

Perturbación antrópica afectando a los patrones de diversidad en Satyrinae de montaña Pronophilina Reuter, 1896 en un bosque altoandino en Colombia (Lepidoptera: Nymphalidae)

Vanessa Díaz-Suárez, Oscar Mahecha-J., Miguel Gonzalo Andrade-C. & Thomasz W. Pyrcz

Resumen

Los Lepidoptera de la subtribu Pronophilina Reuter, 1896 se encuentran ampliamente distribuidas en la región Neotropical, específicamente en los ecosistemas altoandinos/páramos. Estos, en las últimas décadas se han visto altamente afectados por diversas actividades antrópicas, logrando alterar la relación biocenosis-biotopo. Por lo tanto, es de vital importancia conocer los patrones de diversidad y distribución de las especies que se encuentran relacionadas en un área perturbada, para implementar estrategias de conservación. Por consiguiente, en el presente estudio se analizó el efecto de la actividad antrópica en los patrones de diversidad de las mariposas Pronophilina en un bosque alto andino en la región del Frailejón, Cundinamarca, Colombia. Se realizaron muestreos empleando métodos estándar tanto pasivos como activos para estudios ecológicos en mariposas. Se establecieron tres estaciones de estudio según el grado de perturbación del hábitat: "Alto", "Medio" y "Bajo". Para analizar los patrones de diversidad se realizaron los estimativos de números de Hill (basados en especies efectivas) y se analizó el recambio de especies mediante un análisis de similitud de Bray Curtis corroborado por una prueba NMDS, basado en esto se encontró que este grupo de mariposas presenta menor riqueza y mayor presencia de especies dominantes en la zona de "Alta" perturbación. A su vez, en el estado "Medio" y "Bajo" se evidenció una mayor diversidad de mariposas. Se propone a *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858), *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) y *Pedaliodes polla* Thieme, 1905 como especies sinantrópicas, dada su alta abundancia en las áreas perturbadas, puesto que al parecer responden mejor a procesos antrópicos. No obstante, se reportan especies endémicas de Pronophilina como *Lymanopoda samius* Westwood, 1851, *Manerebia apiculata* (C. Felder & R. Felder, 1867), y *Manerebia levana* (Godman, 1905), destacando la importancia de generar estrategias de restauración ecológica y de conservación en la zona de estudio.

Palabras clave: Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae, fragmentación del hábitat, riqueza, especies sinantrópicas, endemismo, variación altitudinal, Colombia.

Anthropic disturbance affecting the patterns of diversity in the Mountain Satyrinae Pronophilina Reuter, 1896 in an upper Andean Forest in Colombia (Lepidoptera: Nymphalidae)

Abstract

Lepidoptera of the subtribe Pronophilina Reuter, 1896 are widely distributed in the Andes, specifically in high Andean/Paramo ecosystems. These ecosystems in the last decades have severely suffered from diverse anthropic activities, managing to affect the biocenosis-biotope relationship. Therefore, it is highly important to uncover the patterns of diversity and distribution of the species that are related in a disturbed area, in order to implement

conservation strategies. Therefore, in the present study, the effect of anthropic disturbance on the diversity patterns of Pronophilina butterflies in a high Andean Forest in the village of Frailejón, La Calera, Colombia was analyzed. Samples were conducted using standard passive and active methods for ecological studies in butterflies. Three study stations were established according to the degree of habitat disturbance: “High”, “Medium”, and “Low”. To analyze the diversity patterns, Hill number estimates (based on effective species) were performed and species turnover was analyzed by a Bray Curtis similarity analysis corroborated by an NMDS test, based on this it was found that this group of butterflies present less richness and the greater presence of dominant species in the zone of “High” disturbance. In turn, in the “Medium” and “Low” states, there was a greater diversity of butterflies. *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858), *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) and *Pedaliodes polla* Thieme, 1905 are proposed as synanthropic species, given their high abundance in disturbed areas, since they appear to respond better to anthropic processes. However, endemic species of Pronophilina are reported such as *Lymanopoda samius* Westwood, 1851, *Manerebia apiculata* (C. Felder & R. Felder, 1867), and *Manerebia levana* (Godman, 1905), highlighting the importance of generating ecological restoration and conservation strategies in the study area.

Keywords: Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae, habitat fragmentation, richness, synanthropic species, endemism, altitudinal variation, Colombia.

Introducción

Algunos de los efectos negativos de la perturbación antrópica es ocasionar la pérdida de la diversidad biológica y variación en los patrones de distribución de muchos grupos taxonómicos, como también cambiar la configuración espacial de los diferentes ecosistemas (Andrade-C., 2011; Fahring, 2003; Primack, 2006; Mahecha-Jiménez et al. 2011; Fonseca-F. & Mahecha-J., 2018; Murillo-P. et al. 2018; Cruz-Cabrera & Contreras, 2019), pérdida del hábitat, producir alteraciones en el clima, disminución de los recursos naturales provocando un aumento en la competencia inter e intraespecífica y aislamiento de las poblaciones naturales, generando una disminución del flujo genético, conllevando a la formación de cuellos de botella, y en consecuencia, posibles extinciones locales (Montero et al. 2009; Pimm et al. 2014; Murillo-P. et al. 2018). Las alteraciones en el hábitat pueden originarse por actividades de urbanización, procesos de industrialización, agricultura, ganadería, silvicultura intensiva, fenómenos de expansión de las infraestructuras, lo cual genera un gran impacto en la pérdida de la superficie neta, formando parches, efectos de borde, generando una desestabilización en la homeostasis del ecosistema y provocando una disminución de nichos ecológicos presentes en los hábitats naturales (Fahring, 2003; Fonseca-F. & Mahecha-J., 2018). En este sentido, la pérdida en la conectividad del hábitat conlleva diferentes consecuencias, que según Forman (1995), indica que dichos cambios en el ambiente están determinados por un proceso en el cual el hábitat va quedando reducido a parches o islas de menor tamaño, más o menos conectadas entre sí, e inmersos en una matriz del paisaje.

Las consecuencias negativas de las actividades antrópicas se pueden evidenciar en diferentes grupos taxonómicos como los Lepidoptera, los cuales son usados como bioindicadores debido a su alta sensibilidad a las modificaciones del hábitat (Fahring, 2003; Brown Jr. & Freitas, 2000; Uehara-Prado et al. 2007; Andrade-C., 2011; Mahecha-Jiménez et al. 2011; Pyrcz & Garlacz, 2012; Marín et al. 2014; Mahecha-J. & Díaz-S., 2015; Enkhtur et al. 2017; Martins et al. 2017; Ramírez-Restrepo & Macgregor-Fors, 2017). Los Pronophilina Reuter, 1896, son un grupo de especies exclusivas de los bosques andinos de montaña, se distribuyen en altitudes comprendidas entre 1.000 y 4.000 m., presenta un alto grado de endemismo debido a sus patrones de distribución altitudinal restringidos a través de la cordillera de los Andes (Adams, 1985; Pyrcz & Wojtusiak, 2002; Vilorio, 2007; Pyrcz et al. 2009; Casner & Pyrcz, 2010; Pyrcz & Garlacz, 2012; Marín et al. 2014; Pyrcz et al. 2016; Álvarez-Hincapié et al. 2017; Ávila-R. & Triviño, 2019; Mahecha et al. 2019). No obstante, los Pronophilina se han visto afectadas por las actividades antrópicas que se vienen llevando a cabo en las últimas décadas en los Andes colombianos, como por ejemplo la minería, la agricultura, la deforestación, la urbanización, y ganadería extensiva, lo que ha ocasionado una reducción y pérdida del hábitat de muchas especies de Pronophilina (Prieto, 2003; Pyrcz & Rodríguez, 2007; Andrade-C., 2011; Marín et al. 2014; Marín et al. 2015;

Ávila-R. & Triviño, 2019). Trabajos realizados por Mahecha-Jiménez et al. (2011) y Marín et al. (2014) han demostrado que los Pronophilina son uno de los grupos de Lepidoptera más afectados en la región andina a causa de las diferentes actividades antrópicas, reportándose variaciones en los patrones de diversidad y distribución. A lo anterior, el uso de Pronophilina como modelo biológico para analizar y evaluar el estado de conservación de los ecosistemas de montaña, es muy eficiente ya que son muy representativos en los Andes por su abundancia, riqueza de especies, la presencia de varios estudios ya existentes sobre el tema pueden servir de comparación, como también la facilidad de obtener datos estadísticamente analizables (ver: Pyrcz & Garlacz, 2012; Marín et al. 2015; Pyrcz et al. 2016; Álvarez-Hincapié et al. 2017; Mahecha et al. 2019).

Actualmente, en el Municipio de la Calera-Cundinamarca, ubicado a 25 kilómetros de Bogotá, en la Cordillera Oriental de Colombia, presenta una notable densidad de asentamientos urbanos relacionados con diversas actividades antrópicas como la ganadería, agricultura, minería, entre otras. Por consiguiente, es muy notable la perturbación del hábitat y el impacto en las poblaciones de flora y fauna de esta área. Estas actividades antrópicas han ocasionado un cambio en la configuración del paisaje natural, originando posibles cambios en los patrones de diversidad y distribución de varios grupos taxonómicos como lo son los Pronophilina que habitan en esta zona del país (Mahecha-Jiménez et al. 2011; Marín et al. 2014; Pyrcz et al. 2016; Ávila-R. & Triviño, 2019). El municipio de la Calera es de vital importancia biológica, debido a la estructura ecológica que lo compone: desde áreas de reserva forestal de índole protectora y productora, áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales como lo es el Parque Nacional Natural Chingaza, áreas de gran importancia ecosistémica como los páramos de Chingaza y Sumapaz y varios subpáramos, con conexión a los cerros orientales de Bogotá, áreas de recarga de acuíferos, márgenes hídricas, rondas hidráulicas, entre otros servicios ecosistémicos, por estas razones es considerada una zona estratégica de amortiguación, el cual cumple una función del sustento de procesos ecológicos esenciales del territorio (Castro et al. 2009).

Se requieren acciones para evitar la pérdida de hábitat y biodiversidad en esta zona del país, siendo indispensable realizar estudios que permitan conocer la diversidad de especies de fauna y flora que presentan algún tipo de vulnerabilidad, como el caso de los Pronophilina y que a la vez ayuden a comprender las causas que amenazan la biodiversidad regional en Colombia (Krieger et al. 2000). Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue analizar los efectos de la perturbación antrópica en los patrones de diversidad de los Pronophilina en un bosque altoandino en la Calera, Colombia, y de esta forma dar una idea de cómo se comportan estas especies de Lepidoptera ante un evento de perturbación antrópica, encontrándose una disminución de la diversidad y presencia de especies sinantrópicas en las áreas con una alta perturbación antrópica. Sin embargo, se destaca la presencia de especies endémicas de Pronophilina en el área de estudio.

Materiales y métodos

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la Vereda Frailejona, ubicada en el municipio de la Calera en el departamento de Cundinamarca sobre la vertiente Oriental de la Cordillera Oriental de Colombia (4°40'14.26" N y 73°57'13.78" O) (Figure 1). La máxima precipitación anual en el municipio se encuentra en las cabeceras del Río Blanco, con valores estimados de 1.700 mm anuales; los mínimos en la cuenca del Río Teusacá, hacia la parte media nororiental, con valores de 700 mm. La temperatura media anual oscila entre 10°C en las partes más altas y 16°C en la parte más baja del municipio (Castro et al. 2009; Andrade, 2019). La Vereda Frailejona se encuentra ubicada en la parte sur del municipio y linda por el suroccidente y oriente con el municipio de Choachí y la vereda de Jerusalén, por el noroccidente con la vereda El Volcán, por el noroccidente con la vereda El Rodeo y por el occidente con las veredas El Salitre y El Hato. Se extiende sobre la vertiente derecha de las hoyas hidrográficas de la quebrada Socha, perteneciente a la cuenca del río Teusacá. Estando cerca otras afluentes de cuerpos de agua. Esta zona y sus al-

rededores se caracterizan por el predominio de explotación agropecuaria, ganadería de doble propósito y cultivos transitorios y adicionalmente la cría de cerdos en algunas áreas (Castro et al. 2009; Andrade, 2019).

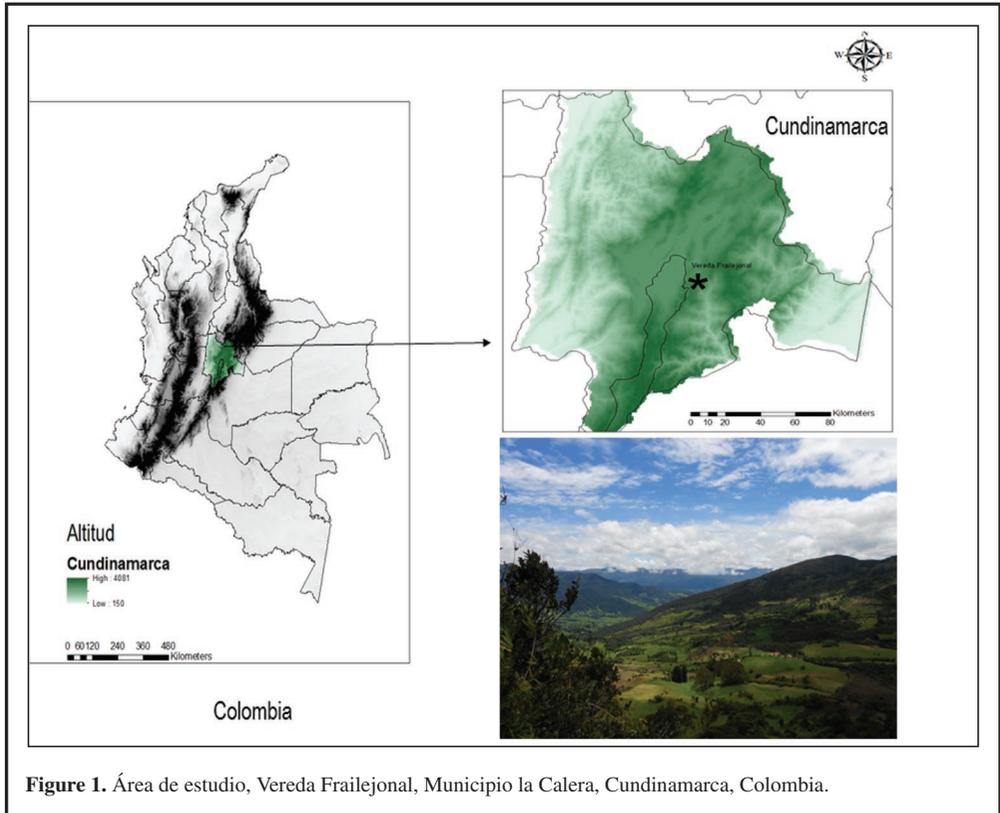


Figure 1. Área de estudio, Vereda Frailejón, Municipio la Calera, Cundinamarca, Colombia.

FASE DE CAMPO

La fase de campo se realizó con un intervalo de cada 15 días entre las fechas de 2-VI-2013 a 30-IX-2015, con el fin de poder abarcar periodos de lluvias y de sequía. Se establecieron tres estaciones de estudio según el estado de perturbación del hábitat: Alto, Medio y Bajo. Cabe aclarar que las estaciones de estudio se encontraban a diferentes altitudes debido a que el área de estudio corresponde a un hábitat de montaña, además, la actividad antrópica se está originando desde la parte baja hacia la parte alta de la misma. No obstante, no hubo un efecto de la elevación en la investigación, puesto que el gradiente altitudinal del área de estudio está entre los 3.030 m hasta los 3.210 m, teniendo un gradiente total de 180 m, y varios estudios que han evaluado el efecto de la altitud en patrones de diversidad, han presentado gradientes muy amplios que pueden llegar a abarcar más de 800 m (Pyrz & Wojtusiak, 2002; Jaime-Escalante et al. 2016; Xu et al. 2017). A su vez, la escala recomendada para observar patrones altitudinales de diversidad es a partir de intervalos de 300 m (Grytnes et al. 2008; Jaime-Escalante et al. 2016).

Por lo anterior, el estado “Alto” presentó una altitud de 3.030 m, se caracterizó por tener una cobertura vegetal dominada por especies exóticas como *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham, (Pino),

Pinus radiata D. Don (Pino candelabro), *Rumex* spp. (Lengua de Vaca), *Holcus lanatus* L. (Falsa poa), *Thunbergia alata* Bojer ex Sims, entre otras. A su vez, este estado presenta una fuerte intervención antrópica causada por la agricultura y ganadería, lo que ha conllevado a la desaparición de especies nativas de la zona como las pertenecientes al bambu del género *Chusquea* Kunth. El estado “Medio” tuvo una altitud de 3.150 m, presentó una cobertura vegetal conformada por especies exóticas: *P. patula*, *Rumex* sp., pastizales, y por especies nativas del género *Chusquea*, *Puya* Molina (Cardosanto), entre otras; en cuanto al nivel de intervención antrópica se observaron menos cultivos y ninguna presencia de ganado. Finalmente, el estado “Bajo”, estuvo a una altitud e 3.210 m, caracterizándose por presentar una cobertura vegetal conformada por remanentes de especies nativas principalmente, como *Chusquea* spp. *Weinmannia tomentosa* L., *Vallea stipularis* L. (Raque), *Espeletia chocontana* Cuatrecasas (Frailejón), También, se observó una gran abundancia de briófitos, líquenes y hepáticas que no eran muy comunes en los otros dos estados de perturbación. El impacto de las actividades antrópicas es mínimo, donde apenas se puede observar algunas viviendas y cultivos de *Solanum tuberosum* L.

MÉTODOS DE CAPTURA

Para cada área de estudio se empleó un transecto lineal de 250 m con dos métodos de recolecta: pasivo y activo. En el método pasivo se colocaron cinco trampas de tipo Van Someren-Rydon en cada estación de estudio, a una distancia de 2 m al nivel de suelo y a una distancia entre trampas de 30 m. Las trampas fueron cebadas aleatoriamente con excremento de perro, fruta y pescado en descomposición, puesto que varios autores como Pycrz & Wojtusiak (2002), Mahecha-Jiménez et al. (2011) y Pycrz & Garlacz (2012) mencionan que resultan ser muy buenos atrayentes para los Pronophilina. Las trampas se revisaron cada tres horas en un intervalo de tiempo comprendido entre las 09.00 y las 17.00 horas (Villarreal et al. 2004; Andrade-C. et al. 2013). Adicionalmente, con el método activo se efectuaron muestreos manuales con red entomológica, en un periodo de tiempo entre las 08.30 y las 17.00 horas, recorriendo cada estación de estudio en zigzag durante dos horas, logrando abarcar diferentes horarios de recolecta en cada estación. Para cada ejemplar capturado se registró la información siguiendo el protocolo propuesto por Andrade-C. et al. (2013).

ANÁLISIS TAXONÓMICO

El material recolectado fue preparado, determinado y conservado en el Museo de Historia Natural de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. La determinación taxonómica se llevó a cabo mediante un análisis de caracteres morfológicos como: patrón alar y de coloración, estructura de los genitales del macho, los cuales se extrajeron siguiendo el procedimiento estándar de maceración de la estructura en KOH al 10%, y siendo preservados en viales con glicerol (Andrade-C. et al. 2013). El arreglo taxonómico se basó en los trabajos de Adams (1985) y Pycrz et al. (2009, 2013, 2016). Para los fines de comparación se manejó el material depositado en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN), Bogotá, Colombia y la colección del Nature Education Centre (anteriormente Zoological Museum) de la Universidad Jaguelona, Kraków, Polonia. Los nombres de las especies y subespecies determinadas fueron contrastados con la lista de Lamas et al. (2004) y la página de Warren et al. (2013).

ANÁLISIS DE DATOS

Se calculó el estimativo de diversidad en términos de especies efectivas o números equivalentes de Hill, el cual permite aproximarse mejor a la riqueza de especies, puesto que incorpora la abundancia relativa de las mismas, permitiendo dar importancia a las especies menos abundantes y poco comunes (raras), o teniendo presente la dominancia, es decir, este método da mayor énfasis a las especies más abundantes, logrando solucionar el problema de “A la abundancia”, un tema bastante discutido en los

diferentes estudios sobre diversidad al momento de hacer comparaciones entre ensamblajes de comunidades (Hill, 1973; Jost, 2006; Moreno et al. 2011; Chao et al. 2014). Además, se ha demostrado que, para un mejor análisis de la diversidad en un ensamblaje, los números de especies efectivas son los más adecuados en comparación con los estimativos basados en la teoría de la comunicación como es el caso del índice de entropía de Shannon (Ellison, 2010; Moreno et al. 2011). Por lo tanto, las especies efectivas consisten en: diversidad de orden 0 (0D) o riqueza de especies, orden 1 (1D), que es el exponencial de la entropía del índice de Shannon, y orden 2 (2D), que es el inverso del índice de Simpson (Moreno et al. 2011; Chao et al. 2014; Marín et al. 2014). Además, se calculó un Bootstrap como estimativo en la diversidad esperada para el orden 0 (0D), el estimativo de Chao & Shen (2003) para la diversidad esperada de orden 1 (1D) y para la diversidad esperada de orden 2 (2D) el estimador MVUE (Minimum variance unbiased estimator) (Gotelli & Colwell, 2011; Moreno et al. 2011; Gotelli & Chao, 2013; Marín et al. 2014; Casas-Pinilla et al. 2017). Teniendo en cuenta la frecuencia de cada especie durante todo el muestreo, se agruparon por clases de abundancia siguiendo lo propuesto por Montero & Ortiz (2013): - Especies abundantes: más de 10 registros - Especies comunes: entre 6-10 registros - Especies escasas: de 2 a 5 registros y -Especies raras: 1 solo registro.

Se realizó un análisis de Rarefacción/Extrapolación (R/E) por cobertura de la muestra (sample coverage), realizando 100 aleatorizaciones, en donde se calcularon las estimaciones de diversidad (números de Hill) para muestras enrarecidas y extrapolando al doble del número de individuos de la comunidad con la menor cobertura de muestra de referencia (Chao & Jost, 2012; Hsieh et al. 2016). Asimismo, el R/E permite comparar sitios que tienen diferentes tamaños en sus muestras, y conocer qué tan representativo fue el muestreo realizado en cada zona de muestreo (Cleary & Genner, 2006; Gotelli & Colwell, 2011; Chao & Jost, 2012; Chao et al. 2014; Hsieh et al. 2016).

Para determinar la similitud entre las altitudes según la abundancia y composición de especies se realizó un análisis de Clúster empleando como medida de disimilitud el índice de Bray-Curtis y como método de agrupamiento el UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Así mismo, para soportar los resultados obtenidos en el análisis de Clúster, se llevó a cabo una prueba de ordenación de Escalamiento Multidimensional No-Métrico (NMDS) utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis (Brehm et al. 2003b; Urbano et al. 2018). Para establecer si existían diferencias significativas en la composición de especies basados en datos de abundancia entre los sitios de muestreos, se empleó una estadística de tipo no-paramétrica, pues al realizar la prueba de normalidad de K-S Lilliefors, los datos no presentaron una distribución normal ($p\text{-value} = 0.00002$). Por consiguiente, se realizó un análisis de Kruskal-Wallis (Zar, 1974). Todos los análisis estadísticos y ecológicos se precisaron bajo un nivel de significancia del 95% utilizando el programa R versión 3.6.1 (R Core Team, 2019), mediante los paquetes BiodiversityR (Kindt & Coe, 2005), “diverse” (Guevara et al. 2016), “vegan” (Oksanen et al. 2019), iNEXT (Hsieh et al. 2016).

Resultados

PATRONES DE DIVERSIDAD

Se recolectaron 639 individuos, distribuidos en 11 géneros, 23 especies y 10 subespecies (Tabla 1). El género *Pedaliodes* A. Butler, 1867 presentó la mayor riqueza con 7 especies, seguido por los géneros *Corades* E. Doubleday, [1849] y *Lymanopoda* Westwood, 1851, con tres especies respectivamente. *Pedaliodes polla* Thieme, 1905, *Corades medeba columbina* Staudinger, 1894, *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858) y *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) se presentaron en todos los estados de perturbación antrópica con variación en sus abundancias en cada estado de perturbación (Tabla 1). Según la agrupación por clases de abundancias según la frecuencia durante el muestreo, se identificaron especies abundantes: *Lymanopoda samius* Westwood, 1851, *Lasiophila circe* C. Felder & R. Felder, 1859, *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858), *Pedaliodes empusa* (C. Felder & R. Felder, 1867), *Pedaliodes polla* Thieme, 1905, *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R.

Felder, 1867), entre otras; comunes: *Corades chelonis* Hewitson, 1863, *Corades medeba columbina* Staudinger, 1894, *Manerebia apiculata* (C. Felder & R. Felder, 1867), *Manerebia levana* (Godman, 1905) y *Steremnia pronophila* (C. Felder & R. Felder, 1867); escasas: *Lymanopoda ionius* Westwood, 1851, *Eretris porphyria* (C. Felder & R. Felder, 1867), *Eretris apuleja bogotana* E. Krüger, 1924, *Junea doraete* (Hewitson, 1858); raras: *Corades chirone* Hewitson, 1863 y *Lymanopoda lebbaea* C. Felder & R. Felder, 1867, llamadas también especies “singletons” (Tabla 2). Además, se encontraron varias especies endémicas de la Cordillera Oriental, todas representadas por sus subespecies nominales, tales como: *Lymanopoda samius* Westwood, 1851, *Lymanopoda ionius* Westwood, 1851, *Manerebia apiculata* (C. Felder & R. Felder, 1867) y *Manerebia levana* (Godman, 1905). Adicionalmente, se propone una nueva especie para el género *Pedaliodes*, convirtiendo al área de estudio en el topotipo de la misma. Cabe aclarar que la descripción taxonómica se está realizando en un artículo a parte junto con el análisis filogenético de las especies que conforman a lo que Pycrz et al. (2013) denominaron como grupo “*Pedaliodes phaea*”.

Tabla 1. Abundancia por especie/subespecie de Pronophilina por estado de perturbación.

Especie/Subespecie	Estado “Alto”	Estado “Medio”	Estado “Bajo”
<i>Corades chelonis</i> Hewitson, 1863	0	2	4
<i>Corades chirone</i> Hewitson, 1863	0	0	1
<i>Corades medeba columbina</i> Staudinger, 1894	2	3	1
<i>Lymanopoda samius</i> Westwood, 1851	0	4	31
<i>Lymanopoda lebbaea</i> C. Felder & R. Felder, 1867	0	0	1
<i>Lymanopoda ionius</i> Westwood, 1851	0	3	0
<i>Eretris porphyria</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	0	3	0
<i>Eretris apuleja bogotana</i> E. Krüger, 1924	0	3	2
<i>Junea doraete doraete</i> (Hewitson, 1858)	0	0	2
<i>Lasiophila circe</i> C. Felder & R. Felder, 1859	0	13	18
<i>Manerebia apiculata</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	0	0	10
<i>Manerebia levana</i> (Godman, 1905)	0	0	6
<i>Panyapedaliodes drymaea</i> (Hewitson, 1858)	34	14	4
<i>Pedaliodes empusa</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	0	7	73
<i>Viloriodes manis</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	0	3	34
<i>Pedaliodes phaea ochrotaenia</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	15	13	132
<i>Pedaliodes</i> n. sp.	0	1	26
<i>Pedaliodes phoenissa</i> (Hewitson, 1862)	0	1	40
<i>Pedaliodes polla</i> Thieme, 1905	3	8	103
<i>Pedaliodes porcia</i> (Hewitson, 1869)	0	0	2
<i>Pedaliodes fuscata</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	0	5	0
<i>Pronophila unifasciata bogotensis</i> Juriaanse, 1926	0	3	0
<i>Steremnia pronophila</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	0	0	9
Total	54	86	499

Según la abundancia en cada estado de perturbación, se encontró que en el estado “Bajo” el número de individuos fue mayor, 499 individuos en relación con los otros dos estados, en donde, la abundancia del estado “Medio” y “Alto” disminuyó considerablemente (Tabla 1). En cuanto a los perfiles de diversidad expresado en el número de especies efectivas, se evidenció que los valores 0D, 1D y 2D variaron entre los estados de perturbación tanto en lo observado como en lo esperado (Tabla 3), además, se encontraron diferencias significativas entre los perfiles de diversidad (Kruskal-Wallis: p-value = 0.00013). Por lo tanto, se evidenció una variación en la riqueza (0D) entre los estados de perturbación, en donde para el estado “Bajo” se registraron 19 especies, “Medio” 16 especies, y “Alto” 4 espe-

cies, logrando observar una reducción de la riqueza a medida que aumenta el estado de perturbación antrópica en el área de estudio, aunque se evidencia que la riqueza entre el estado “Bajo” y “Medio” es muy similar. Igualmente, se observó que el estado con mayor valor de diversidad (1D) fue el estado “Bajo”, seguido por el estado “Medio” y “Alto”. Por su parte, la dominancia (2D) fue más alta en el estado “Alto”, seguida por el estado “Medio” y “Bajo”, lo que concuerda con los valores de diversidad (0D) y (1D), indicando que el estado “Bajo” y “Medio” son más equitativos y diversos en comparación con el estado “Alto” (Tabla 3). Se encontró que para el estado “Alto” *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858) (34 individuos) y *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) (15 individuos) fueron dominantes; para el estado “Medio” *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858) (14 individuos), *Lasiophila circe* C. Felder & R. Felder, 1859 (13 individuos) y *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) (13 individuos) fueron codominantes, y para el estado “Bajo” son codominantes *Pedaliodes polla* Thieme, 1905 (103 individuos) y *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) (132 individuos).

Tabla 2. Agrupación de especies por clases de abundancia según la frecuencia de cada especie durante todo el muestreo.

Especie/subespecie	Abundante	Común	Escasa	Rara
<i>Corades chelonis</i>		X		
<i>Corades chirone</i>				X
<i>Corades medeba columbina</i>		X		
<i>Lymanopoda samius</i>	X			
<i>Lymanopoda lebbaea</i>				X
<i>Lymanopoda ionius</i>			X	
<i>Eretris porphyria</i>			X	
<i>Eretris apuleja bogotana</i>			X	
<i>Junea doraete</i>			X	
<i>Lasiophila circe</i>	X			
<i>Manerebia apiculata</i>		X		
<i>Manerebia levana</i>		X		
<i>Panyapedaliodes drymaea</i>	X			
<i>Pedaliodes empusa</i>	X			
<i>Viloriodes manis</i>	X			
<i>Pedaliodes phaea ochrotaenia</i>	X			
<i>Pedaliodes</i> sp.	X			
<i>Pedaliodes phoenissa</i>	X			
<i>Pedaliodes polla</i>	X			
<i>Pedaliodes porcia</i>			X	
<i>Pedaliodes fuscata</i>			X	
<i>Pronophilina unifasciata bogotensis</i>			X	
<i>Steremnia pronophila</i>		X		

En cuanto a las especies raras, según su abundancia, para cada estado de perturbación se observó que para el nivel “Alto” hubo un “doubletons” (*Corades medeba columbina* Staudinger, 1894); para el estado “Medio” se encontraron “singletons” (*Pedaliodes phoenissa* (Hewitson, 1862) y *Pedaliodes* sp. y “doubletons” (*Corades chelonis chelonis* Hewitson, 1863) y en el estado “Bajo” se observaron “doubletons” (*Corades chirone* Hewitson, 1863, *C. medeba columbina* Staudinger, 1894 y *Lymanopoda lebbaea* C. Felder & R. Felder, 1867), y “singletons” (*Eretris apuleja bogotana* E. Krüger, 1924, *Junea doraete* (Hewitson, 1858) y *Pedaliodes porcia* (Hewitson, 1869)) (Tabla 1). Por último, se puede observar que en el estado “Bajo” aún es probable registrar más especies de Lepidoptera según los valo-

res de los perfiles de diversidad estimados, en donde la probabilidad de encontrar más especies en relación con lo observado es de siete especies para el estado “Bajo”, cuatro especies en el estado “Medio” y tan solo de una especie para el estado “Alto” (Tabla 3).

Tabla 3. Diversidad de especies (Número de especies efectivas) observadas y estimadas para cada estado de perturbación.

Estado	Observado			Estimado		
	0D	1D	2D	0D	1D	2D
Alto	4	2.72	1.97	5	2.83	2.23
Medio	16	12.03	7.77	20	14.48	8.78
Bajo	19	15.80	9.50	26	19.97	10.94

ANÁLISIS DE RAREFACCIÓN/EXTRAPOLACIÓN

Al observar el análisis R/E se puede inferir que el esfuerzo de muestreo fue óptimo para todos los tres estados de perturbación (Figure 2). Además, al comparar los valores de los perfiles de diversidad (Tabla 3) para cada zona de estudio, se aprecia que los valores observados son similares a los estimados, corroborando lo encontrado en el análisis R/E, lo que permite inferir que los valores de diversidad, como la riqueza, son más altos en el estado de perturbación “Bajo” seguido del estado “Medio” y con valores muy bajos de diversidad el estado “Alto”. Teniendo en cuenta la composición y abundancia de especies en el análisis clúster, se logró observar que el estado “Alto” presenta una alta disimilitud (0.65) en relación con los estados “Medio” y “Bajo”, siendo estos dos últimos menos disímiles entre ellos (0.46) (Figure 3A). Lo anterior es corroborado mediante el análisis NMDS (stress de Kruskal-Wallis P-value = 0.000) (Figure 3B).

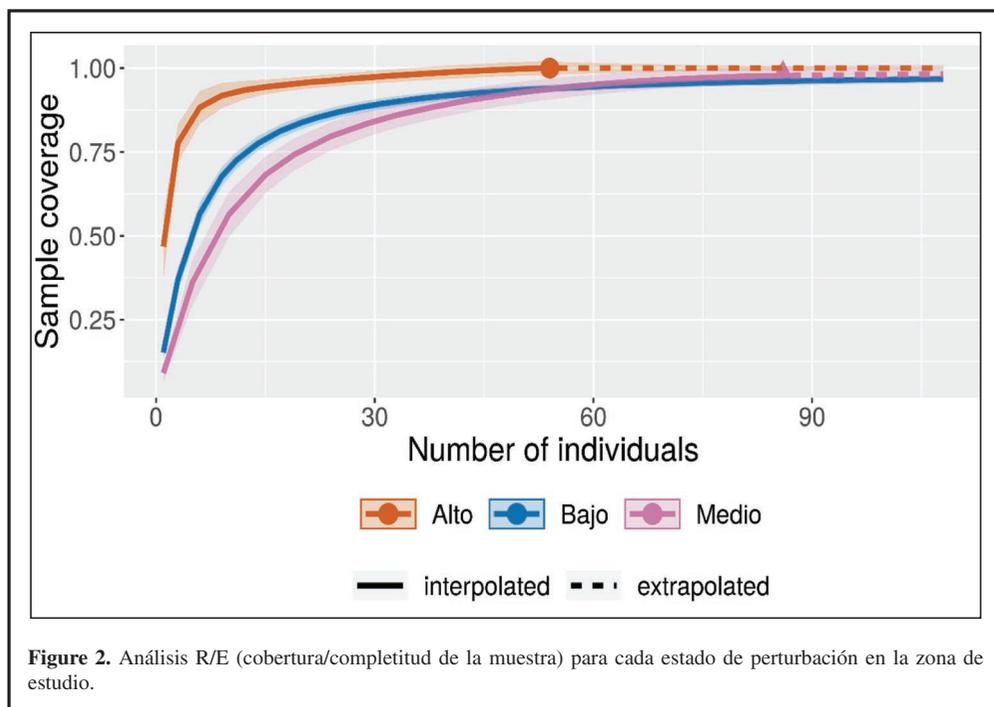
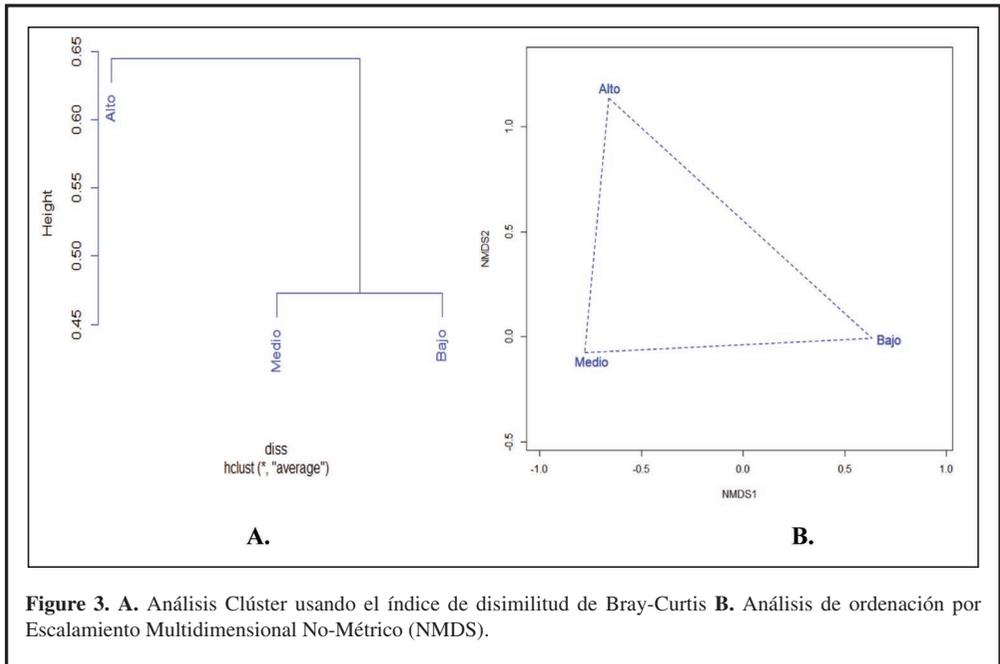


Figure 2. Análisis R/E (cobertura/completitud de la muestra) para cada estado de perturbación en la zona de estudio.



ESTADOS DE PERTURBACIÓN Y VARIACIÓN ALTITUDINAL

Según la composición de Lepidoptera en relación con los estados de perturbación y el rango altitudinal en que se encontraban establecidos, se observó que *Corades medeba columbina* Staudinger, 1894, *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858), *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) y *P. polla* Thieme, 1905 estuvieron distribuidas a lo largo de los tres rangos altitudinales/estados de perturbación (3.030-3.150-3.210 m). Sin embargo, no se encontraron especies exclusivas en el rango altitudinal de los 3.030 msnm (estado “Alto”), pero sí una mayor frecuencia de *P. drymaea* (Hewitson, 1858). A los 3.150 m (estado “Medio”) fueron exclusivos para este rango altitudinal: *Lymanopoda ionius* Westwood, 1851, *Eretris porphyria* (C. Felder & R. Felder, 1867) y *Pronophila unifasciata bogotensis* Juriaanse, 1926, mientras que para los 3.210 m (estado “Bajo”) se reporta el mayor número de especies exclusivas (7 spp.): *Corades chirona* Hewitson, 1863, *Lymanopoda lebbaea* C. Felder & R. Felder, 1867, *Junea doraete* (Hewitson, 1858), *Manerebia apiculata* (C. Felder & R. Felder, 1867), *M. levana* (Godman, 1905), *Pedaliodes porcia* (Hewitson, 1869) y *Steremnia pronophila* (C. Felder & R. Felder, 1867). En cuanto a las especies compartidas entre los estados de perturbación “Medio” y “Bajo” se observaron a *Corades chelonis* Hewitson, 1863, *Lymanopoda samius* Westwood, 1851, *Eretris apuleja bogotana* E. Krüger, 1924, *Lasiophila circe* C. Felder & R. Felder, 1859, *Pedaliodes empusa* (C. Felder & R. Felder, 1867), *V. manis* (C. Felder & R. Felder, 1867), *P. fuscata* (C. Felder & R. Felder, 1867) y *P. phoenissa* (Hewitson, 1862) (Tabla 4).

Discusión

Con los resultados obtenidos en el presente estudio se logra ratificar el impacto negativo de la transformación del hábitat, dada por la perturbación antrópica, en los patrones de diversidad de las especies de Pronophilina en un bosque altoandino, corroborando lo reportado por Mahecha-Jiménez et al. (2011), Pyrcz & Garlacz (2012), Marín et al. (2014) y Álvarez-Hincapié et al. (2017), en donde se indi-

ca una disminución en la diversidad de los Pronophilina en ambientes con una alta perturbación antrópica (estado “Alto”), encontrándose una alta dominancia de unas pocas especies como *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858) y *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867). Por otra parte, se ha demostrado que la heterogeneidad topográfica y la diversidad del hábitat pueden reducir la variabilidad de la población de las diferentes especies de Lepidoptera (Oliver et al. 2010; De Palma et al. 2016; Murillo-P. et al. 2018), como se observó en los perfiles de diversidad del estado “Alto”. Lo anterior, puede ser importante en el contexto de eventos extremos, como por ejemplo: eventos de fragmentación y pérdida del hábitat, ya que las poblaciones más estables con menor variabilidad serán menos propensas a sufrir una extinción local, lo que podría explicar el patrón de diversidad de *P. drymaea* (Hewitson, 1858) y *P. phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867), especies cuyas poblaciones al parecer son más estables en el área de estudio, puesto que se encontraron en los tres estados de perturbación, con una codominancia en el estado de perturbación “Alto”. En particular, *P. phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) presentó una dominancia en los tres estados de perturbación, mostrando una mayor abundancia en el estado “Bajo”. A nivel de la sabana de Bogotá, tanto *P. drymaea* (Hewitson, 1858) como *P. phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867), se han registrado como dominantes en sitios con un alto grado de perturbación antrópica (Mahecha-Jiménez et al. 2011) y poco abundantes en sitios con un bajo grado de perturbación (Montero & Ortiz, 2013; Henao-Bañol et al. 2018; Henao-B & Stiles, 2018). Adicionalmente, *P. drymaea* (Hewitson, 1858) es indicadora de áreas de pastizales y matorrales secundarios (Pyrzc, 2004; Pyrcz & Viloría, 2007; Mahecha-Jiménez et al. 2011). Lo anterior nos permite catalogar a *P. drymaea* (Hewitson, 1858) y *P. phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867), como posibles especies sinantrópicas debido a su alta relación con ambientes altamente perturbados.

Tabla 4. Presencia y ausencia de especies de Pronophilina por estado de perturbación: “Bajo” - “Medio” - “Alto” con su respectiva altitud en m.s.n.m. (0- Ausencia; 1- Presencia).

Especie/Subespecie	Estado de Perturbación		
	Alto (3.030)	Medio (3.150)	Bajo (3.210)
<i>Corades chelonis</i>	0	1	1
<i>Corades chirone</i>	0	0	1
<i>Corades medeba columbina</i>	1	1	1
<i>Lymanopoda samius</i>	0	1	1
<i>Lymanopoda lebbaea</i>	0	0	1
<i>Lymanopoda ionius</i>	0	1	0
<i>Eretris porphyria</i>	0	1	0
<i>Eretris apuleja bogotana</i>	0	1	1
<i>Junea doraete</i>	0	0	1
<i>Lasiophila circe</i>	0	1	1
<i>Manerebia apiculata</i>	0	0	1
<i>Manerebia levana</i>	0	0	1
<i>Panyapedaliodes drymaea</i>	1	1	1
<i>Pedaliodes empusa</i>	0	1	1
<i>Viloriodes manis</i>	0	1	1
<i>Pedaliodes phaea ochrotaenia</i>	1	1	1
<i>Pedaliodes sp.</i>	0	1	1
<i>Pedaliodes phoenissa</i>	0	1	1
<i>Pedaliodes polla</i>	1	1	1
<i>Pedaliodes porcia</i>	0	0	1
<i>Pedaliodes fuscata</i>	0	1	0
<i>Pronophila unifasciata bogotensis</i>	0	1	0
<i>Steremnia pronophila</i>	0	0	1

Colias dimera Doubleday, 1847, un Pieridae de montaña considerado como una especie eurioica, puesto que se ha reportado abundante en ambientes con un alto grado de perturbación antrópica, aunque es posible observarla en áreas con poca intervención hasta en áreas conservadas (Montero & Ortiz, 2013). Asimismo, estas especies eurioicas toleran variaciones fuertes en el medio, lo que les permite responder fácilmente a distintos ambientes (Ospina et al. 2010; Montero & Ortiz, 2013) y son consideradas como posibles especies colonizadoras en estados de sucesión ecológica temprana (Andrade & Amat, 1996; Montero & Ortiz, 2013). Lo anterior podría explicar las abundancias de varias especies de Pronophilina registradas en los diferentes estados de perturbación en el estudio como *Pedaliodes polla* Thieme, 1905, *P. empusa* (C. Felder & R. Felder, 1867), *V. manis* (C. Felder & R. Felder, 1867), *P. phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867), *P. phoenissa* (Hewitson, 1862), *P. fuscata* (C. Felder & R. Felder, 1867), *Corades chelonis* Hewitson, 1863, *Lasiophila circe* C. Felder & R. Felder, 1859 y *Lymanopoda samius* Westwood, 1851, las cuales podrían ser catalogadas como posibles especies eurioicas y colonizadoras de estadios temprano de sucesión ecológica en hábitats de montaña.

Por otra parte, el patrón de abundancia de varias especies de Pronophilina observado en la zona de estudio, podría ser explicado por lo propuesto por Spaniol et al. (2019, 2020) en un estudio sobre Lepidoptera y el efecto de diferentes gradientes de perturbación antrópica en el Amazonas en Brasil, en donde proponen que pueden estar empleando distintas estrategias funcionales para atenuar los efectos del cambio de hábitat. Los Lepidoptera más grandes, con una baja habilidad de dispersión (ej. *Morpho* Fabricius, 1807, *Caligo* Hübner, [1819], *Catoblepia* Stichel, 1901 y *Pierella* Westwood, 1851), son más susceptibles a las extinciones locales en los ambientes de sucesión temprana, principalmente cuando el hábitat boscoso y sus recursos se restringen espacialmente. A su vez, varias estrategias antidepredadoras relacionadas con colores llamativos pueden estar perdiendo su funcionalidad en áreas abiertas (fenómeno llamado “descoloración”), donde no ser distintivo, es decir tener una coloración opaca y poco brillante, se convierte en la principal defensa contra la depredación, razón quizás por la cual en el estado “Alto” hay una predominancia de especies poco brillantes y de tamaños relativamente “pequeños” como *P. drymaea* (Hewitson, 1858), *P. polla* Thieme, 1905 y *P. phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867), y ya en el estado “Medio” y “Bajo”, es más frecuente encontrar especies con fenotipos un poco más brillantes como *L. samius* Westwood, 1851, y de diferentes tamaños, desde “grandes” (*Corades* spp.) a “pequeños” (*Lymanopoda* spp. y *Manerebia* spp.). Cabe resaltar que la mayoría de Pronophilina tienden a tener colores oscuros, pero el brillo, dado muchas veces por la reflexión de la luz en las escamas androconiales, varía según la especie y algunas pueden ser más opacas que otras sin implicar cierta asociación a algún estado de perturbación, pero sí como una estrategia para evitar la depredación en ecosistemas de montaña, en donde la vegetación es menos alta y densa al aumentar la altitud, y tener colores llamativos no sería un buen carácter evolutivo para mantener la eficacia biológica en estos ambientes. Igualmente, las especies de la subtribu Pronophilina tienen una capacidad de dispersión limitada, sujeta a la distribución de las plantas hospederas (Pyrz & Rodríguez, 2007; Pyrcz & Viloria, 2007; Pyrcz & Garlac 2012; Mahecha et al. 2019), lo que las hace más susceptibles a extinciones locales ocasionado por cuellos de botella en los diferentes escenarios de perturbación antrópica (Mahecha-Jiménez et al. 2011).

Las especies *Pedaliodes polla* Thieme, 1905, *P. phoenissa* (Hewitson, 1862), *P. empusa* (C. Felder & R. Felder, 1867), *V. manis* (C. Felder & R. Felder, 1867), *P. fuscata* (C. Felder & R. Felder, 1867), *Corades chelonis* Hewitson, 1863, *Lymanopoda samius* Westwood, 1851 y *Lasiophila circe* C. Felder & R. Felder, 1859 se encontraron solamente en el estado de perturbación “Medio” y “Bajo”, corroborando lo reportado por Gonzales-Montaña (2010), Mahecha-Jiménez et al. (2011), Montero & Ortiz (2013) y Henao-Bañol et al. (2018), en donde reportaron que estas especies de Pronophilina están relacionadas a zonas de borde de bosque y claros con distintos grados de perturbación antrópica, siendo más abundantes en zonas con una perturbación intermedia (Mahecha-Jiménez et al. 2011). Lo

anterior, nos permite hipotetizar que el estado de perturbación “Bajo”, a pesar de haber presentado los valores más altos en los perfiles de diversidad, en su configuración espacial, es muy similar al estado “Medio”, en donde para el presente estudio, ambos estados se podrían considerar áreas con una perturbación antrópica intermedia, lo que generaría una matriz en el paisaje, permitiendo la formación de diferentes microhábitats que pueden ser aprovechados por varias especies de Pronophilina, lo que explicaría la alta riqueza y abundancia de Lepidoptera en estos estados de perturbación en comparación con el estado “Alto”, un patrón que puede también ser explicado por la hipótesis del efecto de borde, disturbio intermedio, y la heterogeneidad espacial (Macarthur & Wilson, 1967; Connell, 1978; Tews et al. 2004; Mahecha-Jiménez et al. 2011; Urbano et al. 2013; Urbano et al. 2018).

Cabe destacar que estructuralmente, la zona de estudio en general presentó una dominancia por *P. phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) y *P. polla* Thieme, 1905, especialmente en los estados “Medio” y “Bajo”, en donde estos dos taxa representaron más de la mitad de todas las especies de Pronophilina reportadas en el estudio, lo cual es un resultado atípico a otros estudios en Pronophilina, en donde es mucho más representativo encontrar varias especies codominantes (Pyrzcz & Wojtusiak, 2002; Pyrcz, 2004; Pyrcz et al. 2011; Pyrcz & Garlacz, 2012). Por su parte, Pyrcz & Garlacz (2012) encontraron en la Cordillera de Mérida en Venezuela un patrón similar en donde solo una especie (*Pedaliodes minabilis* Pyrcz, 2008) representó más de la mitad de todos los especímenes en el área de estudio. Este mismo resultado fue reportado por Mahecha-Jiménez et al. (2011) en Bogotá (*P. phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867) - *P. polla* Thieme, 1905) y Marín et al. (2014) en Medellín-Colombia (*Pedaliodes baccara* Thieme, 1911 - *P. praemontagna* Pyrcz & Viloría, 2007), en donde encontraron una codominancia por parte de estas especies, por lo que la dominancia por parte de solo algunas especies de Pronophilina es considerado al parecer un indicador de zonas con un grado intermedio de perturbación antrópica (Pyrzcz & Garlacz, 2012).

Al comparar las clases de abundancia según la frecuencia de las especies de Pronophilina durante el muestreo en el área de estudio con las reportadas por Montero & Ortiz (2013) para un bosque altoandino-páramo en el Tablazo, Cundinamarca-Colombia, y que para el año del estudio, esta zona presentaba un nivel de perturbación antrópica intermedio, reportaron que *Lymanopoda samius* Westwood, 1851, y *Pedaliodes phoenissa* (Hewitson, 1862) fueron especies comunes, y en nuestro estudio se catalogaron como especies abundantes; *Corades medeba columbina* Staudinger, 1894 estuvo clasificada como especie rara, mientras que para nuestro estudio fue una especie común; *Steremnia pronophila* (C. Felder & R. Felder, 1867) en el estudio del Tablazo aparece como una especie abundante, y para nuestra investigación fue considerada una especie común. Por su lado, *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858) fue clasificada como una especie escasa por Montero & Ortiz (2013), y para nuestro estudio como abundante. No obstante, en la actualidad, se ha visto un aumento de la perturbación en la zona del Tablazo, generada por varias actividades antrópicas como la deforestación para la agricultura y ganadería, al impacto ocasionado por el aumento de la presencia de ciclistas quienes se introducen dentro de las zonas conservadas deteriorando el hábitat natural de la zona, entre otras, han ocasionado un cambio en la configuración del paisaje de la zona, encontrándose una dominancia ahora de *P. drymaea* (Hewitson, 1858), lo que nos permite confirmar que ésta especie es sinantrópica, y que responde muy bien a eventos de perturbación.

Por otra parte, nuestros resultados podrían corroborar lo planteado por Brown (1989) en donde propone que las especies especialistas podrían ser reemplazadas por especies generalistas y tolerantes a las perturbaciones, como podría ser el caso de *Panyapedaliodes drymaea* (Hewitson, 1858), *Pedaliodes phaea ochrotaenia* (C. Felder & R. Felder, 1867), *P. empusa* (C. Felder & R. Felder, 1867), *P. polla* Thieme, 1905, *V. manis* (C. Felder & R. Felder, 1867), y *Lymanopoda samius* Westwood, 1851, que podrían estar desplazando a especies raras en su abundancia en el estudio, posibles especialistas como *Junea doraete* (Hewitson, 1858), *Manerebia levana* (Godman, 1905), *M. apiculata* (C. Felder & R. Felder, 1867), *Eretris apuleja bogotana* E. Krüger, 1924 y *Corades chirone* Hewitson, 1863. Sin

embargo, son pocos los estudios encaminados a evaluar qué especies son generalistas o especialistas en Pronophilina y se necesitarían más investigaciones al respecto para corroborar lo propuesto en el presente estudio.

Otros efectos negativos de la perturbación antrópica es la deforestación, en donde se presentan la pérdida de vegetación nativa y cambios en la cobertura vegetal (Fahring, 2003 Carrero et al. 2013). Por lo tanto, especies vegetales como las Poaceae y en particular el bambú de montaña del género *Chusquea* Kunth, algunas Sellaginellaceae y Cyperaceae, consideradas las plantas hospederas de los Pronophilina, podrían verse afectadas y posiblemente desaparecer de la zona (Pyrzcz & Wojtusiak, 2002; Greeney et al. 2009; Montero et al. 2009; Pyrcz & Garlacz, 2012; Montero & Ortiz, 2013; Marín et al. 2014; Mahecha et al. 2019). La desaparición de estas especies vegetales se evidenció en el estado “Alto”, lo que impide que las hembras de Pronophilina no puedan ovipositar en esta zona, conllevando a una disminución de la diversidad de las mismas, contrario a lo observado en el estado “Medio” y “Bajo”, en donde se observó la presencia de abundante chusque, lo que permitiría el aumento de la riqueza y abundancia de las especies de Pronophilina en estos estados de perturbación. Así mismo, en el estado “Alto”, se observó una gran abundancia de especies vegetales exóticas como *Ulex europaeus* L., pinos, eucaliptos, entre otras, lo que imposibilita una recolonización de las especies vegetales nativas de la zona, por ende, a pesar de que el estado “Alto” no alcanza la asintota en el análisis R/E, la probabilidad de registrar especies diferentes de Pronophilina es imposible si no se realizan estrategias de restauración ecológica en esta parte del área de estudio.

Finalmente, con el presente estudio se confirma el efecto negativo que tiene la perturbación antrópica en los patrones de diversidad de los Pronophilina en un bosque altoandino en Colombia. Además, se infiere que los ensamblajes de los Pronophilina, especialmente las que habitan entre los 1.800 y 3.200 m, podrían estar desapareciendo debido al aumento de las áreas agrícolas, urbanas, a la introducción de especies de plantas exóticas, minería, entre otros aspectos, lo que estaría conllevando al establecimiento de especies eurioicas y sinantrópicas en estas áreas perturbadas causando una disminución de la diversidad local. Por lo tanto, es indispensable generar estrategias de gestión, planificación y conservación de la biodiversidad en los diferentes ecosistemas, no solo de montaña, en el país y el mundo (Andrade-C., 2011; Ramírez & Macgregor, 2017).

Agradecimientos

Los autores agradecen a Alexander García (Universidad Distrital F. J. C.) por su acompañamiento durante la elaboración de este estudio. A la Universidad Distrital F. J. C. y Universidad INCCA de Colombia por el apoyo logístico en campo. Al Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y al Nature Education Centre, Jagiellonian University-Polonia por permitir el acceso al material de referencia de Pronophilina. Esta investigación estuvo en parte financiada por fondos del Proyecto “NCN grant Harmonia-10 2018/30/M/NZ8/00293 “*Evolutionary biogeography and diversification of the predominantly Andean butterfly subtribe Pronophilina (Nymphalidae, Satyriinae) based on phylogenetic data generated using modern molecular methods*”. Finalmente, el viaje de investigación a Polonia de O. Mahecha-J. contó con el apoyo del Programa PROM-Intercambio internacional de becas de estudiantes de doctorado y académicos de la Universidad Jagiellonian y la Agencia Nacional Polaca de Intercambio Académico, número de acuerdo: PPI / PRO / 2018/1/00001 / U / 001.

Referencias

Adams, M. J. (1985). Speciation in the pronophiline butterflies (Satyridae) of the northern Andes. *Journal of Research on the Lepidoptera*, (suppl 1), 33-49.

- Andrade, M. G., & Amat, G. (1996). Estudio regional de las mariposas altoandinas en la cordillera Oriental de Colombia. *Insectos de Colombia*, 1, 149-180.
- Andrade-C., M. G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ambiente-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137), 491-507.
- Andrade-C., M. G., Henao, E. R., & Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de Mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea). *Revista Academia Colombiana Ciencias Exactas*, 37(144), 311-325. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.12>
- Andrade, J. E. (2019). *Actualización del perfil ambiental del municipio de la Calera, Cundinamarca*. Universidad Universidad Santo Tomas. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21459/2020jenyferandrade.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvarez-Hincapié, C. F., Clavijo, A., Rojas, H., Uribe, S., Pycrc, T. W., & Marín, M. A. (2017). Aporte del área de influencia del páramo de Belmira (Santa Inés) a la diversidad regional de Pronophilina (Lepidoptera: Satyrinae) del norte de los Andes. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 402-409.
- Ávila-R., L., & Triviño, P. (2019). Descripción del hábitat de cuatro especies del género *Lymanopoda* (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae) en áreas de páramo de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 125-138.
- Brehm, G., Sössenbach, D., & Fiedler, K., 2003b. Unique elevational diversity patterns of geometrid moths in an Andean montane rainforest. *Ecography*, 26, 456-466.
- Brown, J. H. (1989). Patterns, modes and extent of invasions by vertebrates. In J. A. Drake, H. A. Mooney, F. Di Castri, R. H. Groves, F. J. Kruger, M. Rejmánek & M. Williamson. *Biological invasions: A global perspective* (pp. 85-109). Chichester Wiley.
- Brown, J. R., & Freitas, A. V. L. (2000). Atlantic Forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica*, 32, 934-956.
- Carrero, D., Sánchez, L. R., & Tobar-López, D. (2013). Diversidad y distribución de mariposas diurnas en un gradiente altitudinal en la región nor-oriental andina de Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Historia Natural*, 17(1), 168-188.
- Casas-Pinilla, L. C., Mahecha-J., O., Dumar, J. C., & Ríos-Málaver, I. C. (2017). Diversidad de mariposas en un paisaje de bosque seco tropical, en la Mesa de los Santos, Santander, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 45(177), 83-108.
- Casner, K. L., & Pycrc, T. W. (2010). Patterns and timing of diversification in a tropical montane butterfly genus, *Lymanopoda* (Nymphalidae, Satyrinae). *Ecography*, 33(2), 251-259.
- Castro, J., Vanegas, D., Ramírez, E., Sotelo, J., & Pinzón, E. (2009). *Del estado plan de desarrollo y el plan de ordenamiento territorial del municipio la calera en el departamento de Cundinamarca*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93, 2533-2547. <http://dx.doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45-67.
- Chao, A., & Shen, T. J. (2003). Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in the sample. *Environmental and Ecological Statistics*, 10, 429-433.
- Cleary, D. F. R., & Genner, M. J. (2006). Diversity patterns of Bornean butterfly assemblages. *Biodiversity and Conservation*, 15, 503-524.
- Connell, M. L. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199, 1302-1310.
- Cruz-Cabrera, V. D., & Contreras, M. (2019). Alteraciones ambientales por perturbaciones antropogénicas en dos fragmentos de bosques: un sistema de agroforestería y un bosque natural secundario en regeneración. *Orbis Cognita*, 3(2), 57-72.
- De Palma, A., Dennis, R. L., Brereton, T., Leather, S. R., & Oliver, T. H. (2017). Large reorganizations in butterfly communities during an extreme weather event. *Ecography*, 40(5), 577-585.
- Ellison, A. M. (2010). Partitioning diversity. *Ecology*, 91, 1962-1963.
- Enkhtur, K., Pfeiffer, M., Lkhagva, A., & Boldgiv, B. (2017). Response of moths (Lepidoptera: Heterocera) to livestock grazing in Mongolian rangelands. *Ecological Indicators*, 72, 667-674.

- Fahring, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Review Ecology, evolution and Systematic*, 34, 487-515.
- Fonseca-F., A. N., & Mahecha-J., Ó. (2018). Contribución al estudio de los arácnidos (Arachnida) asociados a un bosque de galería en Meta (Colombia). *Revista ibérica de aracnología*, 33, 123-128.
- Forman, R. T. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10(3), 133-142.
- Gonzales-Montaña, L. A. (2010). Las mariposas Satyrinae (Lepidoptera: Papilionoidea: Nymphalidae) en dos sectores de la Cordillera Oriental de Colombia con anotaciones ecológicas. *Revista Nicaraguense de Entomología*, 70, 1-20.
- Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2011). Estimating species richness. In A. E. Magurran & B. J. McGill. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment* (pp. 39-54). Oxford University Press.
- Gotelli, N. J., & Chao, A. (2013). Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data. In S. A., Levin. *The encyclopedia of biodiversity*, 5 (pp. 195-211) Academic Press.
- Greeney, H. F., Pyrcz, T. W., Devries, P. J., & Dyer, L. A. (2009). The Early Stages of *Pedaliodes poesia* (Hewitson, 1862) in Eastern Ecuador (Lepidoptera: Satyrinae: Pronophilina). *Journal of Insect Science*, 9(38), 1-9.
- Grytnes, J. A., Beaman, J. H., Romdal, T. S., & Rahbek, C. (2008). The mid-domain effect matters: simulation analyses of range-size distribution data from Mount Kinabalu, Borneo. *Journal of Biogeography*, 35, 2138-2147.
- Guevara, M., Hartmann, D., & Mendoza, M. (2016). diverse: An R Package to Analyze Diversity in Complex Systems. *The R Journal*, 8(2), 60-78.
- Henaó-Bañol, E. R., Páez, A., & Rodríguez-M., J. V. (2018). Inventario de mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) de la reserva forestal productora protectora de la cuenca alta del río Bogotá (RFPP-CARB). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 22(2), 144-171. <https://dx.doi.org/10.17151/bccm.2018.22.2.11>
- Henaó-B., E., & Stiles, F. G. (2018). Un inventario de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) de dos reservas altoandinas de la cordillera oriental de Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 71-87.
- Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427-432.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2016). iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7, 1451-1456. doi:10.1111/2041-210X.12613
- Jaime-Escalante, N. G., Figueroa-Esquivel, E. M., Villaseñor-Gómez, J. F., Jacobo-Sapien, E. A., & Puebla-Olivares, F. (2016). Distribución altitudinal de la riqueza y composición de “ensamblajes” de aves en una zona montañosa al sur de Nayarit, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(4), 1537-1551. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i4.20255>
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363-375.
- Kindt, R., & Coe, R. (2005). *Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*. World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Krieger, R. S., Salcedo, M., Escobar, J., & Ríos, C. (2000). *Colombia Megadiversa: cinco años explorando la riqueza de un país biodiverso*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Lamas, G., Viloría, A. L., & Pyrcz, T. W. (2004). Subtribu Pronophilina. In G. Lamas. *Atlas of Neotropical Lepidoptera, Checklist: Part 4A, Hesperioidea-Papilionoidea* (pp. 206-215). Association for Tropical Lepidoptera.
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- Mahecha-Jiménez, O. J., Dumar-Rodríguez, J. C., & Pyrcz, T. W. (2011). Efecto de la fragmentación del hábitat sobre las comunidades de Lepidoptera de la tribu Pronophilini a lo largo de un gradiente altitudinal en un bosque andino en Bogotá (Colombia) (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 39(153), 117-126.
- Mahecha-J., O., & Díaz-S, V. (2015). Aproximación a la diversidad taxonómica de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) en la Vereda Cafrería, Municipio Icononzo, Tolima. *Revista Científica Unincca*, 20(2), 83-91.
- Mahecha, O., Garlacz, R., Andrade, M. G., Prieto, C., & Pyrcz, T. (2019). Island biogeography in continental areas: inferring dispersal based on distributional patterns of Pronophilina butterflies (Nymphalidae: Satyrinae) in the

- north Andean massifs. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, e902796. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2796>
- Marín, M. A., Álvarez, C. F., Giraldo, C. E., Pycrz, T. W., Uribe, S. I., & Vila, R. (2014). Mariposas en un bosque de niebla andino periurbano en el valle de Aburrá, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 200-208.
- Marín, M. A., Giraldo, C. E., Marín, A. L., Álvarez, C. F., & Pycrz, T. W. (2015). Differences in butterfly (Nymphalidae) diversity between hillsides and hilltop forest patches in the northern Andes. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 50(3), 194-203.
- Martins, L. P., Junior, A., Da-Costa, E., Martins, A. R. P., Duarte, M., & Azevedo, G. G. (2017). Species diversity and community structure of fruit-feeding butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae) in an eastern Amazonian Forest. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 57(38), 481-489.
- Montero, F., Moreno, M., & Gutiérrez, L. C. (2009). Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) asociadas a fragmentos de bosque seco tropical en el departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 13(2), 157-173.
- Montero, F., & Ortiz, M. (2013). Aporte al conocimiento para la conservación de las mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) en el Páramo del Tablazo, Cundinamarca (Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos de Historia Natural*, 17(2), 197-227.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. P. (2011). Reanalizando la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1249-1261.
- Murillo-P., A., Robayo-Ch., G., & Mahecha-J., O. (2018). Mariposas asociadas a humedales en el municipio de Soacha, Cundinamarca, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 46(182), 207-219.
- Oksanen, J., Guillaume, F., Blanchet, Friendly, B. M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P. M., Stevens, H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2019). *Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-6*. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliver, T., Roy, D. B., Hill, J. K., Brereton, T., & Thomas, C. D. (2010). Heterogeneous landscapes promote population stability. *Ecology Letters*, 13, 473-484.
- Ospina, L. A., García, J. F., Villa, F. A., & Reinoso, G. (2010). Mariposas Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) de la cuenca del Río Coello (Tolima), Colombia. *Acta Biológica*, 32(93), 173-188.
- Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N., Raven, P. H., Roberts, C. M., & Sexton, J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344, 987-997.
- Prieto, C. H. (2003). Satírinos (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae) del Parque Nacional Natural Munchique. Diversidad de especies y distribución altitudinal. *Revista Colombiana de Entomología*, 29, 203-210.
- Primack, R. B. (2006). Essentials of Conservation Biology. Habitat destruction. *Ecoscience*, 14, 133-134. <https://doi.org/10.2980/1195-6860>
- Pycrz, T. W., & Wojtusiak, J. (2002). The vertical distribution of pronophiline butterflies (Nymphalidae, Satyrinae) along a elevational transect in Monte Zerpa (Cordillera de Mérida, Venezuela) with remarks on their diversity and parapatric distribution. *Global Ecology Biogeography*, 11, 211-221.
- Pycrz, T. W. (2004). Pronophiline butterflies of the highlands of Chachapoyas in northern Peru: faunal survey, diversity, and distribution patterns (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae). *Genus*, 15, 455-622.
- Pycrz, T. W., & Rodríguez, G. (2007). Mariposas de la tribu Pronophilini en la cordillera occidental de los andes de Colombia (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 35(140), 455-489.
- Pycrz, T. W., & Viloría, A. (2007). Erebiine and pronophiline butterflies of the Serranía del Tamá, Venezuela-Colombia border (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). *Tropical Lepidoptera*, 15(1-2), 18-52.
- Pycrz, T. W., Wojtusiak, J., & Garlacz, R. (2009). Diversity and distribution patterns of Pronophilina butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae) along an altitudinal transect in north-western Ecuador. *Neotropical Entomology*, 38(6), 716-726.
- Pycrz, T. W., Viloría, A. L., Lamas, G., & Boyer, P. (2011). La fauna de mariposas de la subfamilia Satyrinae del macizo del Ampay (Perú): diversidad, endemismo y conservación (Lepidoptera: Nymphalidae). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 39(154), 205-232.

- Pyrcz, T. W., & Garlacz, R. (2012). The presence-absence situation and its impact on the assemblage structure and interspecific relations of Pronophilina butterflies in the Venezuelan Andes (Lepidoptera: Nymphalidae). *Neotropical entomology*, 41(3), 186-195.
- Pyrcz, T. W., Prieto, C., Viloría, A. L., & Andrade-C., G. (2013). New species of high elevation cloud forest butterflies of the genus *Pedaliodes* Butler from the northern Colombian Andes (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyriinae). *Zootaxa*, 3716(4), 528-538.
- Pyrcz, T. W., Clavijo, A., Uribe, S., Marin, M. A., Alvarez, C. F., & Zubek, A. (2016). Páramo de Belmira as an important centre of endemism in the northern Colombian Andes: New evidence from Pronophilina butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyriinae, Satyrini). *Zootaxa*, 4179(1), 77-102.
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ramírez-Restrepo, L., & Macgregor-Fors, I. (2017). Butterflies in the city: a review of urban diurnal Lepidoptera. *Urban ecosystems*, 20(1), 171-182.
- Spaniol, R. L., Duarte, L. D. S., Mendonça Jr, M. D. S., & Iserhard, C. A. (2019). Combining functional traits and phylogeny to disentangling Amazonian butterfly assemblages on anthropogenic gradients. *Ecosphere*, 10(8), e02837.
- Spaniol, R. L., Mendonça, M. D. S., Hartz, S. M., Iserhard, C. A., & Stevens, M. (2020). Discolouring the Amazon Rainforest: how deforestation is affecting butterfly coloration. *Biodiversity and Conservation*, 29, 2821-2838. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01999-3>
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M., & Jeltsch, F. (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of biogeography*, 31, 79-92.
- Uehara-Prado, M., Brown Jr, K. S., & Freitas, A. V. L. (2007). Species richness, composition, and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: comparison between a fragmented and a continuous landscape. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 43-54.
- Urbano, P., Munevar, J., Mahecha-J., O., & Hincapié, E. (2014). Diversidad y estructura de las comunidades de Lepidoptera en la zona del ecotono entre el piedemonte llanero y sabana inundable en Casanare-Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 42(167), 433-437.
- Urbano, P., Mahecha-J., O., Suárez, E., Izquierdo, V., & Díaz-S, V. (2018). Variación temporal del ensamblaje de mariposas asociadas a la Cuenca de la Calabozza, Yopal, Casanare, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 46(184), 533-550.
- Viloría, A. L. (2007). The Pronophilina: Synopsis of their biology and systematics (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyriinae). *Tropical Lepidoptera Research*, 15(1-2), 1-17.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa inventarios de Biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Warren, A. D., Davis, K. J., Stangeland, E. M., Pelham, J. P., & Grishin, N. V. (2013). *Illustrated Lists of American Butterflies*. <http://www.butterfliesofamerica.com/>
- Xu, M., Ma, L., Yanyan, Y., & Liu, M. (2017). Integrating the effects of latitude and altitude on the spatial differentiation of plant community diversity in a mountainous ecosystem in China. *PLoS ONE*, 12(3), e0174231. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174231>
- Zar, J. H. (1974). *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall Inc.

*Vanessa Díaz-Suárez
 Nature Education Centre
 Jagiellonian University
 ul. Gronostajowa, 5
 PL-30-387 Kraków
 POLONIA / POLAND
 E-mail: diazsvane@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2938-2324>

y / and

Grupo en Ecología Evolutiva y Biogeografía Tropical ECOBIT
Universidad INCCA de Colombia
Bogotá
COLOMBIA / *COLOMBIA*

y / and

Semillero en Biogeografía y Ecología Evolutiva Neotropical BEEN
Universidad Distrital F. J. C.
Bogotá
COLOMBIA / *COLOMBIA*

Oscar Mahecha-J.
Nature Education Centre
Jagiellonian University
ul. Gronostajowa, 5
PL-30-387 Kraków
POLONIA / *POLAND*
E-mail: oscarmahecha23@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8682-0020>

y / and

Instituto de Ciencias Naturales ICN
Universidad Nacional de Colombia
Carrera 30, No. 45-03
Bogotá D. C.
COLOMBIA / *COLOMBIA*

y / and

Grupo en Ecología Evolutiva y Biogeografía Tropical ECOBIT
Universidad INCCA de Colombia
Bogotá
COLOMBIA / *COLOMBIA*

Miguel Gonzalo Agrade-C.
Instituto de Ciencias Naturales ICN
Universidad Nacional de Colombia
Carrera 30, No. 45-03
Bogotá D. C.
COLOMBIA / *COLOMBIA*
E-mail: mgandradec@unal.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-9181-4653>

Tomasz W. Pyrcz
Nature Education Centre
Jagiellonian University
ul. Gronostajowa, 5
PL-30-387 Kraków
POLONIA / *POLAND*
E-mail: tomasz.pyrcz@uj.edu.pl
<https://orcid.org/0000-0003-4822-0670>

y / and

Department of Invertebrate Evolution
Institute of Zoology and Biomedical Research
Jagiellonian University
ul. Gronostajowa, 9
PL-30-387 Kraków
POLONIA / *POLAND*

*Autor para la correspondencia / *Corresponding author*

(Recibido para publicación / *Received for publication* 11-III-2021)

(Revisado y aceptado / *Revised and accepted* 5-V-2021)

(Publicado / *Published* 30-XII-2022)

Derechos de autor © SHILAP: Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0). / **Copyright** © SHILAP: *This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License.*