

Población de mariposas diurnas como indicadores de calidad ambiental en el Parque Natural San Francisco, Tortí, Panamá

Diurnal butterfly population as indicator environmental quality of the Natural Park San Francisco, Torti, Panama

Janaí Domínguez

University of Arkansas at Fayetteville. Estados Unidos
jd072@uark.edu <https://orcid.org/0009-0000-9190-2007>

Génesis Almanza

Ontario Tech University. Canadá.
zarahialmanza14@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-5029-2369>

José Antonio Aguilar Llerena

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.
betacaroteno_22@yahoo.es <https://orcid.org/0009-0003-1492-2348>

*Autor de correspondencia: betacaroteno_22@yahoo.es

Recepción: 17 de enero de 2025

Aprobación: 30 de marzo de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6708>

Resumen

El propósito general de este trabajo fue evaluar la calidad biológica del área boscosa del Parque Natural San Francisco, por medio de la medición de los atributos ecológicos de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea). Para esto se recolectaron mariposas en estado adulto en un área total de 2,078 metros, durante los meses de julio y agosto de 2018. Las colectas se realizaron con una red entomológica y con la trampa de dosel VanSomeren-Rydon con cebo de cerveza con guineo, cerveza con mango-manzana y levadura con manzana. Las muestras fueron transportadas al laboratorio e identificadas con claves taxonómicas. El análisis de los datos se realizó mediante el índice de riqueza de Margalef (DMg), Shannon – Wiener (H') y el índice cuantitativo de Chao-Sorensen. Se capturaron en total 71 ejemplares de mariposas diurnas, distribuidos en 7 familias y 30 especies. La mayor representación fue de la familia Nymphalidae, con una riqueza de 14



especies, seguida por las familias Pieridae, Papilionidae, Hesperidae, Lycaenidae y Riodinidae, cada una con 3 especies, respectivamente. La mayor abundancia de mariposas fue obtenida en el mes de julio con 41 individuos, seguido por agosto con 30. Las especies más abundantes fueron *Urania boisduvalii*, *Morpho menelaus amathonte*, *Uraneis ucubis* y algunas del género *Parides*. Algunas de las especies se ubicaron en el interior del bosque, constituyendo un indicador del alto grado de fragmentación, el estado de sucesión secundaria, considerándolas propias de bosque secundario y bordes de bosque.

Palabras clave: biodiversidad, calidad ambiental, indicadores ambientales

Abstract

The general purpose of this work was to evaluate the biological quality of a wooded area of Parque Natural San Francisco, throughout the measurement of the ecological attributes of diurnal butterflies' community (Lepidoptera: Rhopalocera). For this, we collected butterflies in adult state in a total area of 2,078 meters, during the month of July and August of 2018. The collection was done with an entomological net and with the VanSomeren-Rydon trap with bait of beer with banana, beer with mango-apple and yeast with apple. The samples were transported to the laboratory and were identified with taxonomic keys. The analysis of the data has been made by using the Margalef (DMg) wealth index, Shannon – Wiener (H') and the quantitative index of Chao-Sorensen. There were captured a total of 71 specimens of diurnal butterflies, distributed in 7 families and 26 species. The greatest representation was the Nymphalidae family, with a wealth of the 14 species, followed by the Pieridae, Papilionidae, Hesperidae, Lycaenidae and Riodinidae families, each one with three (3) species, respectively. The greatest abundance of butterflies was obtained in the month of July with 41 individuals, followed by August with 30. The more abundant species were *Urania boisduvalii*, *Morpho Menelaus amathonte*, *Uraneis ucubis* and the *Parides* gender. Some of the species were located inside of the wood, constituting an indicator of the high grade of fragmentation, the secondary succession status, considering them as a secondary forest and forest edges.

Keywords: biodiversity, environmental indicators, environmental quality

INTRODUCCIÓN

La alteración ecológica de los ecosistemas naturales genera cambios en las condiciones físicas del hábitat, y en la disponibilidad de los recursos alimenticios. En consecuencia, algunas especies de animales y plantas pueden resultar afectadas de manera negativa. Una de las principales causas de la pérdida global de la biodiversidad, es la transformación de los bosques tropicales debido a las actividades humanas (Kattan, 2002). Por ejemplo, como resultado de la deforestación, los fragmentos de bosque quedan inmersos en matrices modificadas, las cuales contienen hábitats en condiciones sub-óptimas de desarrollo para los taxa especialistas de bosque poco perturbado (Ospina, 2014; Bezděk et al., 2006; Álvarez et al., 2021).

La continua reducción y fragmentación de los bosques tropicales por la deforestación y por la explotación agrícola pecuaria constituyen amenazas contra la integridad de los ecosistemas naturales, de los cuales en su mayoría no se cuenta con información básica para revertir este proceso (Cascante & Estrada, 2001).

La información sobre los atributos ecológicos de una comunidad biótica en los ecosistemas protegidos constituye una herramienta importante para la implementación de medidas adecuadas de conservación efectiva y manejo a largo plazo, especialmente en áreas reducidas o fragmentadas. Los bioindicadores son especies o grupos taxonómicos capaces de reflejar el estado de conservación, diversidad, endemismo e intervención o grado de perturbación en los ecosistemas naturales. La presencia o ausencia de estos bioindicadores revela la existencia de procesos de alteración ecológica en ambientes con distintos grados de alteración hábitat (Colwell & Coddington, 1994; Andrade-C, 1998; Brown & Freitas, 2000; Uehara-Prado & Freitas, 2009)

Las mariposas, dentro del orden Lepidóptera, son capaces de esclarecer los procesos de diversificación biológica (Thomas, 2005), y son consideradas como bioindicadores por sus respuestas rápidas a los cambios ambientales. Esto les convierte en un recurso natural



valiosos para la evaluación de la calidad de los ecosistemas (Callirgos Bardales, 2016; Apaza et al., 2006). Además, recientemente, dentro de los programas de conservación y diagnóstico, se han empleado a los lepidópteros como bioindicadores ecológicos, ya que son muy sensibles a los cambios producidos por las perturbaciones antropogénicas, haciéndolos potencialmente útiles para determinar el grado de alteración ecológica de los ecosistemas naturales (Andrade-C, 1998; Atauri & de Lucio, 2001; Lassau et al., 2005; Álvarez et al., 2021; Clavijo-Giraldo et al., 2024)

El propósito del presente proyecto de investigación científica es medir los atributos ecológicos de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea), como método para evaluar la calidad biológica de un área boscosa del Parque Natural San Francisco. Nuestra contribución estará basada en la premisa de que una elevada diversidad y riqueza de especies de mariposas diurnas será indicativo de una buena calidad del hábitat en los ambientes protegido del Parque Natural San Francisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de investigación es deductivo, observacional y descriptivo. Se realizó en el Distrito de Chepo, Corregimiento de Tortí, comunidad de Guacuco, en el Parque Natural San Francisco, con acceso desde la vía panamericana (8°57'51,7"N 78°27'27,9"O). La Fundación Parque Natural San Francisco, fundada por el padre Pablo Kasubosky (q.e.p.d.) en el año 2001, procurando garantizar la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales en el área de Guacuco. Según el padre Pablo la Fundación Parque Natural San Francisco, es dueña de alrededor de 380 hectáreas, que no son más que áreas montañosas, se han hecho alrededor de 5 acueductos y esta iniciativa comenzó debido a que se veían amenazadas la zona boscosa del área, ya que la mayoría de los residentes utilizan las tierras para convertirlas en potreros. La zona de muestreo está ubicada entre un bosque primario y secundario en transición atravesado por una quebrada. El acceso al bosque es fácil, la intervención en esa área no es considerable, se puede observar la presencia de helechos a los bordes del sendero.



El área posee una cobertura vegetal arbórea con algunas especies de árboles, entre ellos los más representativos son: *Cavanillesia platanifolia*, *Anacardium excelsum*; *Annona spraguei*; *Cecropia sp.*; *Castilla elastica*; *Luehea sp.*; *Inga sp.*; la pendiente para el acceso y tránsito al interior del área de muestreo es media – alta; y se nota una regeneración natural dinámica con claros naturales. La presencia de plántulas y juveniles es media por lo que se nota un tipo de lucha por ocupar espacios, quizás en un tiempo exista una regeneración constante y natural de especies propias de esta zona. No existe una presión humana sobre el desarrollo de esta área boscosa, solo por la actividad de mejoras en el área de la toma de agua y para reparaciones de ésta.

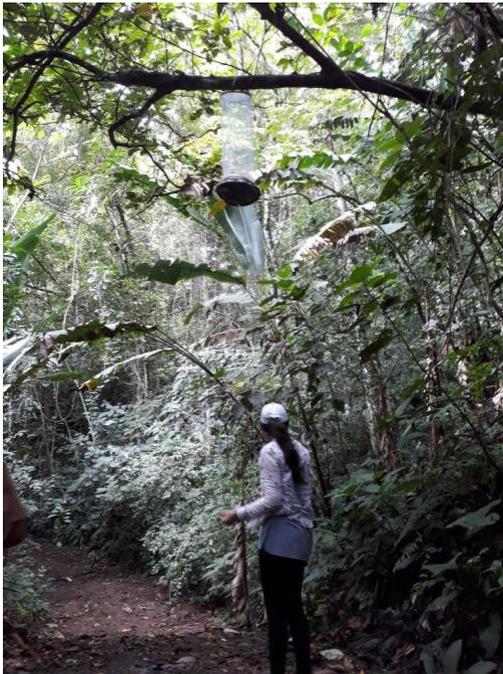
Para la colecta de mariposas se utilizó una red entomológica recorriendo un transecto tipo sendero de 2,078 metros, en los meses de julio y agosto de 2018. La red consiste en una aro de 40 cm de diámetro, tiene un cono en tela de tul muy suave, el largo del cono es de 90 cm y la punta de este cono debe terminar de manera redondeada, para evitar daño alar al ingresar en la red; el mango de la red, es de madera de 150 cm de longitud, ésta red se utiliza para la captura de ejemplares en cualquier tipo de ecosistema, a lo largo de todo el transecto y la trampa de dosel VanSomeren-Rydon (Figura 1), las mismas consisten en un cilindro de tul blanco, suave, el cual tiene tapado la parte superior dicha trampa, adicional un sistema de apertura y cierre con alfileres; una base con plato que contenía el cebo, una mezcla de cerveza con guineo (Andrade et al., 2013), cerveza con mango y manzana y levadura con manzana. Las trampas fueron colocadas a 3 metros sobre el nivel del suelo en cada sitio de muestreo (Núñez Peralta et al., 2018), al azar y de forma intercalada a unos 50 metros aproximadamente una trampa de otra. Se sacrificaron con la técnica de presión digital en el torax y posteriormente se colocaron en sobres de papel cebolla, de acuerdo al tamaño del individuo colectado, anotando el sitio donde fue capturado, se transportaron en bolsas con cierre hermético (tipo ziploc) y se mantuvieron en cadena de frío hasta su posterior montaje, etiquetado e identificación (Andrade et al., 2013; Apaza et al., 2006).

Se estimaron los índices de equidad de Shannon - Wiener (Magurran, 2004; Moreno, 2001; Apaza et al., 2006). La diversidad se evaluó a partir del índice de Margalef (DMg) (Ospina,

2014). Para hacer un análisis de similitud de datos de composición de la fauna de lepidópteros diurnos entre los que se ubicaron en el interior del área boscosa y las que se encontraron en la parte exterior del área, enlistamos las especies permitiéndonos obtener una medida de la similitud faunística del área interna y externa del bosque, basado en el cálculo del índice cuantitativo de Chao-Sorensen (Chao et al., 2005; Cárdenas-Lugo et al., 2015). Estos análisis e interpretación de datos se llevaron a cabo con los programas PAST versión 4.15 y RStudiosversión 4.3.1 2023-06-16, R.app 1.79.

Figura 1.

Trampa de dosel VanSomeren-Rydon siendo colocada.



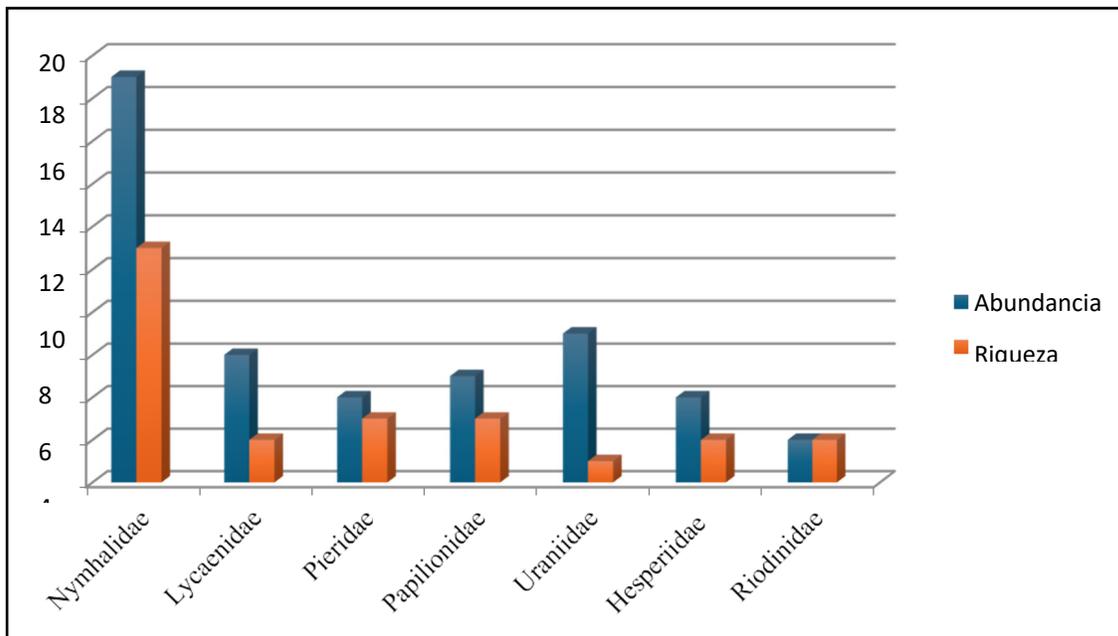
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta investigación se colectaron en total 71 ejemplares de mariposas diurnas distribuidos en 7 familias, 26 especies identificadas, 4 individuos categorizados a nivel familia y solo 11 individuos del total que no pudieron ser identificados debido a su elevado deterioro. La mayor representatividad fue la familia Nymphalidae con una riqueza de 14 especies, seguida por las familias Pieridae, Papilionidae, Hesperidae, Lycaenidae y Riodinidae con 3 especies cada una, y por último, la familia Uraniidae con una sola especie. La mayor cantidad de

mariposas fue colectada en los meses de julio con 41 individuos (58%) y 30 individuos (42%) en agosto.

La familia con mayor abundancia fue Nymphalidae con 35% de los individuos. Los representantes de esta familia fueron encontrados en todos los trayectos del área boscosa siendo *Morpho menelaus* (C. Linnaeus, 1758) una de las especies con más individuos, en el área de muestreo se pudo observar en los claros del bosque, cerca de quebradas con temperaturas medias y clima húmedo; su comportamiento es volar por medio del bosque y son difíciles de atrapar, sin embargo, se aproximan a los visitantes en algunas ocasiones (Figura 2).

Figura 2.
Abundancia y Riqueza por familia de Lepidópteros.

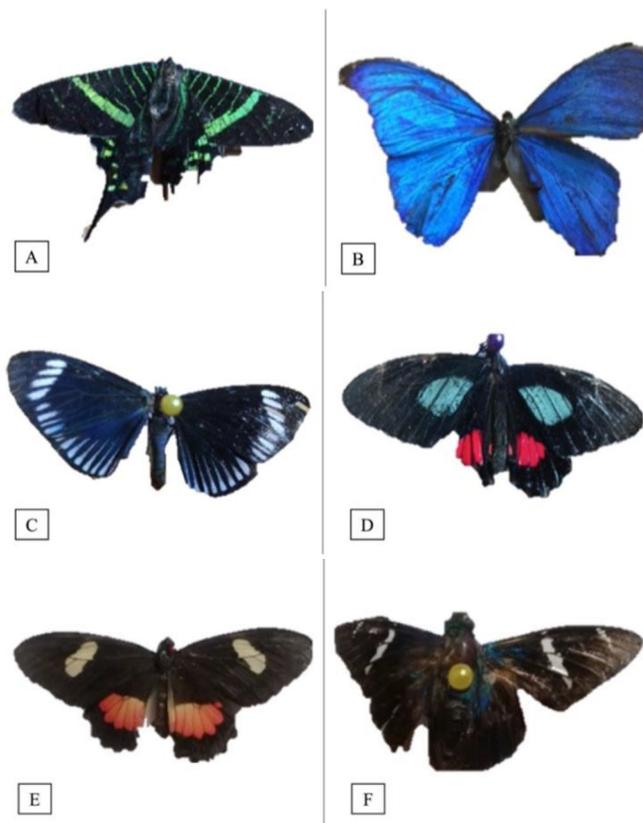


Según Núñez Peralta et al. (2018), los márgenes de ríos son sitios activos para mariposas como *Morpho helenor* y *Morpho menelaus*; ya que propician hábitats óptimos para su desarrollo. De la misma forma Araúz et al., (2020) reporta a *Morpho helenor* como una de las más frecuentes en su muestreo, registrando su actividad durante el día, volando por los senderos abiertos, pudiendo atribuir esta frecuencia a una variedad de ecosistemas que presenta el sitio de

muestreo permitiendo un mejor desarrollo para la especie. También la familia Nymphalidae es una de las más diversa dentro de las mariposas diurnas con 7,250 especies, de las cuales aproximadamente el 42% de ellas son neotropicales (García-Robledo, Constantino et al., 2002; Núñez Peralta et al., 2018).

Figura 3.

Especies más representativas de mariposas diurnas colectadas en el Parque Natural San Francisco.





Nota. (A) *Urania fulgens*; (B) *Morpho menelaus*; (C) *Uraneis ucubis*; (D) *Parides eurimedes mylotes* ♂; (E) *Parides eurimedes mylotes* ♀; (F) *Astraptes sp.*; (G) *Archaeoprepona meander megabates*; (H) *Marpesia berania fruhstorferi*; (I) *Dismorphia amphione*; (J) *Caligo teucer*.

La mayor diversidad y abundancia de Nymphalidae fue registrada en el interior del bosque, mientras que en los bordes y exterior encontramos menos especies, entre ellas, *Anartia fatima* (Fabricius, 1793) *Mechanitis polymnia isthmia* Bates, 1863. El estudio de Aiello (1992) destaca estrategias de supervivencia en mariposas tropicales frente a la estacionalidad climática. En Panamá, especies como *Anartia fatima* y *Pierella luna* presentan adaptaciones para persistir en la estación seca, ya sea mediante diapausa pupal o refugio en zonas húmedas. Estos mecanismos pueden influir en la abundancia relativa de las especies y en su capacidad de re-expansión tras la llegada de la temporada de lluvias. Este tipo de estrategias deben considerarse al interpretar la composición de la comunidad de mariposas en el área de estudio. Por otro lado, *Marpesia berania fruhstorferi* (Seitz, 1913) y *Morpho menelaus amathonte* Deyrolle, 1860 fueron encontradas en todos los ambientes, por lo que pudieran ser consideradas especies generalistas de hábitat. Nuestros resultados se asemejan a los obtenidos por Santos Murgas et al. (2012), quienes observaron especies como *Heliconius erato petiverata* (Doubleday, 1847) *Heliconius ethilla claudia* Godman & Salvin, 1881 y *Heliconius melpomene melpomene* (Linnaeus, 1758) en plantas



de las familias Cucurbitaceae y Passifloraceae ubicadas en zonas de transición del bosque en la isla Majé. Una especie de mariposa con un comportamiento diferente fue *Marpesia berania fruhstorferi* (Seitz, 1913), la cual se encontraba en el suelo y cerca de pequeños charcos. Ospina & Reinoso (2009) reportan que la ocurrencia de especies generalistas y especialistas de la familia Nymphalidae indica un elevado grado de adaptación ecológica para explotar diversos recursos alimenticios, los cuales en el estado adulto pueden ser desde néctar (gremio nectarívoro) y minerales disueltos en arena húmeda y charcos (gremio hidrofílico), hasta materia orgánica en descomposición (gremio acimófago). Asimismo, los registros del Museo de Invertebrados G. B. Fairchild en el Parque Nacional Darién (Santos M. & Cambra T., 2003) resaltan la presencia de Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae en un ecosistema protegido. Al comparar estos datos con nuestros resultados, se observa que la biodiversidad de mariposas puede verse favorecida en áreas de conservación, en contraste con zonas más intervenidas donde la fragmentación del hábitat limita la presencia de algunas especies. Por otro lado, el estudio realizado en Playa Corona, Panamá (Padilla Zamora et al., 2020), registró 38 especies de mariposas, evidenciando una baja frecuencia de recolecta atribuida a la perturbación ambiental en la zona. Esto coincide con nuestros hallazgos, donde la fragmentación del hábitat parece afectar la abundancia y diversidad de mariposas. Además, en ambos estudios, Nymphalidae fue la familia más representativa, lo que sugiere su capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales. Estos resultados resaltan la importancia de considerar el estado de conservación de los hábitats al evaluar la biodiversidad de mariposas. En este mismo sentido el estudio de Valdés (2018) sobre fragmentación del hábitat en comunidades de mariposas diurnas en la Ciudad de Panamá demostró que la pérdida de vegetación reduce la riqueza de especies y afecta la estructura de las comunidades. Se encontró que las áreas con mayor cobertura arbórea presentaban una mayor diversidad de mariposas en comparación con zonas altamente fragmentadas. Además, se observó que especies con mayor capacidad de dispersión, como algunas de la familia Nymphalidae, son más resistentes a la fragmentación, mientras que especies especializadas en microhábitats específicos tienden a disminuir su abundancia en áreas urbanizadas. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de

conservar los fragmentos de hábitat y mejorar la conectividad entre ellos para mitigar los efectos negativos de la urbanización sobre la biodiversidad de mariposas.

Otro aspecto importante fue la presencia de la especie *Urania fulgens* Walker, 1854, el único representante de la familia Uraniidae y, a la vez la especie más abundante en nuestras colectas, fue capturada solamente en lugares abiertos donde los rayos del sol son más fuertes, como los claros en el bosque. Esta especie fue colectada en horas próximas al medio día, volando en movimiento circulares agrupadas en dos o tres, y cerca de la copa de algunos árboles. La preferencia de *Urania fulgens* por claros boscosos con alta incidencia solar se relaciona con su necesidad de ambientes cálidos para mantener su actividad migratoria diurna. Estas polillas dependen de la radiación solar para termorregular su vuelo, especialmente durante migraciones transcontinentales, donde alcanzan velocidades constantes de aproximadamente 3.7 m/s, incluso en condiciones ambientales variables (DeVries & Dudley, 1990). Sin embargo, su hábitat reproductivo está restringido a bosques húmedos con suelos calcáreos o esquistosos, donde crecen sus plantas hospederas del género *Omphalea*, cuya toxicidad aumenta con el tiempo debido al consumo larval (González-Valenzuela et al., 2023). Los vuelos circulares cerca de copas arbóreas observados en las colectas coinciden con patrones de cortejo documentados durante migraciones masivas. Los machos realizan persecuciones aéreas y señalización visual, probablemente para competir por hembras o defender territorios temporales (Srygley, 2007). Aunque no existen datos específicos sobre su comportamiento reproductivo en contextos locales, su ecología migratoria sugiere que la reproducción podría estar sincronizada con la disponibilidad de *Omphalea* no explotadas, lo que obliga a los adultos a migrar en busca de nuevos recursos (Smith, 1983). *Urania fulgens* migra diurnamente en grandes grupos, cubriendo miles de kilómetros entre México y Sudamérica. Su ruta no es predecible, aunque se ha reportado un patrón general de desplazamiento sur-este en otoño y noroeste en primavera (González-Valenzuela et al., 2023). Durante el vuelo, mantienen trayectorias rectilíneas sobre cuerpos de agua, como el lago Gatún (Panamá), donde se han medido velocidades de aire constantes independientes de la temperatura ambiental (Srygley & DeVries, 1996). La energía para estas migraciones proviene principalmente de néctar



consumido durante el vuelo, ya que las reservas lipídicas almacenadas son insuficientes para distancias tan extensas (DeVries & Dudley, 1990). Aunque las colectas locales muestran actividad concentrada alrededor del mediodía, los estudios migratorios indican que *Urania fulgens* vuela continuamente durante el día, sin restricciones horarias específicas (Srygley & DeVries, 1996). La variabilidad en la intensidad migratoria (años con millones de individuos vs. ausencia total) se atribuye a ciclos de toxicidad de *Omphalea* spp., que generan fluctuaciones poblacionales en escalas de 4–6 años (Smith, 1983). Esta impredecibilidad contrasta con especies no migratorias, donde los patrones de actividad suelen correlacionarse con ciclos estacionales fijos (Dudley & DeVries, 2002).

En contraste, la composición de la comunidad de mariposas está mayormente formada por especies que son poco abundantes o raras, principalmente pertenecientes a las familias Riodinidae y Lycaenidae. Esta estructura se alinea con un modelo de abundancia de tipo logarítmico en casi todas las localidades estudiadas. Este modelo es característico de comunidades pequeñas que enfrentan estrés o que son pioneras, y sugiere que solo unos pocos factores tienen un impacto significativo en la ecología de la comunidad. Esto se debe a que las interacciones entre las especies son débiles, las tasas de natalidad y mortalidad operan de manera independiente, y hay una alta tasa de inmigración (Putman, 1994; Moreno, 2001; Magurran, 2004; Solarte Cabrera, 2005). Para el caso de nuestro proyecto, las especies representativas de estas familias las ubicamos en el interior del bosque, con vegetación variadas, humedad y temperatura poco alta tal como se muestra en la Figura 2, son de las familias con menor abundancia y riqueza de especie, algo similar en otros sitios de Panamá registrados por Santos Murgas et al. (2012) y Araúz et al., (2020) donde estas familias son las menos abundantes. Autores como Brown K. S. (1991) y DeVries (1997), mencionan que la baja abundancia y riqueza de las familias Lycaenidae y Riodinidae, constituyen un indicador del alto grado de fragmentación, para tales efectos de nuestro estudio el área boscosa se encuentra alrededor de un área donde se extrae tierra, y dentro de ella un sendero utilizado como vía de acceso a la toma de agua. La baja abundancia y riqueza de las familias Lycaenidae y Riodinidae podría estar relacionada con la fragmentación del hábitat, una

observación que también ha sido reportada en otros estudios. Esta información refuerza la importancia de conservar los hábitats naturales para garantizar la biodiversidad de estos insectos. Además, el estudio de Basset et al. (2015) en la Isla Barro Colorado, Panamá, documenta la extinción local de mariposas debido a la pérdida de plantas hospederas y la baja capacidad de dispersión de algunas especies, lo que refuerza la necesidad de evaluar cómo la disponibilidad de recursos influye en las poblaciones de mariposas en nuestro sitio de estudio.

Tabla 1.

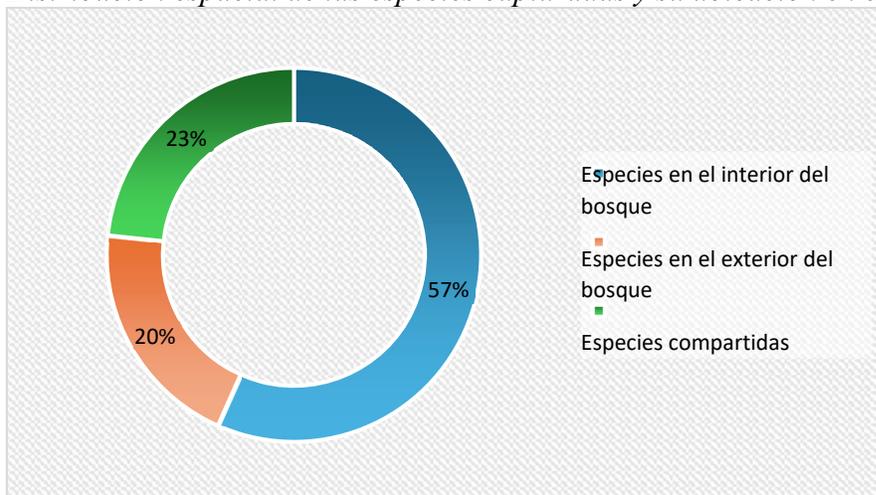
Índices de diversidad del área boscosa en el Parque Natural San Francisco.

Localidad	Índices	Valor
Área boscosa en el Parque Natural San Francisco	Shannon – Wiener	3.349
	Margalef	7.038
	Chao-Sorensen	0.608

Tal como se observa en la tabla 1, los resultados han sido positivos e indican diversidad biológica. Estos rangos son muy propios del tipo de bosques tropicales húmedos como el área estudiada. El índice de Chao-Sorensen sugiere una similitud moderada entre las dos comunidades. Esto significa que aproximadamente el 61% de la composición de especies es compartida entre el interior y el exterior del bosque, lo que implica que hay una cantidad significativa de especies en común, pero también hay diferencias notables en la riqueza total y la composición. La presencia de especies compartidas puede indicar que ambos hábitats (interior y exterior del bosque) ofrecen condiciones adecuadas para ciertas especies, lo que puede ser importante para la conservación y manejo de ecosistemas. Sin embargo, la diferencia en el número total de especies (57% en el interior y 20% en el exterior) sugiere que el interior del bosque podría ser un hábitat más diverso o especializado (Figura 4).

Figura 4.

Distribución espacial de las especies capturadas y su ubicación en el área boscosa.



CONCLUSIONES

Los atributos de comunidad de mariposas pertenecientes a la familia Nymphalidae y algunas especies pertenecientes a las familias Lycaenidae, Pieridae y Riodinidae nos indican el nivel de intervención que tiene el lugar, al encontrarlas en los bordes del bosque y espacios muy degradados por acción del hombre. Al evaluar la calidad biológica del área boscosa, midiendo los atributos de la comunidad de mariposas diurnas, se pudo determinar que la presencia exclusiva de mariposas dentro del bosque y de otras mariposas fuera de él, reflejan el estado real de degradación del hábitat del Parque Natural San Francisco. Para determinar otras relaciones de las mariposas y el hábitat a futuros estaremos monitoreando la comunidad de mariposas diurnas en otros meses del año.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Parque Natural San Francisco y al Padre Pablo (q. e. p. d.) por permitirnos realizar este aporte para la conservación del Parque Natural San Francisco, a todas las personas que nos acompañaron en cada uno de los muestreos, en especial a Kurt Sensenbrenner y su equipo por hacernos protagonistas de su documental The Indicators y a nuestros familiares por su apoyo incondicional en todo el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiello, A. (1992). Dry season strategies of two Panamanian butterfly species, *Anartia fatima* (Nymphalinae) and *Pierella luna* (Satyrinae) (Lepidoptera: Nymphalidae). En D. Quintero Arias & A. Aiello (Eds.), *Insects of Panama and Mesoamerica: Selected studies* (pp. 573-575). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oso/9780198540182.003.0037>
- Álvarez, C. F., Clavijo-Giraldo, A., Uribe, S. I., Pyrcz, T. W., Iserhard, C. A., Lucci-Freitas, A. V., & Marín, M. A. (2021). Sampling performance of bait traps in high Andean fruit-feeding butterflies. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 507–513.
<https://doi.org/10.1080/23766808.2021.2004802>
- Andrade-C, M. G. (1998). Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Colombiana de Ciencias Exactas*, 22(84), 407-421. [https://doi.org/10.18257/raccefyn.22\(84\).1998.2933](https://doi.org/10.18257/raccefyn.22(84).1998.2933)
- Andrade, C, M. G., Henao 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). *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144), 311-325. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.12>
- Apaza, M. A., Osorio, F., & Pastrana, A. (2006). Evaluación del grado de amenaza al hábitat a través de bioindicadores (lepidópteros) en dos comunidades dentro del área de influencia del PN Anmi Madidi . *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 1(1), 17.
- Atauri, J. A., & de Lucio, J. V. (2001). The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology*, 16, 147–159.
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1011115921050>
- Araúz, G., Santos M., A., Iglesias, C., & Añino, Y. (2020). Diversidad de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en la Meseta de Chorcha, provincia de Chiriquí, Panamá. *Tecnociencia*, 23(1), 385–403.
<https://doi.org/10.48204/j.tecno.v23n1a21>
- Basset, Y., Barrios, H., Segar, S., Srygley, R. B., Aiello, A., Warren, A. D., Delgado, F., Coronado, J., Lezcano, J., Arizala, S., Rivera, M., Pérez, F., Bobadilla, R., López, Y., & Ramírez, J. A. (2015). The butterflies of Barro Colorado Island, Panama: Local extinction since the 1930s. *PLoS ONE*, 10(8), 1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136656>



- Bezděk, A., Jaroš, J., & Spitzer, K. (2006). *Spatial distribution of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and moths (Lepidoptera) in the Mrtvý luh bog, Šumava Mts (Central Europe): a test of habitat island community*. (Vol. 15). (D. L. Hawksworth, & A. T. Bull, Edits.) České Budějovice, Czech Republic: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5204-0_23
- Brown, K. S. (1991). Conservation of Neotropical Environments: Insects as Indicator. En N. M. Collins, J. A. Thomas, N. M. Collins, & J. A. Thomas (Edits.), *The conservation of Insects and Their Habitats* (Vol. 15, pág. 433). London: Academic Press Limited.
- Brown, K., & Freitas, A. (2000). Atlantic forest butterflies: Indicators for landscape conservation. *Biotropica*, 32(4b), 934-956. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00631.x>
- Clavijo-Giraldo, A., Álvarez-Hincapié, C. F., & Colorado Z, G. J. (2024). La estructura del hábitat influencia la diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) en ecosistemas de alta montaña en Colombia. *Biología Tropical*, 72(1), 16. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v72i1.57968>
- Cárdenas-Lugo, C. P., León-Cortés, J. L., & Angulo-Audeves, J. T. (2015). Diversidad, distribución y abundancia de mariposas en hábitats costeros de Sinaloa, México (Insecta: Lepidoptera). *SHILAP Revista de Lepidopterología*, 43(169), 15-26. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45538652002>
- Chao, A., Chazdon, C. P., Colwell, R. K., & Shen, T. (2005). A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, 8(2), 148-159. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00707.x>
- Cascante, A., & Estrada, A. (2001). Composición florística y estructura de un bosque húmedopremontano en el Valle Central de Costa Rica. *Biología Tropical*, 49(1), 213-225. Recuperado de: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000100020&lng=en&tlng=es.
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 345(1311), 101-118. Recuperado de: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/4441/Colwell_Coddington94.pdf
- Callirgos Bardales, J. P. (2016). *Diversidad y abundancia de lepidópteros diurnos (Satyrinae y morphinae) en 2 tipos de bosque en la reserva nacional Alpuhuayo Mishana, Loreto*. Tesis de grado, Universidad Científica de Perú, Iquitos, Perú. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/145>
- DeVries, P. J., & Dudley, R. (1990). *Flight physiology of migrating Urania fulgens (Uraniidae) moths: Kinematics and aerodynamics of natural free flight*. *Journal of Comparative Physiology A*, 167, 145-154. <https://doi.org/10.1007/BF00188128>



- DeVries, P. J. (1997). *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History. Volumen II: Riodinidae.* (Vol. 2). New Jersey: Princeton University Press.
- Dudley, R., & DeVries, P. J. (2002). Flight speeds, lipid reserves, and predation of the migratory Neotropical moth *Urania fulgens* (Uraniidae). *Biotropica*, 34(3), 452-458. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00558.x>
- García-Robledo, C. A., Constantino, L. M., Heredia, D. M., & Kattan, G. (2002). *Guía de Campo: Mariposas comunes de la cordillera Central de Colombia.* (WCS, Ed.) EcoAndina. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/275772044_Common_Butterflies_of_the_Central_Cordillera_of_Colombia_Field_Guide
- González-Valenzuela, P., Taylor, A. D., & Hill, R. I. (2023). Non-overlapping climatic niches and biogeographic barriers explain disjunct distributions of continental *Urania* moths. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 112. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.112>
- Kattan, G. (2002). *Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies.* Cartago, Cartago, Costa Rica: M. R. Guariguata & G. Kattan (Eds.) Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Disponible en: https://faculty.lsu.edu/kharms/files/harms_2002.pdf
- Lassau, S. A., Hochuli, D. F., Cassis, G., & Reid, A. M. (2005). Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Diversity and Distributions*, 11(1), 73–82. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00124.x>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity.* (Vol. VIII). USA: Blackwell.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad.* (Vol. 1). (O. & CYTED, Ed.) Zaragoza, España: M&T-Manuales y Tesis SEA. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Núñez Peralta, H., Santos Murgas, A., Gómez, I., Rodríguez, J., & Ramos, E. (2018). Diversidad de Mariposas Diurnas en la Reserva Hídrica Cerro Turega, Provincia de Coclé, República de Panamá. *Nicaraguense de Entomología*, 148. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/325067414_DIVERSIDAD_DE_MARIPosas_DIURNAS_EN_LA_RESERVA_HIDRICA_CERRO_TUREGA_PROVINCIA_DE_COCLÉ_REPUBLICA_DE_PANAMA
- Ospina, L. A. (2014). *Estructura de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) en distintos tipos de hábitats en la cuenca del Río Lagunillas (Tolima-Colombia).* Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53198>



- Ospina-López, L. A., & Reinoso-Flórez, G. (2009). Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del Jardín Botánico Alejandro von Humboldt de la Universidad del Tolima (Ibagué, Colombia). *Tumbaga*, 1(4), 135-148. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3632038>
- Padilla Zamora, A. C., Thurman, A., MacDonald, J., & Añino, Y. (2020). Lista sinóptica y frecuencia de recolecta de mariposas (*Lepidoptera: Rhopalocera*) en Playa Corona, San Carlos, Panamá. *Poeyana*, 510, 89–92. Recuperado de <https://www.revistasgeotech.com/index.php/poey/article/view/356>
- Putman, R. J. (1994). *Community Ecology* (Vol. 1). Dordrecht, Netherlands. Disponible en: https://books.google.com.pa/books/about/Community_Ecology.html?id=xwjMzGU VgwC&redir_esc=y
- Santos M., A., & Cambra T., R. A. (2003). Mariposas del Parque Nacional Darién: Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae (Lepidoptera) depositadas en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá. *Tecnociencia*, 5(2), 23–33. Recuperado de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/631>
- Santos Murgas, A., Muñoz M., R. A., Osorios A., M. A., & Carranza, R. (2012). Mariposas Papilionoidea y Hesperioidea (Insecta: Lepidoptera) de la Isla Majé, Comarca Guna de Madungandí, Panamá. *Tecnociencia*, 14(2), 39–49. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/1003/840>
- Smith, N. G. (1983). *Host plant toxicity and migration in the dayflying moth Urania*. *Florida Entomologist*, 66(2), 191-198. <https://journals.flvc.org/flaent/article/view/74258>
- Solarte Cabrera, V. M. (2005). *Diversidad y estructura espaciotemporal de la comunidad demariposas diurnas en la Reserva Natural Río Nambi*. Tesis de grado, Universidad de Nariño, Nariño. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/14213>
- Srygley, R. B. (2007). Evolution of the wave: Aerodynamic and aposematic functions of butterfly wing motion. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1612), 913–917. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3763>
- Srygley, R. B., & DeVries, P. J. (1996). *Flight speeds, lipid reserves, and predation of the migratory Neotropical moth Urania fulgens*. *Biotropica*, 28(2), 330–339. <https://doi.org/10.2307/2385795>
- Thomas, J. A. (2005). Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360, 339–357. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1585>



Uehara-Prado, M., & Freitas, A. V. (2009). The effect of rainforest fragmentation on species diversity and mimicry ring composition of ithomiine butterflies. *Insect Conservation and Diversity*, 2(1), 23–28. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2008.00025.x>

Valdés Rodríguez, L. A. (2018). *Estructura de las comunidades de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en fragmentos de vegetación en la Ciudad de Panamá* [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Repositorio Institucional Digital de la Universidad de Panamá. Recuperado de <https://up-rid.up.ac.pa/1438/>