

Movilidad y transición de Nymphalidae entre fragmentos de bosque húmedo premontano y matriz agroforestal (Melgar, Tolima, Colombia) (Insecta: Lepidoptera)

Adriana Torres-Martínez & Juan C. Dumar

Resumen

La matriz en paisajes fragmentados es considerada como una de las mayores limitantes en las investigaciones de conservación; debido a que se considera como un no hábitat. El presente estudio se desarrolló en Tolima (Colombia), con el objetivo de evaluar la movilidad y transición de los Nymphalidae entre el fragmento de bosque, el borde y exterior (matriz agroforestal). Se utilizó como modelo de estudio los Nymphalidae, para evaluar la movilidad y transición entre unidades del paisaje y la influencia del efecto borde en Lepidoptera. Calculamos y comparamos estadísticamente la abundancia, riqueza en tres zonas de muestreo a tres distancias al borde (130 m, 65 m y 50 m), implementando metodologías estandarizadas (Jama y Trampas Van Someren Rydon). Los ejemplares recolectados (43 recapturas) fueron marcados, fotografiados y liberados acorde al método de captura-recaptura. Nuestros resultados sugieren que el desplazamiento de los individuos presentó mayor frecuencia desde el fragmento de bosque hacia la MA (67%), lo que evidencia la permeabilidad del borde y la interacción entre estas dos coberturas. Se evidencia diferencias significativas entre las dos coberturas en relación con la riqueza y abundancia y con base en las distancias evaluadas según su diversidad, sugiere un efecto borde al menos hasta los 50 metros del área de la matriz. En este sentido, se evidenció la presencia de especies raras e indicadoras y un efecto fuerte sobre los Lepidoptera especialistas quienes pueden ser clave para elaborar planes de conservación.

Palabras clave: Insecta, Lepidoptera, Nymphalidae, fragmentación, marcaje-captura-recaptura, especialistas, generalistas, dispersión, diversidad, Colombia.

Mobility and transition of Nymphalidae between Premontane Rainforest Fragments and Agroforestry Matrix (Melgar, Tolima, Colombia) (Insecta: Lepidoptera)

Abstract

The matrix in fragmented landscapes is considered as one of the major limitations in conservation research, because it is considered as a non-habitat. The present study was developed in Tolima (Colombia), with the objective of evaluating the mobility and transition of Nymphalidae between the forest fragment, the edge and outside (agroforestry matrix). Nymphalidae were used as a study model to evaluate the mobility and transition between landscape units and the influence of the edge effect on butterflies. We calculated and statistically compared abundance and richness in three sampling zones at three distances from the edge (130 m, 65 m and 50 m), using standardized methodologies (Jama and Van Someren Rydon Traps). The collected specimens (43 recaptures) were marked, photographed and released according to the capture-recapture method. Our results suggest that individuals moved more frequently from the forest fragment to the MA (67%), which is evidence of the permeability of the edge and the interaction between these two coverages. Significant differences are evident between the two coverages in relation to richness and abundance and based on the distances evaluated according to their diversity, suggesting an

edge effect at least up to 50 meters from the matrix area. In this sense, the presence of rare and indicator species and a strong effect on specialist Lepidoptera, which can be key to develop conservation plans, were evidenced.

Keywords: Insecta, Lepidoptera, Nymphalidae, fragmentation, marking-capture-recapture, specialists, generalists, dispersal, diversity, Colombia.

Introducción

La fragmentación se reconoce como una de las principales amenazas para la diversidad biológica, debido a la pérdida y transformación de hábitat considerando que es una de las causas frecuentes de cambios en la estructura espacial de la vegetación. En otras palabras, se describe como la ruptura de lo que era originalmente un hábitat continuo, lo que resulta en pequeños fragmentos aislados por una matriz de hábitat (Grez & Zaviero, 2002; Valdés 2011). Esta fragmentación normalmente conlleva una pérdida de hábitat las que, en conjunto o por separado, pueden afectar las dinámicas poblacionales y la estructura comunitaria de los organismos asociados (Grez & Zaviero, 2002). La explotación de la tierra para uso agrícola y la deforestación se han identificado como unas de las principales causas de la fragmentación (Foley, 2005; Foley et al. 2011). Estas actividades aumentan el aislamiento y el número de pequeños parches de hábitat, así como disminuye el tamaño del área original de los hábitats naturales (Santos & Tellería, 2006). En el mismo sentido Orlandin et al. (2019) expresa que existe una afectación en la diversidad y distribución de los organismos.

Uno de los principales problemas con respecto a los estudios sobre fragmentación y transformación de hábitat, ha sido su enfoque centrado en los fragmentos y la falta de atención en la matriz. Durante décadas, el estudio de los efectos de la fragmentación de hábitat sobre la biodiversidad ha estado dominado por los principios de la teoría de biogeografía de islas (TBI); este modelo asume que los patrones de ocupación de las especies responden únicamente a las características de los fragmentos y que la matriz es estructuralmente homogénea, ecológicamente neutra y no existe flujo de materia ni energía entre los fragmentos y la matriz (Herrera, 2011).

Es así como tradicionalmente, los paisajes fragmentados fueron descritos como un conjunto de “islas” de hábitat inmersas en un “océano” inhóspito de no-hábitat (Herrera, 2011); por el contrario, la matriz puede ser percibida por algunas especies como un hábitat continuo (Herrera, 2011). Además, estas matrices influyen en las poblaciones al afectar la dispersión de los individuos entre los hábitats adecuados, ya sea por afectar la entrada en el borde o por alterar las tasas de movimiento (Kuefler et al. 2010), en este sentido, existen hábitats matriciales que pueden variar en su papel como barreras o como conductos para la dispersión (Ricketts, 2001).

En la ecología del paisaje, varios estudios han analizado cada uno de estos aspectos del comportamiento de dispersión. Cuando los organismos salen de un hábitat para entrar en otro, está claro que los límites del hábitat con los hábitats menos adecuados pueden servir de barreras a la dispersión, y que la fuerza de esas barreras varía según los tipos de hábitat afectando la biodiversidad (Kuefler et al. 2010; Villemey et al. 2015).

Estudios relacionados sobre la habilidad de dispersión, asumen que este es un componente básico de la ecología de las especies siendo importante para la conservación porque la respuesta de las especies puede ser influida por la fragmentación de hábitat (Burk et al. 2011). Cabe destacar, que las comunidades en elementos matriciales se empobrecen especialmente cuando se encuentran lejos de los fragmentos de bosque, y las especies especialistas y sedentarias son las más afectadas (Villemey et al. 2015).

Por lo tanto, otra variable relacionada con el contexto que tiene una influencia potencialmente importante en el movimiento de los órganos es el “contexto del borde”. Además, la permeabilidad del propio fragmento de bosque puede estar limitado por una frontera impenetrable que los individuos que se dispersan prácticamente nunca cruzan, es decir un “borde duro”, o una barrera que es muy permeable a los dispersores, es decir un “borde suave” (Murphy & Lovett-Doust, 2004).

Investigaciones centradas en la dispersión, han demostrado que estos rasgos influyen en la respuesta de las especies a su entorno. Así mismo, diferentes grupos de insectos como los lepidópteros

han sido reconocidos por ser elementos indicadores de la calidad y aprovechamiento de los ecosistemas, al poseer características tales como una alta diversidad, importancia funcional, fidelidad ecológica, asociación estrecha con otras especies, rápida respuesta a la variabilidad ambiental y facilidad de captura (Meléndez, 2018). Además, ha sido demostrada su sensibilidad al grado de intervención humana (Ospina et al. 2015). De este grupo taxonómico, los Lepidoptera de la familia Nymphalidae son hoy en día uno de los grupos más reconocidos y utilizados para el monitoreo y establecimiento de áreas significativas en políticas de conservación y de manejo (Meléndez et al. 2018).

En la región de Melgar, en el departamento de Tolima (al sur occidente de Bogotá, en el centro de Colombia) se registra problemáticas en su estado ecosistémico, debido a los diferentes usos del territorio que han llevado al deterioro y la fragmentación, allí se reconocen espacios potenciales de demanda que han ido aumentando considerablemente en la zona como aprovechamiento agrícola, ampliación de potreros para el pastoreo de ganado de la minería en diferentes puntos y de la deforestación, afectando áreas o ecosistemas importantes para el sostenimiento de las funciones y servicios como la recarga de acuíferos.

No obstante, es imprescindible para esta zona promover el uso sostenible de la biodiversidad y desarrollar proyectos de conservación, enfocados hacia el conocimiento de grupos particulares que puedan dar cuenta de la biodiversidad de la zona; permitiendo así realizar análisis sobre el grado en que se facilita o se impiden el flujo de los individuos entre hábitats y la permeabilidad tanto del tipo de matriz como del borde. Nos enfocaremos en analizar la interacción de la matriz, entendida como un mosaico de hábitats con distinto grado de alteración con respecto al hábitat original (Herrera, 2011; Andrade & Flórez, 2015; Boesing et al. 2018).

La pregunta de investigación que nos hemos planteado es la siguiente: ¿Cómo es la movilidad y dispersión de los Nymphalidae entre el fragmento de bosque, la matriz agroforestal y su interacción con el borde como modelo de conservación?

En consecuencia, a la presente problemática en la zona como lo es la fragmentación y los cambios de uso del suelo; se plantea la necesidad de evaluar la interacción entre el fragmento de Bosque, borde y la matriz agroforestal “MA” (FB-borde-exterior (MA)), reconociendo la respuesta de las especialistas y generalistas frente a áreas de uso, con base en su diversidad, su relación con el cruce o retroceso de los individuos y la dispersión de los individuos. Esto será el insumo que servirá de ayuda en la toma de decisiones para su conservación.

Metodología

ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en la vereda Cualamaná (Melgar-Tolima-Colombia) (Figura I) en condiciones de zona de vida del Bosque Húmedo Premontano (bh-PM), según la clasificación bioclimática de Holdridge (1970). En latitud norte (4°12') y longitud oeste (74° 39'), con una altura de 1.034 m.s.n.m., y con una precipitación de 1.800 mm. El rango de temperatura promedio se encuentra entre 20-24°C, con una distribución uniforme durante el año.

A partir de la interpretación de imágenes satelitales World View 2, se delimitó el área de bosque (FB) con 24 hectáreas y el área adyacente, es decir la matriz agroforestal (MA), definiendo 17 hectáreas. Se trabajó en un FB el cual ha prestado servicios de suministro para la comunidad y, actualmente, tiene un proceso de restauración pasiva de aproximadamente 30 años. Su composición, según información secundaria, nos evidencia que en general prevalecen los estados de crecimiento secundario, donde existe predominancia de especies nativas que ofrecen una buena protección al suelo; la composición vegetal corresponde a un estado sucesional temprano, con predominancia de especies heliófilas de crecimiento rápido y algunos árboles testigo de la vegetación original (Cortolima, 2019).

Las especies observadas en campo en el FB, Balso (*Ochroma lagopus* Sw.), Robles (*Tabebuia chrysanthay* (Jacq.) G. Nicholson, *T. pentaphylla* (L.) Hemsl.), *Ficus* sp., Higueros, algunas

Lauraceae y los balsos *Ochroma* sp. son frecuentes sobre las zonas de suelos desnudos en recuperación. Estos bosques se desarrollan a continuación de los sombríos del café donde predominan las coberturas de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Cham. (Cortolima, 2019).

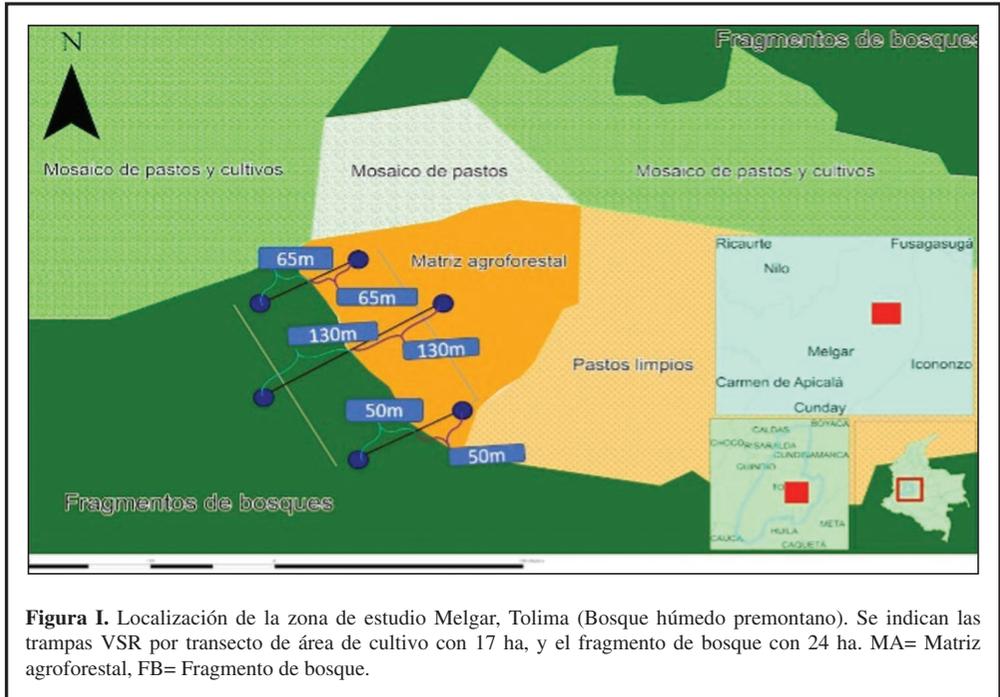


Figura I. Localización de la zona de estudio Melgar, Tolima (Bosque húmedo premontano). Se indican las trampas VSR por transecto de área de cultivo con 17 ha, y el fragmento de bosque con 24 ha. MA= Matriz agroforestal, FB= Fragmento de bosque.

La Matriz Agroforestal (MA), se define como un tipo de matriz heterogénea debido a los usos de tierra que son complejos y heterogéneos, compuestos por diferentes tipos de cultivos o vegetación (Boesing et al. 2018). Además, está constituida por cultivos caracterizados por un manejo agroforestal, donde se presentan una serie de arreglos productivos manifestados o dominados por un sistema cafetero o cacaotero (Cortolima, 2019), específicamente en esta área, los principales arreglos productivos más comunes son cacao - especies forestales, cacao - frutales - especies maderables. Dentro de las especies identificadas están, Robles (*Tabebuia chrysanthay*, *T. pentaphylla*) y balsos *Ochroma lagopus*.

TRABAJO DE CAMPO

Se utilizaron las técnicas estandarizadas de colecta directa (red entomológica) e indirectas (trampas Van Someren-Rydon VSR), con el objetivo de capturar e identificar las especies de la familia Nymphalidae, mediante la adecuación de la metodología de Andrade et al. (2013), Boom et al. (2013), Gallego & Gallego (2019).

Se realizaron cuatro eventos de muestreo para cada área de estudio (FB y MA se muestrearon diariamente), entre los meses de junio del 2019 a julio del 2019; se demarcó un transecto de 250 m de largo y 50 m de ancho (Figura I), se dispusieron 3 trampas VSR en zigzag, con cebos atrayentes al azar (Mezcla de Atún y banano fermentado con cerveza), las trampas VSR se colocaron entre 1 y 5 m

de altura sobre el suelo, equidistantes a 50-75 m aproximadamente. La influencia del efecto borde se evaluó, mediante las trampas VSR que se ubicaron a partir de la distancia más interna al FB hacia el borde y las distancias de la MA: FB (130 m, 65 m y 50 m) y MA (130 m, 65 m y 50 m).

En cuanto a la colecta con red entomológica, se cubrieron los dos transectos de longitud definida (250 m) por día. El tiempo de muestreo en cada uno de los sitios (FB y MA), la realizó una persona iniciando a las 08:00 horas para terminar a las 17:00, hasta completar 63 horas/trampa/hombre y 63 horas/trampa/muestreo en cada sitio visitado por semana. Los ejemplares no se sacrificaron, se hicieron registros fotográficos a cada uno de los ejemplares y se liberaron de inmediato acorde a Andrade et al. (2013), Ospina et al. (2015).

El método de captura-marcaje-recaptura (MRR), el proceso de marcaje y recaptura de los individuos pertenecientes a la familia Nymphalidae, consistió en capturar la mayor cantidad de individuos, manipulándolos sin maltratarlos, para ser posteriormente marcados en la región media del ala posterior izquierda, lado ventral utilizando el color azul para la MA y fucsia para FB. Así mismo, los individuos se registraron fotográficamente (utilizando el equipo Canon Eos Rebel T3) y se liberaron en el sitio de captura (Ochoa, 2017). Los datos de captura-recaptura fueron analizados ajustando el método de Jolly-Seber (Badii et al. 2012), para poder cuantificar la habilidad de dispersión y el flujo de los individuos marcados entre el FB y la MA.

Para la identificación y clasificación de los ejemplares, inicialmente en campo si era posible los ejemplares se identificaban hasta género y especies consignándose esta información como número de morfoespecie. Posteriormente se hizo la revisión y sistematización del registro fotográfico siguiendo la metodología de foto-identificación (Mazzoil et al. 2004). Se seleccionaron las fotos adecuadas (nítidas), que visibilizaran características tipo o patrones de coloración, así mismo se registraron fotos tanto ventrales como dorsales. Se revisaron libros especializados, guías de campo e ilustraciones y de material bibliográfico como las láminas de García et al. (2002), Valencia et al. (2005) y base de dato especializada e ilustradas como *Butterflies of America* (<https://www.butterfliesofamerica.com>).

En cuanto a las especies especialistas (especies que se encuentra en un área restringida o una especie con un nicho ecológico estrecho) y generalistas (especies que se extiende por un área extensa no restringida o una especie con un nicho ecológico amplio), se definieron teniendo en cuenta sus hábitos, y recursos según Sorto (2013), Coca-Abia (2019) (Tabla IV). Por último, con la colaboración de expertos (Jean Le Crom, Fredy Montero y Cristóbal Ríos) se corroboraron las especies determinadas taxonómicamente. Por consiguiente, se realizó una revisión bibliográfica con el objetivo de identificar la presencia de las plantas hospederas, nutricias y hábitos de los Nymphalidae, con el interés de visibilizar la relación de los recursos y hábitos en las áreas de estudio.

Tabla IV. Grupo de subfamilias, especies, planta nutricia u hábitos.

Subfamilia	Especies	Planta nutricia	Planta hospedera	Hábitat
Biblidinae	<i>Ectima erycinoides</i> <i>Hamadryas februa</i> <i>Hamadryas amphinome</i> <i>Nica flavilla</i> <i>Mestra dorcas</i> <i>Hamadryas laodamia</i> <i>Hamadryas feronia</i> <i>Dynamine paulina</i>	<i>Dalechampia scandens</i> (Euphorbiaceae)	<i>Traiga</i> sp., <i>Dalechampia</i> sp., <i>Cariodendron</i> sp., <i>Gynmanthes</i> sp. (Euphorbiaceae), <i>Serjania</i> sp., <i>Paullinia</i> sp. (Sapindaceae), <i>Trema</i> sp. (Cannabaceae) y <i>Viburnum</i> sp. (Adoxaceae) (Cunoniaceae), (Moreceae*), (Urticaceae)	Vuela en cultivos a libre exposición y en zonas abiertas/ Habita en bosque seco y húmedo/ Bosque ripario, Bordes y claros de bosques tropicales, matorrales de segundo crecimiento.

Charaxinae	<i>Consul fabius</i> <i>Zaretis ellops</i> <i>Memphis philumena corita</i> <i>Archaeoprepona</i> <i>amphimachus</i>	<i>Cinnamomum*</i> <i>cinammomaefolia</i> y <i>Persea</i> <i>caerulea</i> (Lauraceae).	Lauraceae*, Erythoxylaceae, Piperaceae*, Annonaceae, Flacourtiaceae, Fabaceae, Sapindaceae, Quiinaceae, Euphorbiaceae y Chrysobalanaceae	Es común observarla en ecosistemas de cafetales bajo sombrío, posada en troncos de guamo. Y volando en el dosel. Zonas abiertas.
Heliconiinae	<i>Fountainea ryphea</i> <i>Eueides aliphera</i> <i>Heliconius erato</i> <i>Actinote anteas</i> <i>Heliconius sara</i> <i>Dryas iulia</i> <i>Actinote pellenea</i>	Especies de pasifloras* del grupo <i>Plectostemma</i> Sp, <i>Pasiflora vitifolia</i> , <i>P. platyloba</i> , <i>Passiflora oerstedii</i> , <i>P. auriculata</i> , <i>Hamelia</i> , <i>Lantana</i> , <i>Palicourea</i> y <i>Psiguria</i>	<i>Passiflora*</i> <i>auriculata</i> y <i>Passiflora mucronata</i> .	Borde de bosque, vegetación secundaria, Borde de bosque, vegetación secundaria
Danainae	<i>Mechanitis menapis</i> <i>Pteronymia aletta</i>	No se encontró información	No se encontró información	No se encontró información
Limnitiidinae	<i>Adelpha serpa</i>	<i>Trichantea gigantea</i> (Acanthaceae).		Común en cafetales bajo sombrío y a libre exposición, no es frecuente observarla en sotobosque, la literatura reporta que su hábitat es el dosel superior.
Nymphalinae	<i>Anartia amathea</i> <i>Catonephele nyctimus</i> <i>Siderone galanthis</i> <i>Eresia clio</i> <i>Colobura dirce</i> <i>Anartia jatrophae</i>	Urticaceae, Acanthaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae*, Moraceae*, Verbenaceae, Melastomataceae*, Asteraceae, Amarantaceae y Malvaceae	Cecropia* <i>C. peltata</i> , <i>C. arachnoides</i> , <i>C. eximia</i> , <i>C. longipes</i> (Moraceae)	Vuela en zonas abiertas, bordes de camino, cafetales, sombrío, y a libre exposición.
Satyrinae	<i>Cissia confusa</i> <i>Pareuptychia metaleuca</i> <i>Hermeuptychia fallax</i> <i>Magneuptychia libye</i> <i>Taygetomorpha celia</i> <i>Posttaygetis penelea</i> <i>Taygetis kerea</i> <i>Taygetis laches</i> <i>Opsiphanes cassina numatius</i> <i>Pierella luna luna</i> <i>Eryphanis automedon</i>	<i>Bambusa vulgaris</i> (Poaceae*). Todas las familias de Poaceae*	Poaceae*, Selaginellaceae, Arecaceae, Fabaceae, Malpigiaceae, Bromeliaceae, Musaceae, Marantaceae, Zingiberaceae, Cannaceae y Caparidaceae	Sotobosque, claros, senderos dentro del bosque. Se encuentra en zonas de cultivos orgánicos y en bosque. Vuela en zonas boscosas, guaduales y bordes de cafetales con sombrío. Se encuentra en el interior del bosque

ANÁLISIS DE DATOS

Se estimó el esfuerzo de muestreo y la representatividad de la riqueza de especies presentes en cada una de las coberturas MA y FB a partir de la evaluación de las curvas de acumulación de especies. En este proceso también se agruparon los datos de la siguiente manera: a. Diversidad de las

especies totales (DSPT), b. Riqueza y abundancia de las especies generalistas (RASPG), c. Riqueza y abundancia de las especies especialistas (RASPE), teniendo en cuenta la estimación para cada una de las distancias al borde en cada sitio de muestreo.

El análisis de diversidad biológica se hizo con base en los procedimientos de Jost et al. (2010) y Moreno et al. (2011), se evaluaron los estimativos de diversidad de abundancia proporcional para conocer el grado de uniformidad y el de dominancia de las especies en cada área de uso por distancia al borde, utilizando el índice de Shannon (H') (Herrera, 2011). Por otra parte, se realizó una prueba de Shapiro wilk para determinar la distribución de los datos (Prueba de normalidad, $p= 0.05$), y se procede a realizar una prueba no paramétrica Kruskal-Wallis ($p= 0.05$) para observar diferencias significativas entre la riqueza y abundancia de las especies en los tres puntos estudiados: (130 m, 65 m y 50 m) y U de Mann-Whitney (U: $p= 0.05$) para observar diferencias significativas entre las variables, en relación con los Nymphalidae y las dos coberturas estudiadas (FB y MA).

Por otro lado, se evaluó la distribución de la abundancia de las especies (SAD) con el objetivo de visualizar el patrón de la frecuencia y la rareza de las especies en la comunidad y comparar las dos coberturas evaluadas (MA y FB). Por último, las pendientes de los modelos de SAD trazadas mediante diagramas de abundancia por rangos (RAD) ofrecen una alternativa a los histogramas para comparar los SADs entre comunidades (Matthews & Whittaker, 2015).

Además, teniendo en cuenta la adecuación de Perfecto & Vandermeer (2002), para evidenciar la respuesta de los totales, las especies especialistas y generalistas en relación con las variables (riqueza y abundancia); se utilizaron las distancias (130 m, 65 m y 130 m) al borde, tomando como punto de referencia la distancia de la trampa VSR más interna del FB (130 m) hasta llegar al borde y distancias hacia la (MA). Se realizó el conteo de las recapturas de los individuos para cada distancia al borde en cada una de las áreas de uso (MA y FB) (Ochoa et al. 2017), para identificar la dispersión y los puntos donde se desplazaron los individuos, registrando la mayor representación de flujo y frecuencia. Es importante aclarar que no se registra recaptura, si un mismo individuo se encuentra dentro del mismo transecto y trampa del área de uso.

Para los datos de la presencia de las especies registradas se estimó la frecuencia relativa de las ejemplares por especie, en cada una de las áreas de uso (MA y FB), con el objetivo de evidenciar la intensidad de presencia de los individuos con relación al total por cada una de las zonas de uso (Olivier et al. 2016). También, se realizó una prueba no paramétrica, U de Mann-Whitney (U: $p= 0.05$), con el objetivo de identificar si existen diferencias significativas en cuanto a la frecuencia relativa entre estas área.

Resultados

COMPOSICIÓN DE LOS NYMPHALIDAE MUESTREADOS POR ÁREA DE ESTUDIO

La curva de acumulación de especies para los dos tipos de cobertura MA y FB, muestran el número de especies acumuladas de los Nymphalidae a lo largo del esfuerzo de muestreo; evidenciando una curva con tendencia asintótica dentro de los intervalos de confianza (95%) de la prueba chao 1 (Figura II). Se constató que, de acuerdo con el esfuerzo de muestreo, las especies colectadas son representativas con base en los estimadores no paramétricos, el valor de la riqueza observada se encuentra entre los rangos de chao 1 indicando la buena representatividad de las especies.

Se registraron 789 individuos en el área de estudio para la familia Nymphalidae, pertenecientes a siete subfamilias: Satyrinae, Nymphalinae, Biblidinae, Limenitidinae, Danainae, Heliconiinae y Charaxinae, éstas se distribuyeron en 32 géneros y 39 especies. La subfamilia con mayor abundancia en el FB fue Satyrinae con 430 individuos y con mayor abundancia en el MA se registra la subfamilia

Biblidinae con 212 individuos; en cuanto a la riqueza estas dos subfamilias son similares en las dos áreas de estudio oscilando entre ocho y nueve especies, las subfamilias con menor riqueza y abundancia fueron Limenitidinae y Charaxinae.

En términos generales, la mayor riqueza y abundancia se encontró en el área de la MA con 36 especies y 440 individuos, las especies más abundantes y dominantes en esta área son *Pareuptychia metaleuca* Fruhstorfer, 1912 y *Hamadryas feronia* (Linnaeus, 1758), las cuales representan aproximadamente el 70% de la muestra. Así mismo, se evidencia mayor recaptura de los individuos en esta área ($rt = 29$), registrando las especies *H. laodamia* (Cramer, 1777), *P. metaleuca* y *Cissia confusa* (Staudinger, 1887).

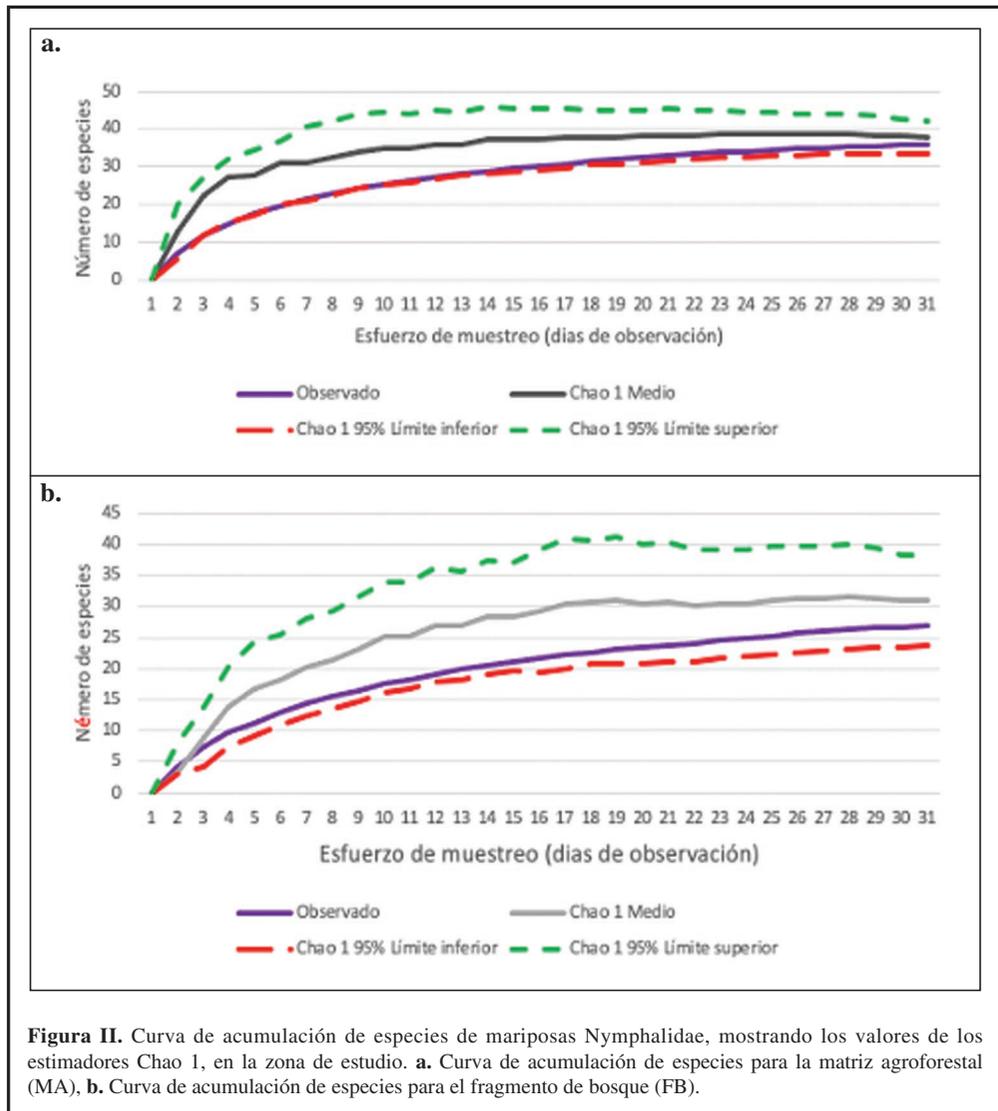


Figura II. Curva de acumulación de especies de mariposas Nymphalidae, mostrando los valores de los estimadores Chao 1, en la zona de estudio. **a.** Curva de acumulación de especies para la matriz agroforestal (MA), **b.** Curva de acumulación de especies para el fragmento de bosque (FB).

EFECTO BORDE EN LOS NYMPHALIDAE

Para cada una de las áreas de uso, se definen las más representativas mediante el índice de diversidad de Shannon, registrando diferencias significativas en la MA obteniendo mayor diversidad específica (especies presentes y abundancia relativa) con respecto al FB. En cuanto a la diversidad de los Nymphalidae con base en el índice de Shannon, por distancias al borde se indica diferencias significativas ($p= 0.05$), solo en la distancia de 50 m de la MA con respecto a las distancias restantes (130 m y 65 m), entre estas dos últimas se evidencia una similitud de los datos según Prueba de Kruskal Wallis y para el FB no se encontraron diferencias significativas en cuanto a las distancias al borde.

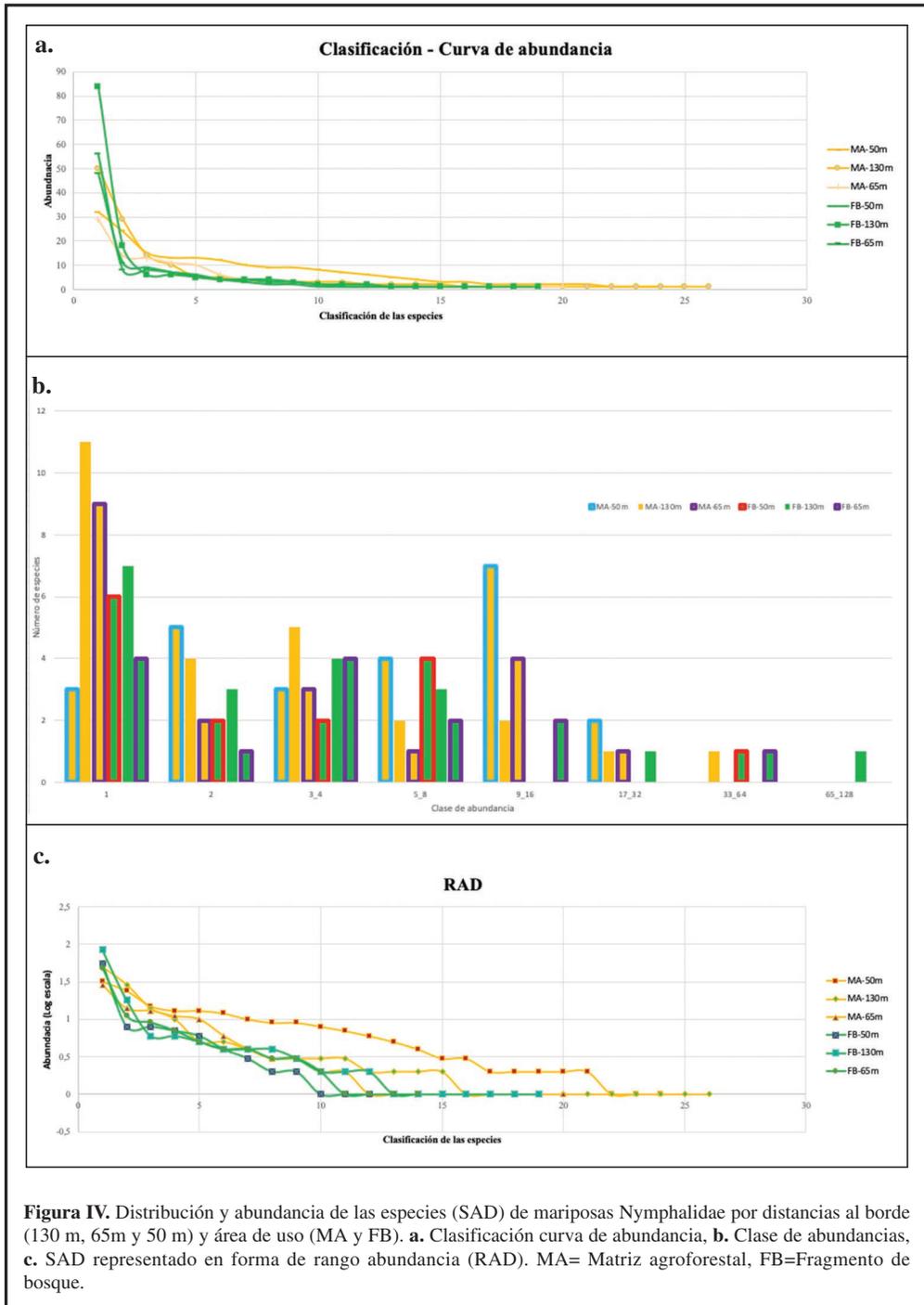
La riqueza de los Nymphalidae por distancias al borde no indicó diferencias significativas entre riqueza de especies totales, riqueza de las especies especialistas y generalistas en cada distancia evaluada (130 m, 65 m y 50 m) ($p > 0.05$). De lo contrario se evidencia diferencias significativas entre los dos tipos de cobertura, siendo valores mayores para la MA en relación con la riqueza de las especies totales y riqueza de las especies generalistas en comparación con el FB, exceptuando la riqueza de las especies especialistas estos datos son similares (U test; $p= 0.027^*$) (Tabla I).

Tabla I. Distribución de los datos y distancias al borde de cada área de uso. **1.** Diversidad y abundancia de las especies. **2.** Riqueza y abundancia de las especies especialistas. **3.** Riqueza y abundancia de las especies especialistas. Y las recapturas por cada criterio en las áreas de uso. * = Indica diferencias significativas ($p= 0,05$ KW) MA= Matriz agroforestal, FB= Fragmento de bosque.

Variables		MA			FB			
		65 m	130 m	50 m	50 m	130 m	65 m	
Especies	Diversidad	H'	2,338	2,371	2,779*	1,74	1,787	1,736
	Abundancia		186	148	106	100	147	102
	Recapturas		20	7	2	4	7	3
Generalista	Riqueza		16	18	13	8	11	7
	Abundancia		142	117	82	74	126	69
	Recapturas		14	6	1	4	6	1
Especialista	Riqueza		8	8	7	6	8	8
	Abundancia		44	31	24	26	21	33
	Recapturas		6	1	1	0	1	2

El SAD de las muestras de los Nymphalidae por distancias al borde (130 m, 65 m y 50 m) y área de uso (MA y FB), arroja como resultado para la primera clase especies con un solo individuo, la segunda clase con dos individuos, la tercera clase con 5-8, la cuarta con 9-16, la quinta con 17-32, la sexta con 33-64 y la séptima con 65-128 individuos (Figura IVa). Además, podemos observar que el diagrama está sesgado a la derecha y esto da una imagen clara de la SAD, donde las especies raras son abundantes en comparación con las especies comunes en la comunidad (Figura IVa). En el siguiente gráfico observamos que se trata de una función decreciente con el aumento del valor de abundancia. En relación con la distribución de la abundancia de las especies, este gráfico interpreta que las especies raras son más numerosas que las comunes (Figura IVb).

El SAD representado en forma de rango de abundancia, muestra las curvas FB (130 m, 65 m y 50 m) se encuentra por debajo de las curvas MA (130 m, 65 m y 50 m), lo que indica que hay mayores proporciones de especies de baja abundancia en las comunidades del FB. Por último, se observa que en la primera clase hay mayor concentración de especies en cuanto a su abundancia, y se evidencia un sesgo a la derecha evidenciando que existen muchas especies con una baja abundancia lo cual hace referencia a especies raras en las dos áreas. (Figura IVc).



La distribución de la abundancia de las especies de Nymphalidae, muestra la presencia de especies raras para cada una de las distancias evaluadas al borde, en el MA (50 m) encontramos algunas especies raras como *Fountainea ryphea* (Cramer, 1775), *Mestra dorcas* (Fabricius, 1775), *Pteronymia aletta* Hewitson, [1855]; en la distancia de 65 m con mayor cantidad de especies raras se registran *Adelpha serpa* (Boisduval, 1836), *Consul fabius* (Cramer, 1776), *Dynamine paulina* (H. Bates, 1865); a los 130 m se registra *Actinote pellenaea* (Doubleday, 1847), *Adelpha serpa* (Boisduval, 1836), *Catonephele nyctimus* (C. Felder & R. Felder, 1861).

En la FB la distribución de la abundancia de las especies, se observa la presencia de algunas especies raras para la distancia de 50 m *Eryphanis automedon* (Cramer, 1775), *Pierella luna* (Fabricius 1973), *Siderone galanthis* (Cramer, 1775) y *Taygetis kerea* Butler, 1869; a los 65 m con mayor presencia de especies raras como: *Actinote anteas* (Doubleday, 1847), *Actinote pellenaea*, *Pierella luna* y *Taygetis kerea*; a los 130 m *Dryas iulia* (Fabricius, 1775) y *Siderone galanthis*.

Entre las especies generalistas se destacan en cuanto a su riqueza y abundancia: *Pareuptychia metaleuca* (167 individuos), *Hamadryas feronia* (67 individuos), *Cissia confusa* y *Hermeuptychia fallax* (C. Felder & R. Felder, 1862) (59 individuos), (59 individuos), y entre las especialistas *Taygetomorpha celia* (Cramer, 1779) (33 individuos) y *Taygetis kerea* (24 individuos) (Tabla II).

Tabla II. Listado de las especies de Nymphalidae, registradas las áreas de uso (MA y FB), con su abundancia. *= Indica las especies recapturadas, X= Indica la presencia de los Nymphalidae en cada una de las áreas de muestreo, rt=Total de recapturas. MA= Matriz agroforestal, FB= Fragmento de bosque. @*x@@.

Subfamilia	Especie	Autor / año de Publicación	Indicadoras	Hábitos	MA	FB	Abundancia	rt
Heliconiinae	<i>Actinote anteas</i> *	(Doubleday, 1847)	No aplica	Generalista	X	X	5	2
Heliconiinae	<i>Actinote pellenaea</i> *	(Jordan, 1913)	No aplica	Generalista	X	X	2	1
Limnitiidae	<i>Adelpha serpa</i>	(Boisduval, 1836)	No aplica	Generalista	X		2	0
Nymphalinae	<i>Anartia amathea</i>	(Linnaeus, 1763)	Indicadora de áreas abiertas y perturbadas	Generalista	X	X	17	0
Nymphalinae	<i>Anartia jatrophae</i> *	(Linnaeus, 1763)	No aplica	Generalista	X	X	2	1
Charaxinae	<i>Archaeoprepona amphimachus</i> *	(Fabricius, 1775)	Indicadora de bosque primario, se encuentran en bosques conservados	Especialista	X	X	8	1
Nymphalinae	<i>Catonephele nyctimus</i>	(C. Felder & R. Felder, 1861)	No aplica	Generalista	X	X	4	0
Satyrinae	<i>Cissia confusa</i> *	(Staudinger, 1887)	Indicadora de áreas perturbadas	Generalista	X	X	59	6
Nymphalinae	<i>Colobura dirce</i> *	(Staudinger, 1887)	Indicadora de bosque secundario	Generalista	X	X	14	2
Charaxinae	<i>Consul fabius</i>	(Cramer, 1776)	Indicadora de bosque primario	Especialista	X	X	10	0
Heliconiinae	<i>Dryas iulia</i> *	(Fabricius, 1775)	Indicadora del estado de recuperación de bosque manejados	Generalista	X	X	5	1
Biblidinae	<i>Dynamine paulina</i>	(H. Bates, 1865)	No aplica	Generalista	X		2	0
Biblidinae	<i>Ectima erycinoides</i> *	C. Felder & R. Felder, 1867	No aplica	Generalista	X	X	13	2
Satyrinae	<i>Eryphanis automedon</i>	(Cramer, 1775)	No aplica	Especialista		X	1	0
Nymphalinae	<i>Eresia clio</i>	(Linnaeus, 1758)	No aplica	Generalista	X		1	0
Heliconiinae	<i>Eueides aliphera</i>	(H. Bates, 1865)	No aplica	Generalista	X	X	22	0

Charaxinae	<i>Fountainea ryphea</i>	(Cramer, 1775)	No aplica	Generalista	X		2	0
Biblidinae	<i>Hamadryas amphinome</i> *	(Linnaeus, 1767)	No aplica	Generalista	X	X	17	1
Biblidinae	<i>Hamadryas februa</i> *	(Hübner, [1823])	No aplica	Generalista	X	X	97	2
Biblidinae	<i>Hamadryas feronia</i> *	(Linnaeus, 1758)	Indicadora de bosque perturbado	Generalista	X	X	67	2
Biblidinae	<i>Hamadryas laodamia</i> *	(Cramer, 1777)	No aplica	Generalista	X	X	12	5
Heliconiinae	<i>Heliconius erato</i>	(Linnaeus, 1758)	No aplica	Generalista	X	X	12	0
Heliconiinae	<i>Heliconius sara</i> *	(Fabricius 1793)	No aplica	Generalista	X		6	1
Satyrinae	<i>Hermeuptychia fallax</i> *	(C. Felder & R. Felder, 1862)	No aplica	Generalista	X	X	59	4
Satyrinae	<i>Magneuptychia libye</i>	(Linnaeus, 1767)	No aplica	Especialista	X		10	0
Danainae	<i>Mechanitis menapis</i> *	Hewitson, [1856]	Indicadora de bosque secundario / áreas más conservadas / indicadoras sensibles a los cambios ambientales.	Especialista	X	X	14	1
Charaxinae	<i>Memphis philumena</i>	(E. Doubleday, [1849])	Indicadora de bosque más conservado	Especialista	X		4	0
Biblidinae	<i>Mestra dorcas</i> *	(Fabricius, 1775)	No aplica	Generalista	X		3	1
Biblidinae	<i>Nica flavilla</i>	(Godart, [1824])	No aplica	Generalista	X		1	0
Satyrinae	<i>Opsiphanes</i>	(C. Felder & R. Felder, 1862)	No aplica	Especialista	X		1	0

El comportamiento de los Nymphalidae en relación con las distancias al borde (130 m, 65 m y 50 m) de las dos coberturas (MA y FB), en relación con la variable DASPT (diversidad y abundancia de las especies totales), se evidencia que las distancias con respecto al borde la diversidad específica es baja, no obstante, la abundancia absoluta es mayor en la distancia más interna al FB (130 m). En cuanto a las distancias en la MA los valores indican una alta diversidad específica, donde la distancia cercana al borde (50 m) obtiene un valor mayor. En relación, se evidencia el mismo comportamiento entre las variables RASPG (Riqueza y abundancia de las especies generalistas) y RASPE (Riqueza y abundancia de las especies especialistas) con unos valores distintos entre la riqueza y la abundancia siendo los valores mayores para las distancias de 50 m y 130 m (Figura III).

MARCAJE-CAPTURA-RECAPTURA (MRR)

Se capturó, marcó y liberó un total de 789 individuos de los cuales 43 fueron recapturados para las áreas de la MA y FB (Tabla I). Los ejemplares marcados corresponden a 19 especies, registrando mayor recaptura las especies *Cissia confusa* y *Hamadryas laodamia* (Cramer, 1777), pertenecientes a la subfamilia Satyrinae. En cuanto a las especies con solo una recaptura se reconoce *Actinote pellenea* y *Archaeoprepona amhimachus* (Fabricius, 1775), pertenecientes a las subfamilias Heliconiinae y Charaxinae (Tabla II). Para las especies especialistas se registraron cinco especies recapturadas, entre las más representativas están *Hermeuptychia fallax* y *Taygetomorpha celia*, evidenciando mayor recaptura en la MA. Dentro de las especies generalistas encontramos 14 especies recapturadas, reflejando además el desplazamiento entre las dos áreas con mayor recaptura en la MA. En relación con los diferentes hábitos (especialista y generalista), se registran especies indicadoras de áreas abiertas y perturbadas, áreas conservadas, estado de recuperación de bosques manejados y de bosque secundario (Tabla III).

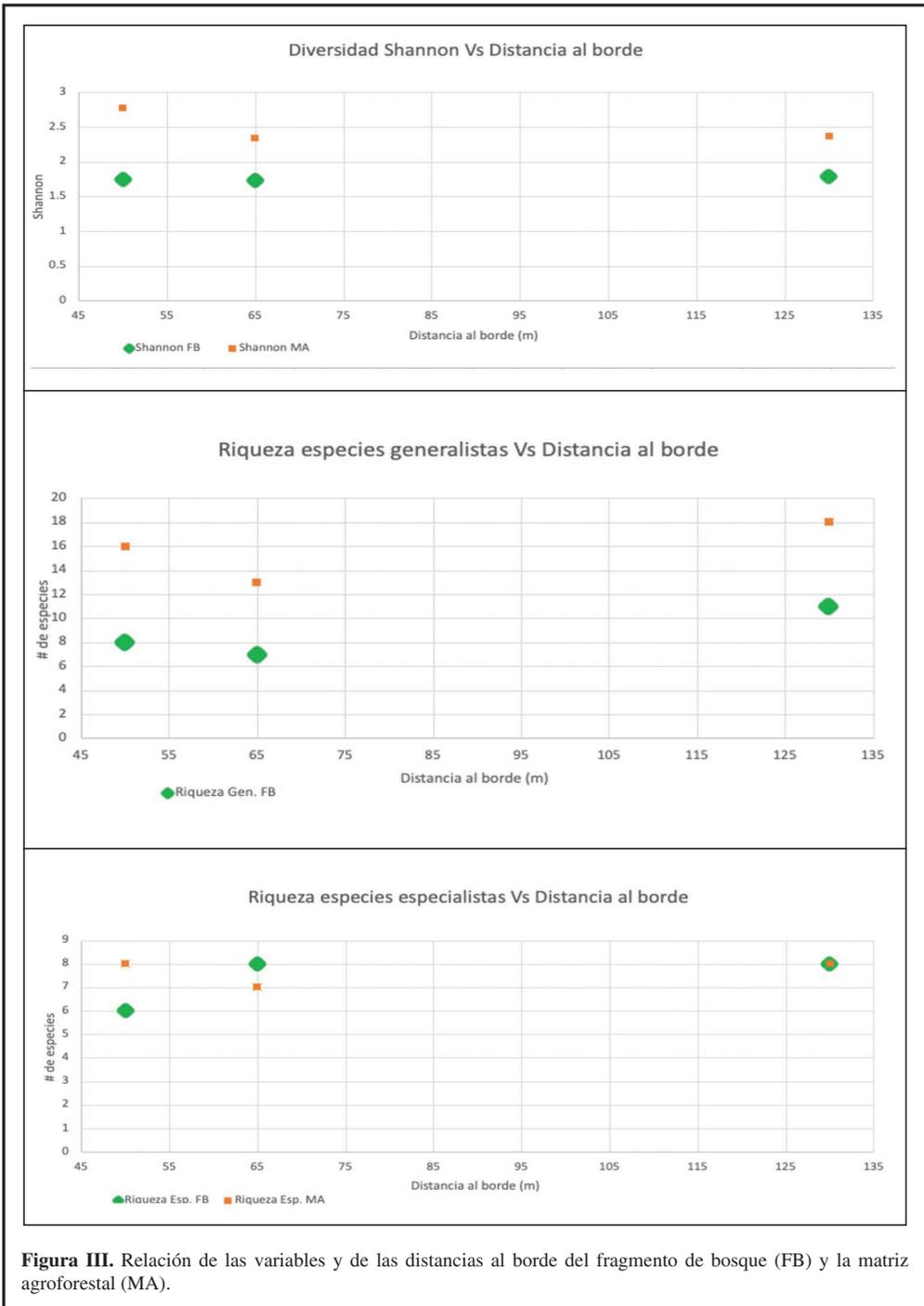


Figura III. Relación de las variables y de las distancias al borde del fragmento de bosque (FB) y la matriz agroforestal (MA).

Tabla III. Grupo de subfamilias y especies de la familia Nymphalidae, con sus hábitos y correspondiente presencia (MA y FB), frecuencia relativa en el conjunto de datos. *= Indica las diferencias significativas ($p = 0,05$ test U). MA= Matriz agroforestal, FB= Fragmento de bosque.

Subfamilia	Especie	Hábitos	presencia	Frecuencia (%) MA	Frecuencia (%) FB
Biblidinae	<i>Dynamine paulina</i>	Generalista	MA	0,4	0
	<i>Hamadryas amphinome</i>	Generalista	MA*	3,2	0,8
	<i>Hamadryas februa</i>	Generalista	MA*	20	2,6
	<i>Hamadryas feronia</i>	Generalista	MA*	15	0,3
	<i>Hamadryas laodamia</i>	Generalista	MA*	2,3	0,6
	<i>Mestra dorcas</i>	Generalista	MA	0,7	0
Charaxinae	<i>Nica flavilla</i>	Generalista	MA	0,2	0
	<i>Consul fabius</i>	Especialista	FB*	0,7	2,0
	<i>Fountainea ryphea</i>	Generalista	MA	0,4	0
	<i>Memphis philumena</i>	Especialista	MA	0,9	0
	<i>Siderone galanthis</i>	Especialista	MA*	0,7	0,5
Danainae	<i>Zaretis ellops</i>	Especialista	MA	0,4	0
	<i>Mechanitis menapis</i>	Especialista	FB*	0,4	3,4
Heliconiinae	<i>Pteronymia aletta</i>	Especialista	FB*	0,4	2,3
	<i>Dryas iulia</i>	Generalista	MA*	0,9	0,3
	<i>Eueides aliphera</i>	Generalista	MA*	3,6	1,7
	<i>Heliconius erato</i>	Generalista	MA*	2,5	0,3
Limenitidinae	<i>Heliconius sara</i>	Generalista	MA	1,4	0
	<i>Adelpha serpa</i>	Generalista	MA	0,4	0
Nymphalinae	<i>Anartia amathea</i>	Generalista	MA*	3,6	0,3
	<i>Catonephele nyctimus</i>	Generalista	FB*	0,2	0,8
	<i>Colobura dirce</i>	Generalista	FB*	1,8	1,7
	<i>Eresia clio</i>	Generalista	MA	0,2	0
Satyrinae	<i>Cissia confusa</i>	Generalista	FB*	5,9	9,4
	<i>Eryphanis automedon</i>	Especialista	FB	0	0,3
	<i>Hermeuptychia fallax</i>	Especialista	MA*	9,3	5,1
	<i>Magneuptychia libye</i>	Especialista	MA	2,2	0
	<i>Opsiphanes cassina</i>	Especialista	MA	0,2	0
	<i>Pareuptychia metaleuca</i>	Generalista	FB*	10,7	53,9
	<i>Pierella luna</i>	Especialista	FB	0	0,7
	<i>Posttaygetis penelea</i>	Especialista	FB	0	0,3
<i>Taygetis kerea</i>	Especialista	FB*	2,9	3,2	

Las especies generalistas como *Hamadryas amphinome* (Linnaeus, 1767), *H. feronia* (Linnaeus, 1758), *Eueides aliphera* y *Anartia amathea* (Linnaeus, 1763), tienden a estar con más frecuencia en la MA indicando mayor presencia en este hábitat, por el contrario, algunas especies especialistas registraron mayor frecuencia en esta cobertura como *Taygetomorpha celia* (Tabla II). En el FB, se evidencia mayor frecuencia de las especies especialistas, confirmando mayor presencia hacia esta área como *Consul fabius*, *Mechanitis menapis* Hewitson, [1856] y *Pteronymia aletta* (Hewitson, [1855]), en contraste algunas especies generalistas registran la presencia en esta cobertura como *Pareuptychia metaleuca* y *Colobura dirce* (Staudinger, 1887).

Las especies registradas solo en el FB como *Pierella luna* y *Posttaygetis penelea* (Fabricius 1973) se clasifican como especies especialistas e indicadoras de bosque secundarios o zonas conservadas y las especies registradas solo en la MA como *Dynamine paulina* (H. Bates, 1865), *Fountainea ryphea* (Cramer, 1775) y *Magneuptychia libye* (Linnaeus, 1767) son tanto especialistas como generalistas

(Tabla II). Finalmente, se identificó que existe una diferencia significativa entre las subfamilias en relación con la frecuencia relativa (U test, $p = 0.05^*$).

En relación con las distancias evaluadas al borde (130 m, 65 m y 50 m) se registra mayor recaptura de los Nymphalidae en la MA, principalmente en la distancia de 65 m. En contraste el FB obtiene valores bajos para las recapturas, no obstante, donde se evidencia mayor recaptura es en la distancia más interna al fragmento (130 m). En la distancia de la MA, donde se obtuvo mayor recaptura, se evidencia mayor desplazamiento de una especie especialista como *Taygetomorpha cellia* y en las distancias donde se evidencias mayor desplazamiento en el FB, se registra una especie generalista como *Cissia confusa*.

En relación con las plantas nutricias y hospederas de los Nymphalidae, se resalta la presencia de grupos de plantas como las Lauraceae, Passifloraceae, Moraceae, Poaceae, Mimosaceae y Rubiaceae (Tabla IV). Además, se observaron especies de borde como algunos Satyrinae (*Cissia confusa*), de áreas abiertas como algunos Biblinidae (*Hamadryas februa* y *Ectima erycinoides*) o volando en cultivo bajo sombrío como algunas de la subfamilia Charaxinae *Archaeoprepona amphimachus* y *Consul fabius*. Se reconocen, especies indicadoras de zonas alteradas como *Adelpha serpa*, *Anartia amatheia* y *Cissia confusa* y de bosques como *Eryphanis automedon*, *Consul fabius* y *Dryas iulia*.

Discusiones

MOVILIDAD Y TRANSICIÓN DE LAS ESPECIES DE LOS NYMPHALIDAE (GENERALISTAS Y ESPECIALISTAS) ENTRE EL BORDE DEL FB Y LA MA

En cuanto a la movilidad y el flujo de los Lepidoptera reflejados mediante las recapturas, se registran especies tanto generalistas como especialistas *Cissia confusa* y *Taygetomorpha cellia*, con mayor registro de desplazamiento entre las dos áreas de uso, mostrando una interacción entre el borde del FB y la MA, estudios relacionados específicamente con Nymphalidae registraron que los individuos recapturados cruzaron el límite siendo relativamente frecuente en algunas especies, aunque el movimiento total de los individuos fue del borde del bosque a la plantación (Orlandin et al. 2019) y nuestro estudio evidencia el cruce y el flujo, no solo hacia la MA sino también hacia el FB. Esto podría deberse a la mayor concentración de recursos alimenticios ofrecidos a los Lepidoptera en los bordes del bosque, por ejemplo, la abundancia de flores atractivas para las especies en el interior del bosque es escasa en comparación con los bordes del bosque, donde florecen varias especies de plantas pioneras (Orlandin et al. 2019).

Otros resultados opuestos como por ejemplo lo observado con especies de Lepidoptera del género *Erebia*, donde se evidencia que la permeabilidad en cuatro tipos de bordes diferentes (carretera, árboles y arbustos), registrando que en general todas las especies estudiadas evitaron cruzar los límites del hábitat, tanto naturales como antropogénicos, y que la mayoría de los individuos son más bien sedentarios (Grill et al. 2020), lo cual concuerda con los resultados de otros estudios sobre el comportamiento de las especies en los límites del hábitat (Polic et al. 2014; Mair et al. 2015).

En los resultados de este estudio, se evidencia que no todas las especies especialistas cruzaron el borde hacia la MA, evidenciando un borde duro para estas especies, estudios relacionados encontraron que las especies dependientes de los bosques a pesar de haber sido registradas cruzando el límite con menos frecuencia, se evidencia que prefieren condiciones de sombra y frescura y pueden evitar activamente cruzar los límites (Kuefler et al. 2010; Scriven et al. 2017), esto es concordante con resultados presentados en este estudio, con especies como *Pierella luna*, *Eryphanis automedon* y *Posttaygetis penelea*, siendo especies que se encuentran solo en bosques conservados. Este mismo comportamiento en varias especies evidencian una restricción más definida de hábitat, tendiendo a tener un efecto negativo en su diversidad que los llevaría a un posible declive poblacional y una posterior extinción (Boesing et al. 2018).

Se ha demostrado que algunas especies evitan activamente los bordes del hábitat y pueden responder modificando su comportamiento de movimiento cuando se encuentran cerca del límite, probablemente debido a los “efectos de borde” que penetran en el hábitat del bosque (Scriven et al. 2017). Nuestro estudio se centró en las especies, pero evitar el cruce activo de los bordes ha sido

demostrada por otros taxones, por ejemplo los anfibios (Rojas & Pérez-Pena, 2018; Gillespie et al. 2012) y las aves (Laurance, 2004).

Otros estudios mostraron que la presencia del borde también afecta los patrones de comportamiento o movimiento de los individuos (Rodríguez et al. 2001; Anderson & Boutin, 2002). Ejemplos relacionados han investigado la permeabilidad del borde en el comportamiento del movimiento de los Lepidoptera, han demostrado que el comportamiento de estos cambia significativamente cerca de los bordes del bosque (Schultz & Crone, 2001; Schtickzelle & Baguette, 2003; Ross et al. 2005; Conradt & Roper, 2006). En este contexto, Ries & Debinski (2001) investigaron la respuesta (cruce o retroceso) de una especie especialista (*Speyeria idalia*) y una especie de generalista (*Danaus plexippus*); encontrando que las especies especialistas evitaban los bordes o se volvían atrás, mientras que sólo los bordes de alto contraste afectaban negativamente a las especies generalistas.

En este estudio, se registran las especies que no cruzaron hacia la matriz (*Eryphanis automedon*, *Pierella luna*, *Posttaygetis penelea*), caracterizándose como especialistas e indicadoras de áreas conservadas o bosque secundario con una baja representatividad, de igual manera se registraron generalistas que no cruzaron hacia el FB como *Adelpha serpa*, *Dynamine paulina*, *Eresia clio*, con una baja representatividad de su abundancia, estas especies fueron aparentemente más sedentarias y no tendieron a cruzar al FB, lo que puede reflejar la alta disponibilidad de ciertos recursos en la MA, lo que llevó a unas pocas especies a alcanzar niveles muy altos de abundancia como *Pareuptychia metaleuca*. Esto concuerda con el estudio de Scriven et al. (2017), con Nymphalidae, centrándose en examinar el movimiento a través de los bordes de la selva tropical y las plantaciones de palma aceitera.

Por otro lado, se evidencia la presencia de diferentes grupos de plantas tanto hospedadores como nutricias y otros recursos relacionados con los Lepidoptera, según los referentes bibliográficos y que se registraron en campo; además se reconocen hábitos de las especies conexas en el área de estudio que podrían dar explicación a la diversidad de especies en áreas cercanas al borde de la MA e internas a esta área.

La movilidad, el cruce y la presencia de los Lepidoptera hacia la MA, puede ser posible debido a la presencia de diferentes recursos; por ejemplo, las especies generalistas de la subfamilia Nymphalinae mostraron una relación en cuanto al grupo de plantas hospederas presentes al borde de la MA, como las Melastomataceae las cuales se registraron en campo, indicando los posibles recursos existentes y que pueden ser aprovechados y abarcados por otros grupos de organismos (Alonso et al. 2017). Adicionalmente, se evidenció en campo la presencia de plantas del grupo Passifloraceae y algunas especies como *Passiflora vitifolia*, *P. auriculata* especies hospederas potenciales de los Heliconiinae en la MA; lo cual podría explicar la frecuencia de estas especies hacia esta zona.

Finalmente se evidencia en campo, algunos comportamientos de algunas especies de Lepidoptera con mayor representatividad, como *Pareuptychia metaleuca*, la cual se observaba en su mayoría al borde del FB y la MA, *Hamadryas feronia* (representativa de zonas perturbadas), donde la observábamos en el área de bosque como en la MA y *Hermeuptychia fallax* la observábamos volando en áreas abiertas y al borde del FB y la MA.

RELACIÓN DE LAS VARIABLES Y DISTANCIAS AL BORDE DEL FB Y MA

La influencia del efecto borde en los Nymphalidae en relación con riqueza coincide con el estudio de García et al. (2020) quienes registraron algunas de las familias evaluadas; sin embargo, ellos no especificaron a nivel de especie lo cual es imprescindible en relación con estudios que evalúen el efecto borde, la transición y permeabilidad de este debido a que según López (2004), la percepción de un borde puede ser específico para una especie.

De igual manera, aunque no se realizó la misma metodología, ni se basaron en la transición y movilidad, si se evidencia fluctuaciones espaciales en abundancia y riqueza de los Lepidoptera, los cuales se vieron afectados a cada distancia evaluada (50 m, 65 m y 130 m) y cobertura (FB y MA). Sin embargo, la ausencia de diferencias significativas en la diversidad entre las distancias de 65 m vs. 130 m podría estar indicando mayor similitud de hábitat en distancias más alejadas (García et al. 2020). No obstante, al evidenciar diferencias significativas mayores en relación con las variables en la MA excediendo la riqueza de las especies especialistas con respecto al FB, podría indicar que el bosque

estaría altamente afectado (Campos et al. 2011). Concorde a esto Gallego & Gallego (2019), propone que existe una tendencia de especies generalistas en hábitats perturbados o con algún tipo de perturbación o transformación, mientras que las especies de bosque tienden a ser especialistas y prefieren hábitats con estructuras de vegetación más complejas.

Una hipótesis plantea que debería existir una mayor riqueza y abundancia de las especies de Lepidoptera en distancias más internas del FB. No obstante, en nuestros resultados se refleja lo contrario, es decir que estos valores son mayores cerca al borde de la MA y en la zona más interna de esta área, efectos relacionados para otros Insecta y Lepidoptera muestran que las distancias más lejanas al FB la riqueza y abundancia disminúan (Barbaro & Halder, 2009; Kuefler et al. 2010; Gallego & Gallego, 2019). Sin embargo, las especies muy rara vez cruzan hacia la matriz, mostrando en ellas una baja representatividad de riqueza y abundancia (Gallego & Gallego, 2019).

Estudios conexos sugieren que la influencia del efecto borde puede llegar hasta unos 60 metros (Osorna-Muñoz, 1999), mientras que otros indican que puede ser entre 25-200 m (Demaynaider & Hunter, 1997). Basados en nuestros resultados sugerimos que la influencia del efecto borde estaría afectando la abundancia y riqueza al menos dentro de los primeros 50 m en la MA según el índice de diversidad. A esta distancia, se registró la presencia de especies raras y generalistas que son de borde o de hábitats de áreas abiertas. No obstante, dentro de la distancia de 65 m con mayor presencia de especies raras tanto en el FB y la MA encontramos especies indicadoras de zonas abiertas, perturbadas y algunas de zonas más conservadas como *Consul fabius* y *Zaretis ellops*; en el FB se registran especies generalistas y otras especies indicadoras de bosque secundario o de zonas conservadas como *Pierrella luna* y *Posttaygetis penelea*.

Conclusiones

Recogiendo los principales hallazgos de esta investigación sobre el campo de estudio, la transición y movilidad de los Nymphalidae entre el fragmento de bosque, el borde y la matriz agroforestal, se evidencia que la matriz influye en la respuesta de los Lepidoptera; permitiendo el flujo y la interacción de los individuos entre el borde y los dos hábitats adyacentes. En este sentido, algunas especies perciben la matriz como un hábitat continuo que permite explorar diferentes recursos y mantener su diversidad. De igual manera, se evidencia que el borde es permeable para especies que pueden abarcar y explorar diferentes recursos, como las especies generalistas y algunas especialistas.

Teniendo en cuenta que no se evidenciaron diferencias significativas de las distancias evaluadas al borde en el fragmento de bosque, lo cual indica mayor similitud de hábitat en estas distancias, esto podría estar relacionado con el estado sucesional temprano del bosque. Sin embargo aunque no se evidencia un efecto borde para esta área, si se evidencian fluctuaciones en cuanto a riqueza abundancia en las diferentes distancias, por el contrario en la matriz agroforestal si se evidencia un efecto borde por lo menos a los 50 m de distancia.

Dentro de los hallazgos en campo, se evidencia la presencia de especies raras, especialistas e indicadoras, también registradas en fuentes alternas como indicadoras de bosques secundarios, zonas conservadas y de buen manejo, siendo exclusivas para el FB. Siendo importante ya que pueden utilizarse como instrumentos para vigilar el éxito de la gestión práctica de la conservación, porque ayudan a centrar la atención en los grupos de especies especialmente necesitadas de atención constante.

Los resultados obtenidos en este estudio aportan una valiosa información taxonómica y ecológica sobre la familia Nymphalidae en un ecosistema fragmentado en relación con la movilidad y transición entre el fragmento de bosque, borde y matriz, constituyéndose como base para posteriores trabajos de planeamiento, conservación y manejo en áreas de fragmentación. Se recomienda continuar desarrollando estudios sobre Nymphalidae, orientados a resolver problemas relacionados con las interacciones entre diferentes tipos de borde, tipos de matriz para su conservación.

Referencias

Alonso-F., A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., & Palomeque, X. (2017). Evaluación de la conectividad

- estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 39(1), 140-156.
- Andrade, G., Reinel, E., & Triviño, P. (2013). Ciencias Naturales 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 Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144), 311-325.
- Badii, M. H., Guillen, A., Landeros, J., Cerna, E., Ochoa, Y., & Valenzuela, J. (2012). Muestreo por Métodos de Captura-Recaptura. *International Journal of Good Conscience*, 7(1), 78-84.
- Barbaro, L., & Halder, I. Van (2009). Linking bird, carabid beetle and butterfly life-history traits to habitat fragmentation in mosaic landscapes. *Ecography*, 32(2), 321-333.
- Boeing, A. L., Nichols, E., & Metzger, J. P. (2018). *Biodiversity extinction thresholds are modulated by matrix type*. *Ecography*, 41, 1520-1533. <https://doi.org/10.1111/ecog.03365>
- Boom-Urueta, C., Seña-Ramos, L., Vargas-Zapata, M., & Martínez-Hernández, N. (2013). Mariposas Hesperioidea y Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera) en un fragmento de bosque seco tropical, Atlántico, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos de Historia Natural*, 17(1), 149-167.
- Burke, R. J., Fitzsimmons, J. M., & Kerr, J. T. (2011). A mobility index for Canadian butterfly species based on naturalists' knowledge. *Biodiversity and Conservation*, 20(10), 2273-2295.
- Campos-Salazar, L. R., Gómez-Bulla, J., & Gonzalo Andrade-C., M. (2011). Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea - Papilionoidea) de las áreas circundantes a las Ciénagas del Departamento de Córdoba, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 35(134), 45-60.
- Coca-Abia, M. (2019). *Los insectos y la agricultura*. Red de Intercambio de Conocimiento Agroalimentario.
- De Maynadier, P., & Hunter, M. (1995). The relationship between forest management and amphibian ecology: a review of the North American literature. *Environmental Reviews*, 3, 230-261.
- Gallego-López, A. P., & Gallego-Ropero, M. C. (2019). Efecto de la matriz ganadera sobre mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en fragmentos de bosque seco, Patía (Cauca, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 45(2), e7814. <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i0.7814>
- García-Núñez, R. M., Ugalde-Lezama, S., Sandoval-Pérez, I. A., & Romero-Díaz, C. (2020). Sistemas agroforestales y mariposas diurnas en zonas con efecto de borde en bosque mesófilo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 353-363.
- Gillespie, G. R., Ahmad, E., Elahan, B., Evans, A., Ancrenaz, M., Goos-Sens, B., & Scroggie, M. P. (2012). Conservation of amphibians in Borneo: relative value of secondary tropical forest and non-forest habitats. *Biological Conservation*, 152, 136-144.
- Grez, A. A., & Zaviezo, T. (2002). Efectos inmediatos de la fragmentación del hábitat sobre la abundancia de insectos en alfalfa. *Ciencia e Investigación Agraria*, 29(1), 29-34.
- Grill, A., Polic, D., Guariento, E., & Fiedler, K. (2020). Permeability of habitat edges for Ringlet butterflies (Lepidoptera, Nymphalidae, *Erebia* Dalman, 1816) in an alpine landscape. *Nota lepidopterologica*, 43(1), 29-41.
- Herrera, J. M. (2011). El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas*, 20(2-3), 21-34.
- Kuefler, D., Hudgens, B., Morris, W. F., & Thurgate, N. (2010). The conflicting role of matrix as conduits and barriers for dispersal. *Ecology*, 91(4), 944-950.
- Laurance, S. G. W. (2004). Responses of understory rain forest birds to road edges in central Amazonia. *Ecological Applications*, 14, 1344-1357.
- Mair, L., Thomas, C. D., Franco, A., & Hill, J. (2015). Quantifying the activity levels and behavioral responses of butterfly species to habitat boundaries. *Ecological Entomology*, 40, 823-828. <https://doi.org/10.1111/een.12248>
- Meléndez-Jaramillo, E., Cantú-Ayala, C. M., Sánchez-Reyes U. J., Herrera-Fernández B., & Estrada-Castillón, A. E. (2018). Valor indicador de los Ninfálicos (Papilionoidea?: Nymphalidae) en la selva baja espinosa caducifolia del noreste de México. *Entomología mexicana*, 5, 253-260.
- Murphy, H. T., & Lovett-Doust, J. (2004). Context and connectivity in plant metapopulations and landscape mosaics: Does the matrix matter? *Oikos*, 105(1), 3-14. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12754.x>
- Ochoa-Santana, J. A., Escorcía-Domínguez, K., Durán, J., & Prieto, C. (2018). Population structure of *Morpho rhodopteron*, Godman & Salvin (Lepidoptera: Nymphalidae) an endemic butterfly from the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Journal of the Lepidopterists' Society*, 72(4), 320-326.
- Olivier, T., Schmucki, R., Fontaine, B., Villemey, A., & Archaux, F. (2016). Butterfly assemblages in residential

- gardens are driven by species' habitat preference and mobility. *Landscape Ecology*, 31(4), 865-876. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0299-9>
- Orlandin, E., Piovesan, M., D'agostini, F. M., & Carneiro, E. (2019). Use of microhabitats affects butterfly assemblages in a rural landscape. *Papeis Avulsos de Zoologia*, 59, 1-23. <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2019.59.49>
- Osorna-Muñoz, M. (1999). Evaluación del efecto de Borda en poblaciones de *Eleutherodactylus* viejas (Amphibia: Anura: Leptodactylidae), frente a los corredores de servidumbre en diferentes estados de regeneración, en dos bosques intervenidos por líneas de transición eléctrica de alta tensión. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 13, 350-356.
- Ospina-López, L. A., Andrade-C., M. G., & Reinoso-Flórez, G. (2015). Diversidad de mariposas y su relación con el paisaje en la cuenca del río Lagunillas, Tolima, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(153), 455. <https://doi.org/10.18257/racefyn.215>
- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2002). Quality of Agroecological Matrix in a Tropical Montane Landscape?: Ants in Coffee Plantations in Southern Mexico. *Conservation Biology*, 16(1), 174-182.
- Ricketts, T. H. (2001). The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. *American Naturalist*, 158, 87-09. <https://doi.org/10.1086/320863.99>
- Polic, D., Fiedler, K., Nell, C., & Grill, A. (2014). Mobility of ringlet butterflies in high-elevation alpine grassland: effects of habitat barriers, resources, and age. *Journal of Insect Conservation*, 18, 1153-1161. <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9726-5>
- Rojas, R. R., & Pérez-Peña, P. E. (2018). Preliminary Evidence of the Edge Effect in Amphibians of the Pucacuro National Reserve, North of the Peruvian Amazon. *Folia Amazonica*, 27(1), 55-67.
- Santos, T. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat?: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 15(2), 3-12.
- López, F. (2004). Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas*, 13(1), 67-77. <https://doi.org/10.7818/re.2014.13-1.00>
- Scriven, S. A., Beale, C. M., Benedick, S., & Hill, J. K. (2017). Barriers to dispersal of rain forest butterflies in tropical agricultural landscapes. *Biotropica*, 49(2), 206-216. <https://doi.org/10.1111/btp.12397>
- Villemey, A., Van Halder, I., Ouin, A., Barbaro, L., Chenot, J., Tessier, P., & Archaux, F. (2015). Mosaic of grasslands and woodlands is more effective than habitat connectivity to conserve butterflies in French farmland. *Biological Conservation*, 191, 206-215. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.030>

*Adriana Torres-Martínez
 Universidad Distrital Francisco José de Caldas
 Carrera 7 #40b-53
 Bogotá
 COLOMBIA / COLOMBIA
 E-mail: atorresm@correo.udistrital.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-4241-1791>

Juan C. Dumar
 Universidad Distrital Francisco José de Caldas
 Carrera 7 #40b-53
 Bogotá
 COLOMBIA / COLOMBIA
 E-mail: jucaduro@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6304-2580>

*Autor para la correspondencia / *Corresponding author*

(Recibido para publicación / *Received for publication* 27-VII-2021)

(Revisado y aceptado / *Revised and accepted* 20-XII-2022)

(Publicado / *Published* 30-III-2024)

Derechos de autor: El autor(es). Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons (CC BY 4.0), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite al autor original y la fuente. / **Copyright:** The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.