

# Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) de un bosque Andino en la vertiente oriental de la cuenca de río Tona, Santander (Colombia)

Alfonso Villalobos-Moreno<sup>1</sup> & Julián Adolfo Salazar-Escobar<sup>2</sup>

1 Grupo de Investigaciones Entomológicas y Ambientales-GENA. Calle 91 No. 22-104 Apto 403, Bucaramanga, Colombia.

2 Centro de Museos, Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas.

## Resumen

Correspondencia

A. Villalobos-Moreno

E-mail: avillalobosmo@unal.edu.co

**Recibido:** 25 marzo 2020

**Aceptado:** 21 mayo 2020

**Publicado on-line:** 27 mayo 2020

El objetivo fue establecer la composición de especies de mariposas en dos localidades en la cuenca del río Tona. Se recolectaron mariposas en el proyecto *Caracterización de la Entomofauna silvestre de la cuenca de río Tona, Santander*. Se colectaron 262 ejemplares y 91 especies de las familias HesperIIDae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae y Nymphalidae. La familia Nymphalidae tuvo la mayor abundancia (169) y riqueza de especies (56), y las especies más abundantes: *Euptychoides laccine* (15) y *Pedaliodes phrasis* (12). El análisis de calidad del inventario señaló una riqueza potencial de 168,61, proporción de especies observadas del 53,97% y esfuerzo de muestreo del 99,97%. Puente Rojo tuvo los mayores valores de diversidad: abundancia (168), riqueza observada (72), *N0* (165,20), *N1* (52,44) y *N2* (36,66).

**Palabras clave:** Andes; Abundancia; Riqueza; Mariposas diurnas; Nororiente colombiano.

## Abstract

*Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) of an Andean forest on eastern slope of Tona river basin, Santander (Colombia)*

The objective was to establish the composition of species of butterflies in two localities in Tona river basin. We made captures of butterflies for the project *Characterization of wild entomofauna of Tona river basin, Santander*. We collected 262 specimens and 91 species of the families HesperIIDae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae and Nymphalidae. The family Nymphalidae was higher abundance (169) and richness of specie (56), and the most abundant species: *Euptychoides laccine* (15) and *Pedaliodes phrasis* (12). The analysis of inventory quality indicated a potential richness of 168.61, proportion of observed specie of 53.97% and sampling effort of 99.91%. Puente Rojo had the highest diversity values: abundance (168), observed richness (72), *N0* (165.20), *N1* (52.44) y *N2* (36.66).

**Key words:** Andes; Abundance; Richness; Butterflies, Northeastern Colombia

## Introducción

Colombia es un país privilegiado en biodiversidad, gracias a la posición geográfica, diversidad de ecosistemas y gran complejidad vegetal, estas condiciones hacen que ocupe los primeros lugares a nivel mundial en varios grupos, como el tercero en diversidad de mariposas diurnas con más de 3.780 especies reportadas, que se distribuyen entre las familias HesperIIDae, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Riodinidae y Lycaenidae (Vélez & Salazar 1991, Lamas 2004, Huertas & Arias 2007). La cuenca del río Tona presenta un área total de 194 km<sup>2</sup> y se calcula que el río tiene algo más de 27 km de longitud, con una pendiente media de 55,7% entre un gradiente altitudinal que va desde los 800 y 3.800 msnm (Ingeominas 2007). Esta cuenca es de gran importancia para el abastecimiento de agua al municipio de Bucaramanga, dado que suministra 1.400 litros/segundo, y con la construcción del Embalse de Bucaramanga, y regula 1.200 litros/segundo adicionales al sistema, que conforma cerca del 50% del agua requerida por la capital del departamento de Santander (Ingeominas 2007, Carrillo 2018).

Las mariposas constituyen un grupo ampliamente utilizado para hacer estudios y análisis ambientales dada su gran abundancia, facilidad de encuentro, endemismos, belleza, sensibilidad ecológica, facilidad de manejo en campo, diversidad, estabilidad espaciotemporal y por ser un grupo taxonómicamente bien conocido (Brown 1991, Kremen, 1992, 1994, Llorente & Martínez 1998, Ospina-López 2014). Las mariposas son utilizadas como indicadores de la calidad de los ecosistemas, convirtiéndose en una importante herramienta para la evaluación del grado de conservación o alteración del medio natural, por ser un grupo sensible a los cambios de temperatura, humedad, radiación solar y disturbios de sus hábitats, como ocurre en las franjas andinas por procesos de urbanización y el aumento de las áreas agrícolas (Ehrlich 1984, Kremen *et al.* 1993, 1994, Brown 1997). Adicionalmente, las mariposas cumplen funciones ecosistémicas importantes como ser polinizadoras, formar parte de redes alimenticias, ayudar a la dispersión y renovación vegetal, entre otras (Palacios & Constantino 2006).

A pesar del buen número de recolecciones de mariposas realizadas en el departamento de Santander, especialmente en proyectos de caracteriza-

ción, prácticas docentes y trabajos de grado (Villalobos-Moreno *et al.* 2012, Villalobos-Moreno & Salazar-Escobar 2020), aún quedan zonas del nororiente colombiano por explorar, de tal manera que este territorio tiene mucho por decir en términos biológicos y medioambientales (Villalobos-Moreno *et al.* 2013, Pardo-Locarno & Villalobos-Moreno 2016, Villalobos-Moreno 2017). En la presente investigación, se estudió la estructura y composición de la comunidad de mariposas diurnas en dos localidades de la vertiente oriental del río Tona en los Andes nororientales de Colombia; se aportaron datos sobre la composición, abundancia y distribución, información básica que servirá para realizar trabajos de profundización en el tema y será un importante insumo para establecer posibles programas de conservación en la zona de estudio.

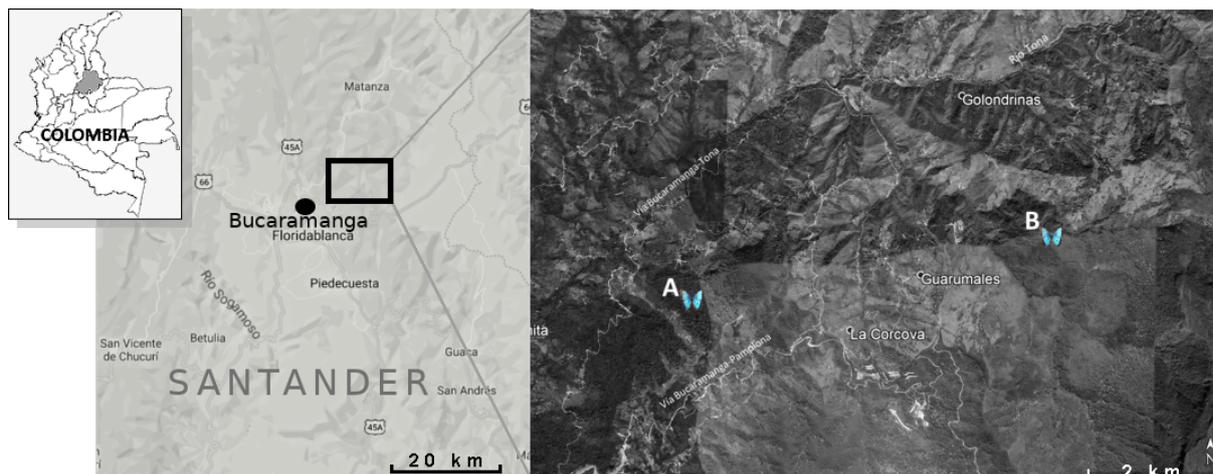
## Material y métodos

### Área de estudio

El área de estudio se restringe a dos localidades, separadas por unos 5 km, ubicadas en la vertiente oriental de la cuenca del río Tona, que forma parte de la cuenca superior del río Lebrija, de los Andes nororientales colombianos, al oriente de Bucaramanga, capital del departamento de Santander (Fig. 1). Las localidades fueron seleccionadas por la calidad de los relictos boscosos y por la posibilidad de acceder a ellos, de tal modo que se definieron como sitios de recolección: Puente Rojo, en la vereda Golondrinas, a 1.700 msnm (7°08' 55.61''N, 73°02' 46.95''O) y El Pajal, en la vereda Guarumales, a 2.220 msnm (7°09' 47.45''N, 72° 59' 34.75''O). El área de estudio corresponde a una formación vegetal clasificada como selva andina (Cuatrecasas 1989) o bosque húmedo montano bajo-bhMB (Holdridge 2000).

### Diseño y método de muestreo

Se realizaron colectas de mariposas diurnas en el interior de bosques secundarios bien conservados, orillas de camino y bordes de quebradas en la cuenca del río Tona, en el marco del Proyecto de Caracterización de la Entomofauna Silvestre del área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga-CDMB, implementando los métodos de muestreo rápidos (RAPs) propuestos por el Instituto Alexander von Humboldt (Villarreal *et al.*



**Figura 1.** Ubicación de la zona de estudio y los sitios de muestreo dentro de la cuenca de río Tona, Santander, Colombia. A: Puente Rojo; B: El Pajal (Adaptado de Google Earth Pro).

**Figure 1.** Location of study area and sampling sites on Tona river basin, Santander, Colombia. A: Puente Rojo; B: El Pajal (Adapted of Google Earth Pro).

2004). Las recolecciones fueron realizadas por dos personas en recorridos libres de longitud no definida, y mediante el uso de red entomológica de 45 cm de diámetro y mango de madera, se hicieron capturas basadas en encuentros casuales con los especímenes; en cada localidad se hicieron colectas durante seis días, desde las 9:00am a las 5:00pm. Adicionalmente, en cada una de las dos localidades se instalaron 4 trampas van Someren-Rydon cebadas con banano en descomposición. Los especímenes recolectados se sacrificaron, se guardaron en sobres de papel milano para ser llevados al laboratorio de la CDMB, y se montaron y etiquetaron siguiendo normas internacionales (Triplehorn & Johnson 2004). Todos los ejemplares fueron conservados en cajas Schmitt y se encuentran depositados en la Colección Entomológica de la CDMB. La determinación taxonómica se realizó siguiendo las claves e ilustraciones de Neild (1996, 2008), D'Abbrera (2001) y Le Crom *et al.* (2002, 2004), así como por comparación en la Colección Entomológica del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. Se utilizó la organización sistemática propuesta por Lamas (2004).

### Análisis de datos

Con la información proveniente de las recolecciones llevadas a cabo en las dos localidades de la cuenca del río Tona, se realizaron los siguientes análisis.

#### Calidad del inventario

Con base en la información obtenida en las colec-

tas, con un esfuerzo de muestreo de 96 horas/localidad, se realizó un análisis de la calidad del inventario para examinar el grado de conocimiento alcanzado acerca del inventario de especies y predecir la riqueza potencial de la zona de estudio. Se consideró cada unidad de esfuerzo de muestreo (UEM) como el sumatorio de los datos procedentes de los diferentes días de trabajo reportados para la cuenca de río Tona, por lo tanto, se tuvieron en cuenta 12 UEM. Mediante el programa *EstimateS* (Colwell 2000), se aleatorizó la entrada de datos (1.000 iteraciones) para evitar sesgos en el cálculo de la riqueza observada. Para predecir la riqueza potencial, se utilizó el estadístico no paramétrico Chao1 (basado en abundancias), por tratarse de un estimador robusto de la riqueza mínima que suele ofrecer mejores resultados que otros estimadores (Gotelli & Colwell 2001, Walther & Moore 2005). Con el programa *CurveExpert* (Hyams 2009), se ajustaron las estimaciones a una curva asintótica Clench, para poder realizar el cálculo de diferentes parámetros de la curva; este método es ampliamente utilizado y ha demostrado un buen ajuste en diversas situaciones y diferentes grupos taxonómicos, corresponde a una versión adaptada de la ecuación de Michaelis-Menten (Jiménez-Valverde & Hortal 2003). Adicionalmente, permite el cálculo fácil y rápido de una serie de parámetros, como asíntota y pendiente, y con ellas, establecer la calidad del inventario.

#### Estructura y composición de las localidades de muestreo

Utilizando los valores de abundancias y riquezas observadas, se establecieron para cada una de las

localidades de muestreo, la serie de números de Diversidad de Hill:  $N0$ =riqueza potencial,  $N1$ =diversidad de orden 1 (exponencial del Índice de Shannon-Wiener:  $e^{H'}$ ) y  $N2$ =diversidad de orden 2 (inverso del Índice de Simpson:  $1/D_{si}$ ) (Moreno *et al.* 2011, Núñez & Barro 2003, Villalobos-Moreno *et al.* 2016). Para obtener la riqueza potencial ( $N0$ ) se llevó a cabo un procedimiento similar al del análisis de esfuerzo de muestreo, coincidiendo ésta, con la asíntota de la curva Clench ajustada; para este proceso se utilizó el programa EstimateS (Colwell 2000) para la aleatorización de la entrada de datos y uso de estimadores no paramétricos y el programa *CurveExpert* (Hyams 2009) para ajustar la curva a la asíntota Clench. Para el cálculo de  $N1$  y  $N2$  se utilizó el programa Spade (Chao & Shen 2009), que ofrece el valor junto con su desviación estándar. Los números de diversidad de Hill, que tienen como unidad los números de especies, miden el número efectivo de especies presentes y son una medida del grado de distribución de las abundancias relativas entre las especies de una muestra;  $N0$  corresponde al número de total de especies,  $N1$  es el número de especies abundantes y  $N2$  es el número de las especies muy abundantes ( $N0 > N1 > N2$ ) (Jost 2010).

#### **Comparación entre sitios de muestreo**

Con el propósito de establecer posibles similitudes entre los sitios de muestreo de la presente investigación dentro de la cuenca de río Tona, se comparó el inventario de taxones reportados para cada uno de los sitios de muestreo. Utilizando una matriz de abundancias para cada sitio de muestreo y el programa PAST (Hammer 2017), se calculó el índice de Bray-Curtis (*single linkage*) con el propósito de estimar la posible similitud entre los sitios de muestreo (Ludwig & Reynolds 1988, Magurran 1988).

### **Resultados y discusión**

Se colectaron 262 ejemplares pertenecientes a 91 especies, agrupados en las familias Hesperidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae y Nymphalidae (Anexo 1), ningún ejemplar de la familia Papilionidae fue colectado, posiblemente por las limitaciones en tiempo de trabajo en campo, relacionadas con la metodología de muestreos rápidos (RAPs), que fue establecida por la autoridad ambiental en los términos de referencia de la consultoría que permitió realizar estas recolectas. La fa-

milia Nymphalidae presentó la mayor abundancia y la mayor riqueza de especies, con 169 ejemplares y 56 especies, y fue la mejor representada en ambos sitios de muestreo (Fig. 2), lo cual se explica por ser un grupo con un gran número de especies con hábitos generalistas, por su amplia distribución geográfica y por la gran capacidad de adaptación a ambientes perturbados (De Vries 1987). Los géneros con mayor riqueza fueron *Leptophobia* Butler, 1870 con seis especies, *Eurema* Hübner, 1819 con cuatro, *Phoebis* Hübner, 1819 y *Pedaliodes* Butler, 1867 con tres especies cada uno. Los mayores valores en los parámetros de diversidad se encuentran en Puente Rojo (Fig. 3 y tabla 1), posiblemente por encontrarse más abajo en el gradiente con un clima ligeramente más cálido.

En el anexo 1 se presenta la sinopsis de especies de la zona de estudio, clasificadas como abundantes: más de 10 registros, comunes: entre 6 y 10 registros, escasas: entre 2 y 5 registros, y raras: un solo registro (Fagua 1996, Salazar 2002, Henao 2006, Henao & Stiles 2018). Se apreció que 2,2% de las especies fueron abundantes, 8,79% comunes, 49,45% escasas y 39,56% raras. Las especies con mayores abundancias en los muestreos de la cuenca de río Tona fueron *Euptychoides laccine* (C. Felder & R. Felder, 1867) con 15 especímenes y *Pedaliodes phrasis* Grose-Smith, 1900 con 12, seguidas por *Leptophobia eleone* (Doubleday, 1847) con nueve, y con ocho especímenes se reportan *Oressinoma typhla* Doubleday, [1849], *Hermeuptychia hermes* (Fabricius, 1775) y *Abananote hylonome* (E. Doubleday, 1844). Por el contrario, 36 especies estuvieron representadas por un solo ejemplar y considerada en la categoría de raras; aunque esto sea provocado posiblemente por el método de muestreo general, algunas de estas especies son realmente poco comunes y/o difíciles de capturar como *Archaeopreona menander* (Cramer, 1775), *Hamadryas fornax* (Hübner, [1823]), *Hesperocharis marchalii* (Guérin-Méneville, [1844]), *Linka lina* Plotz, 1883, *Memphis acidalia memphis* (C. & R. Felder, 1867), *Memphis moruus phila* (Druce, 1877) y *Rhetus periander* (Cramer, 1777). Se destaca el registro de *Linka lina*, que es una especie monotípica poco representada en colecciones biológicas, motivo por el cual, este reporte permite resaltar la importancia del presente estudio.

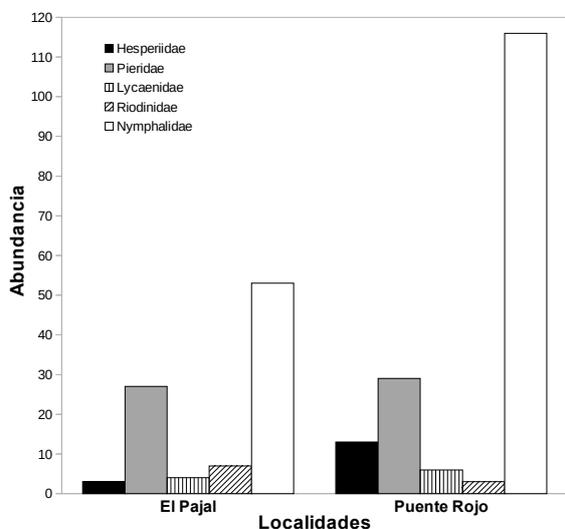
La presencia de especies del género *Memphis*

Hübner, [1819] indican la existencia de relictos boscosos de buena calidad (Freitas *et al.* 2014), y aunque su baja abundancia puede estar relacionada con la fragmentación del bosque en la zona de estudio, también puede estarlo con su fenología o por la metodología de muestreo utilizada. Adicionalmente, especies como *Anartia jatrophae* (Linnaeus, 1758), *Heliconius erato* (Linnaeus, 1758), *Ascia monuste* (Linnaeus, 1764) y algunas de los géneros *Eurema* y *Phoebis* que son propias de zonas abiertas (Valencia *et al.* 2005, Hamer *et al.* 2006, Palacios & Constantino 2006) demuestran que esos bosques están siendo fragmentados, especialmente, como se observa en esta zona de estudio, por potreros, cultivos de hortalizas, caminos y residencias humanas, proceso cada vez más extendido en todas las franjas de bosques andinos

de Colombia (Márquez 2001, Echeverry & Rodríguez 2006, Duque *et al.* 2013).

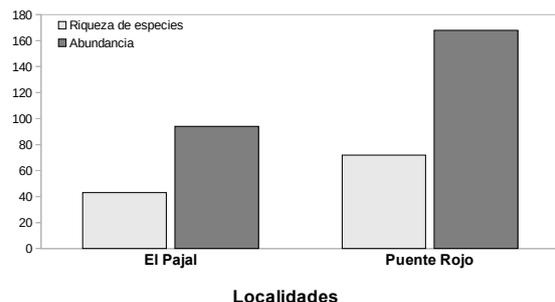
### Calidad del inventario

La riqueza potencial estimada según el ajuste a la curva Clench alcanzó un total de 168,61 especies (Fig. 4). A pesar de que la pendiente de la curva es aún alta (2,62), la proporción de especies observadas fue del 53,97%, que corresponde a un esfuerzo de muestreo estimado del 99,97%. El análisis de la calidad del inventario permite afirmar que aún existe un número importante de especies por ser reportadas en la cuenca de río Tona, lo cual sustentan la necesidad de mayores colectas para establecer una sinopsis de especies para la zona que representen la riqueza real de la cuenca de río Tona, para lo que se recomienda ampliar los muestreos a otros sitios dentro de la cuenca y hacer colectas en diferentes épocas del año. El número limitado de localidades y los pocos días de campo, se relacionan con la metodología y los objetivos planteados por la CDMB en el Proyecto de Caracterización de la Entomofauna silvestre de su área de jurisdicción. Esta autoridad ambiental estableció como base metodológica, los muestreos rápidos (RAPs) propuestos por el Instituto Alexander von Humboldt (Villarreal *et al.* 2004). Sin



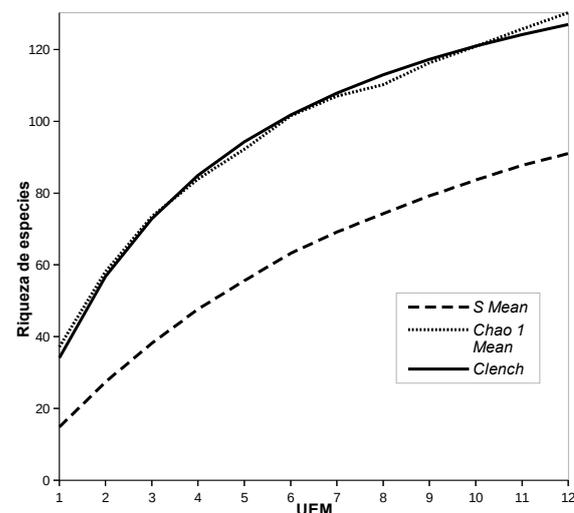
**Figura 2.** Abundancias por familia de mariposas en dos localidades de un relicto de bosque Andino de la cuenca del río Tona, Santander, Colombia.

**Figure 2.** Abundance by family of butterflies in two localities of an Andean forest relict of Tona river basin, Santander, Colombia.



**Figura 3.** Abundancia y riqueza de especies en dos localidades de un relicto de bosque Andino de la cuenca del río Tona, Santander, Colombia.

**Figure 3.** Abundance and richness of species in two localities of an Andean forest relict of Tona river basin, Santander, Colombia.



**Figura 4.** Análisis de la calidad del inventario. S Mean: curva de riqueza observada aleatorizada; Chao 1 Mean: curva de riqueza potencial obtenida mediante el estimador no paramétrico Chao1; Clench: curva ajustada a la asíntota Clench  $[y=(42,77x)/(1+0,25x)]$ ; error estándar: 1,9849; coeficiente de correlación: 0,9978.

**Figure 4.** Analysis of inventory quality. S Mean: curve of randomized observed richness; Chao 1 Mean: curve of potential richness obtained with Chao1 nonparametric estimator; Clench: curve adjusted to asymptote Clench  $[y=(42.77x)/(1+0.25x)]$ ; standard error: 1.9849; coefficient of correlation: 0.9978.

Localidad	Altitud msnm	Parámetros de diversidad				
		Ab	Ro	N0	N1	N2
Puente Rojo	1.700	168	72	165,20	52,44 ( $\pm 3,40$ )	36,66 ( $\pm 0,16$ )
El Pajal	2.220	94	43	125,05	30,52 ( $\pm 2,63$ )	22,66 ( $\pm 0,13$ )
El Diviso	1.733	152	62	100,96	47,59 ( $\pm 2,89$ )	36,10 ( $\pm 0,13$ )
La Mariana	2.226	109	32	47,68	24,99 ( $\pm 1,69$ )	20,31 ( $\pm 0,11$ )

**Tabla 1.** Parámetros de diversidad establecidos para las localidades muestreadas en la cuenca del río Tona, Santander, Colombia, comparados con dos localidades en altitudes similares de la cuenca de río Frío, Santander, Colombia. Ab: Abundancia; Ro: Riqueza observada de especies; N0: Riqueza potencial de especies; N1: Número de especies abundantes; N2: Número de las especies muy abundantes.

**Table 1.** Parameters of diversity established to the sampling localities in Tona river basin, Santander, Colombia, compared to two localities on the similar altitudes in Frío river basin, Santander, Colombia. Ab: Abundance; Ro: Richness observed of species; N0: Richness potential of species; N1: Number of abundant species; N2: Number of very abundant species.

embargo, fueron modificados por la CDMB para no limitarse a los grupos indicadores, sino que además, las colectas se extendían a todos los órdenes de insectos que se encontraran en las localidades, motivo por el cual, se redujo el tiempo de muestreo de mariposas, lo que se hizo evidente en los diferentes análisis de los datos que se llevaron a cabo.

### Estructura y composición de las localidades de muestreo

De las comunidades en las dos localidades estudiadas, Puente Rojo fue la que presentó mayores valores de abundancia, riqueza de especies (observada y potencial), dominancia y equidad, resaltándose que la comunidad de mariposas recolectadas en Puente Rojo presentan la abundancia más equitativamente distribuida que en la localidad de El Pajal (Tabla 1). La comparación con sitios de altitudes similares que fueron muestreados en la cuenca de río Frío (Villalobos-Moreno & Salazar 2020), aledaña a la cuenca de estudio y ubicada un poco más al sur, presenta valores muy similares en los sitios ubicados en la menor altitud: Puente Rojo y El Diviso; adicionalmente, se aprecian valores de diversidad más bajos en los puntos con la mayor altitud, siendo menores en el sitio conocido como La Mariana, excepto la abundancia (Tabla 1), en el cual se observa que la comunidad de mariposas presentan la abundancia menos equitativamente distribuida que en las otras tres localidades.

### Comparación entre los sitios de muestreo

La comparación entre los inventarios de taxones de las localidades muestreadas en la zona de estudio, permitió calcular el nivel de la similitud utilizando el índice de Bray-Curtis (basado en abundancias) con el programa PAST. Se estableció que las dos localidades presentan un 21,09% de similitud,

con lo cual se puede afirmar que no existe una similitud significativa entre el inventario de taxones de los sitios: Puente Rojo y El Pajal. Este análisis sustenta las diferencias previas observadas en la estadística descriptiva sobre la abundancia y riqueza de especies en los sitios de muestreo (Fig. 3), así como entre los parámetros de diversidad calculados para ambas localidades (Tabla 1). Estos resultados, podría ser explicados por la distancia en el gradiente altitudinal, las diferencias climáticas entre ambas zonas de muestreo, donde El Pajal es mucho más frío por la cercanía a la zona del páramo de Santurbán; adicionalmente, existen diferencias en la complejidad vegetal, debido que El Pajal presenta un paisaje más simplificado, con la presencia de un bosque altoandino con dominancia de roble (*Quercus humboldtii* Bonpland) en el límite superior, así como amplias zonas de pino pátula (*Pinus patula* Schiede & Depp) que han sido sembradas en las décadas anteriores. La matriz de presencia-ausencia demuestra que 46 especies son exclusivas para Puente Rojo, 19 especies son exclusivas para El Pajal, mientras que 24 especies son compartidas entre ambos lugares.

### Conclusiones

Se colectaron 262 ejemplares pertenecientes a 91 especies, agrupados en las familias Hesperidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae y Nymphalidae, siendo esta última, la mejor representada en ambos sitios de muestreo y la de mayor abundancia y riqueza de especies. Si bien las colectas no se realizaron en un proyecto específico de lepidopterología, sino en colectas generales de la entomofauna silvestre de la zona de estudio, el presente documento hace un importante aporte al conocimiento de las mariposas del nororiente colombiano, siendo evidente en el análisis de la calidad

del inventario que aún falta un cierto número de especie por ser reportadas, esto permite proponer posibles nuevos muestreos para las localidades estudiadas y otras que se puedan definir. Los datos suministrados en la presente investigación, con respecto a la estructura y composición de la comunidad de mariposas diurnas en una franja Andina dentro de la cuenca del río Tona en los Andes nororientales de Colombia, son importantes como punto de partida para realizar trabajos de profundización en el tema y como insumo para establecer posibles programas de conservación en la zona de estudio.

## Agradecimientos

Agradecemos a Gonzalo Andrade-Correa por su hospitalidad en las instalaciones del ICN-UNAL y su apoyo en la identificación del material entomológico. A Freddy Antonio Anaya, Julio Enrique Mantilla Serrano y Elvia Hercilia Páez por el apoyo para la realización del proyecto de Caracterización de río Tona. A Aldrin Darío Espinosa, Juan Carlos Hernández, Luis Miguel Villamizar y Edgar Bueno en las labores de campo y laboratorio. A John Jairo Díaz por sus observaciones y análisis. Gracias a Daniel “Hawk” Ramírez por sus incalculables aportes para el desarrollo y análisis de la presente investigación.

## Referencias

- Brown KS Jr. 1991. Conservation of Neotropical environments: Insects as indicators. En *Conservation of Insects and their Habitats* (Collins NM & Thomas JA, eds.). London: Academic Press, pp. 349-404.
- Brown KS Jr. 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation* 1: 25-42. <https://doi.org/10.1023/A:1018422807610>
- Carrillo GA. 2018. Estimación de la producción hídrica para la cuenca del río Tona mediante el modelo hidrológico semidistributivo SWAT. Bucaramanga: Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana. Trabajo de grado.
- Chao A & Shen TJ. 2009. Program SPADE (Species prediction and diversity estimation). Disponible en <http://chao.stat.nthu.edu.tw> (accedido el 12-V-2020)
- Colwell RK. 2000. EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples) version 6.0b1. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS> (accedido el 20-VIII-2019).
- Cuatrecasas J. 1989. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Pérez-Arbeláezia* 2 (8): 155-289.
- D'Abrera B. 2001. *The concise Atlas of butterflies of the World*. Victoria: Hill House.
- DeVries P. 1987. *The Butterflies of Costa Rica and their natural history, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae*. Princeton: Princeton University Press.
- Duque A, Álvarez E, Rodríguez W & Lema A. 2013. Impacto de la fragmentación en la diversidad de plantas vasculares en bosques andinos del nororiente de Colombia. *Colombia Forestal* 16 (2): 115-137. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.2.a01>
- Echeverry M & Rodríguez J. 2006. Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia. *UTP. Scientia et Technica* 12 (30): 405-410. <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.6589>
- Ehrlich PR. 1984. The structure and dynamics of butterfly populations. En *The biology of butterflies* (Vane-Wright RI & Ackery DR, eds.). London: Academic Press, pp. 25- 40.
- Fagua G. 1996. Comunidad de mariposas y arthropofauna asociada con el suelo de tres tipos de vegetación de la Serranía de Taraira (Vaupés, Colombia). Una prueba del uso de mariposas como bioindicadores. *Revista Colombiana de Entomología* 22 (3): 143-151.
- Freitas VL, Iserhard CA, Santos JP, Carreira YO, Ribeiro DB, Melo HA, Rosa HB, Marini-Filho OJ, Accacio GM & Uehara-Prado M. 2014. Studies with butterfly bait traps: an overview. *Revista Colombiana de Entomología* 40 (2): 209-218.
- Gotelli N & Colwell RK. 2001. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>
- Hamer KC, Hill JK, Benedick S, Mustafa N, Chey VK & Maryati M. 2006. Diversity and ecology of carrion and fruit-feeding butterflies in Bornean rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 22: 25-35. <https://doi.org/10.1017/S0266467405002750>
- Hammer O. 2017. PAST, PAleontological Statistics, version 3.18. Natural History Museum, University of Oslo. Disponible en <https://folk.uio.no/ohammer/past/> (Accedido el 20-II-2020).
- Henao E. 2006. Aproximación a la distribución de mariposas del departamento de Antioquia (Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae: Lepidoptera) con base en zonas de vida. *Boletín Científico Museo Historia Natural* 10: 279-312.
- Henao E & Stiles F. 2018. Un inventario de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) de dos reservas altoandinas de la Cordillera Oriental de Colombia. *Revista Facultad Ciencias* 7 (1): 71-87. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.67837>
- Holdridge LR. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de

- Cooperación para la Agricultura.
- Huertas B & Arias JJ. 2007. A new butterfly species from the Colombian Andes and a review of the taxonomy of the genera *Idioneurula* Strand, 1932 and *Tamania* Pycz, 1995 (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). *Zootaxa* 1652: 27-40. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.1652.1.2>
- Hyams D. 2009. CurveExpert v1.40. Hyams Development. Disponible en <http://www.curveexpert.net/> (Accedido el 25-VIII-2019).
- Ingeominas 2007. Medición de caudales en tramos seleccionados de los ríos Tona, Frío y Oro, para evaluación de aportes de aguas subterráneas en el Macizo de Santander. Bucaramanga (Colombia): Instituto Colombiano de Geología y Minería, Ministerio de Minas y Energía.
- Jiménez-Valverde A & Hortal J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151-161.
- Jost L. 2010. The relation between Evenness and Diversity. *Diversity* 2: 207-232. <https://doi.org/10.3390/d2020207>
- Kremen C. 1992. Assessing the indicator properties of assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications* 2 (2): 203-217. <https://doi.org/10.2307/1941776>
- Kremen C. 1994. Biological inventory using target taxa: a case study of the butterflies of Madagascar. *Ecological Applications* 4: 407-22. <https://doi.org/10.2307/1941946>
- Kremen C, Colwell RK, Erwin TL, Murphy DD, Noss RF & Sanjayan MA. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7 (4): 796-808. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.740796.x>
- Kremen C, Merenlender AM & Murphy DD. 1994. Ecological monitoring: a vital need for integrated conservation and development programs in the tropics. *Conservation Biology* 8: 388-97. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08020388.x>
- Lamas G. 2004. Checklist of Neotropical Lepidoptera, Part 4A, Hesperioidea-Papilionoidea. Gainesville, USA: Association for Tropical Lepidoptera.
- Le Crom JF, Constantino LM & Salazar JA. 2002. Mariposas de Colombia. Papilionidae. Bogotá: Carlec Ltda.
- Le Crom JF, Constantino LM & Salazar JA. 2004. Mariposas de Colombia. Pieridae. Bogotá: Carlec Ltda.
- Llorente BJ & Martínez AL. 1998. Análisis conservacionista de las mariposas mexicanas Papilionidae (Lepidoptera, Papilionoidea). En *Diversidad Biológica de México: orígenes y distribución*. (Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A & Fa J, eds). México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 149-178.
- Ludwig JA & Reynolds JF. 1988. *Statistical ecology: a primer in methods and computing*. New York: Wiley Interscience Pub.
- Magurran AE. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- Márquez G. 2001. De la abundancia a la escasez: La transformación de los ecosistemas en Colombia. En *La naturaleza en disputa* (Palacio G, ed.). Bogotá: UNIBIBLIOS. pp. 323 - 452.
- Moreno CE, Barragán F, Pineda E & Pavón NP. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1249-126.
- Neild A. 1996. *The butterflies of Venezuela. Part I: Nymphalidae I (Limenitidinae, Apaturinae, Charaxinae)*. London: Meridian Publications.
- Neild A. 2008. *The butterflies of Venezuela. Part II: Nymphalidae II (Acraeinae, Libytheinae, Nymphalinae, Ithomiinae and Morphinae)*. London: Meridian Publications.
- Núñez R & Barro A. 2003. Composición y estructura de dos comunidades de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) en Boca de Canasi, La Habana, Cuba. *Revista Biología* 17 (1): 8-17.
- Ospina-López LA. 2014. Estructura de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) en distintos tipos de hábitats en la cuenca del río Lagunillas (Tolima - Colombia). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Trabajo de grado.
- Palacios M & Constantino LM. 2006. Diversidad de lepidópteros Rhopalocera en un gradiente altitudinal en la Reserva Natural El Pangan, Nariño, Colombia. *Boletín Científico Museo Historia Natural* 10: 258-278.
- Pardo-Locarno LC & Villalobos-Moreno A. 2016. Chiasognathini colombianos: Redescrición y adiciones a la distribución de *Sphaenognathus rotundatus* Lacroix y *Sphaenognathus prionoides* Buquet (Coleoptera: Lucanidae). *Boletín Científico Museo Historia Natural* 20 (2): 217-231. <http://dx.doi.org/10.17151/bccm.2016.20.2.18>
- Salazar JA. 2002. Nuevas citas de localidades para algunas especies de mariposas de distribución restringida o locales en Colombia (Lep. Rhopalocera). *Boletín Científico Museo Historia Natural* 6: 153-159.
- Triplehorn CH & Johnson NF. 2005. *Borror and DeLong's Introduction to the study of insects*. Gainesville, USA: Thomson Brooks/Cole.
- Valencia CA, Gil ZN & Constantino LM. 2005. Mariposas diurnas de la zona central cafetera de Colombia. *Guía de Campo*. Chinchiná: Centro Nacional de Investigaciones de Café.
- Vélez J & Salazar J. 1991. *Mariposas de Colombia*. Bogotá: Villegas editores.
- Villalobos-Moreno A. 2017. *Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de un robleal asociado al Parque Natural Regional de Santurbán*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Tesis doctoral.
- Villalobos-Moreno A, Céspedes JC & Agudelo JC. 2012. Mariposas (Lepidoptera: Papilionidae) de dos colecciones de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 38 (1): 167-170.
- Villalobos-Moreno A, Cepeda-Olave NE, Pardo-Locarno LC & Gómez IJ. 2013. Contribución al conocimiento de la familia Passalidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en Santander, Colombia. *Revista Agricultura Tropical* 36 (3-4): 37-45.

- Villalobos-Moreno A, Pardo-Locarno LC, Cabrero-Sañudo FJ, Ospina-Torres R & Gómez IJ. 2016. Inventario preliminar de los escarabajos de la familia Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en un roble del nororiente de los Andes colombianos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 58 (1): 159-167.
- Villalobos-Moreno A & Salazar-Escobar J. 2020. Contribución al conocimiento de los Lepidoptera de la cuenca de río Frío, Santander, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de Lepidopterología* 48 (189): 153-166.
- Villarreal H, Álvarez S, Córdoba S, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M & Umana AM. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Walther A & Moore JL. 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography* 28: 815-829. <https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04112.x>

### Anexo I

Listado de especies y categorías de mariposas colectadas en la cuenca de río Tona, Santander, Colombia. N: Abundancia total, CT: Categoría. A: Abundante, C: Común, E: Escasa, R: Rara.

Familia	Subfamilia	Especie	N	CT
Hesperiidae	Eudaminae	<i>Urbanus teleus</i> (Hübner, 1821)	2	E
		<i>Celaenorrhinus shema</i> (Hewitson, 1877)	2	E
	Pyrginae	<i>Chioides catillus catillus</i> (Cramer, 1779)	4	E
		<i>Heliopetes arsalte</i> (Linnaeus, 1758)	2	E
		<i>Pyrgus oileus</i> (Linnaeus, 1767)	4	E
		<i>Linka lina</i> Plotz, 1883	1	R
	Hesperiinae	<i>Vettius coryna</i> (Hewitson, 1866)	1	R
		Dismorphiinae	<i>Dismorphia crisia foedora</i> (Lucas, 1852)	1
	<i>Dismorphia medora</i> (Doubleday, 1844)		2	E
	Pieridae	Coliadinae	<i>Colias dimera</i> Doubleday, 1847	4
<i>Eurema albula</i> (Cramer, 1775)			3	E
<i>Eurema daira</i> (Godart, 1819)			1	R
<i>Eurema phiale</i> (Cramer, 1775)			4	E
<i>Eurema xanthochlora</i> (Kollar, 1850)			1	R
<i>Nathalis plauta</i> Doubleday, 1847			1	R
Pierinae		<i>Phoebis argante</i> Fabricius, 1775	1	R
		<i>Phoebis neocypris rurina</i> (C.Felder & R.Felder, 1861)	3	E
		<i>Phoebis philea</i> (Linnaeus, 1763)	1	R
		<i>Ascia monuste</i> (Linnaeus, 1764)	3	E
		<i>Catasticta sisamus</i> (Fabricius, 1793)	3	E
		<i>Hesperocharis marchalii</i> (Guérin-Méneville, [1844])	1	R
		<i>Leptophobia aripa</i> (Boisduval, 1836)	4	E
		<i>Leptophobia caesia</i> (Lucas, 1852)	5	E
		<i>Leptophobia eleone</i> (Doubleday, 1847)	9	C
<i>Leptophobia eleusis</i> (Lucas, 1852)	7	C		
<i>Leptophobia penthica</i> (Kollar, 1850)	1	R		
<i>Leptophobia tovaria</i> (C. Felder & R. Felder, 1861)	1	R		
Lycaenidae	Teclinae	<i>Apuecla upupa</i> (H. Druce, 1907)	5	E
		<i>Arawacus togarna</i> (Hewitson, 1867)	3	E
	Polyommatainae	<i>Hemiargus hanno</i> (Stoll, 1790)	1	R
<i>Leptotes cassius</i> (Cramer, 1775)		2	E	
Riodinidae	Riodininae	<i>Calephelis</i> sp.	1	R
		<i>Emesis cypria</i> C. Felder & R. Felder, 1861	2	E
		<i>Mesosemia mevania</i> Hewitson, [1857]	6	C
		<i>Rhetus periander</i> (Cramer, 1777)	1	R

Familia	Subfamilia	Especie	N	CT
Nymphalidae	Danainae	<i>Danaus gilippus</i> (Cramer, 1775)	1	R
		<i>Danaus plexippus</i> (Linnaeus, 1758)	2	E
		<i>Dircenna jemina</i> (Geyer, 1837)	1	R
		<i>Greta andromica</i> (Hewitson, [1855])	2	E
		<i>Mechanitis menapis</i> Hewitson, [1856]	1	R
		<i>Megoleria susiana susiana</i> (C. Felder & R. Felder, 1862)	1	R
		<i>Oleria makrena</i> (Hewitson, 1854)	4	E
		<i>Thyridia psidii aedesia</i> Doubleday, 1847	1	R
		Heliconiinae	<i>Abananote hylonome</i> (E. Doubleday, 1844)	8
	<i>Actinote anteas</i> (E. Doubleday, [1847])		3	E
	<i>Actinote pellenea</i> Hübner, [1821]		3	E
	<i>Dione glycera</i> (C. Felder & R. Felder, 1861)		2	E
	<i>Dione junio</i> (Cramer, 1779)		2	E
	<i>Dryadula phaetusa</i> (Linnaeus, 1758)		4	E
	<i>Dryas iulia</i> (Fabricius, 1775)		1	R
	<i>Eueides procula edias</i> Hewitson, 1861		1	R
	<i>Euptoieta hegesia</i> (Cramer, 1779)		1	R
	<i>Heliconius clysonimus</i> Latreille, [1817]		4	E
	<i>Heliconius erato</i> (Linnaeus, 1758)		1	R
	Limenitidinae	<i>Adelpha alala completa</i> Fruhstorfer, 1907	3	E
		<i>Diaethria clymena dodone</i> (Guenée, 1872)	3	E
	Biblidinae	<i>Epiphile epimenes kalbreyeri</i> Fassl, 1912	1	R
		<i>Hamadryas fornax</i> (Hübner, [1823])	1	R
		<i>Perisama bonplandii</i> (Guérin-Méneville, [1844])	1	R
		<i>Perisama yeba</i> (Hewitson, [1857])	1	R
		<i>Perisama oppelli</i> (Latreille, [1809])	6	C
	Cyrestinae	<i>Marpesia corinna</i> (Latreille, [1813])	2	E
		<i>Marpesia zerynthia</i> Hübner, [1823]	3	E
	Nymphalinae	<i>Anartia jatrophae</i> (Linnaeus, 1758)	1	R
		<i>Chlosyne</i> sp.	6	C
		<i>Gnathotriche exclamationis</i> (Kollar, 1850)	2	E
		<i>Hypanartia kefersteini</i> (E. Doubleday, [1847])	1	R
		<i>Hypanartia lethe</i> (Fabricius, 1793)	4	E
		<i>Junonia evarete</i> (Cramer, 1779)	4	E
		<i>Siproeta epaphus</i> (Latreille, [1813])	1	R
		<i>Tegosa anieta</i> (Hewitson, 1864)	4	E
		<i>Tegosa nazaria</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	2	E
		<i>Vanessa braziliensis</i> (Moore, 1883)	5	E
Charaxinae		<i>Archaeoprepona meander</i> (Cramer, 1775)	1	R
		<i>Memphis acidalia memphis</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	1	R
		<i>Memphis moruus phila</i> (H. Druce, 1877)	1	R
Satyrinae		<i>Cissia terrestris</i> (A. Butler, 1867)	3	E
		<i>Corderopedaliodes corderoi</i> (Dognin, 1893)	3	E
		<i>Euptychoides laccine</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	15	A
	<i>Hermeuptychia hermes</i> (Fabricius, 1775)	8	C	
	<i>Lasiophila zapatosa sombra</i> Thieme, 1907	1	R	
	<i>Lymanopoda albocincta</i> Hewitson, 1861	3	E	
	<i>Lymanopoda obsoleta</i> (Westwood, 1851)	5	E	
	<i>Morpho sulkowskyi sulkowskyi</i> Kollar, 1850	2	E	
	<i>Mygona irmina</i> (E. Doubleday, [1849])	2	E	
	<i>Oressinoma typhla</i> Doubleday, [1849]	8	C	
	<i>Pedaliodes pelinaea</i> (Hewitson, 1878)	1	R	
	<i>Pedaliodes phrasis</i> Grose-Smith, 1900	12	A	
	<i>Pedaliodes plotina</i> (Hewitson, 1862)	5	E	
	<i>Pronophila thelebe</i> E. Doubleday, [1849]	1	R	
	<i>Steremnia selva</i> Adams, 1986	3	E	