



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

Comportamiento de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera, Papilionoidea) presente en una localidad urbana con tres niveles de diversidad arbórea, Managua

Autores

Br. María Marcela Bermúdez Vallejo

Br. Lilliexs Alexania Jarquín Siles

Asesores

MSc. Oswaldo Rodríguez Flores

MSc. Rosa Maria Estrada Hernández

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero en Sanidad Vegetal/Ingeniero en Sistemas
de Protección Agrícola y Forestal

Managua, Nicaragua

Febrero, 2026

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero en Sanidad Vegetal/Ingeniero en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Víctor Monzón Ruiz
Presidente

MSc. Jorge Gómez Martínez
Secretario

MSc. Markelyn Rodríguez Zamora
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 6/febrero/2026

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y mi fortaleza en cada paso de este camino. Por darme la sabiduría, la paciencia y la esperanza necesarias para alcanzar este sueño.

A mi familia, por su amor incondicional y por creer en mí incluso cuando las fuerzas parecían agotarse. En especial, a mis abuelos María del Carmen López López y Roberto José Bermúdez, cuyo ejemplo, apoyo y cariño han sido la luz que me ha acompañado en cada etapa de mi vida. Este logro también es suyo.

A mis amigos, por su compañía, por las risas, los consejos y por recordarme que no estaba sola en este proceso.

A mi asesor, Oswaldo Rodríguez, por su dedicación, orientación y confianza, que fueron fundamentales para hacer realidad este trabajo.

Y a mis gatos, por su dulce compañía en las largas noches de estudio, por su calma y ternura que llenaron de paz mis días.

Dedico este trabajo a todos ustedes, con gratitud y cariño, porque cada uno dejó una huella en este logro que hoy celebro.

Br. María Marcela Bermúdez Vallejo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de vida primero a Dios todo poderoso, quien me ha dado las fuerzas para llevarlo a cabo; a mis padres, Maritza Isabel Siles González y Arlen Alexis Jarquín García, quienes me han brindado su apoyo incondicional desde el día uno, sin reproches y sin limitaciones.

A mis hermanos y amigos por estar presente, con sus ánimos y apoyo en todo momento para el desarrollo de este trabajo.

Dedicada a cada lector que toma su tiempo para sumarle a su conocimiento con esta investigación.

Br. Lilliexs Alexania Jarquín Siles

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la paciencia necesarias para culminar esta etapa tan importante. Su guía y bendición me acompañaron en cada paso de este proceso.

Este logro no habría sido posible sin el amor, la compañía y la paciencia de quienes han estado a mi lado en cada paso de este camino.

A mi familia, mi mayor tesoro, y especialmente a mis abuelos María del Carmen López López y Roberto José Bermúdez, gracias por su amor incondicional, sus consejos y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la dedicación. Todo lo que soy se lo debo, en gran parte, a ustedes.

A mis amigos, gracias por su compañía, por las risas en los momentos difíciles y por recordarme siempre que no estaba sola en este proceso.

A mis asesores, por sus orientaciones, paciencia y por compartir sus conocimientos con generosidad, contribuyendo de manera invaluable al desarrollo de este trabajo.

Y a mis gatos, mis compañeros fieles de desvelo y estudio, gracias por su compañía constante, sus maullidos de ánimo y por recordarme que incluso en los momentos de mayor estrés, siempre hay espacio para la ternura.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este sueño hecho realidad.

Br. María Marcela Bermúdez Vallejo

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, que me ha permitido el procesó y culminación presente trabajo, guiándome con sabiduría y brindándome fuerzas cada día.

Agradezco a mis padres que con esfuerzos, valentía y sabiduría me han apoyado a lo largo de este proyecto, con sus abrazos, ánimo, consejo y su trabajo arduo cada día. Este logro más en mi vida es tanto suyo como mío.

Continuo mi gratitud no por ser menos importante, sino, todo lo contrario, a quien ha sido parte clave para que se pueda completar y culminar esta investigación, a mis asesores, con especial mención a mi asesor y tutor Oswaldo Rodríguez Flores, gracias por su paciencia y su dedicación para ayudarme a culminar esta etapa de mi formación académica.

Y por supuesto agradezco a la Universidad Nacional Agraria (UNA) por facilitar y darnos acceso a las instalaciones para desarrollar mi formación profesional y el presente trabajo. Haciendo mención importante al Museo Entomología de la UNA y a cada docente de la institución que formó parte de esta etapa.

Br. Lilliexs Alexania Jarquín Siles

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Árboles urbanos, áreas verdes y su rol en la conservación de la biodiversidad	4
3.2 Importancia de la diversidad vegetal en los ecosistemas	7
3.3 Insectos en los ecosistemas	8
3.4 Importancia de las mariposas diurnas y como estas pueden ser bioindicadores en los ecosistemas	10
3.5 Grupos taxonómicos de las mariposas utilizados como bioindicadores	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.1 Ubicación del estudio	15
4.2 Caracterización de sitios de estudio	16
4.3 Diseño metodológico	16
4.4 Variables evaluadas	21
4.5 Análisis de datos	21
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1 Composición taxonómica de las mariposas diurnas en los hábitats muestreados	23

5.2	Diversidad por sitio de muestreo (diversidad alfa)	28
5.3	Diversidad entre sitios de muestreo (diversidad beta)	32
5.4	Comportamiento de los gremios alimenticios de las mariposas diurnas en los hábitats muestreados	37
VI.	CONCLUSIONES	40
VII.	RECOMENDACIONES	41
VIII.	LITERATURA CITADA	42
IX.	ANEXOS	51

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Composición taxonómica de la comunidad de mariposas diurnas por hábitat	25
2.	Diversidad alfa de las mariposas diurnas en los hábitats muestreados	29
3.	Diversidad beta de las mariposas diurnas en los hábitats muestreados	33
4.	Cantidad de mariposas por hábitat de acuerdo a los gremios alimenticios	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Ubicación de los espacios verdes a muestrear en la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.	15
2.	Distribución de los transectos en las áreas a muestrear en la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.	17
3.	Organización del transecto dentro del espacio verde muestreado.	18
4.	Organización del muestreo con trampas cebadas con frutas fermentadas en el espacio verde muestreado.	19
5.	Especies de mariposas más dominantes en el estudio, vista dorsal y ventral. A) <i>Vareuptychia similis</i> , B) <i>Hamadryas februa</i> , C) <i>Anthanassa tulcis</i> , D) <i>Opsiphanes cassina chiriquensis</i> .	24
6.	Curvas de acumulación de especies por hábitat.	31
7.	Dendrograma de similitud (Jaccard) de los hábitats: Arbolado de Neem, Arboretum y Áreas Abiertas.	34

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Papilionidae. A) <i>Battus polydamas</i> , B) <i>Heraclides thoas</i>	51
2.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) <i>Adelpha iphicleola</i> , B) <i>Anartia fatima</i> , C) <i>Anartia jatrophae</i> , D) <i>Anthanassa tulcis</i>	52
3.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) <i>Chlosyne lacinia</i> , B) <i>Chlosyne theona theona</i> , C) <i>Colobura dirce</i> , D) <i>Consul fabius</i>	53
4.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) <i>Dione vanillae</i> , B) <i>Dryas iulia</i> , C) <i>Eunica monima</i> , D) <i>Euptoieta hegesia</i>	54
5.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) <i>Hamadryas februa</i> , B) <i>Hamadryas glauconome</i> , C) <i>Hamadryas guatemalena</i> , D) <i>Heliconius erato</i>	55
6.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) <i>Heliconius hecale</i> , B) <i>Historis odius</i> , C) <i>Junonia evarete evarete</i> , D) <i>Magneuptychia libye</i>	56
7.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) <i>Manataria maculata</i> , B) <i>Microtia elva</i> , C) <i>Myscelia ethusa pattenia</i> , D) <i>Opsiphanes cassina chiriquensis</i>	57
8.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) <i>Opsiphanes tamarindi</i> , B) <i>Prepona laertes</i> , C) <i>Siderone galanthis</i>	58
9.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) <i>Siproeta stelenes</i> , B) <i>Smyrna blomfieldia</i> , C) <i>Taygetis laches</i>	59
10.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Pieridae. A) <i>Abaeis boisduvaliana</i> , B) <i>Abaeis xantochlora xantochlora</i> , C) <i>Ascia monuste monuste</i> , D) <i>Eurema दौरा दौरा</i>	60
11.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Pieridae. A) <i>Eurema दौरा eugenia</i> , B) <i>Glutophrissa drusilla noroesta</i> , C) <i>Kricogonia lyside</i> , D) <i>Phoebis agarithe pupillata</i>	61

ANEXO		PÁGINA
12	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Pieridae. A) <i>Phoebis sennae marcellina</i> , B) <i>Phoebis sennae</i> , C) <i>Pyrisitia dina dina</i>	62
13.	Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Pieridae. A) <i>Pyrisitia nise nelphe</i> , B) <i>Pyrisitia proterpia</i> , C) <i>Pyrisitia westwoodii westwoodii</i>	63
14.	Resultados del análisis SIMPER mostrando las especies que más contribuyen a la disimilitud entre el Arboretum y el Arbolado de Neem	64

RESUMEN

Se caracterizó la comunidad de mariposas diurnas (Pieridae, Papilionidae y Nymphalidae) en tres hábitats urbanos en la Universidad Nacional Agraria, Managua: arbolado diverso (Arboretum), arbolado de Neem (*Azadirachta indica*) y Áreas Abiertas. La investigación se desarrolló durante 16 semanas (julio-noviembre del 2019) mediante un muestreo bimodal. Se utilizó red entomológica dos veces por semana en todos los hábitats, y trampas Van Someren Rydon cebadas con fruta fermentada, revisadas tres veces por semana, en los sitios arbolados. La identificación taxonómica se realizó en el Museo de Entomología de la UNA mediante claves dicotómicas, comparación con colecciones de referencia y validación en la plataforma iNaturalist. Se analizó la diversidad alfa, beta y la estructura de los gremios alimenticios para determinar cómo la heterogeneidad del hábitat influye en la comunidad. El Arboretum registró la mayor riqueza (35 especies) y abundancia (804 individuos), mientras que el arbolado de Neem presentó la menor riqueza (18 especies). El análisis de diversidad beta reveló que la composición de especies agrupa los hábitats por su estructura física, siendo el Arboretum y el Neem más similares entre sí que con las Áreas Abiertas. El análisis SIMPER identificó a *Hamadryas februa* como la especie clave que, por su mayor abundancia en el Arboretum, diferencia cualitativamente a este hábitat del arbolado no diverso. Se determinó una marcada partición de nichos: el gremio nectarívoro predominó en las Áreas Abiertas, mientras que el gremio frugívoro dominó en el Arboretum. Se concluye que la heterogeneidad vegetal y la disponibilidad de recursos específicos en el Arboretum sostienen una comunidad diversa de mariposas, demostrando que la simplificación del paisaje urbano en sistemas como el Neem limita la diversidad de lepidópteros.

Palabras clave: gremios alimenticios, fragmentación del hábitat, diversidad alfa, diversidad beta, partición de nicho, arbolado urbano, diversidad vegetal.

ABSTRACT

The diurnal butterfly community (families Pieridae, Papilionidae, and Nymphalidae) was characterized across three urban habitats at the National Agricultural University (UNA) in Managua: a diverse woodland (Arboretum), a Neem woodland (*Azadirachta indica*), and open areas. The research was conducted over 16 weeks (July–November 2019) using a bimodal sampling design. Entomological netting was performed twice weekly across all habitats, complemented by Van Someren Rydon traps baited with fermented fruit—inspected three times per week—within the wooded sites. Taxonomic identification was carried out at the UNA Museum of Entomology using dichotomous keys, comparison with reference collections, and validation via the iNaturalist platform. Alpha and beta diversity, as well as food guild structure, were analyzed to determine how habitat heterogeneity influences the community. The Arboretum recorded the highest richness (35 species) and abundance (804 individuals), while the Neem woodland exhibited the lowest richness (18 species). Beta diversity analysis revealed that species composition clustered the habitats according to their physical structure, with the Arboretum and Neem sites showing greater similarity to each other than to the open areas. SIMPER analysis identified *Hamadryas februa* as the key species that, due to its high abundance in the Arboretum, qualitatively differentiates this habitat from the non-diverse woodland. A marked niche partitioning was determined: the nectarivorous guild predominated in open areas, while the frugivorous guild dominated the Arboretum. It is concluded that plant heterogeneity and specific resource availability in the Arboretum sustain a diverse butterfly community, demonstrating that landscape simplification in urban systems, such as Neem monocultures, limits lepidopteran diversity.

Keywords: feeding guilds, habitat fragmentation, alpha diversity, beta diversity, niche partitioning, urban trees, plant diversity.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el crecimiento urbano descontrolado representa una de las mayores amenazas para la biodiversidad. Según Galiakberova et al. (2024), la gestión de los espacios verdes urbanos debe ser una prioridad estratégica para el desarrollo sostenible, y no solo un esfuerzo estético. Sin embargo, la expansión de las ciudades suele estar ligada a la fragmentación del hábitat y a la homogeneización biótica. Como señala Cuevas (2022), la urbanización impulsa cambios marcados en la composición de las comunidades biológicas, favoreciendo a especies generalistas y reduciendo la resiliencia ecológica de los ecosistemas locales.

En este contexto, las áreas verdes urbanas actúan tanto como un elemento fundamental en el paisaje de una ciudad, como refugios de biodiversidad brindando servicios ecosistémicos que dependen de su cobertura y estructura (González & Tovar, 2021). La efectividad de estos refugios varía según su complejidad. Mientras que áreas con alta diversidad arbórea sostienen una funcionalidad ecológica elevada, la simplificación del paisaje como ocurre en sistemas dominados por especies introducidas como el Neem (*Azadirachta indica*) limita la disponibilidad de recursos y refugio (Felson et al., 2023).

Para evidenciar estos efectos, las mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) se utilizan como organismos modelo, debido a su alta sensibilidad a los cambios ambientales y su dependencia de recursos específicos, son excelentes indicadores de la calidad del hábitat y del grado de alteración antrópica (Ramírez-Restrepo & MacGregor-Fors, 2016; Bonebrake et al., 2010). Su sensibilidad a la pérdida de diversidad y fragmentación vegetal ha sido documentada en el contexto nacional por Hernández et al. (2003) y Rodríguez-Flores et al. (2021). Además, estos insectos son de importancia dentro de la cadena trófica, porque proporcionan alimento a diferentes organismos desde aves, mamíferos, reptiles entre otros; de igual forma diferentes parasitoides como moscas y avispas utilizan su cuerpo para vivir y alimentarse de ellas (Mobeen, 2016).

En Nicaragua, el conocimiento sobre la ecología urbana de los lepidópteros es aún limitado, por ello se realizó una caracterización de la comunidad de mariposas diurnas que habitan en espacios verdes urbanos con diferentes niveles de diversidad vegetal arbórea y arbustiva. Con

el propósito de evidenciar como la diversidad vegetal influye en una comunidad biológica, como las mariposas, un indicador de lo positivo de la incorporación de diferentes especies vegetales en las áreas verdes urbanas. Esto, además de ser positivo para la conservación de la biodiversidad, resulta en un beneficio para la preservación de los componentes vegetales que conforman estas áreas, porque la biodiversidad trae muchos beneficios que incluyen la regulación de organismos plagas.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Caracterizar el comportamiento de la comunidad de mariposas diurnas de las familias Pieridae, Papilionidae y Nymphalidae, por medio su diversidad y gremios alimenticios, en una localidad urbana de Managua, Nicaragua con tres niveles de diversidad arbórea y arbustiva.

2.2 Objetivos específicos

Identificar taxonómicamente la comunidad de mariposas diurnas presentes en tres áreas con diferentes niveles de diversidad arbórea y arbustiva ubicados en la Universidad Nacional Agraria (UNA).

Determinar la diversidad alfa y beta de la comunidad de mariposas diurnas presentes en tres áreas con diferentes niveles de diversidad arbórea y arbustiva ubicados en UNA.

Determinar la dominancia de los gremios alimenticios de la comunidad de mariposas diurnas presentes en las tres áreas estudiadas de la UNA.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Árboles urbanos, áreas verdes y su rol en la conservación de la biodiversidad

Las áreas verdes urbanas están conformadas por cobertura vegetal, que pueden ser arvenses, arbustos entre otras plantas, pero mayormente de árboles, dentro de las ciudades. Cada área es diferente por varios factores, pueden ser creados por el ser humano o por acción de la naturaleza, son muy importante para la conservación de organismos vivos, en la absorción de dióxido de carbono (CO₂) que está en la atmósfera convirtiéndolo en oxígeno (Perez & Merino, 2013).

Áreas extensas con diversidad de vegetación influyen en la conservación de la biodiversidad, ya que son ecosistemas con una variedad de medios o microhábitat tales como: parques, jardines, eriales etc. Estas áreas llegan a cumplir un papel importante para la preservación de especies en estado de amenaza, en las zonas urbanas que han sido moderadamente urbanizadas se ha observado que existe una cantidad de especie similar a la que se puede encontrar en un área sin perturbación; la variedad y abundancia de la vegetación, así como la diversidad en los tipos de hábitat, también contribuyen a un aumento a la biodiversidad en las áreas verdes (Aranzana, 2013).

El papel de estas áreas es principalmente la conservación de especies tanto vegetal como animal, dando espacios para que las especies pueden sobrevivir, dichas áreas crean recursos para la conservación de estas especies, dando paso a la riqueza vegetal. Preservando así la diversidad local mediante la creación de territorios cuyas características son: diversidad, riqueza y densidad (Molina et al. 2017).

La biodiversidad es dependiente de las áreas urbanas para poder incrementar su población y la conservación de muchos insectos sin importar el papel que estos pueden llegar a cumplir como también para la vegetación, los insectos dependen de estas áreas para su alimentación y su supervivencia por lo cual estas áreas son de vital importancia a para todo aquel ser vivo que habita en dicha área (Fernández, 2014).

Los árboles urbanos y las áreas verdes son fundamentales en la conservación de la biodiversidad dentro de los entornos urbanos. Estos espacios no solo proporcionan un refugio

para diversas especies de flora y fauna, sino que también actúan como corredores ecológicos que facilitan el movimiento de especies entre diferentes áreas, lo que es esencial para mantener la conectividad ecológica (Cabrera-Verdesoto et al. 2022).

La presencia de árboles y vegetación densa en las ciudades ayuda a mitigar el impacto de la urbanización al proporcionar hábitats para aves, insectos, y otros organismos, además de mejorar la calidad del aire y reducir la contaminación sonora. Las áreas verdes urbanas, como parques y jardines, también incrementan la biodiversidad al ofrecer una variedad de microhábitats que soportan diferentes especies (Fernández et al. 2021).

La planificación y gestión adecuada de estos espacios pueden mejorar la resiliencia de los ecosistemas urbanos frente a los cambios climáticos y otros desafíos ambientales, asegurando que las ciudades sigan siendo lugares habitables tanto para las personas como para la vida silvestre (Bahamonde et al. 2018).

Estas áreas tienen múltiples papeles tales como: ornato para las ciudades, conserva los microclimas, y en cierto modo puede reducir la contaminación que se encuentra en el aire, rehabilitando el entorno, estas áreas son ideales para que las personas refuercen la interacción social, el apego a la comunidad y las personas que deciden utilizar estas áreas, dando lugar a la mejoría de sus estados de salud.

Las principales características que poseen estas áreas es que las especie de árboles o cobertura vegetal son adaptables, es decir, se llegan a adaptar al hábitat donde se encuentra, su distribución es natural, no necesitan manejo o un manejo exhaustivo, pueden sobrevivir a eventos extremos, tiene la capacidad para rebrotar, poseen una cualidades estéticas para las áreas en donde se encuentran, adaptabilidad a los suelos de la área y por la estructura de fauna asociada; crea recursos funcionales como alimento y refugios para organismo (Ballesteros & Padilla, 2022).

Las áreas verdes urbanas son vitales para el desarrollo de la sociedad y el medioambiente, dando paso a diferentes beneficios para la sociedad. Se dice que el contacto con la naturaleza puede ayudar en la reducción del estrés, a la mejora del estado físico, mental y emocional de las personas, como fomento de interacción social y recreación de vínculos en la comunidad

fortaleciendo la cohesión social. La sociedad prefiere un área verde saludable y sostenible (Fundación Reforestemos, 2024).

Las áreas urbanas, estas ayudan a la mejora de los aspectos de las ciudades dando placer de habitarlas, reduce lo que es el ruido de la ciudad, los árboles pueden reducir lo que es la velocidad de los vientos, da sombra y frescura a las personas que habitan cerca de estas áreas (González de Canales, 2010).

Desde el punto ambiental estas áreas favorecen a la filtración de contaminantes, regulación de la temperatura, evita lo que son las inundaciones, a la captura de gases contaminantes ya que un árbol puede llegar a capturar al menos 150 kg de gases y ayuda a la conservación de la biodiversidad, disminuye lo que es la erosión del suelo, ayuda a la conservación de energía, captación y purificación del agua, reduce los efectos invernaderos y conserva la biodiversidad. (Fundación Reforestemos, 2024).

Existen alteraciones que llegan a afectar en contra la estabilidad de estas áreas, como son las alteraciones naturales, como por ejemplo inundaciones o sequía lo que termina provocando estrés, erosión o desplazamiento de tierra, en caso de tormentas eléctricas puede provocar lo que son incendios por los rayos que pueden caer sobre los árboles dando paso a la pérdida de hábitat y de biodiversidad; aunque estas llegan a ser devastadoras no se prolongan por demasiado tiempo por lo cual el área afectada puede llegar a recuperarse (Bonilla-Duarte et al. 2021).

Por otro lado, tenemos las alteraciones que pueden llegar a provocar el ser humano como es la contaminación del aire y fuentes hídricas a través de los gases tóxicos que ciertas empresas emiten y los gases emitidos por los automóviles, transporte público entre otros; desencadenando problemas climáticos. Otro de los principales problemas es la construcción desmedida de industrias de todo tipo, estas industrias crean una gran cantidad de desechos tóxicos para el medio ambiente en general pero que afecta en cierta medida a estas áreas, estas invasiones de áreas también están vinculadas a la destrucción masiva de hábitat que son hogar de un sin número de organismos y pérdida de estos, también degradan lo que son los suelos y fuentes hídricas.

3.2 Importancia de la diversidad vegetal en los ecosistemas

Según la Fundación Aquae (2021) la diversidad vegetal se refiere a la cantidad de especies de plantas que pueden estar presentes en un área fija, existen tres formas de ver la diversidad tales son:

- Diversidad de especie: esta es la diversidad de especie de plantas que está presente en un área.
- Diversidad genética: es la que le permite a una especie le permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales.
- Diversidad de ecosistemas: la diversidad del hábitat que pertenecen a un ecosistema donde las plantas puedan sobrevivir.

La diversidad vegetal es vital, ya que puede llegar a mantener el equilibrio en los ecosistemas, se sabe que las plantas son la base de la cadena alimenticia de diferentes organismos, y tiene un papel importante en la regulación del clima, el ciclo del agua y para mantener el equilibrio en el suelo. De igual forma esta posee un valor económico y cultural, ya que puede llegar a proporcionar alimentos, medicamentos, entre otros recursos de vital importancia tanto para los organismos que habitan en esos ecosistemas como también para los humanos.

De acuerdo con Consultores Ambientales en Agricultura, Forestación y Fauna (CAAFF, 2023) biodiversidad nos otorga múltiples beneficios que ayudan a mantener en equilibrio los ecosistemas tales como:

- Regulación del clima: esto sucede ya que la vegetación que se encuentra en los ecosistemas absorbe lo que es el dióxido de carbono y liberando oxígeno.
- Protección del suelo: los diferentes organismos que permanecen en el suelo son los principales encargados de mantener su estructura y de brindarle fertilidad a dicho lugar.
- Polinización: las áreas con diversidad mantienen los recursos necesarios para que los polinizadores suscitan.
- Control de plagas: al existir una gran diversidad de insectos depredadores, parasitoides entre otros se garantiza el control de insectos invasores.
- Investigación y desarrollo: esta al ser una fuente inagotable de conocimiento aporta a las diferentes investigaciones y ayuda al desarrollo de diversos recursos.

- Turismo y recreación: al ser estos tan atractivos por sus diferentes paisajes aporta al turismo de los países.
- Beneficios culturales: esta diversidad acompañada al ser humano por años; por lo cual ha ayudado a las comunidades de diferentes maneras.
- Equilibrio ecológico: la diversidad es vital para la conservación de hábitat, dando paso a que se evite la extinción de cierta especie y pérdida de hábitat.
- Bienestar humano: la biodiversidad impacta directamente en la salud y bienestar humano, proporcionando alimentos, medicinas, materiales y servicios ecosistémicos esenciales para nuestra supervivencia.

3.3 Insectos en los ecosistemas

Los insectos llegan a representar el 70% de especies que existe en el planeta, se dice que al menos un millón de estas están catalogadas por la ciencia. El 85 % de las plantas depende de insectos polinizadores, el 80 % de la biomasa vegetal la consumen insectos, dependen de la temperatura del área en la que permanecen, ya que son poiquiloterms (Macedo-Reis et al. 2019). Los insectos más importantes que pueden estar presente en un ecosistema son: abejas, avispa depredadoras y Lepidópteros ya sean polillas o mariposas, cada uno de estos cumplen un rol dentro de los ecosistemas tales como:

- Polinización: gran parte de la vegetación que permanecen en los ecosistemas dependen de la polinización para poder reproducirse y seguir su ciclo fenológico.
- Limpieza: esta referido a que algunos de los insectos se alimentan de cadáveres o de materia orgánica dando paso a la eliminación de dichas suciedades.
- Descomposición: aportan a la degradación de materia orgánica dando paso a que los minerales y otros compuestos se conviertan en nutrientes que ayuda a la riqueza del suelo.
- Control de plagas: los insectos plagas son perjudiciales para los ecosistemas al crear un desequilibrio en esas áreas, por lo que los insectos depredadores y parasitoides previenen que exista una sobrepoblación de insectos plagas en dichos ecosistemas, manteniendo el equilibrio de estos.
- Fuente de alimento: son parte de la cadena alimenticia de muchos anfibios, reptiles, mamíferos y aves.

Los insectos son la base fundamental de todos los ecosistemas estos son capaces de influir en las propiedades fisicoquímica de los suelos, por otro lado, inciden en la composición de los paisajes, ayudan a mantener el equilibrio de los ecosistemas con su existencia en ellos (National Geographic, 2022). Estos seres desempeñan un papel importante en la indicación de cómo se encuentra un ecosistema ya que estos se encargan de formar y regular los ecosistemas en los cuales llegan a habitar por lo cual llegan a permitir la identificación de un área la cual puede ser importante su conservación por diferentes factores.

Andrade-Correa (1998) afirma que las razones para utilizar a los insectos como bioindicadores de los ecosistemas es que estos comprenden cinco aspectos importantes los cuales son:

- Alta riqueza y diversidad de especie: al menos un gran porcentaje de animales son insectos por lo cual existe una posibilidad que la captura de estos sea fácil.
- Fácil manipulación: dejando de lado aquellas especies que llegan a ser un riesgo para el ser humano, la gran mayoría no depende de mucho esfuerzo para su captura, ya que estas se pueden obtener por medio de trampas de bajo o de mayor selectividad porque estas no son de tamaños que dificulten su captura y traslado de estas muestras.
- Fidelidad ecológica: algunos de estos insectos tienen un estrecho lazo con los factores abióticos por lo cual se puede llegar a relacionar estos insectos con determinadas hábitat y microhábitat.
- Corta temporalidad generacional: los insectos son polivoltinos, es decir, tienen varias generaciones en un ciclo dando la posibilidad de facilitar su monitoreo.

Uno de los insectos utilizados como bioindicadores son las mariposas, porque estas cumplen con seis aspectos que hacen que estas sean excelentes bioindicadores tales como: 1) taxonomía bien estudiada, 2) historial natural y un amplio conocimiento de su biología, 3) fácil captura y observación, 4) conocimiento de sus hábitat y zonas geográfica, 5) la especialización en ciertos hábitats por parte de algunas especies y 6) junto con sus patrones biológicos que están relacionados con otros taxones (Andrade-Correa, 1998).

Otra de las razones por la cual las mariposas son bioindicadores es por su gremio alimenticio en la etapa adulta (Andrade-Correa, 1998). Los lepidópteros adultos se clasifican convencionalmente en al menos dos gremios de alimentación: visitantes de flores

(alimentadores de néctar) y no visitantes de flores (no alimentadores de néctar), estos últimos bebiendo de superficies mojadas, como flujos de savia y podredumbre fruta (Lehnert et al. 2016), llamándose nectarívoros y frugívoros respectivamente por algunos investigadores (Krenn, 2008). Dentro del gremio de visitantes de flores, los machos de algunas especies beben habitualmente del suelo húmedo (charcos) (Lehnert et al. 2016).

Martínez-Noble et al. (2015) indican que, por lo general, se considera que las mariposas pertenecen a tres categorías alimenticias o gremios tróficos: acimófagas, nectarívoras e hidrófila. Estos mismos autores indican que las mariposas acimófagas son las que se alimentan de frutos, animales u otros organismos en descomposición y algunas excretas de animales vertebrados; las nectarívoras son las que consumen principalmente néctar de las flores; y las e hidrófilas son las que liban sales minerales y derivados orgánicos tomados directamente de la tierra húmeda, charcos y lodazales.

Luis-Martinez & Llorente-Bousquets (1990) y Vargas et al. (1992) indican que existe varias especies que tienen más de una forma de alimentarse, por lo que, estos autores proponen cuatro subgremios para estas especies: acimofagas-nectarívoras, acimofagas-hidrófila, nectarívoras-hidrófila y acimofagas-nectarívoras-hidrófila.

3.4 Importancia de las mariposas diurnas y como estas pueden ser bioindicadores en los ecosistemas

Son aquellas que realizan sus actividades durante el día, es decir, que realizan desde su alimentación hasta su reproducción cabe aclarar que no todas las mariposas que realizan su actividad en la mañana son mariposas diurnas pero si su gran mayoría, estas son de colores llamativos; esto se debe a la estructura de sus alas ya que el sol llega a reflejarse en ellas, sus alas pueden ser redondas o con bordes ondulados diversos tamaños, poseen patrones cromáticos, por otro lado sus antenas son delgadas y al final de estas se engruesan como un mazo, el cuerpo de estas son delgados; su ciclo biológico va de huevo, pupa, larva y adulto, las larvas son fitófagas y estas dependen de la luz solar para poder mantener su temperatura corporal (iNaturalist, 2024).

La importancia de estas en los diferentes ecosistemas está determinada por la función ecológica que estas cumplen dentro de estos ecosistemas, como es la transportación de polen

de flor en flor lo que ayuda a la polinización, se sabe que algunas plantas con flores dependen especialmente de la polinización de las mariposas, por otro lado, esta que ellas al ser sensibles a las alteración en dichos ecosistemas tales como: temperatura, porcentaje de humedad, perdida de hábitat o plantas que se consideran hospederas y fuentes de alimentación; por lo cual estas son excelente y confiables bioindicadores de ecosistemas, se puede llegar a saber si este es vulnerable o si permanece sano (Velez & Galledo-Roper, 2015).

Estas llegan a ser grandes bioindicadores por el hecho de que son muy vulnerable a los cambios que ocurren en los ecosistemas. (Goncalves, 2021). Uno de estos cambios es provocado por las actividades humanas en estas áreas, además del cambio climático que llega a provocar un efecto invernadero e incrementar las emisiones de CO₂; afectando así los patrones de distribución y la diversidad de especie que se pueden encontrar en estos ecosistemas. Afirmando así que las actividades antropogénicas provocan cambios en las variables climáticas dando paso a la alteración de la distribución de algunas especies (Gómez, 2018).

Las mariposas son buenos bioindicadores, por su fácil cambio en su comportamiento ante cualquier alteración que ocurra en el ecosistema (Figuroa, 2018). Estas también cumplen roles muy importantes, como la polinización, y ser parte de la cadena trófica tanto de aves como de insectos (Figuroa, 2018). Estas son una de las más importantes por el hecho de que estas son el tercer orden con mayor variedad o biodiversidad, por lo cual pueden ser de mayor utilidad en las investigaciones ya que son indicadoras de la perdida de hábitat por la fragmentación de estas y para estudios que se relacionen con el cambio climático. (Asociacion Erynthia, 2010).

Las mariposas en su estado larval son herbívoras por lo cual ayudan a la regulación del crecimiento vegetativo y en su etapa adulta llegan a ser polinizadoras indirectas (Mobeen, 2016). Estas pueden realizar la polinización, ya que, son atraídas por el néctar que poseen las flores, ya que, este es una fuente fundamental de nutrientes que sustentan a las mariposas; estas transportan el néctar al momento de introducir su espiritrompa y palpos se llegan a impregnar del polen que contiene las flores, luego se traslada a otra flor y realiza lo que es la polinización, aunque se debe de tomar en cuenta que existen mariposas que se alimentan de

frutos en descomposición y sales minerales, por lo cual estas no llegan a ser polinizadoras (Jaramillo et al. 2022).

Estos insectos son de importancia dentro de la cadena trófica, porque proporcionan alimento a diferentes organismos desde aves, mamíferos, reptiles entre otros; de igual forma diferentes parasitoides como moscas y avispas utilizan su cuerpo para vivir y alimentarse de ellas, también existe una correlación entre las mariposas y las plantas ya que estas en su estado larval llegan a controlar el crecimiento vegetal en el ecosistema (Mobeen, 2016).

3.5 Grupos taxonómicos de las mariposas utilizados como bioindicadores

3.5.1 Familia Papilionidae

Son de tamaño grande con unos colores muy vistosos, existe al menos 600 especie de las cuales 28 especies están reportadas en Nicaragua, dentro de tres tribus las cuales son: Graphiini, Troidini y Papilionini. Las larvas de esta familia son de colores oscuros los cuales tienen una característica en el primer segmento torácico el cual posee una forma de lengua de serpiente el cual lo utiliza como una forma de defensa para los depredadores (Maes, 2006).

Pueden llegar a poseer un tamaño de 45 mm a 75 mm, en esta familia posee las mariposas más grandes del mundo, algo característico de ellas es que llegan a tener una cola en sus alas inferiores por lo cual en casos se les llega a llamar mariposas golondrinas, su cabeza es gruesa con un par de ojos prominentes, sus palpos son cortos y sus antenas delgadas con la parte terminal en forma de mazo, sus alas son anchas con las venas muy marcadas y celdilla discal cerrada, aunque carecen de la vena anal tres. Sus huevos varían entre forma, pero la mayoría son redondos. Se alimentan de Rutacea, Piperacea, Annonacea, Aristolochiaceae y Apiaceae (Figuroa, 2018)

3.5.2 Familia Nymphalidae

Son una familia que fueron asignados al grupo Ditrysia que posee al menos 5,000 especies que se pueden encontrar alrededor de todo el mundo, estas se encuentran distribuidas en 12 subfamilia, pero las de mayor importancia son: Libytheinae, Heliconinae, Nymphalinae, Limenitidinae, Charaxinae, Apaturinae, Satyrinae y Danainae. Estas mariposas poseen colores brillantes y llamativas, algunas son de tamaño grande, las antenas de estas mariposas

tienen dos surcos en la parte inferior de estas, en sus alas anteriores se les puede observar que la vena 1 no está ramificada, la celda discal en la parte superior se puede encontrar cerradas y en la parte inferior abiertas (Baighths, 2017).

En Nicaragua están reportadas 321 especies de Nymphalidae que están divididas en 13 subfamilias, pero solo 11 de estas están presentes en el país; las cuales son: Heliconiinae, Nymphalinae, Limenitidinae, Charaxinae, Apaturinae, Morphinae, Brassolinae, Satyrinae, Danainae, Ithomiinae y Libytheinae (Maes, 2004).

El margen dorsal de sus alas traseras es acanalado para poder recibir el abdomen y algo único que estas mariposas poseen es que su primer par de patas son atrofiadas es decir no están completamente desarrolladas. Sus alas presentan diseños similares a su entorno para poder confundir a sus depredadores, pero otras son muy coloridas y llamativas; los adultos de estas mariposas se alimentan del néctar que les brinda las flores; algo que tienen ellas es que ponen sus huevos de manera individual sobre las hojas, las larvas se alimentan del follaje de las plantas y algunas mariposas de esta familia son capaces de utilizar el alcaloide como una forma de defensa y así alejar a los depredadores; las pupas de ellas prenden de un hilo de seda que se encuentra adherido al cremáster (Baighths, 2017).

3.5.3 Familia Pieridae

Se encuentran reportadas 51 especies de Pieridae en Nicaragua, esta familia está dividida en cuatro subfamilias, pero solo tres están reportadas en el país (Dismorphiinae, Pierinae y Coliadinae) (Maes, 2004).

Esta familia es conocida por sus colores amarillos, blanco, naranja, algunas veces son combinados estos colores o solo poseen un solo color de estos; son de hábitos migratorios y son polinizadoras de un grupo muy amplio de plantas tales como: Mimosaceae

(Dismorphiinae y Coliadinae), Fabaceae y Caesalpinaceae (Coliadinae) y Brassicaceae (Pierinae). Se conocen al menos 70 géneros de la familia Pieridae y al menos 2 000 especies en las cuales están incluidas las subfamilias Pseudopontiinae, Dismorphiinae, Pierinae, Anthocharinae y Coliadinae. Por gran abundancia y que su taxonomía es estable y muy bien conocida llega a cumplir los parámetros que se imponen para que sean utilizadas como

bioindicadores de la conservación, la población y el impacto ambiental de los ecosistemas (Villalobos-Moreno et al. 2020).

En Nicaragua existen al menos 51 especie de esta familia, normalmente estas se encuentran en áreas templadas, son de colores muy brillantes en algunos casos, un detalle de sus alas es que estas son redondas y rara vez se pueden encontrar mariposas con patrones en sus alas o mixtura. (Maes, 2007).

El color de sus huevos es blanco o amarillos, las pupas son de color verdoso el cual le ayuda a camuflarse con las hojas, estos son colocados en el follaje, las larvas poseen una forma cilíndrica y en algunos casos pueden tener setas largas con granos duros sobre la parte dorsal de estas, presentan en su cabeza una prolongación, sus pupas están prendidas de un hilo de seda; los adultos se alimentan del néctar de las flores. Algunas de las especies de esta familia cuando llega la temporada seca comienza a migrar para poder encontrar un lugar húmedo y alimento (Maes, 2007).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la Universidad Nacional Agraria (UNA) ubicada en el kilómetro 12 ½ carretera norte, Managua, Nicaragua, en las coordenadas son 12°09'00.37" latitud norte y 86°09'36.50" longitud oeste (Google Earth, 2023). El sitio cuenta con una elevación de 56 msnm y posee suelo franco arenoso (Ortega, 2021). Las temperaturas oscilaron entre 32.5° C y 38.5° C y su humedad de 75% y 89%, con una insolación de siete horas y nueve horas en el día (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2023).

En la UNA se muestrearon tres espacios verdes con diferentes niveles de arborización, todos ubicados en el sector norte. Los espacios fueron: Arboretum Juan José Quezada (coordenadas: 12°08'55" N 86°09'48" O), un espacio arborizado con dominancia de árboles de Neem (*Azadirachta indica* A.Juss.) (12°08'55" N 86°09'38" O) y un espacio sin arboles (12°08'52" N 86°09'44" O), todos estos espacios estaban contiguos (Figura 1).

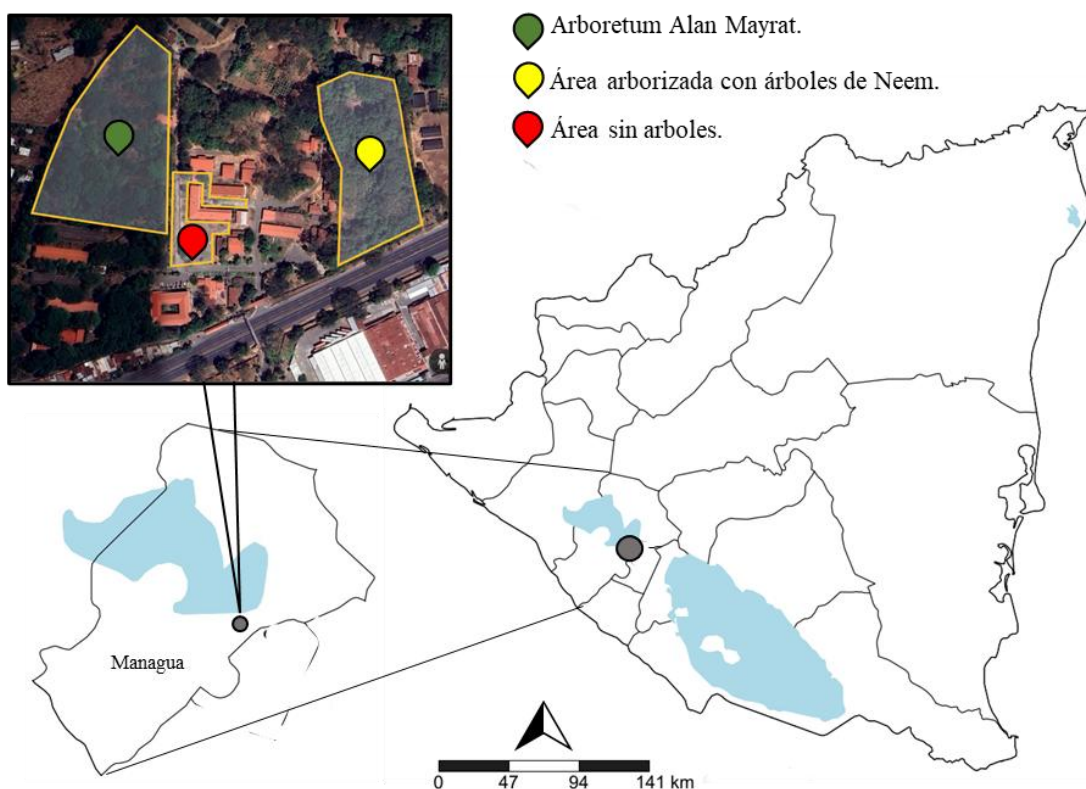


Figura 1. Ubicación de los espacios verdes a muestrear en la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

4.2 Caracterización de sitios de estudio

El Arboretum Juan José Quezada tiene un área de 2.9 hectáreas, cuenta con al menos 150 especie de árboles de los cuales los más comunes son: guanacaste blanco, sardinillo, y guácimos; las especies menos frecuentes son: burillo, balsa, ceiba pochote y tempisque (Quezada et al. 2012). Estos mismos autores indican que en este lugar se pueden encontrar especie de árboles poco comunes o raras como: *Ateleia herbert-smithii* Pittier, *Couroupita nicaraguarensis* DC., *Euphorbia leucocephala* Lotsy, *Crudia acuminata* Benth. y *Lonchocarpus hughesii* M. Sousa.

El espacio arborizado con dominancia de árboles de Neem cuenta con un área de dos ha, se ubica en el lado este de la UNA. Está área, además de los árboles de Neem, cuenta con algunas especies vegetales debajo del dosel propia del bosque seco, dominado por arvenses adaptadas a la sombra, así como pequeños arbustos de *Malpigia grabra* L. y diferentes especies de hierbas y sufrútices.

El espacio sin árboles es un área aproximada de 1.5 ha, ubicada entre el Arboretum Juan José Quezada y el espacio con dominancia de árboles de Neem. Este espacio se caracteriza por la dominancia de hierbas de la familia Poaceae y Asteraceae, la presencia de arbustos de *Lantana camara* L. y áreas de ornato con dominancia de plantas del género *Ixora*.

4.3 Diseño metodológico

La investigación fue descriptiva de corte transversal, lo que significa que los datos se tomaron en un tiempo determinado. Se describieron los atributos de la comunidad de mariposas diurnas en las áreas muestreadas para determinar cómo las conformaciones vegetales influyeron en el comportamiento de esta comunidad. Para la descripción de los atributos de las mariposas diurnas se establecieron transectos de muestreo en los sitios de estudio. Se realizaron muestreos durante 16 semanas y se llevó a cabo la identificación taxonómica de los especímenes capturados.

Para realizar la investigación propuesta, se capturaron muestras (especímenes) de la comunidad de mariposas de las familias Pieridae, Papilionidae y Nymphalidae (Lepidoptera, Papilionidae), que habitaban en tres espacios verdes con diferentes niveles de arborización,

ubicados en el sector norte de la UNA: Arboretum Juan José Quezada, el arbolado de Neem y un espacio sin árboles.

4.3.1 Diseño de muestreo

Los muestreos se realizaron en la época invernal, entre los meses de julio y noviembre del 2019, cubriendo un periodo de 16 semanas. En los espacios verdes con cobertura arbórea (Arboretum Juan José Quezada y el arbolado de Neem) se utilizaron dos técnicas de muestreo: red entomológica y trampas cebadas con frutas fermentadas, siguiendo la metodología de Rodríguez-Flores et al. (2021). El espacio sin arboles se muestreó solamente con la técnica de red entomológica. Los muestreos con trampas y con red se realizaron siguiendo un transecto lineal que se estableció en los espacios verdes estudiados (Figura 2).

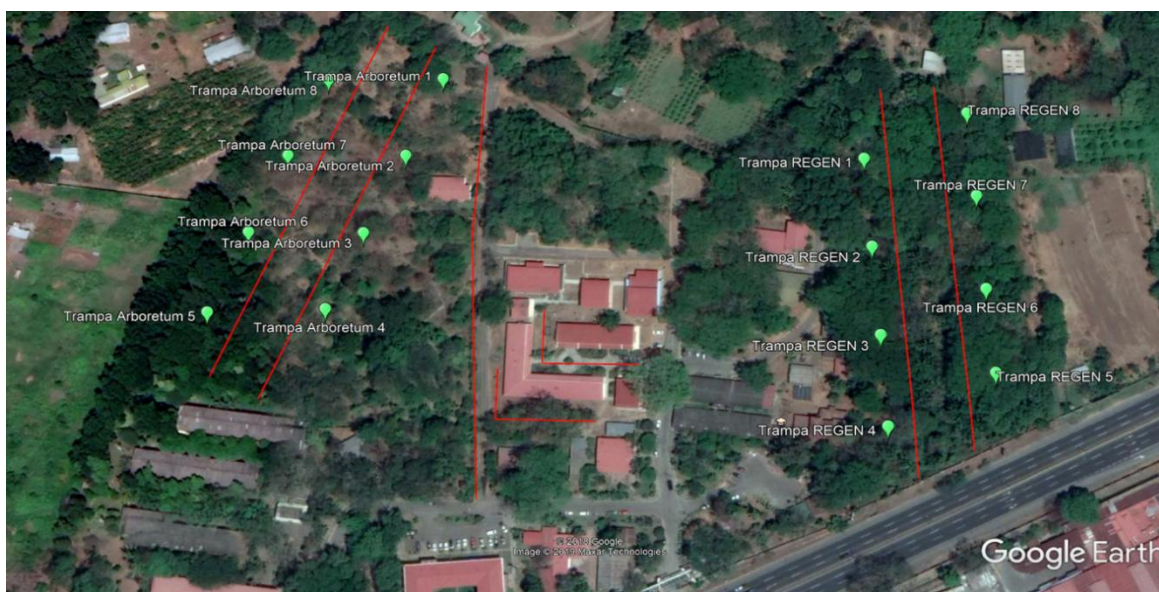


Figura 2. Distribución de los transectos en las áreas a muestrear en la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

Los transectos para el muestreo de red tuvieron una longitud de 112.5 metros, con dos trayectos paralelos por cada espacio muestreado (separados entre sí 20 metros), para un total de 225 metros de muestreo por medio de transectos en cada sitio. Los transectos se señalaron con estacas cada 12.5 metros con el propósito de identificar la línea del transecto, facilitar los muestreos con red entomológica y la instalación y ubicación de las trampas.

Muestreo con red entomológica: consistió en capturar las mariposas que volaban en las inmediaciones el transecto, realizando capturas sobre el transecto o en su periferia (un metro

a cada lado de la línea establecida) (Figura 3a). Se utilizaron redes entomológicas de aluminio con bolsa del tipo aéreo de 25 x 25 agujeros por pulgada cuadrada (Figura 3b). Los muestreos se realizaron en horario de la mañana (8:30-11:30 a.m.), dos veces por semana (martes y jueves) dedicando 30 minutos de muestreo en cada transecto. El periodo total de muestreo con la red en los transectos fue de 16 semanas.

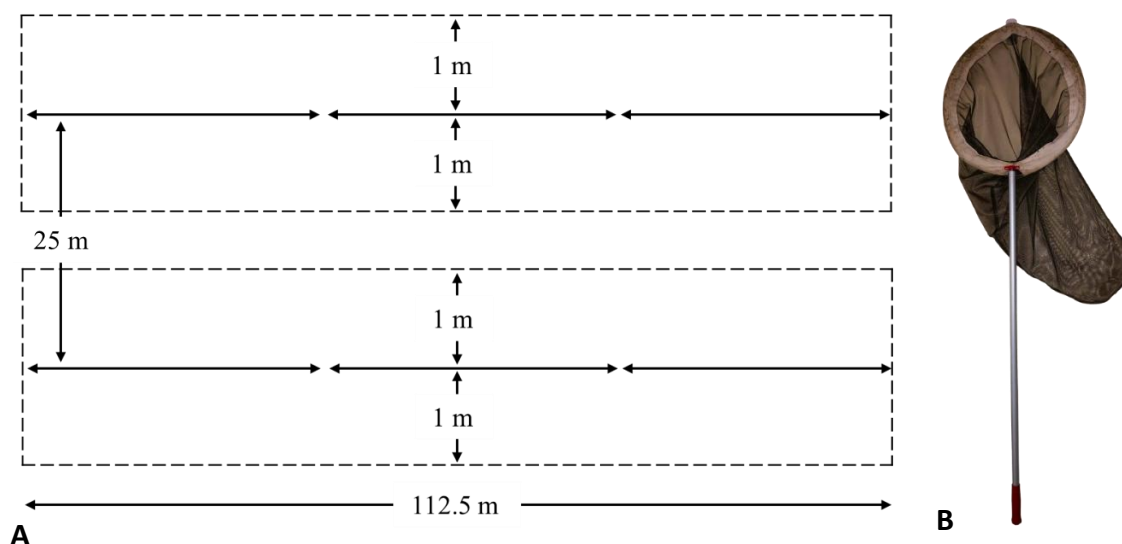


Figura 3. Organización del transecto dentro del espacio verde muestreado. A, esquema y área muestreada. B, red entomológica.

Muestreo con trampas cebadas con frutas fermentadas: consistió en la captura de mariposas atrapadas en trampas cebadas con frutas fermentadas. Se utilizaron trampas del tipo Van Someren Rydon (Figura 4a), las cuales se cebaron con un fermento a base de plátano maduro, piña, cerveza y azúcar. Las trampas serán instaladas en los espacios verdes con cobertura arbórea (Arboretum Juan José Quezada y espacio con árboles de Neem).

Para la instalación de las trampas se trazaron dos líneas paralelas en cada espacio verde. Las líneas tuvieron una longitud de 112.5 metros y una separación de 50 metros entre sí dentro de un mismo espacio (Figura 4b). La distribución y ubicación de las trampas siguió la metodología de Pozo *et al.* (2005) y su altura, con respecto al suelo, fue de tres metros.

Los muestreos con trampas se realizaron por un periodo de 16 semanas. Los lunes, miércoles y viernes de cada semana, en horarios de la tarde (3:00-5:00 pm), se realizó la captura de los especímenes atrapados en la trampa. Posterior a la captura de los especímenes, en cada trampa, el cebo fue remplazado por cebo nuevo.

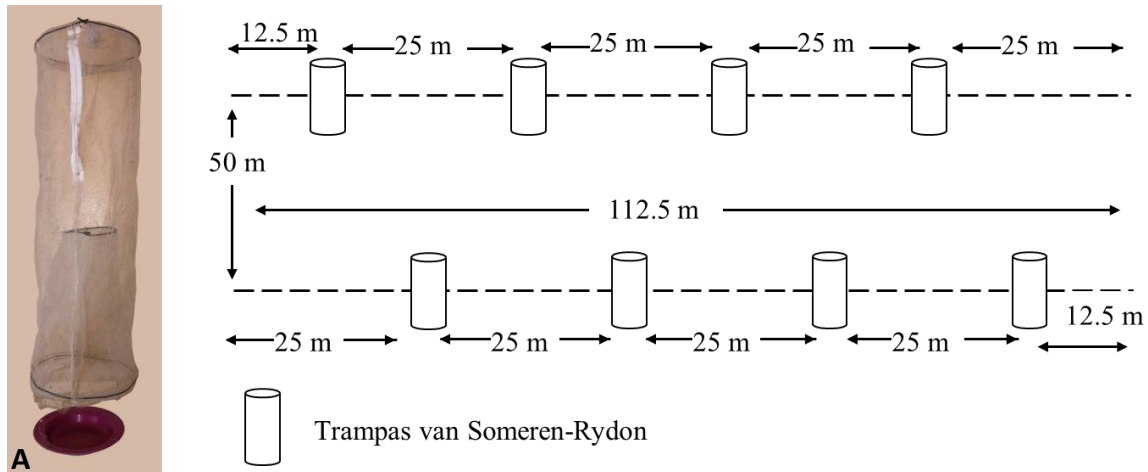


Figura 4. Organización del muestreo con trampas cebadas con frutas fermentadas en el espacio verde muestreado. A, trampa Van Someren Rydon. B, esquema de distribución de las trampas.

Manejo de las muestras: los especímenes capturados en los muestreos fueron sacrificados inmediatamente después de la captura, inyectando de 50 a 100 microlitros de alcohol etílico al 70% con una jeringa de insulina. Una vez sacrificados se depositaron en cartuchos de papel que se rotularon con la siguiente información: espacio verde donde fueron capturados, técnica de muestreo, número de trampa o transecto según el método de captura, semana de muestreo, fecha de muestreo y nombre del colector. Los cartuchos con los especímenes se llevaron al Museo de Entomología de la UNA, donde se resguardaron bajo refrigeración (-18°C) para su posterior procesamiento.

4.3.2 Procesamiento de muestras

Los especímenes fueron organizados en morfoespecies, seleccionando de cuatro a cinco representantes por morfoespecie. Estos especímenes fueron preservados según la metodología propuesta por Andrade et al. (2013).

Las mariposas capturadas fueron identificadas a nivel de especie. La identificación taxonómica se realizó en el Museo de Entomología de la UNA. El proceso se realizó en tres etapas: 1) identificación como morfoespecies, 2) identificación a nivel de familias taxonómicas y 3) identificación a nivel de especie.

Identificación como morfoespecies: proceso preliminar para organizar artificialmente las capturas basado en sus aspectos morfológicos. Este proceso, según Fuentes (2015) consiste en detectar y delimitar unidades taxonómicas reconocibles, resultantes del análisis y

comparación de caracteres morfológicos más o menos fácilmente observables en los especímenes.

Identificación a nivel de familias taxonómicas: las morfoespecies fueron identificadas a nivel de familias utilizando las claves dicotómicas del orden Lepidóptera propuestas por Tripplehorn y Johnson (2005). Para la observación de los caracteres morfológicos de las morfoespecies se utilizó un estereomicroscopio Motic SMZ-168 con magnificación de 7.5-50x.

Identificación a nivel de especie: cada grupo de morfoespecie organizado a nivel de familia, fue identificado taxonómicamente por tres métodos: 1) identificación por medio de catálogos taxonómicos, 2) identificación por comparación de colecciones y 3) identificación por medio de la plataforma iNaturalist.

Los catálogos taxonómicos utilizados para las familias Pieridae y Papilionidae fueron los de Maes (2006) y Maes (2007) respectivamente; para la familia Nymphalidae se utilizaron los recursos de la página web de Maes y Brabant. Para fortalecer la identificación por medio de catálogos taxonómicos se consultó la colección de referencia del Museo de Entomología de la UNA y los recursos de la página web Butterflies of America. Con respecto al uso de la plataforma iNaturalist, esta fue utilizada para confirmar especies dudosas por medio del registro de observaciones en el proyecto Insectos de Nicaragua. Para el uso de la plataforma iNaturalist se realizaron fotografías de las morfoespecies, se utilizó una cámara DSLR Canon con un objetivo EF-S 18–55mm f/3.5–5.6 IS II. El apilado de imágenes se hizo con el programa Helicon Focus versión 8.2. y la edición con el programa Adobe PhotoShop CS6.

Los datos registrados en los muestreos consistieron en cuantificar la cantidad de especies y sus abundancias durante las 16 semanas de muestreo. Organizándose las capturas realizadas por espacio verde muestreado y por técnica de captura. Los registros se harán en una hoja de Microsoft® Excel® para Microsoft 365 MSO, versión 2110. Cada registro se organizará en una fila de la base de datos. La información a registrada de cada espécimen fue: código de la muestra, espacio verde muestreado, nombre del transecto o de la trampa, tipo de muestreo, semana de muestreo, fecha (día, mes y año), nombre de la morfoespecie capturada, taxonomía de la morfoespecie encontrada (familia, género, especie, subespecie y autoridad taxonómica) y nombre del colector.

4.4 Variables evaluadas

Riqueza de mariposas: cantidad de especies de mariposas encontradas en cada espacio verde muestreado. Se midió cuantificando el total de especies capturadas en cada área y por familia taxonómica. Esta variable se evaluó durante todo el periodo de muestreo.

Abundancia relativa de las especies: cantidad de especímenes de cada especie en relación con el total de especímenes de todas las especies capturadas en cada espacio verde. Se midió cuantificando el número total de especímenes de cada especie en cada sitio muestreado y se evaluó durante todo el periodo de muestreo.

Abundancia general por familia y por espacio verde muestreado: cantidad total de especímenes capturados dentro de cada espacio verde muestreado, así como la cantidad total de especímenes por familia en cada espacio. Se midió cuantificando el número total de especímenes capturados en cada sitio y por familia. Esto se midió durante todo el periodo de muestreo.

Riqueza por categoría alimenticias: cantidad de especies por categoría alimenticia (acimófagas, nectarívoras e hidrófila) encontradas en los espacios verdes muestreados. Se midió cuantificando el total de especies capturadas por categoría alimenticia en cada sitio durante todo el periodo de muestreo.

Abundancia por categoría alimenticias: cantidad de especímenes por categoría alimenticia (acimófagas, nectarívoras e hidrófila) encontradas en los espacios verdes muestreados. Se midió cuantificando el total de especímenes capturados, según su categoría alimenticia, en cada espacio verde durante todo el periodo de muestreo.

4.5 Análisis de datos

Las capturas realizadas en cada espacio verde se cuantificaron con índices de diversidad a tres niveles: diversidad local (diversidad alfa), diversidad entre espacios verdes (diversidad beta) y diversidad general (diversidad gamma).

Para la comunidad de mariposas encontrada en cada espacio muestreado, se aplicaron estadísticos descriptivos y medidas cuantitativas a través de índices de diversidad alfa. Los estadísticos descriptivos se aplicaron a la abundancia y riqueza de las capturas, utilizando

cálculos de sumatorias, medias, frecuencias y error estándar. Las medidas cuantitativas de la diversidad local se estimaron mediante los índices de Simpson y Shannon-Weaver, estimadores de riqueza Chao 1, así como los índices de dominancia y equitatividad.

La comunidad de mariposas de cada espacio muestreado se comparó estadísticamente y con índices de diversidad beta. Las comparaciones estadísticas se realizaron entre las capturas de cada espacio según el método de captura y los índices de diversidad calculados para cada sitio. Las pruebas estadísticas se seleccionaron según las características de los datos (normalidad y homogeneidad de varianza). Las comparaciones de los espacios con los índices de diversidad se hicieron mediante comparaciones pareadas, utilizando los índices de Jaccard y Morisita-Horn. Se realizó un análisis SIMPER (porcentaje de similitud) es una prueba estadística post-hoc que se utiliza para determinar qué especies contribuyen más a la disimilitud (diferencia) entre comunidades de mariposas por hábitats.

Todos los análisis estadísticos y cálculos de diversidad descritos se realizaron en el entorno de programación R versión 4.3.3 (R Core Team, 2023) a través de la interfaz de RStudio (Posit Team, 2023). Para los análisis ecológicos, incluyendo el cálculo de los índices de diversidad alfa (Shannon, Simpson, Chao 1), los índices de diversidad beta (Jaccard, Morisita-Horn) y el análisis de disimilitud SIMPER, se empleó el paquete especializado *vegan* (Oksanen et al., 2022). Asimismo, la representatividad del muestreo se evaluó mediante curvas de acumulación de especies y la similitud entre comunidades se visualizó a través de análisis de agrupamiento (dendrogramas), procesos ejecutados también mediante las funciones específicas, *specaccum*, *vegdist* y *hclust*, de *vegan*. La manipulación de datos, organización de las matrices y la generación de los gráficos se realizaron con el paquete de *tidyverse* (Wickham et al., 2019). En todas las pruebas de hipótesis se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Composición taxonómica de las mariposas diurnas en los hábitats muestreados

Se recolectó un total de 1344 especímenes de mariposas diurnas, pertenecientes a 47 especies y tres familias taxonómicas (Cuadro 1). La familia más abundante y diversa en el estudio fue Nymphalidae, que incluyó 31 especies y representó la mayoría de las capturas con un total de 1,257 especímenes. La familia Pieridae fue la segunda más numerosa, con 14 especies y 152 especímenes, mientras que Papilionidae fue la menos representada con solo dos especies y dos especímenes.

La especie más dominante en el estudio fue *Vareuptychia similis*, con un total de 468 especímenes. Otras especies notablemente abundantes incluyeron a *Hamadryas februa* (203 especímenes), *Anthanassa tulcis* (180 especímenes), y *Opsiphanes cassina chiriquensis* (149 especímenes), todas estas especies pertenecen a la Familia Nymphalidae (Figura 5).

El hábitat que presentó la mayor diversidad de especies fue el Arboretum con 35 especies, seguido de las áreas abiertas con 24 especies, en ambos hábitats se encuentran representantes de las tres familias. El hábitat de con árboles de Neem cuenta con 18 especies distribuidas en 2 familias (Nymphalidae y Pieridae).

Con respecto a la presencia de las especies en los hábitats, de las 47 especies identificadas, solo cinco de ellas se encontraron presentes en los tres hábitats muestreados. Cuatro pertenecen a la familia Nymphalidae y una a la familia Pieridae, estas especies son, respectivamente: *Anthanassa tulcis*, *Microtia elva*, *Siproeta stelenes*, *Vareuptychia similis* y *Pyrisitia proterpia*. También se encontraron especies cuya presencia se limitaba a un solo hábitat, para el Arboretum se registran 11 especies: *Adelpha iphicleola*, *Consul fabius*, *Dryas iulia*, *Eunica monima*, *Heliconius erato*, *Historis odius*, *Myscelia ethusa*, *Prepona laertes*, *Siderone galanthis*, *Abaeis boisduvaliana*, *Kricogonia lyside*. Para el hábitat con árboles de Neem, se registran dos especies: *Heliconius hecale* y *Manataria maculata*.

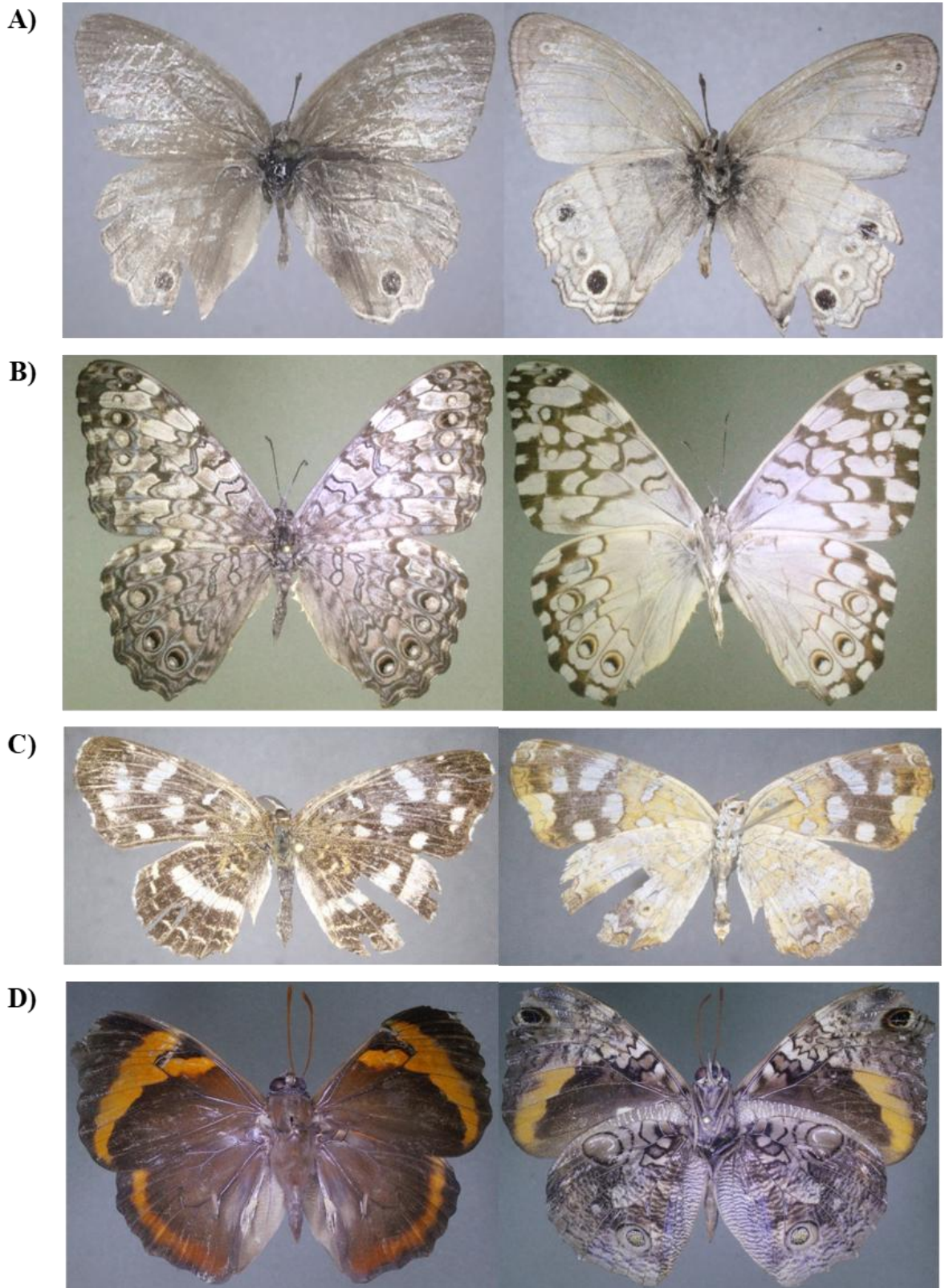


Figura 5. Especies de mariposas más dominantes en el estudio, vista dorsal y ventral. A) *Vareuptychia similis*, B) *Hamadryas februa*, C) *Athanassa tulcis*, D) *Opsiphanes cassina chiriquensis*.

Cuadro 1. Composición taxonómica de la comunidad de mariposas diurnas por hábitat

Familia	Especie	Cantidad de especímenes capturados			Total
		Arboretum	Arbolado de Neem	Áreas abiertas	
Papilionidae	<i>Battus polydamas</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	1	1
	<i>Heraclides thoas</i> (Linnaeus, 1771)	0	0	1	1
	<i>Adelpha iphicleola</i> (H. Bates, 1864)	1	0	0	1
	<i>Anartia fatima</i> (Fabricius, 1793)	0	0	4	4
	<i>Anartia jatrophae</i> (Linnaeus, 1763)	0	0	9	9
	<i>Anthanassa tulcis</i> (H. Bates, 1864)	63	8	109	180
	<i>Chlosyne lacinia</i> (Geyer, 1837)	0	1	4	5
	<i>Chlosyne theona theona</i> (Ménétriés, 1855)	12	0	19	31
	<i>Colobura dirce</i> (Linnaeus, 1758)	3	2	0	5
	<i>Consul fabius</i> (Cramer, 1776)	2	0	0	2
Nymphalidae	<i>Dione vanillae</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	10	11
	<i>Dryas iulia</i> (Fabricius, 1775)	1	0	0	1
	<i>Eunica monima</i> (Stoll, 1782)	1	0	0	1
	<i>Euptoieta hegesia</i> (Cramer, 1779)	6	0	12	18
	<i>Hamadryas februa</i> (Hübner, [1823])	176	27	0	203
	<i>Hamadryas glauconome</i> (H. Bates, 1864)	26	3	0	29
	<i>Hamadryas guatemalena</i> (H. Bates, 1864)	44	4	0	48
	<i>Heliconius erato</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	1
	<i>Heliconius hecale</i> (Fabricius, 1776)	0	1	0	1
	<i>Historis odius</i> (Fabricius, 1775)	1	0	0	1

Cuadro 1. Continuación...

Familia	Especie	Cantidad de especímenes capturados			Total	
		Arboretum	Arbolado de Neem	Áreas abiertas		
Nymphalidae	<i>Junonia evarete evarete</i> (Cramer, 1779)	0	0	2	2	
	<i>Magneptychia libye</i> (Linnaeus, 1767)	3	4	0	7	
	<i>Manataria maculata</i> (Hopffer, 1874)	0	1	0	1	
	<i>Microtia elva</i> H. Bates, 1864	4	2	1	7	
	<i>Myscelia ethusa pattenia</i> A. Butler & H. Druce, 1872	2	0	0	2	
	<i>Opsiphanes cassina chiriquensis</i> Stichel, 1902	74	75	0	149	
	<i>Opsiphanes tamarindi</i> C. Felder & R. Felder, 1861	2	1	0	3	
	<i>Prepona Laertes</i> (Hübner, [1811])	1	0	0	1	
	<i>Siderone galanthis</i> (Cramer, 1775)	2	0	0	2	
	<i>Siproeta stelenes</i> (Linnaeus, 1758)	3	2	2	7	
	<i>Smyrna blomfieldia</i> (Fabricius, 1781)	24	5	0	29	
	<i>Taygetis laches</i> (Fabricius, 1793)	10	3	0	13	
	<i>Vareuptychia similis</i> (A. Butler, 1867)	305	161	2	468	
	Pieridae	<i>Abaeis boisduvaliana</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)	1	0	0	1
		<i>Abaeis xantochlora xantochlora</i> (Kollar, 1850)	3	0	1	4
<i>Ascia monuste monuste</i> (Linnaeus, 1764)		0	3	4	7	
<i>Eurema दौरा दौरा</i> (Godart, 1819)		2		4	6	
<i>Eurema दौरा eugenia</i> (Wallengren, 1860)		3	0	4	7	
<i>Glutophrissa drusilla noroesta</i> Grishin, 2022		0		1	1	
<i>Kricogonia lyside</i> (Godart, 1819)		1	0	0	1	

Cuadro 1. Continuación...

Familia	Especie	Cantidad de especímenes capturados			Total
		Arboretum	Arbolado de Neem	Áreas abiertas	
Pieridae	<i>Phoebis agarithe pupillata</i> Dillon, 1947	0	0	4	4
	<i>Phoebis sennae marcellina</i> (Cramer, 1777)	0	0	2	2
	<i>Phoebis sennae</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	11	12
	<i>Pyrisitia dina dina</i> (Poey, 1832)	2	0	8	10
	<i>Pyrisitia nise nelphe</i> (R. Felder, 1869)	1	0	1	2
	<i>Pyrisitia proterpia</i> (Fabricius, 1775)	5	1	5	11
	<i>Pyrisitia westwoodii</i> <i>westwoodii</i> (Boisduval, 1836)	17	0	15	32

De las 47 especies encontradas, todas han sido previamente registradas para el país (Maes, s.f.; Maes, 1999; Maes, 2004; Maes, 2006; Maes, 2007). No obstante, a nivel de subespecies, se registraron cuatro especímenes que son nuevos hallazgos para el país (Warren et al. 2024). Tres de ellos pertenecen a la familia Pieridae: *Phoebis agarithe pupillata*, *Pyrisitia dina dina*, *Glutophrissa drusilla noroesta* y uno a la familia Nymphalidae: *Junonia evarete evarete*.

Las especies más dominantes en el muestreo, todas pertenecientes a la familia Nymphalidae, fueron identificadas por su alta abundancia. La más destacada fue *Vareuptychia similis*, con 468 individuos, lo que la convierte en la especie más abundante de todo el estudio. Le siguen en dominancia *Hamadryas februa* (203 individuos), *Anthanassa tulcis* (180 individuos) y *Opsiphanes cassina chiriquensis* (149 individuos). Es importante señalar que, de estas cuatro especies, *Vareuptychia similis* y *Anthanassa tulcis* mostraron una amplia distribución, ya que ambas fueron registradas en los tres hábitats muestreados.

Al comparar los resultados de esta investigación con el estudio de Hernández et al. (2003) en un paisaje ganadero de Rivas, se observan tanto similitudes como diferencias importantes. Ambos estudios registran una comunidad de mariposas diversidad moderada, 47 especies en la UNA y 50 en Rivas. Se observa una clara dominancia de especies generalistas y adaptadas a hábitats alterados o abiertos. Especies como *Siproeta stelenes* y *Anthanassa tulcis* son

comunes en ambos estudios. La principal diferencia radica en las especies dominantes. Mientras que en Rivas las especies más comunes eran nectarívoras de áreas abiertas como *Phoebis sennae* y *Euptoieta hegesia*, en el presente estudio la especie más dominante, y por mucho, fue *Vareuptychia similis*, con 468 individuos.

La dominancia de *Vareuptychia similis*, una mariposa de sotobosque asociada a gramíneas y áreas sombreadas no es un patrón común en otros estudios del bosque seco. Su abundancia en el Arboretum sugiere que este sitio presenta condiciones óptimas para la especie; la coexistencia de sombra perenne y la disponibilidad de frutos y gramíneas de los géneros *Paspalum*, *Panicum* y *Oplismenus*, los cuales son parte de la dieta de adultos y larvas respectivamente (Beccaloni et al. 2008, Tan & Lucky, 2016) permite que esta especie complete su ciclo. Estos hallazgos demuestran que la heterogeneidad vegetal del Arboretum no solo sostiene la riqueza, sino que favorece explosiones poblacionales de especies que encuentran allí todos sus requerimientos bióticos.

Estos hallazgos, son valiosos porque contribuyen a mejorar el conocimiento de la distribución geográfica de las poblaciones de mariposas en el país y demuestran que incluso áreas urbanizadas pueden albergar una diversidad relevante.

5.2 Diversidad por sitio de muestreo (diversidad alfa)

Los resultados de este estudio respaldan de manera concluyente la hipótesis de que los hábitats con mayor diversidad y complejidad estructural vegetal, como el Arboretum, albergan una mayor riqueza y abundancia de mariposas diurnas en comparación con hábitats simplificados como el Arbolado de Neem. Estos hallazgos son consistentes con múltiples investigaciones realizadas en Nicaragua y la región, que demuestran la influencia directa de la estructura del paisaje y la composición florística en las comunidades de lepidópteros.

El Arboretum se destacó como el hábitat más rico, 35 especies, y abundante con 804 individuos (Cuadro 2), un patrón que refleja directamente su alta diversidad vegetal y complejidad estructural. Este resultado concuerda perfectamente con lo observado por Araque (2023) en un bosque seco de Rivas, Nicaragua, donde el bosque denso, el hábitat más conservado, presentó la mayor riqueza de especies (29) y el índice de diversidad de Shannon más alto ($H' = 3.13$), estos resultados se atribuyen a que los bosques densos tienden a tener

una mayor diversidad de plantas, lo que a su vez influye positivamente en la diversidad de mariposas.

Cuadro 2. Diversidad alfa de las mariposas diurnas en los hábitats muestreados

Índices por herramienta de captura	Hábitat		
	Arboretum	Arbolado de Neem	Áreas abiertas
Especímenes totales capturados	804	304	236
Riqueza	35	18	24
Estimación índice de Chao 1	45.47	22.45	27.7
Porcentaje de aproximación riqueza capturada en muestreos según Chao 1	77%	80.2%	90.3%
Generales			
Índice de dominancia (D)	0.27	0.45	0.27
Índice de Simpson (1-D)	0.72	0.55	0.73
Índice de Shannon (H')	1.61	1.09	1.94
Índice de equitatividad ($e^{H'}/S$)	0.73	0.66	0.71
Transectos			
Especímenes promedio transecto ⁻¹	14	5	16
Índice de dominancia (D)	0.22	0.47	0.27
Índice de Simpson (1-D)	0.78	0.53	0.73
Índice de Shannon (H')	1.90	1.20	1.94
Índice de equitatividad ($e^{H'}/S$)	0.75	0.60	0.70
Trampas			
Especímenes promedio trampa ⁻¹	9	5	----
Índice de dominancia (D)	0.29	0.45	----
Índice de Simpson (1-D)	0.71	0.55	----
Índice de Shannon (H')	1.55	1.05	----
Índice de equitatividad ($e^{H'}/S$)	0.72	0.68	----

El estudio de Tobar & Ibrahim (2010) en Costa Rica muestra resultados similares que explica este fenómeno. Compararon cercas vivas multiestrato (CVM) complejas en especies y estructura con cercas vivas simples (CVS). Sus resultados mostraron que las CVM albergaban una riqueza y abundancia de mariposas significativamente mayor que las CVS. El Arboretum de este estudio funciona de manera similar a una CVM a gran escala, ofreciendo una amplia gama de recursos como plantas hospederas para larvas, fuentes de

néctar para adultos, sitios de descanso y protección contra depredadores. De hecho, Tobar & Ibrahim (2010) identificaron el número de especies arbóreas y la cantidad de arbustos como las variables que más incidían en la diversidad de mariposas.

El análisis de las curvas de acumulación de especies (Figura 6) y el estimador de riqueza Chao-1 no solo valida los resultados de riqueza observada, sino que también ofrece una perspectiva más profunda sobre la exhaustividad del muestreo y la diversidad real de cada hábitat.

Las curvas de acumulación de especies para las Áreas Abiertas y el Arbolado de Neem tienden a aplanarse, lo que indica que el muestreo se aproxima al número total de especies en esos sitios. Los porcentajes de riqueza estimada (Chao 1) fueron altos: 90.3% para las Áreas Abiertas y 80.2% para el Arbolado de Neem. Según los criterios establecidos en la literatura valores superiores al 70-80% indican que el esfuerzo de muestreo es estable y aceptable (Jiménez y Hortal, 2003; Moreno y Halffter, 2000; Hortal et al. 2006) confirmando que la riqueza observada en estos hábitats es un reflejo próximo a su diversidad real.

En contraste el Arboretum presenta una curva de acumulación de especies con una pendiente continua y ascendente, sin alcanzar una asíntota, visualmente se muestra que este hábitat soportaba aún más muestreos. Esta evidencia es coherente con el estimador Chao 1 que indica que se registró el 77% de la riqueza estimada. Si bien este valor se sitúa en el rango de lo considerado aceptable (70-80%), la forma de la curva confirma que la verdadera diversidad del sitio sigue siendo subestimada. Por lo tanto, se puede afirmar que la diferencia en diversidad entre el Arboretum y los otros hábitats es en realidad aún mayor de lo que se observó. El Arboretum no solo es el hábitat más diverso, sino que refuerza su rol como un importante reservorio de la diversidad de mariposas, con incluso una diversidad mayor a la registrada.

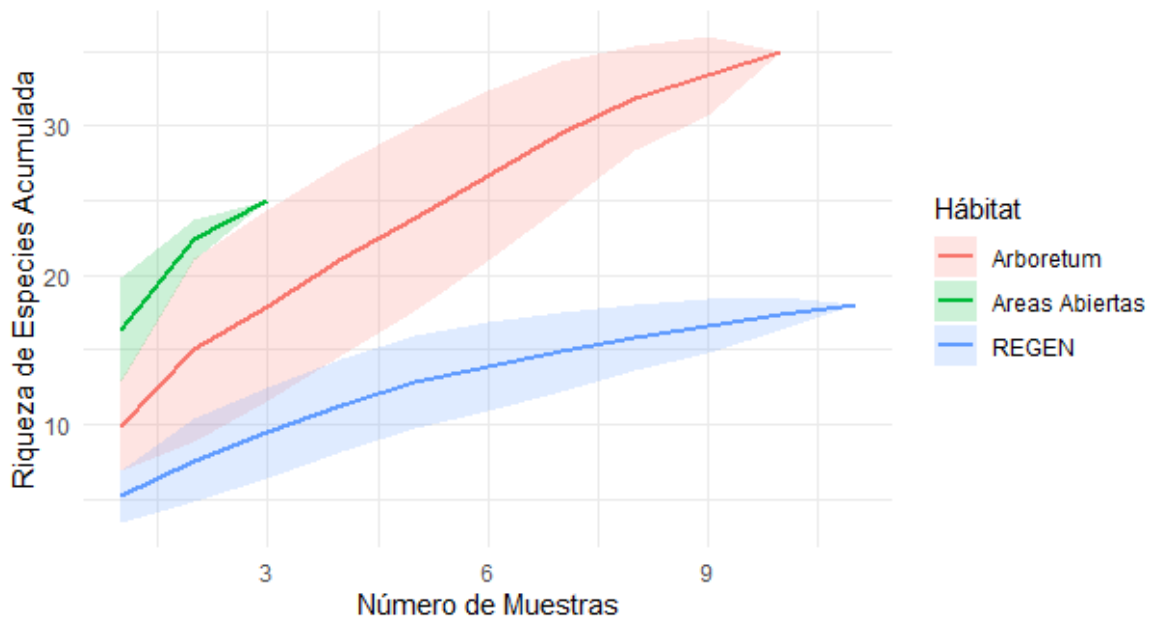


Figura 6. Curvas de acumulación de especies por hábitat.

Con respecto al Arbolado de Neem, este presentó la menor riqueza de especies (18) y la mayor dominancia ($D=0.45$). Este patrón es característico de ecosistemas simplificados donde solo unas pocas especies generalistas o adaptadas a las condiciones del monocultivo logran prosperar. Este resultado es similar al de Araque (2023), quien reportó que la zona de cultivo tenía la menor diversidad de mariposas, explicando que esto se debe a la "poca variabilidad vegetal y agua".

La baja diversidad en el Arbolado de Neem se puede atribuir a la escasez de plantas hospederas específicas para las larvas de muchas especies de mariposas, lo que es un factor limitante clave. Dado que los adultos requieren estas plantas para la oviposición, su ausencia limita directamente la capacidad de las poblaciones para establecerse y reproducirse en el sitio. Como señalan Hernández et al. (2003), la alteración de la vegetación, especialmente la pérdida de plantas hospedantes afecta negativamente a las mariposas típicas de bosque. Esto provoca que la comunidad sea dominada por unas pocas especies adaptadas a hábitats abiertos o alterados, como *Phoebis sennae*, que fue la más abundante en su estudio en Rivas y es considerada típica de áreas con alta luminosidad.

Con respecto al análisis de los índices Shannon y Equitatividad, los datos muestran que el Arboretum no solo es el hábitat más rico y abundante, sino también el más equitativo (0.73).

Esto indica que la abundancia de individuos está distribuida de la manera más uniforme entre sus 35 especies, consolidándolo como el ecosistema de mayor calidad ecológica en el estudio.

El sitio de Áreas abiertas también mostró un índice de Shannon ($H'=1.94$). Aunque este valor es el más alto, la equitatividad de este hábitat (0.71) es ligeramente inferior a la del Arboretum. Sin embargo, ambos hábitats son significativamente más balanceados que el Arbolado de Neem (0.66), confirmando que su comunidad está fuertemente dominada. El alto valor de Shannon en las Áreas Abiertas se debe a que la comunidad presenta un buen equilibrio para el número de especies que contiene.

Este no es un patrón aislado, el estudio de Rodríguez-Flores et al. (2021) en la reserva "El Tisey-La Estanzuela" en Estelí, Nicaragua, encontró un resultado similar, mientras unos hábitats presentaban alta riqueza con baja equidad, otros, como el "Potrero Cerro Tisey", registraban la mayor equidad de especies. Esto sugiere que las áreas abiertas, aunque no alberguen la máxima riqueza, pueden sostener poblaciones muy estables y bien distribuidas.

Además, los hábitats de borde o abiertos pueden ser muy valiosos. Rodríguez-Flores et al. (2021) encontraron que los caminos tuvieron la mayor riqueza (52 especies) y abundancia de todo su estudio, y Hernández et al. (2003) observaron una mayor abundancia de mariposas nectarívoras en los potreros con baja cobertura arbórea. Esto probablemente se deba a la alta disponibilidad de flores de plantas herbáceas, lo que convierte a las "Áreas abiertas" de este estudio en un importante sitio de forrajeo que sostiene una comunidad numerosa y bien balanceada.

5.3 Diversidad entre sitios de muestreo (diversidad beta)

El análisis de la diversidad beta permite visualizar y comprender cómo se distribuyen y comparten las especies entre los diferentes hábitats (Cuadro 3). Los resultados muestran una clara división ecológica entre las comunidades de mariposas, la cual se explica principalmente por la estructura del hábitat (presencia de dosel arbóreo vs. áreas abiertas) y los recursos alimenticios que cada uno ofrece a los distintos gremios de mariposas (nectarívoras vs. frugívoras).

Cuadro 3. Diversidad beta de las mariposas diurnas en los hábitats muestreados

Sitios de muestreo	Índices de similitud	
	Jaccard (cualitativo)	Morisita-Horn
Comparaciones Generales		
Arboretum-Neem	0.36	0.88
Área Abierta- Arboretum	0.33	0.19
Área Abierta-Neem	0.19	0.06
Comparaciones por método de muestreo		
Transectos Área Abierta- Arboretum	0.50	0.88
Transectos Área Abierta-Neem	0.24	0.56
Transectos Arboretum-Neem	0.24	0.81
Trampas Arboretum-Neem	0.53	0.88

El dendrograma de similitud de Jaccard (Figura 7) muestra una agrupación inicial: el Arboretum y el Arbolado de Neem son más similares en las especies entre sí que cualquiera de los dos con las Áreas Abiertas. Esto indica que, a nivel general, los dos hábitats con cobertura de árboles comparten una composición de especies más parecida, un patrón de agrupamiento por estructura de hábitat que ha sido documentado en otros paisajes nicaragüenses. Por ejemplo, Maes & Hernández (2016), en su estudio de la cuenca del Río Grande de Matagalpa, también utilizaron un análisis de similitud que agrupó los hábitats de "potreros y tacotales" de manera separada a los remanentes de bosque.

Esto sugiere que existe un conjunto de especies de mariposas adaptadas a las condiciones de "bosque" (sombra, humedad, tipo de recursos) que se encuentran tanto en el Arboretum como en el Arbolado de Neem, pero que están ausentes en las Áreas Abiertas. A su vez, las Áreas Abiertas albergan una comunidad distinta, adaptada a condiciones de alta luminosidad y vegetación herbácea.

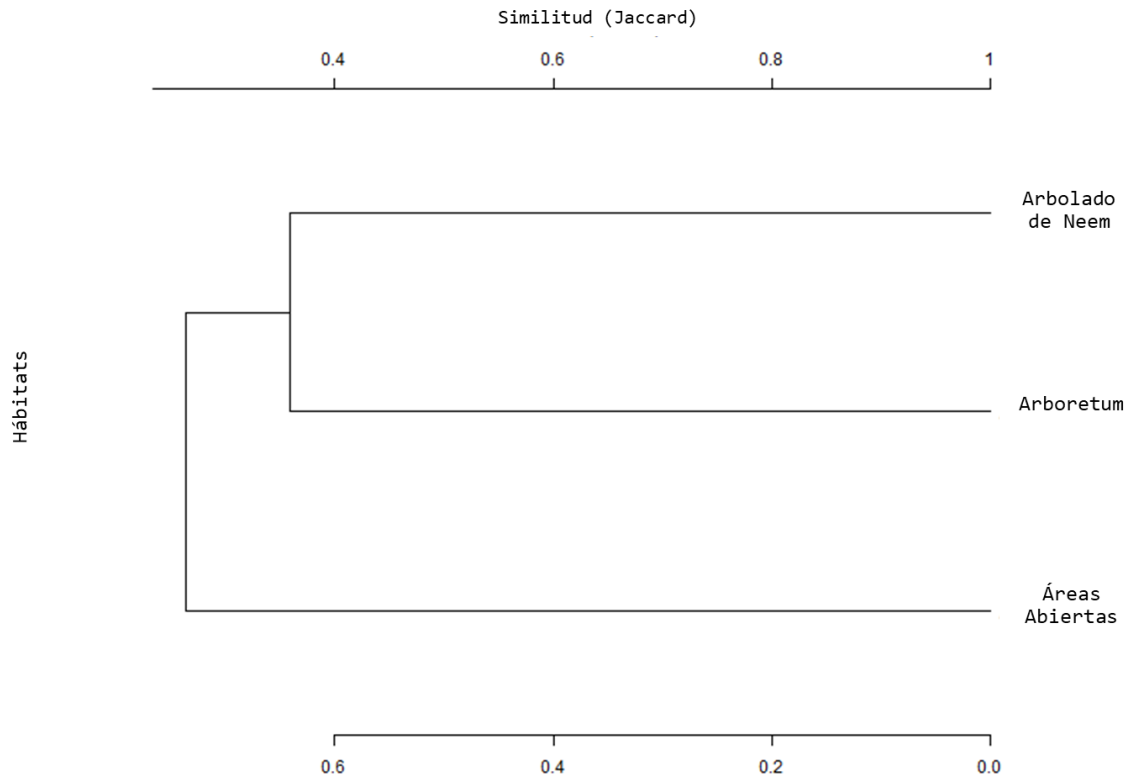


Figura 7. Dendrograma de similitud (Jaccard) de los hábitats: Arbolado de Neem, Arboretum y Áreas Abiertas.

De hecho, la división entre comunidades de mariposas de hábitats abiertos y hábitats con dosel arbóreo es un patrón ecológico recurrente en los paisajes de Nicaragua, como lo demuestran los análisis de clúster de varios estudios. Rodríguez-Flores et al. (2021) separaron hábitats abiertos de los forestales; Maes & Hernández (2016) encontraron una "agrupación de los muestreos de potreros y tacotales", distinta a los remanentes de bosque; y tanto Araque (2023) como Hernández et al. (2003) también identificaron grupos comunitarios distintos según el tipo de hábitat.

Para profundizar en las diferencias sutiles entre los dos hábitats con dosel, se realizó un análisis SIMPER (Anexo 4) que identificó a las especies que más contribuyen a la disimilitud entre el Arboretum y el Arbolado de Neem, siendo *Hamadryas februa* la principal especie diferenciadora ($p=0.001$), significativamente más abundante en el Arboretum (abundancia promedio de 17.6) que en el Neem (2.77).

Esta especie junto con *Vareuptychia similis*, la cual es también más abundante en el Arboretum, explica más del 51% de la disimilitud total entre ambos sitios. A primera vista, la especie más abundante, *Vareuptychia similis*, parecería ser más importante. Sin embargo, su abundancia está relativamente balanceada entre ambos sitios (30.5 en el Arboretum vs. 17.2 en el Neem). Esto la convierte en una "especie compartida" que, aunque numerosa, no diferencia claramente un hábitat del otro.

En contraste, *Hamadryas februa* muestra una abundancia muy desequilibrada, 17.6 en el Arboretum frente a solo 2.77 en el arbolado de Neem, una proporción de más de 6 a 1. Este patrón tan marcado y consistente la convierte en un excelente "indicador" de la calidad del Arboretum.

El análisis SIMPER premia esta consistencia y diferencia relativa, identificando a *H. februa* como la especie que marca una gran parte de la disimilitud. Este hallazgo demuestra que, aunque la estructura de "bosque" permite que compartan una composición de especies similar, la calidad y diversidad de recursos del Arboretum lo convierten en un hábitat de calidad superior a sistema no diversificado del tipo un monocultivo (como el arbolado de Neem), capaz de sostener poblaciones mucho más robustas de especies clave.

Este resultado sobre la preferencia de *Hamadryas februa* por el Arboretum, puede ser fuertemente respaldado por encontrarse resultados similares en el estudio de De Araujo et al. (2025) quienes identifican la abundancia de esta especie como un excelente indicador de bosques primarios, mostrando una mayor abundancia en el interior del bosque y disminuyendo en las áreas abiertas.

De Araujo et al. (2025) en su estudio, *H. februa* no solo mostró una clara disminución de su abundancia a lo largo del gradiente bosque-pastizal, sino que presentó un valor de especie indicador, cuatro veces superior al de otros taxones. Esta robustez la posiciona como una especie modelo ideal para el monitoreo de poblaciones y para evaluar respuestas rápidas a perturbaciones antropogénicas.

La mayor abundancia en el Arboretum podría explicarse por una mayor disponibilidad de sus plantas hospederas del género *Dalechampia* (Gueratto et al. 2020), las cuales podrían ser escasas o inexistentes en el Arbolado de Neem. De Nicaragua, según Stevens et al. (2001),

se conocen seis especies del género *Dalechampia*, siendo *D. scandens* más común y abundante en la zona pacífica del país. Según Beccaloni et al. (2008) en Costa Rica y El Salvador la especie *D. scandens* se ha reportado como planta hospedera de *Hamadryas februa*.

En cuanto a los transectos, se capturan principalmente mariposas de vuelo bajo, que a menudo son nectarívoras y dependen de la disponibilidad de flores. Se observa una alta Similitud entre Arboretum y Áreas Abiertas (Jaccard=0.50; Morisita-Horn=0.88). Estos dos hábitats comparten la mitad de sus especies de transecto, y sus abundancias relativas son muy similares (0.88 es un valor muy alto). Lo que se puede inferir es que ambos hábitats ofrecen una gran abundancia de recursos florales.

Basado en lo indicado en el párrafo anterior, el Arboretum provee flores en múltiples estratos: árboles, arbustos y plantas herbáceas del sotobosque. Mientras que las Áreas Abiertas, por su parte, probablemente tienen una alta densidad de flores de plantas arvenses y pastos, que son un recurso clave para muchas especies. Resultados similares fueron encontrados por Hernández et al. (2003) registrando una mayor abundancia de mariposas nectarívoras precisamente en los potreros con baja cobertura arbórea.

En la sección del análisis solo de transectos se observa una baja Similitud con el Arbolado de Neem (Jaccard=0.24). Tanto el Arboretum como las Áreas Abiertas son muy diferentes del Arbolado de Neem en cuanto a su comunidad de nectarívoras. Esto se debe a que un monocultivo como el de Neem ofrece una oferta de néctar muy pobre y limitada en el tiempo. La floración del Neem es estacional y poco diversa, por lo que no puede sostener una comunidad de mariposas nectarívoras rica y estable. Araque (2023) encontró la menor diversidad de mariposas en una zona de cultivo, atribuyéndolo a la "poca variabilidad vegetal y agua", un sistema similar al Arbolado de Neem.

Las trampas con cebo de fruta fermentada capturan especies frugívoras, que no dependen de las flores sino de otras condiciones. Se observa una alta similitud entre Arboretum y el Arbolado de Neem (Jaccard=0.53; Morisita-Horn=0.88). Estos dos hábitats comparten una comunidad de mariposas frugívoras casi idéntica, tanto en las especies presentes como en sus abundancias. Esto es consistente con los hallazgos De Araujo et al. (2025), quienes encontraron que, aunque la composición de especies frugívoras no difería entre el bosque y

el pastizal, el bosque sostenía una mayor abundancia de estas mariposas. La razón es que, para este gremio, la estructura del hábitat es más importante que la diversidad de plantas. De igual forma los hallazgos de Hernández et al. (2003) refuerzan estos resultados, porque encontraron un mayor número de individuos y especies frugívoras en los hábitats con mayor cobertura boscosa (charrales y bosques secundarios) que en los potreros.

Tanto el Arboretum como el Arbolado de Neem ofrecen sombra, alta humedad y un suelo cubierto de hojarasca. Estas son las condiciones microclimáticas ideales que buscan las mariposas frugívoras y que permiten la fermentación de frutos caídos. La presencia de un dosel arbóreo es el factor común que une a estas comunidades, sin importar si el dosel está formado por muchas especies de árboles o por una sola. La cobertura forestal a escala de paisaje puede impulsar la diversidad de especies, estos resultados pueden servir como información para la gestión del hábitat a nivel de paisaje (Tschardt et al. 2012), particularmente en áreas fragmentadas (Da Silva et al. 2019, Macedo-Reis et al. 2019).

5.4 Comportamiento de los gremios alimenticios de las mariposas diurnas en los hábitats muestreados

El análisis estadístico de los gremios alimenticios ofrece una explicación para los patrones de diversidad observados. La distribución y abundancia de las mariposas nectarívoras y frugívoras difieren significativamente entre los hábitats (Cuadro 4), lo que refleja los recursos específicos que cada uno provee y confirma los hallazgos de los análisis de diversidad alfa y beta.

Al comparar la abundancia de nectarívoros entre los tres hábitats (Arboretum, Arbolado de Neem y Áreas Abiertas), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0.06$).

El análisis de las mariposas frugívoras, capturadas principalmente con trampas, revela una clara y estadísticamente significativa preferencia por los hábitats con dosel. La comparación de la abundancia de este gremio entre el Arboretum y el Arbolado de Neem mostró una diferencia altamente significativa (Kruskal-Wallis, $p=0.006$).

Las mariposas frugívoras, capturadas principalmente con trampas, mostraron una clara preferencia por los hábitats con dosel arbóreo. Este gremio está ecológicamente ligado a las

condiciones del sotobosque, como la sombra y la humedad, que son necesarias para su desarrollo y para la fermentación de sus recursos alimenticios.

Cuadro 4. Cantidad de mariposas por habitat de acuerdo a los gremios alimenticios.

Gremios alimenticios	Cantidad de especímenes capturados por hábitats ^a		
	Arboretum	Arbolado de Neem	Áreas abiertas
Nectarívoros	127a	18a	234a
Frugívoros	677a	286b	2ab
Total	804	304	236

^a letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Cabe destacar la dominancia absoluta del gremio de frugívoros en el Arboretum, donde se registró una abundancia total de 677 individuos frugívoros, una cifra que sobrepasa con creces, los 45 individuos del Arbolado de Neem y los 2 de las Áreas Abiertas. Esto demuestra que, aunque una estructura de bosque simple como la del Arbolado de Neem puede ofrecer las condiciones microclimáticas mínimas de refugio (sombra y humedad) que este gremio frugívoro de mariposas necesita, no los ofrece adecuadamente.

Lo anterior evidencia la necesidad de recursos específicos que el Arboretum proporciona, mayor variedad de frutos, plantas hospederas y microhábitats, lo que lo convierte en un ecosistema inmensamente más productivo y capaz de sostener poblaciones mucho mayores. La sensibilidad de las mariposas frugívoras a los cambios en las condiciones del bosque ha sido destacada en estudios como el de De Araújo Silva (2025), lo que hace aún más notable la capacidad del Arboretum para albergar una población tan robusta.

Este resultado apoya los hallazgos que se obtuvieron de la diversidad beta, si bien el Arboretum y el Neem comparten una composición de especies similar, el Arboretum sostiene a las poblaciones de este gremio a una escala más de 15 veces mayor, consolidándose como el hábitat clave para su conservación, un patrón consistente con los hallazgos de Hernández et al. (2003), quienes también encontraron un mayor número de individuos y especies frugívoras en los hábitats con mayor cobertura boscosa.

Los datos de abundancia y las comparaciones pareadas confirman una clara separación ecológica, tanto el Arboretum como las Áreas Abiertas sostienen poblaciones de nectarívoros significativamente más abundantes que el Arbolado de Neem, donde este gremio es prácticamente inexistente.

El Arbolado de Neem, al ser un sistema simplificado, similar a un monocultivo, es pobre en flores, análogo a las zonas de cultivo que, según Araque (2023), presentan la menor diversidad de mariposas debido a la "poca variabilidad vegetal". En cambio, las Áreas Abiertas, con su abundancia de flores herbáceas, y el Arboretum, con su diversa oferta floral en múltiples estratos y bordes de bosque, funcionan como los principales centros de actividad para las mariposas que dependen del néctar.

La afinidad de las especies de mariposas nectarívoras por los bordes de bosque y las áreas abiertas ha sido bien documentada en la región. De hecho, estudios en paisajes ganaderos de Nicaragua han encontrado una mayor abundancia de mariposas nectarívoras precisamente en los potreros con baja cobertura arbórea, lo que respalda los resultados de este estudio.

VI. CONCLUSIONES

Se identificó una comunidad de mariposas diurnas compuesta por las familias Pieridae, Papilionidae y Nymphalidae, siendo esta última la más representativa en los tres sitios evaluados.

Los índices de diversidad alfa revelaron que el Arboretum posee la mayor riqueza y abundancia de individuos; por su parte, el análisis de diversidad beta demostró que la composición de especies está determinada por la estructura física del hábitat, agrupando los sitios arbolados (Arboretum y Neem) por su similitud.

En los gremios alimenticios los nectarívoros dominaron en las Áreas Abiertas y el Arboretum, mientras que el gremio frugívoro fue casi exclusivo del Arboretum. Se determinó que el sistema de Neem actúa únicamente como un refugio estructural básico para especies frugívoras, a diferencia del Arboretum, es un hábitat más integral al sostener a ambos gremios.

VII. RECOMENDACIONES

Designar el Arboretum Juan José Quezada como una zona de conservación prioritaria, protegiéndola de la tala o la fragmentación, este sitio representa un ecosistema con gran valor ecológico.

En proyectos de reforestación o restauración, se debe replicar modelos similares al Arboretum, utilizando una alta diversidad de especies de plantas nativas, que ofrezcan múltiples estratos (árboles, arbustos y sotobosque). Esto no solo beneficiará a las mariposas, sino a la biodiversidad en general, un principio respaldado por numerosos estudios.

Se recomienda el establecimiento de cercas vivas multiestrato y corredores biológicos que conecten los diferentes parches de hábitat. Estos elementos lineales han demostrado aumentar la riqueza de mariposas y facilitar su movimiento a través de paisajes agrícolas, uniendo recursos para diferentes gremios.

Repetir este estudio en diferentes épocas del año (lluviosa vs. seca) y a lo largo de varios años para entender la dinámica temporal de las comunidades de mariposas y su resiliencia a cambios climáticos.

Realizar un inventario de las plantas hospederas (de estas especies de mariposas) y las fuentes de néctar más utilizadas por los adultos en cada hábitat. Esta información sería invaluable para guiar proyectos de restauración ecológica con un enfoque específico en lepidópteras.

VIII. LITERATURA CITADA

- Andrade-C., M.G., Henaol Bañol, E.R., Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperioidea – Papilionoidea) *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 37 (144): 311-325.
- Andrade-Correa, M. G. (1998). Utilización de las mariposas como bioindicadores del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 22(84), 407-421. <https://doi.org/0370-3908>
- Aranzana, F. d. (2013). Gestión de zonas verdes urbanas y periurbanas para la conservación de la biodiversidad: El caso de Vitoria-Gasteiz. En *Conferencias y Ponencias del 6º Congreso Forestal Español* (pp. 313-322). Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Araque, P. J. Comunidad de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) en bosque tropical seco, Sapoá, Rivas, Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 295, 1-27.
- Bahamonde, H. A., Peri, P. L., Gargaglione, V. B., Diaz, B. G., Monelos, L. H., y Almonacid, L. (2018). *Arbolado urbano en Patagonia sur, Principales especies y su manejo*. Consejo Agrario Provincial (Santa Cruz). <https://doi.org/978-987-46815-1-5>
- Ballesteros, F., & Padilla, C. (2022). Características para una adecuada selección de especies en árboles urbanos. *Revista Trimestral sobre la Actualidad Ambiental*. 3 (17-23). <https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/39260/ART-284-03.pdf>
- Beccaloni, G. W., Vilorio, Á. L., Hall, S. K., & Robinson, G. S. (2008). *Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies* [Catálogo de las plantas huésped de las mariposas neotropicales]. Sociedad Entomológica Aragonesa; Museo de Historia Natural de Londres; Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Bonilla-Duarte, S., Díaz, G., Cortés, L., & Jáuregui-Haza, U. (2021). *El arbolado en ciudades y la protección de los recursos hídricos: preguntas y respuestas*. Gali Monpue. <https://doi.org/978-9945-9274-6-7>

- Bonebrake, T. C., Ponisio, L. C., Boggs, C. L., & Ehrlich, P. R. (2010). More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation [Más que simples indicadores: Una revisión de la ecología y conservación de las mariposas tropicales]. *Biological Conservation*, 143(8), 1831-1841. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.044>
- Cabrera-Verdesoto, C. A., Cedeño, L. E., Segura, K. A., Jiménez-González, A., & Tóala, T. O. (2022). *Áreas verdes y arbolado en la zona urbana del cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador*. *SciELO*, 9(1). <https://doi.org/10.29166>
- Consultores Ambientales en Agricultura, Forestación y Fauna (CAAFF). (22 de noviembre de 2023). *Los ecosistemas y la biodiversidad; ¿Cuáles son los beneficios que nos brinda la biodiversidad?* <https://scutoids.es/cuales-son-los-beneficios-que-nos-brinda-la-biodiversidad/>
- Cuevas, E. D. C. (2022). Expansión urbana o cómo el suelo urbanizado se dispersa por el paisaje: Implicaciones para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*, 31(1), 2165. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2165>
- Da Silva, P. G., Nunes, C. A., Ferreira, L. F., Braga, R. F., Beiroz, W., Perillo, L. N., ... & de Siqueira Neves, F. (2019). Patch and landscape effects on forest-dependent dung beetles are masked by matrix-tolerant dung beetles in a mountaintop rainforest archipelago [Los efectos del parche y del paisaje sobre los escarabajos peloteros que dependen de los bosques quedan enmascarados por los escarabajos peloteros tolerantes a la matriz en un archipiélago de selva tropical en la cima de una montaña]. *Science of the Total Environment*, 651, 1321-1331.
- De Araújo Silva, G., Nascimento, B. S. D., de Jesus Araújo Pinto, U., dos Santos, A. L. C., do Vale Beirão, M., & de Oliveira Silva, J. (2025). Changes in vegetation cover and their effects on the diversity of fruit-feeding butterflies [Cambios en la cobertura vegetal y sus efectos en la diversidad de mariposas frugívoras]. *Austral Ecology*, 50(7).

- Felson, A. J., Pavao-Zuckerman, M. A., Carter, T., Montalto, F., Shuster, W., Springer, N., & Stander, E. K. (2023). Mapping the landscape of urban ecosystem services: Integrating vegetation diversity for biodiversity conservation [Mapeo del paisaje de los servicios ecosistémicos urbanos: Integrando diversidad de vegetación para conservación de la diversidad]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 21(1), 12-20. <https://doi.org/10.1002/fee.2589>
- Fernández, L. A., Boggiano, A. G., Cárdenas, I. O., & Pérez, A. R. (2021). Diagnóstico del arbolado urbano en una sección de la ciudad de Sancti Spíritus. *SciELO*, 9(2). <https://doi.org/2310-3469>
- Figuerola, G. A. (2018). *Uso de mariposas como bioindicador del estado de recuperación de bosques manejados, pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica*. [Tesis de ingeniería, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/2238/10326>
- Fuentes, A.F. (2015). Identificación de especímenes y delimitación de morfoespecies en P.M. Jorgensen., A.F. Fuentes., T. Miranda. y L. Cayola (Eds.), *Manual de trabajo: Proyecto Madidi, Inventario botánico de la Región Madidi* (181-191). Proyecto Madidi.
- Fundación Aquae. (2021, 22 de diciembre). *¿Qué es la biodiversidad y por qué es importante?* <https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-biodiversidad/>
- Fundación Reforestemos. (3 de enero de 2024). *Áreas verdes en ciudades: ¿por qué son tan necesarias?* <https://www.reforestemos.org/blog/areas-verdes-en-ciudades-por-que-son-tan-necesarias/>
- Galiakberova, A. A., Gapsalamov, A. R., Akhmetshin, E. M., & Bochkareva, T. N. (2024). Urban green spaces as a factor in the sustainable development of megacities [Espacios verdes urbanos como factor en el desarrollo sostenible de las megaciudades]. *Sustainable Cities and Society*, 102, 105-118. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105118>
- Gómez Sánchez, L.E (2018). *Distribución potencial de Lepidópteros (Lepidoptera: Nymphalidae), bajo tres escenarios de cambio climático y un modelo de perturbación antropogénico en Colombia* [Tesis de Licenciatura, Universidad Distrital Francisco

- José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/items/976976a6-96bd-4ad1-8b07-c37821a1dbc3>
- González de Canales, C. P. (2002). Beneficios del arbolado urbano (5-19). <https://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios%20del%20arbolado%20urbano.pdf>
- González, L. M., & Tovar, D. C. (2021). Espacios verdes urbanos en: Cibrián-Tovar, D. (ed.), *Fundamentos para el manejo integrado de plagas forestales* (1 ed., pp. 72-88). Universidad de Chapingo.
- Google Earth. (2023). [Universidad Nacional Agraria [Nicaragua]. Disponible en <https://www.google.es/earth/>
- Gueratto, P. E., Carreira, J. Y., Santos, J. P., Tacioli, A., & Freitas, A. V. (2020). Effects of forest trails on the community structure of tropical butterflies [Efectos de los senderos forestales en la estructura de la comunidad de mariposas tropicales]. *Journal of Insect Conservation*, 24(2), 309-319.
- Hernández, B., Maes, J. M., Harvey, C. A., Vílchez, S., Medina, A., & Sánchez, D. (2003). Diversidad y abundancia de mariposas diurnas en un paisaje fragmentado en el departamento de Matiguas (Matagalpa), Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 10, 1–21.
- Hortal, J., Borges, P. A., & Gaspar, C. (2006). Evaluating the performance of species richness estimators: Sensitivity to sample grain size [Evaluación del desempeño de los estimadores de riqueza de especies: Sensibilidad al tamaño del grano de muestreo]. *Journal of animal ecology*, 75(1), 274-287.
- iNaturalist. (2024). *Mariposas diurnas*. <https://www.inaturalist.org/posts/89505-mariposas-diurnas>
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2023). *Perspectiva del comportamiento del primer subperiodo lluvioso*. <https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20Perspectiva%20periodo%20lluvioso/BoletinPerspectivaLLuvia2023.pdf>

- Jaramillo F, D; Guillermo Jaramillo, J; Velásquez, M.P y Uribe, S. (2022). *Polinizadores del Aburrá. Avez, mariposas y abejas*.
https://issuu.com/dajafer7/docs/libro_polinizadoresarea_v8/75
- Jiménez Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de arcnología*, 8, 151-161.
- Krenn, H. W. (2008). Feeding behaviours of neotropical butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) [Comportamientos de alimentación de mariposas neotropicales (Lepidoptera, Papilionoidea)]. *Stapfia*, 88 (295-304).
<https://www.zobodat.at/pdf/STAPFIA00880295-0304.pdf>
- Lehnert, M. S., Beard, C. E., Gerard, P. D., Kornev, K. G., y Adler, P. H. (2016). Structure of the lepidopteran proboscis in relation to feeding guild [Estructura de la probóscide de los lepidópteros en relación con el gremio alimentario]. *Journal of Morphology*, 277(2), 167-182. <https://doi.org/10.1002/jmor.20487>
- Luis-Martinez A., & Llorente-Bousquets, J. (1990). Mariposas en el Valle de México: introducción e historia. 1. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Cañada de los Dínamos, Magdalena Contreras, DF, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 78, 95-198. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/LuisMartinez1990.pdf>
- Macedo-Reis, L. E., Quesada, M., & de Siqueira Neves, F. (2019). Forest cover drives insect guild diversity at different landscape scales in tropical dry forests [La cobertura forestal impulsa la diversidad de gremios de insectos en diferentes escalas de paisajes en bosques secos tropicales]. *Forest Ecology and Management*, 443, 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.04.007>
- Maes, J.M. (2004). Mariposas de Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, (2-4). <http://www.bio-nica.info/biblioteca/MAESMariposasDeNicaragua.pdf>
- Maes, J.M. (2006). Papilionidae (Lepidoptera) de Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 66(3-241). <http://www.bio-nica.info/RevNicaEntomo/66-2006-S3.pdf>

- Maes, J.M. (2007). Pieridae (Lepidoptera) de Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 67(1-313). <http://www.bio-nica.info/RevNicaEntomo/67-2007-S1.pdf>
- Maes, J.M. (s.f). *Catálogo de Insectos y Artrópodos terrestres de Nicaragua*. Bio-Nica. <http://www.bio-nica.info/Ento/0-Ordenes.htm>
- Maes, J.M. 1999. *Catálogo de Insectos y Artrópodos terrestres de Nicaragua* (Vol. 3). Imprenta PRINT.
- Martínez-Noble, J. I., Meléndez-Ramírez, V., Delfín-González, H., y Pozo, C. (2015). Mariposas de la selva mediana subcaducifolia de Tzucacab, con nuevos registros para Yucatán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(2), 348-357.
- Mobeen Ghazanfare, M. F. (2016). Butterflies and their contribution in ecosystem: A review [Mariposas y su contribución en el ecosistema: Una revisión]. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(2), 115-118. <https://doi.org/2320-7078>
- Molina Holgado, P., Berrocal Menárguez, A. B., Zapata Bastidas, A., & Jendrzyczkowski Rieth, L. (2017). La importancia de las zonas verdes urbanas en la conservación de la biodiversidad en la ciudad de Madrid: el caso de algunas aves en declive. En *Naturaleza, territorio y ciudad en un mundo global: Actas del XXV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles* (pp. 307-316). Ediciones UAM. <https://doi.org/10.15366/ntc.2017>
- Moreno, C. E., & Halfpeter, G. (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves [Evaluación de la integridad de inventarios de biodiversidad]. *Journal of Applied ecology*, 37(1), 149-158.
- National Geographic. (2022). *Los secretos de los insectos: por qué son fundamentales para el planeta y cómo evitar que desaparezcan*. <https://www.nationalgeographicla.com/animales/2022/11/los-secretos-de-los-insectos-por-que-son-fundamentales-para-el-planeta-y-como-evitar-que-desaparezcan>
- Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solyomos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker,

- B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., ... & Weedon, J. (2022). *vegan: Community Ecology Package* [vegan: Paquete de ecología de comunidades] (Versión 2.6-4) [Software]. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Ortega, K. (2021). *Riego por goteo convencional y automatizado en la producción de tomate (Solanum lycopersicum L.), a campo abierto*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4313/1/tnf06o77.pdf>.
- Pozo, C., Llorente, J., Luis-Martinez, A., Vargas, I. y Salas, N. (2005). Reflexiones acerca de los métodos de muestreo para mariposas en las comparaciones biogeográficas en J. Llorente., y J. Morrone (Eds.), *Regionalización geográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas de la red iberoamericana de biogeografía y entomología sistemática* (203-215). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Posit Team. (2023). *RStudio: Integrated Development Environment for R* [RStudio: Entorno de desarrollo integrado para R] [Software]. <http://www.posit.co/>
- Quezada Bonilla, J. B., Zapata, M. G. y Meyrat, A. K. (2012). *Especies arbóreas y arbustivas del arboretum Alain Meyrat*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3187/1/nf70q5e.pdf>
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* [R: Un lenguaje y entorno para la computación estadística] [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ramírez-Restrepo, L., & MacGregor-Fors, I. (2016). Butterflies in the city: A review of urban butterfly ecology [Mariposas en la ciudad: Una revisión de la ecología de mariposas urbanas]. *Urban Ecosystems*, 20(1), 171-184. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0579-4>
- Rodríguez-Flores, O.R; Alonso-Hernández, N; Loera-Alvarado, E; Jirón-Pablo, E; Arguello-Chavez, H. I; Villanueva-Sánchez, E; Diego-Nava, F; Granados-Echegoyen, C; Pérez-Herrera, J. L & Zeledón-Espinoza, F.O (2021). Diversity of Butterflies in the Core Zone of the Nature Reserve “El Tisey-La Estanzuela”, Estelí, Nicaragua: An

- Ecological Conservation Approach [Diversidad de mariposas en la zona núcleo de la Reserva Natural “El Tisey-La Estanzuela”, Estelí, Nicaragua: Un enfoque de conservación ecológica]. *Southwestern Entomologist* 46(3), 667-686. <https://doi.org/10.3958/059.046.0308>
- Stevens, W. D., Ulloa Ulloa, C., Pool, A., & Montiel, O. M. (Eds.). (2001). Flora de Nicaragua: *Introducción, gimnospermas y angiospermas (Acanthaceae–Euphorbiaceae) (Tomo 1)*. Missouri Botanical Garden Press.
- Tan, D., & Lucky, A. (2016). Carolina Satyr *Hermeuptychia sosybius* (Fabricius, 1793) (Insecta: Lepidoptera: Nymphalidae) [Satiro Carolina *Hermeuptychia sosybius* (Fabricius, 1793) (Insecta: Lepidoptera: Nymphalidae)]. EDIS, 2016(5). <https://doi.org/10.32473/edis-in1139-2016>
- Tobar, D. E., & Ibrahim, M. (2010). ¿Las cercas vivas ayudan a la conservación de la diversidad de mariposas en paisajes agropecuarios? *Revista de biología tropical*, 58(1), 447-463.
- Tripplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borrór and DeLong’s introduction to the study of insects* [Introducción al estudio de los insectos de Borrór y DeLong]. Thomson Brooks/Cole.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., ... & Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes—eight hypotheses [Moderación del paisaje de patrones y procesos de biodiversidad]. *Biological reviews*, 87(3), 661-685. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>
- Vélez Lemos, D., & Galledo-Roperó, M. &. (2015). Diversidad de mariposas diurnas (Insecta: Lepidóptera) de un bosque subandino, Cajibío, Cauca. *SciELO*, 19(1), 263-285. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.1.20>
- Villalobos-Moreno, A., Salazar-Escobar, J. A., Agudelo-Martínez, J. C., & Díaz-Olarte, J. J. (2020). Mariposas de la familia Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) de un bosque seco tropical en la cuenca del río Playonero, Santander, Colombia. *Revista chilena de entomología*, 46(2), 303-312. <https://doi.org/10.35249>

Warren, A. D., Davis, K. J., Stangeland, E. M., Pelham, J. P., Willmott, K. R., & Grishin, N. V. (2024). *Illustrated lists of american butterflies: butterflies of America* [Lista ilustrada de mariposas americanas: Mariposas de América]. <http://www.butterfliesofamerica.com/>

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Golemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T., Miller, E., Bache, S., Müller, K., Cook, D., McPherson, J., Vaughan, D., Spinu, V., ... & Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse [Bienvenidos al Tidyverse]. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Papilionidae. A) *Battus polydamas*, B) *Heraclides thoas*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



B)



Anexo 2. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) *Adelpha iphicleola*, B) *Anartia fatima*, C) *Anartia jatrophae*, D) *Anthanassa tulcis*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



B)



C)



D)



Anexo 3. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) *Chlosyne lacinia*, B) *Chlosyne theona theona*, C) *Colobura dirce*, D) *Consul fabius*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



B)



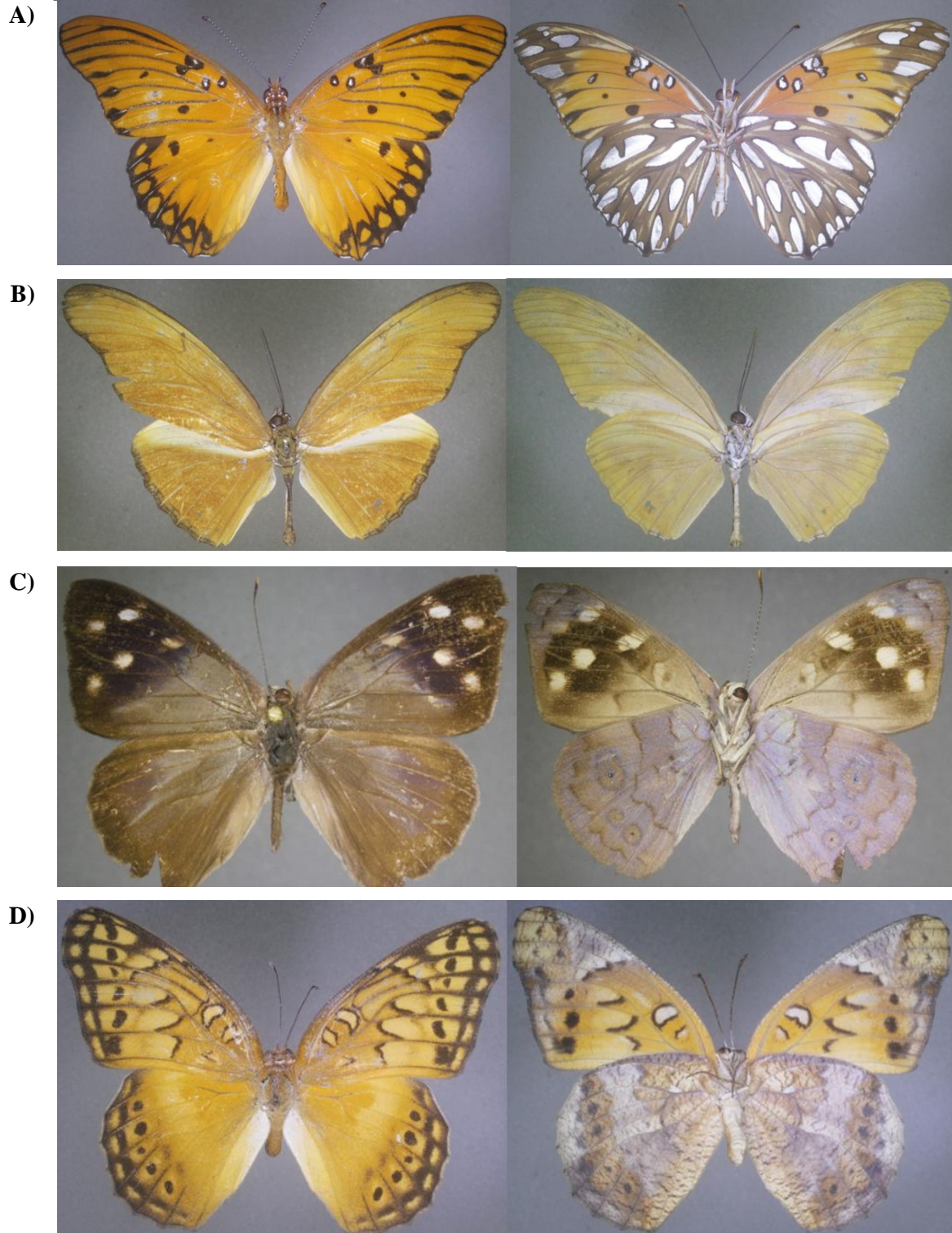
C)



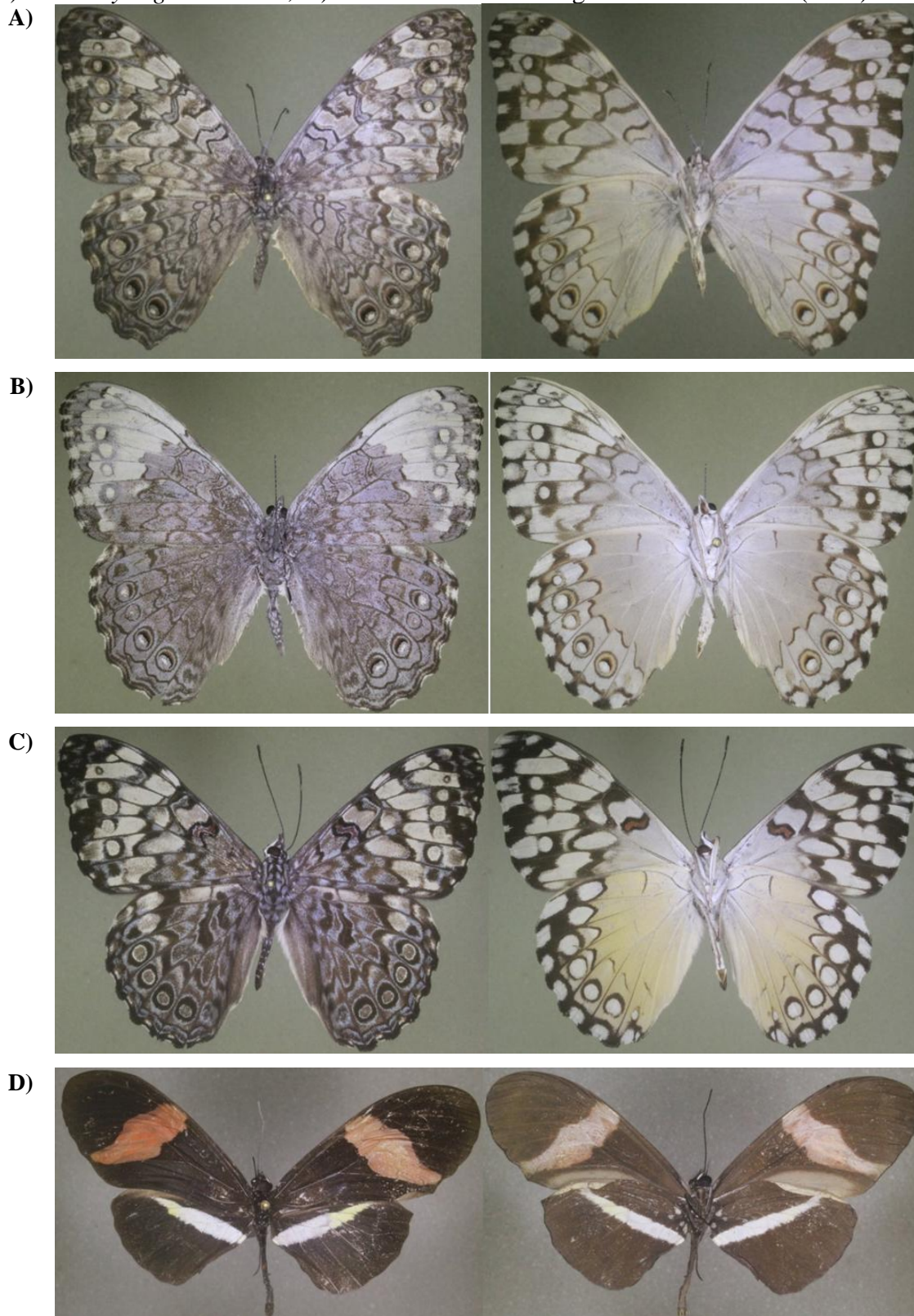
D)



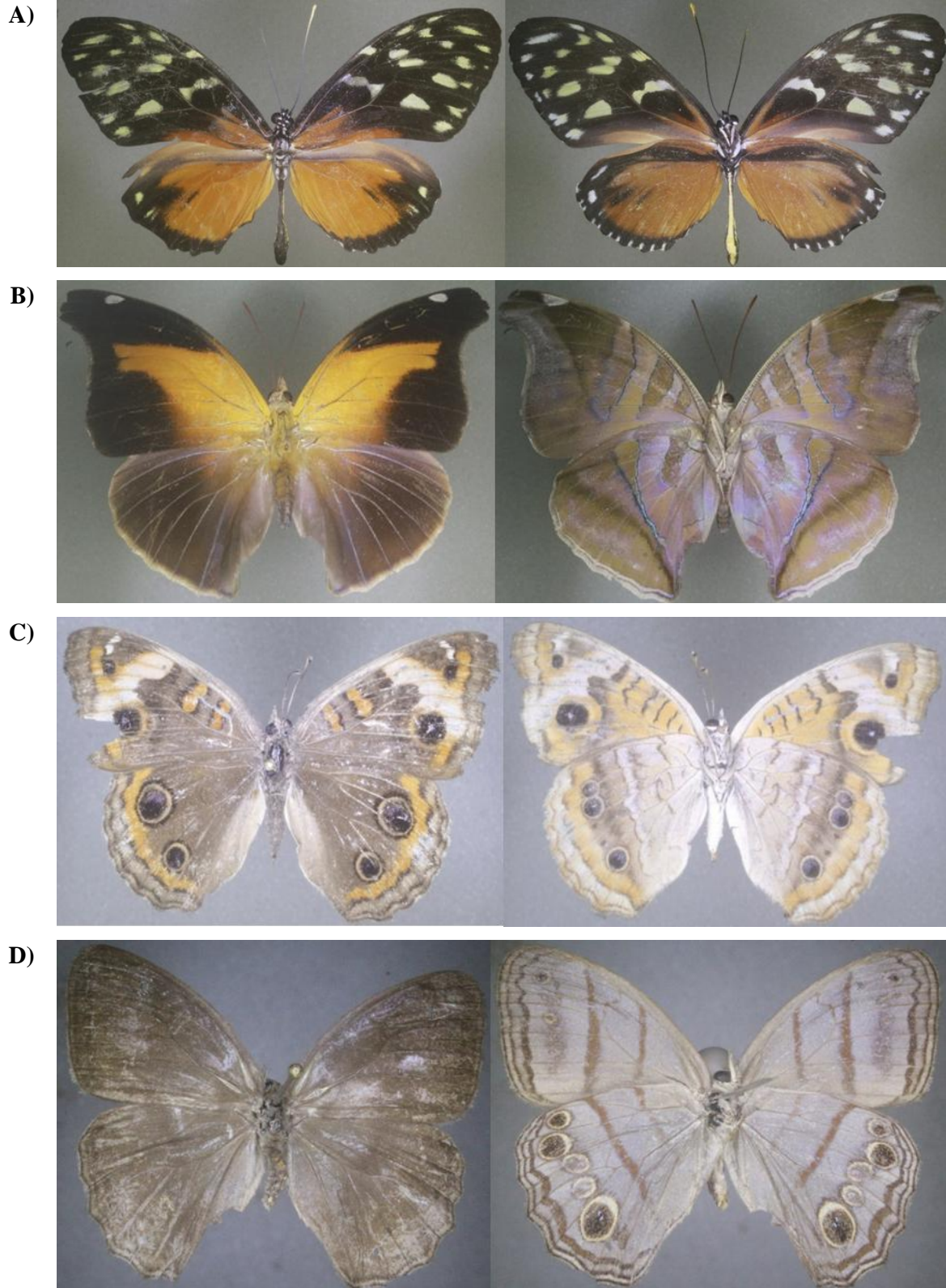
Anexo 4. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) *Dione vanillae*, B) *Dryas iulia*, C) *Eunica monima*, D) *Euptoieta hegesia*. Fotografías de las autoras (2026)



Anexo 5. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) *Hamadryas februa*, B) *Hamadryas glauconome*, C) *Hamadryas guatemalena*, D) *Heliconius erato*. Fotografías de las autoras (2026)



Anexo 6. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) *Heliconius hecale*, B) *Historis odius*, C) *Junonia evarete evarete*, D) *Magneptychia libye*. Fotografías de las autoras (2026)



Anexo 7. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) *Manataria maculata*, B) *Microtia elva*, C) *Myscelia ethusa pattenia*, D) *Opsiphanes cassina chiriquensis*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



B)



C)



D)



Anexo 8. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) *Opsiphanes tamarindi*, B) *Prepona laertes*, C) *Siderone galanthis*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



B)



C)

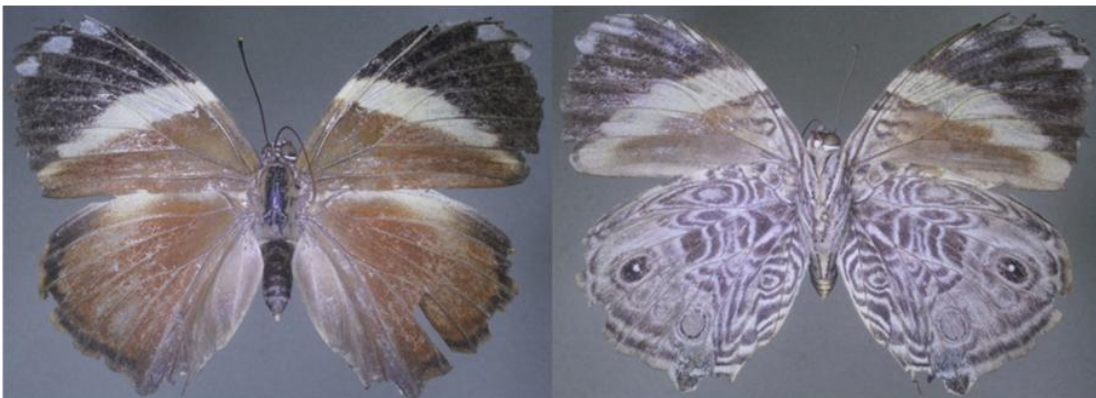


Anexo 9. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Nymphalidae registradas en el estudio. A) *Siproeta stelenes*, B) *Smyrna blomfieldia*, C) *Taygetis laches*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



B)



C)



Anexo 10. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Pieridae. A) *Abaeis boisduvaliana*, B) *Abaeis xantochlora xantochlora*, C) *Ascia monuste monuste*, D) *Eurema दौरा दौरा*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



B)



C)



D)



Anexo 11. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Pieridae. A) *Eurema दौरा eugenia*, B) *Glutophrissa drusilla noroesta*, C) *Kricogonia lyside*, D) *Phoebis agarithe pupillata*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



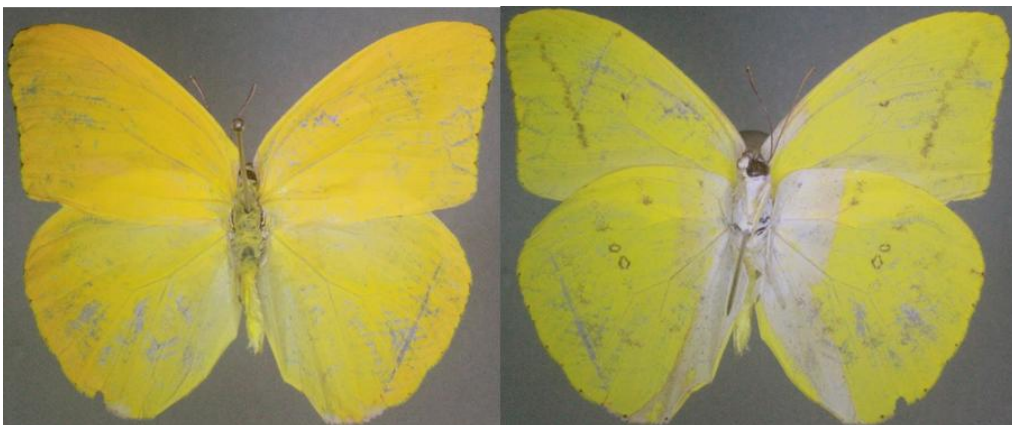
B)



C)



D)



Anexo 12. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Pieridae. A) *Phoebis sennae marcellina*, B) *Phoebis sennae*, C) *Pyrisitia dina dina*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



B)



C)



Anexo 13. Catálogo fotográfico en vista dorsal y ventral de las especies de la Familia Pieridae. A) *Pyrisitia nise nelphe*, B) *Pyrisitia proterpia*, C) *Pyrisitia westwoodii westwoodii*. Fotografías de las autoras (2026)

A)



B)



C)



Anexo 14. Resultados del análisis SIMPER mostrando las especies que más contribuyen a la disimilitud entre el Arboretum y el Arbolado de Neem

Species	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
<i>Vareuptychia similis</i>	0,185	0,13	1,417	30,5	14,636	0,291	0,335
<i>Hamadryas februa</i>	0,141	0,093	1,527	17,6	2,455	0,514	0,001
<i>Opsiphanes cassina chiriquensis</i>	0,064	0,049	1,294	7,4	6,818	0,615	0,933
<i>Anthanassa tulcis</i>	0,061	0,116	0,528	6,3	0,727	0,712	0,989
<i>Hamadryas guatemalena</i>	0,039	0,028	1,382	4,4	0,364	0,773	0,001
<i>Smyrna blomfieldia</i>	0,022	0,021	1,023	2,4	0,455	0,808	0,001
<i>Hamadryas glauconome</i>	0,022	0,021	1,041	2,6	0,273	0,842	0,001
<i>Pyrisitia westwoodii westwoodii</i>	0,016	0,034	0,486	1,7	0	0,868	0,745
<i>Chlosyne theona theona</i>	0,012	0,024	0,48	1,2	0	0,887	0,963
<i>Taygetis laches</i>	0,008	0,008	1,004	1	0,273	0,899	0,101
<i>Pyrisitia proterpia</i>	0,006	0,014	0,444	0,5	0,091	0,909	0,863
<i>Magneuptychia libye</i>	0,006	0,008	0,707	0,3	0,364	0,918	0,787
<i>Microtia elva</i>	0,005	0,008	0,623	0,4	0,182	0,926	0,684
<i>Euptoieta hegesia</i>	0,005	0,014	0,33	0,6	0	0,933	0,994
<i>Colobura dirce</i>	0,004	0,007	0,567	0,3	0,182	0,939	0,559
<i>Siproeta stelenes</i>	0,004	0,005	0,679	0,3	0,182	0,945	0,962
<i>Ascia monuste monuste</i>	0,003	0,012	0,292	0	0,273	0,95	0,927
<i>Abaeis xantochlora xantochlora</i>	0,003	0,006	0,486	0,3	0	0,955	0,157
<i>Consul fabius</i>	0,003	0,006	0,45	0,2	0	0,959	0,001
<i>Siderone galanthis</i> (Cramer, 1775)	0,003	0,006	0,45	0,2	0	0,963	0,001
<i>Opsiphanes tamarindi</i>	0,002	0,004	0,562	0,2	0,091	0,967	0,495
<i>Eurema दौरa eugenia</i>	0,002	0,007	0,33	0,3	0	0,97	0,972
<i>Pyrisitia dina dina</i>	0,002	0,007	0,327	0,2	0	0,974	0,978
<i>Myscelia ethusa pattenia</i>	0,002	0,005	0,329	0,2	0	0,977	0,001
<i>Prepona laertes</i>	0,002	0,005	0,322	0,1	0	0,979	0,001

Anexo 14. Continuación...

Species	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
<i>Eurema दौरा दौरा</i>	0,002	0,005	0,33	0,2	0	0,982	0,998
<i>Heliconius erato</i>	0,001	0,004	0,327	0,1	0	0,984	0,001
<i>Chlosyne lacinia</i>	0,001	0,004	0,292	0	0,091	0,986	0,993
<i>Heliconius hecale</i>	0,001	0,004	0,292	0	0,091	0,987	0,881
<i>Adelpha iphicleola</i>	0,001	0,003	0,329	0,1	0	0,989	0,001
<i>Eunica monima</i>	0,001	0,003	0,329	0,1	0	0,99	0,001
<i>Historis odius</i>	0,001	0,003	0,33	0,1	0	0,991	0,001
<i>Abaeis boisduvaliana</i>	0,001	0,002	0,33	0,1	0	0,993	0,001
<i>Dione vanillae</i>	0,001	0,002	0,33	0,1	0	0,994	0,989
<i>Dryas iulia</i>	0,001	0,002	0,33	0,1	0	0,995	0,001
<i>Kricogonia lyside</i>	0,001	0,002	0,33	0,1	0	0,996	0,001
<i>Phoebis sennae</i>	0,001	0,002	0,33	0,1	0	0,998	0,988
<i>Pyrisitia nise nelphe</i>	0,001	0,002	0,33	0,1	0	0,999	0,769
<i>Manataria maculata</i>	0,001	0,002	0,305	0	0,091	1	0,884
<i>Anartia fatima</i>	0	0	NA	0	0	1	NA
<i>Anartia jatrophae</i>	0	0	NA	0	0	1	NA
<i>Battus polydamas</i>	0	0	NA	0	0	1	NA
<i>Glutophrissa drusilla noroesta</i>	0	0	NA	0	0	1	NA
<i>Heraclides thoas</i>	0	0	NA	0	0	1	NA
<i>Junonia evarete evarete</i>	0	0	NA	0	0	1	NA
<i>Phoebis agarithe pupillata</i>	0	0	NA	0	0	1	NA
<i>Phoebis sennae marcellina</i>	0	0	NA	0	0	1	NA