REFERENCIAS

- [1] P. Arribas, P. Abellán, J. Velasco, D. Bilton, J. Lobo, A. Millán & D. Sánchez-Fernández, “La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad”, *Revista Ecosistemas*, vol. 21, no. 3, pp. 79 - 84, 2012. Doi.: 10.7818/ECOS.2012.21-3.10.
- [2] E. Martínez-Meyer, J. Sosa-Escalante & F. Álvarez, “El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección?”, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 85, pp. 1-9, 2014. Disponible en: https://ac.els-cdn.com/S1870345314706700/1-s2.0-S1870345314706700-main.pdf?_tid=ccd7cf92-3fa0-4f1b-bf61-24e141fe8f47&acdnat=1525140826_3f6b2b89bc6310e5745b690c2de7f7fa.
- [3] L. Simba, “Diseño de un sistema de monitoreo de la actividad turística a partir de indicadores reconocidos por los miembros de la comunidad de Mollejones en Turrialba – Costa Rica”, Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2016.
- [4] C. Herrán, El cambio climático y sus consecuencias para América Latina, México: Proyecto Energía y Clima de la Fundación Friedrich Ebert-FES, 2012.
- [5] M. Aguilar-Garavito & W. Ramírez, Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres, Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), 2015. [E-book] Disponible en: http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9281/monitoreo_restauracion_baja_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [6] B. Finegan, J. Hayes, D. Delgado & S. Gretzinger, Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: Una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación, San José: WWF-CATIE-PROARCA-Oregon State University, 2004. [E-book] Disponible en:

<https://www.hcvnetwork.org/resources/folder.2006-09-29.6584228415/Guia%20Monitoreo%20en%20BAVC.pdf>.

[7] P. Jeanneret, B. Schüpbach, L. Pfiffner & T. Walter, "Arthropod reaction to landscape and hábitat features in agricultural landscape", *Landscape Ecology*, vol. 18, no. 3, pp. 253 - 263, 2003. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023%2FA%3A1024496712579.pdf>.

[8] J. Carvajal, "Composición y riqueza de las comunidades de aves, murciélagos y escarabajos coprófagos asociados a agro-paisajes y áreas protegidas de un bosque tropical seco (norte de Costa Rica)", Tesis, Universidad de Salamanca, Salamanca, España, 2013.

[9] J. Sáenz, F. Villatorio, M. Ibrahim, D. Fajardo & M. Pérez, "Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia", *Agroforestería En Las Américas*, vol. 45, pp. 37 - 48, 2006. Disponible en: [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7723/Relaci%C3%B3n entre las comunidades de aves.pdf?sequence=1](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7723/Relaci%C3%B3n%20entre%20las%20comunidades%20de%20aves.pdf?sequence=1).

[10] P. DeVries, *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae*, Princenton: Princenton University Press, 1987.

[11] N. Sánchez, L. Vargas-Castro, A. Sánchez & M. Amador, "Riqueza y abundancia de mariposas diurnas, escarabajos coprófagos y plantas en cultivos orgánicos y convencionales de tres regiones de Costa Rica", *UNED Research Journal/ Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 5, no. 2, pp. 249 - 259, 2014. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/5156/515651977013.pdf>.

[12] C. Thomas, "Habitat use and geographic range of butterflies from the wet lowlands of Costa Rica", *Biological Conservation*, vol. 55, no. 3, pp. 269 - 281, 1991. Disponible en: <https://ac.els-cdn.com/0006320791900325/1-s2.0-0006320791900325->

[main.pdf? tid=8e787374-9ac3-45ba-9bb6-5daf2e6df6d2&acdnat=1525141680_a5a9b10b92a6f1c42ae8b36cf455a221.](#)

[13] SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación), “SINAC en Números: Informe Anual Estadísticas SEMEC 2013”, SINAC, San José, Costa Rica, 2014.

[14] SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación), “SINAC en Números: Informe Anual Estadísticas SEMEC 2014”, SINAC, San José, Costa Rica, 2014.

[15] SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación), “Informe Anual Estadísticas SEMEC 2015: SINAC en Números”, SINAC, San José, Costa Rica, 2016.

[16] SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación), “Informe Anual Estadísticas SEMEC 2016: SINAC en Números”, SINAC, San José, Costa Rica, 2017.

[17] SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación) “Informe Anual Estadísticas SEMEC 2017: SINAC en Números”, SINAC, San José, Costa Rica, 2018.

[18] Leyes y Decretos, Decreto Ejecutivo N° 34559-MINAE, Estándares de Sostenibilidad para Manejo de Bosques Naturales: Principios, Criterios e Indicadores, Código de Prácticas y Manual de Procedimientos, Costa Rica, 2008.

[19] K. McGinley & B. Finegan, “Criterios e indicadores para evaluar la sostenibilidad ecológica: Un conjunto integrado para bosques manejados en Costa Rica”, *Revista Forestal Centroamericana*, vol. 34, pp. 23 - 27, 2001. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/727-1435-1-SM%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/727-1435-1-SM%20(2).pdf).

[20] O. Barrientos & G. Chaves, (2008). Región Huetar Norte: Oferta Exportadora actual y oferta potencial de productos agropecuarios alternativos, San José: PROCOMER, 2008. [E-book] Disponible en: http://www.infoagro.go.cr/MarcoInstitucional/Documents/Huetar_NorteLibro-final.pdf.

- [21] J. Calvo-Alvarado, A. Sánchez-Azofeifa, M. Chong, M. Castillo & V. Jiménez, “Estudio de Monitoreo de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005, I. Parte: Clasificación de la Cobertura Forestal con Imágenes Landsat ETM+ 2005” FONAFIFO-FUNTEC, 2006. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Julio_Calvo-Alvarado/publication/262803535_Estudio_de_cambios_de_Cobertura_Forestal_de_Costa_Rica_2000-2005_I_Parte_Clasificacion_de_la_Cobertura_Forestal_con_Imagenes_Landsat_ETM_2005/links/00463538e41607709e000000/Estudio-de-cambios-de-Cobertura-Forestal-de-Costa-Rica-2000-2005-I-Parte-Clasificacion-de-la-Cobertura-Forestal-con-Imagenes-Landsat-ETM-2005.pdf.
- [22] R. Quesada, “Struktur und Dynamik eines tropischen Feuchtwaldes nach Holznutzung in Costa Rica”, Tesis, Forstwiss, Fachbereich. Universität Göttingen. Deutschland, 1997.
- [23] J. Araya, “Efectos del huracán Otto sobre la estructura y composición florística de un bosque primario en Boca Tapada de Pital, San Carlos, Costa Rica”, Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2017.
- [24] G. Frazer, C. Canham & K. Lertzman, Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation, Simon Fraser University & Institute of Ecosystem Studies, 1999.
- [25] G. Halffter, C. Moreno & E. Pineda, “Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la biosfera”, M&T-Manuales y Tesis SEA. 2, 2001. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ManualBiodiversidadenReservas%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ManualBiodiversidadenReservas%20(1).pdf).
- [26] Ø. Hammer, Paleontological Statistics software package for education and data analysis, University of Oslo, 2001.

- [27] R. Colwell, EstimateS 9.1.0. University of Connecticut, 2013. Disponible en: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- [28] H. Villarreal, M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast,... & Umaña A. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad, Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt, 2004.
- [29] C. Moreno, Métodos para medir la biodiversidad, Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA, 2001. Disponible en: <http://www.florgarcia.com/wp-content/uploads/2013/09/m%C3%A9todos-de-evaluaci%C3%B3n-de-biodiversidad.pdf>.
- [30] A. Magurran, "Choosing and interpreting diversity measures", *Ecological diversity and its measurement*, pp. 61 - 80, 1988. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0_4.
- [31] D. Tobar, "Efecto del Hábitat sobre la Comunidad de Mariposas Diurnas en un Paisaje Fragmentado del Norte de Costa Rica", Tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2004.
- [32] J. Di Rienzo, F. Casanoves, M. Balzarini, L. Gonzales, M. Tablada & C. Robledo, Infostat, versión 2008, Universidad Nacional de Córdoba, 2008.
- [33] K. Quiros, "Composición Florística y Estructura para el Bosque Primario del Hotel la Laguna del Lagarto Lodge, Boca Tapada de Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica" Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2002.
- [34] H. Lamprecht, Silvicultura en los trópicos, Universidad de Göttingen, Eschborn: GTZ, 1990.

- [35] B. Louman, D. Quirós & M. Nilsson, *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*, Turrialba: CATIE, 2001.
- [36] C. Vázquez-Yanes & A. Orozco-Segovia, *The rain Forest in Tropical America: Forest Dynamics, Reforestation, Seed Handling, and Problems of Management*, México D.F.: Centro de Ecología, National Autonomous University of México, 1992.
- [37] E. Jiménez, F. Fernández, T. Arias & F. Lozano-Zambrado, *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*, Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2008.
- [38] R. Quesada, “Los bosques de Costa Rica”, presentado en IX Congreso Nacional de Ciencias, Cartago, Costa Rica, 2007.
- [39] W. Jonkers, “Vegetation structure logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname”, Tesis, Wageningen Agricultural University, Países Bajos, 1987.
- [40] J. Peña-Becerril, A. Monroy-Ata, F. Álvarez-Sánchez & M. Orozco-Almanza, “Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical”, *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, vol. 8, no. 2, pp. 91 - 98, 2005. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2005/cqb052d.pdf>.
- [41] A. Promis, J. Caldentey & M. Ibarra, “Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus pumilio* y el efecto de una corta de regeneración”, *Bosque*, vol. 31, no. 2, pp. 129 - 139, 2010. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v31n2/art06.pdf>.
- [42] M. Saldaña, “Efecto del cambio de uso de suelo sobre el microclima en el humedal Cienega de Cabezas, Tamasopo, SLP”, Tesis, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, 2011.

[43] R. Villalta, “Estudio del efecto de quemas recientes sobre el microclima del suelo en el páramo de la Reserva Ecológica los Illinizas”, Tesis, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2016.

[44] N. Aguilar-Amuchastegui, “Criterios e Indicadores de Sostenibilidad Ecológica: Caracterización de la Respuesta de dos grupos de Insectos propuestos como Verificadores”, Tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1999.

[45] D. Navarrete, “Estudio de las Comunidades de Pequeños Roedores y Mariposas en un Bosque Tropical Manejado para la Producción de Madera y sus Implicaciones para el Monitoreo de Biodiversidad”, Tesis, CATIE: Turrialba, Costa Rica, 1998.

[46] T. Bonebrake, L. Ponisio, C. Boggs & P. Ehrlich, “More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation”, *Revista Biological Conservation*, vol. 143, pp. 1831 - 1841, 2010. Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39431744/More_than_just_indicators_A_review_of_tr20151026-6029-1j73smo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1525143334&Signature=3YWaPYYGImhfEc0kbdGP3iOIIAQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMore_than_just_indicators_A_review_of_tr.pdf.

[47] O. Ordoñez, “Validación de indicadores ecológicos para la evaluación de Sostenibilidad en Bosques bajo manejo forestal en el trópico húmedo, con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación”, Tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2003.

[48] P. Constantino & A. Cruz, Monitoreo de la biodiversidad en América Latina: Panorama y recomendaciones para estructurar una iniciativa, Brasília: CKNORONHA, 2016. [E – book] disponible en:

<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MonitoreodelabiodiversidadenAmericaLatina-ConstantinoyTres2016.pdf>.

[49] M. Andrade, "Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia", *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. vol. 22, no.84, pp. 407 - 421, 1998. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/UtilizaciondeMariposascomoBioindicadorasdeltipodeHabitatysuBiodiversidadenColombiaRevistadelaAcademiaColombianadeCienciasExactasFisicasyNaturales1998.pdf>.

[50] K. McGinley, "El manejo del bosque natural tropical y su impacto en la diversidad de la fauna. Una visión general integrada", *Revista Forestal Centroamericana*, vol. 32, pp. 34 - 38, 2000. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6165/El_manejo_del_bosque_pdf.pdf?sequence=1.

[51] G. Carreño-Rocabado, M. Peña-Claros, F. Bongers, F. Alarcón, J. Licona & L. Poorter, "Effects of disturbance intensity on species and functional diversity in a tropical forest", *Journal Ecology*, vol 100, pp. 1453 - 1463, 2012. Doi: 10.1111/j.1365-2745.2012.02015.x.

[52] A. Gallegos, G. Gonzáles-Cueva, E. Hernández & J. Castañeda-Gonzáles, Determinación de gremios ecológicos de ocho especies arbóreas de un bosque tropical de Jalisco, México, Pinar del Río: Universidad de Pinar del Río "Hnos. Saiz Montes de Oca", 2008.

[53] P. Koleff, T. Urquiza-Haas & B. Contreras, "Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo", *Revista Ecosistemas*, vol. 21, no. 2, pp. 6 - 20, 2012. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/8-16-1-SM%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/8-16-1-SM%20(1).pdf).

[54] L. Holdrige, *Ecología basada en zonas de vida*, San José: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979.

[55] S. Collinge, K. Prudic & J. Oliver, "Effects of Local Habitat Characteristics and Landscape Context on Grassland Butterfly Diversity", *Revista Conservation Biology*, vol. 17, pp. 178 - 187, 2003. disponible en: http://www.science.oregonstate.edu/~prudick/publications/2003_CollingeEtAl_ConBioI.pdf.

[56] F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola & B. Eibl, *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales*, Cali: CIPAV, 2015.

[57] O. Pérez, "Evaluación de la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en sistemas agroforestales modernos con café en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica", Tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2008.

[58] N. Gonzáles-Valvidia, C. Pozo, S. Ochoa-Gaona, B. Gordon, E. Cambranis, O. Lara,..... & C. Kampichler, "Nymphalidae frugívoras (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a un ecosistema agropecuario y de bosque tropical lluvioso en un paisaje del sureste de México", *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 87, pp. 451 - 464, 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v87n2/1870-3453-rmbiodiv-87-02-00451.pdf>.

[59] D. Tobar & M. Ibrahim, "¿Las cercas vivas ayudan a la conservación de la diversidad de mariposas en paisajes agropecuarios?", *Revista Biología Tropical*, vol. 58, pp. 447 - 463, 2009. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58n1/a32v58n1.pdf>.

[60] D. Tobar, M. Ibrahim & F. Casasola, "Diversidad de mariposas en un paisaje agropecuario del Pacífico Central de Costa Rica", *Agroforestería en las Américas*, vol. 45, pp. 58 - 65, 2006. Disponible en:

http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7955/Diversidad_de_mariposas.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

8. ANEXOS

Anexo 1. Especies vegetales monitoreadas en dos sitios con bosque en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Nombre científico	Sitio donde se muestreó	Estaba __ durante el estudio	
		Floreado	Fructificado
<i>Abarema adenophora</i>	A		X
<i>Alibertia atlantica</i>	B	X	
<i>Ampelocera macrocarpa</i>	B		X
<i>Apeiba membranacea</i>	B	X	X
<i>Ardisia fimbrillifera</i>	A-B	X	X
<i>Ardisia standleyana</i>	A	X	X
<i>Brosimum guianense</i>	A	X	X
<i>Brosimum lactescens</i>	B	X	X
<i>Byrsonima arthropoda</i>	B	X	X
<i>Carapa guianensis</i>	A-B	X	X
<i>Cecropia</i> sp	A	X	X
<i>Cespedesia spathulata</i>	B	X	
<i>Chrysophyllum colombianum</i>	B		
<i>Clethra mexicana</i>	A		X
<i>Colubrina spinosa</i>	B	X	X
<i>Conceveiba pleiostemona</i>	A	X	X
<i>Coussapoa villosa</i>	A		
<i>Croton schiedeanus</i>	B	X	X
<i>Croton smithianus</i>	A-B	X	X
<i>Cupania glabra</i>	B	X	X
<i>Cupania rufescens</i>	B	X	X
<i>Dendropanax arboreus</i>	A-B		
Desconocido 1	B		
Desconocido 2	B		
<i>Dialium guianense</i>	B	X	
<i>Dipteryx panamensis</i>	B	X	X
<i>Drypetes standleyi</i>	B	X	X
<i>Dussia macrophyllata</i>	A-B	X	X

Nombre científico	Sitio donde se muestreó	Estaba ___ durante el estudio	
		Floreado	Fructificado
<i>Erythroxylum fimbriatum</i>	A		
<i>Eschweilera costaricensis</i>	B	X	
<i>Euterpe precatória</i>	A-B	X	X
<i>Faramea occidentalis</i>	A-B	X	X
<i>Goethalsia meiantha</i>	A	X	X
<i>Guarea bullata</i>	A-B	X	X
<i>Guarea gentryi</i>	A-B		X
<i>Guarea hoffmanniana</i>	B		X
<i>Guarea pterorhachis</i>	B		
<i>Guatteria aeruginosa</i>	B	X	X
<i>Hernandia didymantha</i>	A		
<i>Hirtella guatemalensis</i>	B		
<i>Hymenolobium mesoamericanum</i>	B	X	X
<i>Inga alba</i>	A	X	
<i>Inga chocoensis</i>	A	X	X
<i>Inga pezizifera</i>	A	X	X
<i>Iriartea deltoidea</i>	A-B	X	X
<i>Jacaranda copaia</i>	B		
<i>Laetia procera</i>	A-B	X	X
<i>Licaria velloy</i>	A		
<i>Lozania pittieri</i>	B	X	X
<i>Macrolobium costaricense</i>	B	X	X
<i>Macrolobium hartshornii</i>	A-B		
<i>Macrolobium herrerae</i>	A		
<i>Marila pluricostata</i>	A	X	X
Melastomataceae	A		
<i>Miconia ampla</i>	B	X	
<i>Miconia punctata</i>	B	X	
<i>Mortoniódendron costaricense</i>	B	X	X
<i>Myrcia</i> sp	B		
<i>Naucleopsis naga</i>	B		X

Nombre científico	Sitio donde se muestreó	Estaba __ durante el estudio	
		Floreado	Fructificado
<i>Pachira aquatica</i>	A	X	X
<i>Parathesis trichogyne</i>	B		
<i>Pausandra trianae</i>	A-B		
<i>Pentaclethra macroloba</i>	A-B	X	X
<i>Pleuranthodendron lindenii</i>	B		
<i>Pourouma bicolor</i>	A-B		
<i>Pourouma minor</i>	A-B	X	
<i>Pouteria calistophylla</i>	A-B		
<i>Pouteria reticulata</i>	B		X
<i>Pouteria silvestris</i>	A		
<i>Pouteria sp2</i>	A		
<i>Pouteria torta</i>	A	X	X
<i>Protium confusum</i>	B	X	X
<i>Protium ravenii</i>	A	X	X
<i>Pterocarpus sp</i>	B		
<i>Pterocarpus violaceus</i>	B		
<i>Qualea polychroma</i>	A		
Rubiaceae	A		
<i>Ryania speciosa</i>	B	X	X
<i>Sacoglottis trichogyna</i>	A	X	
<i>Simarouba amara</i>	B		
<i>Socratea exorrhiza</i>	A-B		X
<i>Virola koschnyi</i>	A-B	X	X
<i>Vochysia allenii</i>	A-B		
<i>Vochysia ferruginea</i>	B		
<i>Welfia georgii</i>	A		X

*Consultado en sura.ots.ac.cr y www.especiesrestauracion-uicn.org.

Anexo 2. Especies de mariposas monitoreadas en tres sitios en Yucatán, Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Nombre científico	Sitio en que muestreo	Hábito*
<i>Adelpha cocala lorzae</i>	A-B	Generalista
<i>Aeria eurimedia agna</i>	A-B	Bosque
<i>Anartia fatima</i>	C	Zona abierta
<i>Appias drusilla</i>	A-B-C	Zona abierta
<i>Caligo illioneus oberon</i>	A	Bosque
<i>Chloreuptychia arnea</i>	A-B	Generalista
<i>Cissia alcinoe</i>	B	Generalista
<i>Cissia drymo</i>	A	
<i>Cissia hesione</i>	A-B	Generalista
<i>Cissia libye</i>	A-B-C	Generalista
<i>Cissia usitata</i>	B	Generalista
<i>Cithaerias pireta pireta</i>	A-B	Bosque
<i>Dryas iulia</i>	B-C	Zona abierta
<i>Dulcedo polita</i>	A-B	Bosque
<i>Eresia coela</i>	A	Zona abierta
<i>Eresia mechanitis</i>	B	Zona abierta
<i>Eueides libya olympia</i>	B	Bosque
<i>Eueides sp</i>	B	Zona abierta
<i>Euptychia insolata</i>	A-B	Generalista
<i>Eurema gratiosa</i>	C	Zona abierta
<i>Heliconius charithonia charithonia</i>	B	Zona abierta
<i>Heliconius cydno galanthus</i>	A-B-C	Generalista
<i>Heliconius erato petiverana</i>	A-C	Zona abierta
<i>Heliconius hecale zuleika</i>	C	Generalista
<i>Heliconius sara fulgidus</i>	C	Generalista
<i>Hermeuptychia hermes</i>	A-B-C	Zona abierta
<i>Morpho menelaus</i>	A-B-C	Generalista
<i>Nica flavilla canthara</i>	B	Zona abierta
<i>Parides eurimedes mylotes</i>	A-B	Generalista
<i>Parides sesostris zestos</i>	B	Zona abierta

Nombre científico	Sitio en que muestreo	Hábito*
<i>Philaethria dido</i>	A-B	Zona abierta
<i>Pierella helvina</i>	A-B	Bosque
<i>Tigridia acesa</i>	A	Zona abierta

*Para describir el hábito que poseen las mariposas se utilizó la guía de DeVries [10].