

Diversidad de mariposas (Nymphalidae) como indicadores de la calidad de hábitat en el Cerro la Roca, Santa Cruz de León Cortés.

Diego Fallas-Madrigal¹

¹Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Latina de Costa Rica, Montes de Oca, San Pedro, San José, Costa Rica. niuvinor@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9327-0752>

Enviado: 23/10/2020 | **Revisado:** 23/12/2020 | **Aceptado:** 03/03/2021

Resumen

Nymphalidae es utilizada como indicador del estado de calidad de los hábitats, siendo necesaria para evaluar las condiciones de una zona alterada. Por esto se planea determinar la diversidad de mariposas Nymphalidae en dos unidades de paisaje (UP), con la finalidad de conocer su grado de alteración de las UP en base a la estructura y composición presente de este grupo en el sector norte del Cerro la Roca, Santa Cruz de León Cortés, San José, Costa Rica. Los muestreos se realizaron en la época seca, usando trampas Van Someren y una red entomológica. Para cada UP se escogió aleatoriamente 4 puntos georreferenciados, además, de capturar individuos con una red entomológica, se dispuso una trampa por punto. Se identificaron las especies de mariposas, y se realizaron las curvas de acumulación de especie, además se obtuvieron los valores de riqueza y abundancia de mariposas. La verificación de diferencias entre zonas se realizó con una prueba t. Se identificaron las especies de mariposas indicadoras y las especies de plantas para alimentación, para determinar la calidad de hábitat se usó el Índice de Shannon-Weaver. Se muestrearon 115 mariposas, distribuidas en 5 subfamilias y 17 especies, se determina que la UP del bosque tiene más abundancia y riqueza. Se presenta exclusividad de especies de mariposas por zona, una alteración en la calidad de hábitat debido a la diferente vegetación en ambas UP. Se concluye que la zona ha sido afectada y que *Pronophila timanthes* es la especie indicadora más confiable.

Palabras clave: Nymphalidae, mariposas, diversidad, indicadores, lepidóptera.

La diversidad de ecosistemas terrestres se ha visto disminuida tras las presiones generadas por cambios en el uso del suelo (Newbold et al., 2015). La deforestación (FAO, 2016), modificación de los hábitats (Schipper et al., 2008), y el cambio climático (Staudinger et al., 2013), son situaciones que propician la degradación del hábitat. Al mismo tiempo, poca disponibilidad de recursos genera competencia por alimento, resultando en pérdidas de especies (Andrew et al., 2012; Yen et al., 2019). En cambio, si hay alta disponibilidad de recursos, como en hábitats de cultivo, se pueden ver favorecidos taxones dominantes, disminuyendo la variación y composición de la comunidad de mariposas, derivando a una baja diversidad (D'Souza y Hebert 2018).

Un grupo donde la disponibilidad de recursos es fundamental para mantener una diversidad, son las mariposas (Santos et al., 2020). Este grupo, al igual que algunos insectos, tienen preferencia a especies de plantas, mismas que son necesarias para cumplir su ciclo de vida, como lo son aquellas que las utilizan como plantas hospedadoras (Ferrer et al., 2013; Córdova, Meyer y Medina, 2019). El grupo de las mariposas y polillas del Orden Lepidóptera, cuenta con 300.000 a 500.000 especies tanto diurnas como nocturnas; además, son el taxón más conocido dentro de los artrópodos para la región neotropical (Bonebrake et al., 2010; Aguado et al., 2014). En Costa Rica, Lepidóptera cuenta con aproximadamente 7450 especies (Ziegler, 2020). Este orden responde rápidamente a las modificaciones en el espacio y el tiempo, son fáciles de muestrear, y tiene una taxonomía bien resuelta (Bonebrake et al., 2010; Brito y Ribeiro 2014; Freitas et al., 2014; Fordyce y DeVries, 2016).

Para Costa Rica la familia Nymphalidae, está conformada por 12 subfamilias y 479 especies (DeVries, 1987; Ziegler, 2020). Dentro de esta familia se conocen varias especializaciones de mariposas, como las frugívoras, nectaríferas e incluso relación mariposa-plantas hospederas (DeVries, 1987; Gilbert, 1998; Erhardt y MeviSchütz 2010). Estas especializaciones se deben a presiones en la herbivoría ejercidos por los lepidópteros (Wahlberg, Wheat y Pena, 2013; Edger et al., 2015). En el caso de las mariposas frugívoras, ya que se alimentan de los fluidos de frutos fermentados, pero también se pueden alimentar de estiércol o lodos (González-Valdivia et al., 2016). Para esta especialización se pueden encontrar a las subfamilias Satyrinae y Charaxinae, que para razones de este estudio serán llamadas frugívoras (DeVries, 1987; Santos et al., 2011). También, con la subfamilia Heliconiinae, encontramos que están relacionadas a plantas hospederas, donde los adultos depositan sus huevos únicamente sobre pasionarias (Gilbert, 1998). Respecto a las mariposas nectaríferas, podemos encontrar varias especies dentro de la familia, según Erhardt y MeviSchütz (2010) las plantas son utilizadas por las mariposas como fuente de energía para la reproducción.

La familia Nymphalidae ha sido utilizada como herramienta ecológica para evaluar la idoneidad de los hábitats (González-Valdivia et al., 2016). Como menciona Córdova et al. (2019), en la actualidad el estudio de lepidópteros ha sido dirigido hacia la problemática ambiental, más allá de los previos intereses respecto a su atractivo y belleza. Según Sant'Anna et al. (2014), Asmah et al. (2017), Cambui et al. (2017) y Sambhu et al. (2017), la conversión ambiental afecta directamente la composición comunitaria de las mariposas. Por este motivo las mariposas son indicadoras de la perturbación de los ecosistemas, reflejando la necesidad de conservar sus hábitats.

Debido a su corta vida, dependencia a hábitats específicos y recursos específicos para sobrevivir, las mariposas pueden ser usadas para biomonitoreo (Uehara-Prado y Ribeiro 2012, Martins et al., 2017; Pérez et al., 2017). Estudios previos con insectos han evaluado la composición de organismos en diferentes sistemas (Birkhofer et al., 2012), interacciones tróficas (Birkhofer et al., 2013) fomento de organismos (Diehl et al., 2012), y reducción de plagas (Tschumi et al., 2015), determinando la relación de las especies con el hábitat, o indicando la calidad de zona. En sitios de producción agrícola, se pueden ligar los principios del desarrollo sostenible con la conservación del bosque (Maini, 2018). Esto se debe a que con una agricultura con proyectos agroambientales se permite el mantenimiento de las especies nativas (Bátary et al., 2015).

En zonas como León Cortés, la principal actividad es la agricultura (Zumbado y Azofeifa, 2018), es decir, los terrenos se ven alterados, siendo necesario conocer las condiciones en la que se encuentra el hábitat. Siguiendo a Márquez (2014), utilizar Nymphalidos permitirá conocer el grado de alteración en la zona. Por esto, en esta investigación se plantea determinar la diversidad de mariposas Nymphalidae en dos unidades de paisaje (UP), con la finalidad de conocer su grado de alteración de las UP en base a la estructura y composición presente de este grupo en el sector norte del Cerro la Roca, Santa Cruz de León Cortés, San José, Costa Rica. Se propuso identificar las especies de la familia Nymphalidae presentes en la zona, y la determinación de riqueza y abundancia. Además, identificar los Nymphalidos indicadores de cada UP, y por último determinar las especies de plantas que mariposas de la familia Nymphalidae usan para alimentación.

Materiales Y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se extiende entre los $9^{\circ}42'24,81''$ N $84^{\circ}01'16,30''$ O. Se localiza en el Cerro La Roca, Santa Cruz, distrito del cantón de León Cortés. Este distrito se encuentra a una a una altitud comprendida entre los 2.080 y 2.260 msnm (SNIT, 2020). En la zona de estudio se encuentran dos UP diferentes en respecto a su uso, siendo estas: Zona A, un terreno de uso mixto (bosque y cultivos) y Zona B, que sería bosque (Fig. 1), que tiende a estar rodeada por sembradíos de granadilla.

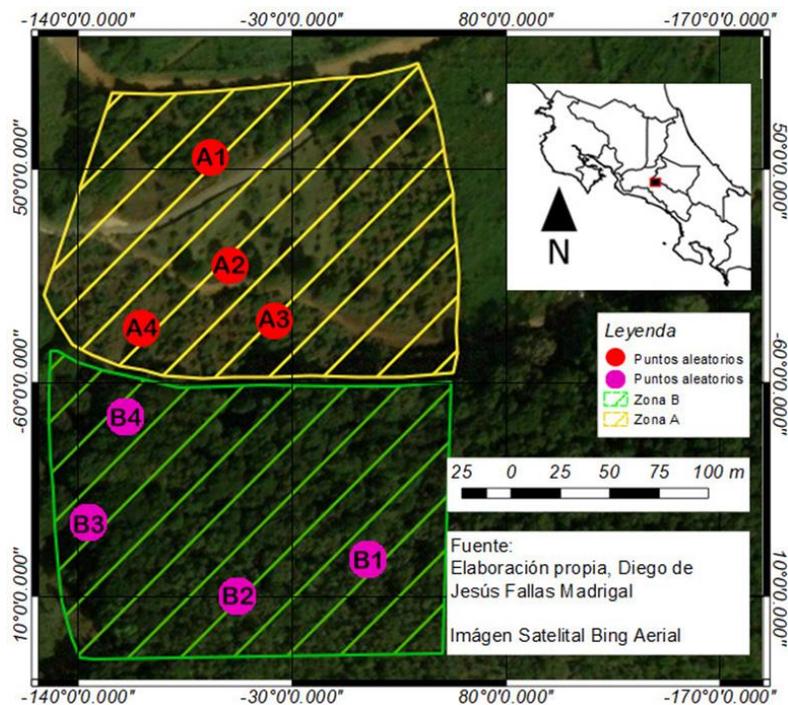


Figura 1. Mapa de sitio de muestreo. La zona de muestreo se ubica al Norte de Cerro la Roca, Santa Cruz de León Cortés, San José, Costa Rica.

La temperatura promedio en León Cortés es de $25,8^{\circ}\text{C}$, y el promedio de precipitaciones es de $25,4$ mm de lluvia por mes en la época seca y $238,76$ mm para la época lluviosa (TWC, 2020). Según todas las características que presenta la zona, el sitio de muestreo forma parte de un bosque húmedo premontano, a partir de la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Holdridge, 1978).

Muestreo y colección de datos

El muestreo de mariposas se realizó con base a la recopilación de métodos para el estudio de estos insectos hecha por Andrade-C, Henao y Triviño (2013). Se realizaron ocho muestreos en

la época seca, iniciando el 16 febrero hasta el 28 de marzo del 2020, teniendo muestreos con no más de 5 días de diferencia entre ellos. Se seleccionaron 2 unidades de paisajes en el área de estudio, con 4 puntos de muestreo en cada uno de las UP, siendo la Zona A un área mixta (bosque y cultivos) y Zona B un bosque (Fig. 1). En cada sitio de muestreo georreferenciado, se capturaron muestras de mariposas Nymphalidae por trampas Van Someren y manualmente con una red entomológica. Las jornadas de trabajo se comprendían entre las 7:00 y 13:00 h., siendo a las 7:00 de la mañana la revisión y cambio de cebos en las trampas, iniciando a partir de las 8:00 el período de muestreo, y finalizando alrededor de las 13:00 h tras una nueva revisión de las trampas Van Someren.

Para que cada punto tuviera un muestreo en la mañana, se rotaron los horarios, y en donde cada punto el periodo de muestreo fue de 25 min. Cada muestra estaba separada con un mínimo 10 m entre sí, tomando puntos georreferenciados que previamente fueron seleccionados al azar por el programa QGIS (2020), en el campo se llegaron a ellas con el uso de un GPS (modelo Garmin). Se colocó una totalidad de 8 trampas, siendo una por sitio. A cada trampa se le colocaron cebos de un banano fermentado y otro nuevo. Cada vez que se realizó un muestreo, los cebos eran cambiados por un nuevo banano fermentado (puesto a fermentar al menos 3 días previos) y otro no fermentado.

También se utilizó una red entomológica, de manera que se atraparan aquellas atraídas durante el periodo de monitoreo y las que merodeaban la zona. El perímetro para atrapar mariposas fue de un radio de 10 metros de distancia a cada punto de muestreo y por lo tanto de cada trampa Van Someren. Este radio fue delimitado previamente haciendo uso de una cinta métrica y banderillas para delimitar el área de cada punto. Posterior a cada captura de mariposa, las mismas eran contenidas en otra trampa Van Someren adaptada para contener los ejemplares atrapados durante cada periodo de muestreo por punto. Las mariposas capturadas fueron contabilizadas según su morfotipo (especial por especie), marcadas con un marcador indeleble de punta extrafina, y posteriormente liberadas.

Para cada morfotipo y por tanto posible nuevo registro, se trabajó con registro fotográfico para evitar sacrificar los individuos. La identificación de especies fue realizada en el Laboratorio de Biología de la Universidad Latina de Costa Rica. Para una aproximación a la identificación de especies, fue utilizada la guía de identificación *The Butterflies of Costa Rica and their natural history*, de DeVries (1987), y finalmente para determinar las especies con una taxonomía más actualizada se empleó el recurso virtual establecido por Ziegler (2020).

Variables de medición, procesamiento y análisis de datos

Los datos se ordenaron en Excel y al mismo tiempo se obtuvieron los valores de riqueza y abundancia de especies presentes en cada unidad de paisaje. Para verificar si hay diferencias o no entre UP se realizó una prueba t con el programa Past (Hammer et al., 2001). Se realizó una comparación de ambas zonas y su respectiva curva de acumulación especie-área sobre los valores de los estimadores Jackknife de primer orden Jack1 y Chao1. Los valores se obtuvieron con el programa EstimasteS de Colwell (2006) y la curva de acumulación fue elaborada en el programa Excel.

Para determinar el grado de calidad por zona, se realizó la identificación de las mariposas como indicadores empleando la metodología sugerida por Apaza, Osorio, y Pastrana (2006), por lo que se determina como indicador a cada especie encontrada específica y únicamente en una UP. La categoría de indicador se basa en el número de individuos presentes tras los muestreos, siendo: I para abundancias mayores a 4 individuos, II de entre 2 a 3 individuos y III para un solo individuo

(Cuadro 1). Además de dar uso del Índice de Shannon-Weaver para estudiar la diversidad específica por zona, y así determinar si hay alteración o no en base al valor obtenido. Por último, se determinó las especies de plantas a las que las mariposas le dieron uso de alimentación durante los muestreos, siendo identificadas con las guías Plantas con flores que atraen mariposas (Soto y Vega, 2010) y Tropical Plants of Costa Rica: A Guide to Native and Exotic Flora (Zuchowski, 2007).

CUADRO 1.

Categorización de indicador de calidad de zona y frecuencia de abundancia.

Categoría o prioridad del indicador	Frecuencia de individuos o abundancia
I	>4
II	2 a 3
III	1

Fuente: Elaboración por Márquez (2014).

Resultados

Se muestrearon 115 ejemplares de la Familia Nymphalidae, identificando un total de 17 especies presente en la zona (Cuadro 2). Las especies más abundantes son *Dione moneta poeyii* con 43 individuos encontrados en las dos UP, y 19 ejemplares de *Pronophila timanthes* encontradas solamente en la Zona B. *P. timanthes* es la especie más frecuente en su subfamilia, seguida de *Manataria hercyna maculata* con 12 individuos y hallados de igual manera solo en la Zona B.

CUADRO 2.

Especies de mariposas Nymphalidae muestreadas en el Cerro la Roca. Solamente tres especies fueron encontradas en ambos sitios, además solo dos especies fueron muestreadas por ambos métodos.

Especies de la familia Nymphalidae presentes en la zona					
Familia	Especie	Cantidad muestreada		Atrapada por	
		Zona A	Zona B	Trampa Van Someren	Red
Heliconiinae	<i>Dione moneta poeyii</i>	24	19	0	43
Satyrinae	<i>Pronophila timanthes</i>	0	19	0	19
	<i>Manataria hercyna</i>				
Satyrinae	<i>maculata</i>	0	12	9	3
Nymphalinae	<i>Vanessa virginiensis</i>	7	0	0	7
Limenitidinae	<i>Adelpha tracta</i>	0	5	0	5
Satyrinae	<i>Pedaliodes dejecta</i>	1	3	0	4
Heliconiinae	<i>Dione junio</i>	4	0	0	4
Heliconiinae	<i>Altinote ozomene nox</i>	3	0	0	3
Nymphalinae	<i>Smyrna blomfildia datis</i>	0	3	0	3
Satyrinae	<i>Satyrotaygetis satyrina</i>	0	3	0	3
Limenitidinae	<i>Adelpha demialba</i>	0	2	0	0
Nymphalidae	<i>Oxeoschistus tauropolis</i>	0	2	0	2
Nymphalidae	<i>Hypanartia lethe</i>	2	0	0	2
Nymphalidae	<i>Eresia clio</i>	2	0	0	2
Satyrinae	<i>Caligo Atreus dionysos</i>	1	1	1	1
Satyrinae	<i>Caligo telamonius memnon</i>	0	1	1	0

En la UP Zona A se encontró 31 individuos, 4 subfamilias, pertenecientes a 8 géneros y 9 especies. En la UP Zona B se encontró una mayor abundancia, siendo un total de 70 individuos, 4 subfamilias, en 9 géneros y 11 especies. La subfamilia con más especies para las Zona A es Heliconiinae, con tres, seguida de Nymphalinae y Satyrinae con 2 especies cada una y por último Danainae. En cambio, en la Zona B, la subfamilia que más especies presentó fue Satyrinae con 6 especies, seguida por Nymphalinae y Limenitidae con dos especies cada una, y por último Heliconiinae con una especie.

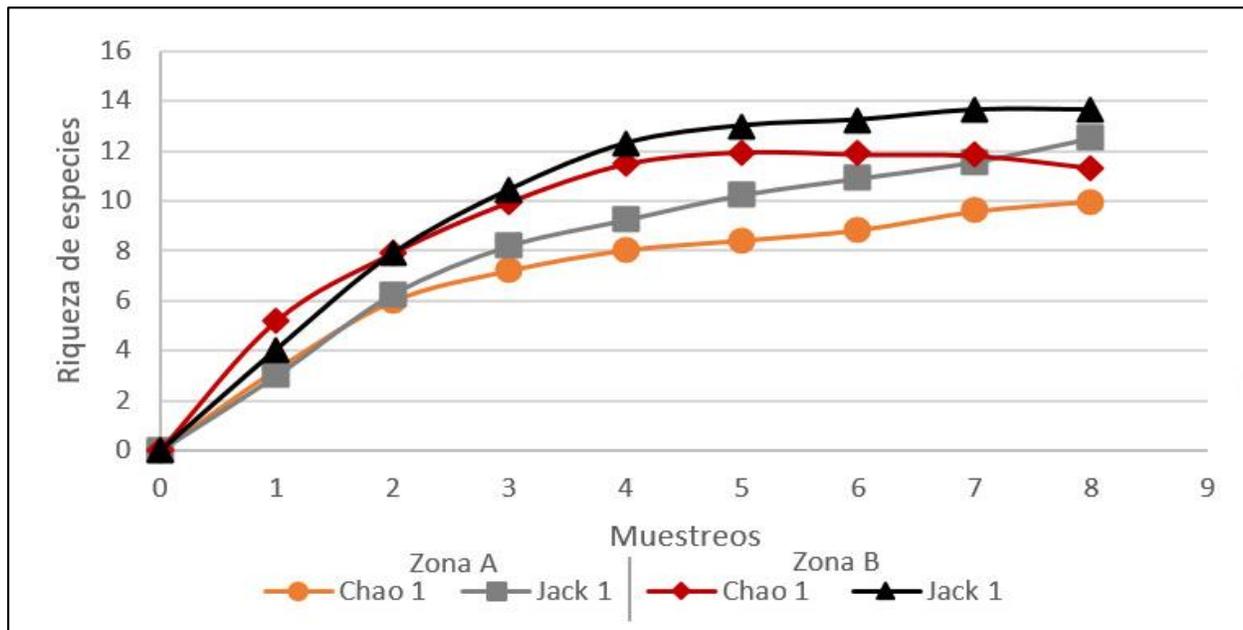


Figura 2. Curva de acumulación según los esfuerzos de muestreo realizados para ambas unidades de paisaje.

La curva de acumulación de especies de Nymphalidae (Fig. 2) basada en los valores de los estimadores (Cuadro 3), muestra que según las curvas para ambas zonas, aún no se ha llegado a encontrar el total de número de especies, a excepción del estimador Chao 1 para la Zona B.

CUADRO 3.

Valores obtenidos por EstimateS para cada estimador, utilizados para la modelación de la curva de acumulación de especies para las dos UP

	Muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8
Zona A	Chao 1	3,25	5,98	7,21	8,03	8,42	8,83	9,58	9,98
	Jack 1	3	6,25	8,19	9,23	10,23	10,89	11,55	12,5
Zona B	Chao 1	5,2	7,91	9,96	11,48	11,96	11,87	11,82	11,33
	Jack 1	4,06	7,89	10,44	12,29	13	13,23	13,63	13,63

Se determinó la riqueza de especies y abundancia de las subfamilias en las dos zonas de muestreo (Fig. 3). Además, al realizar la prueba t, se obtuvo un valor de $p=0.4855$, determinando que no hay diferencias entre ambas zonas de muestreo. A pesar de esto la abundancia y riqueza para cada una de estas zonas los valores cuantitativos no son similares, debido a los datos obtenidos según las subfamilias y número de individuos hallados por especie.

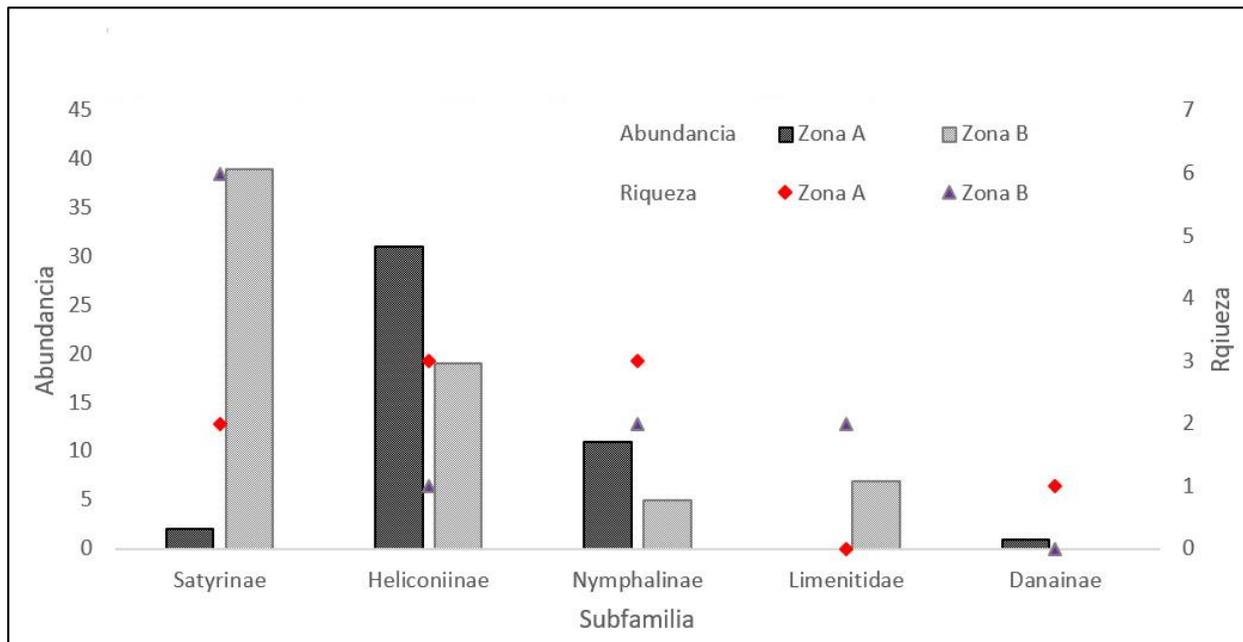


Figura 3. Composición de abundancia y riqueza respectiva de mariposas de la familia Nymphalidae presentes por zonas de muestreo. La abundancia muestra la cantidad de individuos encontrados por subfamilia, mientras que la riqueza la cantidad de especies por subfamilia.

Considerando los resultados obtenidos en el campo, la ausencia, presencia y abundancia, se determinan las especies indicadoras para ambas unidades de paisaje. Para la unidad de paisaje Zona A, se tienen 6 especies que se consideran indicadoras (Cuadro 4). Para la categoría I, la especie más abundante es *Vanessa virginiensis*, para la categoría II *Altinote ozomene nox*, y para la tercera categoría y única en su rango, *Pteronymia simplex*, hallada sola una vez durante los 8 muestreos. Respecto a la Zona B, se tienen 8 especies consideradas indicadoras (Cuadro 5). Las especies más abundantes según la categoría son: *Pronophila timanthes*, seguida de *Manataria hercyna maculata* para la categoría I, *Smyrna blomfieldia datis* y *Satyrotaygetis satyrina* en la categoría II, y *Caligo telamonius memnon* para la tercera categoría.

CUADRO 4.

Listas de especies indicadoras halladas en las unidades de paisaje Zona A y Zona B.

Zona A			
Subfamilia	Especie	Individuos	Categoría
Nymphalinae	<i>Vanessa virginiensis</i>	7	I
Heliconiinae	<i>Dione juno</i>	4	I
Heliconiinae	<i>Altinote ozomene nox</i>	3	II
Nymphalinae	<i>Hypanartia lethe</i>	2	II
Nymphalinae	<i>Eresia clio</i>	2	II
Danainae	<i>Pteronymia simplex</i>	1	III
Zona B			
Subfamilia	Especie	Individuos	Categoría
Satyrinae	<i>Pronophila timanthes</i>	19	I
Satyrinae	<i>Manataria hercyna maculata</i>	12	I
Limenitidinae	<i>Adelpha tracta</i>	5	I
Nymphalinae	<i>Smyrna blomfieldia datis</i>	3	II
Satyrinae	<i>Satyrotaygetis satyrina</i>	3	II
Limenitidinae	<i>Adelpha demialba</i>	2	II
Nymphalinae	<i>Oxeoschistus tauropolis</i>	2	II
Satyrinae	<i>Caligo telamonius memnon</i>	1	III

Los valores del Índice de Hr para la Zona A es de 2,23 y la Zona B de 2,78. Respecto a las especies de plantas para alimentación, se encontraron 5 especies que tuvieron relación con las mariposas muestreadas dentro del perímetro de estudio de cada punto (Cuadro 5). Se observa así mismo la especificidad de las especies de mariposas hacia ciertas plantas.

CUADRO 5.

Especies de plantas para alimentación de mariposas en ambas zonas de muestreo. El valor de 1 equivale a relación entre mariposas-planta para alimentación y el valor de 0 a que no hay relación.

Especies de mariposas		Especies de plantas para alimentación				
Zona A	Zona B	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Ageratum sp.</i>	<i>Lobelia laxiflora</i>	<i>Billia rosea</i>	<i>Fuchsia paniculata</i>
<i>Dione moneta poeyii</i>		1	1	0	1	1
<i>Pronophila timanthes</i>		0	0	0	1	0
<i>Vanessa virginiensis</i>		1	1	0	0	0
<i>Dione juno</i>		1	1	1	0	0
<i>Altinote ozomene nox</i>		0	1	0	0	0
<i>Oxeoschistus tauropolis</i>		0	1	0	0	0
<i>Eresia clio</i>		0	1	1	0	0

Discusión

A pesar de que el aporte de las trampas Van Someren fue bajo, se puede considerar que la cantidad de trampas distribuidas por zonas fue la necesaria, considerando el área de estudio de cada zona y que según varios estudios el área de acción de estas trampas es de 50 m (DeVries, 1987). Tres de los estimadores y su correspondiente curva de acumulación especie-área indica que aún no se han llegado a encontrar todas las especies. La presencia de especies en una zona ligada a la disponibilidad del recurso alimenticio, permite proponer cuáles especies pueden ser potenciales indicadores de cambios en los ecosistemas (Camero y Calderón, 2007). De las tres categorías de indicador, las especies en categoría III podrían ser considerados como especies raras.

Siguiendo a Tejeda y Mehlreter (2008), un buen indicador identificado en el presente estudio es *Pronophila timanthes*, ya que tiene una alta abundancia de individuos, y además está relacionado a la especie de planta *Billia rosea* que solamente se encuentra en la zona donde esta mariposa se encontró (Zona B). Contrario a *Manataria hercyna maculata*, especie que a pesar de haber obtenido la categoría de indicador I, al realiza migraciones entre altitudes (DeVries, 1987), no es confiable contar como especie indicadora. Por otro lado, según los valores obtenidos con el Índice de Shannon-Weaver, las biodiversidades específicas para ambas UP se encuentran un punto intermedio, es decir que ambas UP están semi-alteradas. A pesar de no haber mucha diferencia entre ambas UPs, la Zona A es la más alterada por tener el valor más bajo sobre la biodiversidad específica, esto se debe a la riqueza de especies y abundancia que tiene esta zona, y como se indica anteriormente está relacionado a la alteración de hábitat, un impacto en mayor grado que en Zona B.

Respecto a las especies vegetales encontradas, se puede apreciar que según los puntos muestreados hay plantas que solamente se encuentran en una zona en específico. Además, se encuentra que hay una relación entre las mariposas y la presencia o ausencia de plantas en una zona; pero donde al menos una especie se encuentra en ambos sitios, como *D. moneta poeyii* que. Caso contrario es el de *P. timanthes*, ya que como se mencionó anteriormente su presencia podría estar relacionada a la presencia de *B. rosea*.

También cabe resaltar casos donde ciertas especies; además, de tener una relación con plantas en las UP estudiadas, pueden estar teniendo un beneficio por el cultivo de plantas de *Passiflora* como la granadilla en los terrenos colindantes. Caso de esto son las de mariposas de la Subfamilia *Heliconiinae*, ya que como menciona Gilbert (1998), especies de esta subfamilia depositan sus huevos únicamente sobre plantas pasionarias. Por esta razón se pueden estar encontrando más individuos de especies que se están viendo beneficiadas en otros espacios y estuvieron movilizándose durante muestreos. Esto se da en grupos dentro de *Nymphalidae*, donde puede haber relación con plantas nectáreas (alimentación), plantas hospederas o donde simplemente haya una relación única entre plantas y mariposas (Martínez, Martínez y Arosteguí, 2013).

Conclusión

Al identificar las especies de mariposas que se encuentran en la zona, se determina que UP con mayor variedad de especies es la Zona B debido a la cantidad de especies que presenta. Ya que las curvas de especie-área modeladas indican tendencias de haber encontrado la mayoría de especies, se demuestra que hay una diferencia significativa respecto a la abundancia entre zonas, contemplando diferencias en la composición de especies. Por otro lado, de las especies

de mariposas indicadoras, *P. timanthes* es la especie más confiable para ser utilizada como indicadora biológica. Además, se establece que hay una alteración media en la zona según la diversidad específica calculada para cada UP, relacionado a la ausencia y presencia de especies de plantas por zona y al mismo tiempo de mariposas, ya que la utilizan para alimentación.

Referencias Bibliográficas

- Aguado, T., Capa, M., Ocegüera, A., y Greg, R. (2014). Annelids segmented worms. ResearchGate, 1(January), 1–18.
- Andrade-C, G., Bañol, E. y Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperoidea – Papilionoidea). Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Serie A: Matemáticas. 37. 311-325.
- Andrew, M.E., Wulder, M.A., Coops, N.C. y Baillargeon, G. (2012). Beta-diversity gradients of butterflies along productivity axes. Glob Ecol Biogeogr. 21:352–364.
- Apaza, M.A., Osorio, F. y Pastrana, A. (2006). Evaluación del grado de amenaza al hábitat a través de bioindicadores (Lepidóptera) en dos comunidades dentro del área de influencia del PN ANMI MADIDI. Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 1 (1): 177.
- Asmah, S., Ghazali, A., Syafiq, M., Yahya, M.S., Peng, T.L., Norhisham, A.R., Puan, C.L., Azhar, B. y Lindenmayer, D.B. (2017). Effects of polyculture and monoculture farming in oil palm smallholdings on tropical fruit-feeding butterfly diversity. Agric For Entomol. 19:70–80.
- Bátary, P., Dicks, L.V., Kleijn, D. y Sutherland, W.J. (2015). The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. Conservation Biology, 29, 1006–1016.
- Birkhofer, K., Bezemer, T., Hedlund, K., y Setälä, H. (2012). Community composition of soil organisms under different wheat farming systems. 10.1201/b12339-6.
- Birkhofer, K., Entling, M., y Lubin, Y. (2013). Agroecology: Trait composition, spatial relationships, trophic interactions.
- 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. Biological Conservation 143: 1831–1841. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.044>
- Brito, M.M. y Ribeiro, D.B. (2014). Functional composition and phenology of fruit-feeding butterflies in a fragmented landscape: variation of seasonality between habitat specialists. J Insect Conserv. 18:547–560.
- Cambui, C.E.B., de Vasconcelos, R.N., Mariano-neto, E., Viana, B.F., y Cardoso, M.Z. (2017). Forest ecology and management positive forestry: the effect of rubber tree plantations on fruit feeding butterfly assemblages in the Brazilian Atlantic Forest. For Ecol Manage. 397:150–156.
- Camero, E. y Calderon C, A.M. (2007). Comunidad de mariposas diurnas (Lepidóptera:Rhopalocera) en un gradiente altitudinal dei canon dei Río Combeima-Tolima, Colombia. Acta Bioi. Colomb, 12(2), 95–110.
- Colwell, R.K. (2006). EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples (software and user's guide). Versión 8.0. URL: <http://purl.oclc.org/estimates/>
- Córdova, B., Meyer, C., y Rengifo Medina, B. (2019). Diversidad y abundancia de lepidópteros diurnos en tres ecosistemas en la Microcuenca Shilcayo. Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y arquitectura.
- DeVries, P.J.. (1987). The Butterflies of Costa Rica and Their Natural History. Vol I: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. SERBIULA (sistema Librum 2.0). I.
- Diehl, E., Wolters, V. y Birkhofer, K. (2012) Arable weeds in organically managed wheat fields foster carabid beetles by resource- and structure-mediated effects. Arthropod-Plant Interactions, 6, 75
- D'Souza, M.L. y Hebert, P.D.N. (2018). Stable baselines of temporal turnover underlie high beta diversity in tropical arthropod communities. Mol Ecol. 27:2447–2460.

- Edger, P.P., Heidel-Fischer, H.M., Bekaert, M., Rota, J., Gloeckner, G., Platts, A.E., et al., (2015). The butterfly plant arms-race escalated by gene and genome duplications. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 112: 8362-8366.
- Erhardt, A. y Mevi-Schütz, J. (2010). Adult food resources in butterflies. En: Settele, J., Shreeve, T., Konvicka, M., Van Dyck, H. (eds) *Ecology of butterflies in Europe*. pp. 9-16. Cambridge Univ. Press, Cambridge, Reino Unido.
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Costa Rica evidencia un aumento del 54% en su superficie forestal. FAO en Costa Rica. Recuperado de <http://www.fao.org/costarica/noticias/detail-events/en/c/426096/>
- Ferrer, J., Sánchez, A., Vilonia, A. y Donaldson, J. (2013). Congruencia y diversidad de las asociaciones de plantas hospedadoras de mariposas en niveles taxonómicos superiores. *Creative Commons Attribution License*, 1(1), 1–14.
- Fordyce, J.A. y DeVries, P.J. (2016). A tale of two communities: neotropical butterfly assemblages show higher beta diversity in the canopy compared to the understory. *Oecologia*. 181:235–243.
- Freitas, A.V.L., Iserhard, C.A., Santos, J.P., Yasmin, J., Carreira, O., Ribeiro, D.B., Henrique, D., Melo, A., Henrique, A. y Rosa, B. (2014). Studies with butterfly bait traps: an overview. *Rev Colomb Entomol*. 40:209–218.
- Gilbert, L. (1998). Coevolución de mariposas y enredaderas. *Revista Investigación y Ciencia* (73): 64-72.
- González-Valdivia, N. A., Pozo, C., Ochoa-Gaona, S., Ferguson, B.G., Cambranis, E., Lara, O., Pérez-Hernández, I., Ponce-Mendoza, A. y Kampichler, C. (2016). Nymphalidae frugívoras (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a un ecosistema agropecuario y de bosque tropical lluvioso en un paisaje del sureste de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(2), 451-464. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.04.003>
- Hammer, Ø. Harper, D.A.T. y Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. Recuperado de: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Holdridge, L. (1978). *Ecología Basada en Zonas de Vida*.
- Maini, J. (2018). Desarrollo sostenible de los bosques. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/u6010s/u6010s00.htm#Contents>
- Márquez, P. (2014). Lepidopteros (Rhopaloceros) bioindicadores de tres tipos de bosques del Distrito de San Juan Bautista, Loreto-Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Recuperado de repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4339
- Martins, L.P., Araujo Jr, E.C., Martins, A.R.P., Duarte, M., Azevedo, G.G. (2017). Species diversity and community structure of fruit-feeding butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae) in an eastern Amazonian forest. *Papéis Avulsos de Zoologia* 57(38): 481–489. <https://doi.org/10.11606/0031-1049.2017.57.38>
- Martínez, C.H., Martínez, D.A. y Arosteguí, S.A. (2013). Plantas Hospederas y Nectáreas de Lepidópteros de las familias Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae del Jardín Botánico Ambiental de la UNAN-León. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-León, Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Biología. Nicaragua.
- Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A., Borger, L., Bennett, D.J., Choimes, A., Collen, B., Day, J., De Palma, A., Diaz, S., Echeverria-Londono, S., Edgar, M.J., Feldman, A., Garon, M., Harrison, M.L.K., Alhousseini, T., Ingram, D.J., Itescu, Y., Kattge, J., Kemp, V., Kirkpatrick, L., Kleyer, M., Correia, D.L.P., Martin, C.D., Meiri, S., Novosolov, M., Pan, Y., Phillips, H.R.P., Purves, D.W., Robinson, A., Simpson, J., Tuck, S.L., Weiher, E., White, H.J., Ewers, R.M., Mace, G.M., Scharlemann, J.P.W. y Purvis, A. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520, 45 –50.
- Pérez, J.H., Gaviria-Ortiz, F.G., Santos, W.I.G., Carneiro, E., Mielke, O.H.H., Casagrande, M.M. (2017) Long term survey of the butterfly fauna of Curitiba, Paraná, Brazil: How does a

- scientific collection gather local biodiversity information? (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de Lepidopterologia* 45(179): 433–446.
- QGIS – Development Team (2020). QGIS Geographic Information System. Proyecto de Fundación Geoespacial de Código Abierto. <http://qgis.osgeo.org>
- Sambhu, H., Northfield, T., Nankishore, A., Ansari, A. y Turton, S. (2017). Tropical rainforest and human-modified landscapes support unique butterfly communities that differ in abundance and diversity. *Environ Entomol.* 46:1225–1234.
- Santos, J. P., Iserhard, C. A., Teixeira, M. O. y Romanowski, H. P. (2011). Fruit-feeding butterflies guide of subtropical Atlantic forest and Araucaria moist forest in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Biota Neotropica*, 11, 253–274
- Santos, A., Sales, P., Ribeiro, D. y Silva, P. (2020). Habitat conversion affects beta diversity in frugivorous butterfly assemblages. *Studies on Neotropical Fauna and Environment.* 1-13. 10.1080/01650521.2019.1710335.
- Sant’Anna, C.L.B., Ribeiro, D.B., Garcia, L.C. y Freitas, A.V.L. (2014). Fruit-feeding butterfly communities are influenced by restoration age in tropical forests. *Restor Ecol.* 22:480–485.
- Schipper, J., Chanson, J., Chiozza, F., Cox, N., Hoffmann, M., Katariya, V., Lamoreux, J., Rodrigues, A., Stuart, S., Temple, H., Baillie, J., Boitani, L., Lacher, T., Mittermeier, R., Smith, A., Absolon, D., Aguiar, J., Amori, G., Bakkour, N. y Young, B. (2008). The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat, and Knowledge. *Science* (New York, N.Y.). 322. 225-30. 10.1126/science.1165115.
- SNIT – Sistema Nacional de Información Territorial. (2019). Infraestructura Nacional de Datos Espaciales de Costa Rica. Recuperado de http://www.snitcr.go.cr/servicios_ogc_completo
- Soto, A. y Vega, G. (2010). Plantas con flores que atraen mariposas. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).
- Staudinger, M.D., Carter, S.L., Cross, M.S., et al., (2013). Biodiversity in a changing climate: a synthesis of current and projected trends in the US. *Front Ecol Environ* 11: 465–73.
- Tejeda, César y Mehlreter, Klaus. (2008). Indicadores ecológicos multitaxonómicos de hábitat con diferente grado de manejo.
- Ziegler, H. (2020). Tropicleps - Nymphalidae of Costa Rica. Recuperado de www.tropicleps.ch/?page=1&fam=nym
- Tschumi, M., Albrecht, M., Entling, M.H. y Jacot, K. (2015). High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282, 20151369
- Tuck, S.L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L.A. y Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51, 746–755.
- TWC – The Weather Channel. (2020). Pronóstico para León Cortés, Provincia de San José, Costa Rica. An IBM Business. Recuperado de <https://weather.com/es-GT/tiempo/10dias//Le%C3%B3n+Cort%C3%A9s+Provincia+de+San+Jos%C3%A9+Costa+Rica?canonicalCityId=14abf5def2fccd1d452dfa875ae5c352ba9e6bf228ad5f471f07907ed3fb7541>
- Uehara-Prado, M. y Ribeiro, D.B. (2012). Borboletas em Floresta Atlântica: métodos de amostragem e inventário de espécies na Serra do Itapeti. In: Morini MSC, Miranda VFO (Eds) Serra do Itapety: Aspectos Históricos, Sociais e Naturalísticos. Bauru, Canal6 Editora, 167–186.
- Wahlberg, N., Wheat, C.W. y Pena, C. (2013). Timing and patterns in the taxonomic diversification of Lepidoptera (butterflies and moths). *PLoS ONE* 8: e8087

- Yen, J.D., Fleishman, E., Fogarty, F. y Dobkin, D.S. (2019). Relating beta diversity of birds and butterflies in the Great Basin to spatial resolution, environmental variables and trait-based groups. *Glob Ecol Biogeogr.* 28:328–340.
- Zuchowski, W. (2007). *Tropical Plants of Costa Rica: A Guide to Native and Exotic Flora*. Zona Tropical Publications.
- Zumbado, M. A. y Azofeifa, D. (2018). *Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología*. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.