



REPÚBLICA DE PANAMÁ
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA

**DIVERSIDAD DE MARIPOSAS EN PLANTACIONES TROPICALES CON
ESPECIES NATIVAS**

ANA CECILIA PADILLA ZAMORA

Trabajo de graduación sometido a consideración por la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, como requisito parcial para optar por el título de Licenciado en Biología con orientación en Biología Animal.

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025



TRIBUNAL EXAMINADOR

Título:

“Diversidad de Mariposas en Plantaciones Tropicales con Especies Nativas”

Por:

**ANA CECILIA PADILLA ZAMORA
8-868-1280**

Trabajo de Graduación presentado a consideración de la Escuela de Biología como requisito parcial para optar por el título de Licenciatura en Biología con Orientación en Zoología.

Dr. Héctor Barrios

Dra. Yolanda Águila

Mgtr. Percis Garcés

DEDICATORIA

A mi madre Miriam Zamora Núñez la mujer más valiente y luchadora que he conocido en este mundo, que me ha brindado la oportunidad de estudiar y que ha estado junto a mí en cada paso que he dado. Esto es para ti madre, sin ti nunca hubiera llegado hasta aquí. Te quiero muchísimo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por sostenerme en todas las veces que sentí que no iba a lograrlo y que me mostraba una y mil veces todas las razones por las cuales debía luchar para permitirme culminar esta etapa de la vida.

A mi madre Miriam Zamora por siempre motivarme a luchar, por tanta paciencia y amor incondicional en todo este proceso.

Quiero agradecer al Dr. Héctor Barrios Velazco, al Mgtr. Percis Garcés y a la Dra. Yolanda Águila por brindarme su apoyo impulsándome con sus enseñanzas, paciencia y fuerzas para salir adelante, como también agradezco a la Dra. Catherine Potvin, por facilitarme las muestras para llevar a cabo este trabajo de investigación.

A la Maestría de Entomología de la Universidad de Panamá por facilitarme sus instalaciones para la identificación, preparación y montaje de los especímenes.

A mis grandes amigos Albert Thurman y John Mc Donalds Investigadores asociados de Entomología con Mississippi State University Entomological Museum, Arizona State University, Universidad de Florida y Universidad de Panamá, por todas las enseñanzas brindadas con respecto a la taxonomía y hábitos de vida de las mariposas.

Agradezco a Laura, Carmelo, Helio, Stephany y Eduardo por brindarme su comprensión, apoyo, orientación y conocimientos compartidos en este trabajo.

De manera especial agradezco a Diego por impulsarme a terminar esta etapa cada día y estar presente allí siempre, con mucho cariño y amor.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
INTRODUCCIÓN	9
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	13
HIPÓTESIS.....	16
OBJETIVOS	16
Objetivo general:.....	16
Objetivos específicos:	16
MATERIALES Y MÉTODOS	16
RESULTADOS.....	21
1.1 Riqueza y Abundancia total de Mariposas.....	21
1.2 Riqueza y Abundancia total de Mariposas colectadas en las parcelas de estudio.....	31
A. Monocultivo:.....	32
B. Parcela mixta de 3 sp.:.....	32
C. Parcela mixta de 6 sp.:	33
D. Parcela mixta \geq 9sp.:.....	33
1.3 Riqueza de Mariposas por estaciones del año.....	34
1.4 Abundancia de Mariposas por estaciones del año.....	35
2.1 Diversidad de Mariposas y análisis comparativo.....	36
2.1.1 Diversidad Alpha.....	36
2.1.2 Diversidad Beta.....	37
2.2 Comparaciones entre la riqueza y abundancia entre las parcelas de estudio.....	39
1. Evaluar el impacto de los factores ambientales sobre la diversidad y abundancia de las mariposas.....	41
DISCUSIÓN	43
1. Identificar las mariposas en las diferentes parcelas.....	43
1.1 Riqueza y Abundancia total de Mariposas.....	43
1.2 Riqueza y Abundancia total de Mariposas colectadas en las Parcelas de estudio.....	44
Riqueza y Abundancia de Mariposas por estaciones del año.....	46
1.3 Riqueza de Mariposas por estaciones del año.....	46
1.4 Abundancia de Mariposas por estaciones del año.....	46
2. Comparar la diversidad de mariposas entre arreglos de cultivos mixtos y arreglos de alta diversidad.....	46

2.1	Diversidad de Mariposas y análisis comparativo.....	46
2.1.1	Diversidad Alpha.....	46
2.1.2	Diversidad Beta	47
2.2	Comparaciones entre la riqueza y abundancia entre las parcelas de estudio	47
3.	Evaluar el impacto de los factores ambientales sobre la diversidad y abundancia de las mariposas.....	48
	CONCLUSIONES	50
	RECOMENDACIONES	51
	BIBLIOGRAFÍA.....	52
	ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la comunidad de Sardinilla, Provincia de Colón.	17
Figura 2. Individuos más abundantes por parcelas de estudio.	33
Figura 3. Riqueza de especies de mariposas por estaciones del año.	34
Figura 4. Abundancia de individuos de mariposas en las parcelas de estudio por estaciones del año.	35
Figura 5. Clúster de similitud de especies entre las parcelas de estudio..	39
Figura 6. Comparación de la riqueza de especies colectadas en las parcelas de estudio.	40
Figura 7. Comparación de la abundancia de individuos colectados en las parcelas de estudio.	40
Figura 8. Análisis de componentes principales (PCA) relacionando las familias de mariposas diurnas con los factores ambientales evaluados: Humedad Relativa (HR), Temperatura Ambiental (T), Velocidad del Viento (VV) y Nubosidad (N).....	42
Figura 9. Análisis de componentes principales (PCA) mostrando las familias de mariposas diurnas que están más asociadas con los factores ambientales evaluados: Humedad Relativa (HR), Temperatura Ambiental (T), Velocidad del Viento (VV) y Nubosidad (N).....	42
Figura 10. Mapa de Sardinilla con la distribución de los transectos en las parcelas de estudio	63
Figura 11. <i>Hermeuptychia hermes</i> (Nymphalidae). Vista dorsal y Vista ventral.....	68
Figura 12. <i>Calycopis isobeon</i> (Lycaenidae). Vista dorsal y Vista ventral.....	68
Figura 13. <i>Nisoniades torta</i> (Hesperiidae). Vista dorsal y Vista ventral.	69
Figura 14. Parcela 58 Transecto #3	69
Figura 15. Parcela 31 Transecto #2	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riqueza y abundancia de individuos totales colectados en el estudio.	21
Tabla 2. Listado total de mariposas (Lepidópteras) por familias, subfamilias y especies colectadas en las parcelas de estudio.....	21
Tabla 3. Riqueza de especies totales de mariposas colectadas en las parcelas de estudio. ..	31
Tabla 4. Abundancia de individuos totales de mariposas colectadas en las parcelas de estudio.....	32
Tabla 5. Riqueza de especies de mariposas colectadas en las parcelas de estudio por estaciones del año.	34
Tabla 6. Abundancia de individuos colectados en las parcelas de estudio por estaciones del año.	35
Tabla 7. Índices de diversidad Alpha de mariposas colectadas en las parcelas de estudio. .	36
Tabla 8. Índices de diversidad Beta de mariposas colectadas en las parcelas de estudio. ...	37
Tabla 9. Distribución de Transectos en las Parcelas de Estudio.	64
Tabla 10. Esfuerzo de muestreo por Parcela = Distancia recorrida en los 3 transectos.	64
Tabla 11. Ubicación de las Parcelas y los Transectos.	65

INTRODUCCIÓN

Las áreas forestales de Centro América ocupan el 31% de la superficie terrestre en donde una gran parte corresponde a bosques naturales y en menor porcentaje en plantaciones forestales; sin embargo, según FAO (2010) entre los años 1990-2010, las plantaciones forestales han ido aumentando y con ello han ido reemplazando bosques nativos, así como pastizales, generando cambios a nivel ecológico (Ritter, 2017).

Nuestros bosques tropicales constantemente sufren cambios debido a la gran deforestación y degradación que sumado al cambio climático provocan la pérdida de biodiversidad y con ello alteran muchos de los paisajes forestales tropicales del planeta; debido a esto en América latina varias compañías reforestadoras están en la constante búsqueda de medidas que apoyen la protección y conservación de bosques naturales así, como reforestar áreas degradadas en donde una de ellas son las plantaciones forestales con especies nativas (Ugarte & Román, 2020; De Camino & Budowski, 1998).

Aunque parece existir unanimidad respecto a que los bosques nativos son generalmente más idóneos como hábitat para un mayor rango de especies forestales nativas, las plantaciones forestales cumplen funciones ecosistémicas de mucho valor, a tal punto que se suelen llamar bosques domesticados, lo que refleja su similitud con los bosques y no tanto con los cultivos agrícolas. (Jiménez-Méndez et al., 2024; Martín-García et al., 2013).

Sí bien, es cierto que se ha demostrado que las plantaciones forestales son consideradas más productivas en los factores de gestión y volumen de madera en comparación con los bosques, también se ha demostrado que no pueden brindarnos todos los beneficios que los bosques nos proporcionan, especialmente cuando se trata de plantaciones monoespecíficas constituidas por masas coexistentes de especies exóticas que son gestionadas de forma intensiva (Cordero, 2011); Sin embargo estas plantaciones no sólo funcionan como fuente de productos madereros, sino que también tienen muchas otras funciones entre las cuales podemos mencionar: recuperar suelos degradados; reforestar para combatir la desertificación; asegurar pendientes inestables, especialmente, en lugares cercanos a obras de infraestructura y de terrenos utilizados en el sector agrícola (De Camino & Budowski, 1998). Se ha visto a lo largo de distintas experiencias que las plantaciones con especies

nativas son una opción considerable para acelerar procesos en cuanto a la recuperación de la biodiversidad en áreas degradadas (Alice et al., 2004).

Estudios previos muestran resultados diferentes en lo que se refiere a si la productividad es igual, mayor o menor en sistemas mixtos comparados con los sistemas monoespecíficos. Se estima que el aumento de la diversidad de especies está relacionado con la productividad, aunque la interacción de las especies puede variar con las condiciones ambientales. Se conoce que en los bosques mixtos se establecen relaciones de competencia cuyo efecto se puede explorar mediante el análisis del crecimiento a nivel del árbol mediante índices de competencia a nivel individual (Salazar et al., 2019).

Las plantaciones mixtas son ambientalmente preferibles a las plantaciones monoespecíficas (Salazar et al., 2019), ya que las mixtas fomentan la regeneración de una diversidad más amplia de especies, aumentan la variabilidad de condiciones ambientales dentro de un hábitat, el cual proporciona un amplio rango de nichos ecológicos que pueden ser ocupados por diferentes especies, además de crear un microclima favorable para los dispersores, la germinación y el crecimiento de las especies, al proporcionar condiciones óptimas de temperatura, humedad y luz que promueven el éxito reproductivo y la expansión de las poblaciones (Alice et al., 2004).

El papel de las plantaciones forestales tradicionalmente ha sido considerado como paisajes artificiales o diseñados por el ser humano, pero al igual que los bosques secundarios representan una importante fuente de fijación de carbono (Jiménez-Méndez et al., 2024), por lo cual esta percepción en la actualidad está cambiando. Es cierto que muchos indicadores han señalado que la biodiversidad en estas plantaciones es menor que en los bosques nativos, sin embargo, varios estudios bibliográficos han demostrado que las plantaciones pueden proveer un hábitat valioso para la flora y fauna (Martín-García et al., 2013).

Estas nos pueden brindar servicios ambientales y tener efectos positivos en la conservación de la biodiversidad proporcionándonos hábitats estructuralmente funcionales y manteniendo flujos biológicos entre fragmentos de coberturas naturales para distintos organismos (Rivera-Gallego & Pinzón-Florián, 2022).

De todos los órdenes de insectos presentes en la naturaleza, las mariposas diurnas son las más estudiadas, debido a que se caracterizan por ser altamente sensibles a los cambios producto de disturbios en su hábitat, y pueden reflejar el estado de conservación de una biota, su diversidad, endemismo y grado de intervención (Pacheco et al., 2021; Freitas et al., 2021). Los lepidópteros son importantes indicadores y constituyen un elemento fundamental en la cadena trófica; son abundantes, estables, diversos, de fácil manipulación en el campo y en el laboratorio, presentan ciclos de vida cortos y muchas especies tienen sensibilidad a cambios en el ambiente como la estacionalidad (de precipitación y temperatura), la disponibilidad de recursos (hospederos forales y larvales) y alta fidelidad ecológica (Pacheco et al., 2021; Freitas et al., 2021).

Las mariposas diurnas son consideradas como organismos indicadores de diversidad; por la relación directa que presentan con sus plantas hospedantes (Coral-Acosta & Pérez-Torres, 2017); por sus roles ecológicos (herbívoro y polinización) y porque pueden ser sensibles a cambios en la vegetación y la cobertura arbórea (Brown & Hutchings, 1997); sus etapas de vida son importantes recursos alimenticios para diversos organismos y participan en varios procesos coevolutivos. Por lo tanto, la presencia o ausencia de determinadas especies o patrones de composición de una comunidad de mariposas indica cambios o estabilidad en la calidad del medio (Freitas et al., 2021).

Son uno de los grupos más abundantes y diversificados en los bosques tropicales, su estudio en los aspectos de diversidad, abundancia, composición y riqueza pueden evidenciar respuestas interpretables a los procesos antrópicos de fragmentación de los bosques naturales, en los cuales la diversidad de hábitat es presumiblemente mayor que en los paisajes fragmentados (Sorto, 2013).

En las últimas décadas, las mariposas han cobrado importancia en la biología de la conservación como indicadores biológicos. Esto se ha visto favorecido por el comportamiento diurno de la mayoría del grupo (Freitas et al., 2021); cabe mencionar que las mariposas juegan un papel muy importante ya que en comparación con otros grupos de insectos presentan una taxonomía mucho más sencilla y bien conocida (Ghazoul, 2002).

La transformación de hábitats naturales genera alteración de sus condiciones físicas, situación que puede incidir en la disponibilidad de los recursos. En consecuencia, algunas

especies de animales y plantas pueden resultar afectadas de manera negativa. Una de las principales causas de la pérdida global de diversidad es la transformación de los bosques tropicales, debido a actividades humanas, como resultado los fragmentos de bosque quedan inmersos en matrices modificadas, las cuales pueden representar diferentes calidades para la fauna. (Pacheco et al., 2021).

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Estudios similares, en la Mata Atlántica, realizados con el grupo de mariposas, comparando bosques naturales con plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus* L'Héritier, 1789) y árboles de caucho [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müller Argoviensis, 1865] han sugerido que las plantaciones mantienen comunidades de mariposas menos diversas que los bosques naturales reemplazados, mientras que la abundancia de especies de mariposas demostró la respuesta opuesta; sin embargo, otros refieren efectos positivos sobre la diversidad de mariposas en plantaciones (Rivera-Gallego & Pinzón-Florián, 2022).

Koh & Wilcove (2008) observaron que el 83% de las especies de mariposas en los bosques se perdieron cuando la tierra se convirtió en plantaciones de palma aceitera en Malasia Peninsular y Borneo. Stephen & Sánchez (2014) recogieron más especies de mariposas en plantaciones que en bosques en Costa Rica.

En los bosques tropicales, la ecología de mariposas (estadio adulto) sigue siendo mucho más fácil que el estudio de sus orugas, lo que requiere un considerable esfuerzo de muestreo (Novotný & Basset, 2000). Las mariposas son especies bastante móviles, incluso muchas especies de mariposas tropicales tienen distancias de dispersión bastante cortas, ~200m (Vlasanek et al., 2013). Las poblaciones de mariposas están definidas por la presencia de asociaciones vegetales típicas en el biotopo (Viejo & Sánchez-Cumplido, 1982; Geiger et al., 1987). Por consiguiente, la diversidad de mariposas puede aumentar en las plantaciones con una mayor proximidad al bosque, principalmente debido a la propagación de especies forestales "transitorias" cuyas plantas hospedadoras de larvas no se encuentran en las plantaciones (Lucey & Hill, 2011).

Diferentes argumentos justifican la inclusión de especies nativas en las plantaciones, incluyendo el alto valor comercial de la madera de algunas de ellas (Montagnini & Jordan, 2005) y la creciente escasez de éstas en los bosques naturales (Onyekwelu et al., 2011). La inclusión de especies autóctonas en las plantaciones representa un enfoque de conservación en los sistemas productivos, en los que las especies arbóreas amenazadas pueden utilizarse y conservarse simultáneamente por su valor utilitario (Newton, 2008). Se ha estudiado el cultivo de especies nativas en los trópicos, examinando su rendimiento junto con las exóticas

para la restauración de tierras (Carpenter et al., 2004) en rodales puros y mixtos (Montagnini & Piotta, 2011). Se han establecido ensayos para probar grupos de especies de supervivencia y productividad en un sitio particular (Butterfield & Espinoza, 1995) o su respuesta diferenciada cuando se plantan bajo diversas condiciones ambientales (Calvo-Alvarado et al., 2007; Wishnie et al., 2007) y arreglos (Manson et al., 2013), destacando la heterogeneidad ambiental a pequeña escala como un impulsor de la supervivencia de los árboles y el crecimiento inicial dentro de los sitios (Plath et al., 2011b).

Se han identificado diferentes temas de gestión con especies nativas tropicales de gran valor maderero, como la necesidad de sofisticar los tratamientos de reforestación, incluyendo la comparación de mezclas con monocultivos, prestando atención a los posibles efectos complementarios al combinar especies con diferente tolerancia a la sombra (Hung et al., 2011), la necesidad de avanzar en la comprensión de los servicios y funciones de los ecosistemas (Forrester, 2014; Hall et al., 2011), el equilibrio entre las funciones de producción y conservación de las plantaciones (Lamb et al., 2005; Pryde et al., 2015), las ventajas potenciales que se pueden obtener al cultivar especies mixtas cuidadosamente diseñadas en lugar de monocultivos (Kelty, 2006), que pueden conducir a aumentos en las tasas de crecimiento y ganancias económicas si se puede lograr una capacidad de combinación ecológica apropiada entre las especies (Menalled et al., 1998), añadiendo además otros beneficios ecológicos (Piotta, 2008).

En Guatemala, se ha promovido en los últimos 20 años a través de incentivos gubernamentales, el establecimiento de plantaciones forestales. Aunque las especies nativas representan una pequeña proporción del área total plantada (Instituto Nacional de Bosques, 2017a), su relevancia surge cuando se considera su potencial de alto valor comercial maderable y las funciones ambientales que pueden desempeñar. Hasta la fecha se carece de ensayos con plantaciones de especies nativas como las establecidas en otras partes del trópico (Calvo-Alvarado et al., 2007; Manson et al., 2013; Park et al., 2010; Petit & Montagnini, 2006; Wishnie et al., 2007), que permitan probar con soporte estadístico el desempeño de las especies en respuesta a factores edafoclimáticos diferenciados.

En Panamá, se han realizado estudios en plantaciones con especies nativas en el área de Sardinilla-Colón (Murgas et al., 2010 & Murgas et al., 2009), en donde se ha estudiado la herbivoría de insectos (Murgas et al., 2010), así como la diversidad de insectos en cuatro especies de plantas nativas maderables (Murgas et al., 2009). Ambos estudios demostraron una mayor diversidad en Coleoptera; ambos promovidos por científicos de la Universidad McGill, así como del Instituto de Investigaciones Tropicales Smithsonian (proyecto PRORENA) (Barrios & Plath, 2015). También podemos mencionar un estudio que trata sobre la distribución de las mariposas adultas residentes en tres diferentes plantaciones en Panamá (Basset et al., 2017) y además compara los datos de las plantaciones con los obtenidos con protocolos similares en un bosque antiguo cercano y en donde se concluye que la magnitud de los cambios faunísticos entre bosques y plantaciones es mucho más drástica para las mariposas que para las termitas que en este caso también se estudiaban; se observó que las especies de mariposas residentes eran más afectadas por la conversión de bosques en plantaciones que todas las especies de mariposas (incluidas las especies transitorias). Se observaron muchas especies de mariposas en las plantaciones, pero no en el bosque, esto debido a que la influencia de las especies transitorias puede confundir la evaluación del hábitat estudiado; sin embargo, no se debe sacar conclusiones precipitadas de que las plantaciones pueden ser más ricas en especies que el bosque, ya que el número de especies residentes era mayor en el bosque que en las plantaciones (Basset et al., 2017).

En la Cuenca del Canal uno de los estudios más sobresalientes relacionados a esta interacción de actividad agrícola y fauna nativa ha sido la introducción de la teca (*Tectona grandis*) como proyecto de reforestación y monocultivo maderable exótico para en cierta forma aprovechar en su momento los espacios abiertos de la Cuenca del Canal de Panamá (Méndez-Carvajal, 2012).

Esta investigación en el área de Sardinilla-Colón se enfoca en determinar si la cantidad de mariposas ésta directamente relacionada con la diversidad de árboles en una plantación de plantas nativas en parcelas de monocultivos (parcelas con una sola especie de planta nativa) y en cultivos mixtos (parcelas con múltiples especies de plantas nativas), y si esto puede provocar una mayor o menor diversidad y abundancia en el grupo de las mariposas diurnas dentro de la plantación.

HIPÓTESIS

SI, la biodiversidad de mariposas se correlaciona con la diversidad vegetal en las parcelas de estudio; **ENTONCES**, la diversidad de mariposas es influenciada por la diversidad vegetal.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Estudiar la diversidad de las mariposas diurnas acorde a las especies de plantas nativas de las parcelas de estudio.

Objetivos específicos:

Objetivo Específico 1: Identificar las mariposas en las diferentes parcelas.

Objetivo Específico 2: Comparar la diversidad de mariposas entre arreglos de cultivos mixtos y arreglos de alta diversidad.

Objetivo Específico 3: Evaluar el impacto de los factores ambientales sobre la diversidad y abundancia de las mariposas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

Descripción física y ubicación de las parcelas de estudio.

El estudio se realizó en una plantación forestal establecida en el año 2001 ubicada en la comunidad de Sardinilla (9° 19'30" N y 79° 38' 00" O), provincia de Colón, en el área central de Panamá (Fig. 1). Su elevación es alrededor de 70 metros; la precipitación media anual es de 2,350 mm, con 25 a 50 mm por mes durante la estación seca (Enero - Abril), y 250 mm por mes durante la estación lluviosa (Mayo - Diciembre) (Plath et al., 2011a). La temperatura diaria y estacional es relativamente constante durante todo el año, con temperaturas máximas diarias anuales de 33,1 °C y la mínima diaria anual de 21,7 °C.

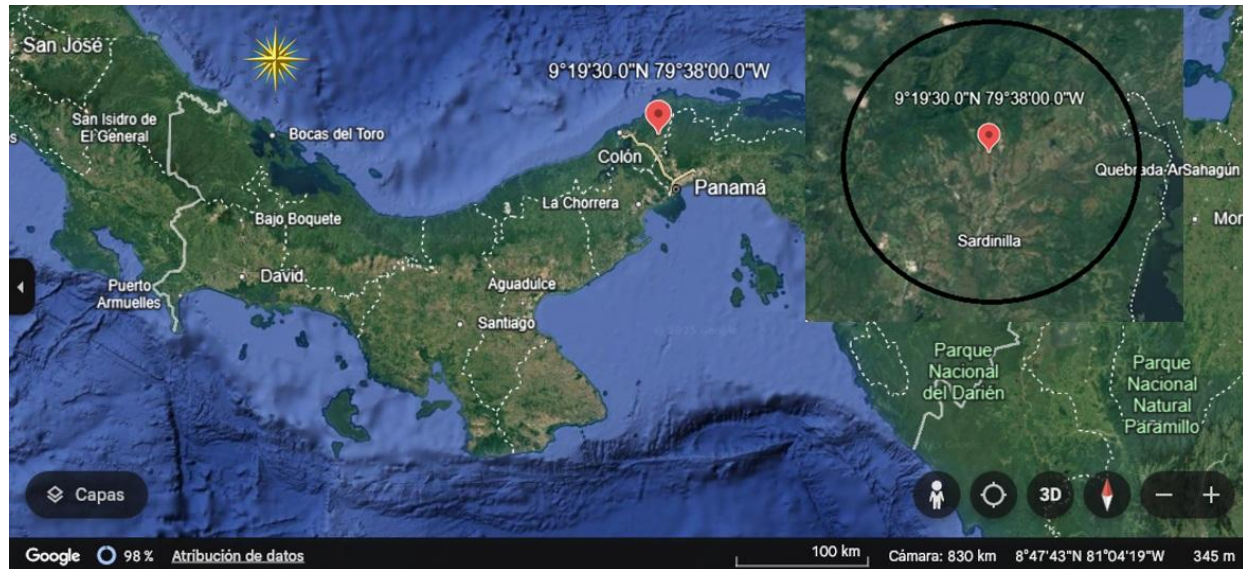


Figura 1. Mapa de la comunidad de Sardinilla, Provincia de Colón.

La plantación está dividida en 24 parcelas y 8 transectos (Fig. 10, Tabla 9), con un total de 26 especies de árboles nativos. A la misma vez, la plantación se divide en dos grandes grupos: plantación principal y plantación de alta diversidad. La plantación principal posee 6 especies de árboles nativos que fueron seleccionados por su tipo de crecimiento, valor ecológico y económico local [(*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Oken, *Luehea seemannii* (Triana & Planch), *Anacardium excelsum* (Bertero & Balb.) Skeels, *Hura crepitans* (L.), *Cedrela odorata* (L.), *Tabebuia rosea* (Bertol), (Potvin & Gotelli, 2008)] distribuidas de la siguiente manera: 12 parcelas de monocultivo (2 parcelas para cada una de las 6 especies), 6 parcelas (con especies mixtas de 3 especies) y 6 parcelas (con 6 especies mixtas). La plantación de alta diversidad consiste en 8 parcelas con un diseño dividido de 3 niveles de diversidad (plantación de 6sp., 9sp., 18sp.) (Verheyen et al., 2016; www.treedivnet.ugent.be).

Podemos decir entonces que mis variables son 4 tipos de Parcelas: Monocultivos, Mixta 3sp, Mixta 6sp y Mixta ≥ 9 sp; en donde mis tratamientos son las distintas proporciones de diversidad de los árboles y mi unidad donde se muestrea los arreglos de cultivos mixtos y arreglos de alta diversidad.

Dentro de la plantación de sardinilla se establecieron 3 transectos de 500m de longitud cada uno, haciendo un total de 1500m. Estos transectos recorren 17 parcelas de cultivos grandes y 22 parcelas de cultivos chicas.

Importante: Las parcelas grandes tienen un tamaño de 45m mientras que las parcelas pequeñas miden 18m.

La distancia recorrida en cada tipo de parcela es la siguiente:

Para los monocultivos los transectos recorren 225m de distancia, para las parcelas mixtas de 3sp se recorren 270m de distancia, para las parcelas de 6sp, 414 metros de distancia y para las parcelas 9sp, 252m de distancia (Tabla 10).

El recorrido total de los transectos fue de 15000 metros de longitud total, ya que se estableció hacer un total de 10 repeticiones por cada transecto.

$10 \text{ repeticiones} / \text{Cada transecto (Transectos total= 3)} = 30 \text{ repeticiones} \times 500\text{m} = 15000\text{m}$ de longitud total recorrida.

Colecta

Este experimento dio inicio en junio del 2016, luego se continuó muestreando en los meses de septiembre 2016, diciembre 2016 y marzo 2017. Los meses de junio 2016 y marzo 2017 fueron considerados meses de estación seca mientras que septiembre y diciembre 2016, estación lluviosa.

La colecta en campo fue realizada por Zarluiz Mijango Ramos y Lady Mancilla (posterior a ello mi persona retomó el procesamiento, identificación y montaje del material).

Para determinar la diversidad de mariposas, se recorrieron tres transectos de 500 m.

Cada transecto (Transectos total= 3) (Tabla 11) cubría áreas con distintas proporciones de diversidad de árboles en Sardinilla.

Se realizaron caminatas en los transectos a paso lento y de manera constante “Pollard Walk” (Pollard, 1977) asegurándose de que cada recorrido tomará un tiempo aproximado de 30 minutos, luego se anotó y recolectó con una red entomológica la mayor cantidad de especies de mariposas dentro de un rango de 5 metros de cada lado del transecto y a 5 metros de altura (estimado).

En cada transecto se realizaron dos observaciones por día, empezando desde las 10 am a 12 pm y luego de 1 pm a 3 pm, haciendo un total de 10 repeticiones por cada transecto. Ningún muestreo fue realizado durante lluvias fuertes y cuando esto sucedió se reanudaron los muestreos sólo hasta dos horas después de haber cesado la lluvia.

También con el fin de determinar la ubicación de cada mariposa se anotó el número o nombre de la parcela (Tabla 11) y el número de identificación del árbol más cercano. En el área de relleno el número de la parcela se encuentra escrito bajo las placas de identificación de cada árbol.

Colecta de variables ambientales

Al iniciar cada transecto, se utilizó un Kestrel medidor de tiempo de bolsillo 3000, para tomar la temperatura del aire, humedad relativa y velocidad de viento. De igual forma, se estimó por observación el porcentaje de nubosidad utilizando rangos: 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 por ciento y se recopiló información por observación sobre los días de lluvia.

Trabajo de Laboratorio

Un grupo de mariposas fue identificado (una parte por Zarluis y el resto por mi persona) en campo y puesto en libertad para evitar matar innecesariamente los especímenes, mientras que otras se sacrificaron por constricción cefalotorácica (Fagua, 2001) y se guardaron en sobres de papel, anotando fecha, hora de captura, número de transecto y condiciones del clima (Villareal et al., 2006). Las muestras colectadas se preservaron en seco, mediante el

ablandamiento y extensión de sus alas. Las especies se corroboraron con ejemplares depositados en la Colección de Iniciativa de Artrópodos ForestGEO en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales de Panamá y la Colección Entomológica del Museo de Invertebrados G.B. Fairchild de la Universidad de Panamá. Para la identificación de las familias Nymphalidae, Pieridae, Papilionidae y Riodinidae se utilizaron los libros de DeVries, P.J. 1987, 1997 así como ilustraciones de revisiones taxonómicas del sitio web: Butterflies of America (Warren, et al., 2023), para los Hesperidae y Lycaenidae. Los especímenes colectados se encuentran depositados en la colección de la Maestría de Entomología de la Universidad de Panamá.

Análisis estadístico

Una vez se obtuvieron todas las identificaciones de los especímenes se procedió a traspasar los datos a una base de datos en Excel, la cual también contenía todos los registros ambientales de las parcelas de estudio. Se procedió a cuantificar la abundancia y riqueza total de mariposas en las parcelas de estudio y entre estaciones del año. De igual forma se realizaron índices de diversidad Alpha utilizando el programa Past3 (Versión 3.22) (Hammer et al., 2001). Los índices de diversidad Beta fueron calculados utilizando el programa EstimateS (Versión 9.1.0) (Colwell, 2016). Para finalizar las comparaciones entre las parcelas de estudio, se emplearon pruebas de Kruskal Wallis, utilizando el programa Rstudio versión 1.1.463 (RStudio Team, 2018). En cuanto al impacto de los factores ambientales sobre la diversidad y abundancia de las mariposas, se realizó un PCA (Análisis de componentes principales) utilizando el GraphPad Prism (Versión 9.0) (GraphPad Software, 2023).

RESULTADOS

Objetivo Especifico 1: Identificar las mariposas en las diferentes parcelas.

1.1 Riqueza y Abundancia total de Mariposas.

Durante este estudio se registraron 3069 individuos de Mariposas distribuidos en 6 familias, 18 subfamilias, 84 géneros y 180 especies en las cuatro parcelas. (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Riqueza y abundancia de individuos totales colectados en el estudio.

Familia	Subfamilias	Géneros	Especies	% Especies	Individuos	% Individuos
Hesperiidae	3	30	79	44	416	13.5549039
Lycaenidae	2	9	13	7	82	2.67188009
Nymphalidae	8	27	57	32	2109	68.7194526
Papilionidae	1	3	6	3	14	0.45617465
Pieridae	2	5	13	7	389	12.6751385
Riodinidae	2	10	12	7	59	1.92245031
Total	18	84	180	100	3069	100

Tabla 2. Listado total de mariposas (Lepidópteras) por familias, subfamilias y especies colectadas en las parcelas de estudio.

Nombre de Mariposas	Parcelas de estudio				
	Fam-Subflia-Gen-sp	Monocultivo	Mixta 3sp.	Mixta 6sp.	Mixta ≥ 9sp.
Papilionidae					
Papilioninae					
<i>Battus polydamas</i>		0	1	0	0
<i>Heraclides thoas</i>		1	0	3	0
<i>Parides erithalion smalli</i>		0	1	0	0

<i>Parides eurimedes</i>	0	1	2	2
<i>Parides iphidamas</i>	0	0	0	2
<i>Parides sesostris</i>	0	0	0	1
Pieridae				
Pie01	0	0	1	0
Pie02	0	3	0	0
Pie03	0	0	1	0
Pie04	0	0	1	0
Pie05	1	0	0	0
Pie06	0	1	0	0
Pie07	0	0	1	0
Coliadinae				
<i>Eurema albula</i>	6	0	10	1
<i>Eurema daira</i>	26	45	197	8
<i>Pyrisitia nise</i>	19	23	40	2
Pierinae				
<i>Itaballia demophile centralis</i>	0	0	1	0
<i>Itaballia pandosia</i>	0	0	1	0
<i>Melete polyhymnia florinda</i>	0	0	1	0
Nymphalidae				
Biblidinae				
<i>Dynamine paulina</i>	1	0	0	0

<i>Hamadryas amphinome</i>	0	0	1	0
<i>Hamadryas februa</i>	2	2	1	0
<i>Myscelia cyaniris</i>	3		1	0
<i>Nica flavilla canthara</i>	0	0	1	1
Charaxinae				
<i>Consul fabius ceproc</i>	1	1	1	0
Danainae				
<i>Danaus gilippus</i>	0	1	0	0
<i>Danaus plexippus</i>	0	1	3	1
<i>Ithomia iphianassa panamensis</i>	1	0	1	0
<i>Mechanitis lysimnia</i>	0	0	2	2
<i>Mechanitis polymnia</i>	3	1	55	34
Heliconiinae				
<i>Dryas iulia</i>	0	0	0	1
<i>Heliconius cydno</i>	0	0	1	0
<i>Heliconius erato</i>	8	1	3	1
<i>Heliconius ismenius</i>	0	0	1	0
<i>Heliconius sara</i>	1	0	0	0
Nym01	0	2	0	0
Nym02	0	1	0	0
Nym03	0	0	1	0
Nym04	1	0	0	0

Nym05	0	0	1	0
Nym06	0	1	0	0
Ithomiinae				
<i>Godyris zavaleta zygia</i>	0	0	1	0
Limenitidinae				
<i>Adelpha cytherea</i>	1	0	0	0
<i>Adelpha iphicleola</i>	0	0	1	0
<i>Adelpha iphichus</i>	0	0	4	0
<i>Adelpha serpa celerio</i>	0	0	1	0
Nymphalinae				
<i>Anartia fatima</i>	86	88	135	18
<i>Anartia jatrophae</i>	2	0	3	1
<i>Chlosyne lacinia lacinia</i>	9	3	0	0
<i>Colobura dirce</i>	1	0	1	0
<i>Dione vanillae</i>	1	0	0	0
<i>Junonia evarete</i>	3	1	1	0
<i>Junonia genoveva</i>	9	5	7	1
<i>Siproeta stelenes</i>	11	6	33	6
Satyrinae				
<i>Caligo brasiliensis</i>	0	0	1	0
<i>Caligo illioneus</i>	0	0	1	0
<i>Caligo telamonius</i>	0	1	0	0

<i>Cissia confusa</i>	0	0	1	0
<i>Cissia pompilia</i>	0	1	3	0
<i>Cissia pseudoconfusa</i>	1	4	23	8
<i>Euptychia Eup01</i>	0	0	0	1
<i>Euptychia Eup02</i>	0	0	1	0
<i>Euptychia jesia</i>	40	61	106	29
<i>Euptychia westwoodi</i>	4	1	18	2
<i>Hermeuptychia harmonia</i>	9	4	24	13
<i>Hermeuptychia hermes</i>	93	120	363	170
<i>Magneuptychia alcinoe</i>	10	4	33	9
<i>Magneuptychia libye</i>	4	9	180	58
<i>Magneuptychia ocnus</i>	0	0	1	0
Nym07	1	0	0	0
<i>Pareuptychia metaleuca</i>	3	2	30	16
<i>Pareuptychia ocirrhoe</i>	2	0	1	1
<i>Paryphthimoides terrestris</i>	6	1	23	3
<i>Pierella luna</i>	0	1	5	0
<i>Taygetis thamyra</i>	1	1	2	0
<i>Vareuptychia themis</i>	2	5	7	1
Hesperiidae				
Hes01	1	0	0	0
Hes02	0	0	1	0

Hes03	0	0	1	0
Hes04	0	0	1	0
Hes05	0	1	0	0
Hes06	0	0	2	0
Hes07	0	0	1	0
Hes08	0	0	1	0
Hes09	0	1	0	0
Hes10	1	0	0	0
Hes11	0	1	0	0
Hes12	0	0	1	0
Hes13	0	0	1	0
Hes14	0	0	1	0
Hes15	0	0	1	0
Hes16	0	0	1	0
Hes17	0	0	1	0
Hes18	0	0	1	0
Hes19	0	0	1	0
Hes20	1	0	0	0
Hes21	0	0	1	0
Hes22	1	0	0	0
Hes23	0	2	0	0
Hes24	0	0	1	0

Hes25	1	0	0	0
Hes26	0	0	0	1
Hes27	0	0	2	0
Hes28	0	0	1	0
Hes29	0	2	0	0
Hes30	1	0	0	0
Hes31	0	0	1	0
Hes32	0	0	1	0
Hes33	0	1	0	0
Hes34	0	2	0	0
Hes35	0	0	1	0
Hes36	0	0	0	1
Eudaminae				
<i>Aguna panama</i>	0	0	1	0
<i>Autochton neis</i>	0	0	1	0
<i>Autochton zarex</i>	0	0	3	1
<i>Cecropterus dorantes</i>	9	7	3	2
<i>Cecropterus longipennis</i>	0	0	2	0
<i>Chioides catillus</i>	0	1	0	0
<i>Cogia calchas</i>	2	0	1	0
<i>Spicauda simplicius</i>	28	24	20	3
<i>Spicauda tanna</i>	17	9	20	7
<i>Spicauda teleus</i>	2	8	8	1
<i>Telegonus anaphus</i>	0	2	0	0
<i>Typhedanus cajeta</i>	1	0	0	0

<i>Urbanus proteus</i>	1	2	1	0
Hesperiinae				
<i>Callimormus juvenis</i>	1	3	8	3
<i>Conga chydaea</i>	1	0	1	0
<i>Cymaenes lumina</i>	1	0	0	0
<i>Cynea cynea</i>	1	0	0	1
<i>Cynea nigricola</i>	0	1	0	0
<i>Euphyes peneia</i>	0	0	2	0
<i>Lerema ancillaris</i>	0	1	0	0
<i>Lerema geisa</i>	1	1	1	1
<i>Mnasicles duena</i>	0	1	0	0
<i>Mnasinous ina</i>	4	6	22	9
<i>Moeris striga</i>	0	1	0	0
<i>Panoquina lucas</i>	0	0	1	0
<i>Panoquina ocola</i>	1	2	1	0
<i>Paratrytone samenta</i>	3	2	4	1
<i>Psoralis calcarea</i>	0	0	1	0
<i>Racta apella</i>	0	0	0	1
<i>Tigasis corope</i>	0	1	0	0
Pyrginae				
<i>Antigonus erosus</i>	0	0	1	0
<i>Burnsius orcus</i>	11	5	3	2
<i>Heliopetes arsalte</i>	2	2	1	0
<i>Nisoniades torta</i>	6	6	27	10
<i>Ouleus fridericus</i>	2	1	3	1
<i>Ouleus panna</i>	0	1	2	0

<i>Quadrus cerialis</i>	0	0	2	0
<i>Sostrata bifasciata</i>	1	0	0	0
<i>Staphylus ascalaphus</i>	0	0	0	1
<i>Staphylus ceos</i>	0	0	0	1
<i>Staphylus mazans</i>	0	0	1	0
<i>Staphylus vulgata</i>	0	0	1	0
<i>Xenophanes tryxus</i>	3	1	2	0
Riodinidae				
Nemeobiinae				
<i>Myselasia sergia</i>	0	0	2	0
Riodininae				
<i>Calephelis borealis</i>	0	0	1	0
<i>Calephelis browni</i>	9	5	3	0
<i>Detritivora hermodora</i>	2	1	14	2
<i>Eurybia elvina</i>	0	0	0	1
<i>Hyphilaria thasus</i>	0	0	1	0
<i>Melanis electron</i>	0	0	0	1
<i>Mesosemia lamachus</i>	0	0	3	2
<i>Napaea eucharila</i>	2	1	4	0
<i>Synargis mycone</i>	1	0	2	0
<i>Theope matuta matuta</i>	0	0	1	0
<i>Theope virgilius</i>	0	0	0	1

Lycaenidae				
Lyc01	0	0	0	1
Lyc02	0	0	1	0
Polyommatae				
<i>Cupido comyntas</i>	1	1	1	0
<i>Hemiargus ceraunus</i>	6	0	2	1
Theclinae				
<i>Calycopis caulonia</i>	0	0	11	4
<i>Calycopis isobea</i>	5	4	21	11
<i>Calycopis thama</i>	0	0	1	0
<i>Cyanophrys herodotus</i>	0	0	1	0
<i>Nesiostrymon calchinia</i>	0	0	1	0
<i>Panthiades bathildis</i>	0	0	1	0
<i>Panthiades phaleros</i>	0	0	0	1
<i>Pseudolycaena damo</i>	0	1	3	1
<i>Rekoa meton</i>	0	0	2	0

1.2 Riqueza y Abundancia total de Mariposas colectadas en las parcelas de estudio.

En cuanto a la riqueza y abundancia total de mariposas por parcela de estudio encontramos que la diversidad entre arreglos de cultivos mixtos presentó mayor diversidad en comparación con la diversidad en monocultivos; y que entre los cultivos mixtos dentro de la plantación nativa tenemos que la parcela mixta de 6sp. fue la que más diversidad presentó en comparación con el resto de las parcelas con especies mixtas. Presentó 125 especies de mariposas y la parcela mixta ≥ 9 sp. tuvo 57 especies de mariposas (Tabla 3).

Por otro lado, el número de individuos por parcela (abundancia) estuvo representado en mayor cantidad por 1585 individuos de mariposas colectadas en la parcela mixta (6sp) y el menor valor con 466 individuos colectados en la parcela mixta (≥ 9 sp.) (Tabla 4).

En nuestro proyecto podemos observar que la parcela con mayor riqueza y abundancia después de la parcela mixta de 6sp. es la parcela mixta de 3sp, seguida por monocultivos; siendo la menos diversa y abundante en nuestro caso la parcela mixta 9sp.

Tabla 3. Riqueza de especies totales de mariposas colectadas en las parcelas de estudio.

Familias	Parcelas de estudio			
	Monocultivo	Mixta 3sp.	Mixta 6sp.	Mixta ≥ 9 sp.
Hesperiidae	27	30	50	18
Lycaenidae	3	3	11	6
Nymphalidae	31	28	43	22
Papilionidae	1	3	2	3
Pieridae	4	4	10	3
Riodinidae	4	3	9	5
Total	70	74	125	57

Tabla 4. Abundancia de individuos totales de mariposas colectadas en las parcelas de estudio.

Familias	Parcelas de estudio			
	Monocultivo	Mixta 3sp.	Mixta 6sp.	Mixta \geq 9sp.
Hesperiidae	104	98	167	47
Lycaenidae	12	6	45	19
Nymphalidae	320	329	1083	377
Papilionidae	1	3	5	5
Pieridae	52	72	254	11
Riodinidae	14	7	31	7
Total	503	515	1585	466

En las Parcelas de estudio obtuvimos que:

A. Monocultivo:

Las familias más representadas pertenecen a Nymphalidae, Hesperiidae y Pieridae. Las 3 especies de mariposas más abundantes son: *Hermeuptychia hermes* (93), *Anartia fatima* (86), *Euptychia jesia* (40) (Fig. 2). Entre las menos abundantes tenemos: *Cynea cynea*, *Lerema geisa*, *Taygetis thamyra*, *Cupido comyntas*, entre otras.

B. Parcela mixta de 3 sp.:

Las familias y especies más abundantes en esta parcela fueron similares a las de Monocultivos: *Hermeuptychia hermes* (120), *Anartia fatima* (88) y *Euptychia jesia* (61) (Fig. 2). Entre algunas de las especies menos abundantes tenemos: *Mechanitis polymnia*, *Paryphthimoides terrestres*, *Euptychia westwoodi*, *Detritivora hermodora*, etc.

C. Parcela mixta de 6 sp.:

En la parcela mixta de 6sp. se encontró que las 2 familias más abundantes fueron la Nymphalidae y Pieridae, así como las especies con mayor cantidad de individuos fueron: *Hermeuptychia Hermes* (363), *Eurema daira* (197) y *Magneuptychia libye* (180) (Fig. 2).

Las especies menos abundantes fueron: *Pareuptychia ocirrhoe*, *Lerema geisa*, *Nica flavilla canthara*, *Junonia evarete*, entre otras.

D. Parcela mixta ≥ 9 sp.:

Las 3 familias con más especies fueron: Nymphalidae, Hesperiiidae y Lycaenidae (cabe resaltar que es la única parcela en donde Lycaenidae presenta un alto número de especies).

Por su parte las especies más abundantes: *Hermeuptychia Hermes* (170), *Magneuptychia libye* (58) y *Mechanitis polymnia* (34) (Fig. 2). Encontramos que las especies menos abundantes fueron: *Eurema albula*, *Spicauda teleus*, *Junonia Genoveva*, etc.

La especie más abundante en las 4 parcelas fue *Hermeuptychia hermes*; mariposas que son pequeñas y marrones (Forster, 1964).

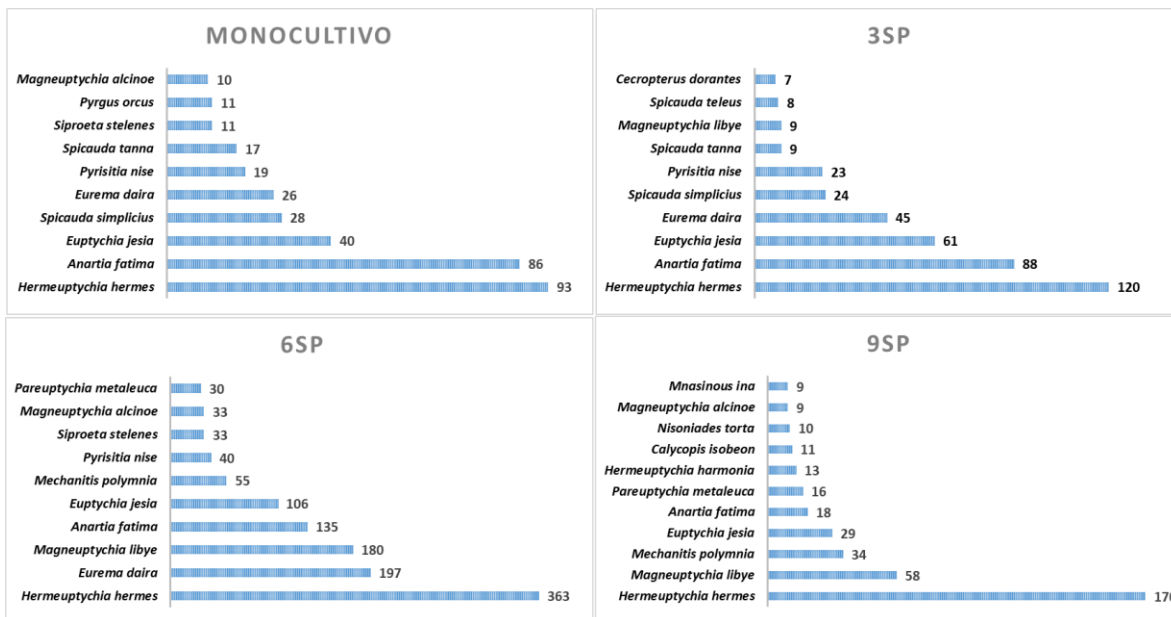


Figura 2. Individuos más abundantes por parcelas de estudio.

1.3 Riqueza de Mariposas por estaciones del año.

La mayor riqueza de especies de mariposas fue colectada durante el mes de septiembre, pese a que los muestreos obtuvieron un número parecido en cuanto a las especies colectadas en el resto de los meses (Tabla 5, Fig. 3).

Tabla 5. Riqueza de especies de mariposas colectadas en las parcelas de estudio por estaciones del año.

Meses de Colecta	Parcelas de estudio				Total
	Mixta ≥ 9sp.	Mixta 3sp.	Mixta 6sp.	Monocultivo	
Marzo	16	28	47	18	109
Junio	12	23	50	22	107
Septiembre	26	23	44	35	128
Diciembre	28	26	40	29	123
Total	70	71	125	57	180

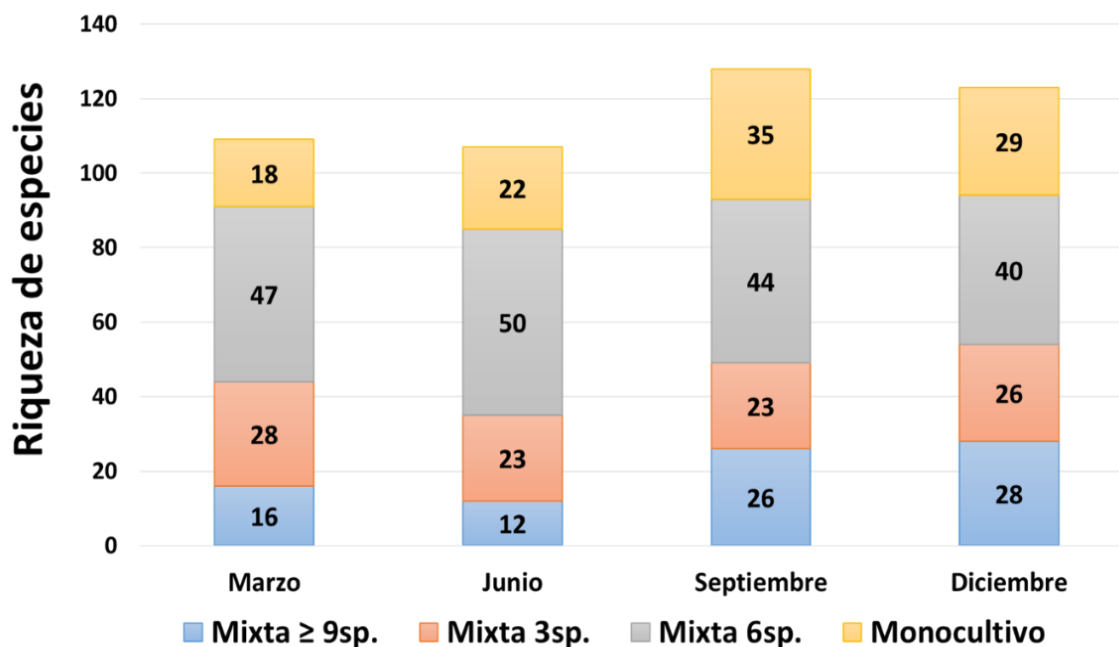


Figura 3. Riqueza de especies de mariposas por estaciones del año.

1.4 Abundancia de Mariposas por estaciones del año.

En cuanto a la abundancia de individuos, coincidimos también en que el mayor número de individuos colectados fue en septiembre 2016, mientras que el período con menor abundancia fue junio 2016. La parcela Mixta 6sp., fue durante todo el muestreo la parcela con mayor número de especies e individuos colectados y la parcela mixta (≥ 9 sp.) la que menor abundancia de individuos reflejó en las parcelas de estudio en los diversos periodos de colecta (Tabla 6, Fig. 4).

Tabla 6. Abundancia de individuos colectados en las parcelas de estudio por estaciones del año.

Meses de Colecta	Parcelas de estudio				Total
	Mixta ≥ 9 sp.	Mixta 3sp.	Mixta 6sp.	Monocultivo	
Marzo	46	149	467	67	729
Junio	42	43	121	53	259
Septiembre	185	176	506	252	1119
Diciembre	193	147	491	131	962
Total	466	515	1585	503	3069

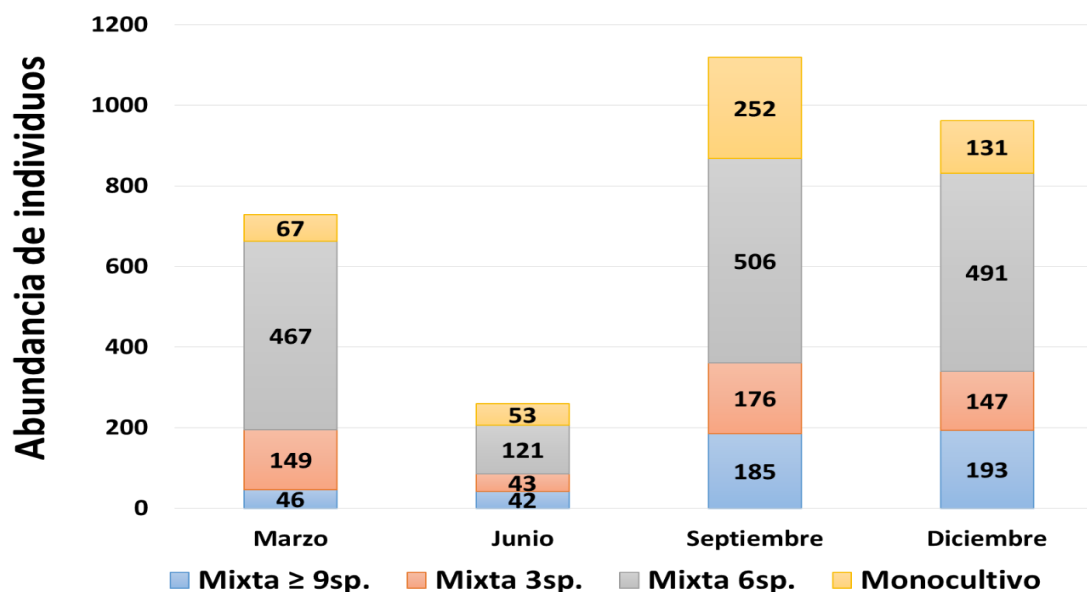


Figura 4. Abundancia de individuos de mariposas en las parcelas de estudio por estaciones del año.

Objetivo Especifico 2: Comparar la diversidad de mariposas entre arreglos de cultivos mixtos y arreglos de alta diversidad.

2.1 Diversidad de Mariposas y análisis comparativo.

2.1.1 Diversidad Alpha

Al evaluar la diversidad Alpha de mariposas colectadas para las diferentes parcelas de estudio podemos observar que el índice de Simpson (1-D) nos indicó que hay una mayor dominancia en la parcela de monocultivos con un valor de $1-D= 0.9174$, seguida por la parcela mixta de 6sp con un valor de $1-D= 0.9023$, siendo menos dominantes la parcela de 3sp, con un valor de $1-D=0.8882$ y la parcela mixta 9sp con un valor de $1-D= 0.8355$. Con respecto al índice de Shannon (H) obtuvimos que hay mayor equidad entre la parcela de monocultivo (3.185) y la parcela mixta 6sp (3.068), siendo las de menor equidad la parcela mixta 3sp (2.903) y la parcela mixta 9sp (2.646).

En cuanto al índice de riqueza explicado por el índice de Margalef tenemos que la mayor diversidad se encuentra en la parcela mixta de 6sp con un valor de 16.83, seguida por la parcela mixta de 3sp con un valor de 11.21 y una menor diversidad en el monocultivo con el valor de 11.09 y en la parcela mixta de 9sp con un valor de 9.114 (Tabla 7).

Tabla 7. Índices de diversidad Alpha de mariposas colectadas en las parcelas de estudio.

Índices de diversidad Alpha	Parcelas de estudio			
	Monocultivos	Mixta 3sp.	Mixta 6sp.	Mixta \geq 9sp.
N° de Individuos	503	515	1585	466
N° de Especies	70	71	125	57

Dominancia (D)	0.08263	0.1118	0.09772	0.1645
Simpson (1-D)	0.9174	0.8882	0.9023	0.8355
Shannon (H)	3.185	2.903	3.068	2.646
Margalef	11.09	11.21	16.83	9.114
Equitatividad (J)	0.7497	0.6811	0.6354	0.6543
Chao-1	109.5	123.5	281.4	97.6

2.1.2 Diversidad Beta.

En cuanto a los Índices de diversidad Beta de mariposas colectadas entre los diferentes puntos de muestreo, podemos concluir que basándonos en los resultados del análisis de Jaccard (el cual indica la presencia o ausencia de especies compartidas entre dos puntos de muestreos) las parcelas Mixtas 9sp y Mixta 6sp comparten menos especies entre los puntos con un valor de $J= 0.324$, es decir que la diversidad entre los dos puntos de muestreo es mayor y por lo tanto la Parcela de Monocultivo y Mixta 3sp con un valor de $J= 0.424$, comparten más especies entre las mismas y por ende su diversidad es menor (Tabla 8).

Tabla 8. Índices de diversidad Beta de mariposas colectadas en las parcelas de estudio.

Índices de diversidad Beta	Parcelas de estudio					
	I	Mixta \geq 9sp.	Mixta \geq 9sp.	Mixta \geq 9sp.	Monocultivos	Monocultivos
II	Monocultivos	Mixta 3sp.	Mixta 6sp.	Mixta 3sp.	Mixta 6sp.	Mixta 6sp.

Especies I	57	57	57	70	70	71
Especies II	70	71	82	71	82	82
Especies compartidas (I, II)	35	33	34	42	41	40
Chao estimado compartido	59.75	95.723	140.325	100.213	78.91	304.96
Jaccard	0.38	0.347	0.324	0.424	0.369	0.354
Sorensen	0.551	0.516	0.489	0.596	0.539	0.523
Morisita-Horn	0.687	0.762	0.775	0.96	0.759	0.824
Bray-Curtis	0.483	0.516	0.572	0.752	0.528	0.563
% de Similitud	55.70	52.19	50.56	59.58	54.29	52.56

La representación en el Euclidean Clúster de Similitud (Fig.5) demostró que existe mayor similitud entre las parcelas de Monocultivo y Parcelas Mixta 3sp, siendo estas las dos ramas más cercanas que se observan en el Clúster, ya que tomando en cuenta los valores obtenidos con el análisis de Jacard se comprobó comparten más especies entre ellas; por lo cual las parcelas Mixta 9sp y parcela Mixta 6sp, presentan menos similitud al formar dos ramas más alejadas y compartiendo menos especies entre ambas, con un valor de $J= 0.324$, es decir que la diversidad entre los dos puntos de muestreo es mayor.

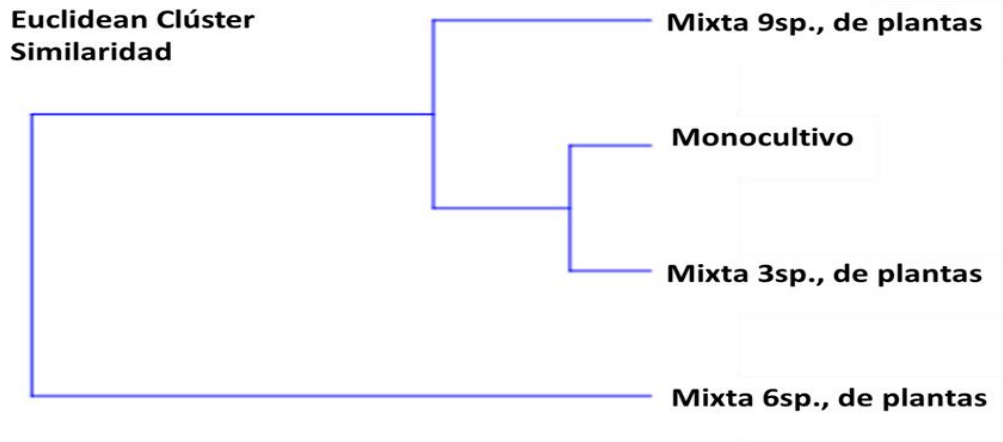


Figura 5. Clúster de similitud de especies entre las parcelas de estudio.

Podemos observar que existe mayor similaridad entre las parcelas de Monocultivo y Parcelas Mixta 3sp, al compartir más especies entre ellas; por lo cual las parcelas Mixta 9sp y Mixta 6sp, presentan menos similaridad, es decir que la diversidad entre los dos puntos de muestreo es mayor.

2.2 Comparaciones entre la riqueza y abundancia entre las parcelas de estudio.

Al comparar la riqueza de especies, de géneros y de familias entre los diferentes sitios de muestreos encontramos diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo la parcela Mixta 6sp., la parcela con mayor riqueza durante todos los periodos de muestreo (Fig. 6). No obstante, al realizar los análisis para la abundancia de individuos, no se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) pese a que en la parcela Mixta 6sp., se colectaran el mayor número de individuos de este estudio (Fig. 7).

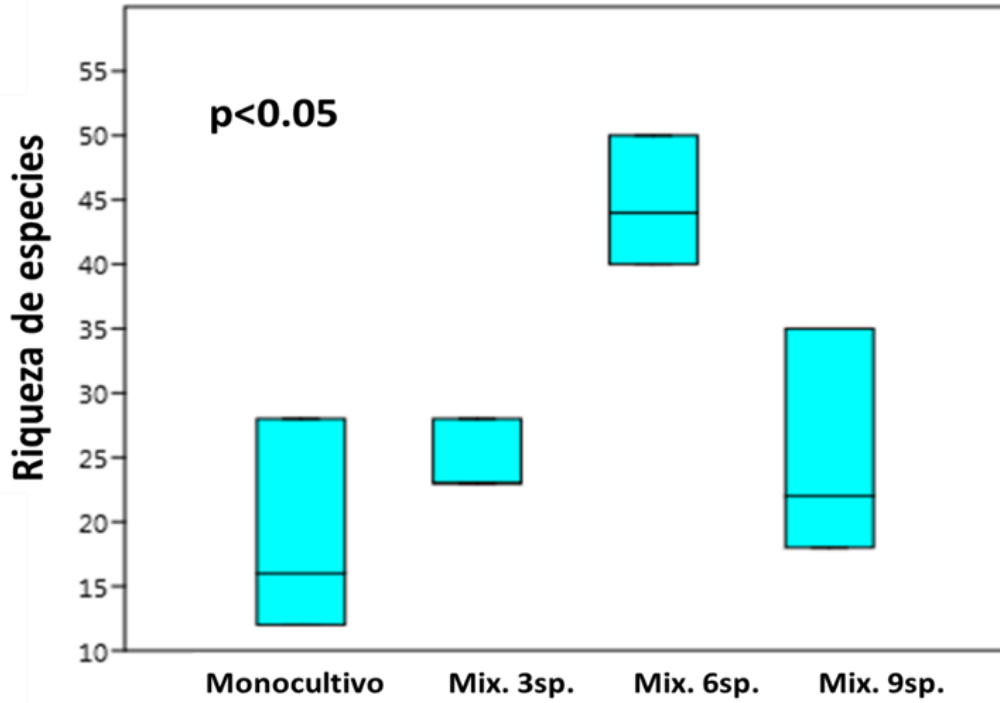


Figura 6. Comparación de la riqueza de especies colectadas en las parcelas de estudio, en donde encontramos diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo la parcela Mixta 6sp., la parcela con mayor riqueza.

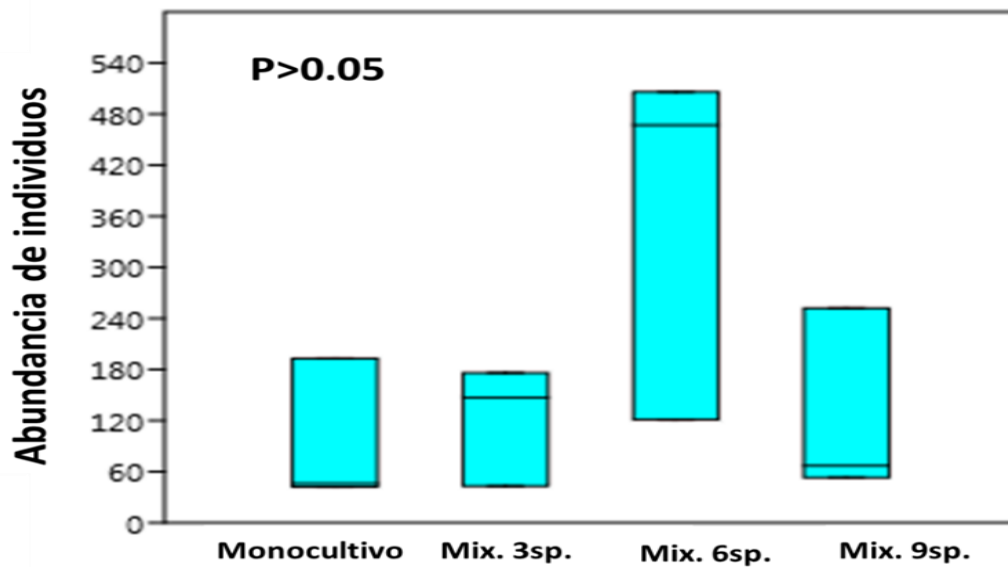


Figura 7. Comparación de la abundancia de individuos colectados en las parcelas de estudio, en donde no se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) pese a que en la parcela Mixta 6sp., se colectaran el mayor número de individuos.

Objetivo Específico 3: Evaluar el impacto de los factores ambientales sobre la diversidad y abundancia de las mariposas.

1. Evaluar el impacto de los factores ambientales sobre la diversidad y abundancia de las mariposas.

En este gráfico de Análisis de componentes principales (PCA) (Fig.8) podemos ver cómo se relacionan las familias de mariposas diurnas con los factores ambientales: Humedad Relativa (HR), Temperatura Ambiental (T), Velocidad del Viento (VV) y Nubosidad (N).

Observamos que la humedad y la nubosidad se encuentran en el mismo plano, ya que registran casi la misma información, porque estos datos están bien representados por los dos primeros componentes.

También podemos ver en este gráfico que el primer componente principal (el cual se encuentra a lo largo del eje de las “x”) nos muestra que existe una correlación entre las variables de humedad relativa (HR) y nubosidad (N).

Estas variables tienen ángulos pequeños entre sí, lo que indica que están muy relacionadas entre ellas. En cuanto a la Temperatura Ambiental (T) la cual apunta en dirección opuesta indica que está inversamente relacionada con humedad (HR) y nubosidad (N).

El segundo componente se muestra en el eje de las “Y” sólo extrae algunos puntos adicionales.

En el segundo gráfico de Análisis de componentes principales (PCA) (Fig.9) se nos muestra qué factores ambientales: Humedad Relativa (HR), Temperatura Ambiental (T), Velocidad del Viento (VV) y Nubosidad (N), están más asociados con qué familia de mariposas diurnas.

Al observar el gráfico encontramos que la familia Nymphalidae y Papilionidae parecen estar más asociadas a la humedad relativa y nubosidad. En cuanto a las familias

Hesperiidae y Lycaenidae están más relacionadas con temperaturas altas y finalmente, las familias Pieridae y Riodinidae podrían tener distribuciones más amplias o respuestas más sutiles a los factores ambientales.

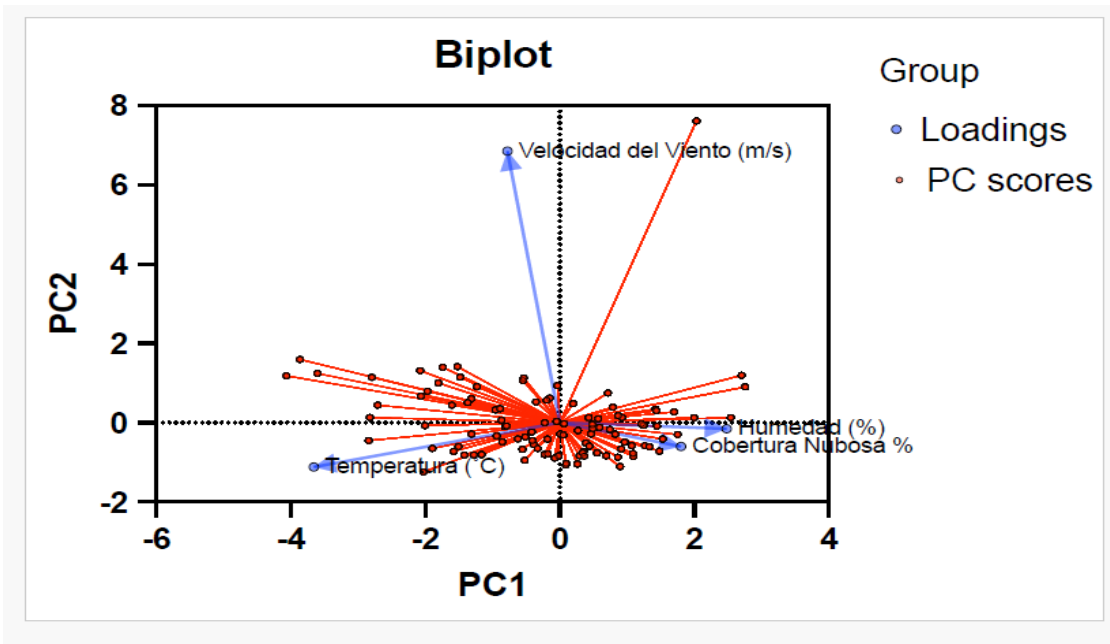


Figura 8. Análisis de componentes principales (PCA) relacionando las familias de mariposas diurnas con los factores ambientales evaluados: Humedad Relativa (HR), Temperatura Ambiental (T), Velocidad del Viento (VV) y Nubosidad (N).

Este gráfico de Análisis de componentes principales (PCA) nos muestra qué factores ambientales: Humedad Relativa (HR), Temperatura Ambiental (T), Velocidad del Viento (VV) y Nubosidad (N), están más asociados con qué familia de mariposas diurnas.

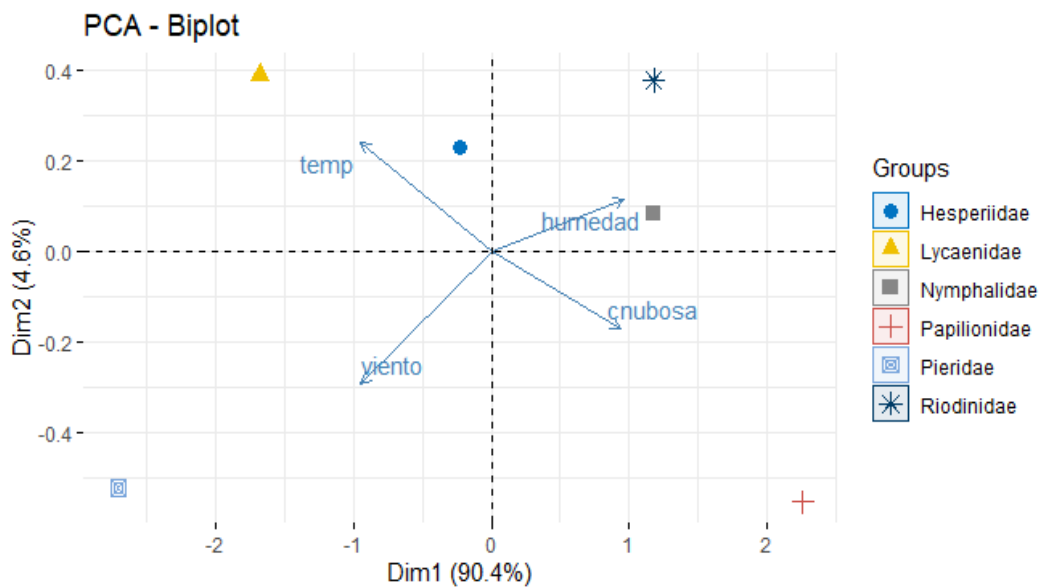


Figura 9. Análisis de componentes principales (PCA) mostrando las familias de mariposas diurnas que están más asociadas con los factores ambientales evaluados: Humedad Relativa (HR), Temperatura Ambiental (T), Velocidad del Viento (VV) y Nubosidad (N).

DISCUSIÓN

1. Identificar las mariposas en las diferentes parcelas.

1.1 Riqueza y Abundancia total de Mariposas.

Dentro del presente estudio sobre la diversidad de mariposas en plantaciones tropicales con especies nativas encontramos en cuanto a la riqueza total de mariposas que la familia con mayor número de especies registradas fue la HesperIIDae con 79 especies equivalente un (44%), seguida por Nymphalidae con 57 especies equivalente a (32%) y la que presentó menor riqueza fue la familia Papilionidae con 6 especies (3 %).

En cuanto a los resultados obtenidos sobre la abundancia total de mariposas tenemos que la Familia Nymphalidae (68.71%), fue la más abundante seguida por la familia HesperIIDae (13.55%), Pieridae (12.67%), Lycaenidae (2.67%), Riodinidae (1.92%) siendo así la menos abundante la Familia Papilionidae con 14 individuos (0.45%) (Tabla 1).

Estos resultados son muy similares a los obtenido por (Juárez et al., 2024) en cuanto a riqueza y abundancia, los cuales coinciden con los nuestros, en donde las familias que presentaron un mayor número de especies y porcentaje de abundancia corresponden a Nymphalidae que es considerada una de la familia con una alta riqueza de especie, ya que esta cuenta con amplia distribución geográfica en el trópico y ocupa una gran diversidad de hábitats (Coral-Acosta & Pérez-Torres, 2017), (Agudelo-Martínez et al., 2018) y HesperIIDae; en donde la familia con menos abundancia fue Papilionidae.

Otra de las posibles razones por lo que se observa una mayor riqueza en las familias HesperIIDae y Nymphalidae se puede atribuir a que estos grupos exploran diferentes hábitos alimenticios y aprovechan recursos como el néctar (DeVries et al., 1999), también al favorecimiento de la oviposición debido a la abundancia de las familias de plantas hospederas conocidas de estos grupos y la habilidad de estos para obtener recursos de frutos, materia orgánica en descomposición y sales minerales disueltas en la humedad de la arena, rocas y charcos de lodo en la quebrada (Valencia et al., 2005).

De las 18 subfamilias encontradas tenemos que las cuatro con mayor número de especies fueron: la subfamilia Satyrinae (Nymphalidae) con 22 especies, la subfamilia Hesperinae

(Hesperiidae) con 17 especies, las subfamilias Eudaminae y Pyrginae (ambas Hesperiidae) con 13 especies simultáneamente (Tabla 2).

En un trabajo realizado en Perú en áreas de cultivos y bosques intervenidos (Ruíz et al., 2017) obtuvieron que la subfamilia Satyrinae fue la más abundante con 52 individuos (27,5%), resaltando que constituye la tercera parte de la familia Nymphalidae con aproximadamente 1200 especies en 137 géneros; a esta subfamilia se le suele observar en lugares sombreados, alimentándose de frutas en estado de descomposición, así como de los hongos que asociados a este proceso.

Rivera-Gallego & Pinzón-Florián, (2022) encontraron que la subfamilia Satyrinae mostró respuestas positivas a las perturbaciones forestales, ya que muchas especies prefieren un sotobosque simplificado como sería el caso de las plantaciones forestales; esto se ha reportado en diversos estudios en plantaciones de eucalipto y caucho donde la diversidad y dominancia de esta subfamilia sobresalió en comparación con el resto.

1.2 Riqueza y Abundancia total de Mariposas colectadas en las Parcelas de estudio.

En cuanto a la riqueza y abundancia total de mariposas por parcela de estudio, consideramos que la principal posible explicación del por qué la parcela mixta de 6sp es la que más riqueza y abundancia tiene es que la parcela mixta de 6sp es la parcela con mayor distancia recorrida, ya que esta se repite en los 3 transectos así como incluye en sus 3 transectos, parcelas grandes de 45m y parcelas pequeñas con 18m, diferenciándose del resto de las otras parcelas (Tabla 9 y 10); sin embargo esto contradice nuestra hipótesis en donde se esperaba que la diversidad de mariposas estuviera influenciada por una mayor diversidad vegetal, lo cual no fue nuestro caso, porque ni en riqueza ni abundancia observamos que la parcela mixta de 9sp fue la más diversa.

Aguirre et al., (1998) observó una tendencia en donde se reflejaba una mayor abundancia y riqueza de especies en bosques mixtos en comparación a bosques solo con árboles de eucaliptos.

Nuestros resultados en cuanto a que la diversidad entre arreglos de cultivos mixtos presentó mayor diversidad en comparación con la diversidad en monocultivos, son parecidos a los

resultados obtenidos por (Abós, 2005) en donde este menciona que, con diferencias significativas, los pluricultivos son mucho más ricos en especies y abundancia que los monocultivos. Influye en la alta riqueza de especies y diversidad que los cultivos estén alternados con ecosistema natural que mantener una parcela de monocultivos que pierde heterogeneidad y diversidad faunística.

En un estudio realizado por (Giraldo, 2015) en una plantación cítrica en Colombia, se obtuvo al igual que en nuestra investigación la dominancia de la familia Nymphalidae, en cuanto a riqueza y abundancia; DeVries (1987), señala que la familia Nymphalidae posee las más diversas relaciones con plantas hospederas y la mayor diversidad de formas larvales que cualquier otra familia de mariposas.

La especie que fue más abundante en las 4 parcelas fue la *Hermeuptychia hermes*, la cual presenta una distribución extendida, desde el sudeste-norte de los Estados Unidos de América hasta el norte de Argentina y son abundantes y casi ubicuas en la mayoría de los sitios de inclusión de mariposas en el Neotrópico; desde el nivel del mar hasta los 1.500 m, en todos los hábitats. Son común en pastizales y plantaciones forestales, prefiere el sotobosque, áreas sombreadas (Ruiz, 2017), pero ocasionalmente se encuentran individuos raros en claros de bosques. Grandes poblaciones son persistentes durante todo el año en todos los hábitats. Ambos sexos se alimentan de frutas podridas, estiércol, carroña y ocasionalmente del néctar de las flores (DeVries, 1987) (Fig. 11).

Entre las mariposas que se encontraban en dos de las cuatro parcelas tenemos la *Anartia fatima* y *Magneuptychia libye*; En donde la *M. libye* es bastante extendida y común, desde el nivel del mar hasta los 1.200 m en ambas vertientes, en todos los hábitats de bosque de segundo crecimiento. Vuela a lo largo de los bordes del bosque, en matorrales y ocasionalmente en zonas abiertas. Los individuos son persistentes durante todo el año en todos los hábitats (DeVries, 1987).

Dentro de las 4 parcelas pudimos observar que las especies: *Calycopis isobeon* (Fig. 12) y *Nisoniades torta* (Fig. 13) sólo se encontraron en la parcela Mixta 9sp y esto podría deberse a que en el caso de la *Calycopis isobeon* perteneciente a las Lycaenidae, son a menudo menos vistas, ya que parece que les gusta especialmente el pleno sol. Otra posibilidad es que

les gusta estar en el dosel, a gran altura y fuera de nuestro alcance, a menudo fuera de la vista, por lo que no se encuentran tan a menudo como las otras familias (Garwood & Jaramillo, 2017).

Riqueza y Abundancia de Mariposas por estaciones del año.

1.3 Riqueza de Mariposas por estaciones del año.

El mes de septiembre fue el de mayor riqueza de mariposas colectadas, en donde cabe resaltar que las especies se encontraron todo el año y las variaciones observadas en cuanto a su riqueza se daban en función a las parcelas de estudio.

1.4 Abundancia de Mariposas por estaciones del año.

La abundancia de mariposas por estaciones del año presentó resultados similares a la riqueza en donde al mes con mayor número de individuos colectados se dio en septiembre;

Idealmente de Junio a Diciembre suele ser temporada lluviosa, pero el tiempo de colecta cayó durante el período del Niño, que fue en el año 2016, lo que causó que junio fuera un mes seco, por lo cual en nuestra investigación consideramos marzo y junio como temporada seca, los cuales presentan un % de nubosidad más altos que en septiembre y diciembre que se consideraron como meses de temporada lluviosa con % de nubosidad más bajos.

2. Comparar la diversidad de mariposas entre arreglos de cultivos mixtos y arreglos de alta diversidad.

2.1 Diversidad de Mariposas y análisis comparativo.

2.1.1 Diversidad Alpha

Esto podría ser explicado por la manera en cómo se encontraban distribuidas las parcelas (Murgas et al., 2010), ya que la parcela de monocultivos tiene 5 parcelas grandes de 45m cada una; mientras que en la parcela mixta de 6sp tiene 6 parcelas grandes de 45m y 8 parcelas pequeñas de 18m.

La principal posible explicación del porqué la parcela mixta de 6sp presenta una mayor diversidad puede ser explicado a que, de todas las parcelas mixtas, la parcela mixta de 6sp presenta la parcela con mayor distancia recorrida durante las colectas ya que esta se repite en los 3 transectos, así como incluye en sus 3 transectos, parcelas grandes de 45m y parcelas pequeñas con 18m, diferenciándose del resto de las otras parcelas. Estudios similares de (Coral-Acosta & Pérez-Torres, 2017) han coincidido en que la diversidad de lepidópteros aumenta debido a la heterogeneidad de su estructura vegetal que, a su vez, favorece una amplia disponibilidad de recursos y refugio para las mariposas.

2.1.2 Diversidad Beta

En cuanto a la diversidad beta en donde obtuvimos que las parcelas Mixtas de 9sp y Mixtas de 6sp son las que menos especies compartían y por ende la diversidad entre ambas es mayor, esto se podría explicar debido a que ambas parcelas al poseer mayor diversidad de plantas nativas estas brindan un ecosistema con mayor disponibilidad de hábitat, oferta alimentaria, mayor variedad de plantas hospederas (Rodríguez & Carrascal, 2019), así como un microclima que les permite obtener mayor adaptabilidad en cuando a crecimiento y recursos (Alice et al., 2004).

Estos resultados coinciden con lo obtenido por (Aguilar, 1999; Hernández, 2023) quienes en sus estudios sostienen que tener una heterogeneidad ambiental a las mariposas refleja niveles más altos de riqueza y diversidad que los registrados en bosques con condiciones similares.

2.2 Comparaciones entre la riqueza y abundancia entre las parcelas de estudio

Al comparar la riqueza y abundancia de mariposas en las parcelas de estudio encontramos que la parcela con mayor riqueza y abundancia fue la parcela mixta de 6sp.

Aguilar (1999) encontró que, en bosques de la cuenca del Amazonas, más que el tamaño es la heterogeneidad ambiental aquel factor que determina la diversidad de diversos insectos herbívoros incluyendo las mariposas; esto fue parecido a lo que observamos en nuestros

resultados en donde las parcelas de monocultivos no son tan ricos en especies y abundancia en comparación con parcelas de cultivos mixtos, tal como lo sostiene (Abós, 2005).

Es importante mencionar que en nuestros resultados no fue la parcela mixta de 9sp la que mayor riqueza y abundancia obtuvo, sino la parcela mixta de 6sp. lo cual ya fue explicado anteriormente, pero aun así los resultados obtenidos indican que un lugar más heterogéneo va a presentar una mayor riqueza y abundancia que uno que es homogéneo.

En nuestra investigación obtuvimos resultados similares a los de Mercado (2017), donde la familia Nymphalidae, fue la dominante en cuanto a abundancia y riqueza, lo cual puede ser a razón de que es una familia con una alta capacidad adaptativa al explorar recursos en diferentes hábitat y estratos vegetales (Rodríguez & Carrascal, 2019).

3. Evaluar el impacto de los factores ambientales sobre la diversidad y abundancia de las mariposas.

Este estudio demuestra una clara diferencia sobre la riqueza y abundancia en donde observamos más individuos en la estación lluviosa que la estación seca. Cabe resaltar que el periodo de colecta se dio durante el periodo del Niño que ocurrió en el 2016, en donde este influyó en las fechas de estación seca y lluviosa, por lo cual nuestro primer mes de colecta junio 2016 fue un mes seco y por ende los meses siguientes: septiembre y diciembre 2016, fueron los meses tomados como períodos lluviosos donde los % de nubosidad son más bajos y finalmente el último muestreo en marzo 2017 junto con Junio 2016 como los meses de estación seca con un % de nubosidad más alto.

Podemos observar que los meses con mayor riqueza y abundancia son los que presentan mayor asociación con la nubosidad, humedad relativa y temperatura; es decir que en general, el impacto de los factores abióticos afecta a la diversidad de los Lepidópteros actuando de manera directa en la sobrevivencia, longevidad y fecundidad de las especies (temperatura) y/o de manera indirecta modificando las características de sus especies hospederas (calidad, fenología, defensa) (Ríos et al., 2013).

En nuestros resultados evaluando el impacto de los factores ambientales sobre la riqueza y abundancia de las mariposas, obtuvimos que la humedad y nubosidad son los que mayor

impacto ejercen sobre la diversidad y abundancia de las mariposas, seguida por la temperatura la cual está inversamente relacionada con la humedad y nubosidad; esto coincide con resultados obtenidos por (Rodríguez & Carrascal, 2019), en donde tanto la temperatura como humedad relativa, influenciaron en el incremento o disminución de la población de mariposas dentro de su muestreo, ya que en el caso de las Nymphalidae permiten explicar la variación temporal de estas mariposas frugívoras. Al igual que en el caso de la familia Hesperidae que en nuestros resultados mostró una mayor riqueza y estar más relacionada con temperaturas altas que con el resto de los otros factores ambientales; esto ha sido comprobado en estudios realizados por (Ashe-Jepson et al., 2023) sobre las mariposas tropicales utilizando diferentes estrategias alternativas para hacer frente al aumento de la temperatura, en donde las Hesperidae toleraron las temperaturas más altas de las 5 familias de mariposas estudiadas.

Otro estudio realizado por (Mercado, 2017) mostró que la humedad relativa es un factor ambiental que influye en el desarrollo del ciclo de vida de las mariposas y por ende es un parámetro clave en cuanto a determinar la abundancia de este grupo de insectos, al igual que la temperatura que también ejerce efecto sobre las mismas, al momento de explicar la distribución de las mariposa en ecosistemas tropicales; por ejemplo la subfamilia Satyrinae que generalmente vuelan en el sotobosque donde encontramos altos niveles de humedad evitando así la depredación (Coral-Acosta & Pérez-Torres, 2017), siendo esta la subfamilia más abundante dentro de nuestros resultados.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron 3069 individuos de mariposas diurnas distribuidos en 6 familias, 18 subfamilias, 84 géneros y 180 especies en las cuatro parcelas de estudio.
2. Aunque en nuestro estudio no se cumplió que la parcela con mayor diversidad de especies vegetales (9sp) tenía la mayor diversidad y abundancias de especies de mariposas, debemos resaltar que el resultado observado en la parcela mixta de 6sp se debió a que en la misma estaba incluido un mayor recorrido en el muestreo.
3. Al comparar la diversidad en las parcelas de estudio se encontró que la mayor diversidad la presentó la parcela mixta de 6sp., seguida de la parcela de monocultivo y siendo la parcela de alta diversidad mixta de 9sp la menos diversa.
4. Obtuvimos que la mayor riqueza y abundancia de especies de mariposas fue colectada durante el mes de septiembre dentro de la parcela mixta de 6sp. con 125 especies y 1585 individuos de mariposas colectadas.
5. Se determinó que la humedad relativa, la nubosidad y temperatura ejercen un gran impacto sobre la diversidad y abundancia de las mariposas respondiendo a la gran importancia que tienen sobre componentes del nicho de las especies y que influyen de manera directa e indirecta en diversos aspectos tales como la sobrevivencia y distribución de las mariposas.

RECOMENDACIONES

- I. Aunque el estudio de mariposas en estadio inmaduro suele ser complicado recomendaría implementar muestreos de orugas en plantaciones tropicales ya que existen muy pocos en la actualidad, así como escasas referencias bibliográficas basadas en mariposas (estadios inmaduros).
- II. Realizar trabajos similares en distintos tipos de plantaciones incrementando los meses de colecta para tener una mayor cantidad de datos relacionados a períodos de muestreos.
- III. Extender este tipo de muestreos en otras regiones del país para estimar la diversidad local y regional de mariposas en términos de la riqueza de especies y su abundancia.

BIBLIOGRAFÍA

- Abós Castel, F. P., (2005). Análisis de las comunidades de mariposas en los agro sistemas en Aragón, España (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 33(131), 247-263.
- Agudelo-Martínez, J. C., Gómez-Tapia, E. M., & Pérez-Buitrago, N. (2018). Dinámica temporal de la riqueza de especies y la abundancia de mariposas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) en la sabana inundable del municipio de Arauca (Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(164), 246-254.
- Aguilar Amuchastegui, N. (1999). Criterios e indicadores de sostenibilidad ecológica: caracterización de la respuesta de dos grupos de insectos propuestos como verificadores.
- Aguirre, L. F., Balderrama, J. A., Pinto, C. F., Maradiegue, E. I., & Vargas, R. (1998). Influencia de dos especies forestales exóticas sobre fauna terrestre de bosques nativos de kewiña en el Parque Nacional Tunari. *Conservación de Bosques Nativos*, 5, 1402-1406.
- Alice, F., Montagnini, F., & Montero, M. (2004). Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en la estación biológica la Selva, Sarapiquí, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(2), 61-71.
- Ashe-Jepson, E., Cobo, S. A., Basset, Y., Bladon, A. J., Kleckova, I., Laird-Hopkins, B. C., ... & Lamarre, G. P. (2023). Tropical butterflies use thermal buffering and thermal tolerance as alternative strategies to cope with temperature increase. *The Journal of Animal Ecology*, 92(9), 1759.
- Barlow, J., Gardner, T. A., Araujo, I. S., Ávila-Pires, T. C., Bonaldo, A. B., Costa, J. E., ... & Peres, C. A. (2007). Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(47), 18555-18560.

- Barrios, H., & Plath, M. (2015). Diversidad de Coleoptera de una plantación con especies nativas en Sardinilla de Colón, Panamá. *Scientia*, 25(2), 35-46.
- Basset, Y., Barrios, H., Ramirez, J. A., Lopez, Y., Coronado, J., Perez, F., ... & Leponce, M. (2017). Contrasting the distribution of butterflies and termites in plantations and tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, 26, 151-176.
- Brown Jr, K. S., & Hutchings, R. W. (1997). Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in Amazonian Forest butterflies. *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago, 632.
- Butterfield, R. P., & Espinoza, C. M. (1995). Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. *New Forests*, 9, 135-145.
- Calvo-Alvarado, J. C., Arias, D., & Richter, D. D. (2007). Early growth performance of native and introduced fast growing tree species in wet to sub-humid climates of the Southern region of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 242(2-3), 227-235.
- Carpenter, F. L., Nichols, J. D., Pratt, R. T., & Young, K. C. (2004). Methods of facilitating reforestation of tropical degraded land with the native timber tree, *Terminalia amazonia*. *Forest Ecology and Management*, 202(1-3), 281-291.
- Colwell, R.K.; 2016. - Estimaciones (Versión 9.1.0) <http://purl.oclc.org/estimate>
- Coral-Acosta, N., & Pérez-Torres, J. (2017). Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a un agroecosistema cafetero de sombra (Curití, Santander). *Revista Colombiana de Entomología*, 43(1), 91-99.

- Cordero Rivera, A. (2011). Cuando los árboles no dejan ver el bosque: efectos de los monocultivos forestales en la conservación de la biodiversidad. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 247-268.
- De Camino, R., & Budowski, G. (1998). Impactos ambientales de las plantaciones forestales y medidas correctivas de carácter silvicultural. *Revista Forestal Centroamericana*, 22, 6-12.
- DeVries, P.J. (1987). *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. Vol. I.* New Jersey, Princeton University Press, 377 p.
- DeVries, P.J. (1997). *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History: Riodinidae. Vol. II.* New Jersey, Princeton University Press, 288p.
- DeVries, P. J., Walla, T. R., & Greeney, H. F. (1999). Species diversity in spatial and temporal dimensions of fruit-feeding butterflies from two Ecuadorian rainforests. *Biological Journal of the Linnean Society*, 68(3), 333-353.
- Fagua, G. (2001). Manual de metodologías para el desarrollo de Inventarios y Monitoreo de la Biodiversidad: Mariposas diurnas (Lepidoptera). *Grupo de Exploración y Monitoreo ambiental, Bogotá, Colombia.*
- FAO, (2010). Global forests resources assessment. Main report. FAO Forestry Paper 163. Rome.
Disponible en: <https://www.fao.org/3/i1757e/i1757e.pdf>
Acceso: 29 de noviembre de 2016.
- Forster, W. (1964). Beiträge zur kenntnis der insektenfauna Boliviens XIX. Lepidoptera III. Satyridae. *Veröffentlichungen der zoologischen Staatssammlung München*, 8, 51-188.
- Forrester, D. I. (2014). The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests: from pattern to process. *Forest Ecology and Management*, 312, 282-292.

- Freitas, A. V., Santos, J. P., Rosa, A. H., Iserhard, C. A., Richter, A., Siewert, R. R., ... & Lourenço, G. M. (2021). Sampling methods for butterflies (Lepidoptera). *Measuring arthropod biodiversity: a handbook of sampling methods*, 101-123.
- Garwood, K. & Jaramillo V., J.G. Catálogo de mariposas Lycaenidae de Colombia y del neotrópico - Catalog of Blues of Colombia and the neotropics, [en línea], BioButterfly Database. Disponible en:< <http://www.butterflycatalogs.com/>> [07/02/2023 – 17/5/2017].
- Geiger, W., (1987). *Les papillons de jour et leurs biotopes: espèces, dangers qui les menacent, protection*. Ligue Suisse pour la protection de la Nature, Bâle. 512 pp.
- Ghazoul, J. (2002). Impact of logging on the richness and diversity of forest butterflies in a tropical dry forest in Thailand. *Biodiversity & Conservation*, 11, 521-541.
- Giraldo, C. E., Marín, M. A., & Uribe, S. (2015). Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a una plantación citrícola del Cañón del Río Cauca, Caldas-Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 19(2), 83-94.
- GraphPad Software. (2023). GraphPad Prism (versión 9) [Software]. GraphPad Software, LLC. <https://www.graphpad.com>
- Hall, J. S., Ashton, M. S., Garen, E. J., & Jose, S. (2011). The ecology and ecosystem services of native trees: Implications for reforestation and land restoration in Mesoamerica. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1553-1557.
- Hammer, Ø., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: paquete de programas de estadística paleontológica para enseñanza y análisis de datos. *Palaeontol. Electrón*, 4(1), 4.
- Hernández Hernández, U. (2023). Diversidad de mariposas (Insecta: Lepidoptera) asociada a la estructura y heterogeneidad del paisaje en un sistema agropastoril de la cuenca del Golfo de México.

- Hung, T. D., Herbohn, J. L., Lamb, D., & Nhan, H. D. (2011). Growth and production varies between pair-wise mixtures and monoculture plantations in North Viet Nam. *Forest Ecology and Management*, 262(3), 440-448.
- Instituto Nacional de Bosques. (2017a). Programa de Incentivos Forestales. Guatemala: Autor. Recuperado de <http://www.inab.gob.gt>
- Jiménez-Méndez, O., Guevara-Bonilla, M., Soto-Montoya, C., & Quesada-Monge, R. (2024). Uso de un escáner láser terrestre (TLS) para la caracterización estructural de bosque seco tropical y plantaciones forestales en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 21(48), 73-99.
- Juárez-Nima, E. J., Castillo-Carrillo, P. S., & Lamas, G. (2024). Riqueza de especies de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) en un área de bosque tropical en Zarumilla, Tumbes, Perú. *Manglar*, 21(3), 347-358.
- Kelty, M. J. (2006). The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management*, 233(2-3), 195-204.
- Kocher, S. D., & Williams, E. H. (2000). The diversity and abundance of North American butterflies vary with habitat disturbance and geography. *Journal of biogeography*, 27(4), 785-794.
- Koh, L. P., & Wilcove, D. S. (2008). Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity?. *Conservation letters*, 1(2), 60-64.
- Lamb, D., Erskine, P. D., & Parrotta, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628-1632.
- Lucey, J. M., & Hill, J. K. (2011). Spillover of insects from rain forest into adjacent oil palm plantations. *Biotropica*, 44(3), 368-377.

- Manson, D. G., Schmidt, S., Bristow, M., Erskine, P. D., & Vanclay, J. K. (2013). Species-site matching in mixed species plantations of native trees in tropical Australia. *Agroforestry systems*, 87, 233-250.
- Martín-García, J.; Jactel, H.; Diez Casero, J.J.; (2013). La sostenibilidad de las plantaciones de chopo desde el punto de vista de la biodiversidad. Sociedad Española de Ciencias Forestales. VI Congreso Forestal Español.
- Menalled, F. D., Kelty, M. J., & Ewel, J. J. (1998). Canopy development in tropical tree plantations: a comparison of species mixtures and monocultures. *Forest ecology and management*, 104(1-3), 249-263.
- Méndez-Carvajal, P. (2012). Estudio de diversidad de mamíferos en cuatro hábitats de transición asociados a una plantación de teca (*Tectona grandis*) dentro de la cuenca del canal de panamá, las pavas, chorrera, panamá. *Tecnociencia*, 14(2), 55-83.
- Mercado Gómez, Y. L. (2017). *Diversidad de mariposas diurnas en la reserva forestal protectora Serranía de Coraza (Sucre-Colombia)* (Doctoral dissertation, Universidad de Sucre).
- Montagnini, F. (2001). *Plantaciones forestales con especies nativas: Una alternativa para la recuperación de áreas degradadas*. Universidad Estatal a Distancia. Programa de Educacion Ambiental, San Jose (Costa Rica).
- Montagnini, F., & Jordan, C. F. (2005). *Tropical forest ecology: the basis for conservation and management* (Vol. 25275211). Berlin: Springer.
- Montagnini, F., & Piotto, D. (2011). Mixed plantations of native trees on abandoned pastures: restoring productivity, ecosystem properties, and services on a humid Tropical site. In *Silviculture in the tropics* (pp. 501-511). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- Murgas, A. S. (2009). Diversidad de insectos en cuatros especies de plantas maderables nativas establecidas en monocultivos y cultivos mixtos en Sardinilla, Panamá. *Entomotropica*, 24(1), 11-22.
- Murgas, A. S., Barrios, H. E., & Luna, I. G. (2010). Herbivoría por insectos en cuatro especies de plantas maderables nativas en Sardinilla, Provincia de Colón, Panamá. *Tecnociencia*, 12(1), 65-75.
- Newton, A. C. (2008). Conservation of tree species through sustainable use: how can it be achieved in practice?. *Oryx*, 42(2), 195-205.
- Novotný, V., & Basset, Y. (2000). Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. *Oikos*, 89(3), 564-572.
- Onyekwelu, J., Stimm, B., & Evans, J. (2011). Plantation forestry review. In S. Gunter, M. Weber, B. Stimm & M. Renhard (Eds.), *Silviculture in the tropics* (pp. 399-454). Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Pacheco, J. A. F., Omier, K. K. R., Solano, D. J. S., & Gaitán, Y. Y. M. (2021). Inventory of diurnal butterflies in tropical agroecosystems as bioindicators of environmental quality. *Revista Torreón Universitario*, 10(27), 1-21.
- Park, A., van Breugel, M., Ashton, M. S., Wishnie, M., Mariscal, E., Deago, J., ... & Hall, J. S. (2010). Local and regional environmental variation influences the growth of tropical trees in selection trials in the Republic of Panama. *Forest Ecology and Management*, 260(1), 12-21.
- Petit, B., & Montagnini, F. (2006). Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. *Forest Ecology and Management*, 233(2-3), 338-343.

- Piotto, D. (2008). A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Ecology and management*, 255(3-4), 781-786.
- Plath, M., Mody, K., Potvin, C., & Dorn, S. (2011a). Do multipurpose companion trees affect high value timber trees in a silvopastoral plantation system?. *Agroforestry Systems*, 81, 79-92.
- Plath, M., Mody, K., Potvin, C., & Dorn, S. (2011b). Establishment of native tropical timber trees in monoculture and mixed-species plantations: Small-scale effects on tree performance and insect herbivory. *Forest Ecology and Management*, 261, 741-750. doi: 10.1016/j.foreco.2011.12.004
- Pollard, E. (1977). A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological conservation*, 12(2), 115-134.
- Potvin, C., & Gotelli, N. J. (2008). Biodiversity enhances individual performance but does not affect survivorship in tropical trees. *Ecology letters*, 11(3), 217-223.
- Prince-Chacón, S., Vargas-Zapata, M. A., Salazar, J., & Martínez, N. J. (2011). Mariposas Papilionoidea y Hesperioidea (Insecta: Lepidoptera) en dos fragmentos de bosque seco tropical en Corrales de San Luis, Atlántico, Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 48, 243-252.
- Pryde, E. C., Holland, G. J., Watson, S. J., Turton, S. M., & Nimmo, D. G. (2015). Conservation of tropical forest tree species in a native timber plantation landscape. *Forest Ecology and Management*, 339, 96-104.
- Rivera-Gallego, I. D., & Pinzón-Florián, O. P. (2022). Mariposas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) en plantaciones de eucalipto y bosques de galería en la Orinoquia colombiana. *Revista de Biología Tropical*, 70(1), 768-786.

- Ríos, J. G., Pérez, V. I. R., & Cuenca, L. M. (2013). Diversidad de lepidópteros asociados a encinares. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 15(Especial), 8-17.
- Ritter, L. J. (2017). *Regeneración de árboles nativos en plantaciones de Pinus taeda L. en el Norte de Misiones: efectos del manejo a nivel del rodal y el paisaje* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Rodríguez Pérez, Y. Y., & Carrascal Lázaro, E. L. (2019). Estructura y composición de mariposas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) asociadas a un paisaje de bosque seco tropical del Departamento de Sucre, Colombia.
- RStudio Team. (2018). RStudio: Integrated Development for R. (1.1.463) [Computer software]. RStudio, PBC. <http://www.rstudio.com/>
- Ruíz, Y. L., García, W. R., Levi, Z. D. C., & Levi, E. C. (2017). Mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en áreas cultivadas y bosques intervenidos en Tingo María, Perú. *RevIA*, 7(4), 14-21.
- Salazar, M. P., Sarli, G. O., & Soracco, C. G. (2019). Cultivos de cobertura en suelos bajo siembra directa. Su efecto sobre las propiedades físicas y químicas que condicionan la dinámica de contaminantes. *Investigación Joven*, 6(Especial), 27-28.
- Sorto, L., & Ernesto, R. (2013). Mariposas diurnas como indicadores de conectividad del corredor biológico: El Imposible, Sierra Apaneca-Lamatepec, El Salvador. *Bioma*, 1(4), 23-27.
- Stephen, C., & Sánchez, R. (2014). Species richness and relative species abundance of Nymphalidae (Lepidoptera) in three forests with different perturbations in the North-Central Caribbean of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(3), 919-928.
- Turner, J., & Lambert, M. J. (1983). Nutrient cycling within a 27-year-old Eucalyptus grandis plantation in New South Wales. *Forest Ecology and Management*, 6(2), 155-168.

- Ugarte-Guerra, J., & Román-Dañobeytia, F. (2020). Tasas de crecimiento de cuatro especies nativas en plantaciones forestales comerciales en cuatro regiones de la Amazonía peruana. *Revista Forestal Del Perú*, 35(3), 44.
- Valencia, C. A., Gil, Z. N., & Constantino, L. M. (2005). Mariposas diurnas de la zona central cafetera colombiana: guía de campo. Chinchiná (Colombia), Cenicafe. 244.
- Verheyen, K., Vanhellemont, M., Auge, H., Baeten, L., Baraloto, C., Barsoum, N., ... & Scherer-Lorenzen, M. (2016). Contributions of a global network of tree diversity experiments to sustainable forest plantations. *Ambio*, 45, 29-41. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0685-1> www.treedivnet.ugent.be
- Viejo, J. L. & Sánchez -Cumplido, C. (1982). Patrones de distribución de las mariposas. *SHILAP Revta. lep*, 10(39), 211-215.
- Villareal, H., Álvarez M., Córdoba S., Escobar F., Fagua G., Mendoza H., Ospina M. y Umaña A. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad (GEMA). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá, Cundinamarca. 236 pp.
- Vlasanek, P., Sam, L., & Novotny, V. (2013). Dispersal of butterflies in a New Guinea rainforest: using mark–recapture methods in a large, homogeneous habitat. *Ecological Entomology*, 38(6), 560-569.
- Warren, A. D., K. J. Davis, E. M. Stangeland, J. P. Pelham, K. R. Willmott & N. V. Grishin. (2023). [Illustrated Lists of American Butterflies](http://www.butterfliesofamerica.com/). [23-VI-2023] < <http://www.butterfliesofamerica.com/> >
- Wishnie, M. H., Dent, D. H., Mariscal, E., Deago, J., Cedeno, N., Ibarra, D., ... & Ashton, P. M. S. (2007). Initial performance and reforestation potential of 24 tropical tree species planted

across a precipitation gradient in the Republic of Panama. *Forest Ecology and Management*, 243(1), 39-49.

ANEXOS

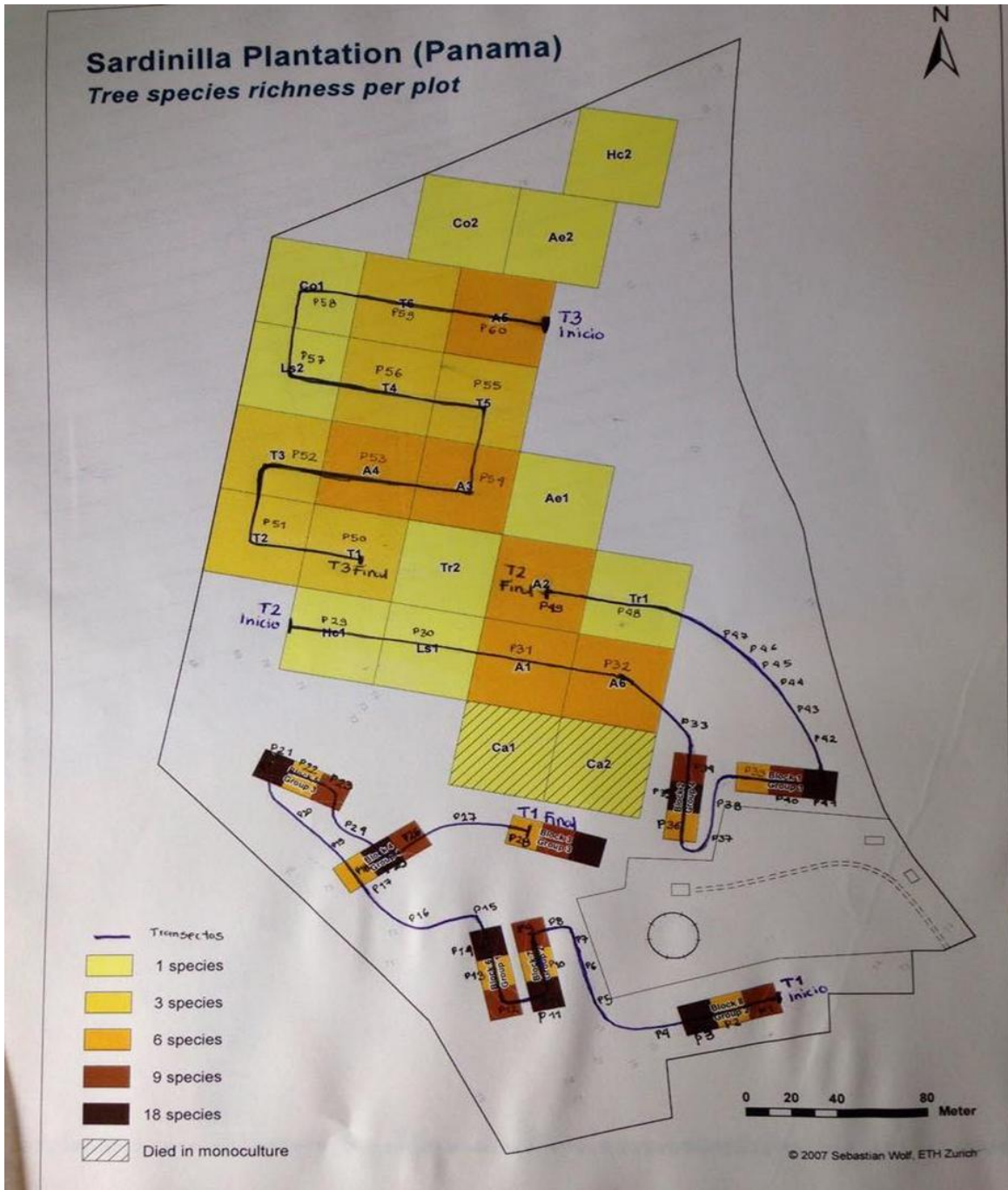


Figura 10. Mapa de Sardinilla con la distribución de los transectos en las parcelas de estudio.

Tabla 9. Distribución de Transectos en las Parcelas de Estudio.

	Distribución de Transectos y Parcelas de estudio		
# de Transecto	1	2	3
# Parcelas dentro de las cuales se encuentran los Transectos	1-28	29-49	50-60
Parcelas de estudio	Mixta 6sp y Mixta 9sp	Monocultivo, Mixta 6sp y Mixta 9sp	Monocultivo, Mixta 3sp y Mixta 6sp

Tabla 10. Esfuerzo de muestreo por Parcela = Distancia recorrida en los 3 transectos.

Esfuerzo de muestreo por Parcela = Distancia recorrida en los 3 transectos				
	Parcelas de estudio			
# de Transecto	Monocultivo	Mixta 3sp	Mixta 6sp	Mixta 9sp
Transecto 1	-	-	6(18m) =108m	10(18m) =180m
Transecto 2	3(45m) =135m	-	3(45m) =135m 2(18m) =36m	4(18m) =72m
Transecto 3	2(45m) =90m	6(45m) =270m	3(45m) =135m	-
Distancia recorrida	225m	270m	414m	252m

Tabla 11. Ubicación de las Parcelas y los Transectos.

#Parcela	Ubicación en el mapa (código)	# Transecto
1	Bloque 8-9sp	1
2	Bloque 8-6sp	1
3	Bloque 8-18sp	1
4	Relleno	1
5	Relleno	1
6	Relleno	1
7	Relleno	1
8	Relleno	1
9	Bloque 7-9sp	1
10	Bloque 7-6sp	1
11	Bloque 7-18sp	1
12	Bloque 6-9sp	1
13	Bloque 6-6sp	1
14	Bloque 6-18sp	1
15	Relleno	1
16	Relleno	1
17	Relleno	1
18	Bloque 4-6sp	1
19	Relleno	1
20	Relleno	1
21	Bloque 5-18sp	1

22	Bloque 5-6sp	1
23	Bloque 5-9sp	1
24	Relleno	1
25	Bloque 4-18sp	1
26	Bloque 4-9sp	1
27	Relleno	1
28	Bloque 3-6sp	1
29	HC1	2
30	LS1	2
31	A1	2
32	A6	2
33	Relleno	2
34	Bloque 2-9sp	2
35	Bloque 2-18sp	2
36	Bloque 2-6sp	2
37	Relleno	2
38	Relleno	2
39	Bloque 1-6sp	2
40	Bloque 1-9sp	2
41	Bloque 1-18sp	2
42	Relleno	2
43	Relleno	2

44	Relleno	2
45	Relleno	2
46	Relleno	2
47	Relleno	2
48	Tr1	2
49	A2	2
50	T1	3
51	T2	3
52	T3	3
53	A4	3
54	A3	3
55	T5	3
56	T4	3
57	LS2	3
58	CO1	3
59	T6	3
60	A5	3



Figura 11. *Hermeuptychia hermes* (Nymphalidae). Vista dorsal y Vista ventral



Figura 12. *Calycopis isobeon* (Lycaenidae). Vista dorsal y Vista ventral.



Figura 13. *Nisoniades torta* (Hesperiidae). Vista dorsal y Vista ventral.



Figura 14. Parcela 58 Transecto #3



Figura 15. Parcela 31 Transecto #2