



Ecología

Aporte del área de influencia del páramo de Belmira (Santa Inés) a la diversidad regional de Pronophilina (Lepidoptera: Satyrinae) del norte de los Andes

Contribution of the influence area of the Páramo de Belmira (Santa Inés) to the regional diversity of Pronophilina (Lepidoptera: Satyrinae) of the northern Andes

Carlos Federico Álvarez-Hincapié^{a,b,*}, Alejandra Clavijo^b, Héctor Rojas^c, Sandra Uribe^b, Tomasz W. Pyrcz^d y Mario Alejandro Marín^{b,e}

^a Corporación Universitaria Lasallista, Carrera 51 Núm. 118 sur 57, Caldas, Antioquia, Colombia

^b Grupo de Investigación en Sistemática Molecular, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Calle 59A Núm. 63-20, bloque 16-102, Medellín, Colombia

^c DMI Belmira, Alcaldía Municipal, Carrera 21 #19-43, Belmira, Antioquia, Colombia

^d Zoological Museum, Jagiellonian University, Gronostajowa 5, 30-387, Kraków, Polonia

^e Programa de Pós Graduação em Ecologia, Departamento de Biologia Animal, Universidade Estadual de Campinas, 6109 Campinas, São Paulo, 13083-970, Brasil

Recibido el 20 de julio de 2016; aceptado el 10 de enero de 2017

Disponible en Internet el 2 de mayo de 2017

Resumen

La diversidad biológica no está uniformemente distribuida en la tierra, existiendo sitios más relevantes en virtud de sus propiedades intrínsecas o de sus contextos evolutivos y/o biogeográficos. Los Andes tropicales son reconocidos a nivel global por su alta diversidad y endemismos, y al mismo tiempo por los altos niveles de presiones antrópicas. En el presente estudio se evaluó la diversidad de mariposas Pronophilina, dominantes en riqueza de especies y abundancia en las partes altas de los Andes, en el área de influencia del páramo de Belmira, Antioquia, Colombia, al norte de la Cordillera Central. Se evaluó el aporte de esta área a la diversidad de mariposas altoandinas comparada con la reportada para el norte de los Andes tropicales. Se encontró un total de 50 especies de la subtribu Pronophilina, lo que representa cerca de la cuarta parte de la riqueza de especies del grupo conocidas para Colombia y del 10% de la riqueza global de la misma, incluyendo especies únicas y de distribución restringida. Los presentes resultados aportan evidencias sobre la importancia de las formaciones montañosas aisladas en el extremo norte de los Andes, reforzando la idea de que el páramo de Belmira es un componente clave para la conservación de la diversidad de las mariposas altoandinas a nivel regional, que amerita mayores medidas para su conservación y estatus de protección.

© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Palabras clave: Bosque de niebla; Conservación; Cordillera Central; Satyrinae; Nymphalidae

Abstract

Biodiversity is not uniformly distributed on earth, with sites more relevant than others, due to their intrinsic properties or their evolutionary and/or biogeographical context. The tropical Andes are globally acknowledged for their importance for preserving high biodiversity and endemism, and at the same time by the high level of anthropogenic pressure. In this study, we assessed the subtribe Pronophilina butterfly diversity, the dominant group in species richness and abundance in the higher Andes, in the influence area of the Páramo de Belmira, Antioquia, Colombia, in the northern

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: carlosfederico.lasallista@gmail.com (C.F. Álvarez-Hincapié).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

part of the Central Cordillera. The contribution of this area to the overall regional Andean butterfly diversity reported for the northern tropical Andes was assessed. In Belmira, 50 Pronophilina species were found, representing approximately one fourth of the known Colombian species of this subtribe and 10% of the overall richness, including unique and geographically restricted species. These results provide evidence on the importance of isolated mountain formations in the northern end of the Andes and confirm the assumption that the Páramo de Belmira is a key conservation component for the high Andean butterfly diversity at the regional level, deserving stronger conservation actions and protection status. © 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords: Cloud forest; Central Cordillera; Conservation; Satyrinae; Nymphalidae

Introducción

Los Andes tropicales han sido reconocidos como una de las regiones más relevantes a nivel global en términos de biodiversidad, siendo propuestos como uno de los puntos claves globales («hot-spot»), debido a su alta variabilidad y tasas de endemismo en plantas y vertebrados (Myers, Mittermeier, Mittermeier, da Fonseca y Kent, 2000). Esto mismo aplica para insectos, dentro de los cuales el orden Lepidoptera, con grupos como Geometridae (Brehm, Pitkin, Hilt y Fiedler, 2005), Ithomiini (Chazot et al., 2016) y Arctiidae (Hilt, 2005), presenta una alta diversidad en esta región. Asimismo, para la superfamilia Papilionoidea se ha reportado una gran diversidad y un alto número de endemismos, particularmente en las partes altas de las montañas y en los macizos más aislados (Adams, 1984, 1985; Adams y Bernard, 1977, 1979; Chazot et al., 2016; Espeland et al., 2015; Robbins y Busby, 2008; Vilorio, 2003), presentando un amplio número de especies con rangos altitudinales restringidos (Casner y Pyrcz, 2010; Pyrcz, Wojtusiak y Garlacz, 2009). Esto ha llevado al desarrollo de ensambles de especies únicas entre las diferentes cadenas montañosas (Marín, Giraldo, Marín, Álvarez y Pyrcz, 2015; Pyrcz, 2004; Pyrcz y Garlacz, 2012; Pyrcz, Vilorio, Lamas y Boyer, 2011), siendo Satyrinae la subfamilia más destacada (Adams, 1973), con un gran número de especies endémicas, particularmente en la subtribu Pronophilina, y en algunos grupos de Lycaenidae, Pieridae y Biblidinae, que también presentan una amplia diversificación en las partes altas de los Andes (Adams, 1985, 1986; Bollino y Costa, 2007; Prieto, 2011; Pyrcz, 2004; Pyrcz y Rodríguez, 2007; Robbins y Busby, 2008).

Las formaciones aisladas al norte de los Andes, como la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá (Adams, 1985), se comportan como islas intracontinentales para muchos grupos de lepidópteros que se adaptaron a las partes más elevadas, lo que ocurre también en las cadenas montañosas. Por ejemplo, en la Cordillera Occidental, el nivel de endemismo de las mariposas de la subtribu Pronophilina es de un 25%, habitando principalmente en las zonas de subpáramo y páramo (Pyrcz y Rodríguez, 2007). En este mismo sentido, para el norte de la Cordillera Central es de esperarse que los bosques altoandinos y páramos de las regiones montañosas más aisladas alberguen una considerable riqueza y endemismo de especies, conformando probables centros locales de endemismo para mariposas (Pyrcz y Rodríguez, 2006; Pyrcz et al., 2016). En el presente estudio se analizó la importancia del área de influencia del páramo de Belmira, también conocido como páramo de Santa Inés, última formación montañosa con más de 3,000 m de altura en el extremo norte

de la Cordillera Central, estableciendo su aporte a la diversidad regional de Pronophilina del norte de los Andes.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el área de influencia del páramo de Belmira, en adelante denominada como Belmira, ubicada en el extremo norte de la Cordillera Central de los Andes en Colombia, (6°35′-6°51′ N, 75°47′-75°38′ O), a 32 km al noroccidente de la ciudad de Medellín, departamento de Antioquia, y distante de otras formaciones montañosas similares en la Cordillera Central, como el páramo de Sonsón a más de 100 km, y de la Cordillera Occidental, como del Nudo de Paramillo y el páramo de Frontino-Urrao, a más de 50 km. El área está incluida en el Distrito de Manejo Integrado del Sistema de Páramos y Bosques del Noroccidente Medio Antioqueño (DMI-SPBNMA), figura de conservación y de manejo mixto, la cual comprende cerca de 42,600 ha, donde el 14.54% de la cobertura original se ha transformado (IAvH, 2013). Incluye zonas de bosque muy húmedo montano bajo (bmh-Mb) y bosque pluvial montano (bp-Mp) (Espinal, 1985), con áreas denominadas como subpáramo (> 3,000 m), presentando precipitaciones entre los 1,900 y los 2,200 mm anuales en un régimen monomodal (CORANTIOQUIA, 1999; Morales et al., 2007).

El inventario se efectuó entre junio del 2011 y abril del 2014, con 133 días de campo desarrollados de forma alternante entre 12 localidades situadas desde 2,650 a 3,300 m, con coberturas vegetales de pastizal, de bosque de niebla, de páramo y de mosaico, que incluyen pastos, bosques y diferentes estadios sucesionales de regeneración natural. De forma similar a Marín, Álvarez, Giraldo, Pyrcz y Uribe (2014), trabajando entre las 8 a.m. y 4 p.m., con 2-3 equipos de 2 personas por jornada por localidad, se efectuaron capturas con red entomológica y trampas Van Someren-Rydon cebadas con pescado en descomposición, banano fermentado y coprocebo. Se ubicaron en promedio 8 trampas por localidad, con un muestreo mínimo por cobertura de 28 días, alcanzando un esfuerzo total de muestreo cercano a 4,500 h.

El procesamiento del material se realizó en el Laboratorio de Biología y Sistemática de Insectos, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, con la colaboración del Zoological Museum of the Jagiellonian University en Cracovia, Polonia. Posteriormente, los ejemplares fueron depositados en la colección del Museo Entomológico Francisco Luis Gallego (MEFLG) de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, con copias en la colección del Instituto Alexander von Humboldt

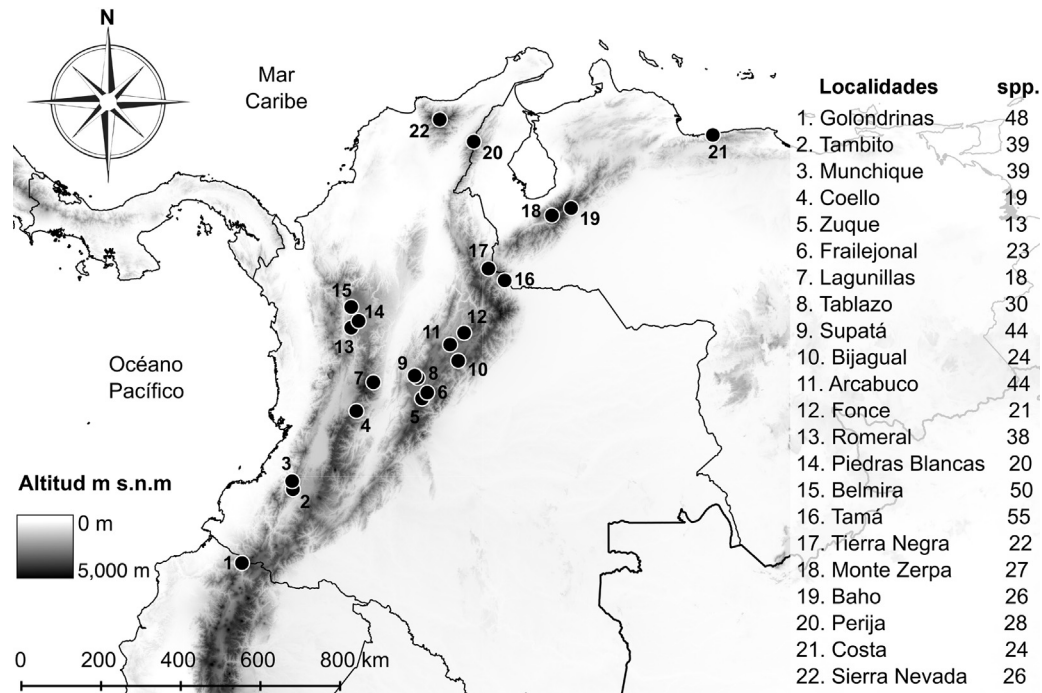


Figura 1. Riqueza de Pronophilina al norte de los Andes.

(Villa de Leyva). Los ejemplares en su mayoría fueron identificados a especie, empleando fuentes de información como De Vries (1987), Lewis (1975), Pulido y Parrales (2009), Valencia, Gil y Constantino (2005), Warren, Davis, Stangeland, Pelham y Grishin (2014), y comparados con los ejemplares depositados en el MEFLG.

Para estimar la representatividad y eficiencia del muestreo, se construyeron curvas de acumulación de especies y estimadores de diversidad (Colwell y Coddington, 1994) con el programa EstimateS 8.2 (Colwell, 2009), lo que se complementó con el cálculo de la completitud de muestreo empleando la plataforma en línea iNEXT (<http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download/inext-online/>) (Hsieh, Ma y Chao, 2013).

Para comparar el ensamble de especies de Belmira con otras localidades ubicadas al norte de los Andes, se consideró a la subtribu Pronophilina a partir de los inventarios presentados en referencias bibliográficas, en zonas que incluyeran muestreos sobre los 2,000 m (fig. 1). La comparación, dadas las diferencias metodológicas y la disponibilidad de datos de las fuentes de información secundarias, se basó en la riqueza (presencia-ausencia) de especies, contabilizando las especies por localidad y registrando sus aportes por especies únicas.

Se exploraron las diferencias entre los ensambles de mariposas del área de Belmira con los demás sitios, efectuando una comparación de la diferenciación pareada entre localidades a través de la partición aditiva en 3 diferentes componentes de la diversidad beta (β), $\beta_{sor} = \beta_{sim} + \beta_{nes}$ (Baselga, 2010). β_{sor} es la diferencia general en la composición entre sitios y es un resultado de la suma del reemplazo (β_{sim}) y la diferencia en riqueza de especies (β_{nes}). Igualmente se calculó el índice de Jaccard, generando un dendrograma de similitud

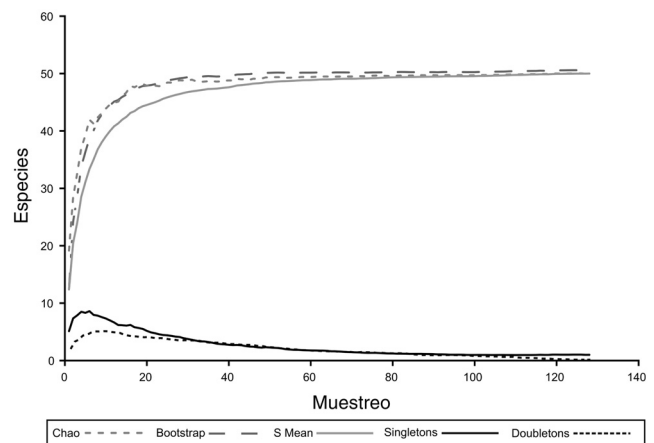


Figura 2. Curva de acumulación de especies.

y un escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), explorando el agrupamiento por similitud entre las localidades. Estos análisis fueron realizados con el software R empleando la librería «vegan» (Oksanen et al., 2016).

Resultados

Un total de 50 especies de Pronophilina fueron registradas en Belmira (tabla 1). Cinco especies componen más del 50% de los individuos registrados: *Pedaliodes obstructa* (14.79%), *Pedaliodes baccara* (10.9%), *Panyapedaliodes drymaea* (10.40%), *Altopedaliodes kruegeri* (10.01%) y *Eretris apuleja* (5.16%). Las curvas de acumulación de especies y estimativos de diversidad presentaron una tendencia asintótica con un decrecimiento

Tabla 1
Diversidad y abundancias relativas de mariposas Satyrinae en el área de Belmira.

Especie	Abundancia proporcional	Especie	Abundancia proporcional
<i>Altopedaliodes kruegeri</i>	10.01	<i>Mygona irmina</i>	0.04
<i>Apexacuta orsedice</i>	0.20	<i>Panyapedaliodes drymaea</i>	10.40
<i>Corades chelonis</i>	2.57	<i>Panyapedaliodes jephtha</i>	0.04
<i>Corades chirone</i>	0.35	<i>Panyapedaliodes rojasi</i>	0.77
<i>Corades cybele</i>	0.35	<i>Panyapedaliodes phila</i>	0.91
<i>Corades dymantis</i>	0.30	<i>Panyapedaliodes silpa</i>	0.20
<i>Corades medeba</i>	0.45	<i>Pedaliodes baccara</i>	10.90
<i>Daedalma dinias</i>	0.86	<i>Pedaliodes griseola</i>	0.16
<i>Eretris apuleja</i>	5.15	<i>Pedaliodes hebena</i>	0.47
<i>Eretris ocellifera</i>	0.14	<i>Pedaliodes nutabe</i>	0.76
<i>Forsterinaria difficilis</i>	1.10	<i>Pedaliodes negreti</i>	0.01
<i>Forsterinaria rustica</i>	3.29	<i>Pedaliodes obstructa</i>	14.79
<i>Hermeuptychia harmonia</i>	0.01	<i>Pedaliodes peucestas</i>	1.73
<i>Junea doraete</i>	1.08	<i>Pedaliodes phaedra</i>	2.99
<i>Junea dorinda</i>	0.30	<i>Pedaliodes pimienta</i>	0.08
<i>Lasiophila circe</i>	1.43	<i>Pedaliodes pollonia</i>	3.29
<i>Lasiophila prosymna</i>	2.62	<i>Pedaliodes polusca</i>	2.87
<i>Lasiophila zapatoza</i>	0.44	<i>Pedaliodes porcia</i>	2.48
<i>Lymanopoda albocincta</i>	0.07	<i>Pedaliodes praemontagna</i>	2.82
<i>Lymanopoda altis</i>	1.26	<i>Pedaliodes praxithea</i>	0.10
<i>Lymanopoda ionius</i>	0.38	<i>Pedaliodes rodriguezii</i>	1.57
<i>Lymanopoda labda</i>	0.64	<i>Proboscis propylea</i>	0.08
<i>Lymanopoda obsoleta</i>	0.19	<i>Pronophila epidipnis</i>	4.53
<i>Lymanopoda casneri</i>	0.16	<i>Pseudomaniola loxo</i>	0.19
<i>Manerebia germaniae</i>	0.54	<i>Steremnia monachella</i>	0.77
<i>Manerebia inderena</i>	0.23	<i>Steremnia selva</i>	0.94
<i>Morpho sulkowskyi</i>	0.49	<i>Steroma bega</i>	1.26

gradual de «singletons» y «doubletons» (fig. 2), mientras que la estimación de la cobertura de muestreo fue del 0.99.

El área de Belmira presentó el segundo mayor número de especies al norte de los Andes después del Tamá, ubicada en la Cordillera Oriental, con 55 especies. Igualmente fue una de las localidades con mayor número de especies únicas y reducida presencia regional (tabla 2). Del análisis de diversidad beta se puede observar una amplia disimilitud de Belmira con otras localidades, con un valor de $\beta_{sor} > 0.50$, a excepción de Romeral que fue de 0.32. Los valores de β_{sim} y β_{nes} indican que hay un alto reemplazo de especies entre Belmira y las otras localidades ($\beta_{sim} > 0.41$), con una baja diferencia en la proporción de la riqueza entre localidades ($\beta_{nes} < 0.29$) con respecto al área de estudio.

El análisis de agrupamiento presentó a la Sierra Nevada de Santa Marta como una unidad aislada. Asimismo, presentó una muy baja similitud de las localidades, entre el 20 y el 40% (fig. 3a), con excepción de El Baho y Monte Zerpa, en Venezuela, que comparten todas sus especies menos una. En el nMDS (fig. 3b) se evidenció una cercanía entre localidades de la Cordillera Oriental y de las zonas aisladas al norte de Colombia y Venezuela, aunque con niveles de similitud bajos entre todas las localidades.

Discusión

En el presente estudio, se logró determinar la relevancia del área de influencia del páramo de Belmira para la conservación de mariposas altoandinas y su aporte a la diversidad regional del

norte de los Andes, a nivel de composición de especies y en la diferenciación con otras áreas del norte de los Andes.

Se ha señalado que las zonas montañosas de los Andes presentan una reducida diversidad de especies en comparación con las zonas bajas adyacentes (Shapiro, 1992). Aun así, el número de especies registradas en Belmira aparece como representativo de la zona, según lo indican las curvas de acumulación (fig. 2) y la estimación de la cobertura de muestreo. Se destaca la importancia del muestreo a largo plazo en la zona, habiéndose encontrado especies poco representadas geográficamente, como *Pedaliodes hebena*, *Pedaliodes pimienta* o *Pedaliodes rodriguezii*, así como especies nuevas para la ciencia denominadas *Lymanopoda casneri*, *Panyapedaliodes rojasi* y *Pedaliodes nutabe* (Pyrz et al., 2016).

Pyrz, Willmott, Garlacz, Boyer y Gareca (2014) señalan que la edad geológica de los Andes y la estacionalidad climática explican la mayor parte de la variación en la riqueza de especies de mariposas. La heterogeneidad espacial de Belmira, asociada a su ubicación geográfica en la zona más al norte de la Cordillera Central, así como la cercanía al cañón del río Cauca, límite con la Cordillera Occidental y al Altiplano norte Antioqueño en la Cordillera Central, podrían relacionarse con la riqueza encontrada en la zona de investigación. Se ha señalado que la existencia de áreas por encima de 2,000 m así como la profundidad de los valles adyacentes a las zonas de montaña pueden tener una alta influencia en la diversidad de especies y los endemismos (Vilorio, 2002), elementos presentes en el área de estudio.

Los resultados demuestran que Belmira es un importante componente de la diversidad de especies a nivel regional al norte

Tabla 2
Comparación de la composición de especies de Pronophilina del área de estudio (Belmira) con diferentes localidades al norte de los Andes, con disimilitud de Sørensen (β_{sor}), disimilitud de Simpson (β_{sim}) y disimilitud anidada (β_{nes}).

Localidad	β_{sor}	β_{sim}	β_{nes}	Sp.	Sp. únicas	Cordillera	Coordenadas	Altitud (m)	Fuente
Golondrinas	0.63	0.62	0.01	48	14	Ecuador	0°49' N 78°08' O	1,600-2,600	Pyrzcz et al., 2009
Tambito	0.66	0.61	0.05	39	2	Occidental	2°29' N 76°59' O	1,700-2,400	Pyrzcz y Wojtusiak, 1999
Munchique	0.59	0.52	0.07	39	4	Occidental	2°40' N 77°00' O	580-3,100	Prieto, 2003
Río Coello	0.74	0.53	0.21	19	3	Central	4°15' N 75°33' O	433- 3,600	García-Pérez, Ospina-López, Villa-Navarro y Reinoso-Flórez, 2007
Zuque	0.84	0.61	0.23	13	0	Oriental	4°32' N 74°04' O	2,600-3,200	Mahecha-Jiménez, Dumar-Rodríguez y Pyrcz, 2011
Frailejonal	0.75	0.61	0.14	23	2	Oriental	4°40' N 73°57' O	2,970-3,259	Díaz-Suárez, Mahecha-Jiménez y Pyrcz, 2014
Río Lagunillas	0.68	0.39	0.29	18	0	Central	4°54' N 75°10' O	345-2,950	Ospina-López, 2014
Tablazo	0.73	0.64	0.09	30	1	Oriental	5°00' N 74°10' O	3,000-3,500	Montero y Ortiz, 2013
Supatá	0.62	0.59	0.03	44	1	Oriental	5°03' N 74°14' O	2,100-3,200	Mahecha-Jiménez, Díaz-Suárez y Pyrcz, 2014
Macizo Bijagual	0.76	0.63	0.13	24	1	Oriental	5°23' N 73°15' O	2,952-3,100	Parrales, 2012
Arcabuco	0.55	0.52	0.03	44	0	Oriental	5°45' N 73°26' O	2,200-3,000	Pulido y Parrales, 2009
Fonce	0.77	0.61	0.16	21	3	Oriental	6°01' N 73°07' O	2,000-3,000	Erazo, 2009
Romeral	0.32	0.21	0.11	38	0	Central	6°08' N 75°40' O	2,500-2,900	Marín et al., 2014
Piedras Blancas	0.69	0.45	0.24	20	0	Central	6°17' N 75°30' O	2,250-2,700	Vélez, Duque y Wolff, 2009
Belmira	–	–	–	50	9	Central	6°36' N 75°40' O	2,650-3,300	Presente estudio
Tamá	0.60	0.58	0.02	55	5	Oriental	7°12' N 72°12' O	1,000-3,350	Pyrzcz y Viloría, 2007
Tierra Negra	0.64	0.41	0.23	22	1	Oriental	7°28' N 72°34' O	2,678-3,600	Olarte, 2013
Monte Zerpa	0.77	0.67	0.10	27	1	Oriental Venezuela	8°40' N 71°8' O	2,250-3,050	Pyrzcz y Garlacz, 2012
El Baho	0.76	0.65	0.11	26	0	Oriental Venezuela	8°50' N 70°42' O	2,450-3,100	Pyrzcz y Garlacz, 2012
Serranía del Perijá	0.77	0.68	0.09	28	11	Oriental Venezuela	10° 20' N 72° 54' O	2,800-3,500	Pulido y Andrade, 2007
Serranía de la Costa	0.86	0.79	0.07	24	6	Venezuela	10° 29' N 67° 30' O	1,000-2,765	Viloría, Pyrcz y Orellana, 2010
S. N. Santa Marta	0.87	0.81	0.06	26	15	Sierra	10° 50' N 73° 40' O	800-3,500	Adams y Bernard, 1977

Datos ordenados según la latitud. Las coordenadas y alturas deben considerarse como referencias generales de área, se tomaron a partir de las fuentes, estimándose a partir de conocimiento propio o de información secundaria no citada sobre las zonas.

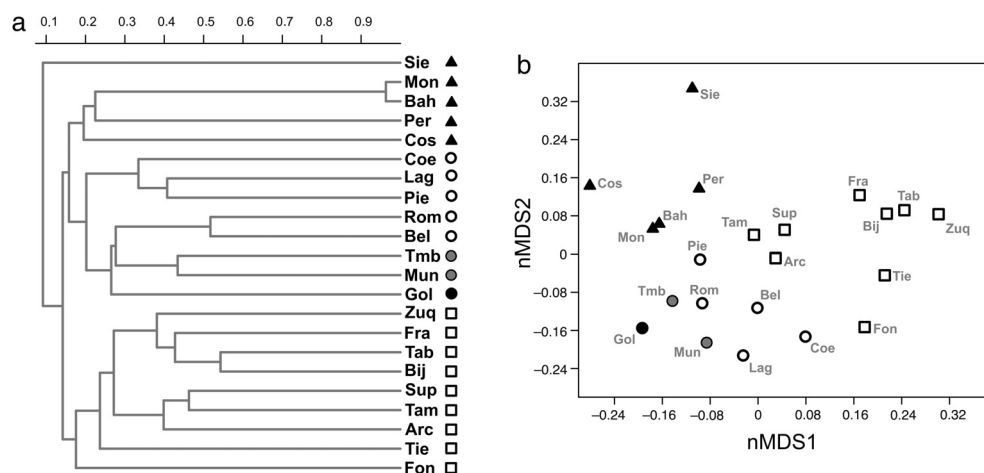


Figura 3. a) Análisis de agrupamientos (Índice de Sørensen) de especies de Pronophilina al norte de los Andes. b) Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS).

Arc: Arcabuco; Bah: El Baho; Bel: Belmira; Bij: Macizo del Bijagual; Coe: Río Coello; Cos: serranía de la Costa; Fon: Fonce; Fra: Frailejonal; Gol: Golondrinas; Lag: Río Lagunillas; Mon: Monte Zerpa; Mun: Munchique; Per: serranía del Perijá; Pie: Piedras Blancas; Rom: Romeral; Sie: Sierra Nevada de Santa Marta; Sup: Supatá; Tab: Tablazo; Tam: Tamá; Tie: Tierra Negra; Tmb: Tambito; Zuq: Zuque.

de los Andes. Por ejemplo, al comparar Belmira con Romeral y Piedras Blancas, las localidades más cercanas geográficamente, se obtuvo un valor de disimilitud β_{sor} de 0.32 con Romeral y de 0.69 con Piedras Blancas (tabla 2). Adicionalmente, considerando la diferencia en la proporción de la riqueza entre Piedras Blancas y Belmira de $\beta_{nes} = 0.24$, se sugiere que en Piedras Blancas se han perdido especies que están presentes en Belmira, resaltando la relevancia del área de estudio para la conservación de las mariposas de montaña al norte de los Andes.

En especies únicas, Belmira solo fue superado en Colombia por lo encontrado en la Sierra Nevada y por la serranía del Perijá, ambos macizos montañosos aislados de los Andes (fig. 1). Los extremos de las cadenas montañosas o cordilleras suelen presentar composiciones bióticas particulares en sus comunidades (Carlos Prieto, comunicación personal), tal como se ha encontrado en Belmira. El análisis de diversidades beta (fig. 3) enfatiza el aporte de diferentes localidades a la riqueza regional de especies, adicional a lo identificado por el número de especies y por la presencia de especies únicas por localidad.

A escala regional, el norte de los Andes no presentó un patrón latitudinal de riqueza de especies de Pronophilina, a diferencia de lo encontrado a escala continental (Pyrzcz et al., 2014), lo que podría asociarse a patrones biogeográficos específicos de esta región y a diferencias asociadas a las fuentes de información. En varias localidades se encontraron especies únicas, lo cual es coherente con la reducida similitud evidenciada por el análisis de agrupamiento y concordante con la idea de la singularidad de las comunidades de Pronophilina asociadas a áreas montañosas aisladas (Adams, 1985). Asimismo, se destaca la similitud evidenciada por el análisis de agrupamiento y por el nMDS entre Romeral y Belmira con localidades de la Cordillera Occidental distantes geográficamente cerca de 500 km, además del profundo cañón del Cauca. Esto podría asociarse al impacto que tiene el Valle del Magdalena, al ser más amplio y presentar una mayor dificultad para el movimiento de individuos entre la Cordillera Central y la Cordillera Oriental. Los resultados obtenidos

conciernen con Kattan, Franco, Rojas y Morales (2004), en términos de la similitud del occidente de la Cordillera Central con las vertientes del Pacífico de la Cordillera Occidental. En general, la similitud entre comunidades andinas decrece con la distancia y es variable según las capacidades de dispersión y la distribución de las especies de flora y fauna (Anthelme et al., 2014).

El presente estudio resalta la importancia del área de Belmira en la biodiversidad regional de Pronophilina al norte de los Andes tropicales (50 especies), con cerca del 25% de las especies reconocidas para Colombia (208 especies) y del 10% de las reportadas a nivel global (520 especies) (Pyrzcz, Prieto, Viloria y Andrade, 2013). La presencia de especies únicas y de limitada aparición en otras localidades, así como de varias especies nuevas y endémicas (Pyrzcz y Rodríguez, 2006; Pyrcz et al., 2016), hacen de Belmira una zona clave para la conservación de la lepidopterofauna en los Andes.

Muchas de las especies de mariposas altoandinas están distribuidas en estrechas bandas altitudinales (Casner y Pyrcz, 2010; Pyrcz y Wojtusiak, 2002; Pyrcz et al., 2009), presentándose diferencias en los ensambles de especies en diferentes rangos altitudinales. El presente estudio refleja esta variación, mostrando diferencias del ensamble de especies entre zonas inferiores a 3,000-3,100 m (bosque de niebla) con las alturas superiores (páramo), sugiriendo que para el desarrollo de medidas de conservación es necesario incluir el máximo rango altitudinal posible, lo que evidencia la necesidad de fortalecer el estatus de conservación del área del páramo de Belmira incluyendo zonas por debajo de los 2,800 m.

Agradecimientos

A las comunidades locales, al personal del DMI-SPBNMA y entidades del municipio de Belmira, así como a la autoridad ambiental (CORANTIOQUIA) por su colaboración administrativa y en campo. CFAH agradece a la Corporación Universitaria Lasallista, a la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

y a Colciencias (Convocatoria 528/2011), por el apoyo a la investigación y a la formación doctoral. MAM agradece a la FAPESP (2014/16481-0) por la beca para la realización de estudios de posgrado. Gracias al GSM, especialmente a Carlos E. Giraldo, Andrés Rojas, Francisco Restrepo Carrasquilla y Leydi Areiza R. por su apoyo en el campo, laboratorio y análisis. Se agradece a Oscar Mahecha, Carlos Prieto y Dumar Parrales por su aporte de información, así como a los colaboradores y revisores anónimos por sus esfuerzos, comentarios y sugerencias.

Referencias

- Adams, M. J. (1973). Ecological zonation and the butterflies of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Journal of Natural History*, 7, 699–718.
- Adams, M. J. (1984). Northern Andean butterflies—search and research. *The Alpine Journal*, 1984, 90–96.
- Adams, M. J. (1985). Speciation in the pronophiline butterflies (Satyridae) of the northern Andes. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 1(Suplem.), 33–49.
- Adams, M. J. (1986). Pronophiline butterflies (Satyridae) of the three Andean Cordilleras of Colombia. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 87, 235–320.
- Adams, M. J. y Bernard, I. (1977). Pronophiline butterflies (Satyridae) of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Systematic Entomology*, 2, 263–281.
- Adams, M. J. y Bernard, I. (1979). Pronophiline butterflies (Satyridae) of the Serranía de Valledupar, Colombia-Venezuela border. *Systematic Entomology*, 4, 95–118.
- Anthelme, F., Jacobsen, D., Macek, P., Meneses, R. I., Moret, P., Beck, S., et al. (2014). Biodiversity patterns and continental insularity in the tropical High Andes. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 46, 811–828.
- Baselga, A. (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 134–143.
- Bollino, M. y Costa, M. (2007). An illustrated annotated check-list of the species of Catacticta (s.l.) Butler (Lepidoptera: Pieridae) of Venezuela. *Zootaxa*, 1469, 1–42.
- Brehm, G., Pitkin, L. M., Hilt, N. y Fiedler, K. (2005). Montane Andean rain forests are a global diversity hotspot of geometrid moths. *Journal of Biogeography*, 32, 1621–1627.
- Casner, K. L. y Pyrcz, T. W. (2010). Patterns and timing of diversification in a tropical montane butterfly genus, *Lymanopoda* (Nymphalidae, Satyrinae). *Ecography*, 33, 251–259.
- Chazot, N., Willmott, K. R., Condamine, F. L., Freitas, A. V., de-Silva, D. L., Lamas, G., et al. (2016). Into the Andes: multiple independent colonizations drive montane diversity in the Neotropical clearwing butterflies Godyridina. *Molecular Ecology*, 25, 5765–5784.
- Colwell, R. (2009). EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples, Version 8.2 [consultado 30 Abr 2016]. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>
- Colwell, R. y Coddington, J. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 345, 101–118.
- CORANTIOQUIA (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia). (1999). *Conservación, ordenamiento y manejo del Sistema de Páramo y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño*. Medellín: Corantioquia. Diagnóstico biofísico, socio-económico, socio-cultural.
- De Vries, P. J. (1987). *The butterflies of Costa Rica and their natural history. Vol 1. Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Díaz-Suárez, L.V.H., Mahecha-Jiménez, O.J. y Pyrcz, T.W. (2014). Diversidad y distribución altitudinal de las mariposas Pronophilina (Nymphalidae: Satyrinae) asociado a un evento de fragmentación en El Frailejón, Cundinamarca. Asociación Colombiana de Zoología, *IV Congreso colombiano de zoología, La biodiversidad sensible: un patrimonio natural irremplazable*, Cartagena. 1-5 diciembre, Libro de resúmenes [consultado 23 Jun 2015]. Disponible en: <http://www.congresocolombianozoologia.org/docs/IVCCZ.Libro%20resúmenes.1.0.pdf>
- Erazo, M. C. (2009). *Estructura y composición de las comunidades de mariposas en un gradiente altitudinal en un bosque andino (Santander, Colombia) (Trabajo de grado biología)*. Bogotá, DC: Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana.
- Espeland, M., Hall, J. P., de Vries, P. J., Lees, D. C., Cornwall, M., Hsu, Y. F., et al. (2015). Ancient Neotropical origin and recent recolonization: phylogeny, biogeography and diversification of the Riodinidae (Lepidoptera: Papilionoidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 93, 296–306.
- Espinal, L. S. (1985). Geografía ecológica del Departamento de Antioquia (zonas de vida [formaciones vegetales] del Departamento de Antioquia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 38, 5–106.
- García-Pérez, J. F., Ospina-López, L. A., Villa-Navarro, F. A. y Reinoso-Flórez, G. (2007). Diversidad y distribución de mariposas Satyrinae (Lepidoptera: Nymphalidae) en la cuenca del Río Coello, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 55, 645–653.
- Hilt, N. (2005). *Diversity and species composition of two different moth families (Lepidoptera: Arctiidae vs. Geometridae) along a successional gradient in the Ecuadorian Andes (Tesis Doctoral)*. Bayreuth, Alemania: Universität Bayreuth, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften.
- Hsieh, T.C., Ma, K.H. y Chao, A. (2013). iNEXT online: interpolation and extrapolation, Version 1.0 [consultado 5 Abr 2016]. Disponible en: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download/>
- IAVH (Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt). (2013). *Cartografía 2013 de los páramos de Colombia: diversidad, territorio e historia* [consultado 5 Feb 2014]. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/investigacion/ecosistemas-estrategicos/paramos>
- Kattan, G. H., Franco, P., Rojas, V. y Morales, G. (2004). Biological diversification in a complex region: a spatial analysis of faunistic diversity and biogeography of the Andes of Colombia. *Journal of Biogeography*, 31, 1829–1839.
- Lewis, H. L. (1975). *Las mariposas del mundo*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Mahecha-Jiménez, O.J., Díaz-Suárez, L.V. y Pyrcz, T.W. (2014). Efecto del gradiente altitudinal en el ensamblaje de la comunidad de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) en un bosque andino en Cundinamarca. Asociación Colombiana de Zoología, *IV Congreso Colombiano de Zoología, La biodiversidad sensible: un patrimonio natural irremplazable, Cartagena*. 1-5 diciembre, Libro de resúmenes [consultado 23 Jun 2015]. Disponible en: <http://www.congresocolombianozoologia.org/docs/IVCCZ.Libro%20resúmenes.1.0.pdf>
- Mahecha-Jiménez, O. J., Dumar-Rodríguez, J. C. y Pyrcz, T. W. (2011). Efecto de la fragmentación del hábitat sobre las comunidades de Lepidoptera de la tribu Pronophilina a lo largo de un gradiente altitudinal en un bosque andino en Bogotá (Colombia) (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *SHILAP-Revista de Lepidopterología*, 39, 117–126.
- Marín, M. A., Álvarez, C. F., Giraldo, C. E., Pyrcz, T. W. y Uribe, S. I. (2014). Mariposas en un bosque de niebla andino periurbano en el valle de Aburrá, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 200–208.
- Marín, M. A., Giraldo, C. E., Marín, A. L., Álvarez, C. F. y Pyrcz, T. W. (2015). Differences in butterfly (Nymphalidae) diversity between hillsides and hill-top forest patches in the northern Andes. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 50, 194–203.
- Montero, F. y Ortiz, M. (2013). Aporte al conocimiento para la conservación de las mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) en el Páramo del Tablazo, Cundinamarca (Colombia). *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 17, 197–226.
- Morales, M., Otero, J., van der Hammen, J., Torres, A., Cadena, C. E., Pedraza, C. A., et al. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Bogotá, DC: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D. et al. (2016). Vegan: Community ecology package. R package version 2.4-1 [consultado 5 Jun 2016]. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Olarte, C. A. (2013). *Diversidad y estructura de la comunidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en un gradiente*

- altitudinal del Cerro de Tierra Negra, Norte de Santander, Colombia (Tesis). Santander, Colombia: Universidad de Pamplona.
- Ospina-López, L. A. (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) (Tesis de Maestría en Ciencias-Biología)*. Bogotá DC: Universidad Nacional de Colombia.
- Parrales, D. A. (2012). *Caracterización de las comunidades de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperioidea) de tres unidades de paisaje en el Macizo de Bijagual-Boyacá, Colombia (Tesis)*. Boyacá, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Prieto, C. A. (2003). Satirinos (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae) del Parque Nacional Natural Munchique. Diversidad de especies y distribución altitudinal. *Revista Colombiana de Entomología*, 29, 203–210.
- Prieto, C. A. (2011). The genus *Micandra* Staudinger (Lepidoptera: Lycaenidae: Theclinae) in Colombia, with the description of a new species from the Sierra Nevada de Santa Marta. *Zootaxa*, 3040, 55–68.
- Pulido, H. W. y Andrade, M. G. (2007). Mariposas de las partes altas de la Serranía de Perijá. En J. O. Rangel (Ed.), *Colombia diversidad biótica V: la alta montaña de la serranía del Perijá* (pp. 235–248). Bogotá DC: Universidad Nacional de Colombia.
- Pulido, H. y Parrales, D. A. (2009). Listado de especies de las mariposas diurnas (Hesperioidea y Papilionoidea) de Arcabuco (Boyacá, Colombia). *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 15, 191–200.
- Pyrz, T. W. (2004). Pronophilina butterflies of the highlands of Chachapoyas in northern Peru: faunal survey, diversity and distribution patterns (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae). *Genus*, 15, 455–622.
- Pyrz, T. W., Clavijo, A., Uribe, S., Marín, M. A., Álvarez, C. F. y Zubek, A. (2016). Páramo de Belmira as an important center of endemism in the northern Colombian Andes: new evidence from Pronophilina butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae, Satyrini). *Zootaxa*, 4179, 77–102.
- Pyrz, T. W. y 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, 186–195.
- Pyrz, T. W., Prieto, C., Viloría, A. L. y Andrade, G. (2013). Four new species of high elevation cloud forest butterflies of the genus *Pedaliodes* Butler from the northern Colombian Andes (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae). *Zootaxa*, 3716, 528–538.
- Pyrz, T. W. y Rodríguez, G. (2006). Description of a new remarkable species of *Lymanopoda* Westwood and identification of a center of endemism of cloud forest butterflies in Belmira, northern Central Cordillera, Antioquia, Colombia (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). *Genus*, 17, 291–297.
- Pyrz, T. W. y 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, 455–489.
- Pyrz, T. W. y Viloría, A. I. (2007). Erebiine and pronophilina butterflies of the Serranía del Tama, Venezuela-Colombia border (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). *Tropical Lepidoptera*, 15, 18–52.
- Pyrz, T. W., Viloría, A. L., Lamas, G. y 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, 205–232.
- Pyrz, T. W., Willmott, K., Garlacz, R. L., Boyer, P. y Gareca, Y. (2014). Latitudinal gradient and spatial covariance in species richness of tropical Lepidoptera in the Andes. *Insect Conservation and Diversity*, 7, 355–364.
- Pyrz, T. W. y Wojtusiak, J. (1999). Mariposas de la tribu Pronophilini de la Reserva forestal Tambito, Cordillera occidental, Colombia. Segunda parte. Patrones de distribución altitudinal (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *Shilap. Revista de Lepidopterología*, 27, 203–213.
- Pyrz, T. W. y Wojtusiak, J. (2002). The vertical distribution of pronophilina butterflies (Nymphalidae, Satyrinae) along an elevational transect in Monte Zepa (Cordillera de Mérida, Venezuela) with remarks on their diversity and parapatric distribution. *Global Ecology and Biogeography*, 11, 211–221.
- Pyrz, T. W., Wojtusiak, J. y Garlacz, R. (2009). Diversity and distribution patterns of Pronophilina butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae) along a north-western Ecuador. *Neotropical Entomology*, 38, 716–726.
- Robbins, R. y Busby, R. (2008). Phylogeny, taxonomy, and sympatry of *Timaeta* (Lycaenidae: Theclinae: Eumaeini): an Andean montane forest endemic. *Tijdschrift voor Entomologie*, 151, 205–233.
- Shapiro, A. M. (1992). Why are there so few butterflies in the high Andes? *Journal of Research on the Lepidoptera*, 31, 35–56.
- Valencia, C. A., Gil, Z. N. y Constantino, L. M. (2005). *Mariposas diurnas de la zona central cafetera colombiana*. Chinchiná: CENICAFÉ.
- Vélez, A., Duque, P. y Wolff, M. (2009). *Mariposas del Parque Ecológico Piedras Blancas: guía de campo*. Medellín: Fondo Editorial Comfenalco Antioquia.
- Viloría, A. L. (2002). Limitaciones que ofrecen distintas interpretaciones taxonómicas y biogeográficas al inventario de lepidópteros hiperdiversos de las montañas neotropicales y a sus posibles aplicaciones. En C. Costa, S. A. Vanin, J. M. Lobo, y A. Melic (Eds.), *M3m: monografías tercer milenio 2* (pp. 173–190). Caracas: PRIBES.
- Viloría, A. L. (2003). Historical biogeography and the origins of the Satyrine butterflies of the tropical Andes (Lepidoptera: Rhopalocera). En J. J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (Eds.), *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía* (pp. 247–261). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Viloría, A. L., Pyrz, T. W. y Orellana, A. (2010). A survey of the Neotropical montane butterflies of the subtribe Pronophilina (Lepidoptera, Nymphalidae) in the Venezuelan Cordillera de la Costa. *Zootaxa*, 2622, 1–41.
- Warren, A. D., Davis, K. J., Stangeland, E. M., Pelham, J. P. y Grishin, N. V. (2014). Illustrated lists of American butterflies (North and South America) [consultado 20 Abr 2014]. Disponible en: <http://butterfliesofamerica.com/L/Neotropical.htm>