

Sección Morfología, Comportamiento, Ecología, Evolución y Sistemática

Eumaeini (Lepidoptera: Lycaenidae) del cerro San Antonio: Dinámica de la riqueza y comportamiento de “hilltopping”

Eumaeine butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae) from San Antonio hill: Dynamics of species richness and hilltopping behaviour

CARLOS PRIETO¹, HANS W. DAHNERS²

Resumen. Se analiza la riqueza de la tribu Eumaeini a escala temporal en la cima del cerro San Antonio al oeste de Cali sobre recolectas efectuadas en 2003. Los especímenes se capturaron con redes entomológicas de 5 m y 1,80 m de longitud en 92 muestreos. Se realizaron curvas de acumulación de especies y análisis de similitud (Jaccard) para comparar 11 meses del año con el programa BiodiversityPro y curvas de rarefacción con EcoSim700. La riqueza de Eumaeini registrada en el cerro asciende a 72 especies distribuidas en 35 géneros. Los estimadores indican que se colectó cerca del 88% de las especies que vuelan en la zona. Al menos 20 especies se distribuyen durante todo el año, tienen poblaciones constantes en San Antonio y utilizan el cerro como lugar de encuentro de pareja. Se asume que al menos 26 especies no presentan el comportamiento de “hilltopping” o sus poblaciones son relativamente bajas en los alrededores del cerro. Los meses de julio y agosto mostraron un gran número de especies aunque los análisis de rarefacción indicaron que no existen diferencias en la riqueza de 11 meses del 2003. La similitud entre los meses es menor del 56% según el análisis de similitud de Jaccard. Los cambios en la riqueza de la comunidad son debidos principalmente al régimen de lluvias y a la mayor o menor influencia del sol sobre la zona. La gran cantidad de especies únicas puede ser debida a individuos que no presentan el comportamiento de “hilltopping” o que provienen de cerros aledaños donde tienen poblaciones grandes y estables.

Palabras clave: Cordillera Occidental. Colombia. Biodiversidad. Theclinae. Eumaeínidos.

Abstract. Richness of the tribe Eumaeini was analyzed on a temporal scale on San Antonio hill, west of Cali, based on collections made in 2003. Specimens were collected with 5 m and 1.8 m long insect nets in 92 surveys. Species accumulation curves and similarity analysis (Jaccard) were carried out to compare 11 months of the year with BiodiversityPro software and rarefaction curves made with Ecosim700. The richness of Eumaeini recorded on the hill reached 72 species distributed in 32 genera. Estimators indicated that about 88% of the species that fly in the zone were collected. At least 20 species were distributed across the entire year, have constant populations in San Antonio, and use the hill as a site for mate finding. At least 26 species were assumed to not display hilltopping behaviour or their populations were relatively low in the area around the hill. The months of July and August showed a high number of species although the rarefaction analysis indicated that there was no significant differences in richness among the 11 months in 2003. The similarity between the months was less than 56% according to the Jaccard similarity analysis. The changes in community richness were principally due to the rain regime and to the greater or lesser influence of sun in the zone. The great number of unique species could be due to individuals that do not display hilltopping behaviour or to those that come from distant sites that have large and stable populations.

Key words: Western cordillera. Colombia. Biodiversity. Theclinae. Eumaeine.

Introducción

Los bosques en zonas tropicales son destruidos rápidamente y los organismos dentro de ellos siguen siendo en gran parte, desconocidos. Por esto los estudios modernos sobre la diversidad de especies son cruciales para entender las comunidades tropicales restantes y su conservación (DeVries *et al.* 1999; Gaston 1996; Heywood 1995). El conocimiento de la variación de abundancia de las especies en espacio y tiempo puede ayudar a identificar características ecológicas de la diversidad tropi-

cal, sin embargo se han hecho muy pocos estudios de este tipo (DeVries *et al.* 1999).

Muchas mariposas y otros insectos vuelan hacia las cimas de cerros y montañas como respuesta a la necesidad de encontrar pareja. A este comportamiento se le denomina en inglés como “hilltopping” (Pe’er *et al.* 2004; Alcock 1987; Shields 1967). En muchos aspectos este comportamiento es similar al que presentan algunas aves que forman “leks” incrementando la eficiencia de los encuentros sexuales al reducir el área en la cual pueden ocurrir. Las cimas de cerros y montañas actúan como un foco

para el apareamiento pues estos sitios generalmente no proveen de fuentes alimenticias o plantas hospederas las especies que los visitan (Alcock 1987). Estas cimas pueden tener un área muy pequeña en relación a la cantidad de especies que las utilizan lo que sugiere patrones de actividad diaria o estacional en la ocurrencia y abundancia de estos taxones. De esta manera la coexistencia por repartición del tiempo puede ser posible en grupos de especies relacionadas (Prieto 2006; Gilbert 1984; Gilbert y Singer 1975; Prieto y Dahn timers en prep.).

1 Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO). Universidad de Alicante, España. cprieto5000@yahoo.com

2 Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad del Valle. Cali, Colombia. hdahn timers@gmx.de

En el Neotrópico el conocimiento de la composición de comunidades de ropalóceros de cima de montaña es muy escaso. En Colombia algunos trabajos describen hábitos territoriales de especies aisladas (Salazar 1996; Callaghan 1983; Shapiro y Torres 1978; Ackery 1975) o describen la riqueza de especies que frecuentan estos sitios (Prieto 2003; Salazar 1996). Se han registrado especies con comportamiento de “hilltopping” en varias familias de lepidoptera como: Lycaenidae, Nymphalidae, Papilionidae, Pieridae y Hesperidae. Probablemente Lycaenidae es la familia con mayor riqueza de especies en las cimas de cerros y montañas neotropicales.

Los Eumaeini son un grupo cuyo arreglo taxonómico ha estado estancado durante casi 80 años debido principalmente a que la mayoría de las especies son extraordinariamente raras en colecciones. Algunas especies descritas dos siglos atrás permanecen conocidas con menos de 5 individuos (Robbins 2004). Aunque la tribu Eumaeini es Holarctica y Neotropical (Robbins 2004; Eliot 1973) el grupo esta principalmente representado en el Neotrópico donde se han descrito 1058 de las 1130 especies conocidas. Solo en Suramérica se encuentran 910 especies de Eumaeini (Robbins 2004). Colombia, Ecuador, Perú y Brasil presentan la mayor riqueza de esta tribu con más de 500 especies y muchas más por describir en cada país (*op. cit.*). Aunque los Eumaeini se encuentran en un amplio rango de hábitat, presentan un patrón alar muy similar. Como anota Robbins (2004) ésta pudo ser una de las razones por las cuales muchas especies fueron ubicadas en el género “*Thecla*” Fabricius (Draudt 1919-20), género cuya acepción actual nunca estuvo representada en el Neotrópico y que técnicamente se refiere a un pequeño grupo Paléartico de Theclini (Eliot 1973). El presente trabajo pretende mostrar la riqueza de Eumaeini en el cerro San Antonio, y analizar la dinámica temporal en la cima de esta montaña.

Materiales y Métodos

Área de estudio. El cerro San Antonio o de La Horqueta se encuentra en la cordillera Occidental, departamento del Valle a 15 kilómetros al occidente de Cali sobre la carretera a Buenaventura y en la divisoria de aguas de las cuencas del río Aguacatal y Dagua. Las coordenadas geográficas del bosque son: 76°38’W y 3°30’N. (Fig. 1). San Antonio forma parte de un sistema de parches de bosques relictuales con un área total de 700 ha, a

elevaciones entre 1.800 y 2.200 m. En la actualidad esta región esta representada por un archipiélago de fragmentos boscosos sobre una matriz de pequeñas granjas y casas de campo. Sin embargo, en la zona los procesos de fragmentación no han sufrido muchos cambios desde la década de los sesenta (Kattan *et al.* 1994; Kattan *et al.* 1984). De acuerdo con Holdridge (1967) el bosque de San Antonio esta clasificado como bosque húmedo montano bajo con una media de temperatura anual entre 15°C y un promedio anual de lluvia de 3.000 mm. Este sistema ha sido estudiado con relativa intensidad durante muchos años, principalmente en grupos de aves, donde se ha demostrado que el 31% de especies del bosque original en 1911 han desaparecido (Kattan *et al.* 1994). Sin embargo no se conocen trabajos intensivos que registren la diversidad real de mariposas en la zona.

Muestreo e identificación de especímenes. El lugar específico de muestreo es una colina que constituye la parte más alta de San Antonio a 2.200 msnm. Esta pequeña pronunciación geográfica tiene aproximadamente 70m de altura y 300m de base (Fig. 2). La cima tiene un área aproximada de 200 m² (17 m x 12 m) y la altura máxima de la vegetación es de 7,50 m. Una descripción detallada de la zona de muestreo y de los bosques aledaños puede encontrarse en Bálint *et al.* (2003). Se realizaron 92 salidas de campo entre las 9:00 y las 14:00 horas para un total de 5 horas/hombre/Día de recolecta en días con un porcentaje de cobertura de nubes inferior al 40% a lo largo del año 2003. Al no realizar ninguna salida de campo en febrero, este mes no se tuvo en cuenta en los análisis (Tabla 1).

Puesto que los licénidos no son atraídos profusamente por trampas cebadas de

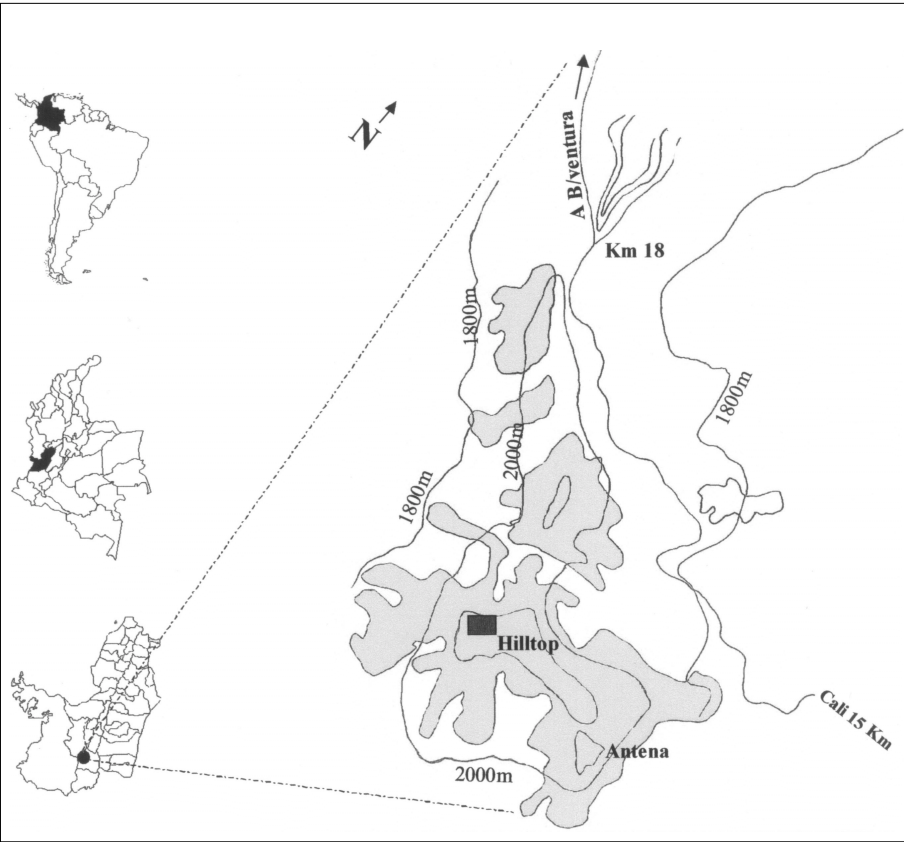


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. (Modificado de Kattan *et al.* 1994).

Tabla 1. Número de especies, especímenes colectados y muestreos por cada mes del año 2003.

2003	Ene.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Especies	7	17	19	20	25	24	31	20	12	14	15
Especímenes	13	51	52	48	71	95	140	29	24	28	25
Muestreos	4	7	7	9	14	13	14	4	4	9	7



Figura 2. Cima del Cerro San Antonio. El rectángulo indica el lugar preciso de muestreo para el análisis de diversidad en el año 2003.

ningún tipo, se recolectaron todos los individuos posibles observados perchedos en las hojas de los árboles con dos redes entomológicas de 5 m de longitud y dos redes de 1,80 m. De la misma forma se efectuaron recolectas esporádicas en el año 2004 para completar la lista de especies. Los especímenes se identificaron con la ayuda de Zsolt Bálint (Museo de Historia Natural, Budapest, Hungría), basados en D'Abrera (1995) y Beccaloni *et al.* (2003). Se utiliza principalmente el arreglo genérico propuesto por Robbins (2004) aunque en algunos casos se mantienen los géneros propuestos por Kurt Johnson y colaboradores (Johnson *et al.* 1997a; Johnson *et al.* 1997b; Salazar y Johnson 1997; Salazar *et al.* 1997; Johnson 1992). Las fotografías fueron tomadas con una cámara digital Nikon Coolpix 4500 y modificadas en Adobe Photoshop 7.0 para mostrar las dos caras de cada espécimen en una misma imagen.

Análisis de la riqueza. Se realizaron curvas de acumulación de especies para determinar la certeza del muestreo utilizando los estimadores no paramétricos que analizan la riqueza específica mas ampliamente utilizados: Chao2, el cual requiere solo datos de presencia y ausencia y es el que presenta menor sesgo cuando las muestras son pequeñas (Colwell y Coddington 1994); Jackknife 1, que al tener en cuenta las especies únicas tiende a reducir el sesgo de los valores estimados; Jackknife 2, se basa en el número de espe-

cies que ocurren solamente en una muestra y en el número de especies que ocurren exactamente en dos muestras, además del método de Bootstrap.

Se realizó un análisis de similitud (Jaccard) entre los meses con el programa BiodiversityPro. Esta información es representada como un "cluster" creado con el método de Ward (1963) en el programa STATISTICA. Se llevó a cabo un análisis de rarefacción para comparar la diversidad de los meses con muestreos desiguales con el programa EcoSim700 (Gotelli y Entsminger 2001). Para facilitar el análisis de los datos se hizo una analogía con los términos de alfa, beta y gama diversidad propuestas por (Schluter y Ricklefs 1993). En el presente trabajo se tratan como diversidades alfa¹ las riquezas puntuales en cada mes, la diversidad beta¹ como el recambio de especies entre los diferentes meses y la diversidad gama¹ como el total de especies observadas en los 11 meses muestreados. Esta analogía se utiliza como una herramienta metodológica y no refleja el concepto espacial para los que fueron creados los términos alfa (diversidad local), beta (recambio de especies entre localidades) y gama (diversidad regional), por tratarse de un solo punto de muestreo.

Se determinó el grupo de meses que proporciona un mayor número de especies utilizando el algoritmo de complementariedad de especies propuesto por Vane-Wright *et al.* (1991). La complementariedad se entiende como el conjun-

to mínimo de tratamientos (meses) que aseguran la inclusión de todas las especies, independientemente de su frecuencia, y permite identificar que tratamientos son los que aportan más especies al total. Este método se utiliza generalmente para determinar áreas prioritarias en conservación debido a su particular riqueza específica. En este estudio se utilizó para determinar cuales meses del año pondrían ser mas utilizados por las especies para realizar sus actividades de búsqueda de pareja y para centrar el inventario de biodiversidad en meses con alta riqueza específica.

Resultados del análisis temporal de la riqueza para el año 2003

En el año 2003 se recolectaron 573 especímenes que representaron 60 especies de Eumaeini distribuidas en 35 géneros (Tabla 1 y 2; Figuras 8 y 9). La tabla 2 muestra la lista total de especies, incluyendo las encontradas en los muestreos esporádicos del 2004.

Diversidad alfa¹: El mayor número de especies se registra en los meses de agosto y junio seguidos de julio, mayo y abril (Tabla 1, Fig. 3). Sin embargo las curvas de rarefacción indican que la riqueza es muy similar en los 11 meses y que todas las riquezas entran en el intervalo de confianza del mes con mayor número de especímenes (Fig. 4). Los meses con menor riqueza de especies son enero y octubre.

Diversidad beta¹: La diversidad beta¹ se halló utilizando la fórmula $B = 1/n$ promedio de muestras ocupadas por una especie (Schluter y Ricklefs 1993), y mostró un valor de $B^1 = 0.29$. El análisis de similitud de Jaccard (Fig. 5) muestra un porcentaje de similitud en todo caso menor al 56% y tres grupos de meses, relacionados por su composición de especies, que concuerdan con los meses de lluvia, disminución de lluvias y verano en la zona.

Diversidad gama¹: La diversidad gamma se halló como: $\gamma^1 = \alpha$ promedio $\times \beta^1 \times$ Dimensión de la muestra (número de meses en este caso), según Schluter y Ricklefs (1993). La cifra hallada $\gamma^1 = 59,16$ es muy similar al número total de especies observadas durante todo el año $S = 60$. Los estimadores muestran que se ha recolectado cerca de 88% de las especies que se predican para la zona. Las curvas de acumulación de especies para el periodo de recolecta durante todo el año se muestran en la figura 6.

Especie	Ene	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Abun.
Género <i>Brangas</i> Hübner, [1819]												
<i>B. caranus</i> (Stoll, 1780)												****
<i>B. coccineifrons</i> (Godman & Salvin, 1887)												*
Género <i>Thaoides</i> Johns., Kruse & Kroen., 1997												
<i>T. theia</i> (Hewitson, 1870)												**
Género <i>Atlides</i> Hübner, [1819]												
<i>A. browni</i> Const., Salaz. & Johns., 1993												****
<i>A. dahnersi</i> Bálint, Const. & Jhons, 2004												****
<i>A. atys</i> (Cramer, 1779)												*
<i>A. polybe</i> (Linnaeus, 1763)												***
Género <i>Theritas</i> Hübner, 1818												
<i>T. paupera</i> (C. & R. Felder, 1865)												***
Género <i>Aveexcrenota</i> Salaz., & Johns, 1997												
<i>A. anna</i> (Druce, 1907)												****
Género <i>Johnsonita</i> Salaz. & Const., 1995.												
<i>J. auda</i> (Hewitson, 1867)												**
Género <i>Brevianta</i> Johns., Kruse & Kroen., 1997												
<i>B. undulata</i> (Hewitson, 1867)												*
<i>B. tolmidès</i> (C. & R. Felder, 1865)												****
Género <i>Micandra</i> Schatz, 1888												
<i>M. aegides</i> (C. & R. Felder, 1865)												***
<i>M. platyptera</i> (C. & R. Felder, 1865)												*
Género <i>Timaeta</i> Johns., Kruse & Kroen., 1997												
<i>T. eronos</i> (Druce, 1890)												*
<i>T. trochus</i> (Druce, 1907)												*
<i>T. timaeus</i> (C. & R. Felder, 1865)												**
Género <i>Rhamma</i> Johnson, 1992												
<i>R. arria</i> (Hewitson, 1870)												***
<i>R. bilix</i> (Draut, 1919)												****
<i>R. comstocki</i> Johnson, 1992												*
Género <i>Penaincisalia</i> Johson, 1990												
<i>P. loxurina</i> (C. & R. Felder, 1865)												***
Género <i>Arawuacus</i> Kaye, 1904												
<i>A. leucogyna</i> (C. & R. Felder, 1865)												*
Género <i>Contrafacia</i> Johnson, 1989												
<i>C. ahola</i> (Hewitson, 1867)												**
<i>C. imma</i> (Prittwitz, 1865)												**
Género <i>Ocaria</i> Clench, 1970												
<i>O. aholiba</i> (Hewitson, 1867)												**
<i>O. clepsydra</i> (Druce, 1907)												***
<i>O. calesia</i> (Hewitson, 1870)												**
<i>O. ocrisia</i> (Hewitson, 1868)												**
Género <i>Cyanophrys</i> Clench, 1961												
<i>C. agricolor</i> (Butler & Druce, 1872)												***
<i>C. pseudolongula</i> (Clench, 1944)												****
Género <i>Allosmaitia</i> Clench, [1964]												
<i>A. strophius</i> (Godart, [1824])												*
Género <i>Laothus</i> Johns., Kruse & Kroen., 1997												

[illegible]

Continuación Tabla 2.

Especie	Ene	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Abun.
Especies sin identificar												
sp. (1)												
sp. (2)												
sp. (3)												*
sp. (4)												*
sp. (5)												**
sp. (6)												*
sp. (7)												**
sp. (8)												**
sp. (9)												**
sp. (10)												*
sp. (11)												*

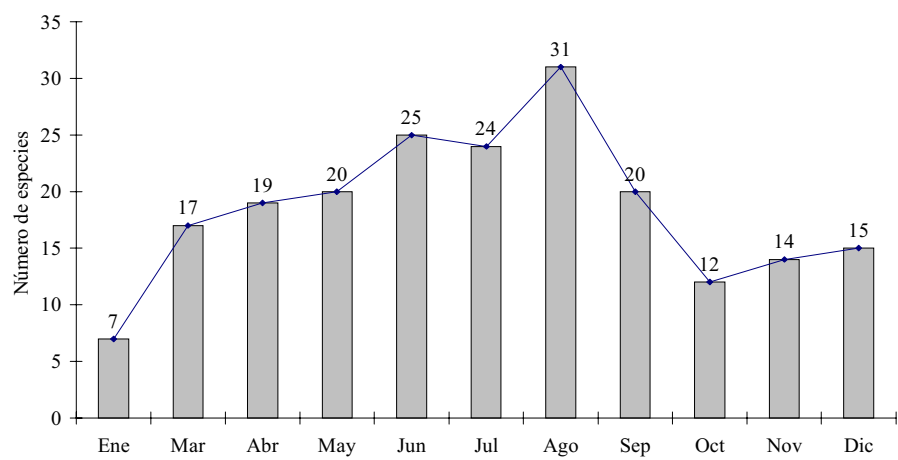


Figura 3. Dinámica de la riqueza de especies a lo largo de 2003.

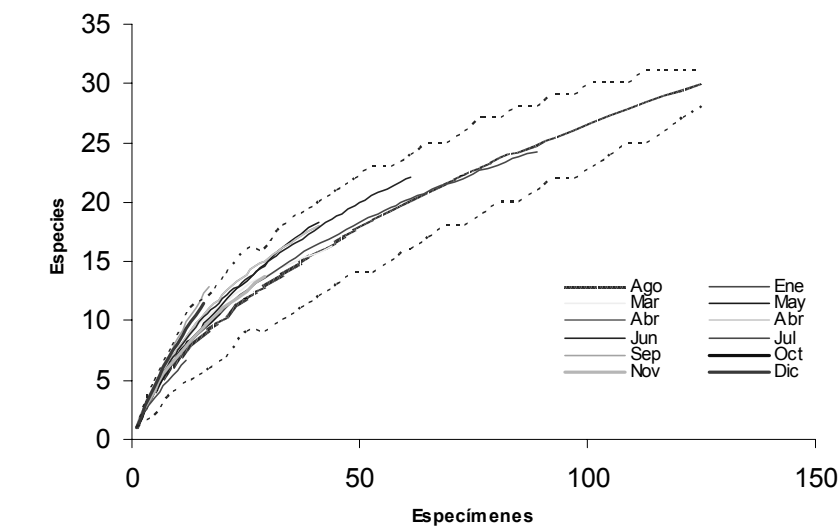


Figura 4. Curvas de rarefacción para cada mes de muestreo en 2003. Las curvas de rarefacción entran en el intervalo de confianza del mes con mayor número de especímenes, indicando que no existen diferencias significativas en la riqueza de los 11 meses.

El algoritmo de complementariedad de especies muestra que los cuatro meses que más especies aportan son agosto, abril, julio y mayo (Tabla 3).

Discusión

Las curvas de acumulación de especies indican que para el año 2003 se habían recolectado entre el 77% y el 88% de las especies en la zona, es decir 60 de las 77 que predice Jackknife2 o 60 de las 68 que predice Bootstrap. Los muestreos realizados en 2004 añadieron 12 especies más al inventario para un total de 72 especies. Lo que demuestra la increíble riqueza de Eumaeini que puede reunir una cima de montaña en zonas tropicales. Aunque la riqueza de Eumaeini en San Antonio es alta, es muy probable que cerros a altitudes similares y con bosques bien preservados, presenten riquezas similares. Especialmente “El Faro” (muestreado intensamente por el segundo autor) y el cerro “Brisas”, ambos en la cordillera Occidental en el municipio de Cali, han mostrado riquezas de mas de 90 y mas de 40 especies de Eumaeini respectivamente.

Además la coexistencia y utilización de este recurso (la cima), en un área tan pequeña para el encuentro de parejas sexuales por un gran número de especies, puede ser reforzada por segregaciones espacio-temporales; especialmente a una distribución vertical y horizontal de las mariposas perchedas sobre la vegetación (Prieto 2006; Prieto en prep.).

La gran cantidad de especies que se recolectaron en un solo mes del año (Fig. 7) puede ser debida, en gran medida, a la visita esporádica y aleatoria de individuos únicos que no presentan el comportamiento de “hilltopping” o que no poseen po-

Tabla 3. Especies aportadas por cada mes de muestreo y especies acumuladas para 11 meses del 2003 en el cerro San Antonio según el algoritmo de complementariedad de especies propuesto por Vane-Wright *et al.* (1991)*.

Iteración	Mes	Especies aportadas	Especies acumuladas
1	Ago	30	30
2	Abr	10	40
3	Jul	8	48
4	May	5	53
5	Ene	2	55
6	Mar	1	56
7	Jun	1	57
8	Sep	1	58
9	Oct	1	59
10	Nov	1	60

* El mes 11 no aportó especies nuevas al estudio.

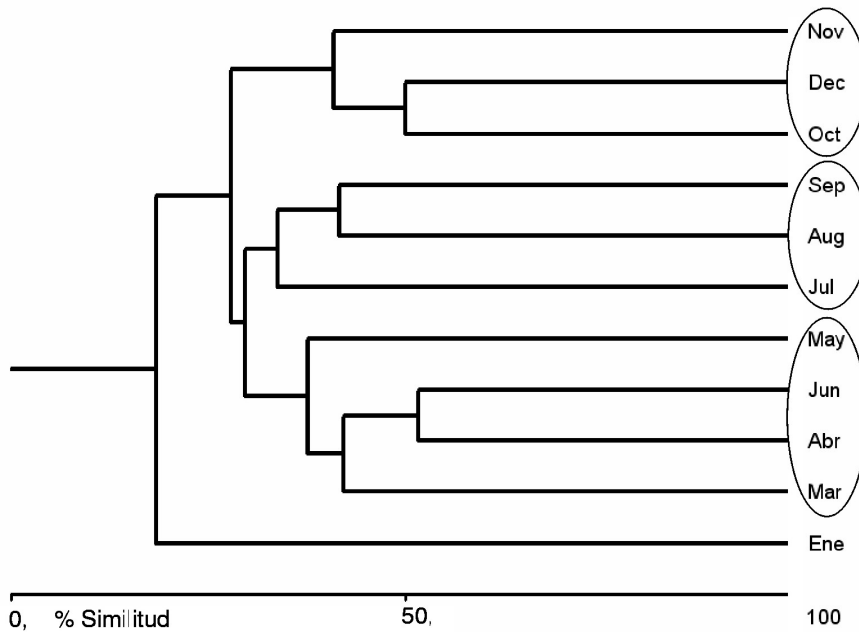


Figura 5. Dendrograma de similitud según el índice de Jaccard para 2003.

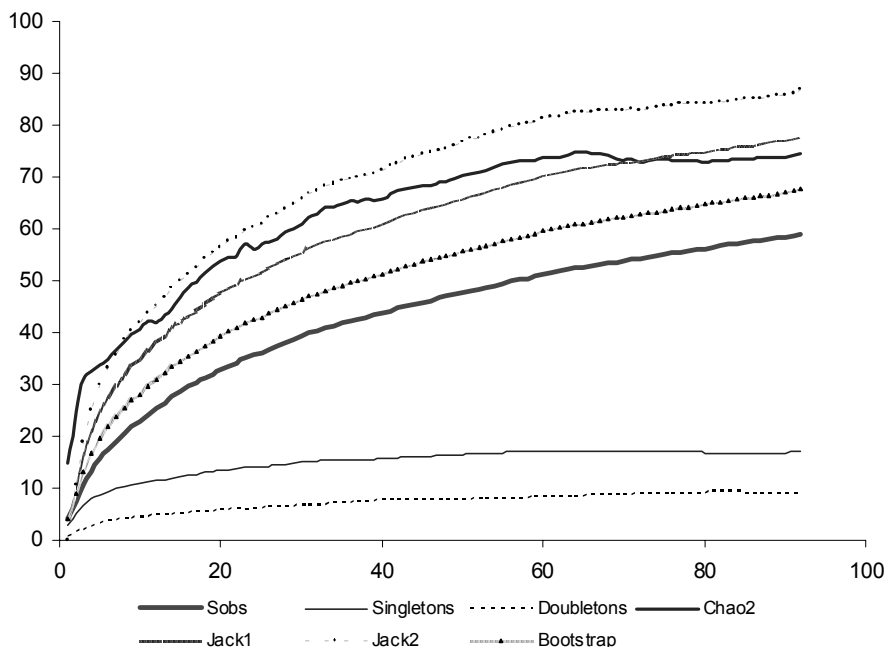


Figura 6. Curvas de acumulación de especies en los muestreos realizados para el 2003.

blaciones estables y abundantes en los bosques de San Antonio. Establecer un periodo fijo de estudio para determinar la diversidad es muy importante en una zona como ésta, porque un periodo de tiempo indeterminado podría ampliar la diversidad a escala regional, máxime cuando a solo 10 kilómetros de San Antonio existe el Parque Natural Farallones de Cali, con más de 150.000 hectáreas de bosque en muy buen estado. Un periodo de un año es suficiente para acercarse a la diversidad de especies que utilizan la cima o que vuelan en los bosques aledaños.

Existe una gran dificultad en deducir la preferencia de un recurso (la cima de montaña) del uso de un recurso (Singer y Thomas 1992; Singer *et al.* 1989). Una gran cantidad de especies pueden utilizar el recurso sin preferirlo, por varias razones como depredación, densidad poblacional o por simple casualidad. Cualquier factor puede estar afectando la distribución espacial de los individuos y puede, de esta manera, afectar el uso de los recursos independientemente de la preferencia (Singer y Thomas 1992). Por esta razón es muy posible que no todas las especies que se encuentren regular o esporádicamente en las cimas presenten el comportamiento de “Hilltopping” como fue descrito por Shield (1967) “un fenómeno en el cual los machos y hembras instintivamente buscan una cumbre geográfica para el encuentro”. La fauna de Eumaeini que utiliza la cima del cerro San Antonio y mantiene poblaciones estables en sus bosques oscila entre 20 y 30 especies. Estas especies particularmente presentan comportamientos territoriales tenaces a la vez que se posan o patrullan constantemente en un área pequeña sobre la cima, además su presencia es mensual y constante.

Es muy probable que durante los meses más calurosos y soleados de junio a septiembre aparezcan esporádicamente algunos individuos de especies que son abundantes en cerros de zonas más bajas (muestreados intensivamente por los autores en la actualidad) como *Brangas coccineifrons*, *Atlides polybe* y *Ocaria aholiba*. Las especies *Atlides browni*, *Atlides dahnersi*, *Aveexcrenota anna*, *Aubergina hesychia*, *Brangas caranus*, *Cyanophrys pseudolongula*, *Brevianta tolmides*, *Erora n. sp.*, *Lamprospilus nicetus*, *Theritas paupera*, *Ministrymon azia*, y *Rhamma bilix*, entre otras tienen una distribución a lo largo de todo el año, presentan poblaciones abundantes y comportamientos territoriales y de oteo

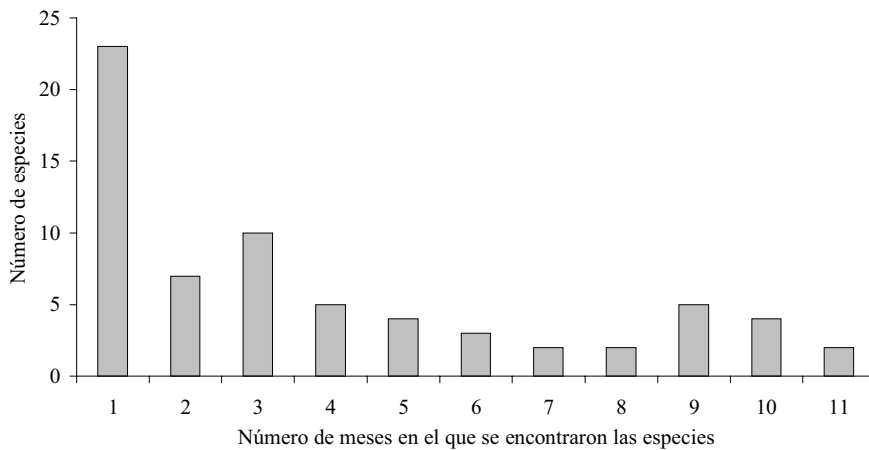


Figura 7. Frecuencia de la distribución de las especies. Nótese que 23 especies estuvieron presentes en solo un mes de muestreo, mientras que solo dos estuvieron presentes en los 11 meses muestreados.

por lo que utilizan el cerro de manera regular como lugar de encuentro de pareja. Especies como *Ocaria aholiba*, *Brangas coccineifrons*, *Brevianta undulata*, *Marachina maraches*, *Hypostrymon asa*, *Panthiades paphlagon*, *Strymon bubastus*, *Timaeta eronos*, *Timaeta trochus*, estuvieron representadas por un solo individuo lo cual indica que son especies regularmente ajenas a la cima o que no hacen "Hilltopping".

El período entre junio y agosto presenta una riqueza de especies superior a los otros meses a la vez que enero y octubre muestran las riquezas más bajas (Fig. 3). Sin embargo las curvas de rarefacción indican que no existirían diferencias en las riquezas de los 11 meses si se hubiese muestreado con la misma intensidad. Estas diferencias en la riqueza pueden deberse a factores en el muestreo como un mayor número de especímenes recolectados y a la gran cantidad de muestreos que coinciden con la disminución de lluvias en la zona, lo que proporcionó más y mejores días de colecta en los meses de junio, julio y agosto. De esta manera, aunque podría existir una fluctuación mensual en la riqueza de especies sobre la cima, debido a factores biológicos, asumimos que la dinámica observada (Fig. 3) se debe principalmente a las condiciones del clima; especialmente a la gran cantidad de horas de sol durante los días de julio y agosto que determina la afluencia de individuos en este lugar. En cerros de naturaleza rocosa como el estudiado por Salazar (1996) los veranos intensos y los meses secos pueden disminuir la diversidad de especies que visitan la cima, sin embargo en montañas con abundante cobertura vegetal como San Antonio, la diversidad aumenta a medida que el verano transcurre.

El dendrograma de similitud (Fig. 5) permite diferenciar tres grupos, de acuerdo a la composición de especies, que concuerdan con las épocas de lluvias (octubre a diciembre), disminución de lluvias (marzo a junio) y verano (julio a septiembre). Puesto que la temperatura corporal en mariposas de pequeño tamaño puede cambiar drásticamente entre 30 a 60 segundos después de un cambio en la temperatura ambiental (Kingsolver 1985) la incapacidad para volar por causa del clima puede ser un importante componente de la mortalidad y la fecundidad de los individuos. Por esta razón el clima está estrechamente relacionado con la dinámica de las poblaciones de mariposas (Kingsolver 1985; Dempster 1983). De esta manera algunas especies pueden tener mecanismos de termorregulación más efectivos que otras y ser más frecuentes en épocas lluviosas y nubladas. Además la disminución del tamaño poblacional, debido a factores climáticos, afecta la probabilidad de encontrar individuos de determinada especie en un muestreo y esto se traduce en diferencias en la composición de la comunidad a través del tiempo. Al utilizar el algoritmo de complementariedad de Vane-Wright *et al.* (1991), se aprecia que los meses que mayor número de especies aportan al muestreo son agosto, abril, julio y mayo. Estos cuatro meses de nuevo concuerdan con las épocas de verano y poca pluviosidad en la zona de estudio. Los meses más lluviosos como octubre, noviembre y diciembre aportaron solo una especie al inventario (Tabla 3).

Los factores temporales son importantes componentes de la diversidad biológica, desafortunadamente sus efectos sobre la diversidad en comunidades de mariposas tropicales se han tratado directamente muy pocas veces (DeVries *et al.* 1999). Por esta

razón el índice de diversidad beta^t utilizado en este estudio ($B = 0.29$) y deducido de la fórmula de Schluter y Ricklefs (1993) para análisis de diversidad en la dimensión espacial puede ser de mucha utilidad para comparar la dinámica de riquezas a través del tiempo en diferentes sitios de muestreo. De esta manera se obtienen cifras precisas de recambio de especies en dimensiones temporales que luego pueden ser comparadas con las cifras de otras localidades. De la misma manera pueden ser tratadas las diversidades alfa y gama en la dimensión temporal.

Implicaciones para la conservación

En Colombia más del 85% del área en bosques premontanos y montanos ha sido modificada con alguna extensión, con el resultado de que en muchas regiones los remanentes de vegetación natural son aislados en parches (Kattan *et al.* 1994; Kattan *et al.* 1984; Orejuela 1985) que quedan situados hacia las cumbres de los cerros afectados. Este retroceso de la vegetación hacia las partes altas, que generalmente se encuentran menos intervenidas, como es el caso de San Antonio, acentúa la importancia de sitios de encuentro únicos en las cumbres de estos bosques.

Los hábitats de cima de montaña son principalmente deteriorados por la construcción de complejos de transmisión o antenas de comunicación y sus edificios asociados. Esto se traduce en la pérdida de puntos claves para el encuentro de pareja en mariposas y eventualmente puede llevar a la extinción de especies a escala local.

La importancia de estos sitios de encuentro no es proporcional a su tamaño, de modo que un área pequeña puede ser vital para la supervivencia de una o varias especies. Además, los cambios pequeños en el aspecto de un sitio pueden dar lugar a que los machos no lo reconozcan como lugar conveniente (Baugman y Murphy 1988). De esta manera es posible que en ausencia de cimas de montaña adecuadas, algunas mariposas puedan desaparecer de una región. El conocimiento de la distribución, riqueza y abundancia de las comunidades que utilizan las cimas es de vital importancia en el momento de emprender estrategias de conservación en cualquier región. Además, este conocimiento puede ayudar a disminuir el impacto de la construcción de complejos de comunicación dando pautas sobre ubicaciones geográficas con mayor o menor importancia en la conservación de estas comunidades.

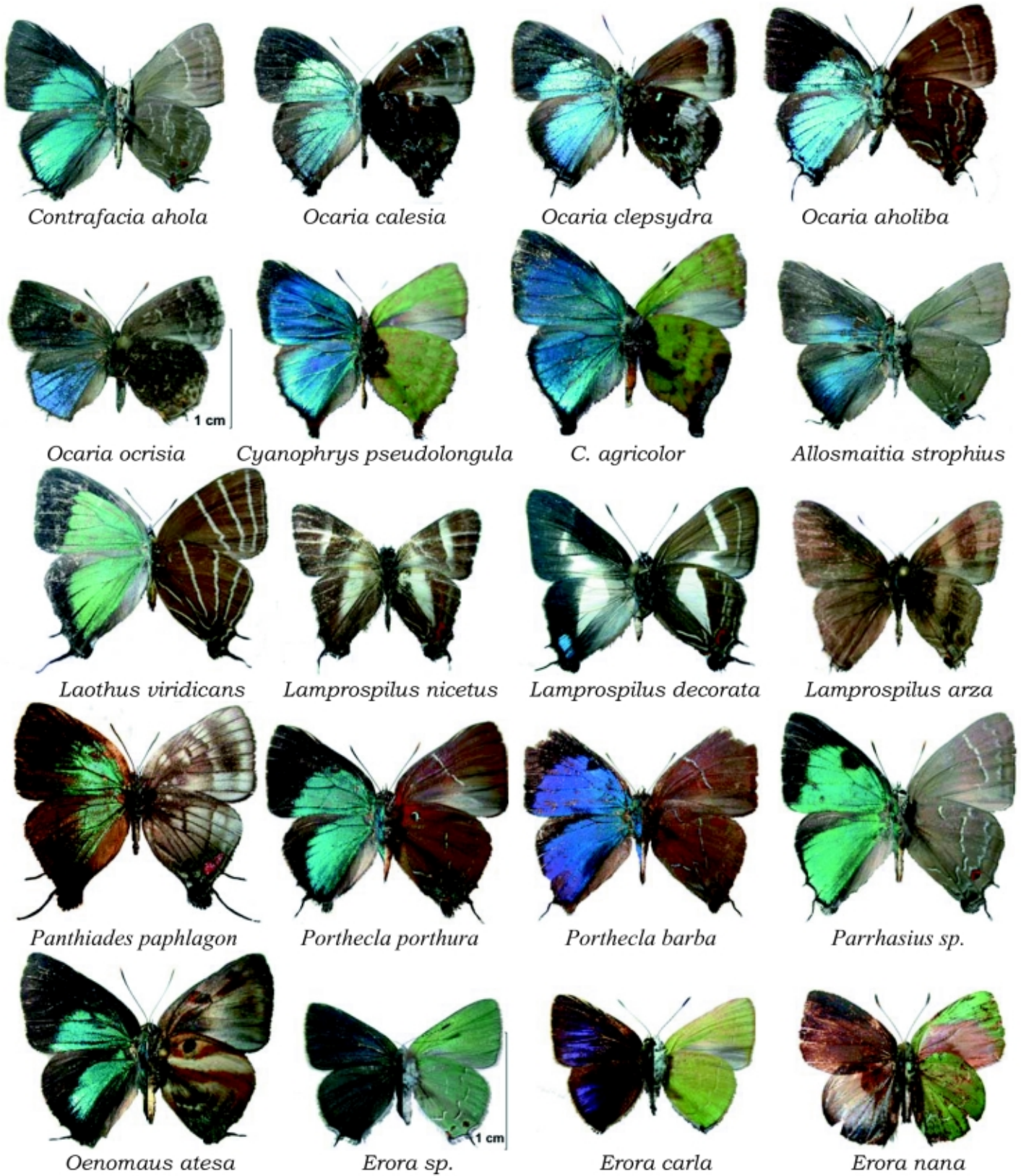


Figura 8. Algunas especies interesantes de los géneros *Contrafacia* a *Erora* que ocurren en San Antonio.

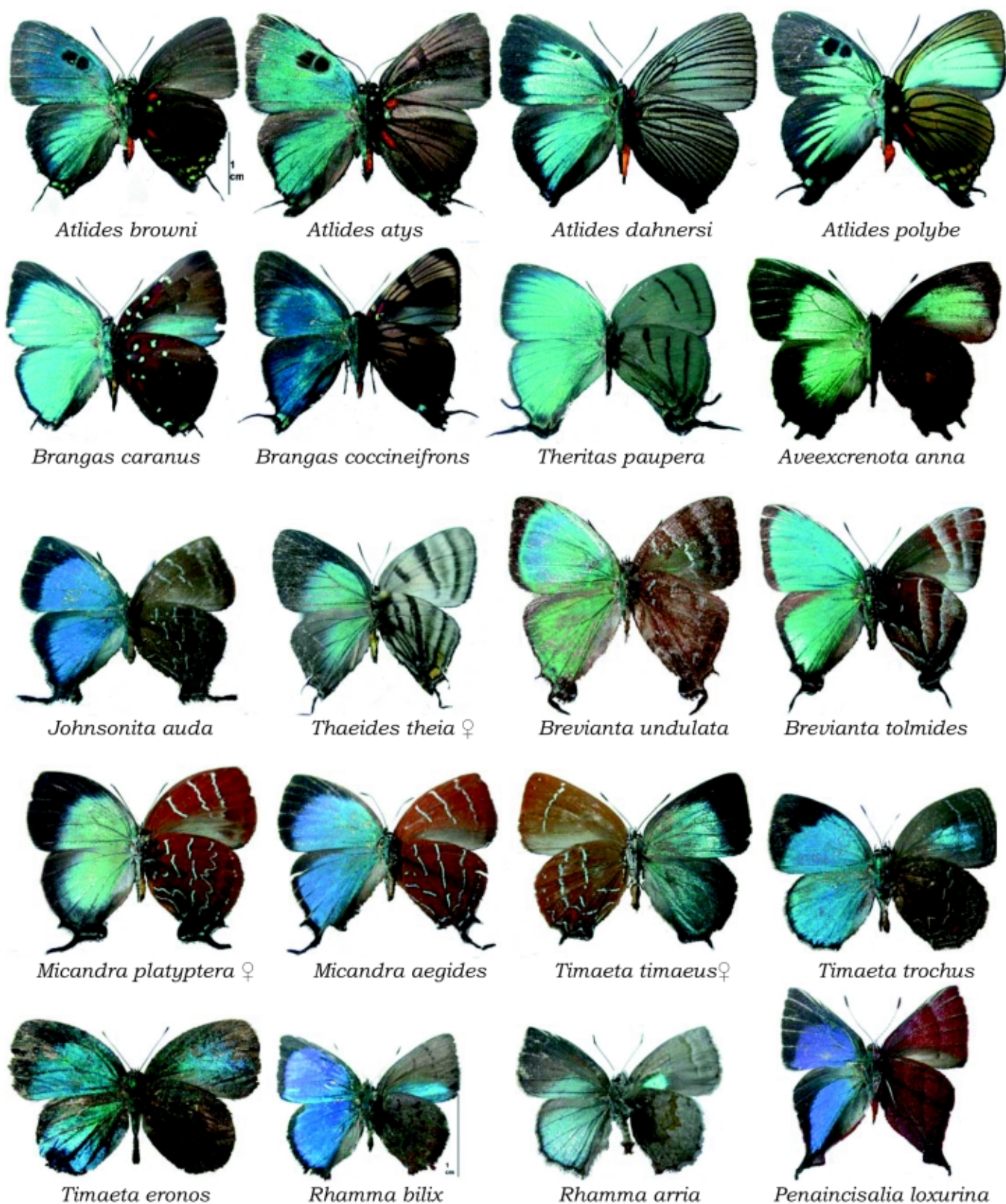


Figura 9. Algunas especies interesantes de los géneros *Atlides* a *Penaincisalia* que ocurren en San Antonio.

Conclusiones

Aunque existe un mayor número de especies entre junio y agosto, la rarefacción indica que no existen diferencias en la riqueza de los 11 meses muestreados en 2003 y las fluctuaciones son debidas principalmente a un mayor o menor número de horas de sol que permiten una gran afluencia de mariposas en la cima y mejores días de captura.

Existen tres grupos de meses que son muy similares en cuanto a su composición de especies, estos grupos concuerdan con las temporadas de lluvias, disminución de lluvias y verano en la zona. Por esta razón la composición de la comunidad a lo largo del año varía principalmente de acuerdo al régimen de lluvias.

Las curvas de acumulación de especies predicen entre 68 y 77 especies para la zona en los muestreos realizados para el año 2003. A octubre de 2004, 72 especies han sido registradas para la zona. La gran cantidad de taxones con un solo individuo pueden ser especies ocasionales provenientes de otros cerros o que no utilizan la cima regularmente. Por lo menos 20 de las 72 especies se distribuyen durante todo el año, tienen poblaciones constantes en San Antonio y utilizan el cerro como lugar de encuentro de pareja.

Agradecimientos

Los autores expresan sinceros agradecimientos a Zsolt Bálint (Museo de Historia Natural, Budapest, Hungría) por la ayuda en la identificación de especímenes, Julián Salazar (Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas, Manizales) y Luís Miguel Constantino (Cali, Colombia) por la corroboración de especies, a Gonzalo Halffter (Xalapa, México), Catherine Numa y José Ramón Verdú (CIBIO, Alicante, España) por sus comentarios en el análisis de diversidad. IDEA WILD aportó parte del equipo de campo utilizado en este estudio. A Carmen Elisa Posso y a todo el equipo del Museo de Entomología de la Universidad del Valle por facilitarnos un cómodo espacio de trabajo en sus laboratorios.

Literatura citada

- ACKERY, P. R. 1975. A new Pierine genus and species with notes on the genus *Tatochila* (Lepidoptera: Pieridae). Bulletin of the Allyn Museum 30: 1-9.
- ALCOCK, J. 1987. Leks and hilltopping in insects. Journal of Natural History 21: 319-328.
- BÁLINT, Zs.; CONSTANTINO, L. M.; JOHNSON, K. 2003. *Atlides dahnersi* sp. n. from Colombia, (Lepidoptera: Lycaenidae). Folia Entomologica Hungarica 64: 251-266.
- BAUGHMAN, J. F.; MURPHY, D. D. 1988. What constitutes a hill to a hilltopping butterfly? American Midland Naturalist 120: 441-443.
- BECCALONI, G. W., SCOBLE, M. J., ROBINSON, G. S.; PITKIN, B. (eds.). 2003. The Global Lepidoptera Names Index (LepIndex). World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/entomology/lepindex> Fecha última revisión: 12 Octubre 2004. Fecha último acceso: 16 Noviembre 2004.
- CALLAGHAN, C. J. 1983. A study of isolation mechanism among neotropical butterflies of the subfamily Riodininae. Journal of Research on the Lepidoptera. 21 (3): 159-176.
- COLWELL, R.; CODDINGTON, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 345: 101-118.
- D'ABRERA, B. 1995. Butterflies of the neotropical Region. Part VII. Lycaenidae. Victoria, Black Rock, Hill House. 1098-1270 p.
- DRAUDT, M. 1919-20. I. Gruppe: Theclini, p. 744-812. En: Seitz, A. (ed.), Die Gross-Schmetterlinge der Erde. Stuttgart, Alfred Kernen 5: 1140 p.
- DEMPSTER, J. P. 1983. The natural control of populations of butterflies and moths. Biological Reviews 58: 461-481.
- DEVRIES P. J.; WALLA T. R.; GREENEY H. F. 1999. Species diversity in spatial and temporal dimensions of fruit-feeding butterflies from two Ecuadorian rainforests. Biological Journal of the Linnean Society 68: 333-353.
- ELIOT, J. N. 1973. The higher classification of the Lycaenidae (Lepidoptera): a tentative arrangement. Bulletin of the British Museum of Natural History (Entomology) 28 (6): 373-506.
- GASTON, K. J. 1996. Biodiversity. Oxford: Blackwell Science. 396 p.
- GILBERT, L. E.; SINGER M. C. 1975. Butterfly ecology. Annual Review of Ecology and Systematics 6: 365-397.
- GILBERT, L. E. 1984. The biology of butterfly communities p. 26-40. En: Vane-Wright, R. I.; Ackery, P. R. The biology of Butterflies. Academic Press, London. 429 p.
- GOTELLI, N. J.; ENTSMINGER, G. L. 2001. EcoSim: Null models software for ecology. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>. Fecha último acceso: 15 abril 2005.
- HEYWOOD, V. H. 1995. Global biodiversity assessment. Cambridge: Cambridge University Press. 1140 p.
- HOLDRIDGE, L. R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San Jose, Costa Rica. 215 p.
- JOHNSON, K. 1992. Genera and species of the neotropical "Elfin" like Hairstreak Butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae, Theclinae) Reports of the Museum of Natural History, University of Wisconsin 22 1-135, 22 (2): 136-279.
- JOHNSON, K.; KRUSE, J. J.; KROENLEIN, K. R. 1997. The Macusiina, a new infratribe of the Eumaeini with description of ten new genera (Lycaenidae). Revista de Theclinae Colombianos 2 (13): 1-30.
- JOHNSON, K.; SALAZAR, J. A.; VELEZ, J. H. 1997. New species of *Micandra* Staudinger from Colombia with distinction of *Trochusinus*, a new genus of the Eumaeini. Revista de Theclinae Colombianos 2 (15): 1-15.
- KATTAN, G.; RESTREPO, C.; GIRALDO, M. 1984. Estructura de un bosque de niebla en la cordillera occidental, Valle del Cauca, Colombia. Cespidesia 13: 23-43.
- KATTAN, G.; ALVARES, H.; GIRALDO, M. 1994. Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. Conservation Biology 8 (1): 138-146.
- KINGSOLVER, J. G. 1985. Butterfly thermoregulation: organismic mechanisms and population consequences. Journal of Research on the Lepidoptera 24 (1): 1-20.
- OREJUELA, J. E. 1985. Tropical forest birds of Colombia: A survey of problems and a plan for their conservation p. 95-115. En: Diamond, A. W.; Lovejoy, T. E. (eds.). Conservation of tropical forest birds. I.C.B.P. Technical Publications No. 4. Cambridge. 318 p.
- PE'ER, G.; SALTZ, D.; THULKE, H. H.; MOTRO, U. 2004. Response to topography in a hilltopping butterfly and implications for modelling nonrandom dispersal. Animal Behaviour 68: 825-839.
- PRIETO, C. 2003. Satirinos (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae) del Parque Nacional Natural Munchique. Diversidad de especies y distribución altitudinal. Revista Colombiana de Entomología 29 (2): 203-210.
- PRIETO, C. 2006. Diversidad y segregación de nicho en comunidades de Eumaeini (Lepidoptera: Lycaenidae: Theclinae) del Valle del Cauca. Colombia. Trabajo para obtener el Diploma de Estudios Avanzados, Universidad de Alicante. España. 70 p.
- PRIETO, C.; DAHNERS, H. W. (en preparación) Resource utilization, environmental and spatio-temporal overlap of a hilltopping Lycaenid community. A Null model analysis.
- ROBBINS, R. K. 2004. Checklist of Eumaeini. 98. Lycaenidae Theclinae, Eumaeini. 118-137pp. Checklist of neotropical lepidoptera. Part 4A. Hesperoidea-Papilionoidea. Gerardo Lamas (editor). In Atlas of Neotropical Lepidoptera. John B. Heppner. (Serie Ed.). Scientific Publishers, Gainesville. 439 p.
- SALAZAR, J. A. 1996. Sobre la concentración de lepidópteros ropalóceros en la cumbre de un cerro del noroccidente de Caldas, Colombia. SHILAP 24 (94): 183-195.
- SALAZAR, J. A.; JOHNSON, K. 1997. A new genus of Neotropical hairstreaks utilizing bird excrement as their protective color

- substrate (Eumaeni: Macusiina). *Revista de Theclinae Colombianos* 2 (14): 1-10.
- SALAZAR, J. A.; JOHNSON, K.; CONSTANTINO, L. M. 1997. Additional new species and records of "elfin"- like Eumaeni from Colombia (Lycaenidae). *Revista de Theclinae Colombianos* 2 (17): 1-13.
- SCHLUTER, D.; RICKLEFS, R.E. 1993. Convergence and the regional component of species diversity p. 230-240. In: *Species diversity: historical and geographical perspectives* (ed. by R.E. Ricklefs and D. Schluter), University of Chicago Press, Chicago.
- SHAPIRO, A. M.; TORRES, R. 1978. Notas sobre la biología de dos mariposas Pieridae de grandes aturas de Colombia (Lepidoptera: Pieridae). *Cespedesia* 7 (25-26): 7-23.
- SHIELDS, O. 1967. Hilltopping. An ecological study of summit congregation behavior of butterflies on a southern California hill. *Journal of Research on the Lepidoptera* 6: 69-178.
- SINGER, M. C.; THOMAS, C. D.; PARMESAN C.; BILLINGTON, H. L. 1989. Variation among conspecific insect populations in the mechanistic basis of diet breadth. *Animal Behaviour*. 37: 751-759.
- SINGER, M. C.; THOMAS, D. 1992. The difficulty of deducing behavior from resource use: an example from hilltopping in checkerspot butterflies. *American Naturalist* 140 (4): 654-664.
- VANE-WRIGHT, R. I.; HUMPHRIES, C. J.; WILLIAMS, P. H. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation* 55: 235-254.
- WARD, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58: 236.

Recibido: 22-sep-05 • Aceptado: 26-may-06