

MARIPOSAS PIERIDAE (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) DE LA CUENCA DEL RÍO COELLO (TOLIMA), COLOMBIA

PIERIDAE BUTTERFLIES (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) OF THE COELLO RIVER BASIN
(TOLIMA), COLOMBIA

Leonardo A. Ospina-López^{1,2}, Jack F. García-Pérez^{1,3}, Francisco A. Villa-Navarro^{1,4}, Gladys Reinoso-Flórez^{1,5}

Resumen

Este estudio analiza la composición, riqueza, diversidad y estructura de la familia Pieridae en la cuenca del río Coello, cordillera Central de los Andes, departamento de Tolima (Colombia). Se establecieron 11 estaciones de muestreo localizadas entre los 433 y 3.600 m de altitud, que fueron muestreadas entre marzo y octubre de 2003, teniendo en cuenta tres tipos de hábitat (pradera, borde y bosque), mediante transectos de longitud no definida, entre las 08:00 y las 16:00 h, empleando para ello redes entomológicas. Se calculó el porcentaje de abundancia relativa para subfamilias y especies, además de estimar la riqueza (ICE, Chao1, Jack2 y Bootstrap) y la curva de rarefacción. Se determinó la estructura de la comunidad y se valoró la diversidad por unidad de muestreo. Se registran 42 especies ampliamente distribuidas en todo el gradiente altitudinal. Los estimadores evidenciaron que 44 muestras no son suficientes y se hacen necesarios más muestreos. La comunidad se ajusta a una distribución de serie-log y, la mayor riqueza y diversidad está representada en zonas por debajo de los 2.000 m e influenciada por el período de sequía.

Palabras clave: Colombia, diversidad, estructura, mariposas, Pieridae

Abstract

This study analyzed the composition, richness, diversity, and structure of Pieridae butterflies in the Coello river basin (Tolima), Colombia, located in the Central mountain chain of the Colombian Andes. 11 sampling stations were established, ranging in altitude from 433 to 3600 m. Samples were collected in March and October 2003 using three different habitats for sampling (meadow, edge, and forest). Collections were made from 08:00 to 16:00 h in variable length transects, using entomological nets. Data analyses for determining community structure included calculation of relative abundance percentage for subfamilies and species, richness (ICE, Chao1, Jack2, and Bootstrap), rarefaction curve estimation and diversity valued by sampling unit. 42 butterfly species in this study exhibited a wide altitudinal distribution along the established gradient. The estimators pointed out the 44 samples were insufficient, thus demonstrating the need for increased sampling. The community fit a log-series distribution and it was apparent that the highest richness and diversity was affected by the dry season and existed in zones located below 2.000 m.

Keys words: butterflies, Colombia, diversity, Pieridae, structure

INTRODUCCIÓN

Las mariposas diurnas bioindicadoras de la calidad de los ecosistemas y sensibles a los

cambios de temperatura, humedad, radiación solar y disturbios de sus hábitats, representan una herramienta válida de evaluación del grado de conservación o alteración del medio natural

Recibido: marzo 2010; aceptado: noviembre 2010.

¹ Grupo de Investigación en Zoología (GIZ). Facultad de Ciencias, Universidad de Tolima. A. A. 546. Altos de Santa Elena, Ibagué (Tolima), Colombia.

Correos electrónicos: ² <ospilope@hotmail.com>; ³ <jackdroun@gmail.com>; ⁴ <favilla@ut.edu.co>; ⁵ <greinoso@ut.edu.co>.

(Kremen et al. 1993). En nuestro país, este grupo ha sido estudiado por Adams (1986), Andrade-C. (1993, 1995), Andrade-C. y Amat (1996), Callaghan (1983), Constantino (1995), Salazar (1991a, b, 1995) y, Salazar y Constantino (1995), quienes analizaron aspectos sobre distribución, comportamiento y riqueza de especies. Además, cabe resaltar los trabajos realizados por Álvarez (1993) de un inventario de mariposas diurnas en dos localidades del departamento de Risaralda; Fagua et al. (1999), quienes estudiaron la variación de la riqueza y diversidad en un gradiente altitudinal de la cordillera Oriental; Tobar (2000) analizó la composición regional y local en diferentes relictos de bosque y áreas abiertas en la parte alta de la cuenca del río Roble (Quindío); García-Robledo et al. (2002) realizaron un inventario, incluyendo aspectos de distribución y ecológicos de las mariposas comunes de la cordillera Central; García-Pérez y Ospina-López (2004), un trabajo de diversidad y distribución de mariposas diurnas en la cuenca del río Coello; y, finalmente, Peña-Cerpa (2007) estudió la diversidad y distribución del grupo en la cuenca del río Prado (Tolima).

Cabe mencionar que son pocos los estudios que tienen en cuenta la familia Pieridae; sin embargo, son notables los realizados por De Vries (1987) en Costa Rica y Le Crom et al. (2004) en Colombia, los cuales ofrecen una fuente importante de información sobre este grupo. Esta familia se encuentra ampliamente distribuida en el mundo y contiene 71 géneros y 1.220 especies entre las subfamilias Pierinae, Coliadinae, Dismorphiinae y Pseudopontiinae, las tres primeras con distribución neotropical y la última exclusivamente africana (De Vries 1987). Para Colombia se han reportado 102 especies (Le Crom et al. 2004) y para la cordillera Central se han reportado 27 especies comunes (García-Robledo et al. 2002).

En este estudio se describen aspectos de riqueza, diversidad, distribución y estructura de la

familia Pieridae en la cuenca del río Coello, en el departamento de Tolima.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La cuenca del río Coello se encuentra localizada en el centro del departamento de Tolima, flanco oriental de la cordillera Central (04° 17' 08" N y 74° 5' 36" O), posee un área de 1.899,31 km² y exhibe gran variabilidad fisiográfica, variados pisos térmicos, comprendidos entre los 280-4.700 m. Las zonas bajas (< 1.000 m) comprenden áreas de bosque de aproximadamente 575 hectáreas (ha), las zonas medias (1.000-2.000 m) 1.325 ha y las zonas montañas y de páramo (> 2.000 m) superiores a 9.545 ha (figura 1).

Metodología. Se establecieron 11 estaciones de muestreo entre los 433-3.600 m (tabla 1, figura 1). La recolección de ejemplares se efectuó entre los meses de marzo y octubre de 2003, correspondió a las siguientes épocas o períodos climáticos: lluvia (marzo), transición lluvia-sequía (mayo), sequía (julio) y transición sequía-lluvia (octubre), de acuerdo con el ciclo hidrológico anual para el alto Magdalena (Cortolima 1998). Cada estación de muestreo fue visitada en cuatro ocasiones, excepto Laureles con un solo muestreo. Los datos de una estación adicional, Jardín Botánico Alejandro von Humboldt (**JBAvH**) corresponden a muestreos adicionales realizados durante el primer semestre del año 2004 (Ospina-López 2004), los cuales no hacen parte del análisis de datos y solo reflejan la distribución del grupo en la cuenca. La recolección de los individuos fue al azar en transectos de longitud no definida (tipo sendero), en tres tipos de hábitat (interior de bosque, borde de bosque y pradera), entre las 08:00 y las 16:00 h, empleando para ello red entomológica. Los ejemplares capturados fueron sacrificados por presión digital al tórax y se guardaron en sobres de papel milano para su posterior montaje y determinación en el Laboratorio de Investiga-

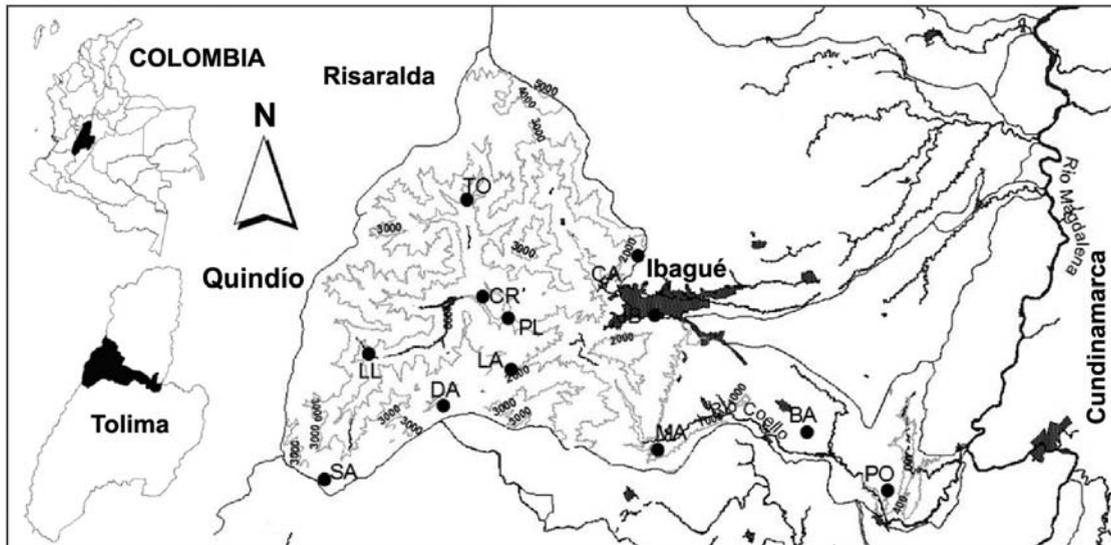


Figura 1. Cuenca del río Coello, departamento de Tolima, Colombia, con las estaciones de muestreo (**puntos negros**) en el gradiente altitudinal: Potrerillo (**PO**), Buenos Aires (**BA**), Martínez (**MA**), Jardín Botánico Alejandro von Humboldt (**JB**), Planadas (**PL**), Laureles (**LA**), Cay (**CA**), La Leona (**LL**), Toche (**TO**), Dantas (**DA**), Cristales (**CR**) y Semillas de Agua (**SA**)

ción en Zoología de la Universidad de Tolima (Labinzo). La determinación taxonómica se realizó siguiendo las claves e ilustraciones de Andrade-C. (1990), Le Crom et al. (2004) y Ehrlich y Ehrlich (1961). Adicionalmente, se realizó una confrontación con registros fotográficos de De la Maza (1987), De Vries (1987), Fundación Renaser (1987) y García-Robledo et al. (2002). Para el ordenamiento sistemático se empleó la propuesta de Lamas (2004).

Los especímenes fueron depositados en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, Sección Lepidópteros diurnos, CZUT-Ld 929-1109, 1268-1277, 1322-1323.

Análisis de datos. El análisis de la diversidad sigue los procedimientos de Magurran (1988) y Moreno (2001) y fueron desarrollados con los programas *EstimateS 8.0* (Colwell 2006) y *Pastprogram 1.18* (Hammer et al. 2001). Para los análisis estadísticos se utilizaron las metodologías de Sokal y Rohlf (2001) y fueron realizados mediante el uso de los programas *Statgraphics Plus 4.0* y *Pastprogram 1.18* (Hammer et al. 2001). Se calculó el

porcentaje de abundancia relativa (**AR**, %) de subfamilias y especies, estimando igualmente la riqueza a partir del número de especies observadas y sus abundancias en muestras de tamaño uniforme, empleando el Estimador de Convergencia Incidente (**ICE**), Chao de primer orden (**Chao1**), Jackknife de segundo orden (**Jack2**) y Bootstrap. También se empleó una curva de rarefacción para realizar una comparación estándar con la prueba de Chi-cuadrado entre las curvas de acumulación observada y esperada, usando intervalos de confianza del 95% para la curva de rarefacción, calculada como ± 2 desviaciones estándar alrededor de los valores esperados. Teniendo en cuenta que solo se realizaron cuatro muestreos durante un ciclo anual, la toma de datos cuantitativos sobre la abundancia de las especies se vio limitada; por esta razón se empleó una clasificación semicuantitativa basada en la frecuencia de detección (Stiles y Bohórquez 2000). Vale la pena aclarar que tal categorización solo es aplicable a esta comunidad, pues está basada en las abundancias relativas de sus poblaciones constitutivas. Las categorías utilizadas fueron: especies raras

Tabla 1. Estaciones de muestreo en la cuenca del río Coello (Tolima), Colombia [*estaciones de muestreo*: Potrerillo (**PO**), Buenos Aires (**BA**), Martínez (**MA**), Jardín Botánico Alejandro von Humboldt (**JB**), Planadas (**PL**), Laureles (**LA**), Cay (**CA**), La Leona (**LL**), Toche (**TO**), Dantas (**DA**), Cristales (**CR**) y Semillas de Agua (**SA**); *Zonas de vida* = **ZV**: **bms-T** = bosque muy seco tropical, **bs-T** = bosque seco tropical, **bh-ST** = bosque húmedo subtropical, **bh-MB** = bosque húmedo montano bajo, **bmh-M** = bosque muy húmedo montano]

Estaciones	Z V	Cobertura vegetal	Localización	Altitud (m)
PO	Bms-T	Algodón, frutales, sorgo, relicto bosque secundario < 100 ha	04° 14' 44" N 74° 28' 32" O	433
BA	bs-T	Pasto manejado, rastrojo, relicto bosque secundario < 100 ha	04° 18' 30" N 75° 03' 33" O	685
MA	bs-T	Café, plátano, caña panelera, relicto bosque secundario 300 ha	04° 17' 22" N 75° 12' 53" O	905
JB	bh-ST	Café, caña panelera, frutales, bosque secundario < 100 ha	04° 25' 45" N 75° 13' 03" O	1.170
PL	bh-ST	Café, plátano, hortalizas, relicto bosque secundario 525 ha	04° 25' 33" N 75° 22' 11" O	1.641
LA	bh-ST	Pasto con rastrojo y enmalezado, hortalizas, bosque secundario 100 ha	04° 22' 24" N 75° 22' 01" O	1.661
CA	bh-ST	Frutales, pasto manejado, café, relicto bosque primario 100 ha	04° 29' 26" N 75° 14' 05" O	1.714
LL	bh-MB	Hortalizas, rastrojo, relicto bosque secundario 150 ha	04° 23' 19" N 75° 30' 50" O	2.072
TO	bh-MB	Fríjol, pasto natural, rastrojo, relicto bosque primario 100 ha	04° 32' 56" N 75° 24' 44" O	2.152
DA	bmh-M	Pasto natural y manejado, bosque secundario 175 ha	04° 20' 07" N 75° 26' 13" O	2.441
CR	bmh-M	Pasto con rastrojo y enmalezado, relicto bosque primario 200 ha	04° 25' 42" N 75° 22' 32" O	2.640
SA	Páramo	Vegetación de páramo, pasto natural, bosque primario 125 ha	04° 15' 28" N 75° 33' 35" O	3.600

(1-2 individuos), escasas (3-5), poco comunes (7-10), comunes (12-15) y abundantes (> 15).

Para determinar la estructura de la comunidad y comparar las distribuciones serie-log y log-normal, se utilizó la prueba de Chi-cuadrado. La diversidad por unidad de muestreo (estación, hábitat) se analizó utilizando el índice de Shannon-Wiener con su respectiva prueba de bondad de ajuste (t) (Magurran 1988). Los datos de la estación JBAvH se tiene en

cuenta solo para el análisis de distribución y abundancia relativa de las subfamilias y especies en la cuenca.

RESULTADOS

Se recolectaron 213 ejemplares de mariposas, agrupados en 3 subfamilias (Dismorphiinae, Coliadinae y Pierinae), 17 géneros y 42 especies. La subfamilia Coliadinae fue la más abundante (52,11%), seguida por Pierinae (42,72%)

y Dismorphiinae (5,16%). La especie más abundante *Leptophobia aripa aripa* (Boisduval, 1836) representa el 19% de los ejemplares capturados, mientras que las especies poco abundantes se encuentran representadas por 0,46% cada una (tabla 2; anexo 1).

La familia Pieridae se distribuyó ampliamente en todo el gradiente altitudinal (433-3.600 m), Coliadinae evidenció el rango de distribución más amplio (433-3.600 m), seguido de Pierinae (433-2.640 m) y Dismorphiinae (1.170-2.441 m) (tabla 2).

El número total de especies observadas (**Sobs**) en toda el área de estudio fue 42, menor al estimado con los diferentes índices, representando el 84,08% del valor esperado según Bootstrap (que debería ser de 49 especies), el 67,57% con el ICE (62 especies), el 73,68% según Chao1 (57 especies) y el 57,44% con Jack2 (73 especies). El número de especies únicas (*Uniques*) fue 19, diferente al que corresponde a especies con un solo individuo (*Singletons*) (15 especies); el número de especies duplicadas (*Duplicates*) y de especies con dos individuos (*Doubletons*) fue de 6 para cada uno. Los estimadores, en términos generales, muestran una baja representatividad (los valores encontrados oscilan entre 57 y 84% de los valores esperados). No obstante, ni Sobs ni ninguno de los estimadores han llegado a la asíntota; tampoco las especies únicas y las duplicadas (y sus equivalentes: *Singletons* y *Doubletons*) han comenzado a reducir sus valores. Esto implica que el esfuerzo de muestreo (44 muestras contabilizadas) no fue suficiente y que son necesarios más muestreos.

La distribución del rango de abundancia de la comunidad (figura 2A), muestra que gran proporción de las mariposas capturadas son especies raras (50% del total de especies); de las cuales, el 28,57% son especies con un solo individuo (*singletons*) y el 21,42% con dos individuos (*doubletons*). Las especies escasas

representan el 28,57% y las poco comunes el 7,14%; el 14,29% restante corresponde a especies comunes (11,9%) y especies abundantes (2,38%). Los resultados obtenidos sugieren que gran número de especies de esta comunidad fueron capturadas, pero la mayor proporción corresponde a especies raras.

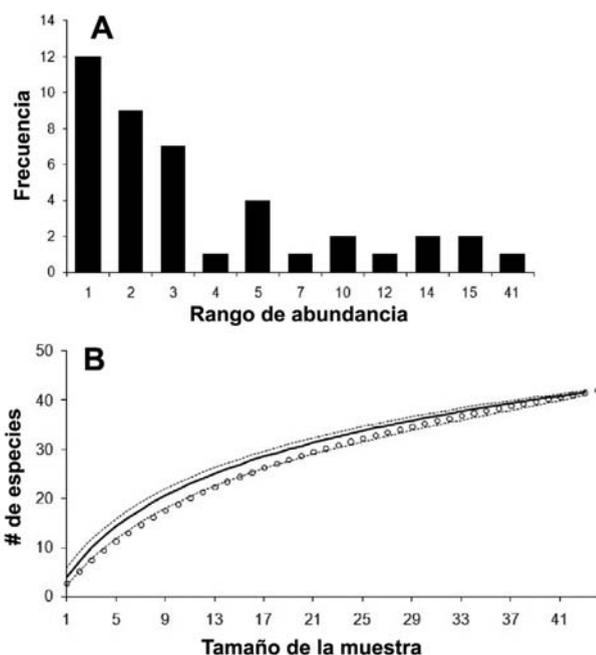


Figura 2. A. Rangos de abundancia. B. Curva de acumulación de especies observadas (círculos), curva de rarefacción (línea continua) e intervalos de confianza 95% (líneas discontinuas) para la comunidad de mariposas Pieridae en la cuenca del río Coello, departamento de Tolima (Colombia)

La curva de acumulación de especies observada en función del número de individuos muestreados se ajusta perfectamente a la curva de acumulación esperada basada en la curva de rarefacción (figura 2B). No hay diferencias significativas entre la distribución observada y la distribución teórica; en efecto, las dos distribuciones son muy simétricas ($\chi^2 = 8,966$, $gl = 42$, $p > 0,99$).

La estructura de la comunidad, en términos de la abundancia proporcional de cada especie, indica que se agrupan en clases en función de sus abundancias y designan el número de indi-

Tabla 2. Lista de especies de mariposas Pieridae (*ver anexo 1*) y su abundancia relativa (**AR %**) por estaciones de muestreo y distribución altitudinal y por tipos de hábitats en la cuenca del río Coello (Tolima), Colombia [*estaciones de muestreo* (altitud): Potrerillo (**PO**, 334 m), Buenos Aires (**BA**, 685 m), Martínez (**MA**, 905 m), Jardín Botánico Alejandro von Humboldt (**JB**, 1.170 m), Planadas (**PL**, 1.641 m), Laureles (**LA**, 1.661 m), Cay (**CA**, 1.714 m), La Leona (**LL**, 2.072 m), Toche (**TO**, 2.152 m), Dantas (**DA**, 2.441 m), Cristales (**CR**, 2.640 m) y Semillas de Agua (**SA**, 3.660 m); *hábitats*: pradera (**P**), borde de bosque (**BB**) y bosque (**BS**); **Da** = distribución altitudinal]

Taxones	Estaciones de muestreo													Hábitats	Da (m)
	PO	BA	MA	JB	PL	LA	CA	LL	TO	DA	CR	SA	AR		
Dismorphinae	0	0	0	3	0	0	5	2	0	1	0	0	5,16	P, BB, BS	1.170-2.441
<i>Dismorphia crisia foedora</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0,93	BS	1.714
<i>Dismorphia zathoe demeter</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1,40	P, BS	1.714-2.441
<i>Dismorphia amphione beroe</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,93	BS	1.170
<i>Enantia citrinella citrinella</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,46	BB	1.714
<i>Lieinix nemesis</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1,40	BB, BS	1.714-2.072
Coliadinae	14	24	9	5	18	0	16	21	0	2	1	1	52,11	P, BB, BS	433-3.600
<i>Anteos clorinde</i>	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,69	P, BB	433-685
<i>Aphrissa boisduvalii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46	BB	685
<i>Aphrissa statira statira</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46	P	433
<i>Colias dimera</i>	0	0	0	0	0	0	0	12	0	2	0	1	7,04	P, BB	2.072-3.600

(Continuación Tabla 2)

Taxones	Estaciones de muestreo													Da (m)	
	PO	BA	MA	JB	PL	LA	CA	LL	TO	DA	CR	SA	AR		Hábitats
<i>Eurema albula</i>	3	1	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0	4,69	P, BB, BS	433-2.072
<i>Eurema arbela graciosa</i>	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2,34	P, BB	905-1.641
<i>Eurema daira lydia</i>	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1,40	P, BS	685-1.641
<i>Eurema elathea vitellina</i>	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1,40	BB, BS	685-1.714
<i>Eurema phiale columbia</i>	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	2,34	P, BB, BS	1.641-2.072
<i>Eurema salome gaugamela</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,46	BS	2.640
<i>Eurema xanthochlora</i>	0	0	0	0	2	0	5	5	0	0	0	0	5,63	P, BB, BS	1.641-2.152
<i>Phoebis agarithe agarithe</i>	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,34	P, BB, BS	433-685
<i>Phoebis argante larra</i>	1	6	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	6,57	P, BB, BS	433-1.714
<i>Phoebis neocypris rurina</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0,93	P, BS	1.641
<i>Phoebis philea píela</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0,93	BB	1.641
<i>Phoebis sennae marcellina</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,93	BS	1.174

(Continuación **Tabla 2**)

Taxones	Estaciones de muestreo														Da (m)
	PO	BA	MA	JB	PL	LA	CA	LL	TO	DA	CR	SA	AR	Hábitats	
<i>Pyrisitia dina</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,93	BB	433
<i>Pyrisitia leuceathalia</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,93	P, BS	433
<i>Pyrisitia proterpia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46	BB	685
<i>Pyrisitia venusta venusta</i>	3	0	3	0	4	0	5	0	0	0	0	0	7,04	P, BB, BS	433-1.714
Pierinae	4	9	3	1	2	6	17	21	14	3	11	0	42,72	P, BB, BS	433-2.640
<i>Ascia monuste</i>	1	1	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	3,28	P, BB, BS	433-2.072
<i>Catantactia apaturina</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,46	BB	1.714
<i>Catantactia flisa dilutior</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1,40	P, BB	1.714-2.152
<i>Catantactia lanceolata lanceolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0,93	BB	2.640
<i>Catantactia philone philone</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,46	BS	2.640
<i>Leodonta tagaste</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,46	BS	2.640
<i>Leodonta tellane</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,46	P	2.152
<i>Leptophobia aripa aripa</i>	0	0	0	0	2	2	12	18	0	0	7	0	19,24	P, BB, BS	1.641-2.640
<i>Leptophobia eleusis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1,40	P, BB	2.072-2.441

(Continuación Tabla 2)

Taxones	Estaciones de muestreo														Da (m)
	PO	BA	MA	JB	PL	LA	CA	LL	TO	DA	CR	SA	AR	Habitats	
<i>Leptophobia helena smithii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0,93	BB	2.072-2.441
<i>Leptophobia penthica penthica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	2,34	P, BB, BS	2.152
<i>Leptophobia philoma</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,46	BS	1.714
<i>Leptophobia tovaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1,87	BB	2.152
<i>Melete lycimnia</i>	3	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,57	P, BB, BS	433-905
<i>Pereute callinice callinice</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1,40	P	2.152
<i>Pieriballia viardi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,46	BS	1.714
<i>Archonias brassolis critias</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46	BS	1.170

viduos en una serie-log. Los parámetros de la serie logarítmica son $\alpha = 2,634$ y $x = 0,931$. En la distribución sobre una escala logarítmica, las especies raras representan el mayor porcentaje en la distribución observada, evidenciándose nuevamente el gran peso que tienen las especies con 1 y 2 individuos. La distribución observada se ajusta bien a la distribución serie-log ($\chi^2 = 2,63$, $p = 0,99$).

La mayor riqueza y diversidad se registró en estaciones localizadas a menos de 2.000 m, existiendo valores conspicuos para las localidades Planadas ($S = 10$; $H' = 2,01$) y Cay ($S = 13$, $H' = 1,99$); a partir de esta franja altitudinal se observó el descenso hasta 3.600 m, donde la estación Semillas de Agua está representada por un solo individuo de *Colias dimera* Doubleday, 1847 (figura 3A).

bajas (Potrerillo con Buenos Aires: $t_c = 0,78$, $p = 0,43$; Potrerillo con Martínez: $t_c = 1,86$; $p = 0,073$; Buenos Aires con Martínez: $t_c = 1,15$; $p = 0,257$); en zonas medias, Laureles es estadísticamente diferente de las demás (Planadas con Laureles: $t_c = 6,51$; $p < 0,001$; Planadas con Cay: $t_c = 0,10362$; $p = 0,917$; Laureles con Cay: $t_c = 6,018$; $p < 0,001$), zonas montanas (La Leona con Toche: $t_c = 1,11$; $p = 0,273$; La Leona con Dantas: $t_c = 1,625$; $p = 0,132$; La Leona con Cristales: $t_c = 1,534$; $p = 0,14$; Toche con Dantas: $t_c = 0,702$; $p = 0,495$; Toche con Cristales: $t_c = 0,6882$; $p = 0,498$; Dantas con Cristales: $t_c = 0,032$; $p = 0,974$) y la localidad de Páramo (Semillas de Agua) mostró diferencias con la localidad más cercana (Cristales con Semillas de Agua: $t_c = 3,91$; $p = 0,002$).

El hábitat “borde” presentó el mayor número de especies (26) seguido por “pradera” y “bosque” con 22 cada uno. El valor más alto del índice de Shannon-Wiener fue para el borde de bosque, pero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre dichas unidades de muestreo (Pradera con Borde: $t_c = 1,31$; $p = 0,189$; Pradera con Bosque: $t_c = 0,28$; $p = 0,774$ y Borde con Bosque: $t_c = 0,856$; $p = 0,393$). La variación en el número de especies e individuos se encuentra influenciada por el período climático, evidenciando ascenso a medida que se presentan cambios favorables en el ambiente (época de sequía) (figura 3B).

En cuanto al índice de diversidad, el período de sequía evidenció el mayor valor ($H' = 2,65$), seguido por transición sequía-lluvia ($H' = 2,56$), lluvia ($H' = 2,54$) y transición lluvia-sequía ($H' = 2,24$). Solo se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre la transición lluvia-sequía y la época de sequía (lluvia con lluvia-sequía: $t_c = 1,478$; $p = 0,14$; lluvia con sequía: $t_c = 0,579$; $p = 0,563$; lluvia con sequía-lluvia: $t_c = 0,126$; $p = 0,899$; lluvia-sequía con sequía: $t_c = 2,007$; $p = 0,048$; lluvia-sequía con sequía-lluvia: $t_c = 1,728$; $p = 0,088$ y sequía con sequía-lluvia: $t_c = 0,514$; $p = 0,608$).

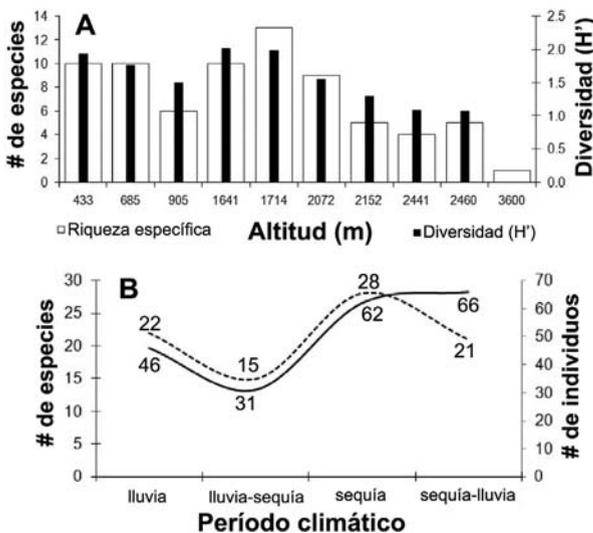


Figura 3. A. Riqueza específica (S) y diversidad de Shannon-Wiener (H'). B. variación temporal del número de especies e individuos de mariposas Pieridae en distintas épocas climáticas en la cuenca del río Coello, departamento de Tolima (Colombia)

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de zonas

DISCUSIÓN

En este estudio se reportan 15 especies más de las registradas por García-Robledo et al. (2002) para la cordillera Central colombiana, lo que representa el 41% de las especies colombianas que habían sido registradas por Le Crom et al. (2004); lo que podría considerarse como un buen número de especies si se tiene en cuenta que el área geográfica de la cuenca estudiada representa solo el 1,6% del territorio nacional colombiano. Esta riqueza podría explicarse por la gran variedad de zonas de vida, variación altitudinal y extensiones de bosque y áreas abiertas (praderas) que posee la cuenca del río Coello (Cortolima 1998). Es posible que la amplitud altitudinal del área de estudio presente un mosaico climático-vegetacional, que permita alto número de especies, lo cual está de acuerdo con la teoría de la heterogeneidad espacial (Pianka 1966).

Partiendo de la idea de que la diversidad local de mariposas se encuentra correlacionada con la riqueza de especies vegetales de un área determinada (Slansky 1973) y que los lepidópteros presentan una relativa especialización sobre un taxón vegetal, el cual es utilizado como recurso o alimento larval, es de esperarse que el área de estudio de la cuenca del río Coello presente alta riqueza de especies de Pieridae, familia de mariposas que posee la mayor diversidad de plantas hospederas y se alimenta de crucíferas y leguminosas que son plantas abundantes en la zona cafetera (Gil y Posada 2002).

Aunque García-Robledo et al. (2002) mencionan que la subfamilia Pierinae es más rica y abundante que Coliadinae y Dismorphiinae, para la cuenca del río Coello encontramos que Coliadinae cumple con la particularidad de registrar el mayor número de especies e individuos (47 y 52%, respectivamente). Del total de especies encontradas, *L. aripa aripa* fue la más abundante con más de 40 registros, aunque fue observada tan solo en cinco localidades. Dicha

abundancia, podría explicarse a que esta especie como otras del género *Leptophobia* y al igual que *C. dimera* y *Ascia monuste* han sido reportadas como plagas en crucíferas (Brassicaceae) (Bustillo y Gutiérrez 1975); además, Chew (1995) menciona que algunas características relacionadas con historias de vida, tales como alta fecundidad y multivoltinismo son encontradas en muchos píeridos y son relevantes para que sean considerados en el estatus de plagas.

La amplia distribución altitudinal que presenta la familia Pieridae, es debida a que muchas especies son euriecas (Vargas-Fernández et al. 1992), taxones que pueden ser encontrados desde zonas muy perturbadas hasta más o menos conservadas y que además poseen complejos mecanismos de termorregulación (Clench 1966). Estas respuestas permiten mayor flexibilidad y respuesta adaptativa frente a restricciones ambientales que aparecen a medida que se incrementa la altitud, como aumento de precipitación, humedad, vientos y descenso de la temperatura, todos estos factores que influyen en la distribución de las mariposas (Dennis 1993).

Especies de Pieridae en Colombia han sido reportadas en regiones montañas y páramos altoandinos (Andrade-C. y Amat 1996), en donde la posible alteración de los hábitats, siguiendo la secuencia sucesional de frailejónal-pajónal-pastizal joven-pastizal maduro, estimula la aparición de especies del género *Colias*, que aunque son propias de ambientes de menor altitud y consideradas como colonizadoras (Andrade-C. y Amat 1996) fueron encontradas a 3.600 m de altitud.

Las especies de la subfamilia Dismorphiinae, que son características de la región neotropical (Klots 1933, Lamas 1979), evidenciaron la menor distribución altitudinal, que puede deberse posiblemente a que Pieridae sigue dos patrones de distribución, uno por tierras bajas hasta 600 m (respondiendo a este comportamiento) y otro en áreas submontañas hasta los 2.000 m

(Halffer 1978); además de que estas especies se encuentran vinculadas estrechamente a las condiciones de sus microhábitats en el interior de las selvas perennifolias y subperennifolias, no sobrepasando los 2.000 m (Llorente-Bousquets 1983). Cabe aclarar, que en este grupo existe una estrecha relación con géneros de la familia Mimosaceae como *Acacia*, *Calliandra* e *Inga* y muchas especies de *Enantia*, *Lieinix* y *Dismorphia* en México, Colombia y Costa Rica se han visto sobre estas plantas (Llorente-Bousquets 1983) de distribución estrictamente neotropical (Esquivel 1993).

Altos valores de riqueza y diversidad registrados a menos de 2.000 m y a partir del cual se genera un descenso hasta 3.600 m también ha sido reportado por Acosta-Bastidas et al. (2002), quienes determinaron que la riqueza y diversidad de especies disminuye a medida que el gradiente altitudinal aumenta, debido a la reducción de hábitat, diversidad de recursos y productividad primaria. La mayor riqueza registrada a 1.714 m puede ser explicada a partir de la hipótesis del “dominio intermedio” (Colwell y Hurr 1994), donde se propone que los picos de riqueza en alturas intermedias son generados por el solapamiento de los rangos altitudinales de las especies de zonas bajas y altas de una región en un punto determinado (dominio). Es probable que en la cuenca del río Coello a 1.700 m se presente mayor convergencia de especies representantes de zonas bajas y altas, relacionadas con formaciones vegetales subtropicales y montanas. Los picos de riqueza en alturas intermedias han sido registrados por Fleishman et al. (1998), y el comportamiento de disminución de la riqueza a medida que incrementa la altitud (conocido como “regla o efecto Rapoport’s”) (Stevens 1992) a partir de esta cota altitudinal ha sido registrado en Colombia por Fagua (1999). La mayor diversidad entre 1.600 y 1.700 m, es debida posiblemente a un efecto de perturbación intermedia propuesto por Connell (1978), quien menciona que valores elevados de diversidad

pueden ser mantenidos por niveles intermedios de perturbación (natural o antrópica), los cuales varían en cuanto a frecuencia e intensidad para una zona. Esta perturbación permite una heterogeneidad en el paisaje influyendo mayor disponibilidad de hábitats, flores para libar, presencia de plantas hospederas asociadas a vegetación de crecimiento secundario (sucesión temprana) y al aumento en la disponibilidad de luz solar en zonas abiertas que benefician los procesos de termorregulación presentes en estos insectos. En Colombia, este tipo de perturbación ha sido registrada en las formaciones vegetales de bosque húmedo subtropical (**bh-ST**) y bosque húmedo montano bajo (**bh-MB**), los cuales presentan un alto nivel de intervención antrópica, debido a factores como mayor conglomeración de habitantes, sobrepastoreo, tala indiscriminada y cultivos suplementados por riego que modifican su vegetación natural (IGAC 1963).

Las localidades de estudio más diversas presentan amplia gama de unidades paisajísticas (desde zonas abiertas (cultivos y pastizales) hasta fragmentos de bosque primario y secundario) que permiten mayor disponibilidad de hábitats para el establecimiento de una mayor diversidad de mariposas; de esta manera, se asume que dicha complejidad paisajística puede suministrar más nichos y diversas formas de explotar las fuentes ambientales (McArthur y Wilson 1967), incrementando la diversidad de especies. En muchos hábitats, la comunidad de plantas determina la estructura física del ambiente y tiene considerable influencia sobre la distribución e interacciones de las especies animales (Lawton 1983); por tanto, existe relación positiva entre la heterogeneidad del hábitat moldeada por la vegetación y la diversidad de mariposas al existir estrechas relaciones de herbivoría y polinización. La disminución de la diversidad por encima de 2.000 m puede obedecer a factores ecológicos tales como disminución de plantas hospederas, recursos nectararios y factores ambientales (baja temperatura, radiación solar y presión atmos-

férica) que restringen la fisiología de este tipo de organismos y, por tanto, solo pueden establecerse grupos particulares de especies con respuestas biológicas (melanismo alar, talla corporal reducida, mecanismos de termorregulación) a estas barreras medioambientales (Andrade-C. y Amat 1996, Clench 1966).

Aunque no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los distintos hábitats evaluados, el hábitat “borde” exhibió la mayor riqueza y diversidad. Partiendo del concepto de borde (Odum 1971), esta zona “híbrida” presenta gran variedad de microclimas y condiciones físicas (régimen de luz, temperatura, humedad y factores estructurales como la composición vegetal) que influyen en la comunidad de lepidópteros diurnos. Según Brown y Hutchings (1997), la abundancia y riqueza de especies de mariposas puede ser favorecida debido al efecto de borde; además, puede incidir en la abundancia y distribución de especies por condiciones físicas, por la tolerancia fisiológica de las especies y las interacciones ecológicas como depredación y competencia (Murcia 1995).

Si la altura define cambios ambientales en temperatura, humedad y régimen de luz (Callaghan 1986), los cuales a su vez, establecen la estructura y composición vegetal, es probable que el “borde”, al ser una zona de convergencia entre hábitats adyacentes, se encuentre influenciado por variables físicas y estructurales propias de los hábitats que interactúan, permitiendo mayor contraste, lo cual aumenta su complejidad respecto a los hábitat participantes y beneficia el establecimiento de mayor número de especies. Este comportamiento ha sido reportado por Simonson et al. (2001), quienes sugirieron que la variación microclimática y complejidad del hábitat favorece la composición y diversidad de mariposas.

La variación estacional de la familia Pieridae en la cuenca del río Coello se encuentra fuer-

temente influenciada por las épocas de lluvia y transición lluvia-sequía, donde el número de especies e individuos muestra reducción, a diferencia de períodos más favorables como son las épocas de sequía y transición sequía-lluvia. Hill (1988) indicó que la abundancia estacional de mariposas es un fenómeno complejo, ligado a factores ambientales como la precipitación que reduce la temperatura ambiental, influyendo en sus ciclos de vida (Dennis 1993). En los períodos de sequía, las subfamilias Pierinae y Coliadinae son abundantes porque muchas especies son altamente heliofilicas (Emmel y Austin 1990) y, además, algunos géneros pueden ser beneficiados por el incremento de la temperatura que reduce el tiempo de desarrollo larval y aumenta las tasas de fecundidad (Chew 1995).

CONCLUSIONES

La cuenca del río Coello presenta más del 40% de las especies de Pieridae reportadas para Colombia, donde la subfamilia Coliadinae es la más abundante y con mayor número de especies, contrario a lo reportado por otros autores. El grupo se encuentra ampliamente distribuido en el gradiente altitudinal de la cuenca y puede ser encontrado desde zonas muy perturbadas hasta áreas con cierto grado de conservación. La mayor riqueza y diversidad se evidencian en aquellas áreas donde existe mayor heterogeneidad espacial; además, la variación en el número de especies y la abundancia se encuentran influenciados por el período climático, evidenciándose ascenso a medida que se presentan cambios favorables en el ambiente (época de sequía).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Cortolima y al Comité Central de Investigaciones de la Universidad de Tolima por la financiación del proyecto. A Carolina Gutiérrez por la revisión del resumen en inglés.

REFERENCIAS

- Acosta-Bastidas R, Rivadeneira PA y Castillo G. 2002. Variación de la diversidad de Lepidoptera Rhopalocera según gradientes altitudinales en el Santuario de Flora y Fauna Galeras (Nariño, Colombia). En: Hernández D, Mena J, editores. Libro de ponencias XXXVII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas (ACCB). San Juan de Pasto (Colombia): Impresiones Alfa. p. 241.
- Adams MJ. 1986. Pronophilinae butterflies (Satyridae) of three Andean cordilleras of Colombia. *Zoological Journal of Linnean Society*, 113: 235-320.
- Álvarez J. 1993. Inventario de las mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera), con anotaciones ecológicas para dos zonas del departamento de Risaralda, Colombia [Tesis de grado]. [Bogotá (Colombia)]: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. p. 204.
- Andrade-C G, Amat G. 1996. Un estudio regional de las mariposas altoandinas en la cordillera Oriental de Colombia. En: Andrade-C MG, Amat G, Fernández F, editores. *Insectos de Colombia*. Bogotá (Colombia): Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Colección Jorge Álvarez Lleras, # 10). p. 149-180.
- Andrade-C G. 1990. Clave para las familias y subfamilias de Lepidoptera: Rhopalocera de Colombia. *Caldasia*, 16 (79): 539-550.
- Andrade-C MG. 1993. *Ucumari color de vida*. Una guía de campo para la identificación de las mariposas del Parque de Ucumari. Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER. Pereira (Colombia): Gráficas Buda. p. 36.
- Andrade-C MG. 1995. *Monografías de Fauna de Colombia I. Nymphalidae: Acraeinae: Actinote*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá (Colombia): Editora Guadalupe. p. 120.
- Brown KS Jr, Hutchings RW. 1997. Disturbance, fragmentation and the dynamics of diversity in Amazonian forest butterflies. En: Laurence WF, Bierregaard RO, editores. *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago: The University of Chicago Press. p. 91-110.
- Bustillo A, Gutiérrez B. 1975. Ciclo de vida de *Leptophobia aripa* (Boisduval) (Lepidoptera: Pieridae), plaga del repollo y la col. *Revista Colombiana de Entomología*, 4: 5.
- Callaghan CJ. 1983. A study of isolating mechanisms among neotropical butterflies of the subfamily Riodininae. *Journal Research on the Lepidoptera*, 21 (3): 159-176.
- Callaghan CJ. 1986. Notes on the zoogeographic distribution of butterflies of the subfamily Riodininae in Colombia. *Journal Research on the Lepidoptera*, 1: 51-69.
- Chew FS. 1995. From weeds to crops: changing habitats of pierid butterflies (Lepidoptera: Pieridae). *Journal of the Lepidopterologist Society*, 49 (4): 285-303.
- Clench H. 1966. Behavioural thermoregulation in butterflies. *Ecology*, 47: 1024-1034.
- Colwell RK [Internet]. 2006. *EstimateS*: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0 [Internet]. Fecha de acceso: 17 de diciembre de 2010. Disponible en: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>>.
- Colwell RK, Hurtt GC. 1994. Nonbiological gradients in species richness and spurious Rapoport effect. *American Naturalist*, 144: 570-595.
- Connell JH. 1978. Diversity in tropical rainforest and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.
- Constantino LM. 1995. Revisión de la tribu Haeterini Herrich-Schaeffer 1864 en Colombia (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). *SHILAP Revista Lepidopterológica*, 23 (89): 49-76.
- Cortolima (Corporación Autónoma Regional de Tolima). 1998. Plan de Gestión ambiental para el departamento de Tolima. Corporación Autónoma Regional de Tolima. Ibagué (Tolima, Colombia): Corporación Autónoma Regional de Tolima. Documento técnico.
- De La Maza R. 1987. *Mariposas mexicanas*. México D. F. (México): Fondo de Cultura Económica. p. 302.
- De Vries PJ. 1987. *The butterflies of Costa Rica and their Natural History*. Nueva Jersey: Princeton University Press. p. 327.
- Dennis LH. 1993. *Butterflies and climate change*. Manchester: Manchester University Press. p. 276.
- Ehrlich P, Ehrlich A. 1961. *How to know the butterflies*. Dubuque (Iowa): Wm. C. Brown Company Publishers. p. 262.
- Emmel TC, Austin GT. 1990. The tropical rain forest butterfly fauna of Rondonia, Brazil: species diversity and conservation. *Tropical Lepidoptera*, 1 (1): 12.
- Esquivel HE. 1993. *Taxonomía de las angiospermas (Magnoliopsidas y Liliopsidas)*. Ibagué (Tolima, Colombia): Facultades Agronomía, Biología y Química (Universidad de Tolima). p. 265.
- Fagua G, Amarillo A, Andrade-C G. 1999. Las mariposas (Lepidoptera: Heterocera) como indicadores del grado de intervención en la cuenca del río Pato (Caquetá, Colombia). En: Andrade-C MG, Amat G, Fernández F, editores. *Insectos de Colombia, estudios escogidos II*. Bogotá (Colombia): Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Colección Jorge Álvarez Lleras, # 12). p. 285-315.
- Fagua G. 1999. Variación de las mariposas y hormigas de un gradiente altitudinal de la cordillera Oriental (Colombia). En: Amat G, Andrade MG, Fernández F, editores. *Insectos de Colombia*. Bogotá (Colombia): Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Colección Jorge Álvarez Lleras, # 13). p. 317-362.
- Fleishman E, Austin E, Weiss AD. 1998. An empirical test of Rapoport's rule: elevational gradients in montane butterfly communities. *Ecology*, 79 (7): 2482-2493.

- Fundación Renaser. 1987. El encanto de las mariposas de Colombia. Bogotá (Colombia): Fundación Renaser. Témpera Impresores, Eticar S. A. p. 64.
- García-Pérez JF, Ospina-López LA. 2004. Lepidoptera: Rhopalocera: Diversidad y distribución en la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia) [Tesis de grado]. [Ibagué (Tolima, Colombia)]: Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima. p. 405.
- García-Robledo L, Constantino M, Dolores M, Kattan G. 2002. Mariposas comunes de la cordillera Central de Colombia. Cali (Colombia): Programa de Colombia de Wildlife Conservation Society y los autores. Feriva. p. 122.
- Gil PN, Posada FF. 2002. La cría de mariposas en cautiverio: una alternativa para el estudio de la biodiversidad en la zona cafetera colombiana. Revista Colombiana de Entomología, 28 (1): 61-68.
- Halffer G. 1978. El Mesoamericano, un nuevo patrón de dispersión de la zona de transición mexicana. Descripción y análisis de un grupo ejemplo I. Folia Entomológica Mexicana, 39-40: 219-226.
- Hammer Ø, Harper DA, Ryan PD [Internet]. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontología Electrónica [Internet], 4 (1): 9. Fecha de acceso: 15 de agosto de 2010. Disponible en: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>.
- Hill CS. 1988. The temporal distribution of butterfly species richness in a subtropical region of Australia. The Proceedings of the Ecological Society of Australia, 15: 115-126.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá (Colombia): Instituto Geográfico Agustín Codazzi. p. 201.
- Klots AB. 1933. A generic revision of the Pieridae together with a study of the male genitalia. Entomológica Americana, 12: 139-242.
- Kremen C, Colwell RK, Erwin TL, Murphy DD, Noss RF, Sanjayan MA. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. Conservation Biology, 7 (4): 796-808.
- Lamas GM. 1979. Los Dismorphiinae (Pieridae) en México, América Central y las Antillas. Revista Sociedad Mexicana de Lepidopterología, 5 (1): 3-37.
- Lamas GM. 2004. Atlas of Neotropical Lepidoptera. Checklist: Part 4.^a: Hesperioidea-Papilionoidea. Florida (U. S. A.): Association for Tropical Lepidoptera. p. 439.
- Lawton JH. 1983. Plant architecture and diversity of phytophagous insects. Annual Review of Entomology, 28: 23-39.
- Le Crom JF, Llorente JB, Constantino LM, Salazar JA. 2004. Mariposas de Colombia. Tomo II: Pieridae. Bogotá (Colombia): Carlec Ltda. p. 133.
- Llorente-Bousquets J. 1983. Sinopsis sistemática y biogeográfica de los Dismorphiinae de México con especial referencia al género *Enantia* Hübner (Lepidoptera: Pieridae). Folia Entomológica Mexicana, 58: 205.
- Magurran AE. 1988. Ecological diversity and its measuring. Princeton (New Jersey): Princeton University Press. p. 185.
- McArthur RH, Wilson EO. 1967. The theory of island biogeography. Princeton (New Jersey): Princeton University Press. p. 224.
- Moreno CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T Manuales y Tesis SEA. Zaragoza (España): Sociedad Aragonesa de Entomología (SEA). p. 84.
- Murcia C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology and Evolution, 10: 58-62.
- Odum E. 1971. Fundamentals of ecology. Philadelphia (Pennsylvania): W. B. Saunders Company. p. 574.
- Ospina-López LA. 2004. Mantenimiento, ampliación, determinación y sistematización de la Colección Zoológica de Referencia de Lepidópteros diurnos (CZUT-Ld) del Laboratorio de Investigación en Zoología (Labinzo) de la Universidad de Tolima [Trabajo de pasantía]. [Ibagué (Tolima, Colombia)]: Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Tolima. p. 45.
- Peña-Cerpa JM. 2007. Diversidad y distribución de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en la cuenca del río Prado, Tolima [Tesis de grado]. [Ibagué (Tolima, Colombia)]: Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Tolima. p. 180.
- Pianka ER. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. The American Naturalist, 100 (910): 33-43.
- Salazar JA, Constantino LM. 1995. Sobre algunas especies del género *Arcas* Swainson, 1832 y descripción de una nueva especie (Lepidoptera: Lycaenidae). SHILAP Revista Lepidopterológica, 23 (90): 123-128.
- Salazar JA. 1991a. Consideraciones sobre el género *Agrias* Doubleday, 1844, en Colombia (Lepidoptera: Nymphalidae: Charaxinae). SHILAP Revista Lepidopterológica, 19 (73): 64-74.
- Salazar JA. 1991b. Contribución al conocimiento de los Morphinae colombianos. Localización de una población de *Morpho hecuba weneri* Hopp 1921, en Colombia (Lepidoptera: Nymphalidae: Morphinae). SHILAP Revista Lepidopterológica, 19 (75): 205-209.
- Salazar JA. 1995. Lista preliminar de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) que habitan en el departamento del Putumayo. Notas sobre la distribución en la zona andina. Colombia Amazónica, 8 (1): 11-69.
- Simonson SE, Opler PA, Stohlgren TJ, Chong GW. 2001. Rapid assessment of butterfly diversity in a montane landscape. Biodiversity Conservation, 10: 1369-1386.
- Slansky F Jr. 1973. Latitudinal gradients in species diversity of the new world swallowtail butterflies. Journal Research Lepidopterologist, 11 (4): 201-217.

- Sokal R, Rohlf J. 2001. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. New York: W. H. Freeman and Company. p. 887.
- Stevens GC. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *American Naturalist*, 140: 893-911.
- Stiles G, Bohórquez C. 2000. Evaluando el estado de la biodiversidad: el caso de la avifauna de la serranía de Las Quinchas, Boyacá, Colombia. *Caldasia*, 22 (1): 61-92.
- Tobar L. 2000. Diversidad de mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) en la parte alta de la cuenca del río el Roble (Quindío) y sus hábitos de polinización [Tesis de grado]. [Bogotá (Colombia)]: Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. p. 180.
- Vargas-Fernández J, Llorente-Bousquest J, Martínez AL. 1992. Listado lepidopterofaunístico de la Sierra de Atoyac de Álvarez en el estado de Guerrero: notas acerca de su distribución local y estacional (Rhopalocera: Papilionoidea). *Folia Entomológica Mexicana*, 86: 41-178.

Anexo 1. Lista de especies de mariposas Pieridae colectadas durante el período de estudio en la cuenca del río Coello (Tolima), Colombia

Dismorphiinae

- Dismorphia crisia foedora* (Lucas, 1852)
Dismorphia zathoe demeter Röber, 1909
Dismorphia amphione beroe (Lucas, 1852)
Enantia citrinella citrinella (C. y R. Felder, 1861)
Lieinix nemesis (Latreille, [1813])

Coliadinae

- Anteos clorinde* (Godart, [1824])
Aphrissa boisduvalii (C. y R. Felder, 1861)
Aphrissa statira statira (Cramer, 1777)
Colias dimera Doubleday, 1847
Eurema albula (Cramer, 1775)
Eurema arbela gratiosa (Doubleday, 1847)
Eurema dairia lydia (C. y R. Felder, 1861)
Eurema elathea vitellina (C. y R. Felder, 1861)
Eurema phiale columbia (C. y R. Felder, 1861)
Eurema salome gaugamela (C. y R. Felder, 1865)
Eurema xanthochlora (Kollar, 1850)
Phoebis agarithe agarithe (Boisduval, 1836)
Phoebis argante larra (Fabricius, 1798)
Phoebis neocypris rurina (C. y R. Felder, 1861)
Phoebis philea philea (Linnaeus, 1763)
Phoebis sennae marcellina (Cramer, 1777)

- Pyrisitia dina* (Poey, 1832)
Pyrisitia leuce athalia (C. y R. Felder, 1865)
Pyrisitia proterpia (Fabricius, 1775)
Pyrisitia venusta venusta (Boisduval, 1836)

Pierinae

- Ascia monuste* (Linnaeus, 1764)
Catasticta apaturina Butler, 1901
Catasticta flisa dilutior Avinoff, 1926
Catasticta lanceolata lanceolata Lathy y Rosenberg, 1912
Catasticta philone philone (C. y R. Felder, 1865)
Leodonta tagaste (C. y R. Felder, 1859)
Leodonta tellane (Hewitson, 1860)
Leptophobia aripa aripa (Boisduval, 1836)
Leptophobia eleusis (Lucas, 1852)
Leptophobia helena smithii (W. F. Kirby, 1881)
Leptophobia penthica penthica (Kollar, 1850)
Leptophobia philoma (Hewitson, 1870)
Leptophobia tovaria (C. y R. Felder, 1861)
Melete lycimnia (Cramer, 1777)
Pereute callinice callinice (C. y R. Felder, 1861)
Pieriballia viardi (Boisduval, 1836)
Archonias brassolis critias (C. y R. Felder, 1859)