



ORIGINAL ARTICLE /ARTÍCULO ORIGINAL

ENTOMOLOGICAL DIVERSITY BETWEEN AN ECOSYSTEM IN PROCESS OF NATURAL REGENERATION AND A PRIMARY FOREST, AMAZONAS, PERU

DIVERSIDAD ENTOMOLÓGICA ENTRE UN ECOSISTEMA EN PROCESO DE REGENERACIÓN NATURAL Y UN BOSQUE PRIMARIO, AMAZONAS, PERU

Lleydy Alvarado^{1,2}; José Iannacone^{1,3} & Oscar Gamarra²

¹Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal. Av. Río Chepen s/n. El Agustino, Lima, Perú.

lleydy@hotmail.com

²Instituto para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Jr. Higos Urco s/n. Chachapoyas, Amazonas, Perú.

³Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP).

The Biologist (Lima), 13(2), jul-dec: 279-296.

ABSTRACT

The Peruvian Amazon region is experiencing a number of impacts such as deforestation which results in loss of vegetation cover and consequently reduced habitat for wildlife. The aim of this study was to evaluate the entomological diversity in an ecosystem in a natural regeneration process (BS) and a primary forest (BP) in Bongará, Amazonas, Peru. The insects were collected using pitfall traps, with bait and malaise, which were arranged in a cross system having as midpoint the center of each area. The collection was made during three periods: dry, semi-dry and rainy. 18650 insects and 150 families distributed in 13 orders were classified. Those Orders who had a higher percentage of richness and abundance were, respectively, Diptera (24%; 45.2%), Coleoptera (24%; 26.4%) and Hymenoptera (21.3%; 14%). Comparing the two areas assessed, BP had a higher abundance compared to BS. The two most abundant families were Drosophilidae and Staphylinidae. Greater abundance and richness occurred in the semi-dry and dry compared to the rainy season period. The lowest values in the species richness of families, as well as the abundance and Shannon-Wiener for the natural ecosystem regeneration rainy-period were observed. The similarity of the families of insects between the two areas evaluated with varying degrees of human intervention shows few shared families. The rainy season showed a lower degree of similarity at the entomological family level compared to the dry and semi-dry period. The abundance and diversity of entomofauna can be used as a bioindicator of human impact and seasonal evaluation of the forest environment.

Key words: Amazon, primary forest, entomological inventory, ecosystem in the process of natural regeneration, seasonality.

RESUMEN

La región Amazonas peruana viene experimentando una serie de impactos como la deforestación que produce pérdida de la cubierta vegetal y como consecuencia de la reducción del hábitat para la fauna. El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad entomológica entre un ecosistema en proceso de regeneración natural (BS) y un bosque primario (BP) en Bongará, Amazonas, Perú. Los insectos se obtuvieron mediante el uso de trampas de caída, cebo y Malaise, las que fueron dispuestas en un sistema en cruz teniendo como punto medio el centro de cada área. La colecta se realizó durante tres épocas: seca, semi-seca y lluviosa. Se clasificaron 18650 insectos de 150 familias distribuidas en 13 órdenes. Los Ordenes que presentaron mayor porcentaje de riqueza y abundancia, respectivamente fueron Diptera (24%; 45,2%), Coleoptera (24%; 26,4%) e Hymenoptera (21,3%; 14%). Al comparar las dos áreas evaluadas, el BP presentó una mayor abundancia en comparación al BS. Las dos familias más abundantes fueron Drosophilidae y Staphylinidae. Una mayor abundancia y riqueza se presentó en la época semi-seca y seca en comparación al periodo lluvioso. Se observaron los valores más bajos en la riqueza específica de familias, así como en la abundancia y en Shannon-Wiener para el ecosistema en regeneración natural-periodo lluvioso. La similitud de las familias de insectos entre las dos áreas evaluadas con diferente grado de intervención antrópica presentaron pocas familias compartidas. El periodo lluvioso presentó un menor grado de similaridad entomológica a nivel de familia en comparación a las épocas seca y semi-seca. La abundancia y diversidad de la entomofauna puede ser empleada como un bioindicador de impacto antrópico y de época del año evaluado en el ambiente boscoso.

Palabras clave: Amazonas, bosque primario, ecosistema en proceso de regeneración natural, estacionalidad, inventario entomológico.

INTRODUCCIÓN

La región Amazonas en el Perú, presenta una alta biodiversidad y endemismo por sus paisajes y ecosistemas de llanura amazónica, ceja de selva o yungas andinas y bosque seco tropical (IIAP & GRA 2010). Esta biodiversidad viene experimentando una serie de impactos, derivados de las actividades humanas manifestados principalmente por el agudo proceso de deforestación, sobre-explotación selectiva, fragmentación del hábitat y contaminación ambiental (BIODAMAZ 2006, Balam-Ballote & León-Cortés 2010, Maguire *et al.* 2015). Todo estos tipos de disturbios generan de una u otra manera problemas sobre los ecosistemas, teniendo como efecto una fuerte pérdida de la diversidad de flora y fauna (BIODAMAZ

2006, Addo-Fordjour *et al.* 2015, Maguire *et al.* 2015).

Con la pérdida de la vegetación y del suelo, los insectos son fuertemente afectados, debido a que tienen que migrar y ocupar sitios de dominio de otras especies, por la falta de alimento y el refugio necesario para su existencia. Es por tanto, importante y urgente catalogar y monitorear las especies que viven en estos ambientes (Sousa 1984, Medina *et al.* 2002, VAP 2008, Balam-Ballote *et al.* 2010).

Los insectos constituyen una parte importante de la diversidad biológica, debido a que de cada diez seres vivos, más de cinco son insectos, y de cada diez animales al menos siete son insectos (Wilson 1992, Zim & Cotamm 1993, Morrone *et al.* 1999, Stork 2007), Los insectos cumplen un rol de gran

importancia en los ecosistemas, ocupan una gran variedad de microhábitats al realizar diversas funciones ecológicas. Los estudios de inventario y monitoreo pueden tener varios enfoques, como por ejemplo la respuesta del sistema a influencias naturales por las actividades humanas (Hutchenson & Jones 1999, Iannacone *et al.* 2001, Salazar & Iannacone 2001; Schulze *et al.* 2004, Alarcón & Iannacone 2014) o al manejo del área con el paso del tiempo (Kremen *et al.* 1993, Weaver 1995), debido a que los insectos cumplen el rol como bioindicadores ecológicos (Bustamante *et al.* 2004, Jean *et al.* 2014).

El objetivo de la presente investigación fue determinar la diversidad entomológica entre un ecosistema en proceso de regeneración natural y un bosque primario en Amazonas, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Se encuentra ubicada en el Anexo de Agua Dulce, distrito de Yambrasbamba, provincia de Bongará, Región Amazonas, Perú (5°45'S 77°54'O). La zona de muestreo consta de dos áreas con diferente grado de intervención humana. Un ecosistema en proceso de regeneración natural (BS) de 7,15 ha a 2049 msnm y un fragmento de bosque primario (BP) de 1,33 ha a 2088 msnm (Figura 1).

Método de captura. Se evaluaron las dos áreas durante tres épocas del año: seca (junio-2011; Temperatura = 14,6°C; Precipitación Mensual = 13,4 mm), semi-seca (septiembre-2011; Temperatura = 14,8°C; Precipitación Mensual = 33,4 mm) y lluviosa (diciembre-2011; Temperatura = 15,9°C; Precipitación Mensual = 57,6 mm). Los datos promedio de Temperatura y Precipitación mensual fueron obtenidos de la estación experimental de Agua Dulce - Bongará 2011 (Estación

meteorológica - Automática / Vantage Pro2 Plus). Para la captura de insectos se instalaron 20 trampas de caída, 20 trampas con cebo (calamar gigante (*Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835)) en proceso de descomposición) y una trampa Malaise. Las trampas de caída y de cebo fueron dispuestas en un sistema en cruz teniendo como punto medio el centro de cada área; 10 trampas (Norte-Sur) y 10 trampas (Este-Oeste), dispuestas en transectos de 100 m separadas cada 10 m (Sturm & Ragel 1995), La trampa Malaise fue instalada al centro de cada área (Figura 2).

Las trampas de caída constaron de un vaso de 1L con un contenido a $\frac{3}{4}$ partes de alcohol etílico al 70% enterrado al ras del suelo (Figura 3). Se instalaron en un transecto de 100 m separadas cada 10 m en ambas áreas evaluadas. Se recogió la artropofauna de la superficie del suelo de manera estandarizada para conocer la densidad de la actividad de los organismos en un período de tiempo de tres días (Holland & Smith 1999, Márquez 2005, Triplehorn & Johnson 2005, Iannacone & Alvarino 2006, Prasifka *et al.* 2007, Alvarado & Iannacone 2010).

Las trampas con cebo (necrotrampa) constaron de un recipiente con tapa de 1 L de capacidad con un contenido a $\frac{3}{4}$ partes de alcohol etílico al 70%, al cual se le hizo tres ventanas (3 cm x 2 cm) debajo de la tapa. El cebo (calamar en descomposición-*D. gigas*) fue colgado de la tapa del recipiente quedando a la altura de las ventanas por donde se dispersó el olor; se enterró el recipiente al nivel de las ventanas (Figura 4). Se instalaron en un transecto de 100 m separadas cada 10 m en ambas áreas evaluadas. Las trampas se recogieron tres días después de haber sido colocadas (Márquez 2005, Triplehorn & Johnson 2005).

Se instaló una trampa de intersección de vuelo tipo Malaise (Figura 5) en el centro de cada área. Este método permitió conocer la

densidad de la actividad de los insectos voladores en un período tiempo de cinco días (Márquez 2005, Triplehorn & Johnson 2005). Las trampas para fauna epigea fueron revisadas diariamente al medio día (Prasifka *et al.* 2007).

Preservación de material biológico. Los insectos colectados fueron preservados en frascos de plástico con alcohol etílico al 70%, debidamente etiquetados con el lugar de colecta, coordenadas, fecha y nombre del colector (Márquez 2005, Triplehorn & Johnson 2005).

Clasificación taxonómica. La identificación taxonómica se realizó en el Laboratorio del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDESCES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. Se empleó el nivel taxonómico de familia y de orden para la evaluación, utilizando las claves de Mc Alpine *et al.* (1981), Triplehorn & Johnson (2005) y Fernández & Sharkey (2006).

Análisis de datos. Los datos de cada muestreo fueron digitados en una matriz de Microsoft Excel. Se consideró el método de captura (caída, cebo y Malaise), los cuales fueron sumados, y presentados por área y época de muestreo. Se evaluaron la diversidad de órdenes y familias dentro de cada una de las áreas y por época de muestreo (diversidad alfa), determinando la abundancia y riqueza de especies por el número de familias (Riqueza específica - S e índice de Margalef - D_{Mg}) y mediante métodos basados en la estructura de las comunidades, como Shannon- Wiener (H'), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J) (Favila & Halfpeter 1997, Camargo 1999, Moreno 2001). Se empleó la prueba de significancia de Bootstrap para comparar la riqueza específica, D_{Mg} , H' , y J de la entomofauna entre BP y BS. Las familias más abundantes fueron encontradas con la serie de

números de Hill (Hill 1973, Magurran 1988). La comparación de la diversidad beta entre las dos áreas con diferente grado de intervención humana, y por época de muestreo, así como en combinación se realizó en base a los índices de similitud: cualitativo de Jaccard (I_J) y cuantitativo de Bray-Curtis (I_{B-C}) (Magurran 1988, Moreno 2001). La relación entre la abundancia y la riqueza de familias por órdenes fue determinada con la correlación de Pearson con un nivel de significancia de 0,05. Los diferentes índices utilizados en la presente investigación fueron calculados con la ayuda de los paquetes estadísticos PAST 2.12 y SPSS 21.0.

RESULTADOS

Se colectaron una abundancia total de 18650 individuos, distribuidos en 150 familias en 13 órdenes. Los órdenes que presentaron mayor riqueza y abundancia fueron Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. El resto de órdenes nunca sobrepasaron el 7% en riqueza o en abundancia, a excepción de Hemiptera (Tabla 1). Se comparó la riqueza por familias y la abundancia de insectos por órdenes, colectados por área muestreada (Tabla 2). El Bosque primario presentó mayor abundancia de insectos (~2,5 veces mayor) que el ecosistema en proceso de regeneración natural (Tabla 2). Según la serie de números de Hill las dos familias más abundantes fueron Drosophilidae (2238: 12%) y Staphylinidae (2144: 11,5%), el resto de las familias presentaron valores menores al 10% (Figura 6). Se observó gráficamente que existe una correlación de Pearson positiva entre la riqueza y abundancia de la entomofauna por Órdenes ($r = 0,84$; y $p < 0,05$) (Figura 7).

Se observó variación en la abundancia de insectos colectados según la época de muestreo y según las dos áreas de bosque (Tabla 3). Una mayor abundancia y riqueza se

encontró en la época semi-seca y seca en comparación con el periodo lluvioso (Tabla 3). Se determinaron los índices de diversidad alfa para los insectos del ecosistema en proceso de regeneración natural (BS) y para el bosque primario (BP), y en tres épocas: seca (S), semi-seca (SS) y lluviosa (LL) (Tabla 3).

Los índices de Shannon-Wiener (H') y de Simpson (λ), presentaron valores estadísticamente diferentes según prueba de Bootstrap entre el BS y BP, presentando el ecosistema en proceso de regeneración natural (BS) valores más altos de H' que el bosque primario (BP), y este último valores de λ , ligeramente más altos que el BS (Tabla 3). No se observaron diferencias en la Equitabilidad y en la riqueza de D_{Mg} entre BS y BP (Tabla 3).

En relación a la época evaluada, el periodo lluvioso (LL) mostró valores más bajos de riqueza específica a nivel de familia, de D_{Mg} , de abundancia y de H' en comparación a los periodos seco (S) y semi-seco (SS) (Tabla 3). No se vieron diferencias marcadas entre las tres épocas para λ y para J (Tabla 3).

Al evaluar el efecto combinado de grado de impacto antrópico y de la época evaluada, se

observaron los valores más bajos en la riqueza específica de familias y de D_{Mg} , así como en la abundancia y en H' para el ecosistema en regeneración natural-periodo lluvioso (Tabla 3).

La similitud de las familias entre las dos áreas evaluada con diferente grado de intervención antrópica se determinaron con el índice cualitativo de Jaccard ($I_j = 53\%$) y cuantitativo de Bray-Curtis ($I_{B-C} = 32\%$), los que muestran que ambas áreas no presentaron muchas familias compartidas. Al evaluar la similaridad entomológica cualitativa (I_j) y cuantitativa (I_{B-C}) a nivel de familia entre las épocas evaluadas, el periodo lluvioso presentó un menor grado de similaridad en comparación a las épocas seca y semi-seca (Figuras 8 y 9). De igual forma, al evaluar el efecto combinado de grado de impacto antrópico y la época evaluada, tanto el dendrograma cualitativo (I_j) y cuantitativo (I_{B-C}) muestran que la asociación agrupa principalmente según el grado de impacto antrópico (ecosistema en proceso de regeneración natural y bosque primario), y posteriormente según la época evaluada (seco, semi-seco y lluvioso) (Figuras 10 y 11).



Figura 1. a. Ecosistema en proceso de regeneración natural (BS). b. Bosque primario (BP) en Bongará, Amazonas, Perú.

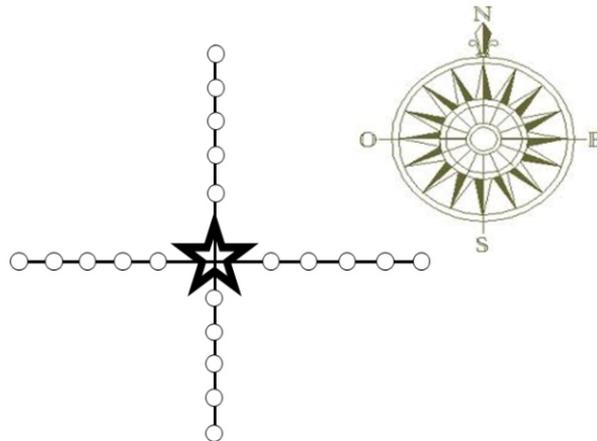


Figura 2. Posición de las trampas instaladas en las dos áreas de muestreo. Trampa Malaise (☆), trampas de caída y cebo (○) en la estación experimental de Bongará, Amazonas, Perú.



Figura 3. Trampas de caída en la estación experimental de Bongará, Amazonas, Perú.



Figura 4. Trampas con cebo (calamar en descomposición) (Necrotrampa) en la estación experimental de Bongará, Amazonas, Perú.



Figura 5. Trampas Malaise en la estación experimental de Bongará, Amazonas, Perú.

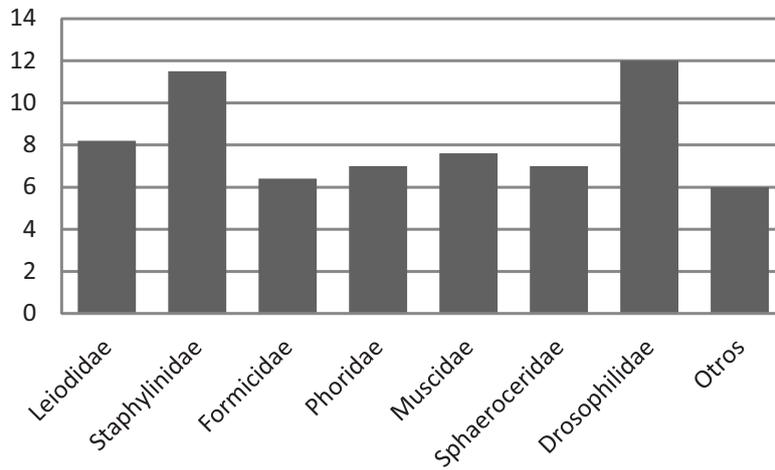


Figura 6. Familias de entomofauna más abundantes en porcentaje colectadas en la estación experimental de Bongará, Amazonas, Perú.

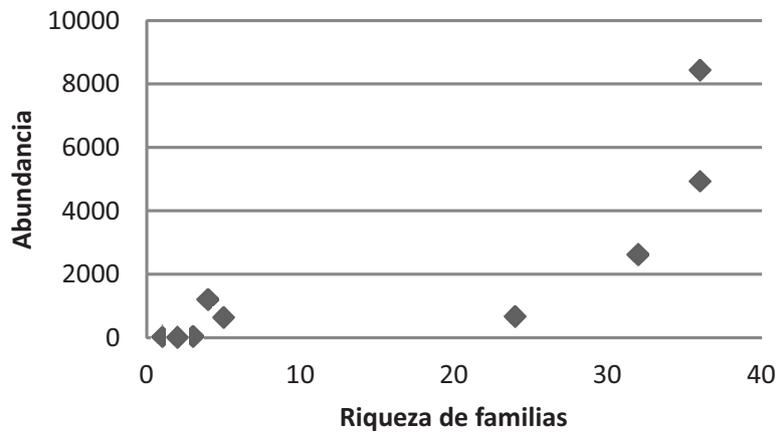


Figura 7. Gráfico de dispersión entre la abundancia y riqueza de familias de entomofauna por Órdenes en la estación experimental de Bongará, Amazonas, Perú.

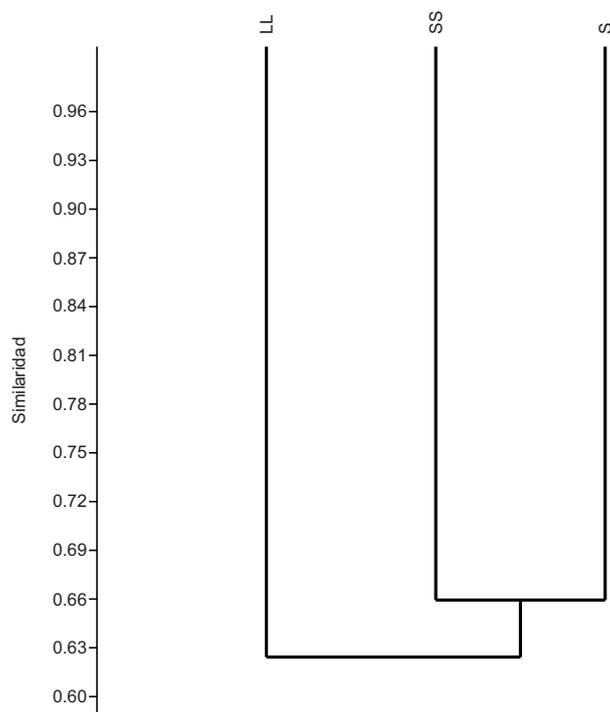


Figura 8. Dendrograma de similitud cualitativa de la artropofauna en base al índice de Jaccard (I_j) (coeficiente de correlación = 0,93) para los insectos en tres épocas: seca (S), semi-seca (SS) y lluviosa (LL) en Bongará, Amazonas, Perú.

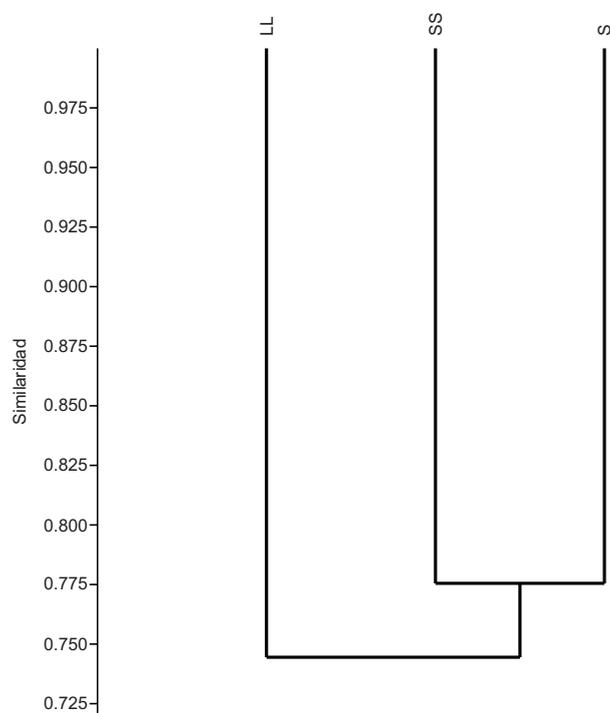


Figura 9. Dendrograma de similitud cuantitativa de la artropofauna en base al índice de Bray-Curtis (I_{bc}) (Coeficiente de correlación = 0,62) para los insectos en tres épocas: seca (S), semi-seca (SS) y lluviosa (LL) en Bongará, Amazonas, Perú.

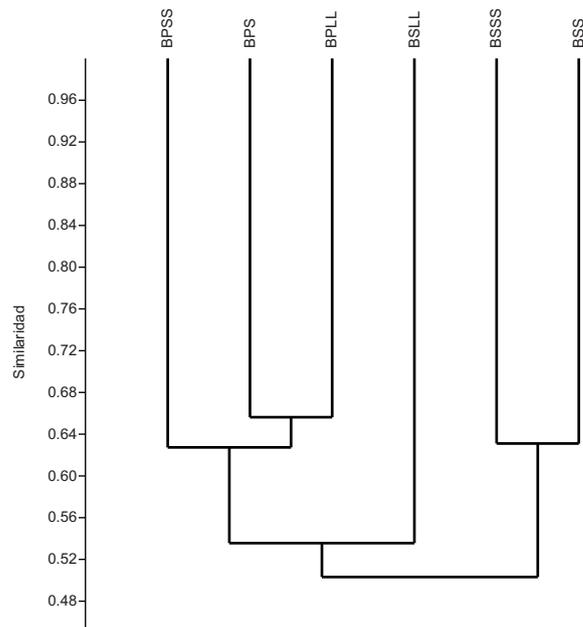


Figura 10. Dendrograma de similitud cualitativa de la artopofauna en base al índice de Jaccard (I_j) (Coeficiente de correlación =0,96) para los insectos del ecosistema en proceso de regeneración natural y un bosque primario en tres épocas: seca, semi-seca y lluviosa en Bongará, Amazonas, Perú. BSS = ecosistema en proceso de regeneración natural en época seca. BPS = bosque primario en época seca. BSSS = ecosistema en proceso de regeneración natural en época semi-seca. BPSS = bosque primario en época semi-seca. BSLL = ecosistema en proceso de regeneración natural en época lluviosa. BPLL = bosque primario en época lluviosa.

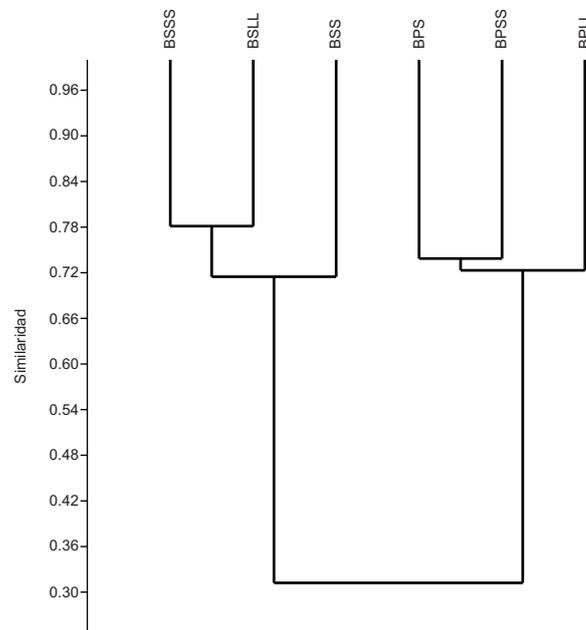


Figura 11. Dendrograma de similitud cuantitativa de la artopofauna en base al índice de Bray-Curtis (I_{bc}) (Coeficiente de correlación =0,92) para los insectos del ecosistema en proceso de regeneración natural y un bosque primario en tres épocas: seca, semi-seca y lluviosa en Bongará, Amazonas, Perú. BSS = ecosistema en proceso de regeneración natural en época seca. BPS = bosque primario en época seca. BSSS = ecosistema en proceso de regeneración natural en época semi-seca. BPSS = bosque primario en época semi-seca. BSLL = ecosistema en proceso de regeneración natural en época lluviosa. BPLL = bosque primario en época lluviosa.

Tabla 1. Total de insectos por riqueza de familias y abundancia por Órdenes muestreados en la estación experimental de Bongará, Amazonas, Perú.

Orden	Riqueza de Familias	Abundancia de insectos	Proporción de las familias (%)	Proporción de insectos (%)
Collembola	4	1195	2,67	6,41
Diplura	1	59	0,67	0,32
Orthoptera	5	633	3,33	3,39
Dermaptera	2	19	1,33	0,10
Blattodea	1	29	0,67	0,16
Hemiptera	24	658	16,00	3,53
Thysanoptera	2	6	1,33	0,03
Psocoptera	3	33	2,00	0,18
Coleoptera	36	4931	24,00	26,44
Neuroptera	2	31	1,33	0,17
Hymenoptera	32	2616	21,33	14,03
Trichoptera	2	10	1,33	0,05
Diptera	36	8430	24,00	45,20
Total	150	18650	100	100

Tabla 2. Insectos por riqueza de familias y abundancia por Órdenes por área muestreada en la estación experimental de Bongará, Amazonas, Perú.

Orden	BS		BP	
	Riqueza de Familias	Abundancia de insectos	Riqueza de Familias	Abundancia de insectos
Collembola	2	162	4	1033
Diplura	1	1	1	58
Orthoptera	4	164	5	469
Dermaptera	1	7	2	12
Blattodea	0	0	1	29
Hemiptera	22	498	12	160
Thysanoptera	1	2	2	4
Psocoptera	2	32	1	1
Coleoptera	20	394	31	4537
Neuroptera	2	27	1	4
Hymenoptera	24	1308	26	1308
Trichoptera	2	10	0	0
Diptera	33	2754	30	5676
Total	114	5359	116	13291

BP: Fragmento de bosque primario. BS: Ecosistema en proceso de regeneración natural.

Tabla 3. Índices abundancia y de diversidad alfa para los insectos del ecosistema en proceso de regeneración natural (BS) y un bosque primario (BP), y en tres épocas: seca (S), semi-seca (SS) y lluviosa (LL) en Bongará, Amazonas, Perú.

Índices	BS	BP	Boot p(eq)	S	SS	LL	BSS	BPS	BSSS	BPSS	BSLL	BPLL
Abundancia	5359	13291	0	6786	7006	4858	2062	4724	1869	5137	1428	3430
Riqueza Específica	114	116	1	109	120	95	85	80	83	93	66	79
Margalef (D_{Mg})	13,16	12,11	0,41	12,24	13,44	11,07	11,01	9,33	10,89	10,77	8,94	9,58
Shannon- Wiener (H')	3,14	3,06	0,001	3,28	3,22	3,18	3,20	2,98	3,02	3,01	2,83	3,01
Simpson (λ)	0,08	0,07	0,002	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,08	0,11	0,07
Equitabilidad (J)	0,66	0,64	0,71	0,70	0,67	0,69	0,72	0,68	0,68	0,66	0,67	0,68

BSS = ecosistema en proceso de regeneración natural en época seca. BPS = bosque primario en época seca. BSSS = ecosistema en proceso de regeneración natural en época semi-seca. BPSS = bosque primario en época semi-seca. BSLL = ecosistema en proceso de regeneración natural en época lluviosa. BPLL = bosque primario en época lluviosa. Boot p(eq) = significancia comparativa entre dos índices de diversidad alfa del ecosistema en proceso de regeneración natural y del bosque primario.

DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias en cuanto a la abundancia de las familias de insectos que habitan las áreas con dos diferentes grados de intervención humana (BP y BS) (Tabla 3). Estas diferencias pueden estar relacionadas con la complejidad estructural de la vegetación y por las condiciones microclimáticas que estos dos hábitats proporcionan a las especies (Hendrix *et al.* 1988, Pearce *et al.* 2003, Storks 2007). La disminución y modificación de los ambientes naturales, restringe la distribución de las especies de insectos (Didham *et al.* 1996, Balam-Ballo & León-Cortés 2010, Schulze *et al.* 2014).

El BP presentó una mayor abundancia de insectos. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la cobertura arbórea más densa y por las condiciones ambientales más estables que proporciona hábitats a diferentes grupos de insectos (Hendrix *et al.* 1988, Wink *et al.* 2005). Esta cobertura permite que exista una capa de hojarasca más gruesa y de mayor calidad, lo cual proporciona un incremento de

recursos y un adecuado refugio para la abundancia de la entomofauna terrestre, y ayuda a conservar la humedad (Pearce *et al.* 2003). En ambientes con perturbación intermedia como el BS, la distribución espacial de los macroinvertebrados del suelo se uniformiza, y su diversidad y abundancia disminuye (Hutchenson & Jones 1999, Schulze *et al.* 2004), debido a la disminución de la diversidad arbórea y de los nichos del suelo (Didham *et al.* 1996). Sin embargo, Schulze *et al.* (2004) señalan que los bosques secundarios y agroforestales pueden soportar un alto número de especies, que incluye los insectos de importancia en conservación. Addo-Forjour *et al.* (2015) señalan que los índices de diversidad de mariposas fueron similares en bosques no impactados y moderadamente impactados.

Los órdenes más abundantes fueron Diptera, Coleoptera e Hymenoptera considerados como megadiversos. A Diptera pertenecen algunas especies benéficas que actúan como parasitoides de insectos considerados plagas de la agricultura, otras son nocivas a diversos cultivos y varias actúan como vectores con

importancia epidemiológica (Coronado & Márquez 1991). Coleoptera presenta familias que son útiles como bioindicadores del ecosistema debido a la sensibilidad que presentan a las variaciones ambientales, por ende útiles en estudios de biología de la conservación (Bohac 1999, Amézquita & Rodríguez 2001, Vulinec 2002, Mendez-Rojas *et al.* 2012, Jean *et al.* 2014), y son fundamentales en el funcionamiento del ecosistema, ya que llevan a cabo funciones ecológicas importantes como post-dispersión de semillas, polinización, ciclo de nutrientes, parte importante de la dieta de muchos animales, y control de vectores de parásitos y enfermedades (Escobar 1997, Gibbs & Stanton 2001, Vulinec 2002). A Hymenoptera pertenecen especies con el rol de benéficas, como polinizadoras, así como parasitoides y depredadores que se desenvuelven como enemigos naturales de muchos insectos, que desempeñan un papel importante en la regulación de poblaciones de sus huéspedes (Lasalle & Gauld 1993, Didham *et al.* 1996).

Las familias muy abundantes según la serie de números de Hill fueron Drosophilidae y Staphylinidae. Drosophilidae es un grupo de insectos cosmopolita, que abundan en frutos, legumbres, flores y otras plantas, u hongos en descomposición. Otro comportamiento que favorece la abundancia de este grupo es la gran variedad de alimentos que pueden encontrar sus larvas dentro de los bosques: hojas y otros materiales húmedos del piso del bosque, flores, savia fresca o corteza en descomposición (Grimaldi 1990, Medeiros & Klaczko 2004, Goñi *et al.* 2012, Navarrete-Heredia & Newton, 2014). Cavasini *et al.* (2014) considera a la familia Drosophilidae como un bioindicador de calidad ambiental, al emplear su ensamblaje para evaluar dos fragmentos de bosque con y sin actividades de conservación en base a su abundancia, riqueza e índices ecológicos para la conservación de la biodiversidad. La abundancia de Staphylinidae se debería a que son altamente

diversos y dominantes en la fauna del suelo en diversos ecosistemas (Obrtel 1968, Bohac 1999, Navarrete *et al.* 2002, Asenjo 2004, Newton *et al.* 2005, Mendez-Rojas *et al.* 2012). Los estafilínidos se localizan en variados ambientes (suelo, carroña, plantas en descomposición, en colonias de insectos sociales, playas, flores, hongos, etc.) (Asenjo 2004). Vásquez-Vélez *et al.* (2010) encontraron la mayor diversidad de estafilínidos en el bosque secundario de especies en comparación con el bosque maduro en Colombia. Por otro lado, Mendez *et al.* (2009) no encontraron diferencias en la diversidad y abundancia de estafilínidos entre el bosque secundario y bosque maduro al emplear necrotrampas. La diversidad de estos coleópteros se incrementa en elementos del paisaje con mayor heterogeneidad vegetal como bosques de galería y fragmentos de bosque, ya que para estos organismos es muy importante la humedad del suelo y el alto contenido de materia orgánica (Good 1999).

En relación a la riqueza de familias, la diferencia entre el BP y BS fue de dos familias, obteniendo valores de riqueza de alta biodiversidad de insectos para ambas áreas. Un orden que proporciona un gran número de familias al ecosistema en proceso de regeneración natural son los Hemiptera, los cuales en su mayoría son insectos semi-acuáticos, durante la época en la que el área es utilizada para la agricultura y ganadería se realizaron acequias de irrigación y bebederos para ganado vacuno, que brindan hábitat para las familias Gerridae, Gelastocoridae y Saldidae, que solo están presente en el BS. La riqueza y composición de una comunidad de artrópodos terrestres puede ser tomada como un reflejo de la diversidad biótica y estructural de cualquier ecosistema terrestre. Mientras más compleja sea la estructura vegetal de una comunidad, mayor será la disponibilidad de nichos y por lo tanto la riqueza y diversidad de insectos (Fagua 1996, Dennis 2003). El ecosistema en proceso de regeneración natural

es un área que lleva muchos años sin ser alterada, por lo que las comunidades de insectos encuentran el hábitat que necesitan, aún con eso la abundancia de insectos es menor en comparación al bosque primario.

Se observó variación en la abundancia y riqueza de insectos colectados según la época de muestreo, resultando una mayor abundancia en los meses de septiembre-2011 y junio-2011, correspondientes a los meses semi-seco y seco. En algunos estudios se han encontrado que las poblaciones de algunas especies y familias de artrópodos varían estacionalmente, obteniendo picos en su abundancia durante la estación lluviosa, descendiendo en la estación seca (Levings & Windsor 1982, Escobar & Medina 1996). Jimenez-Sánchez *et al.* (2009) encontraron valores más altos de riqueza y abundancia de estafilínidos en la época de lluvias. Sin embargo, los resultados obtenidos no siguen este patrón, tal vez se deba a que los muestreos no se realizaron en el mes más seco del año como julio (4,4 mm), ni en el mes más lluvioso como febrero (181 mm), sino en septiembre-2011 y junio-2011 (Tabla 3).

El valor obtenido del índice de Shannon (H') es mayor para el ecosistema en proceso de regeneración natural (BS), debido a que este índice está relacionado con la distribución de individuos por familia, esto quiere decir que el BS presenta una mejor distribución uniforme de insectos para cada una de sus familias presentes, por lo que se obtuvo también un mayor valor de equidad (J) para esta área (Moreno 2001). Los valores de dominancia de Simpson (λ) son inversos a los de la equidad por lo que el valor fue mayor para el BP y para el BS presentaron valores cercanos a uno lo que nos indica la presencia de dominancia en las áreas, pero a la vez los valores indican una menor diversidad (Magurran 1988). El número de órdenes, familias y especies de insectos de la entomofauna disminuye con la elevación del nivel de antropización del ambiente (Méndez-Rojas *et al.* 2012).

La similitud de las familias entre las áreas evaluada se determinó con el índice de Jaccard observando un valor bajo de familias compartidas. Este valor podría incrementar mientras más tiempo se encuentre en recuperación el área muestreada (BS), debido a que la agricultura y ganadería que existía en el área reemplazaron los bosques naturales, implicando pérdida o alteraciones de la biodiversidad (Altieri & Nicholls, 2002). Al comparar la similitud entre épocas de muestreo, disminuye en la época lluviosa debido a que presenta menor riqueza de familias.

Los insectos cumplen diversos roles como bioindicadores dentro de los ecosistemas, encontrando familias benéficas y perjudiciales. Dentro de los insectos capturados tenemos algunas especies de importancia agrícola pertenecientes a la familia Staphylinidae, Curculionidae, Vespidae y Ichneumonidae (Belloti *et al.* 1993, Anento & Selfa 1997); insectos con importancia médica y veterinaria como los Sphaeroceridae, Muscidae, etc. (Méndez 1999), y existen grupos que son utilizados como indicadores de cambios estructurales en los ecosistemas como Formicidae e Isotomidae (Salazar & Iannacone 2001, Palacios *et al.* 2000, Arcila & Lozano 2003).

AGRADECIMIENTO

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), por haberme facilitado el desarrollo de esta investigación, la cual forma parte del programa de investigación en Biodiversidad y Medioambiente. A Alfonso Lizárraga por la revisión del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addo-Fordjour, P.; Osei, B.A. & Kpontsu, E.A. 2015. Butterfly community assemblages in relation to human disturbance in a tropical upland forest in Ghana, and implications for conservation. *Journal of Insect Biodiversity*, 3: 1-18.
- Alarcón, G. & Iannacone, J. 2014. Terrestrial arthropod fauna associated with plant formations in the Pantanos de Villa wildlife refuge, Lima, Peru. *The Biologist (Lima)*, 12: 253-274.
- Altieri, M. & Nicholls, C. 2000. *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. 1ª edición. Cap. 9. *Agricultura tradicional y conservación de la biodiversidad*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Red de Formación Ambiental para América Latina y El Caribe.
- Alvarado, Ll. & Iannacone, J. 2010. Entomofauna de la palmera *Ceroxylon parvifrons* (Aimé Bonpland, 1804) en el área Las Palmas (Leymebamba, Amazonas, Perú). *Boletín el Zarcillo*, 3: 1-13.
- Amézquita, S. & Rodríguez, O. 2001. *Comparación de la estructura de una comunidad de escarabajos en dos bosques altoandinos y su utilidad en la evaluación del estado de conservación para la gestión ambiental de estos ecosistemas*. Trabajo de maestría en gestión ambiental. Pontificia Universidad Javeriana. Biología. Bogotá. 151p.
- Anento, J. & Selfa, J. 1997. Himenópteros parasítica y control de plagas. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 20: 151-160.
- Arcila, A. & Lozano, F. 2003. *Hormigas como herramienta para la bioindicación y monitoreo*. Cap 9, p.159-166. In: Fernández, F. (ed.). *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. XXVI. 398 p.
- Asenjo, A. 2004. Lista preliminar de las especies de Staphylinidae (Coleóptera) registradas para Perú. *Revista peruana de Entomología*, 44: 55-64.
- Balam-Ballote, Y.R. & León-Córtes, J. 2010. Forest management and biodiversity: a study of an indicator insect group in Southern Mexico. *Interciencia*, 35: 526-533.
- Belloti, A.; Reyes, J. & Arias, B. 1993. *Manejo de plagas en yuca*. En: Reyes J. (comp.). *Yuca: Control integrado de plagas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia. 265-281p.
- BIODAMAZ (Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonia Peruana). 2006. *Estrategia regional de la diversidad biológica de Amazonas*. Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.
- Bohac, J. 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 357-372.
- Bustamante, M.; Grez, A. & Simonetti, J. 2004. Dung decomposition and associated beetles in a fragmented temperate forest. Maulino forest. *Revista chilena de historia natural*, 77: 107-120.
- Coronado, R. & Márquez, A. 1991. *Introducción a la Entomología. Morfología y Taxonomía de los Insectos*. Limusa. México D.F. México.
- Camargo, A. 1999. Estudo comparativo sobre a composicao e a diversidade de lepidópteros noturnos em cinco áreas de regioao dos cerrados. *Revista brasileira de Zoologia*, 16: 369-380.
- Cavasini, C.; Buschini, M.L.T.; Machado, L.P.B. & Mateus, R.P. 2014. Comparison of Drosophilidae (Diptera) assemblages

- from two highland Araucaria forest fragments, with and without environmental conservation policies. *Brazilian Journal of Biology*, 74: 761-768.
- Dennis, P. 2003. Sensitivity of upland arthropod diversity to livestock grazing, vegetation structure and landform. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 1: 301-307.
- Didham, R.K.; Ghazoul, J.; Stork, N.E. & Davis, A.J. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. *TREE*, 11: 255-260.
- Escobar, F. 1997. Estudio de la comunidad de Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*, 19: 419-430.
- Escobar, F. & Medina, C. 1996. *Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de Colombia: Estado actual de su conocimiento*. pp. 95-112. En: Amat, G., Andrade, G. & Fernández, F. (Eds.); *Insectos de Colombia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, física y naturales. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Fagua, G. 1996. Comunidad de mariposas y artropodofauna asociada con el suelo de tres tipos de vegetación de la Serranía de Taraira (Vaupés, Colombia). Una prueba del uso de mariposas como bioindicadores. *Revista Colombiana de Entomología*, 22: 143-151.
- Favila, M. & Halffter, G. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana*, 72: 1-25.
- Fernández, F. & Sharkey, M. 2006. *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 894 p.
- Gibbs, J. & Stanton, E. 2001. Habitat fragmentation and arthropod community change: carrion beetles, phoretic mites and flies. *Ecological Applications*, 11: 79-85.
- Good, J. 1999. Recolonisation by Staphylinidae (Coleoptera) of old metalliferous tailings and mine soils in Ireland. *Biology and Environment*, 99: 27-35.
- Goñi, B.; Remedios, M.; González-Vainer, P.; Martínez, M. & Vilela, C.R. 2012. Species of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) attracted to dung and carrion baited pitfall traps in the Uruguayan Eastern Serranías. *Zoologia*, 29: 308-317.
- Grimaldi, D. 1990. The phylogenetic classification of genera in the Drosophilidae (Diptera). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 197: 1-139.
- Hendrix, S.; Brown, V. & Dingle, H. 1988. Arthropod guild structure during early old field succession in a new and old world site. *Journal of Animal Ecology*, 57: 1053-1065.
- Hill, M. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
- Holland, J.M. & Smith, S. 1999. Sampling epigeal arthropods: an evaluation of fenced pitfall traps using mark-release-recapture and comparison to unfenced pitfall traps in arable crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 91: 347-357.
- Hutchenson, J. & Jones, D. 1999. Spatial variability of insect communities in a homogeneous system: Measuring biodiversity using Malaise trapped beetle in *Pinus radiata* plantation in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 118: 93-105.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana)/ GRA (Gobierno Regional Amazonas). 2010. *Zonificación ecológica y económica del*

- departamento de Amazonas*. Lima, PE. IIAP. 196 p.
- Iannacone, J.; Alayo, M.; Arrascue, A.; Sánchez, J. & Abanto, M. 2001. Las trampas de luz para evaluaciones rápidas de la biodiversidad de la artropofauna: Análisis de tres casos. *Wiñay Yachay* (Perú), 5: 7-20.
- Iannacone, J. & Alvarino, L. 2006. Diversidad de la artropofauna terrestre en la reserva nacional de Junín, Perú. *Ecología Aplicada*, 5: 171-174.
- Jean, J.H.; Roh, S.J.; Shin, S.B.; Shin, Y.M.; Son, J.D.; Park, S.W. & Byun, B.Y. 2014. Insect fauna of the scheduled regeneration forest in Samcheok, Gangwon-do, Korea in summer. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 7: e72-e75.
- Jiménez-Sánchez, E.; Zaragoza-Caballero, S. & Noguera, F.A. 2009. Variación temporal de la diversidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) nocturnos en un bosque tropical caducifolio de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 157-168.
- Kremen, C.; Colwell, R.; Erwin, T.; Murphy, D.; Noss, R. & Muttulingam, S. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use as indicators for biological inventory and monitoring programs. *Conservation Biology*, 7: 796-808.
- Lasalle, J. & Gauld, I. 1993. *Hymenoptera and Biodiversity*. C.A.B. International. United Kingdom. 275p.
- Levings, S. & Windsor, D. 1982. *Seasonal and annual variation in litter arthropod populations*. pp. 355-387. In: Leigh, E.; Stanley, R. & Windsor, D. (Eds). *The ecology of a tropical forest. Seasonal rhythms and long-term changes*. Smithsonian Institution Press. Washington.
- Maguire, D.Y.; James, P.M.A.; Buddle, C.M. & Bennett, E.M. 2015. Landscape connectivity and insect herbivory: A framework for understanding tradeoffs among ecosystem service. *Global Ecology and Conservation*, 4: 73-84.
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. 1st Ed. Princeton University Press. New York. 200p.
- Marquéz, J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37: 385-408.
- Mc Alpine, J.; Peterson, B.; Shewell, G.; Teskey, H.; Vockeroth, J. & Wood, D. 1981. *Manual of Nearctic Diptera*. Canada: Canadian Government Publishing Centre. 1581p.
- Medeiros, H.F. & Klaczko, L.B. 2004. How many species of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) remain to be described in the forest of São Paulo, Brazil? Species lists of three forest remnants. *Biota Neotropicalica*, 4 – <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n1/pt/abstract?article+BN01604012004> leído el 10 agosto del 2014.
- Medina, C.; Ecobar, F. & Kattan, G. 2002. Diversity and habitat use of dung beetles in a restored Andean landscape. *Biotropica*, 34: 181–187.
- Méndez, E. 1999. *Insectos y otros artrópodos de importancia médica y veterinaria*. Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud. Panamá.
- Méndez-Rojas, D.M.; López-G. & García-C., R. 2009. Diversidad de escarabajos (Coleoptera, Staphylinidae) en dos localidades del departamento del Quindío. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 13: 148-156.
- Méndez-Rojas, D.M.; López-García, M.M. & García-Cárdenas, R. 2012. Diversidad de escarabajos (Coleoptera, Staphylinidae) en bosques altoandinos restaurados de los Andes centrales de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 38: 141-147.
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis SEA.

- SEA. Ed. Madrid. España. 80 p.
- Navarrete-Heredia, J.L. & Newton, A.F. 2014. Biodiversidad de Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S332-S338.
- Navarrete, J.; Newton, A.; Thayer, M.; Ashe, J. & Chandler, D. 2002. *Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México*. Universidad de Guadalajara y CONABIO, México.
- Newton, A.F.; Gutierrez-Chacón, C. & Chandler, D.S. 2005. Checklist of the Staphylinidae (Coleoptera) of Colombia. *Biota Colombiana*, 6: 1-7.
- Obtel, R. 1968. Carabidae and Staphylinidae occurring on soil surface in luzerne fields (Coleoptera). *Acta Entomologica Bohemoslov*, 65: 5-20.
- Palacios, J.; Castaño, G. & Mejía, B. 2000. *Collembola*. J. Llorente Bousquets, A. N. (Ed.). In: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*.
- Pearce, J.; Venier, A.; Mckee, J.; Pediar, J. & Mackenney, D. 2003. Influence of habitat and microhabitat on carabid (Coleoptera: Carabidae) Assemblages in tour stand types. *Canadian Entomologist*, 135: 337-357.
- Prasifka, J.R.; Lopez, M.D.; Hellmich, R.L.; Lewis, L.C. & Dively, G.P. 2007. Comparison of pitfall traps and litter bags for sampling ground-dwelling arthropods. *Journal of Applied Entomology*, 131: 115-120.
- Salazar, N. & Iannacone, J. 2001. Censos rápidos empleando la técnica de Barber para evaluar la artropofauna del Parque Nacional Yanachaga-Chemillén, Sector del Río Pescado, Oxapampa – Pasco. *Boletín de Lima (Perú)*, 125: 126-130.
- Schulze, C.H.; Waltert, M.; Kessler, P.J.A.; Pitopang, R.S.; Veddeler, S.D.; Mühlenberg, M.; Gradstein, S.R.; Leuschner, C.; Steffan-Dewenter, I. & Tschardt, T. 2004. Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: comparing plants, birds, and insects. *Ecological Applications*, 14: 1321-1333.
- Sousa, W. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: 353-391.
- Stork, N.E. 2007. Biodiversity: World of insects. *Nature*, 448: 657-658.
- Sturm, H. & Rangel, O. 1995. *Consideraciones sobre la vegetación, la productividad primaria neta y la artropofauna asociada en regiones paramunas de la Cordillera Oriental*. En: Mora-Osejo, L. E. & H. Sturm, H. (eds). *Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino. Cordillera Oriental de Colombia*. Tomo I. Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras no. 6.
- Triplehorn, Ch. & Johnson, N. 2005. Borror and DeLong's. *Introduction to the study of Insects*. Thomson Brooks/Cole. Seventh edition. 864 p.
- VAP (Voluntariado ambiental Pinoso). 2008. *Inventario entomológico del término Municipal de Pinoso. Actividades de Voluntariado Ambiental para la conservación de especies de flora y fauna*. Ayuntamiento de Pinoso. Alicante-España. 6 p.
- Vásquez-Vélez, L.A.; Bermúdez, C.; Chacón, P. & Lozano-Zambrano, F.H. 2010. Analysis of the richness of Staphylinidae (Coleoptera) on different scales of a sub-Andean rural landscape in Colombia. *Biodiversity Conservation*, 19: 1917-1931.
- Vulinec, K. 2002. Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in Amazonia. *Biotropica*, 34: 297-309.
- Weaver, J. 1995. Indicator species and scale of observation. *Conservation Biology*, 9: 939-942.

Wilson, E. 1992. *The diversity of life*. W. W. Norton & Company. New York. London.
Wink, C.; Guedes, J.; Fagundes, C. & Rovedder, A. 2005. Insectos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 4: 60-72.

Zim, H. & Cotamm, C. 1993. *Insectos*. México: Editorial Trillas.

Recibido 23 de septiembre 2015.
Aceptado 27 de octubre 2015.