

**COMUNIDAD DE LEPIDÓPTEROS ASOCIADOS A *Theobroma cacao* L.
EN DOS AGROECOSISTEMAS CON DIFERENTE MANEJO DE SOMBRA
(MÉRIDA, VENEZUELA)**

LEPIDOPTERANS COMMUNITY ASSOCIATED TO *Theobroma cacao* L.
IN TWO AGROECOSYSTEMS WITH DIFFERENT MANAGEMENT OF SHADE
(MERIDA, VENEZUELA)

Katty Barrios¹, Marina Mazón^{1,2,3}, María M. Chacón¹, L. Daniel Otero¹ y Juan Gaviria^{2,4}

¹Laboratorio de Ecología de Insectos, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias,
Universidad de Los Andes, Mérida 5101, Venezuela. Teléfono: (0274) 240 1369
E-mail: kattybarrios87@gmail.com / machacon@ula.ve / ldotero@ula.ve

²Centro Jardín Botánico, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida 5101, Venezuela.
Teléfono: (0274) 240 1241 E-mail: marinamazonmor@gmail.com / gaviria@ula.ve

³Instituto de Investigación de Biodiversidad "CIBIO", Universidad de Alicante, Alicante, Spain.

⁴Center of Geobiology and Biodiversity Research, Ludwig-Maximilians-University, Munich, Germany

RESUMEN

Generalmente el cacao se cultiva bajo sombra en ambientes de bosque tropical, lo que ha promovido una estrecha relación entre el cultivo, los árboles de sombra y la entomofauna asociada. Distintos lepidópteros son plagas frecuentes de cacao; para Venezuela existen algunas especies registradas en los cultivos. En el presente estudio se comparó la composición y diversidad de especies de lepidópteros defoliadores y barrenadores del fruto en dos agroecosistemas de cacao con diferencias en cuanto a la riqueza de especies vegetales presentes. Los muestreos se realizaron cada 15 días, desde septiembre 2009 hasta febrero 2010. Las larvas, encontradas en las hojas y en los frutos con signos de perforación, fueron recolectadas a mano en cada agroecosistema y criadas en el laboratorio hasta la emergencia de los adultos. Los valores de riqueza, abundancia y diversidad no presentaron diferencias significativas entre las comunidades de lepidópteros muestreadas en los dos tipos de cultivo. Sin embargo, los resultados sí evidencian diferencias en la composición taxonómica de cada comunidad, lo cual podría estar relacionado con las diferencias encontradas entre los dos sitios en cuanto a su complejidad estructural, estimada a través de las diferencias en su composición florística.

Palabras clave: Lepidoptera, Cacao, defoliador, barrenador del fruto, diversidad, comunidad

ABSTRACT

Usually the cocoa is grown under shade in tropical forest environments, which has promoted a close relationship between the crop, shade trees and the insect fauna associated. Several Lepidoptera are common pests of cacao, in Venezuela there are some species recorded in crops. In the present study we compared the species diversity of defoliators and fruit borers Lepidoptera in two cocoa agroecosystems with differences in the richness of plant species. Samples were taken every 15 days, from September 2009 to February 2010. The larvae feeding on leaves and the pods with signs of perforation were collected by hand in each agroecosystem and reared in the laboratory until emergence of adults. The values of richness, abundance and diversity showed no significant differences between the Lepidoptera assemblages sampled in the two types of crop. However, the results do show differences in the taxonomic composition of each assemblage, which may be related the differences in the structural complexity of both sites, estimated by the differences in their floristic composition.

Key words: Lepidoptera, Cocoa, defoliator, fruit borer, diversity, assemblages

INTRODUCCIÓN

Alrededor del 70% del cacao en el mundo se cultiva en asociación con árboles de sombra y/o con cultivos anuales y perennes (Salgado-Mora *et al.* 2007). La sombra desempeña un papel importante al actuar como amortiguador de las condiciones climáticas adversas; su manejo y, por lo tanto, los efectos que ésta tiene en el agroecosistema varían de acuerdo con las especies arbóreas usadas y con las condiciones ambientales de la zona (Leal *et al.* 1999; Salgado-Mora *et al.* 2007). Es importante tomar en cuenta la intensidad de luz que debe haber alrededor de las plantas de cacao, ya que esto afecta otros factores microclimáticos como la temperatura, la humedad relativa, la evaporación y la disponibilidad de agua en el suelo, además de otros factores que también influyen en la fertilidad de la plantación y por lo tanto afectan el crecimiento del cacao y su producción (Jaimez *et al.* 2008). Por otro lado, los árboles de sombra contribuyen a la producción de hojarasca, el reciclaje de nutrientes y la prevención de erosión del suelo, lo que puede estar relacionado con el valor que tiene el cacaotal en cuanto a conservación y diversidad (Salgado-Mora *et al.* 2007).

Rice y Greenberg (2000) describen tres tipos básicos de sistemas de manejo de la sombra en los agroecosistemas de cacao: cacao bajo sombra nativa o silvestre, cacao bajo sombra plantada y cacao sin sombra. Resulta claro que diferentes formas de manejo de la sombra contribuyen de distinta manera a la conservación de la diversidad biológica. Por lo tanto, la condición umbrófila del cacao puede resultar una herramienta esencial para la conservación y manejo de la biodiversidad (Salgado-Mora *et al.* 2007).

Según Rice y Greenberg (2000), los agroecosistemas en donde los árboles de cacao son sembrados cerca de bosques presentan una mayor diversidad faunística; este hecho podría apoyar la relación entre la riqueza florística y la diversidad faunística en general. Dentro de la entomofauna asociada al cultivo de *Theobroma cacao* existe una gran variedad de insectos de hábitos defoliadores y barrenadores. Los lepidópteros, particularmente los estados inmaduros, sobre los que se ha enfocado esta investigación, pueden actuar como defoliadores, taladradores, minadores, pegadores de hojas, incluso como parásitos y depredadores (Aguilera *et al.* 2003). En este sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar la composición

y la diversidad de la comunidad de lepidópteros defoliadores y barrenadores del fruto asociados al cacao (*T. cacao*) en dos fincas del piedemonte andino (Tucaní, Edo. Mérida) con distinta diversidad florística.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Los cacaotales estudiados son “El Pedregal” (159 ha) y “San Juan” (37 ha), ambos con plantaciones de cacao “Criollo”, y ubicados de manera contigua. Estos cacaotales se encuentran localizados en el sector de Río Frío, Municipio Caracciolo Parra y Olmedo (Estado Mérida, Venezuela), en el límite entre el piedemonte andino y la planicie aluvial, en las coordenadas 8°30'N y 71°23'O, sobre los 300 m.s.n.m. aproximadamente. En general, el promedio anual de temperatura de la región es de 29°C, y la precipitación promedio anual es de 1.969 mm, lo que permite clasificar a la zona como un bosque húmedo tropical (Armado *et al.* 2009). “El Pedregal” es una plantación con una baja diversidad de árboles de sombra, en su mayoría introducidos expresamente para servir de sombra al cacao. Esta zona presenta áreas no productivas conformadas por relictos de bosque secundario. “San Juan”, por el contrario, conserva una buena parte de los árboles del bosque secundario (Diehl 2012).

Muestreo

El muestreo de las larvas de lepidópteros defoliadores y barrenadores se llevó a cabo en ambas plantaciones, donde se seleccionó el sitio de muestreo de acuerdo a su accesibilidad y a su distanciamiento de núcleos antrópicos. Se realizaron 12 salidas de campo, desde septiembre de 2009 hasta febrero de 2010. Las salidas se realizaron periódicamente, cada 15 días. En cada salida se hizo la búsqueda visual y captura manual de las larvas de Lepidoptera durante el día, entre las 09:00 am y las 04:00 pm aproximadamente. La colecta fue realizada en forma de zigzag en transectos de longitud no definida y proyectada en sentido de la pendiente del terreno. Se estandarizó la unidad de esfuerzo de muestreo a 120 minutos parcela/hombre, con un esfuerzo total para las dos zonas de 48 horas/hombre. Las larvas se colectaron en las hojas, ramas y frutos de los árboles de cacao ubicados a una altura de hasta dos metros aproximadamente,

y se introdujeron en recipientes de plástico para ser trasladadas al laboratorio.

Procesamiento de las muestras

Una vez en el laboratorio, las larvas colectadas en campo fueron colocadas individualmente en envases plásticos que contenían hojas de la planta de cacao, estas últimas renovadas periódicamente. Los frutos con signos de perforación se colocaron en envases separados. De esta manera los individuos se mantuvieron en cría hasta la emergencia del adulto. Simultáneo al proceso de cría, se realizaron observaciones diarias para comprobar el hábito trófico de las larvas.

Los lepidópteros adultos, una vez emergidos, fueron sacrificados utilizando el método de congelación. Luego, fueron montados siguiendo el método de extensión alar de Borror (Triplehorn y Johnson 2005). El material colectado fue identificado taxonómicamente a través de claves, descripciones, y/o comparación con fotografías, y debidamente rotulado para luego ser colocado en cajas entomológicas y depositado en CLEI (Colección del Laboratorio de Ecología de Insectos) de la Universidad de Los Andes (ULA). La determinación taxonómica de los Lepidópteros se hizo hasta nivel de familia empleando la clave propuesta por Hodges & Johannsen (Triplehorn y Johnson 2005)

Análisis de datos

Para el análisis de la comunidad de lepidópteros defoliadores y barrenadores se colectaron 12 muestras en cada agroecosistema. Para los propósitos de esta investigación, una muestra quedaría definida como el registro de la abundancia de los Lepidópteros encontrados durante 2 horas de recorrido en cada sitio. La abundancia de cada especie se expresó en términos de abundancia absoluta y relativa. Estos datos fueron sometidos a una prueba Chi-cuadrado (X^2) de normalidad con el uso del software PAST (Hammer *et al.* 2001); luego de detectar la no normalidad de los datos ($p < 0,05$) se eligieron métodos estadísticos no paramétricos para el tratamiento de los mismos.

Se elaboró una curva de acumulación de especies para cada sitio, con el fin de evaluar la efectividad del esfuerzo de muestreo realizado, para lo cual se utilizó el programa EstimateS Win (Colwell 2005). Estas curvas fueron comparadas con dos curvas adicionales, cada una correspondiente a

un estimador de riqueza no paramétrico. Estos estimadores calculan el número de especies máximo que se esperaría encontrar en un sitio, basándose en la cuantificación de la rareza de las especies colectadas (Rico-G *et al.* 2005). Para los propósitos de esta investigación, se seleccionaron: el ICE (*Incidence-based coverage estimator*), porque es recomendado para muestras pequeñas y es poco sensible a la agregación de especies (López y Williams 2006), y el Jackknife de primer Orden, ya que no asume homogeneidad ambiental en las muestras (Urbina-Cardona *et al.* 2008). Además, se graficó para cada muestra el número de especies únicas (*singletons*) y dobles (*doubletons*), es decir, especies que solo cuentan con uno o dos individuos respectivamente en todo el inventario. Esta última representación se realizó con el objetivo de determinar si la aparición de especies raras disminuía a medida que el muestreo se incrementaba (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). La efectividad del muestreo se representó como la proporción de especies observadas con respecto a las estimadas por los índices utilizados (ICE y Jackknife).

Para el análisis de la riqueza en los sitios también se realizaron curvas de rarefacción, con el fin de comprobar si la diferencia de riqueza observada entre los sitios no era afectada por diferencias en el tamaño de la muestra. Según Magurran (1998), no es conveniente realizar comparaciones entre valores de riqueza de dos muestras con distinto número de individuos. Con la ayuda del programa EcoSim 700 versión 7.6 (2007), se graficó la riqueza de cada sitio con respecto a su tamaño de muestra, luego se determinó el intervalo de confianza de la zona con mayor número de individuos para corroborar las diferencias de estos valores.

Para cada agroecosistema se calculó la abundancia (N) de lepidópteros defoliadores y barrenadores y la composición de la comunidad, y además se midió una serie de atributos indicadores de la diversidad: la riqueza de especies (S), el índice de dominancia de Berger Parker y los índices de diversidad de Simpson, Shannon y el N2 de la serie de Hill. Por último, se comparó la composición de especies encontradas en cada tipo de agroecosistema mediante el coeficiente de similitud de Jaccard. Para comparar los atributos de la diversidad entre los dos agroecosistemas, se realizó la prueba estadística de Mann-Whitney (Wilcoxon, $\alpha = 0,05$).

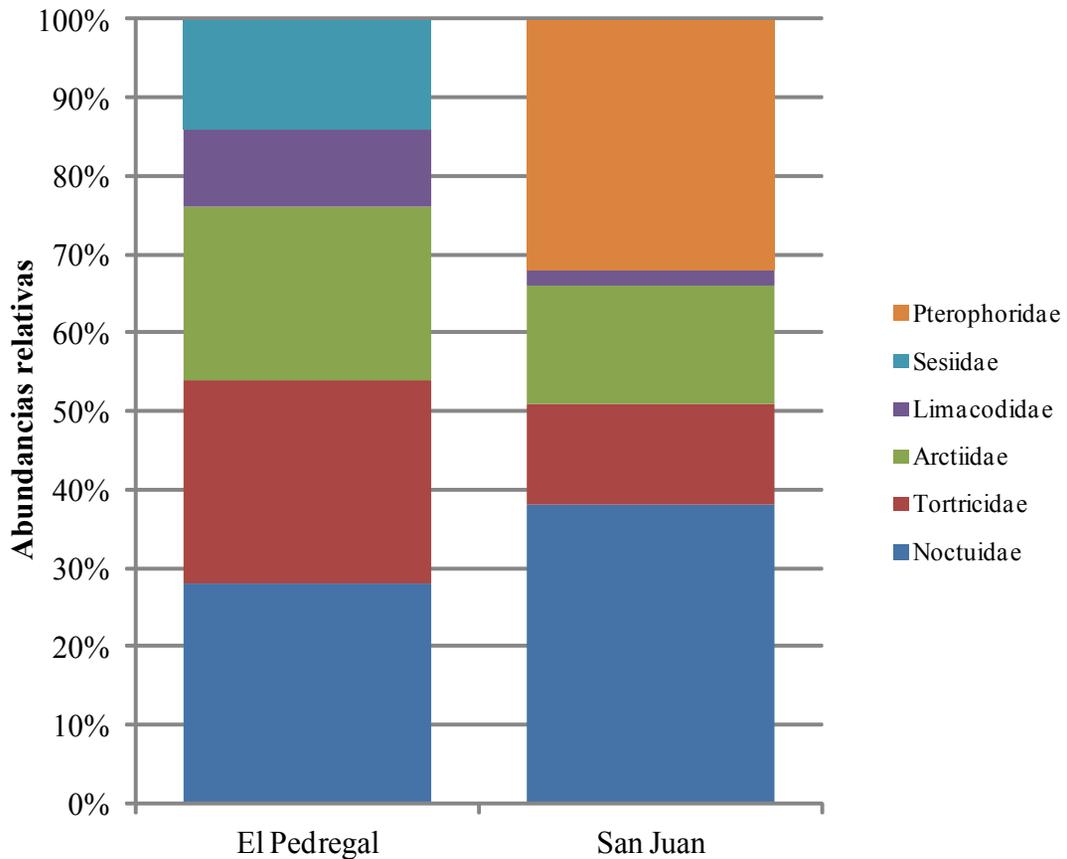


Figura 1. Abundancias relativas a nivel de Familia para la comunidad de lepidópteros capturados en los agroecosistemas “El Pedregal” y “San Juan” (Tucaní, Edo. Mérida).

RESULTADOS

Abundancia y composición taxonómica de la comunidad de lepidópteros defoliadores y barrenadores

Para los dos agroecosistemas en general se capturó un total de 111 ejemplares inmaduros de Lepidoptera, 48 en “El Pedregal” y 63 en “San Juan”. Del total de lepidópteros registrados se reconocieron 14 especies, repartidas en 7 familias. Las familias más abundantes en “El Pedregal” fueron: Noctuidae, Tortricidae y Arctiidae (28, 26 y 22% respectivamente), mientras que Sesiidae y Limacodidae fueron las menos representadas (Figura 1). Por su parte, para la zona de “San Juan”, las familias Pterophoridae y Noctuidae resultaron las más importantes al aportar el 70% de la abundancia total (38 y 32% respectivamente). Con abundancias intermedias, encontramos a las familias Arctiidae (15%) y Tortricidae (13%), mientras que Limacodidae estuvo escasamente

representada (2%) (Figura 1). Es importante destacar la presencia de individuos de la familia Sesiidae (barrenadores del fruto) en la zona de “El Pedregal”, con un 14% del total de individuos colectados, mientras que para la zona de “San Juan” dicha familia no fue colectada.

En relación a la composición de especies, en total se registraron 8 especies para “El Pedregal” y 11 para “San Juan”, con 5 especies compartidas. Según los datos promedio por muestra (Tabla 1), para “El Pedregal” se encontró que la especie *Diopa* sp (Noctuidae) resultó la más abundante (22,92%), seguida por la especie *Eudesmia menea* (20,83%), mientras que la morfoespecie 3 de la familia Arctiidae fue la menos representada (2,08%). Para la zona “San Juan” resaltó *Diopa* sp (Noctuidae) como la más abundante (33,33%), seguida por la morfoespecie de la familia Pterophoridae (30,16%); la morfoespecie 2 de la Familia Arctiidae fue la menos representada con un 1,59%.

Curvas de acumulación de especies y curvas de rarefacción

En la Figura 2 se presentan las curvas de acumulación de especies observada y estimada para cada agroecosistema. Se evidencia que para el esfuerzo de muestreo realizado se registró una riqueza (S_{obs}) de 8 especies para “El Pedregal” y 11 para “San Juan”, aunque sin alcanzar la asíntota. Por otra parte, las curvas de singletons y doubletons están lejos de cruzarse, e incluso, para “San Juan”, la curva de singletons sigue creciendo. La riqueza esperada, para el mismo esfuerzo de muestreo realizado, en promedio de los dos estimadores usados, fue de 13,40 especies para “El Pedregal” y de 17,70 especies para “San Juan”. Según estos valores, el inventario permitió encontrar el 73% de las especies esperadas para “El Pedregal” y el 61% para la zona de “San Juan”.

Las curvas de rarefacción obtenidas para la comunidad

de lepidópteros de los dos sitios de estudio (Figura 3) revelan principalmente que los valores de riqueza no varían significativamente entre ellos, debido a que ambas curvas de riqueza se encuentran dentro del intervalo de confianza establecido para la zona con mayor abundancia (“San Juan”).

Diversidad de la comunidad de Lepidoptera

En la Tabla 2 se indican los valores promedio por esfuerzo de muestreo de los atributos evaluados en la comunidad de Lepidoptera para los dos agroecosistemas estudiados (“El Pedregal” y “San Juan”). La abundancia de esta comunidad fue de 4 y 5 larvas/esfuerzo de muestreo, respectivamente, aunque estos valores no difirieron significativamente ($p > 0,05$); así mismo, la riqueza y la dominancia fueron iguales para ambos sitios ($p > 0,05$), con 2 especies/esfuerzo de muestreo y entre el 65 y 70% de dominancia. Para los índices de heterogeneidad

Tabla 1. Abundancia relativa (%) de las especies de Lepidópteros defoliadores y barrenadores del fruto registrados de manera general en los dos sitios de estudio durante el periodo Septiembre 2009-Febrero 2010 (Tucaní, Edo. Mérida).

| Morfoespecies. | “ El Pedregal” | “San Juan” |
|------------------------------|----------------|------------|
| Familia Tortricidae | | |
| Sp1 | 14,59 | 9,52 |
| Sp2 | 4,16 | 1,59 |
| Sp3 | 8,33 | 0 |
| Familia Noctuidae | | |
| <i>Diopa</i> sp | 22,92 | 33,33 |
| <i>Spodoptera</i> sp | 0 | 3,17 |
| <i>Melipotis</i> sp | 2,08 | 0 |
| <i>Euclystis</i> sp. | 0 | 6,35 |
| Familia Arctiidae | | |
| <i>Isanthrene</i> sp | 2,08 | 6,35 |
| <i>Eudesmia menea</i> | 20,83 | 3,17 |
| Sp1 | 0 | 1,59 |
| Sp2 | 0 | 1,59 |
| Sp3 | 2,08 | 0 |
| Familia Pterophoridae | | |
| Sp1 | 0 | 30,16 |
| Familia Limacodidae | | |
| Sp1 | 0 | 1,59 |
| Sp2 | 10,42 | 0 |
| Familia Sesiidae | | |
| <i>Carmenta</i> sp | 12,50 | 0 |

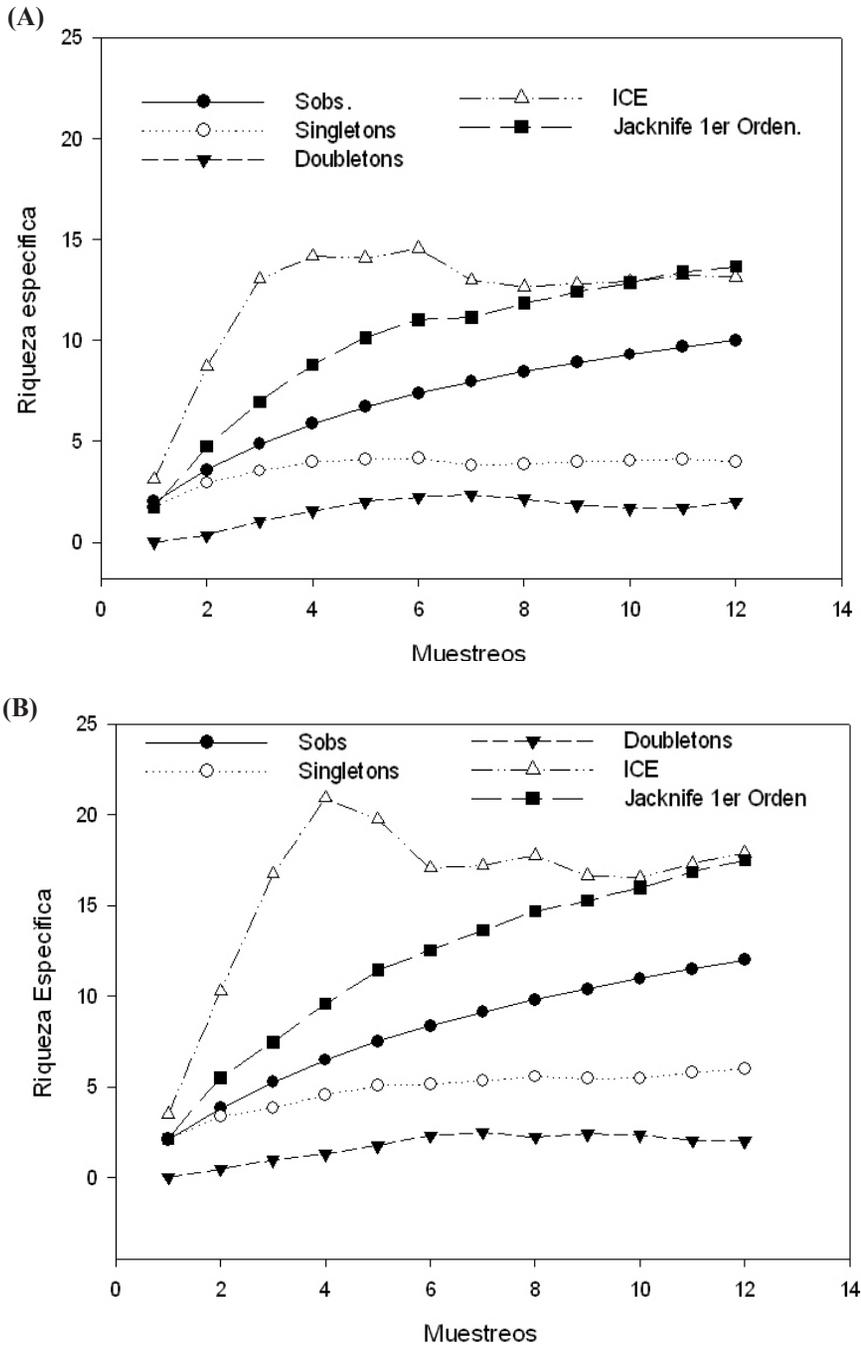


Figura 2. Curvas de acumulación de especies de la riqueza observada (Sobs) y esperada (ICE y Jackknife 1er Orden), y curvas de especies raras (Singletons y Doubletons) para los agroecosistemas: (A) "El Pedregal" y (B) "San Juan" (Tucaní, Edo. Mérida).

evaluados tampoco se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$), lo que indica que no hay diferencia en la diversidad de la comunidad entre estos agroecosistemas.

Con respecto a la similitud de esta comunidad

de lepidópteros entre los sitios de estudio (Tabla 2), se encontró que las mismas comparten aproximadamente el 31% de las especies, lo que indica un nivel de reemplazo del 69% de los lepidópteros presentes en los agroecosistemas.

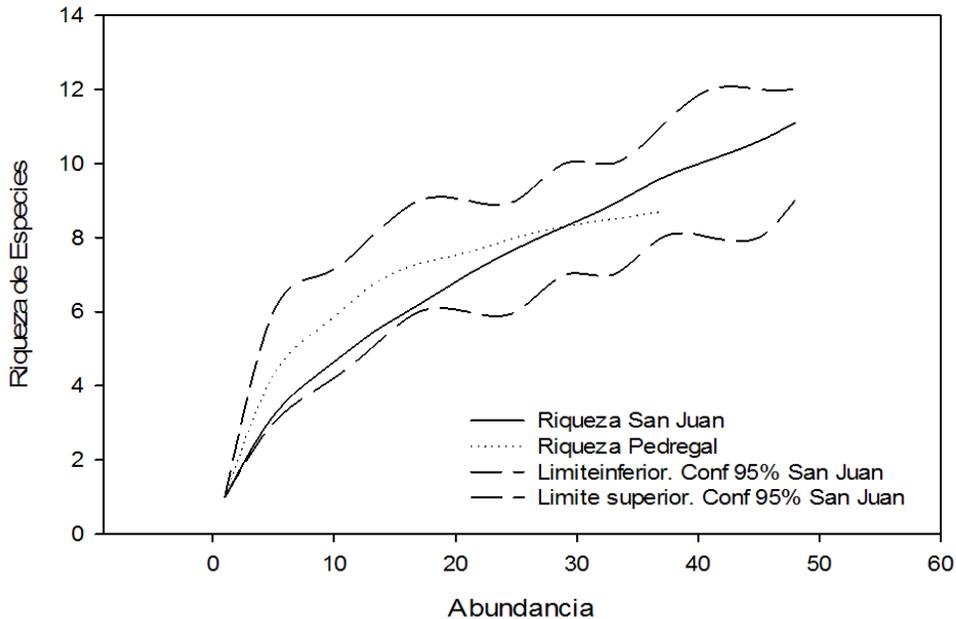


Figura 3. Curva de rarefacción para los agroecosistemas “El Pedregal” y “San Juan” (Tucaní, Edo. Mérida).

Tabla 2. Valores promedio (+desviación estándar) por esfuerzo de muestreo de los índices de diversidad y de la medida de similitud calculados para las comunidades de lepidópteros defoliadores y barrenadores muestreadas en los agroecosistemas: “El Pedregal” y “San Juan” (Tucaní, Edo. Mérida). Para ninguno de los atributos se encontró diferencias significativas entre los sitios de estudio ($p > 0.05$, prueba de Mann-Whitney).

| Atributo de la comunidad. | “El Pedregal” | “San Juan” |
|------------------------------|---------------|-------------|
| Nº individuos (N) | 4,08 (3,09) | 4,91 (5,70) |
| Riqueza observada (S) | 2,08 (1,24) | 1,91 (0,79) |
| Berger-Parker | 0,65 (0,32) | 0,70 (0,24) |
| Shannon (H') | 0,56 (0,51) | 0,52 (0,41) |
| Simpson (D) | 0,59 (0,33) | 0,66 (0,26) |
| Nº Hill (N ₂) | 1,78 (1,13) | 1,75 (0,66) |
| Índices de Similitud. | | |
| Jaccard | 0,31 | |

DISCUSIÓN

Abundancia y composición taxonómica de la comunidad de lepidópteros defoliadores y barrenadores

Del total de lepidópteros capturados se encontraron 4 familias (Arctiidae, Noctuidae, Tortricidae y Limacodidae) comunes para los dos agroecosistemas, de las cuales, en orden de importancia, Noctuidae, Arctiidae y Tortricidae resultaron las más abundantes en todo el muestreo. La mayor representatividad de estas

familias en el estudio podría deberse a que se trata de taxa de amplia distribución, así como generalistas, por el uso de una amplia variedad de recursos tróficos (Stehr 1987; Triplehorn y Johnson 2005). Particularmente los miembros de la familia Noctuidae constituyen uno de los grupos de lepidópteros más importantes señalados como plagas tanto agrícolas como forestales (Selfa y Anento 1997). Muchas especies han sido registradas no solo en plantaciones de cacao sino además asociadas a cultivos como maíz, arroz, sorgo, chile dulce y frijol (Chacón y Montero 2007).

Los tortricidos han sido encontrados asociados a cacao como defoliadores y barrenadores del fruto en las zonas de producción ubicadas en Malasia, Ghana, Papúa Nueva Guinea y Trinidad y Tobago (Bigger, datos no publicados). Para estas zonas se han señalado específicamente los géneros *Adoxophyes*, *Archips*, *Cryptopphlebia*, *Eccopsis* y *Homona*; en el caso de Venezuela solo se tiene registro de la especie *Ecdytolophia aurantianum* como barrenador del fruto (Bigger, datos no publicados). Los ártidos, por su parte, han sido registrados alimentándose de un amplio rango de cultivos y malezas (Chacón y Montero 2007). En relación a los limacódidos, se sabe que se alimentan de varias especies y familias de plantas, incluyendo la familia Malvaceae (Chacón y Montero 2007). Para Venezuela, se ha registrado la asociación del género *Acharia* como defoliador de *T. cacao* (Bigger, datos no publicados).

Las dos familias restantes registradas fueron colectadas de manera diferencial en las dos zonas de estudio: Sesiidae en el “El Pedregal” y Pterophoridae en “San Juan”. En relación a la familia Sesiidae, en nuestro estudio solo se registró la presencia de larvas del género *Carmenta*, para las cuales pudimos evidenciar que se alimenta del fruto de cacao, hecho que también fue demostrado por Delgado (2005). Estos datos sugieren que los sésidos que encontramos durante el estudio son de hábitos tróficos especialistas. Resulta curioso que la presencia de estos sésidos se registró solo en “El Pedregal”, aun cuando la disponibilidad de su recurso alimenticio estaba garantizada en los dos agroecosistemas. Ello parece indicar que otro factor (biótico o abiótico) podría favorecer la presencia del taxón solo en “El Pedregal”, sin embargo, los datos proporcionados en este estudio no son suficientes para explicar cuál factor estaría actuando sobre la distribución de esta familia en el área de estudio en general. En el caso de la familia Pterophoridae, para *T. cacao* se tiene registrado la presencia de varias especies defoliadoras pertenecientes a los géneros: *Oxyptilus* en Brasil, Ghana, Costa de Marfil y Trinidad y Tobago, y *Sphenarches* en Ghana, Malasia y Sri Lanka, pero para Venezuela no se tienen registros (Bigger, datos no publicados).

Curvas de acumulación de especies y curvas de rarefacción

Los resultados de las curvas de acumulación de especies (Figura 2) revelaron que para el esfuerzo

de muestreo realizado (n=12), en ninguno de los agroecosistemas estudiados las curvas alcanzaron la asíntota, tendencia que también se observó en las curvas correspondientes a los estimadores de riqueza utilizados. El ICE, considerado uno de los mejores estimadores de riqueza (Chazdon *et al.* 1998), muestra una fuerte sobrestimación al inicio, aunque a medida que el muestreo avanza se estabiliza, y de hecho, en el presente estudio resultó con valores de riqueza muy similares a los de Jackknife de primer orden; dicho comportamiento es propio del índice, que para tamaños muestrales muy pequeños tiende a fluctuar (Longino *et al.* 2002). En cualquier caso, el no alcanzar la asíntota significa que no se logró registrar el valor de riqueza que, teóricamente, se puede encontrar en la zona estudiada con los métodos de muestreo seleccionados (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). Por otro lado, el comportamiento de las especies raras (curvas de singletons y doubletons, Figura 2) demostró que, para ambas zonas, las curvas no convergen en ningún punto, lo que indica que a medida que aumenta el número de muestreos siguen apareciendo nuevas especies. De acuerdo con esto, consideramos que el inventario de los lepidópteros asociados a cacao en las zonas de estudio fue insuficiente y por tanto que existe la probabilidad que con el incremento del esfuerzo de muestreo se sigan agregando otras especies en futuros inventarios. Esta suposición podemos reforzarla con datos de colectas esporádicas que fueron realizadas en “El Pedregal” fuera del periodo del muestreo. En esta oportunidad registramos para dicha zona otros lepidópteros, entre los cuales se determinaron dos especies de la familia Nymphalidae, *Archaeoprepona* sp (Charaxinae) y *Colobura dirce* (Nymphalinae), y varias morfoespecies de las familias Arctiidae, Tortricidae y Limacodidae. También es importante destacar el hecho de que el muestreo en los árboles de cacao se hizo hasta una altura de 2 metros aproximadamente, por lo que es posible que existan especies asociadas a partes más altas del árbol de cacao que inevitablemente quedaron excluidas del inventario. Aun cuando los resultados indican un inventario insuficiente, pensamos que el registro de la riqueza de lepidópteros asociados a cacao fue importante en los dos agroecosistemas tomando en cuenta que para “El Pedregal” se logró inventariar el 73% de las especies esperadas mientras que para “San Juan” el 61%.

Aun cuando el esfuerzo de muestreo realizado no fue suficiente para registrar la riqueza máxima de los dos agroecosistemas estudiados, según lo discutido anteriormente, los resultados de la curva de rarefacción (Figura 3) sugieren que para el mismo tamaño de muestra (abundancia de lepidópteros) la riqueza de especies resultó igual en los dos agroecosistemas.

Diversidad de la comunidad de Lepidoptera

Los resultados obtenidos referentes a la estructura de la comunidad (Tabla 2) revelaron que los valores de abundancia, riqueza, dominancia y los distintos índices de diversidad calculados, no difirieron entre los dos agroecosistemas estudiados, lo que indica que estos lepidópteros son igualmente abundantes en los dos sitios y que, además, la comunidad presenta los mismos niveles de diversidad, evaluada tanto por el análisis combinado de sus dos componentes, la riqueza y la uniformidad (índices de diversidad), como por el análisis individual de los mismos.

Sin embargo, al evaluar comparativamente la distribución de abundancia de los distintos taxa registrados en los dos agroecosistemas (Tabla 1), notamos diferencias importantes que a su vez sugieren diferencias en la composición de la comunidad entre ambos sitios. A nivel de familia, podemos destacar la presencia diferencial de Sesiidae y Pterophoridae en “El Pedregal” y “San Juan” respectivamente. Asimismo, dentro de las familias que resultaron comunes en los dos sitios, observamos diferencias importantes en las abundancias relativas de las morfoespecies encontradas; *Diopa* sp resultó ser la especie dominante en los dos agroecosistemas, sin embargo, las morfoespecies 1 y 2 de la familia Tortricidae, *Eudesmia menea* e *Isantrene* sp (Arctiidae), mostraron abundancias diferenciales entre los sitios. *Eudesmia menea* fue la segunda más importante en El Pedregal (20,83%) y casi codominante con *Diopa* sp (22,92%), mientras que su importancia en la comunidad de “San Juan” se redujo considerablemente (3,17%). Por su parte, la morfoespecie 1 de la familia Pterophoridae, de manera opuesta a la anterior, resultó la segunda más importante para la zona de “San Juan” (30,16%), donde también mostró ser casi codominante con *Diopa* sp (33,33%). Otra evidencia relevante de los cambios de la composición de esta comunidad entre los sitios de estudio fue la presencia exclusiva de algunas

de las especies en uno de los agroecosistemas, con la morfoespecie 3 de la familia Tortricidae, *Melipotis* sp (Noctuidae), las morfoespecies 2 y 3 de las familias Limacodidae y Arctiidae respectivamente, y *Carmenta* sp (Sesiidae) solo en “El Pedregal”, mientras que las especies *Spodoptera* sp y *Euclystis* sp de la familia Noctuidae, las morfoespecies 1 y 2 de la familia Arctiidae, las morfoespecies 1 y 2 de la familia Pterophoridae y Limacodidae respectivamente aparecieron solo en “San Juan”.

El valor del índice de similitud en la composición de la comunidad entre los dos agroecosistemas (0,31) permite deducir que el 69% de las especies no es compartida entre los sitios, lo que corrobora la idea de un cambio importante en la composición de esta comunidad. El valor de similitud encontrado podría ser considerado relativamente bajo, ya que según Soininen (2010), el recambio de especies disminuye cuando se incrementa la distancia espacial, es decir, entre más distantes las zonas muestreadas, hay menor similitud en la composición de especies entre ellas. Para nuestro caso, los dos agroecosistemas están ubicados de manera contigua, razón por la cual se esperaría que los valores de similitud fuesen muy cercanos al 100% y en consecuencia, el nivel de recambio de especies muy bajo. Con base en los comentarios anteriores, consideramos que los dos tipos de cultivo de cacao efectivamente difieren en la composición taxonómica de la comunidad de lepidópteros asociados, lo cual podría ser consecuencia de la acción diferencial de uno o varios factores ambientales.

Entre los factores ambientales que estarían influyendo en la composición de las comunidades de lepidópteros, podemos señalar las características de la vegetación asociada a cada cultivo. En este sentido es importante destacar que estos agroecosistemas difieren en su composición florística, lo cual ha permitido clasificarlos de manera distinta (Gutiérrez, com. pers.): “El Pedregal” como *cultivo agroforestal de cacao asociado a árboles plantados* y “San Juan” como *cultivo agroforestal de cacao asociado a árboles nativos*. El agroecosistema con árboles plantados presenta dos estratos de vegetación bien definidos, un estrato arbóreo y un estrato arbustivo. El estrato arbóreo está representado principalmente por árboles de Bucare (*Erythrina fusca* Loureiro) y diferentes especies de Guamo (*Inga spectabilis* Vahl., *I. edulis* Mart., *I. ingeoides* (Rich.) Willd.,

entre otras), con alturas entre 8 y 10 metros, que constituyen el actual dosel de la plantación. También se ha permitido el establecimiento de otras especies arbóreas como: *Cedrela odorata* L., *Gmelina arborea* Roxb., *Azadirachta indica* A.Juss., *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, *Brownea ariza* Benth., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., las cuales son menos frecuentes y están irregularmente distribuidas en el cacaotal. El estrato arbustivo está representado únicamente por el cultivo de cacao, con alturas de 2 a 3 metros. También es posible encontrar en este tipo de agroecosistema un estrato herbáceo difuso, que se limita a una capa rastrera compuesta por varias especies de herbáceas entre las cuales se pueden mencionar: *Momordica charantia* L., *Borreria* ssp y *Amaranthus spinosus* L. (Diehl 2012).

El agroecosistema asociado a árboles nativos también muestra dos estratos bien definidos, pero a diferencia del anterior, aquí el estrato arbóreo está representando por una mayor riqueza de especies que se conservaron del bosque secundario original para sombra del cacao. Este estrato presenta un rango de altura que oscila entre 8 y 10 metros, siendo las especies más comunes: *Samanea saman* (Jacq.) Merr., *Cedrela odorata* L., *Ficus insipida* Willd., *Spondias mombin* L., *Alchornea glandulosa* Poepp., *Jacaranda copaia* ssp. *spectabilis* (Mart. Ex DC.) A.H. Gentry., *Maclura tintoria* (L.) D. Don ex Steud., *Guarea guidonia* (L.) Sleumer., *Zanthoxylum monophyllum* (Lam.) P. Wilson., *Tabebuia guayacan* (Seem.) Hemsl., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn y *Genipa americana* var. *caruto* (Kunth) K.Schum. in Mart. El estrato arbustivo, al igual que en el agroecosistema anterior, está dominado por cacao, aunque también es posible encontrar otras especies como: *Bellucia pentamera* Naudin, *Isertia haenkeana* A. DC., *Hamelia patens* var. *patens* Jacq., *Acalypha macrostachya* Jacq., *Vismia baccifera* (L.) Triana y Planch, que poseen alturas que oscilan entre los 4 y 6 metros (Diehl 2012).

Además de las diferencias en la composición florística, Diehl (2012) también evidenció diferencias en la riqueza de la comunidad vegetal de los dos agroecosistemas, siendo ésta mayor en “San Juan” (28 especies) que en “El Pedregal” (20 especies). Estas diferencias en los agroecosistemas desde el punto de vista florístico podrían a su vez implicar diferencias en la complejidad estructural de la comunidad vegetal. Como lo sugiere la revisión de Muriel

y Vélez (2004), hay una estrecha relación entre la diversidad de plantas y variables como la complejidad estructural, la composición florística y la abundancia relativa de las plantas dentro del agroecosistema.

Las diferencias en la complejidad estructural de los dos agroecosistemas estudiarían ayudarían a entender los cambios en la composición de la comunidad de lepidópteros entre los dos sitios, en virtud de que una mayor complejidad propiciaría una mayor variedad de microhábitats disponibles para las especies de lepidópteros presentes en cada agroecosistema. Al respecto, Bianchi *et al.* (2006) destacan la importancia de los agroecosistemas complejos por su potencial para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la función del control de plagas. Estos autores sugieren que la complejidad del paisaje afecta a la diversidad y abundancia de la comunidad de enemigos naturales, y que diferentes tipos de hábitat pueden favorecer diferentes especies animales. No obstante, Muriel y Vélez (2004) consideran que el efecto de la diversidad vegetal sobre los insectos es altamente variable, y que factores y mecanismos complejos no considerados podrían estar interactuando con la diversidad de plantas en su efecto sobre las poblaciones de insectos. Las variables microclimáticas, aunque no han sido evaluadas en el presente estudio, podrían estar variando entre los dos agroecosistemas, puesto que las diferencias en la complejidad estructural podrían modificar la intensidad de la sombra de la plantación, la que, a su vez, influye en variables como la temperatura foliar o la cantidad de agua en el suelo (Jaimez *et al.* 2008), y como consecuencia de ello, las densidades de plagas y la dinámica de sus enemigos se verían afectadas (Altieri y Nicholls 2007).

Aun cuando nuestros resultados no evidenciaron diferencias entre las medidas de diversidad evaluadas para la comunidad de lepidópteros asociada a los dos tipos de cultivo, sí mostraron diferencias en la composición taxonómica de esta comunidad, como es el caso de la presencia exclusiva de las familias Pterophoridae en “San Juan” y Sesiidae en “El Pedregal”. Ello podría estar relacionado con las diferencias encontradas entre los dos sitios en cuanto a su complejidad estructural, evaluada a través de las diferencias florísticas observadas. Estas dos familias podrían ser por lo tanto indicadoras de diferencias ambientales entre los dos sitios.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento al personal de las fincas “El Pedregal” y “San Juan”, en especial a A. Santisteban, A. Gualdrón y G. Delourme, por facilitarnos su ayuda y los permisos correspondientes para la colecta del material en estas áreas. Un agradecimiento especial a todo el equipo integrante del proyecto CAMBIOS por su ayuda y colaboración durante el periodo de muestreo.

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto “CAMBIOS: Cacaocultura en Ambientes Biodiversos para la Sustentabilidad”, proyecto LOCTI financiado por Socaoven, así como por la Fondation Valrhona pour le Goût.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA, M., A. AZÓCAR y E. GONZÁLEZ (eds). 2003. Biodiversidad en Venezuela. Tomo I. Fundación polar, ministerio de Ciencia y tecnología y fondo nacional de Ciencia, tecnología e innovación (Fonacit). Caracas, pp 426-433.
- ALTIERI, M.A. y C. I. NICHOLLS. 2007. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Icaria editorial. Barcelona, 248 pp.
- ARMADO, A., F. CONTRERAS y P. GARCÍA. 2009. Fraccionamiento químico de carbono orgánico y su relación con la actividad microbiológica, biomasa microbiana y cantidad de ADN en suelos cacaoteros venezolanos. Revista de la Sociedad Química de Perú 75 (1): 44-53.
- BIANCHI, F., C. BOOIJ y T. TSCHARNTK. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proceedings of the royal society B 273: 1715-1727.
- BIGGER, M. 2008. A geographical distribution list of insects and mites associated with cocoa, derived from literature published before 2008. Publicado en: (http://www.ipmnetwork.net/commodity/cocoa_insects.pdf)
- CHACÓN, I. y J. MONTERO. 2007. Mariposas de Costa Rica. Primera edición. Instituto nacional de biodiversidad. Editorial Inbio. Costa Rica. 366 pp.
- CHAZDON, R. L., R. K. COLWELL, J. S. DENSLOW y M. R. GUARIGUATA. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of northeastern Costa Rica. Pp: 285-309 in F. Dallmeier and J. A. Comiskey, eds. Forest biodiversity research, monitoring and modeling: conceptual background and old world case studies. Parthenon Publishing, Paris, France.
- COLWELL, R. K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 7.5. Guía de usuario y aplicación publicada en: (<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>).
- DELGADO, N. 2005. Caracterización morfológica de los Sesiidae (Insecta: Lepidoptera) perforadores del fruto del cacao (*Theobroma cacao* L.), presentes en la región costera del estado Aragua, Venezuela. Entomotropica 20 (2): 97-111.
- DIEHL, P. 2012. Species diversity and vegetation structure in a cacao plantation in West-Venezuela. Bachelor thesis. Technical University Munich, Chair of restoration ecology. 58 pp.
- HAMMER, Ø., D. A. T. HARPE y P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontología Electrónica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- JAIMEZ, R. y W. FRANCO. 1999. Producción de hojarasca, aporte en nutrientes y descomposición en sistemas agroforestales de cacao y frutales. Agrotropica 11 (1): 1-8.
- JAIMEZ, R., W. TEZARA, I. CORONEL y R. URICH. 2008. Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. Revista Forestal Venezolana 52 (2): 253-258.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A. y J. HORTAL. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología 8: 151-161.
- LEAL, F., L. AVILAN y E. VALDERRAMA. 1999. Áreas potenciales para el desarrollo del cacao en Venezuela. Agroalimentaria 8: 39-45.
- LONGINO, J. T., J. CODDINGTON y R. K. COLWELL. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. Ecology 83 (3): 689-702.
- LÓPEZ, A. y G. WILLIAMS. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. Boletín de la Sociedad Botánica de México 78:7-15.

- MAGURRAN, A. E. 1988. Diversidad Ecológica y su Medición. Ediciones VEDRA. Barcelona. 200 pp.
- MURIEL, S. y L. VÉLEZ. 2004. Evaluando la diversidad de plantas en los agroecosistemas como estrategia para el control de plagas. Manejo integrado de plagas y agroecología (Costa Rica) N° 71: 13-20.
- RICE, R. y R. GREENBERG. 2000. Cacao cultivation of biological diversity. *Ambio* 29 (3): 167-173.
- RICO-G., A., J. BELTRÁN, A. ÁLVAREZ y E. FLÓREZ. 2005. Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Biota Neotropical* 5: 99-110.
- SALGADO-MORA, M., G. IBARRA-NÚÑEZ, J. MACÍAS-SÁMANO y O. LÓPEZ-BÁEZ. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del soconusco, Chiapas, México. *Interciencia* 32 (11): 763- 768.
- SELFA, J. y J. ANENTO. 1997. Plagas agrícolas y forestales. *Boletín de la sociedad entomológica Aragonesa* 20: 75-91.
- SOININEN, J. 2010. Species turnover along abiotic and biotic gradients: patterns in space equal patterns in time?. *BioScience* 60 (6): 433-439.
- STEHR, F. (Ed). 1987. *Immature Insects*. Kendall/Hunt Publishing company. USA.
- TRIPLEHORN, C. y N. JOHNSON (eds). 2005. Borror and Delong's. *Introduction to the study of insects*. Thomson-Brooks/ cole. 7th edition. pp. 571-646.
- URBINA-CARDONA, J., M. LONDONO-MURCIA y D. GARCÍA-ÁVILA. 2008. Spatio-temporal dynamics of snake diversity in four habitats with different degrees of anthropogenic disturbance in the Gorgona Island National Natural Park in the Colombian Pacific. *Caldasia* 30(2): 479-493.

Recibido 26 de febrero de 2013; revisado 10 de mayo de 2013; aceptado 28 de junio 2013