

Inventario de mariposas diurnas en agroecosistemas tropicales como bioindicadores de la calidad ambiental

Inventory of diurnal butterflies in tropical agroecosystems as bioindicators of environmental quality

Flores Pacheco, Juan Asdrúbal; Saldivar Solano, Denis Jonathan; Rigby Omier, Keldeem Kadovic; Murillo Gaitán, Yenmi Yoset

 **Juan Asdrúbal Flores Pacheco**
 asdrubal.flores@do.bicu.edu.ni
 Bluefields Indian & Caribbean University (BICU),
 Nicaragua

Denis Jonathan Saldivar Solano
 dennissaldivar@gmail.com
 Bluefields Indian & Caribbean University (BICU),
 Nicaragua

Keldeem Kadovic Rigby Omier
 rkeldeem@gmail.com
 Bluefields Indian & Caribbean University (BICU),
 Nicaragua

Yenmi Yoset Murillo Gaitán
 yenmi.murillo@bicu.edu.ni
 Bluefields Indian & Caribbean University (BICU),
 Nicaragua

Revista Torreón Universitario
 Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua,
 Nicaragua
 ISSN: 2410-5708
 ISSN-e: 2313-7215
 Periodicidad: Cuatrimestral
 vol. 10, núm. 27, 2021
 revis.torreon.faremc@unan.edu.ni

Recepción: 01 Junio 2020
 Aprobación: 17 Diciembre 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/387/3871840008/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.5377/torreon.v10i27.10843>

Autor de correspondencia: asdrubal.flores@do.bicu.edu.ni

El autor o los autores de los artículos, ensayos o investigaciones conceden a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua) los derechos de edición (copyright) del trabajo enviado, por consiguiente la Universidad cuenta con el derecho exclusivo para publicar el artículo durante el periodo completo de los derechos de autor.



Resumen: El presente estudio se desarrolló en el Centro de Transferencia Agroforestal (CeTAF), Comunidad Indígena de Tiktik Kaanu. Con el objetivo de describir la distribución taxonómica de los lepidópteros diurnos capturados con relación a sus distintos agroecosistemas. Así como dar a conocer la riqueza, abundancia y funciones ecológicas de cada grupo taxonómico. A través de un estudio exploratorio y descriptivo, se realizó un inventario con el objetivo de identificar la diversidad de especies presentes en el sitio. El muestreo reflejó un total de 409 individuos con 41 especies de mariposas pertenecientes a ocho subfamilias. La familia y subfamilia más representativas en número de especies y abundancia fueron Nymphalidae y Heliconinae respectivamente siendo la especie más abundante *Heliconius erato*. *Petiverana*. Se presentaron diferencias significativas en la riqueza y diversidad de las localidades de estudio, existiendo una disminución a medida que la estructura del paisaje cambia conforme a características que influyen la comunidad de mariposas. Es posible que la transformación de hábitats naturales en áreas de uso agrícola se constituya en un factor que modifica la estructura de las comunidades de mariposas en la región. El inventario de mariposas diurnas en el área del CeTAF es el primer inventario de lepidópteros que se realiza en la zona del caribe, la cual está dentro de la Reserva Natural de Cerro Silva en el Territorio Rama – Kriol que sin lugar a duda genera una base de datos importante para la región.

Palabras clave: Lepidóptero, fragmentación de ecosistema, abundancia, diversidad, conservación, especies.

Abstract: The research study was carried out at the Tiktik Kaanu Indigenous Community, specifically at the Agroforestry Transfer Center (CeTAF), with the objective of describing the taxonomic distribution of the diurnal Lepidoptera captured in relation to their different agroecosystems. As well as to make known, the wealth, abundance, and ecological functions of each taxonomic group. Through an exploratory and descriptive research, an inventory was made to identify the diversity of species existing in the site. The sampling reflected a total of 409 individuals with 41 species of butterflies belonging to 8 subfamilies. the most representative family and subfamily in number of species and abundances were Nymphalidae and

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Heliconae respectively, being the most abundant *Heliconius Herato. Petiverana*. There were significant differences in the richness and diversity of the research locations, existing a decrease as the landscape structure changes according to characteristics that influence the butterfly community. It is possible that the change of natural habitats into areas of agricultural use becomes a factor that modifies the structure of butterfly communities in the region. The inventory of diurnal butterflies in the CeTAF area is the first inventory of Lepidoptera that is carried out in the Caribbean area, which is within the Cerro Silva natural reserve in the Rama-Kriol territory that undoubtedly generates a base of important data for the region.

Keywords: Lepidoptera, ecosystem fragmentation, abundance, diversity, conservation, species.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones que se centran en las relaciones entre biodiversidad y estructura física de los ecosistemas resultan de amplio interés porque aportan información importante para el conocimiento de la ecología del paisaje y generan las bases para el diseño y ejecución de planes y programas orientados a la conservación de la biota. El determinar la riqueza y su relación con el medio físico ayuda a precisar el manejo adecuado de las poblaciones y, podría ser una herramienta en planes de conservación para determinadas áreas (Fagua, 2001). La transformación de hábitats naturales genera alteración de sus condiciones físicas, situación que puede incidir en la disponibilidad de los recursos. En consecuencia, algunas especies de animales y plantas pueden resultar afectadas de manera negativa. Una de las principales causas de la pérdida global de diversidad es la transformación de los bosques tropicales debido a actividades humanas (Kattan, 2002), como resultado, los fragmentos de bosque quedan inmersos en matrices modificadas las cuales pueden representar diferentes calidades para la fauna.

De todos los órdenes de insectos presentes en la naturaleza, las mariposas diurnas son las más estudiadas, debido a que se caracterizan por ser altamente sensibles a los cambios producto de disturbios en su hábitat, y pueden reflejar el estado de conservación de una biota, su diversidad, endemismo y grado de intervención. Los lepidópteros son importantes indicadores y constituyen un elemento fundamental en la cadena trófica; son abundantes, estables, diversos, de fácil manipulación en el campo y en el laboratorio, presentan ciclos de vida cortos y tienen sensibilidad y alta fidelidad ecológica (Brosi, 2008).

En Nicaragua se siguen realizando hasta la fecha estudios que muestran la diversidad y composición de lepidópteros en algunas áreas naturales, pero aun así falta mucho por investigar, no solo en áreas naturales protegidas sino en diferentes lugares de nuestro país. La importancia de este estudio radica en que se pueda contribuir a caracterizar la diversidad de lepidópteros con la que cuenta el Centro de Transferencia Agroforestal, Comunidad Tiktik Kaanu. Esto con la finalidad de complementar los inventarios de especies, poder estimar su riqueza que a su vez serán empleados como bioindicadores del estado de la calidad de los agroecosistemas evaluados para así centrar esfuerzos al mantenimiento de estas áreas.

La conservación de la biodiversidad del Centro de Transferencia Agroforestal (CeTAF) está siendo afectada por el avance de la frontera agrícola y la pérdida de hábitats. Esta situación conlleva a la

NOTAS DE AUTOR

asdrubal.flores@do.bicu.edu.ni

fragmentación de las masas arbóreas y se provoca el reemplazo de las poblaciones de flora y fauna propias de los agroecosistemas que necesitan las condiciones adecuadas para poder estar presentes. A todo esto, se le suma el desconocimiento de la población de que al existir modificación en los agroecosistemas no se contribuye al aprovechamiento adecuado de la diversidad de organismos y el potencial de recursos con que cuenta el centro, lo que puede causar la extinción o disminución de las especies y ocasionar un desequilibrio en el ecosistema. En este contexto radica la importancia de obtener información sobre la identificación taxonómica a nivel de orden y familia de las mariposas que habitan en el sitio, la importancia y los beneficios ecológicos que brindan ya que en el centro no existe información. Por lo tanto, al caracterizar la comunidad de mariposas presentes en el paisaje y en diferentes agroecosistemas, el estudio brindará información taxonómica sobre la lepidopterofauna de esta región del país la cual está poco documentada para su uso como indicadores biológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Centro de Transferencia Agroforestal (CeTAF) de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU), se encuentra localizado a 32 km al suroeste de la ciudad de Bluefields en las coordenadas geográficas N 11° 53' 50.4" y W 83° 55' 53.9", la cual está dentro de la Reserva Natural de Cerro Silva; en el Territorio Rama – Kriol, frente a Tiktik Kaanu (La Zompopera), una de las nueve comunidades que conforma el territorio (BICU, 2014).

La zona de estudio se caracteriza por presentar un clima tropical húmedo de selva con temperaturas que oscilan entre 24 °C y 30 °C. Se le considera una zona húmeda con base en la clasificación de zonas de vida de Holdridge, con precipitaciones anuales de 2,000 a 4,000 mm distribuidas de 9 a 10 meses, siendo el mes más lluvioso el de mayo. La región es baja y pantanosa a lo largo de la costa no excediendo los 30 msnm. Se ubica entre las coordenadas 12°14' latitud Norte y 83°45' de longitud (Flores-Pacheco et al., 2017; Rivas et al., 2018).

Este estudio es de carácter descriptivo, debido a que a través de este se caracterizó el estado actual de conservación y la composición de las comunidades de mariposas diurnas en el área de estudio para su asociación como bioindicadores. Por ello, tiene un enfoque cuantitativo que por medio de índices de biodiversidad y distribución se comparan con pruebas estadísticas que permitieron identificar la relación entre especies, comunidades, su abundancia y distribución con el estado del agroecosistema correspondiente (Martínez et al., 2019). Es de corte transversal debido a su desarrollo en un tiempo limitado a la estación seca de un solo año.

Descripción de la zona de estudio

El área donde se ubica el CeTAF presenta una gran biodiversidad florística y faunística, y variedades de cultivos, en el cual, los insectos están presentes; ya que abarcan todos los ecosistemas, presentando una mayor importancia en la polinización y como controladores biológicos. La masa de bosque del CeTAF, se clasifica según su característica física como un bosque secundario intervenido ya que está sujeto a la intervención humana en la siembra de cultivo, extracción de madera para la construcción y leña para combustible principalmente por los indígenas de la etnia Rama, siendo esta etnia la más prevaleciente de la zona (López, & Aburto, 2010). Las zonas sometidas a muestreo son:

Zona I. Asociación de piña - Cítricos

La zona I, que comprende la asociación de Piña-Cítrico, se encuentra ubicada geográficamente en las coordenadas: N 11° 54' 19.6" y O 083° 55' 46.6 que corresponden a un área total de 3.6 ha. La planta de piña (*Ananas comosus* L.) es una monocotiledónea, herbácea y perenne, originaria de América del Sur de la región de Matorros, entre Uruguay y Brasil y reportada en esta investigación en la zona de estudio, lo cual indica que, las condiciones climatológicas del trópico húmedo son apropiadas para la sucesión de la especie. En esta área las especies se encontraban en una escasa producción de frutos.

Zona II. Asociación Coco - Mamón Chino

La zona II está conformada por dos especies de plantas diferentes entre sí, como son: coco (*Cocos nucifera*), y mamón chino (*Nephellium lappaceum* L.), y está ubicada en las coordenadas geográficas N 11°53'58.6" y O 083°55'48.6" y representan 1.5 ha; donde el escenario se conforma de árboles con doseles medios, debido a la biología de las especies de plantas en el área, en esta zona se aplicaba un sistema de manejo de chapia, rodaje en la base de los árboles de mamón chino y coco; también se realizaba la aplicación de abono orgánico y poda; esta con dos propósitos, el de garantizar la penetración de luz solar para las especies de menor tamaño como las piña y para realizar una cubierta protectora del suelo ya que su función es la de cubrir el suelo desnudo, para impedir la escorrentía superficial, regular la temperatura del suelo, conservar la humedad y evitar el crecimiento de malas hierbas por falta de luz. En este escenario había una evidente producción en los frutos de mamón chino y coco.

Zona III. Asociación Cacao-Almendro

La zona III está representada por 3.3 ha corresponde a la asociación de cacao (*Theobroma cacao* L.) con almendro (*Dipteryx oleifera*) la cual se ubica en las siguientes coordenadas: N 11°54'23.8" y O 083°55'39.7", donde el ecosistema está compuesto por individuos jóvenes de hasta 10 metros de altura. En esta asociación se realizaban sistemas de manejos como la poda; para permitir la penetración de los rayos solares a las especies de menor tamaño, también la aplicación de abono orgánico y limpieza de toda el área.

Zona IV. Área de Bosque

Como zona número IV, se destinó el área boscosa, la cual representa un bosque intervenido de 65.88 ha georreferenciada en las coordenadas N 11°54'07.3" y O 083°55'36.2". En esta zona existe una comunidad de vegetales que puede ser desde especies maderables hasta medicinales, entre otros, tanto para humanos como para animales; en la cual se manifiestan influencias recíprocas entre las especies vegetales, suelo, atmósfera, medio ambiente y el paisaje geográfico, pero no sólo eso, sino también son la fuente principal de energía y el hábitat natural de la vida silvestre.

En cada caso se establecieron tres parcelas de muestreo de 500 m² (50 m x 10 m), para un total de 12 parcelas de muestreo para un área útil de seis ha. Teniendo en cuenta que el CeTAF tiene 75 ha, se trabajará a una intensidad de muestreo del 6.33% con base en el área total de la finca experimental.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Trampas Van Someren–Rydon

Estas trampas consisten en una red tubular con aros de plásticos en los dos extremos. El aro superior lleva una mica transparente y en el inferior que queda abierto, en la parte superior esta lleva atada una cuerda para poder amarrarla a algún objeto o árbol. El aro donde ingresan las mariposas es de 10 cm aproximadamente y es aquí por donde entran los insectos atraídos por el olor del fermento y quedan atrapados. Para la colecta de mariposas se instalaron 12 Trampas Van Someren–Rydon, 3 trampas por cada una de las 4 estaciones de muestreo distribuidas en todo el sitio establecidos (Bañol, 2006). Las trampas se colocaron por la mañana entre las 6:00 am a 7:00 am, se monitoreaba dos veces al día para obtener la muestra correspondiente a las mariposas capturadas en los diferentes transectos de los agroecosistemas seleccionados. Para la elaboración del atrayente se utilizó banano maduro, piña y azúcar; por otra parte, se intentó con otros tipos de frutas fermentadas el cual eran menos efectivas que las antes mencionadas. El proceso consistía en cortar en múltiples pedazos hasta dejarlo en forma de puré, posterior a esto se coloca en un balde con tapa para dejarlo fermentar durante 24 horas antes de su uso en el campo. En este proceso se pueden utilizar otros atrayentes como (mangos, guayaba, papaya etc.).

Utilización de red batidora o red de mano

Se hizo uso de red batidora para poder muestrear entre transectos en el transcurso que se revisaban las trampas con el propósito de atrapar aquellas mariposas que se encontraban volando fuera de la trampa colgante, estas especies que se capturaban en el transecto del camino se clasifican por ser nectarívora el cual es su grupo trófico al que pertenecen y por esto jamás entran en el modelo de trampa Van Someren – Rydon.

Sacrificio de especies

Las formas de sacrificar a los insectos en el campo en el momento de su colecta, dependen directamente de las técnicas de colecta que se utilicen. Cuando se utilizan trampas con cebos, normalmente éstas cuentan con alcohol etílico al 70% como líquido conservador, el cual mata a los organismos. Las especies capturadas en los diferentes modelos de trampas eran sacrificadas utilizando una cámara letal que contenía cloroformo que provocan la asfixia más o menos rápida en los insectos. Las especies eran transportadas en un envase hermético de vidrio, en su interior contenía una base de aserrín, yeso y sobre este fue aplicado 10 ml de cloroformo con el fin de evitar la proliferación de hongos por exceso de humedad y poder mantener la especie. El uso del cloroformo es recomendado porque puede ser detectado por su olor y porque mata de manera rápida a los organismos sin causarles daño a su color (Dennis, 1974). Los ejemplares fueron pinchados en el centro del tórax con un alfiler entomológico número cero (0), posteriormente se montaron en láminas de poroplast, posterior a ello, se procede a extenderlas alas con ayuda de pinzas de punta plana y alfileres que sostienen tiras de cartón que protegen las alas por encima. Este montaje permaneció por 24 horas, permitiendo estabilidad a las alas de las especies.

Para identificar los especímenes diurnos se capturo y fotografió cada especie para identificar por medio de las guías de Mariposas de Nicaragua (Maes 2001) y con base en los trabajos de Jean-Michel Maes relacionados a Nymphalidae, Pieridae y Papilionidae de Nicaragua Maes, 1999. La identificación se complementó con la base de datos en línea de otras informaciones comparativas, para confirmar las especies.

ESTIMACIÓN DE RIQUEZA Y ABUNDANCIA

Diversidad

Se utilizaran métodos que permitieron estimar la diversidad, la riqueza específica en un lugar y la cuantificación del número de especies presentes, lo cual es una medida sencilla de la riqueza específica o diversidad de especies (Krebs, 1985). El índice de Shannon-Wiener es un índice basado en el concepto de equidad también conocido como índice de la incertidumbre ya que predice a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una aglomeración, y se basa en el supuesto de que los individuos se escogen al azar y que las especies están representadas en la muestra. Este índice adquiere valores entre cero y uno cuando solamente se encuentra una especie.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \text{ [Ecuación 1]}$$

[Ecuación 1. Índice de biodiversidad de Shannon]

Donde:

H' : Diversidad de Shannon.

S : Número total de especies en la comunidad.

p_i : Proporción de S formado por las especies

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \text{ [Ecuación 2]}$$

[Ecuación 2. Equidad de Pielou.]

Donde:

H' : Diversidad de Shannon.

H'_{max} : Máxima diversidad expresada $= \ln(S)$

Similitud

El índice propuesto por Chao, Chazdon, Colwell, & Shen (2005) está basado en los modelos Clásicos de similitud/disimilitud de Jaccard y Sorensen que solo se enfocan en la presencia o la ausencia de las especies, esto provoca que no hayan estimadores precisos para ellos y un desempeño pobre en cuanto a la medida de la similitud de la biodiversidad beta (aplicados a datos de muestreo), ya que parten del supuesto erróneo de que el muestreo incluye todas las especies del ensamblaje es decir a la población total. Este nuevo índice le agrega el enfoque de la riqueza de las especies, la abundancia relativa y adopta una estrategia no paramétrica incorporando el efecto de las especies compartidas no vistas, por lo tanto, el índice nuevo de Jaccard con base a la abundancia es:

$$\hat{J} = \frac{\hat{U} \cdot \hat{V}}{\hat{U} + \hat{V} - \hat{U} \cdot \hat{V}} \text{ [Ecuación 3]}$$

[Ecuación 3. Índice nuevo de Jaccard]

Donde U y V equivalen a las abundancias totales de las especies compartidas en los ensamblajes, y los índices tienden a 1 cuando las similitudes de paisaje son idénticos y tienden a 0 cuando los ensamblajes son diferentes o disimilares.

PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para procesar los datos se realizó con el apoyo del programa SPSS v. 25 para los análisis estadísticos descriptivos e inferenciales. Se identificó la distribución no normal de los datos, por lo cual se empleó la significancia asintótica estadística para cada variable. Se evaluó mediante la prueba no paramétrica de Chi-cuadrado (X^2) (Sokal & Rohlf, 1981) y Shapiro-Wilk (Di Rienzo et al., 2005), con la prueba de Chi-cuadrado (X^2) y de correlación de Spearman (García-Pérez, 2010), para los cual se analizaran los supuestos de Muestras No Relacionadas con Pruebas No Paramétricas desde el programa SPSS versión 25 (IBM® Statistical SPSS®, 2016), a posteriori se realizaran comparaciones de los índices de Biodiversidad de Shannon y de Equitatividad que permitieron identificar cuales agroecosistemas presentan diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre ellos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TABLA 1.

Distribución taxonómica de las mariposas diurnas presentes en los agroecosistemas del CeTAF.

Agroecosistemas	Familia	Subfamilias	Especies identificadas	Frecuencias	
				Absoluta	Relativa
Citríco	PAPILIONIDAE	Papilionidae	<i>Papilio rumiko</i>	7	5.79
			<i>Parides eurimedes. mylotes</i>	2	1.65
			<i>Parides sesostris .zestos</i>	5	4.13
			<i>Archaeoprepona demophon. gulina</i>	1	0.83
		Charaxinae	<i>Prepona dexamenus</i>	2	1.65
			<i>Zaretis itys</i>	1	0.83
			<i>Hamadryas arinome arienis</i>	5	4.13
			<i>Hypna clytemnestra</i>	1	0.83
			<i>Nessaea aglaura</i>	1	0.83
		Nymphalidae	<i>Adelpha cocala lorzae</i>	2	1.65
			<i>Dryas iulia ssp. moderata</i>	7	5.79
			<i>Heliconius hecale zuleika</i>	10	8.26
	<i>Heliconius erato ssp. petiverana</i>		16	13.22	
	NYMPHALIDAE	Heliconinae	<i>Heliconius cydno galantus</i>	6	4.96
			<i>Lycorea cleobaea atergatis</i>	9	7.44
			<i>Heliconius sara ssp. fulgidus</i>	14	11.57
			<i>Morpho helenor narcissus</i>	2	1.65
			<i>Caligo brasiliensis. sultanus</i>	6	4.96
		Brassolinae	<i>Pierella luna ssp. luna</i>	1	0.83
		Satyrinae	<i>Magneptychia libye</i>	1	0.83
	PAPILIONIDAE	Papilionidae	<i>Parides eurimedes. mylotes</i>	2	1.65
			<i>Parides sesostris ssp.zestos</i>	3	2.48
			<i>Phoebis sennae. marcellina</i>	1	0.83
PIERIDAE	Coliadinae	<i>Colobura dirce</i>	1	0.83	
	Nymphalidae	<i>Nessaea aglaura</i>	3	2.48	
		<i>Heliconius hecale zuleika</i>	12	9.92	
Coco-Rambután	NYMPHALIDAE	Heliconinae	<i>Heliconius erato. petiverana</i>	25	47.17
			<i>Heliconius sara. fulgidus</i>	10	18.87
			<i>Heliconius cydno galantus</i>	4	7.55
			<i>Lycorea cleobaea atergatis</i>	5	9.43
		Morphinae	<i>Morpho helenor narcissus</i>	2	3.77
		Brassolinae	<i>Caligo brasiliensis. sultanus</i>	1	1.89
		Satyrinae	<i>Magneptychia libye</i>	1	1.89
			<i>Pierella luna</i>	1	1.89
		Charaxinae	<i>Memphis xenocles</i>	1	1.89
		<i>Heliconius hecale zuleika</i>	3	5.66	

TABLA 1. (CONTINUACIÓN)

Agroecosistemas	Familia	Subfamilias	Especies identificadas	Frecuencias	
				Absoluta	Relativa
Cacao-Almendro	NYMPHALIDAE	Heliconinae	<i>Heliconius erato. petiverana</i>	5	7.58
			<i>Lycorea cleobaea atergatis</i>	2	3.03
			<i>Papilio rumiko</i>	2	3.03
			<i>Parides eurimedes. Mylotes</i>	7	10.61
	PAPILIONIDAE	Papilionidae	<i>Parides sesostris. zestos</i>	8	12.12
	PIERIDAE	Coliadinae	<i>Phoebis sennae. marcellina</i>	1	1.52
			<i>Archaeoprepona demophon. Gulina</i>	4	6.06
			<i>Prepona dexamenus</i>	2	3.03
		Charaxinae	<i>Memphis mora. Orthesia</i>	10	15.15
	NYMPHALIDAE	Nymphalidae	<i>Memphis eurypyle confusa</i>	3	4.55
			<i>Memphis xenocles</i>	4	6.06
			<i>Memphis sp</i>	3	4.55
			<i>Hamadryas feronia</i>	1	1.52
			<i>Hamadryas arinome arienis</i>	1	1.52
			<i>Historis acheronta</i>	2	3.03
			<i>Historis odius. Dious</i>	4	6.06
			<i>Colobura dirce. Dirce</i>	3	4.55
			<i>Nica flavilla</i>	1	1.52
			<i>Nessaea aglaura. Aglaura</i>	1	1.52
<i>Dynamine postverta mexicana</i>			1	1.52	
<i>Hypna chlytemnestra</i>			1	1.52	
Bosque	NYMPHALIDAE	Heliconinae	<i>Pyrrhogyra neaerea hypsenor</i>	1	0.59
			<i>Dryas iulia. Moderata</i>	3	1.78
			<i>Dryas iulia</i>	1	0.59
			<i>Heliconius hecale zuleika</i>	19	11.24
			<i>Heliconius erato. petiverana</i>	52	30.77
			<i>Heliconius sara. fulgidus</i>	27	15.98
			<i>Heliconius cydno galantus</i>	20	11.83
			<i>Philaethria diatonica</i>	2	1.18
			<i>Philaethria dido</i>	2	1.18
			<i>Lycorea cleobaea atergatis</i>	10	5.92
	Morphinae	<i>Antirrhoea miltiades</i>	1	0.59	
		<i>Morpho helenor narcissus</i>	3	1.78	
		<i>Caligo brasiliensis. Sulanus</i>	2	1.18	
		<i>Opsiphanes quiteria</i>	2	1.18	
	NYMPHALIDAE	Brassolinae	<i>Opsiphanes cassina</i>	1	0.59
			<i>Pierella luna</i>	3	1.78
			<i>Magneptychia libye</i>	7	4.14
		<i>Pareuptychia ocirrhoe</i>	11	6.51	
		Satyrinae	<i>Pierella helvetia</i>	1	0.59
<i>Dynamine postverta mexicana</i>	1	0.59			

El muestreo reflejó un total de 409 individuos con 41 especies de mariposas pertenecientes a ocho subfamilias, distribuidos en tres familias que corresponden a Papilionidae (3), Pieridae (1) y Nymphalidae (37) que representan la riqueza específica de la diversidad de lepidópteros en los agroecosistemas evaluados. Esta diversidad se distribuye de la siguiente manera. En el área de cítricos se capturaron 99 individuos con 20 especies (24% de las especies muestreadas). Para el área donde está establecido el Coco y Rambután (mamón

chino) se capturaron 71 individuos con 14 especies (17% de las especies muestreadas). Para el sitio de Cacao y Almendro fue el que represento menor riqueza con 11 individuos y cuatro especies que representa el 3% de las especies muestreadas. A diferencia de los agroecosistemas anteriores el área de bosque representó la mayor riqueza con 228 individuos que representa el 56% de las especies muestreadas.

Nymphalidae fue la familia más representativa con 364 individuos (88%) que constituye el 90% de las familias identificadas (37 especies), seguida por la familia Papilionidae que constituye el 7% de la diversidad (3 especies) con 42 individuos en la riqueza (10.26%), la familia Pieridae es la que tuvo menor representatividad con tres individuos (0.73%) y comprende el 2.43% de la riqueza del muestreo (1 especies). De las ocho subfamilias encontradas en todos los agroecosistemas del ceTAF, la que se destacó por su alta representatividad en número de especies y número de individuos fue Nymphalidae con 11 especies y con 27% de la abundancia total en el muestreo, seguida por Heliconinae en cuanto a número de especies con nueve y Charaxinae con siete. En cuanto a número de especies, las demás subfamilias evidenciaron valores inferiores; Satyrinae con cinco especies, Brassolinae y Papilionidae con tres, Morphinae con dos y Coliadinae con una especie.

Las especies que predominaron en los agroecosistemas muestreados de forma general fueron *Heliconius erato*, *Petiverana*. (98 ssp), *Heliconius sara*, *Fulgidus* (51 ssp) y *Heliconius hecale zuleika* (44 ssp), *Heliconius cydno galantus* (30 ssp) todas del gremio trófico Nectarívoras. Los demás taxones como: *pierella helvetia*, *Nica Flavilla*, *Dryas iulia*, *Zaretis itys* entre otras especies que aparecen con valores únicos, es decir, son especies menos comunes durante los muestreos, representaron abundancias inferiores al 2%. Cabe mencionar que la especie *Prepona dexamenus* fue reportado recientemente para la fauna lepidóptera de Nicaragua y hasta ahora no reportada entre México y panamá (Van den Bergue, 2016). Todo esto nos indica que el Centro de Transferencia Agroforestal presenta una alta diversidad de especies interesante y con un mayor esfuerzo de captura se podría ascender las cifras con la misma línea de investigación. De continuar realizando estudios, podrían descubrirse nuevas especies debido a que la Costa Caribe es un sitio poco estudiado en la lepidópterofauna. Cada una de las especies capturadas en los diferentes agroecosistemas mostraron afinidad por el tipo de hábitat y según el criterio de conservación o perturbación en que se encontraban las diferentes zonas, en la tabla 2 se puede apreciar que el bosque presenta mayor abundancia de especies, lo que indica que ese sitio presenta las características adecuadas, condición climática, disponibilidad de alimento y un buen estado de conservación para que puedan estar cada una de estas especies. Por otra parte, la familia Nymphalidae, que es la más representativa, demuestra la mayoría de especies que suelen utilizarse como indicadoras de calidad ambiental, lo que quiere decir que la zona posee las características ecológicas para albergar especies indicadoras de bosques en buen estado de conservación.

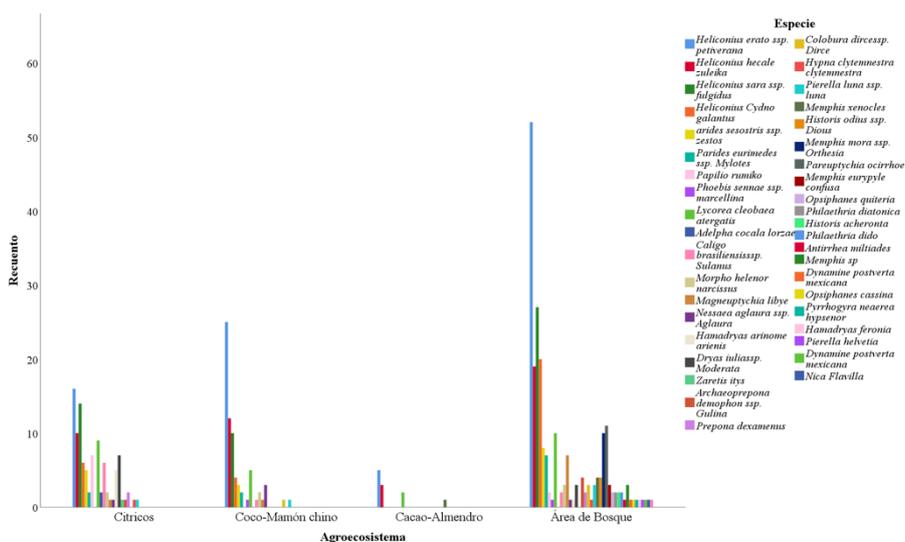


FIGURA 1. Distribución de las mariposas en función de los agroecosistemas del CeTAF.

En términos generales de riqueza y abundancia, la distribución de las especies varía proporcionalmente de acuerdo con el estado de conservación de los agroecosistemas, los mayores valores fueron observados en la zona IV del bosque con 228 individuos y 39 especies. Esta es la zona más amplia y presenta las características adecuadas que necesitan las especies para su sobrevivencia, este tipo de hábitat con características complejas en la estructura de los ecosistemas brinda mayores servicios ecosistémicos para la subsistencia de la fauna, aquí se presenta una alta comunidad de vegetales, y las condiciones de suelo, atmósfera y medio ambiente que hace posible la existencia de muchas especies.

A diferencia del sitio anterior en la zona III de Asociación Cacao-Almendro fue la que representó menor representatividad, muchas de las especies establecidas en los hábitats que presentan degradación o poca disponibilidad de alimento suelen movilizarse a los más conservados en búsqueda de alimento y refugio (Galindo, 2004), lo cual también varía según el gremio trófico de las mariposas. Otra hipótesis es que en este sitio se da poca penetración de luz solar, lo que puede incidir a que se desarrollen ciertos cultivos y plantas hospedadoras de las mariposas. En el área de cítricos y rambután, se puede observar en la tabla 2, que estos presentan una alta similitud en la diversidad y abundancia de especies que son indicadoras de calidad y perturbación de hábitat, estas áreas tienen una cercana relación debido a que ambas han sido ocupadas para establecer ciertos cultivos.

La distribución de las especies aparece proporcionalmente de acuerdo con la conservación de los hábitats, desde lo más complejo a lo menos complejo. El comportamiento de las especies tiene preferencias por un tipo de hábitat, el cual puede indicar cambios en los sistemas ambientales. En el bosque se encuentran el mayor índice de biodiversidad dado a que este hábitat no presenta un alto impacto de perturbación, lo que hace posible la presencia de múltiples especies. Esto nos da la idea que a medida que se incrementa la cobertura de bosques (espacio y alimento) y se disminuye los fragmentos, se incrementa la riqueza, por tal motivo la mayor parte de las especies se encuentran en estos hábitats. La respuesta al por qué en unas áreas se presenta mayor diversidad que en otras se debe a que existen zonas intervenidas, permitiendo que ciertas especies desaparezcan o se movilicen a las áreas más conservadas en búsqueda de alimento y refugio, que va en dependencia al tipo de alimentación de las especies. Cada individuo presenta una adaptabilidad que está clasificada de acuerdo con su respuesta a la fragmentación del paisaje, ya que estas presentan una relación cercana entre planta-especie y cuando es alterada un área son las primeras en sentir el cambio.

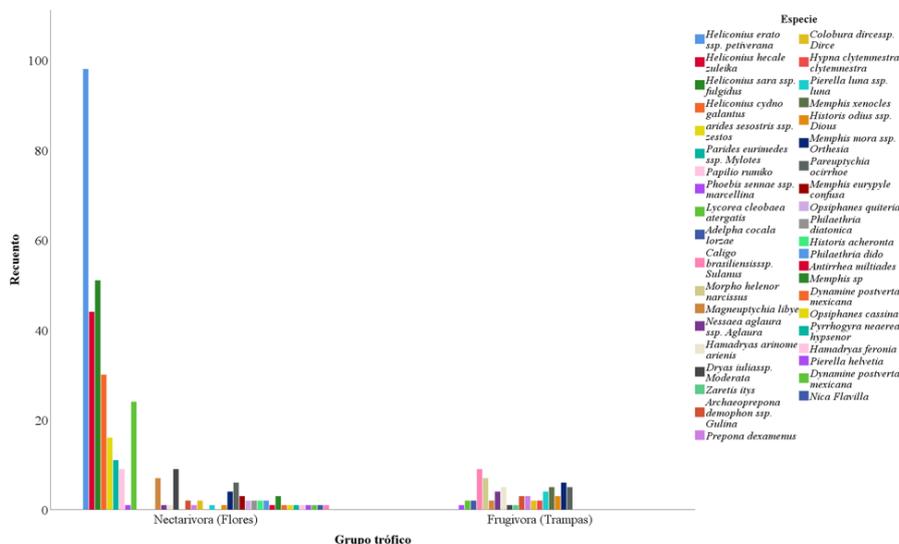


FIGURA 2.

Distribución de las especies de mariposas capturadas en el CeTAF en función del grupo trófico.

En el estudio, la estructura de la distribución de las especies de mariposas capturadas en el CeTAF en función del gremio trófico varió proporcionalmente, doce especies son nectarívoras y corresponden al 29% de las especies registradas, estas se clasifican según su alimentación, debido a que este tipo de especies nunca entran en las trampas Van Someren Rydon que contienen cebo en su interior; su principal función de estas especies es la polinización ya que se alimentan del néctar de flores, cumpliendo un rol importante en el medio ambiente y permitiendo la producción de plantas cultivadas (Manson, 2008). Por otra parte, del gremio trófico frugívoras, 29 especies corresponden a este y comprenden el 71% de las especies registradas, a diferencia del grupo anterior estas especies suelen alimentarse de la descomposición de frutas que caen de los árboles y muchas veces de las sales disueltas en arena húmeda, razón por la cual suelen ser capturada con atrayente de frutas fermentadas (Andrade, 1998).

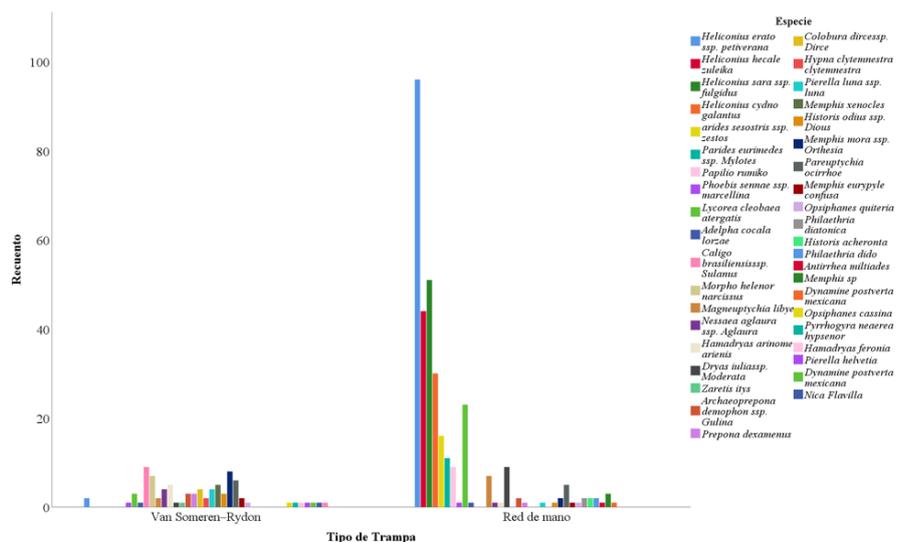


FIGURA 3.

Distribución de las especies de mariposas capturadas en el CeTAF en función del tipo de trampa.

La distribución de las especies de mariposas capturadas en el CeTAF en función del tipo de trampa varió significativamente, en el caso de la trampa Van Someren Rydon esta presentó una alta diversidad de especies, pero fue poca en abundancia. En el caso de la red de mano, esta se utilizó para capturar aquellas especies que estaban fuera de los transeptos de las trampas establecidas, siendo un método efectivo y presentando una alta abundancia de especies, pero poca diversidad. Ambas trampas son efectivas, pero con la trampa Van Someren Rydon se confirmó que atrae más especies interesantes y que a simple vista no se pueden monitorear con el otro tipo de trampa. El tipo de atrayente es otro método que puede alternarse para así evaluar la efectividad que tiene utilizando diferentes tipos de frutas fermentadas. Esta diversidad de especies juega un papel importante en la cadena trófica siendo fundamentales para la alimentación de otros organismos en la cadena trófica y contribuye a que el ecosistema esté equilibrado.

TABLA 2.
Correlaciones no paramétricas Spearman para las variables en estudio

Agroecosistema	Especie	Grupo trófico	Tipo de Trampa
Cítricos	1.000	0.635**	-0.584**
	0.635**	1.000	-0.946**
	-0.584**	-0.946**	1.000
Coco – Rambután	1.000	0.609**	-0.609**
	0.609**	1.000	-1.000**
	-0.609**	-1.000**	1.000
Cacao – Almendro	1.000	0.531	-0.531
	0.531	1.000	-1.000**
	-0.531	-1.000**	1.000
Área de Bosque	1.000	0.620**	-0.620**
	0.620**	1.000	-1.000**
	-0.620**	-1.000**	1.000

** La correlación es significativa en el nivel 0.001 (bilateral).

El análisis de la correlación no paramétrica de Spearman indica que para el caso de la variable grupo trófico y especie existen elevados índices de relación con tendencias estadísticas entre los grupos cítricos, cacao - rambután y área de bosque ($R^2= 0.6$; $gl= 23$; $P= 0.001$) en contraste con el agroecosistema cacao almendro. Esto se debe a que las especies presentan afinidad por el área establecida y va en función de su alimentación, espacio, calidad de hábitat, reproducción y gremio trófico, por otra parte, influye el grado de intervención en que se encuentra la zona. En este agroecosistema se debe considerar el efecto de fragmentación y discontinuidad de los bosques que como uno de los más destacados efectos se tiene la reducción de biodiversidad, distribución de flora y fauna (Kattan, 2002), sin embargo, también se debe analizar que este efecto reduce la presencia de aves, insectos, reptiles y mamíferos terrestres como voladores indispensables para el bienestar del ecosistema (Martínez et al., 2019).

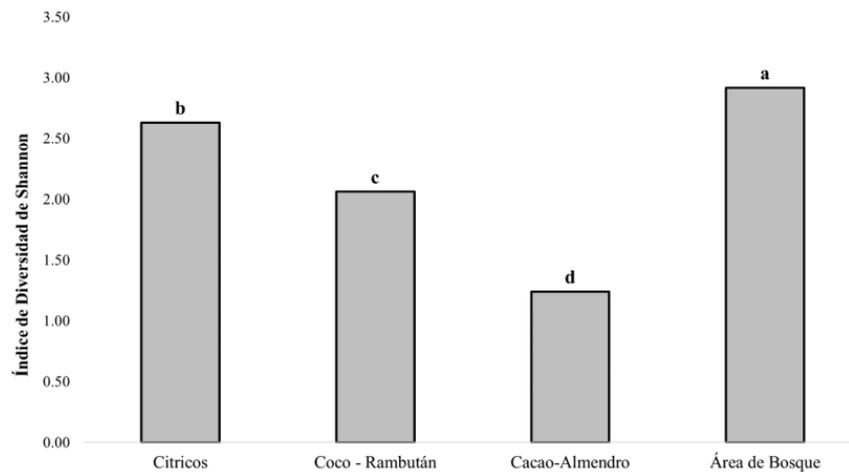


FIGURA 4.

Índice de biodiversidad de mariposas capturadas en los agroecosistemas del CeTAF. Letras distintas (a-d) indican diferencia estadísticamente significativa (0.05) basado en la prueba Chi-cuadrado (X^2).

En el caso de la biodiversidad de los agroecosistemas evaluados se encontró una clara diferencia entre ellos en comparación del bosque respecto con los demás ($F = 5.798$, $gl=2$; $X^2: 0.039$) especialmente con la asociación cacao – almendro esto se debe a que este agroecosistema particularmente carece de las condiciones necesarias para una mayor presencia de especies e individuos en él. Esto puede explicarse principalmente por dos motivos; la presencia de los árboles es dispersa lo que evita la generación de un micro clima que brinde condiciones adecuadas para el refugio y reproducción de estos individuos ya que están directamente afectadas por la interperiedad de las condiciones climáticas locales; por otro lado, la alimentación también es escasa por la poca fluorescencia de estos árboles que además de ser de ciclos temporales específicos se debe contemplar que el almendro (*Dipteryx oleifera*) es una leguminosa y el procesamiento de los alimentos se hace más difícil para los lepidópteros por la presencia de aceites básicos.

La distribución de las especies aparece proporcionalmente de acuerdo con la conservación de los Hábitats desde más complejo a lo menos complejo. El área del bosque sin intervención alberga la mayor cantidad de especies e individuos. Este tipo de hábitat con características complejas en la estructura de los ecosistemas brinda mayores servicios ecosistémicos para la subsistencia de la fauna silvestre y de las comunidades de los murciélagos del Caribe de Nicaragua. Mientras tanto, la figura 11 muestra como la mayor cantidad de especies fueron muestreadas en los hábitats de mayor estado de conservación y en reducción significativa en los bosques intervenidos. Por tal razón los bosques intervenidos tienen una cercana relación con el bosque sin intervención debido a que muchas de las especies establecidas en los hábitats de mayor degradación se movilizan a los más conservados en búsqueda de alimento y refugio (Galindo, 2004).

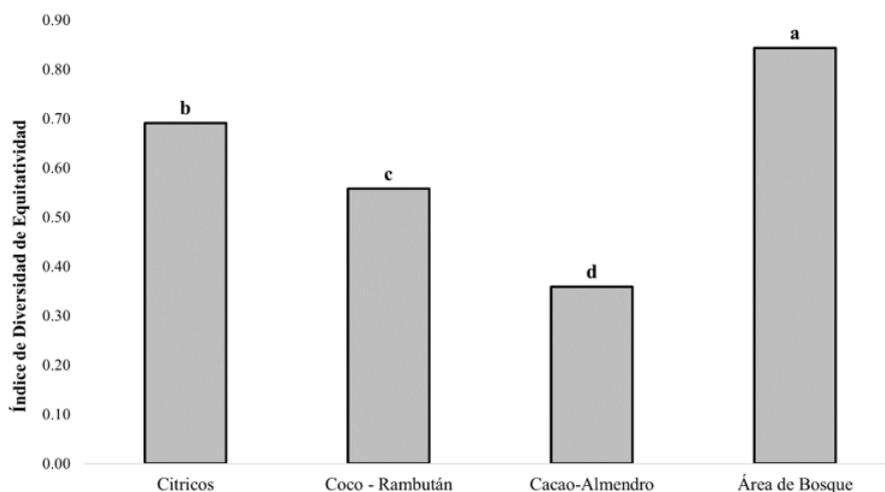


FIGURA 5.

Índice de equitatividad de mariposas capturas en los agroecosistemas del CeTAF. Letras distintas (a-d) indican diferencia estadísticamente significativa (0.05) basado en la prueba Chi-cuadrado (X^2).

Para comparar los diferentes tipos de ecosistemas se calculó índices de similitud relacionando el hábitat por la presencia y la ausencia de especie (MacSwiney G, 2010; Moreno, 2001). La figura 9 complementa los hallazgos reflejados en la figura 8, donde nuevamente se identifica diferencia estadística ($F= 1.028$, $gl=3$; $X^2: 0.049$) entre el área de agroecosistema bosque y las demás asociaciones en estudio, principalmente en el caso del cacao – almendro. Coincidentemente al verse afectada la biodiversidad y su distribución por la carencia de condiciones de reproducción, alimentación y hospederos para las mariposas también se ve afectada la utilización y carga ambiental que se tiene. En el caso de la asociación cacao – almendro esta tiene una utilización desigual lo que implica una mayor presión sobre un recurso limitado ya que los individuos que se encuentran en este agroecosistema compiten con mayor fuerza por los mismos recursos, de manera distinta en el área de bosque se cuenta con mayores recursos permitiéndole albergar mayor cantidad de especies y de individuos aumentando el mayor índice de equitatividad en cuanto al uso de los recursos espaciales y alimenticios.

CONCLUSIONES

El total de especies encontradas en todos los muestreos representan el 10% del total de especies de fauna registrado en Nuestro país. La familia Nymphalidae fue más dominante en el estudio, con predominio de la especie *Heliconius erato ssp. Petiverana*. (98 ssp) (Heliconinae). Sin embargo, la subfamilia Nymphalidae fue más representativo en cuanto a la diversidad de especies. Las familias que menos sobresalieron fueron Coliadinae, Morphinae, Brassolinae y Papilionidae. Además, en este estudio sobresalió la especie *Prepona Dexamenus* por ser reportada recientemente para la fauna de Nicaragua. Los agroecosistemas evaluados mostraron marcadas diferencias en composición, riqueza y diversidad. El área de bosque presentó el mayor número de individuos y especies; asumiendo que es el resultado de la interacción entre hábitats adyacentes; por otra parte, la disminución en la riqueza y diversidad en el área de cacao-almendro puede estar relacionado a los mismos cambios que se dan en este tipo de hábitat, que generan parámetros micro climáticos que afectan la distribución de las especies.

La composición, riqueza y diversidad de mariposas evidenció correlaciones tanto positivas como negativas con diferentes características del paisaje, demostrando con particular interés que los paisajes más

fragmentados y complejos pueden ser más ricos y diversos que aquellos con características estructurales menos complejas y homogéneas. El grado de perturbación y factores climáticos como la estacionalidad juegan un papel importante en los cambios poblacionales de las especies de mariposas. El estudio presentó datos de especies indicadoras de calidad de hábitat como *Nessaea Aglaura*, *Pierella Helvetia*, *Opsiphanes Auiteria* y *Prepona Dexamenus*.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible por el apoyo financiero de la Dirección de Investigación y Postgrado (DIP) de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU).

REFERENCIAS

- Andrade-C, M.G. (1998). Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Exactas*, Vol. 22, No. 84; p. 407 –421.
- Bañol H, Reinel E, Triviño P, others. (2006). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: *Hesperoidea papilionoidea*). *Rev Acad Colomb Cienc Exactas Físicas Nat*.
- Bluefields Indian & Caribbean University (BICU). (2014). Plan Estratégico Institucional 2014-2018. En Bluefields Indian & Caribbean University (BICU) (Vol. 1).
- Brosi, B. J.; Shih, T. M. & Billadello, L. N. 2008. Polinización biótica y cambios en el uso de la tierra en paisajes dominados por humanos. In C. Harvey & J. C. Sáenz (Eds.), *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica* (pp. 105-135). Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell, R. K., & Shen, T. (2005). A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, 8(2), 148–159.
- Dennis, C. J. 1974. *Laboratory manual for introductory entomology*. W. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. Citado de: Juan Márquez Luna., (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos Laboratorio de Sistemática Animal, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Apartado postal 1-69, Plaza Juárez, CP 42001, Pachuca, Hidalgo, México *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, n1 37 (2005): 385 – 408.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Gonzales, L., Tablada, E., Diaz, M. del pilar, Robledo, C., & Balzarani, M. (2005). *Estadística para Ciencias Agropecuaria*.
- Fagua, G. (2001). Mariposas diurnas (Lepidóptera). Manual de metodologías para el desarrollo de Inventarios y Monitoreo de la Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Grupo de Exploración y Monitoreo ambiental -GEMA. p. 59 –76.
- Flores-Pacheco, J. A., Murillo, Y., Oporta, R., Flores Pacheco, C., & Alemán, Y. (2017). Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chiltoma (*Capsicum annuum*) con sustratos inertes. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 20(20), 73–81. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i20.3069>
- Galindo Gonzales, J. (2004). Clasificación de los murciélagos de la región de los tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat. *Acta Zoológica Mexicana*, 20:239-243.
- García-Pérez, A. (2010). Métodos avanzados de estadística aplicada. Métodos robustos y de remuestreo. In Universidad Nacional a Distancia.

- IBM® Statistical SPSS®. (2016). IBM® SPSS® 23.0 (p. Statistical Package for the Social Sciences). <http://www.spss.com/>
- Kattan, H. (2002). Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies: En *Ecología y conservación de bosques tropicales*. Guariguata, M. y Kattan, H. Edts. Heredia. CR. INBio Capitulo, 22, 561–590.
- Krebs, C. J. (1985). *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia* (Issue 574.5 K92e). México, MX: Edit. Harla.
- Lopez, H., Aburto, D. (2010). Diversidad entomológica asociada a los agroecosistemas establecidos en el centro de transferencia agroforestal (CETAF-BICU). Nicaragua. Pag 41.
- MacSwiney G, M. C. (2010). Murciélagos. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, Conabio, Seduma. Yucatan, México.
- Manson, R., (2008.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. Instituto de Ecología A.C.(INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMAR-NAT), México, 348 p.
- Martínez, D., Gonzalez, D., Saldaña, O., & Flores-Pacheco, J. A. (2019). Estructura biológica de las comunidades de murciélagos como bio-indicadores del hábitat en agroecosistemas de la Reserva Biológica Indio Maíz. Bluefields Indian & Caribbean University.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. vol. 1, Zaragoza. 84 pp.
- Rivas, N., Mairena, A., & Flores-Pacheco, J. A. (2018). Composición florística de las plantas medicinales del Centro de Transferencia Agroforestal (CeTAF), Comunidad Indígena de Tiktik Kaanu, en el periodo de julio 2015 a febrero 2016. Bluefields, RACCS. Bluefields Indian & Caribbean University.
- Sokal, R., & Rohlf, F. J. (1981). *Biometry*. Francisco, California, 259 p.
- Van den Bergue, E. (2016). *Revista Nicaragüense de entomología* N° 97. Nicaragua.