

# Efecto de las áreas perturbadas y la precipitación en las redes ecológicas de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperoidea) y Angiospermas en Bosque Seco Tropical Colombiano

Effect of disturbed areas and precipitation on the ecological networks of butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperoidea) and Angiosperms in the Colombian Tropical Dry Forest

Daniela Jaramillo-Castillo <sup>1\*</sup>, Angela R. Amarillo-Suárez <sup>2</sup>, Juan Felipe Suarez-Guacaneme <sup>3</sup>

- Recibido: 13/May/2021
- Aceptado: 20/Jun/2022
- Publicación en línea: 22/Jul/2022

**Citación:** Jaramillo-Castillo D, Amarillo-Suárez AR, Suarez-Guacaneme JF. 2023. Efecto de las áreas perturbadas y la precipitación en las redes ecológicas de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperoidea) y Angiospermas en Bosque Seco Tropical Colombiano. *Caldasia* 45(1):98-112. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n1.95320>

## ABSTRACT

The Tropical Dry Forest is a highly threatened ecosystem, the anthropic alterations have produced a fragmentation of its habitats and degradation of its ecological interactions and diversity. Despite the abundant literature on the diversity of butterflies and their changes in intervened ecosystems, little is known about changes in butterfly-plant interaction networks. In this study, we compared the ecological networks of Papilionoidea and Hesperoidea, and Angiosperms between preserved and intervened forests in the rainy and dry seasons. Four strips of 50 meters by 4 meters were sampled in each zone and season, visiting each strip three times per season, recording the visiting floral butterflies for 90 minutes on each occasion, for a total of 72 hours of observations per unit of study. The estimated parameters of the networks were nesting, connectivity, diversity, generality, and robustness. In the conserved area, the nesting value shows a greater number of specialists, while the connection shows a lower average of possible interactions. The generality showed in this area a higher average of links per floral visitor and the diversity of Shannon showed a greater diversity of interactions. The rainy season obtained higher connection, diversity, nesting, generality, and robustness compared to the dry season. The results highlight the importance of analyzing not only the diversity of butterflies, but also their interactions, since these are important factors that allow us to have a better understanding of the state of the ecosystems, and the different effects that they can have depending on different anthropic alterations.

**Keywords:** diversity, anthropic effects, fragmentation, interaction.

<sup>1,2,3</sup> Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Transv.4° No.42- 00. Edificio J. Rafael Arboleda. Piso 8. Bogotá, Colombia. [danielajaramillo@javeriana.edu.co](mailto:danielajaramillo@javeriana.edu.co), [aamarillo@javeriana.edu.co](mailto:aamarillo@javeriana.edu.co), [j-suarezg@javeriana.edu.co](mailto:j-suarezg@javeriana.edu.co)

\* Autora para correspondencia.



## RESUMEN

El Bosque Seco Tropical es un ecosistema altamente amenazado, las alteraciones antrópicas han producido fragmentación de sus hábitat y degradación de sus interacciones ecológicas y diversidad. A pesar de la abundante literatura sobre diversidad de mariposas y sus cambios en ecosistemas intervenidos, poco se conoce sobre cambios en las redes de interacción mariposa-planta. En este estudio se compararon las redes ecológicas de Papilionoidea y Hesperoidea y Angiospermas entre bosque seco conservado e intervenido en época de lluvia y sequía. Se muestrearon cuatro franjas de 50 metros por 4 metros en cada zona y época, visitando cada franja en tres ocasiones por época, registrando las mariposas visitantes florales durante 90 minutos en cada ocasión, para un total de 72 horas de observaciones por unidad de muestreo. Los parámetros estimados de las redes fueron anidamiento, conectancia, diversidad, generalidad y robustez. En la zona conservada el valor de anidamiento evidenció mayor cantidad de especialistas, mientras que la conectancia evidenció menor promedio de posibles interacciones. La generalidad mostró en esta zona mayor promedio de enlaces por visitante floral y la diversidad de Shannon mostró mayor diversidad de interacciones. La época de lluvia obtuvo mayor conectancia, diversidad, anidamiento, generalidad y robustez en comparación con la época seca. Los resultados resaltan la importancia de analizar no solo la diversidad de mariposas sino también sus interacciones, pues son un factor importante ya que permiten conocer mejor el estado de los ecosistemas, además de comprender las diferentes afectaciones que pueden experimentar en función de las alteraciones antrópicas.

**Palabras clave:** diversidad, efecto antrópico, fragmentación, interacción.

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas naturales en Colombia han sufrido grandes transformaciones antrópicas que han modificado la biodiversidad (Etter *et al.* 2006), afectando en consecuencia las interacciones entre poblaciones animales y vegetales (Márquez 2001). Uno de los ecosistemas más amenazados actualmente es el Bosque Seco Tropical (BST), debido a factores como la explotación de madera y la expansión de áreas agrícolas y ganaderas (Ulloa-Delgado 2016, Casas-Pinilla *et al.* 2017). Además, históricamente este ecosistema no ha recibido el cuidado suficiente para su conservación, por lo que actualmente en Colombia solo queda el 5 % (Baptiste *et al.* 2013). Entre las principales afectaciones al BST están las alteraciones en abundancia, riqueza e interacciones que sufren las poblaciones, ocasionadas por la ganadería intensiva (Ospina-López *et al.* 2015). Por ejemplo, se ha demostrado que, en ecosistemas afectados por la ganadería, el crecimiento y la diversidad vegetal se ven disminuidos, alterando a su vez parámetros microclimáticos como la radiación solar, la temperatura y humedad, y provocando la disminución en la abundancia y riqueza de las mariposas y afectando su distribución y composición (Collinge *et al.* 2003, Vélez Lemos *et al.* 2015).

El Departamento del Tolima, cuenta con 23 562 km<sup>2</sup> donde el 49 % de esta área es considerada ecosistema de BST (Gobernación del Tolima 2014), el cual está sujeto a diferentes niveles y fuentes de perturbación por lo que solo el 1,87 % está en buen estado, aunque sujeto a fuertes presiones por efecto de la ganadería extensiva y la agricultura (García *et al.* 2014).

Hasta hace relativamente poco, la mejor forma de describir la diversidad de una zona consistía en la caracterización de la diversidad alfa y beta empleando índices tradicionales. Estos índices además de arrojar un valor que indican si la diversidad de especies es alta o baja, poco permiten describir y analizar la diversidad en términos de la estructura, composición de especies y sobre todo en términos de sus interacciones, que son parte fundamental de una comunidad en la medida en que permiten entender los mecanismos que generan la coexistencia de las especies (Medel *et al.* 2009), además del mantenimiento de la diversidad biológica y su evolución (Thompson 2002).

Recientemente, el uso de análisis ecológico de redes ha permitido la descripción de la estructura de las comunidades de organismos en función de las especies que las

componen y de sus interacciones a partir del desarrollo de parámetros que brindan información sobre estos elementos (Chagnon *et al.* 2012) tales como la diversidad y abundancia de interacciones en la red, los nodos generalistas y especialistas, la abundancia de nodos y la susceptibilidad de la red a las perturbaciones, entre otros (Blüthgen *et al.* 2008). En una gráfica de red ecológica, que representa por ejemplo la interacción mariposa-planta, los nodos son las especies de plantas y mariposas y los enlaces son líneas que representan su interacción y abundancia (Bascompte 2010). Dado que las comunidades son entidades dinámicas, las redes varían temporal y espacialmente, por ejemplo, con el tipo de hábitat (Hagen *et al.* 2012) y en función de las perturbaciones antrópicas, tales como la expansión de áreas agrícolas y ganaderas (Bascompte y Jordano 2007, Tylianakis y Morris 2017).

El orden Lepidoptera ha generado una estrecha relación evolutiva con las angiospermas, puesto que las mariposas se benefician de los recursos alimenticios que las flores les proveen en forma de polen y néctar y las plantas obtienen un beneficio reproductivo gracias a la polinización que las mariposas realizan (Waser y Ollerton 2006, Jordano *et al.* 2009, Boom-Urrueta *et al.* 2013). En razón a esto, esta interacción es definida como mutualista (Bascompte *et al.* 2006), sin embargo, no se puede desconocer que este grupo también presenta carácter herbívoro ya que en su etapa larval se alimentan de plantas estableciendo de esta manera una relación antagonica.

Los Lepidoptera han sido ampliamente reconocidos como un grupo de organismos muy sensible a las perturbaciones ambientales (González-Zuarth *et al.* 2014), por lo que es de esperarse que los cambios causados por acción humana afecten además de la diversidad de especies, sus interacciones.

Dada la necesidad de comprender la dinámica de los cambios en composición y diversidad de especies y de sus interacciones en respuesta a perturbaciones antropogénicas en un ecosistema altamente vulnerable, como es el Bosque Seco Tropical Colombiano, este estudio analizó y comparó la diversidad de especies, estructura y composición de las redes de interacción entre mariposas adultas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperoidea) y angiospermas en floración entre zonas conservada e intervenida de Bosque Seco Tropical en diferentes épocas climáticas del año, en un sector del valle medio del Magdalena, Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Este estudio se realizó en el municipio de Carmen de Apicalá, situado al oriente del departamento del Tolima, Colombia, en el piso térmico cálido con altitud de 328 m (Gobernación del Tolima 2014). Específicamente, el muestreo se adelantó en la finca La Sultana, localizada en la vereda La Antigua con un área total de 280 hectáreas, 4°10' Norte 74°46' Oeste. La finca está inmersa en ecosistema de Bosque Seco Tropical, en el que predominan las familias de árboles Fabaceae, Sapindaceae, Capparidaceae, Euphorbiaceae y Rubiaceae, encontrándose especies muy abundantes como *Zanthoxylum monophyllum* (Lam.) P.Wilson, *Attalea butyracea* (Mutis ex L.f.) Wess.Boer y *Buddleja americana* L., con plantas con troncos lisos con espinas, hojas compuestas y foliolos pequeños. La altura del dosel oscila entre los 15 y 25 metros (IAVH 1998) con hasta cuatro estratos vegetativos: herbáceo, arbustivo, palmeto y arbóreo; este último es el que predomina (Sanmartín-Sierra *et al.* 2016). Además de los fragmentos de bosque conservado, se encuentran pasturas para la ganadería, rastrojos y bosque secundario resultante de procesos de abandono de los potreros.

La precipitación está entre los 250 y 2000 mm anuales con dos períodos marcados de sequía (Ariza *et al.* 2014), su temperatura es de alrededor de 25 °C y sus climas son árido, cálido semiárido y cálido seco, caracterizados porque durante la mayor parte del año la evapotranspiración supera en gran medida a la precipitación. Esto genera déficit de agua, lleva a que la vegetación pierda parcialmente su follaje en dos períodos del año (IAVH 1998).

### Muestreo y recopilación de datos

El muestreo se realizó durante diez días en el mes de abril en época de lluvia y diez días en agosto en época seca en 2019. En cada época se realizó el muestreo en dos zonas de estudio: zona de fragmentos de bosque conservado y zona con grandes áreas de expansión agrícola y ganadera. En cada una de estas zonas se definieron cuatro franjas de 50 x 4 metros, al ser áreas que en diversos estudios se registran como adecuadas para el muestreo de diversidad de especies, siendo además un factor que permite estandarizar el área de muestreo (Caranqui y Ortiz 2019, Jaramillo-Cruz 2021).

En primer lugar, durante los primeros cuatro días de cada salida se realizó un muestreo en dichas franjas con el fin de identificar las mariposas adultas y plantas de cada zona

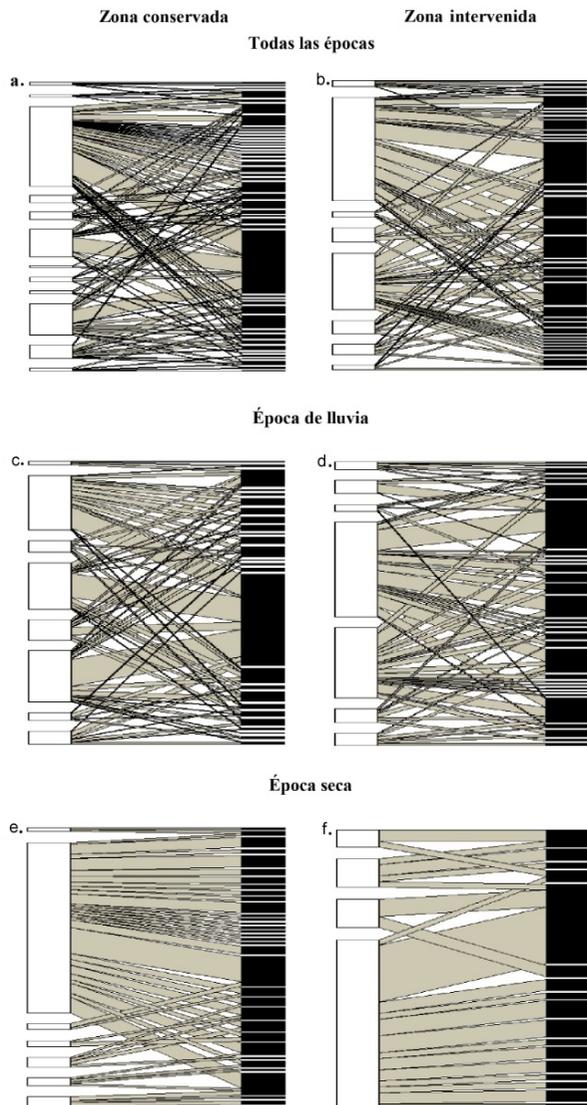
identificando las angiospermas en floración y recolectando las mariposas. Cada mariposa recolectada se sacrificó, almacenó y transportó al laboratorio de Ecología Evolutiva y Conservación de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá, para su posterior identificación. Los ejemplares se depositaron posteriormente en la Colección de Entomología del Instituto de Ciencias Naturales ICN-MHN. Para la identificación se emplearon las claves y libros de D'Abbrera (1987), Salazar y Vélez (1991), Constantino *et al.* (2002),

Andrade (2007) y Pulido (2010), y se contó con la ayuda de expertos como el curador de la colección de entomología de la Pontificia Universidad Javeriana, Giovanni Fagua quien facilitó claves para corroborar la identificación de las mariposas y Gonzalo Andrade-C quien permitió la entrada a la Colección de Entomología del Instituto de Ciencias Naturales ICN-MHN para corroborar la identificación de las mariposas por medio de la comparación con ejemplares. La identificación de las plantas en floración se realizó empleando el libro de Barrero *et al.* (2012) y mediante comparación con la colección de referencia del Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana (HPUJ), sede Bogotá con ayuda del experto Carlos Andrés Ordoñez Parra.

Durante cada salida, y con el fin de registrar las interacciones mariposa-planta descritas anteriormente, se hicieron tres recorridos por cada una de las franjas, con una duración de 90 minutos cada vez. Los recorridos se hicieron entre las 7:00 am y las 05:00 pm. Cada vez que se observaba una mariposa en una flor se identificó la mariposa y la planta en la que se posó. Dado que las comunidades e interacciones cambian con el tiempo, y con el fin de obtener resultados claros sobre un período particular, los muestreos se realizaron en el pico de cada estación climática. Para maximizar el esfuerzo de muestreo, dos personas estuvieron recorriendo las franjas.

La diversidad alfa para cada zona en cada época del año se estimó con el índice de Margalef, el cual tiene en cuenta que hay una relación entre el número de especies y su abundancia (Moreno 2001); para ello se empleó el programa de acceso libre Past (Hammer 2001). La representatividad del muestreo se evaluó con el estimador de Chao 1. Si los valores son iguales o mayores al 85%, significa que se obtuvo un muestreo representativo (Villarreal *et al.* 2004); para su cálculo se empleó la versión 9.1.0 del programa Estimates (Colwell 2019). Se empleó el índice de similitud de Sorensen para estimar la diversidad beta de las mariposas diurnas en las dos zonas, empleando la herramienta de Excel (Villarreal *et al.* 2004).

El análisis de las interacciones planta-mariposa, se realizó a partir de la elaboración de redes ecológicas bipartitas (Jordano 1987, Medel *et al.* 2009), para las cuales se estimaron cinco métricas: Anidamiento, que refleja el nivel de compartimentalización de la red, es decir, nodos generalistas y especialistas con sus respectivos enlaces (Ings *et al.* 2009, Barbour *et al.* 2016); Conectancia, que muestra la



**Figura 1.** Redes ecológicas de Papilionoidea y Hesperoidea-Angiospermas en floración en una zona conservada y otra intervenida en época de lluvia y época seca, en el sitio de estudio. Los rectángulos blancos representan las especies de angiospermas y los negros las de mariposas. El ancho de cada rectángulo representa la abundancia de cada especie. El ancho de las franjas que conectan las plantas con las mariposas representa la abundancia de cada interacción. **a.** Red general para la zona conservada, **b.** Red general para la zona intervenida, **c.** Red para la zona conservada en época de lluvia, **d.** zona intervenida en época de lluvia, **e.** zona conservada en época seca, **f.** zona intervenida en época seca.

proporción de interacciones y de nodos en la red comparado con el número posible de todas las interacciones (Harvey *et al.* 1983, Ings *et al.* 2009); Generalidad, que muestra el número promedio de enlaces por visitante floral (Maunsell *et al.* 2015); Índice de Shannon, que mide la diversidad de interacciones en la red (Maunsell *et al.* 2015), y robustez, que muestra que tan estable o frágil es la red, teniendo en cuenta los efectos de la disminución y extinción de las especies (Pocock *et al.* 2012). Se hicieron en total seis redes: una con interacciones totales para cada zona y otras cuatro que corresponden a cada zona por época climática.

## RESULTADOS

### Diversidad de especies

En total se identificaron 80 especies de mariposas en la finca La Sultana (Tablas 1 y 2). La zona conservada obtuvo un 22 % más especies que la intervenida. Por otro lado, la zona intervenida en época de lluvia obtuvo un 25 % más de especies que en época seca. El estimador Chao 1 en la zona intervenida fue de 92 % en las dos épocas, mientras que en la zona conservada fue de 73 % (Tabla 3), lo que demuestra la representatividad del muestreo, mucho más precisa para la zona intervenida que para la conservada; de otra parte, la mayor diversidad y abundancia se encontraron en la zona conservada en época de lluvia (Tabla 3). Además, se encontró una alta similitud de riqueza entre las dos zonas de estudio con un 69 %.

Durante los muestreos, 16 especies de plantas estaban en floración y fueron visitadas por las mariposas adultas. De éstas, siete fueron exclusivas de la zona conservada, cuatro de la zona intervenida y cinco se encontraban en las dos zonas (Tablas 1 y 2).

### Redes de interacción mariposa-planta

En general, la zona conservada obtuvo mayor cantidad de nodos y mayor diversidad de interacciones dentro de la red (diversidad de Shannon 4,07) en comparación con la zona intervenida (diversidad de Shannon 3,91). Además, esta última presentó mayor cantidad de mariposas especialistas, pues alcanzó una menor proporción de especies que interactúan con pocas especies de plantas, mientras que la zona conservada alcanzó una mayor proporción de especies que interactúan con muchas especies de plantas (generalidad: 3,71). La zona conservada obtuvo un mayor promedio de interacciones por nodo que la zona intervenida, además las dos zonas tuvieron la misma robustez

(0,86), es decir, las dos tuvieron buena estabilidad de interacciones en la red dado que en los dos casos sus especies no disminuyeron en gran medida (Fig. 1a, Tabla 4).

La zona conservada en época de lluvia registró una menor cantidad de nodos y mayor diversidad de interacciones dentro de la red en comparación con la zona intervenida. Además, la zona conservada en época de lluvia obtuvo una proporción menor de interacciones que la zona intervenida y una proporción menor de especies de mariposas que interactúan poco con pocas especies de plantas; la zona intervenida obtuvo una mayor proporción de especies de mariposas que interactúan poco con pocas especies de plantas. Por otra parte, tanto la zona conservada como la zona intervenida en época de lluvia presentaron una robustez alta (0,89 y 0,88 respectivamente), es decir, las dos zonas presentan redes estables; sin embargo, la zona conservada presenta una estabilidad mayor reflejada en época de lluvia (0,89) que en época de sequía (0,77) (Figs. 2c-d, Tabla 4).

Para la zona intervenida en época seca, se obtuvo una menor cantidad de especies y de interacciones que en zona conservada. Por otro lado, la zona conservada en época seca obtuvo una proporción mayor de especies que interactúan poco con pocas especies de plantas, lo cual representa una mayor cantidad de especies especialistas que en la zona conservada. La zona intervenida en época seca (0,78) presentó mayor robustez que la zona conservada (0,77); sin embargo, las dos redes son estables (Figs. 2e-f, Tabla 4).

## DISCUSIÓN

En total, se registraron 80 especies de adultos de Papilionoidea y Hesperoidea, asociadas con 16 especies de Angiospermas en floración, estableciendo un total de 591 interacciones (Tablas 1 y 2). De acuerdo con la literatura revisada, este constituye el primer estudio que establece asociaciones y redes de interacción entre la diversidad de estas superfamilias y Angiospermas en BST en el neotrópico comparando diferentes estados de perturbación en dos épocas del año. Algunos estudios previos, aunque son sobre redes ecológicas, se han concentrado en describir las redes entre mariposas adultas y angiospermas en floración en ecosistemas diferentes como el costero en donde comparan diferentes tipos de vegetación (Martínez-Adriano *et al.* 2018) o en zonas urbanas (Mukherjee *et al.* 2018), también en selvas tropicales comparando dos épocas del año (lluvia y sequía) (Mertens *et al.* 2021).

**Tabla 1.** Especies de mariposas adultas y angiospermas en floración en Bosque Seco Tropical Colombiano, Tolima-Carmen de Apicalá, finca La Sultana.

Número	Especie	Letra	Especies de plantas
1	<i>Pyrgus orcus</i> (Stoll, 1870)	a	<i>Croton</i> sp. (L.)
2	<i>Pyrgus oileus</i> Linnaeus, 1767	b	<i>Sparmannia africana</i> L.F
3	<i>Hylephila isonira</i> Dyar, 1913	c	<i>Cupania glabra</i> Sw
4	<i>Urbanus simplicius</i> Stoll, 1790	d	<i>Zanihoxylum monophyllum</i> (Lam.)
5	<i>Anisochoria pedalioidina</i> Butler, 1870	e	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)
6	<i>Chiodies catillus</i> Cramer, 1779	f	<i>Ruagea glabra</i> Triana & Planch
7	<i>Mysoria barcastus</i> Sepp, 1855	g	<i>Hasseltia floribunda</i> Kunth
8	<i>Leptotes cassius</i> (Cramer, 1775)	h	<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims
9	<i>Lycaena heteronea</i> Boisduval, 1852	i	<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L.f)
10	<i>Strymon bazochii</i> (Godart, 1824)	j	<i>Bunchosia</i> sp.
11	<i>Thecla</i> sp.	k	<i>Buddleja americana</i> L.
12	sp.5	l	<i>Croton gossypifolius</i> Vahl
13	sp.6	m	<i>Adenaria floribunda</i> Kunth
14	sp.7	n	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
15	<i>Panhiades bitias</i> (Cramer, 1777)	ñ	<i>Spirotheca codazziana</i> Romero
16	<i>Heliconius melpomene</i> Linnaeus, 1758	o	<i>Inga marginata</i> Willd
17	<i>Heliconius erato</i> Linnaeus, 1758		
18	<i>Mestra semifulva</i> Felder, 1867		
19	<i>Adelpha cytherea</i> (Linnaeus, 1758)		
20	<i>Junonia lavinia</i> Cramer, 1775		
21	<i>Euptoieta hegesia</i> Cramer, 1779		
22	<i>Hamadryas feronia</i> Linnaeus, 1758		
23	<i>Chlosyne lacinia</i> Geyer, 1837		
24	<i>Danaus Gilippus</i> Cramer, 1775		
25	<i>Hamadryas februa</i> Hübner, 1816		
26	<i>Anartia amathea</i> Linnaeus, 1758		
27	<i>Hamadryas amphinome</i> Linnaeus, 1767		
28	<i>Dynamine racidula</i> Hewitson, 1852		
29	<i>Eretris ocellifera</i> Felder, 1867)		
30	<i>Janatella leucodesma</i> Felder, 1861		

(Continúa)

Número	Especie	Letra	Especies de plantas
31	<i>Dynamine anubis</i> Hewitson, 1859		
32	<i>Mechanitis polymnia</i> Linnaeus, 1758		
33	<i>Dynamine paulina</i> Bates, 1865		
34	<i>Pteronymia agalla</i> Godman & Salvin, 1879		
35	<i>Tithorea harmonia</i> Cramer, 1779		
36	<i>Morpho menelaus</i> Linnaeus, 1758		
37	<i>Mechanitis menapis</i> Hewitson, 1855		
38	sp.1		
39	sp.2		
40	<i>Marpesia chiron</i> Fabricius, 1775		
41	<i>Callicore pitheas</i> (Latreille, 1813)		
42	<i>Ectima lirides</i> Staudinger, [1885]		
43	<i>Anartia jatrophae</i> Linnaeus, 1763		
44	<i>Tithorea</i> sp.		
45	<i>Morpho menelaus amathonte</i> Deyrolle, 1860		
46	<i>Caligo teucer</i> Linnaeus, 1758		
47	<i>Consul fabius</i> Cramer, 1779		
48	<i>Lycorea halia</i> Hübner, 1816		
49	<i>Ithomia iphianassa</i> Doubleday, 1847		
50	<i>Ypthimoides renata</i> Cramer, 1872		
51	<i>Ypthimoides</i> sp.		
52	<i>Adelpha iphiclus</i> (Linnaeus, 1758)		
53	sp.3		
54	<i>Parides iphidamas</i> (Fabricius, 1793)		
55	<i>Parides erithalion</i> (Boisduval, 1836)		
56	<i>Battus lycidas</i> (Cramer, 1777)		
57	<i>Battus polydamas</i> (Linnaeus, 1758)		
58	<i>Heraclides thoas</i> (Linnaeus, 1771)		
59	<i>Eurema दौरa</i> (Godart, 1819)		
60	<i>Phoebis sennae</i> (Linnaeus, 1758)		
61	<i>Itaballia demophile</i> (Linnaeus, 1763)		
62	<i>Ascia monuste</i> (Linnaeus, 1764)		

(Continúa)

Número	Especie	Letra	Especies de plantas
63	<i>Pyrisitia leuce</i> (Boisduval, 1836)		
64	<i>Glutophrissa drusilla</i> (Cramer, 1777)		
65	<i>Eurema albula</i> (Cramer, 1775)		
66	<i>Pyrisitia proterpia</i> (Fabricius, 1775)		
67	<i>Phoebis philea</i> (Linnaeus, 1763)		
68	<i>Eurema elathea</i> (Cramer, 1777)		
69	<i>Eurema phiale</i> (Cramer, 1775)		
70	<i>Perrhybris pamela malenka</i> (Hewitson, 1852)		
71	<i>Ithaballia</i> sp.		
72	<i>Caria plutargus</i> Fabricius, 1793		
73	<i>Nymphidium azanoides</i> Butler, 1867		
74	<i>Rhetus dysonni</i> Saunders, 1849		
75	<i>Melanis marathon</i> Felder & Felder, 1865		
76	<i>Nymphidium baeotia</i> Hewitson, 1853		
77	<i>Brachyglenis esthema</i> Felder, 1862		
78	<i>Mesene phareus</i> Cramer, 1777		
89	sp.4		
80	sp.5		

En cuanto a la diversidad de especies, Mercado-Gómez *et al.* (2018) en un fragmento de Bosque Seco Tropical en María la Baja, departamento de Sucre, muestran una riqueza menor con 55 especies de Lepidoptera, con una duración mayor de muestreo (40 días y 120 horas). Casas-Pinilla *et al.* (2017) encontraron una diversidad de 121 especies de lepidópteros en La Mesa de los Santos, Santander con 36 días de muestreo y 360 horas de muestreo. Teniendo en cuenta el tiempo de muestreo de este estudio, podemos decir que 80 especies representan una muy buena aproximación a la diversidad de Papilionoidea y Hesperoidea de la región estudiada, datos confirmados por los resultados del estimador Chao1. 80 especies que interactuaron con 16 especies de plantas que en su momento estaban en floración, resultado por demás interesante en la medida en que Pizano y García (2014) registran para Colombia 2483 especies de angiospermas de BST y Villanueva *et al.* (2015) registran 1048 especies en los bosques secos del departamento del Tolima. Sería necesario un inventario de

la diversidad de especies en el bosque de nuestro sitio de estudio con el fin de precisar la diversidad total de angiospermas y sus fluctuaciones temporales en floración y así establecer relaciones la forma en que las redes varían a lo largo de dichos periodos de floración. Sin embargo, a pesar de la aparente baja diversidad de especies de mariposas y plantas en floración, se registró una sorprendente cantidad de interacciones (591) lo que da cuenta de la importancia de evaluar además de la diversidad en términos de especies, la diversidad de interacciones, pues es esto lo que configura el uso que los organismos hacen de los recursos y en últimas la estructura de una comunidad.

La diversidad y la abundancia de mariposas más alta se dio en la zona conservada en época de lluvia (Tabla 3). Estos resultados concuerdan con los del estudio de Prince-Chacón *et al.* (2011) y Vargas-Zapata *et al.* (2011). Se registró alta similitud de riqueza de mariposas diurnas entre la zona conservada y la zona intervenida, es decir

**Tabla 2.** Interacciones entre las especies de mariposas y angiospermas en zona conservada e intervenida en época de lluvia y sequía en Bosque Seco Tropical Colombiano, Tolima-Carmen de Apicalá, finca La Sultana. Las letras minúsculas representan las especies de angiospermas en floración y los números las especies de Papilionoidea y Hesperoidea que se denotan en la tabla 1. Las letras mayúsculas representan la zona y la época climática: Conservado (C) Intervenido (I) Lluvia (LL) Sequía (S). Las especies que no cuentan con interacciones, fueron encontradas en los primeros recorridos de reconocimiento.

Plantas/ Mariposas	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o
1	C.LL.S.I.LL	I.LL		I.LL	I.LL	I.LL			C.LL.S							C.LL
2	I.LL.S			C.LL												
3				C.I.LL				C.LL								
4	I.LL.S			C.I.LL		I.LL		C.S								
5	I.LL								C.LL							
6								C.LL.S								
7								C.LL								
8								C.LL.S	C.S							
9	I.S						I.LL	C.S								
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16	I.LL		C.LL	C.LL		C.LL	I.LL		C.LL.S	C.LL				C.LL		
17	I.LL	I.LL	C.LL	C.LL					C.LL.S					C.LL	C.LL	
18				C.I.LL		C.LL				C.S				C.LL		
19	I.LL			I.LL										C.LL		
20	I.S					C.LL										
21	C.S.I.LL.S			C.I.LL	I.LL	C.LL								C.LL		
22	I.LL			C.LL												
23							I.LL	I.LL						C.LL		C.LL
24	I.LL.S	I.S		I.LL												
25	C.S.I.LL.S			C.I.LL		C.S.I.LL		I.LL	C.LL.S							

(Continúa)

Plantas/ Mariposas	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o
26				I.LL												
27				I.LL			I.LL				C.S					
28	I.LL				I.LL			I.LL	C.S					C.LL	C.LL	
29	I.LL	I.LL.S	C.LL.I.S	C.I.LL	I.LL	C.I.LL		I.LL	C.LL.S			C.S		C.LL	C.LL	C.LL
30		I.LL														
31	I.LL			I.LL		I.LL										
32			C.LL	C.LL					C.S					C.LL		
33									C.S							
34									C.LL		C.LL					
35									C.S							
36									C.S							
37									C.LL.S							
38									C.LL.S							
39									C.S							
40																
41																
42																
43																
44																
45																
46																
47																
48																
49																
50																
51																
52																

(Continúa)

Plantas/ Mariposas	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o
53									C.S							
54			C.I.LL	I.I.LL					C.I.LL	C.S				C.I.LL		C.I.LL
55									C.I.LL		C.S	C.LL.S	C.I.LL			
56																
57																
58																
59	I.I.LL	I.I.LL		I.I.LL	I.S				C.S		C.S					
60	I.I.LL		I.S	I.I.LL					C.I.LL							
61	I.I.LL			C.I.I.LL					C.S							C.I.LL
62	C.I.S			C.I.LL			I.I.LL		C.I.LL.S					C.I.LL		C.I.LL
63	I.I.LL.S	I.I.LL	C.I.LL	I.I.LL		I.I.LL	I.I.LL		C.I.LL.S							C.I.LL
64				C.I.LL		C.I.LL		I.I.LL	C.I.LL							
65	I.I.LL							I.I.LL								
66	I.S								C.I.LL							
67			I.S						I.S							I.S
68																
69																
70																
71																
72				I.I.LL												
73																C.I.LL
74						C.I.LL.S.			C.I.LL.S							
75									C.I.LL				C.I.LL			C.I.LL
76						C.I.LL			C.I.LL.S				C.S		C.I.LL	
77																C.I.LL.S
78																
79																
80																

**Tabla 3.** Valores de diversidad y abundancia de especies de mariposas, y porcentaje de representatividad (Chao 1), para zona conservada e intervenida en época de lluvia y sequía, en la zona de estudio.

Época de muestreo	Diversidad			Abundancia			Riqueza observada			Chao 1 (%)		
	Conservado	Intervenido	Total	Conservado	Intervenido	Total	Conservado	Intervenido	Total	Conservado	Intervenido	Total
Lluvia	8	7	13	216	196	412	27	29	33	70,7	93,9	81,5
Sequia	7	4	10	109	43	152	35	15	41	75,6	90,2	80,9
Total	12	9	16	325	239	591	45	33		73,2	92,1	

**Tabla 4.** Valores de conectancia, diversidad de Shannon, anidamiento, generalidad y robustez, de las redes ecológicas de Papilionoidea-Angiospermas en zona conservada e intervenida en época de lluvia y época seca, en Bosque Seco Tropical Colombiano, Carmen de Apicalá, Tolima.

Estación	Conectancia			Diversidad de Shannon			Anidamiento			Generalidad			Robustez		
	Lluvia	Seca	Total	Lluvia	Seca	Total	Lluvia	Seca	Total	Lluvia	Seca	Total	Lluvia	Seca	Total
Conservado	0,33	0,19	0,2	3,63	3,51	4,07	37,86	22,07	20,1	4,04	1,46	3,71	0,89	0,77	0,86
Intervenido	0,29	0,3	0,24	3,73	2,77	3,91	28,61	35,56	24,9	2,78	1,47	2,9	0,88	0,78	0,86
Total	0,27	0,15	0,2	4,25	3,84	4,58	30,18	14,69	17,68	4,96	1,8	4,94	0,89	0,77	0,87

gran cantidad de especies compartidas en las dos zonas, este resultado concuerda con el estudio de Gallego-López y Gallego-Roper (2019).

En cuanto a las redes ecológicas, la mayor abundancia se evidenció en la zona conservada. En la zona intervenida de nuestra área de estudio, la extracción de madera y la disminución de fragmentos de bosque para generar pasturas ganaderas son factores que posiblemente contribuyen al patrón de interacciones observado. Así nuestros resultados concuerdan con Medel *et al.* (2009) quienes explican que las zonas conservadas presentan una mayor proporción de interacciones por nodo y una diversidad de interacción mayor que la de las zonas intervenidas.

En la época de lluvia tanto en la zona conservada como en la intervenida, la abundancia de interacciones fue más alta. Como afirman León-Camargo y Rangel-Ch (2015), es en la época de lluvia cuando se presentan los máximos picos de floración, lo que genera un efecto positivo en las interacciones. La zona conservada en época de lluvia obtuvo menor cantidad de nodos mostrando una proporción mayor de especialistas y mayor diversidad de interacciones, en contraste con la zona intervenida y con la época seca (Fig. 1c-f, Tabla 4). Lo anterior se debe a que la diversidad floral fue mayor en zona conservada y aumentó en épocas de lluvia lo cual proporciona cambios en la diversidad y

abundancia de insectos que se alimentan de las angiospermas (Genung *et al.* 2010).

En conclusión, las redes variaron en función de la época y estado de conservación del ecosistema, influyendo esto directamente en su estructura, tal como se evidencia por ejemplo en la baja diversidad de Shannon y en el alto nivel de anidamiento en la red de la zona intervenida en época seca, en donde las características ambientales son menos favorables por lo que la diversidad floral disminuye en comparación con la de la zona conservada en época de lluvia.

Estudios como este, además de contribuir al registro taxonómico de las especies de mariposas asociadas al Bosque Seco Tropical colombiano, brindan información valiosa sobre sus interacciones con angiospermas, contribuyendo de esta forma al cuerpo de conocimientos sobre las dinámicas de interacción que favorecen tanto a los polinizadores como a sus recursos y la forma en que varían tanto estacionalmente como en respuesta a factores de transformación antrópica. Adicionalmente, al complementar los análisis tradicionales de diversidad con el análisis de las interacciones mediante el establecimiento de redes ecológicas, se identifican los cambios en la configuración de las comunidades y sus implicaciones para los ecosistemas, brindando nuevos elementos para establecer estrategias de conservación de un ecosistema altamente degradado como es el Bosque Seco Tropical.

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

DJC concepción y diseño del estudio, toma de datos, análisis, y escritura del documento.

ARAS concepción y diseño del estudio, análisis, y escritura del documento.

JFSG toma de datos, análisis y escritura del documento.

## AGRADECIMIENTOS

A la Pontificia Universidad Javeriana, en particular a la Vicerrectoría de Investigación y al Laboratorio de Ecología Evolutiva y Conservación de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales que brindó las instalaciones y apoyo logístico para el trabajo de campo y el montaje e identificación de los ejemplares; A Amalia Mejía y su familia, quienes facilitaron el acceso a la zona de estudio y apoyo logístico para el muestreo; A Gonzalo Andrade-C, quien facilitó la entrada a la Colección de Entomología del Instituto de Ciencias Naturales ICN-MHN-En, para corroborar la identificación de las mariposas; A Giovanni Fagua, curador de la colección de entomología de la Pontificia Universidad Javeriana, quien facilitó claves para corroborar la identificación de las mariposas; A Carlos Andrés Ordoñez Parra, quien facilitó la entrada al Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana (HPUJ), sede Bogotá y apoyó la identificación de las plantas.

## CONFLICTO DE INTERESES

No existen conflictos de intereses que puedan afectar el contenido, resultados o conclusiones del artículo. En caso de existir conflictos, declaramos lo siguiente: Este artículo está sujeto y a los resultados obtenidos por todos los autores y aprobado por los mismos.

## LITERATURA CITADA

Andrade-C MG. 2007. *Lepidoptera*. En: Libro Rojo de los Invertebrados Terrestres de Colombia. Bogotá: Panamericana.

Ariza A, Isaacs P, González MR. 2014. Memoria técnica para la verificación en campo del mapa de bosque seco tropical en Colombia escala 1:100.000, versión 2.0. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Baptiste BLG, Amat García GD, Arias Isaza FA, Taylor C. 2013. Especies de Bosque Seco en Colombia. En: Lasso CA, Ramírez W. *Biota Colomb*. 13(2). Bogotá, Colombia.

Barbour MA, Fortuna MA, Bascompte J, Nicholson JR, Julkunen-tiitto R, Jules ES, Crutsinger GM. 2016. Genetic specificity of a plant – insect food web: Implications for linking genetic variation to network complexity. *PNAS* 113(8):2128-2133. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1513633113>

Barrero D, Camelo D, Ovalle A, Rozo A, Mahecha GE. 2012. Vegetación del territorio CAR: 450 especies de sus llanuras y montañas. *CAR*. 958-8188-06-7.

Bascompte J, Jordano P, Olesen-J M. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Sci*. 312(5772):431-433. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1123412>

Bascompte J, Jordano P. 2007. Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity. *Annu. Rev.* 38(1):567-593. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095818>

Bascompte J. 2010. Structure and dynamics of ecological networks. *Science* 329(5993):765-766. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1194255>

Blüthgen N, Fründ J, Vazquez-D P, Menzel F. 2008. What do interaction network metrics tell us about specialization and biological traits. *Ecol*. 89(12):3387-3399. doi: <https://doi.org/10.1890/07-2121.1>

Boom-Urrueta 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. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.* 17(1):149-167.

Caranqui J, Ortíz M. 2019. Diversidad y composición florística en el vegetación análoga de Indiviso, Baquerizo Moreno, Tungurahua. En: Lara-Vasconez N, Salazar-Castañeda E, Noboa-Silva V, Carpio-Coba C, editores. Ecuador: Epoch: Congreso Internacional Bosques y Agroforestería para el siglo XXI. p. 49-55.

Casas-Pinilla LC, Mahecha-J O, Dumar-R JC, Ríos-Málaver IC. 2017. Diversidad de mariposas en un paisaje de bosque seco tropical, en la Mesa de los Santos, Santander, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP - Rev. Lepidopt.* 45(177):83-108.

Chagnon PL-L, Bradley RL, Klironomos JN. (2012). Using ecological network theory to evaluate the causes and consequences of arbuscular mycorrhizal community structure. *New Phytol.* 194(2):307-312. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.04044.x>

Collinge SK, Prudic KL, Oliver JC. (2003). Effects of local habitat characteristics and landscape context on grassland butterfly diversity. *Conserv. Biol.* 17(1):178-187. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01315.x>

Colwell RK. 2019. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1. [Revisada en: 15 nov 2021]. <http://purl.oclc.org/estimates>

Constantino LM, García-Robledo C, Dolores HM, Kattan G. 2002. Guía de campo: Mariposas comunes de la cordillera Central de

- Colombia. Cali, Colombia: Wildlife Conservation Society y Ferriva S.A.
- D'Abbrera B. 1987. Butterflies of the neotropical region / Part IV, Nymphalidae. Black Rock: Hill House.
- Etter A, McAlpine C, Wilson K, Phinn S, Possingham H. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 114(2-4):369-386. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.013>
- Gallego-López AP, Gallego-Ropero MC. 2019. Efecto de la matriz ganadera sobre mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en fragmentos de bosque seco, Patía (Cauca, Colombia). *Rev. Col. Ent.* 45(2):e7814. doi: <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i2.7814>
- García H, Corzo G, Isaacs P, Etter A. 2014. Distribución y estado actual de los remanentes del bioma de bosque seco tropical en Colombia: insumos para su gestión. En: Pizano C, García H, editores. *El bosque seco tropical en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Genung MA, Lessard JP, Brown CB, Bunn WA, Cregger MA, Reynolds WN, Falker-Quinn E, Stevenson ML, Hartley AS, Crutsinger GM, Schweitzer JA, Bailey J. 2010. Non-additive effects of genotypic diversity increase floral abundance and abundance of floral visitors. *PLoS ONE.* 5(1):e8711. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008711>
- González Zuarth CA, Vallarino A, Pérez Jiménez JC, Low Pfeng AM, Editores. 2014. *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur).
- Gobernación del Tolima. 2014. *Estadísticas 2011-2014*. Carmen de Apicalá. Tolima, Colombia: Gobernación del Tolima.
- Hagen M, Kissling WD, Rasmussen C, De Aguiar MAM, Brown LE, Carstensen DW, Alves-Dos-Santos I, Dupont YL, Edwards FK, Genini J, Guimaraes PR, Jenkins GB, Jordano P, Kaisen-Bunbury CN, Ledger ME, Maia KP, Darcie Marquitti FM, McLaughlin O, Morellato LPC, O'Gorman EJ, Trojelsgaard K, Tylianakis JM, Morais Vidal M, Woodward G, Olesen JM. 2012. Biodiversity, Species Interactions and Ecological Networks in a Fragmented World. *Adv. Ecol. Res.* 46:89-210. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396992-7.00002-2>
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1):1-9.
- Harvey P, Colwell R, Silvertown J, May R. 1983. Null Models in Ecology. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 14(14):189-211. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.14.110183.001201>
- Ings TC, Montoya JM, Bascompte J, Blüthgen N, Brown L, Dormann CF, Edwards F, Figueroa D, Jacob U, Jones JI, Lauridsen RB, Ledger ME, Lewis HM, Olesen JM, Van Veen FJF, Warren PH, Woodward G. 2009. Ecological networks - Beyond food webs. *J. Anim. Ecol.* 78(1):253-269. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01460.x>
- [IAvH] Instituto Alexander von Humboldt. 1998. *El Bosque seco Tropical (Bs-T) en Colombia*. Programa de Inventario de la Biodiversidad GEMA. <http://media.utp.edu.co/ciebreg/archivos/bosque-seco-tropical/el-bosque-seco-tropical-en-colombia.pdf>
- Jaramillo-Cruz C. 2021. *Diversidad de hepáticas epífitas Marchantiophyta en un bosque andino en el municipio de Rondón Boyacá, Colombia*. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad La Salle.
- Jordano P. 1987. Patterns of Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Connectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution. *Am. Nat.* 129(5):657-677. doi: <https://doi.org/10.1086/284665>
- León-Camargo D, Rangel-Ch JO. 2015. Interacción colibrí-flor en tres remanentes de bosque tropical seco (BsT) del municipio de Chimichagua (Cesar, Colombia). *Caldasia* 37(1):107-123. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n1.50812>
- Márquez G. 2001. *De la abundancia a la escasez: La transformación de ecosistemas en Colombia*. [Tesis]. [Mérida]: Universidad de los Andes, Venezuela.
- Martínez-Adriano Cristian, Díaz-Castelazo Cecilia, Aguirre-Jaimes Armando. 2018. Interacciones planta-mariposa mediadas por flores en un ecosistema costero tropical heterogéneo. *PeerJ*:e5493. doi: <https://doi.org/10.7717/peerj.5493>
- Maunsell SC, Kitching RL, Burwell CJ, Morris RJ. 2015. Changes in host-parasitoid food web structure with elevation. *J. Anim. Ecol.* 84(2):353-363. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12285>
- Medel R, Aizen MA, Zamora R. 2009. *Ecología y evolución de interacciones planta-animal*. Santiago de Chile, Chile: Editorial Universitaria.
- Mercado-Gómez YL, Mercado-Gómez JD, Giraldo-Sánchez CE. 2018. Mariposas En Un Fragmento De Bosque Seco Tropical En Montes De María (Colombia). *Cienc. Desarro.* 9(2):35-45. doi: <https://doi.org/10.19053/01217488.v9.n2.2018.7595>
- Mertens J, Brisson L, Janeček Š, Klomberg Y, Maicher V, Sáfián S, Delabye S, Potocký P, Kobe I, Pyrcz T, Tropek R. 2021. Elevational and seasonal patterns of butterflies and hawkmoths in plant-pollinator networks in tropical rainforests of Mount Cameroon. *Sci. Rep.* 11:9710. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89012-x>
- Moreno CE. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España: M&T-Manuales y Tesis SEA.
- Mukherjee S, Banerjee S, Basu P, Saha G, Aditya G. 2018. Butterfly-plant network in urban landscape: Implication for conservation and urban greening. *Acta. Ecol.* 92:16-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.08.003>
- Ospina-López LA, Andrade-C MG, Reinoso-Flórez G. 2015. Diversidad de mariposas y su relación con el paisaje en la cuenca del río Lagunillas, Tolima, Colombia. *Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fís. Nat.* 39(153):455-474. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefy.n15>
- Pizano C, García H, editores. 2014. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. 2483 corresponden a Angiospermas. Bogotá: Ins-

- tituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Pocock MJO, Evans DM, Memmott J. 2012. The robustness and restoration of a network of ecological networks. *Science* 335(6071):973-977. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1214915>
- Prince-Chacón S, Vargas-Zapata MA, Salazar-E JA, Martínez-Hernández NJ. 2011. Mariposas papilionoidea y hesperioidea (Insecta: Lepidoptera) en dos fragmentos de bosque seco tropical en Corrales de San Luis, Atlántico, Colombia. *Bol. Soc. Entomol. Aragon.* (48):243-252.
- Pulido-B HW, Andrade-C MG, Llorente-Bousquets J. 2010. Taxonomía y distribución de *Nathalis* (Lepidoptera: Pieridae) en Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 58(1):273-285. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i1.5209>
- Salazar J, Vélez J. 1991. Mariposas de Colombia. Cross-Country Booksellers. Champlain: NY: EE.UU.
- Sanmartín-Sierra DR, Angarita-Hernández DF, Mercado-Gómez JD. 2016. Estructura y composición florística del bosque seco tropical de Sanguaré-Sucre (Colombia). *Cienc. Desarro.* 7(2):43-56. doi: <https://doi.org/10.19053/01217488.v7.n2.2016.4142>
- Thompson JN. 2002. Plant-animal interaction: future directions. En: Herrera CM, Pellmyr O, editores. *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Oxford, England: Blackwell Science.
- Tylianakis JM, Morris RJ. 2017. Ecological Networks Across Environmental Gradients. *Annu. Rev.* 48:25-48. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022821>
- Ulloa-Delgado GA. 2016. Aspectos ecológicos del bosque seco tropical en el Caribe colombiano. Bogotá, Colombia: Tropenbos Internacional Colombia & Fondo Patrimonio Natural.
- Vargas-Zapata MA, Martínez-Hernández NJ, Gutiérrez-Moreno LC, Prince-Chacon S, Herrera-Colon V, Torres-Periñan LF. 2011. Riqueza y Abundancia de Hesperioidea y Papilionoidea (Lepidoptera) en la Reserva Natural Jardín de las Delicias Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Acta Biol. Colomb.* 16(1):43-60.
- Vélez Lemos DM, Gallego-Roperero MC, Riascos Forero Y. 2015. Diversidad de mariposas diurnas (Insecta: Lepidoptera) de un bosque subandino, Cajibío, Cauca. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.* 19(1):263-285. doi: <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.1.20>
- Villanueva B, Melo O, Rincón M. 2015. Estado del conocimiento y aportes a la flora vascular del bosque seco del Tolima. *Colomb. For.* 18(1):9-23. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a01>
- Villarreal H, Álvarez M, Córdoba S, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M, Umaña AM. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Waser NM, Ollerton J. Editores. 2006. Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization. *Ann. Bot-London.* 98(4):899-900. doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcl174>