

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS (INSECTA: COLEOPTERA) DEL CHOCÓ ECUATORIANO

Pablo Araujo ⁽¹⁾; **Fabián Bersosa** ⁽²⁾; **Rubén Carranco** ⁽³⁾;
Valeria Granda ⁽⁴⁾; **Paulo Guerra** ⁽⁵⁾; **Nelson Miranda** ⁽⁶⁾;
Ana María Ortega ⁽⁷⁾; **Paulina Rosero** ⁽⁸⁾; **Adrián Troya** ⁽⁹⁾.

*(1,3,4,5,7,8) Investigadores Asociados, Departamento de Ciencias Biológicas, Escuela Politécnica Nacional, Casilla 17-01- 2759
..E-mail: pabloemilioa@yahoo.com (1); Quito, Ecuador
(2,6,9) Fundación Ecociencia, Isla San Cristóbal N 44-495 e Isla Seymour, mail: fbersosa@ecnet.ec(2); triplax9000@yahoo.com
Quito, Ecuador.*

RESUMEN

En el bosque siempre verde de tierras bajas de la provincia de Esmeraldas, inmediaciones de los ríos Cayapas y Santiago, a 200 msnm, evaluamos la biodiversidad, para lo cual usamos a los Coleoptera (Insecta) como organismos bioindicadores de riqueza. Registramos 1 054 morfoespecies de coleópteros arbóreos, lo que probablemente podría ser la mayor diversidad alfa de este grupo de insectos registrada en el mundo. Los insectos fueron colectados mediante la técnica de fumigación. Mediante extrapolaciones, estimamos que el Chocó ecuatoriano albergaría 140 000 especies de coleópteros y 210 000 especies de artrópodos. Además se discute las posibles causas que influyen en la diversidad de coleópteros en el Chocó.

Palabras clave: Biodiversidad, Coleóptera, Chocó, Dosel, Fumigación.

ABSTRACT

In Chocó lowlands, we measured the biodiversity, using the Coleoptera community as a bioindicator of diversity; 1 054 morphospecies of canopy coleoptera was gotten by fumigation technique. We estimate there are 140 000 Coleoptera species and 210 000 arthropods species in the Choco lowlands area, we also, discuss some reasons which are trying to explain the high diversity of Choco.

Key Words: Biodiversity, Canopy, Coleoptera, Chocó, Fumigation.

INTRODUCCIÓN

El noroccidente del Ecuador forma parte de la región biogeográfica del Chocó, ocupa una superficie de 10000 km² aproximadamente, es considerada como uno de los puntos candentes del planeta (hotspots) debido a su alto grado de diversidad, endemismo y a las amenazas a las que se encuentra sometido el bosque (Myers 1988). Albuja (com pers.) señala que el Chocó ecuatoriano es un área de alta riqueza y que mayor necesidad tiene de ser investigada y conservada.

Actualmente la extracción de madera es causa de reducción de la extensión de estos bosques, generando graves problemas ambientales, los que podrían conducir a la extinción de especies.

Varios investigadores indican que en los estratos arbóreos es donde se concentra la diversidad de los ecosistemas (Erwin 1980, 1982, 1983; Basset *et al.* 1997), pero por ser de difícil acceso no se ha podido documentar y valorar la riqueza biológica que albergan dichos estratos arbóreos. Los artrópodos son elementos muy representativos en los diferentes ecosistemas terrestres y sus hábitats preferidos se encuentran en todos los estratos del bosque (Erwin, 1982); dentro de los artrópodos están los escarabajos (Coleoptera) grupo que contiene el mayor número de especies sobre el planeta (Wilson 1983, Erwin 1982).

Frente a la importancia de esta región y de los coleópteros, surgen las siguientes preguntas: ¿cuántas especies de coleópteros contienen los estratos arbóreos del Chocó ecuatoriano? y ¿qué factores influyen en la riqueza de especies de los coleópteros?. Para responder estas preguntas se plantearon los siguientes objetivos:

- Cuantificar la riqueza de los coleópteros arbóreos y estimar la biodiversidad potencial del Chocó ecuatoriano.
- Examinar la composición y ensamblaje de la comunidad de coleópteros arbóreos.
- Determinar el grado de variación de la comunidad de coleópteros en un gradiente latitudinal.
- Establecer el grado de relación entre la complejidad de la arquitectura del dosel del bosque con la riqueza de coleópteros.

ÁREA DE ESTUDIO

Está localizado al occidente de la Reserva Ecológica Cotacachi - Cayapas, provincia de Esmeraldas, región costera del Ecuador. Los bosques de tierras bajas del Chocó ocupan aproximadamente una superficie de 10000 km². El muestreo se realizó en el hábitat denominado bosque siempreverde de tierras bajas (Sierra

1999). En dichos bosques predominan los árboles de las familias Myristicaceae, Arecaceae, Moraceae, Fabaceae, Meliaceae, Humiriaceae, entre otras; el dosel del bosque alcanza 30 m de altura aproximadamente, donde se alojan lianas y plantas epífitas como orquídeas, musgos, líquenes, bromelias (Cerón *et al.* 1999). La pluviosidad media anual fluctúa entre 2000 a 4000 mm (Cañadas 1983).

Los muestreos se realizaron en las siguientes localidades.

Sector del río Onzole, incluye a dos localidades: Pajonal y Tangarial.

1. *Pajonal*.- (10084000 N, 705500 W. UTM), aproximadamente a 4 km sur del pueblo Gualpi, junto al río Onzole, la altitud es de 150 msnm, es un área protegida por la comunidad étnica Chachi (Almeida 1995); el bosque se encuentra en buen estado de conservación.

2. *Tangarial*.- (10085500 N, 712000 W. UTM), localizada aproximadamente a 5 km al suroeste del pueblo Colón, la altitud es de 125 msnm; es habitada por una comunidad afroecuatoriana; el bosque fue antiguamente sometido a extracción selectiva del Sande (*Brosimum utile*).

Sector del río San Miguel, incluye a dos localidades: Charco Vicente y Salto del Bravo.

3. *Charco Vicente*.- (10077000 N, 732500 W. UTM), ubicada aproximadamente a 5 km sur del pueblo San Miguel, a 230 msnm, está dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas; el bosque presenta un buen estado de conservación.

4. *Salto del Bravo*.- (10075500 N, 726000 W. UTM), aproximadamente a 12 km sur del pueblo San Miguel, la altitud es de 260 msnm, el bosque está dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas y es administrada por la comunidad Corriente Grande; el bosque presenta un buen estado de conservación.

Sector del río Santiago.

5. *La Tabla*.- (10093500 N, 751000 W. UTM), aproximadamente a 7 km este del pueblo Playa de Oro, la altitud es de 120 msnm. Es un área manejada por una comunidad afroecuatoriana; el bosque fue antiguamente sometido a extracción selectiva del árbol chanul (*Humiriastrum procerum*).

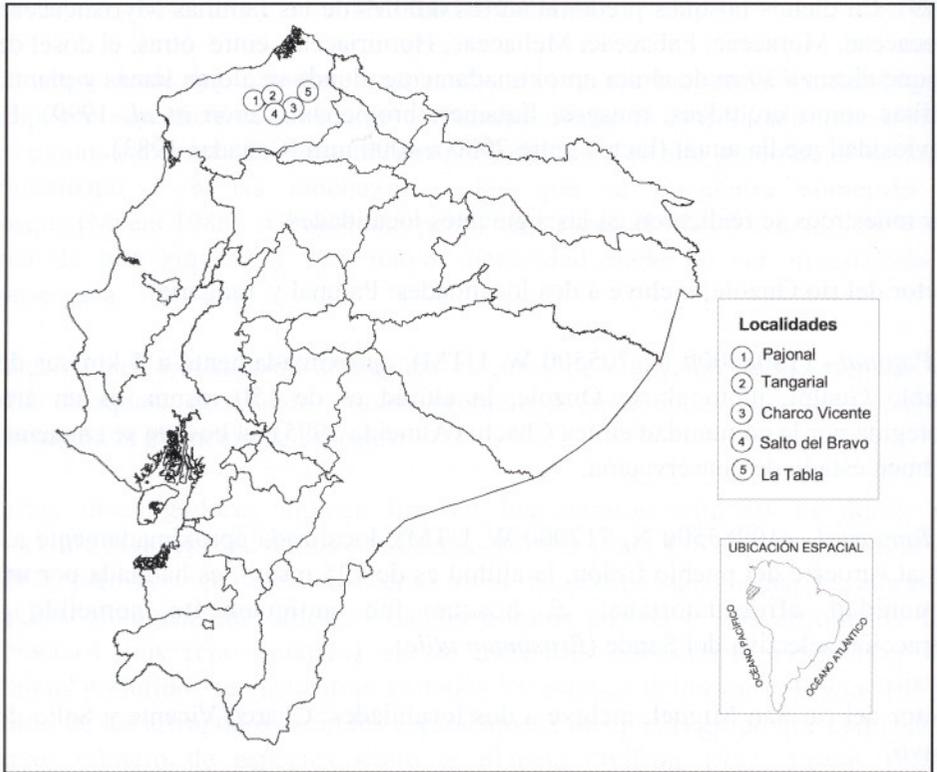


Fig.1. Localidades de Estudio

MÉTODOS

El estudio se realizó de abril a julio del 2001. Para coleccionar los coleópteros se aplicó la técnica de nebulización propuesta por Erwin (1983) con modificaciones, en cada localidad de estudio se trazó un transecto de 1 km, donde se seleccionó al azar veinte puntos de muestreo, en cada punto se colocó sábanas de nylon de 9 m² a nivel del suelo, es decir bajo la vegetación arbórea (estratos arbóreos formados por varios individuos y especies de árboles). En la noche, aproximadamente a las 20:00 horas fumigamos la vegetación arbórea de los puntos de muestreo, para esto se usó una máquina fumigadora (Golden Dyna Fogger) con insecticida biodegradable (Permetrina al 3% en una solución de diesel), el tiempo de nebulización de cada punto de muestreo fue de un minuto, tiempo suficiente para que la nube de insecticida ascienda, penetre y sature los microhábitats presentes en los estratos arbóreos. A la mañana siguiente se recogió los insectos caídos sobre las sábanas y se procedió a conservarlos en alcohol etílico al 75%; cada sábana de colección constituye una muestra.

En el laboratorio de Entomología del Departamento de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional, se analizó tres muestras de cada localidad (15 muestras en total para el estudio), de las cuales se extrajo los coleópteros y se identificó a nivel de familias y posteriormente se separó por morfoespecies, para esto se observó los caracteres morfológicos externos como el aspecto general del cuerpo, antenas, cabeza, tórax, abdomen, alas y patas. La identificación de las familias y morfoespecies de coleópteros fue realizada con estereoscopios de 10x a 30x de magnificación, claves taxonómicas de White (1983), Borror *et al.* (1992), Lawrance and Britton (1994) y también mediante colecciones de referencia del mismo laboratorio.

Para evaluar la abundancia relativa se diferencié cuatro categorías de abundancia, siendo considerados como especies raras aquellas que se presentan con 1 a 3 individuos, comunes 4 a 9 individuos, abundantes 10 a 49 individuos y dominantes más de 50 individuos.

Para determinar si la gradiente latitudinal del hábitat influye sobre la riqueza de especies de escarabajos (Coleoptera), se comparó las comunidades de escarabajos capturadas en localidades ubicadas a diferente rango latitudinal, dichas comparaciones se realizó a través del Índice Cualitativo de Similitud de Sorenson (Magurran 1987), procesadas mediante el programa Biodap (Magurran Op. Cit.).

Para determinar si la complejidad de la arquitectura del dosel influye en la riqueza de coleópteros, se calificó la complejidad de la arquitectura de los estratos arbóreos localizada sobre las sábanas de muestreo y a esos valores los confrontamos con la riqueza de escarabajos halladas en cada sábana, para lo cual se aplicó un análisis de Regresión Lineal Simple (Ayes 1998).

Se definió como complejidad de la arquitectura del dosel a la magnitud de la agrupación de árboles los mismos que al unirse forman un conglomerado de ramas y hojas, los que a la vez forma estratos verticales de masa vegetal (Anexo 1).

Se calificó la complejidad del dosel localizado sobre las sábanas de muestreo a través del siguiente procedimiento:

- Conteo de árboles con estratos arbóreos que influyan sobre la sábana de muestreo.
- Conteo de estratos de vegetación arbórea sobre cada sábana.
- Estimación del grosor en metros de cada estrato de vegetación.
- Estimación de la densidad de la vegetación de cada estrato.

La calificación de los anteriores ítems se realizó mediante la siguiente escala:

1 Número de árboles con estratos arbóreos que influyan sobre la sábana:

<i>Cantidad.</i>	Valor
5 o más árboles	3
4 o 3 árboles	2
2 o 1 árbol	1

2 Número de estratos de vegetación arbórea:

<i>Cantidad de estratos.</i>	Valor
4 o más estratos	3
3 estratos	2
2 o 1 estrato	1

3 Grosor en metros de los estratos de vegetación arbórea:

<i>Grosor en metros.</i>	Valor
más de 5 m	3
menos de 5 m	2
menos de 1 m	1

4 Porcentaje de densidad de la vegetación de los estratos arbóreos:

<i>Porcentaje</i>	Valor
70 a 100%	3
40 a 69%	2
menos de 39%	1

El valor de estos cuatro ítems se promedió y de esta manera se obtuvo el valor de “la complejidad de la arquitectura del dosel” localizados sobre cada sábana de muestreo.

Se estimó la riqueza de especies de cada sector de estudio mediante la aplicación manual de la fórmula propuesta por Colwell & Coddington (1994), la cual es: $S_{est} = S_{obs} + a^2 / 2b$; donde S_{est} es el número total de especies estimadas, S_{obs} es el número de especies observadas, a es el número de especies observadas una sola vez en una muestra y b es el número de especies registradas dos veces. La riqueza de especies del bajo Chocó se estimó mediante extrapolaciones.

El nicho trófico de las familias del orden Coleoptera fue categorizado en base a la información propuesta por Erwin and Scott (1980), reconocen cuatro categorías: herbívoros, depredadores, carroñeros y fungívoros.

Se agrupó a los coleópteros en rangos de tamaño, estos son: < 2,9 mm; < 4,9 mm; < 8, 9 mm; < 16,9 mm; < 32 mm; para esto se utilizó una regla milimétrica, sobre la que se colocó el espécimen montado. En el caso de los coleópteros Curculionidae, la medición se realizó desde la cabeza omitiendo el rostro.

RESULTADOS

Proporción de morfoespecies y abundancia relativa

En el bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó ecuatoriano, en los tres sectores de estudio, registramos un total de 1.054 morfoespecies representados por 4853 individuos, siendo el sector del Onzole el más rico en especies (Tabla 1).

TABLA 1. NÚMERO DE ESPECIES E INDIVIDUOS DE COLEÓPTEROS ARBÓREOS CAPTURADOS EN TRES SECTORES DE ESTUDIO

SECTOR	Total especies	Total individuos	Localidad	No. Especies	No. Individuos
Onzole	632	1996	Pajonal	403	996
			Tangarial	354	1000
San Miguel	449	1443	C. Vicente	309	834
			S. Bravo	250	609
Santiago	324	1414	La Tabla	324	1414
TOTAL	1054	4853			

El número de morfoespecies capturadas por sábana de muestreo osciló entre 62 y 221 especies con un promedio de 135 morfoespecies, mientras que el número de individuos osciló entre 91 y 700 con un promedio de 200 individuos (Anexo 2).

En los bosques del Chocó, la comunidad de escarabajos (Coleoptera) está constituida mayoritariamente por especies raras, éstas representan aproximadamente el 80% del total de la riqueza registrada; muy pocas especies tienen poblaciones numerosas (abundantes y dominantes) (Tabla 2).

TABLA 2. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES EN LOS TRES SECTORES

SECTOR	Especies Raras	Especies Comunes	Especies Abundantes	Especies Dominantes
Onzole	78 %	12 %	5 %	1 %
San Miguel	82 %	12 %	5 %	0.2 %
Santiago	80 %	10 %	7 %	1 %

En el hábitat en estudio se cuantificó 1054 morfoespecies, las mismas que son el resultado del análisis de 15 muestras colectadas en cinco localidades, estos datos fueron representados en una curva de acumulación de especies (Fig. 2), dicha curva evidencia un constante incremento de especies nuevas por cada muestreo, también evidencia la ausencia de un punto de inflexión de la curva, lo que indica que no se ha podido capturar a todas o a la mayoría de las especies de coleópteros arbóreos residentes en el hábitat de estudio.

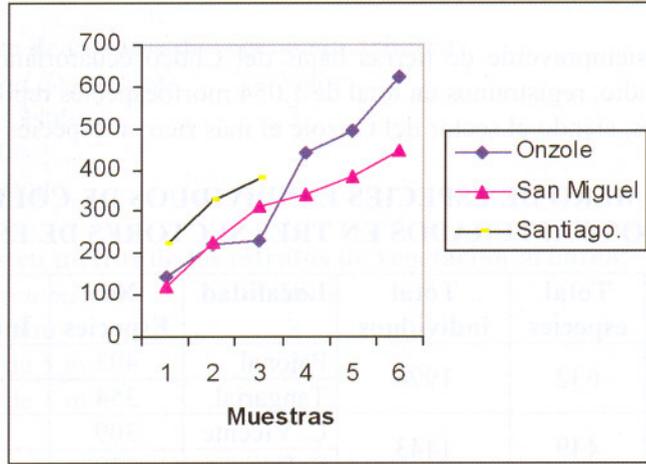


Fig. 2. Curvas de acumulación de especies en los sectores de San Miguel, Santiago y Onzole

Mediante la aplicación de la fórmula propuesta por Collwel y Coddington (1994) se estimó que en el sector Onzole existirían aproximadamente 1225 especies de coleópteros, en el sector San Miguel 763 especies y en el sector Santiago 831 especies (Tabla 3).

TABLA 3. ESTIMACIÓN DE ESPECIES DE COLEOPTERA PARA CADA SECTOR, PROPORCIÓN DE LAS FAMILIAS MÁS COMUNES

SECTORES	Especies Estimadas
Onzole (con 6 muestras analizadas)	$632 + [345^2 / (2) (102)] = 1225$
San Miguel (con 6 muestras analizadas)	$449 + [226^2 / (2) (84)] = 763$
Santiago (con 3 muestras analizadas)	$324 + [183^2 / (2) (36)] = 831$

Se registró la presencia de 69 familias de coleópteros arbóreos, de las cuales el 42% están presentes en los tres sectores de estudio (Anexo 3). Los coleópteros Curculionidae, Chrysomelidae y Staphylinidae sumados contienen

aproximadamente al 48% del total de especies registradas y al 70% del total de individuos capturados (Fig. 3).

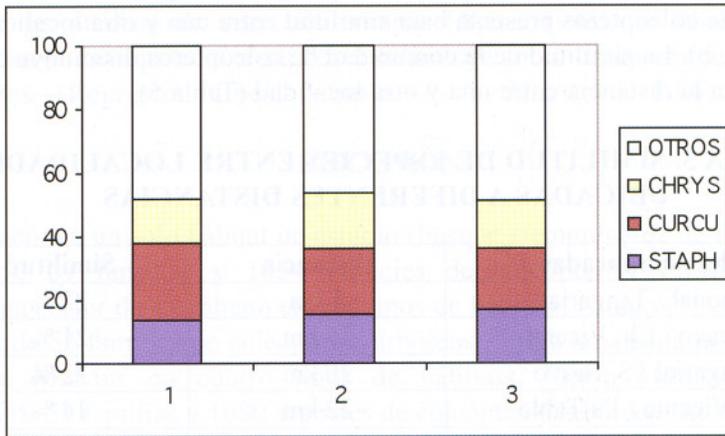


Fig. 3. Porcentaje acumulativo de la riqueza de las tres familias dominantes

Ensamblaje trófico de la comunidad de Coleópteros

La comunidad de coleópteros arbóreos está representada por cuatro categorías alimenticias, estas son: herbívoros, depredadores, carroñeros y fungívoros. En los tres sectores de estudio las especies herbívoras son las más numerosas, estas representan entre el 52% y 62% del total de especies registradas. Las especies depredadoras constituyen el segundo grupo en frecuencia, seguidas de los carroñeros (Tabla 4); dicho ensamblaje es similar en los tres sectores de estudio.

TABLA 4. ENSAMBLAJE TRÓFICO DE LAS ESPECIES DE COLEOPTERA EN LOS TRES SECTORES DE ESTUDIO

SECTORES	Localidad	Herbiv.	Depredadores	Carroñeros	Fungív.
Onzole	Pajonal	62%	20%	9 %	7%
	Tangaral	59%	25%	8 %	6%
S. Miguel	Charco V.	61%	23%	6 %	8%
	Salto Bravo	53%	26%	11%	8%
Santiago	La Tabla	52%	28%	10%	8%

Variación de la comunidad de Coleoptera en una gradiente latitudinal

Se realizó comparaciones de la comunidad de coleópteros entre las localidades estudiadas, para lo cual usamos el índice de similitud de Sorenson (Magurran 1987) y se observa dos tendencias: a). A lo largo de la gradiente latitudinal, la comunidad de coleópteros presenta baja similitud entre una y otra localidad (entre 11% y 22%). b). La similitud de la comunidad de coleópteros disminuye conforme se incrementa la distancia entre una y otra localidad (Tabla 5).

TABLA 5. SIMILITUD DE ESPECIES ENTRE LOCALIDADES UBICADAS A DIFERENTES DISTANCIAS

Localidades comparadas	Distancia	Similitud
Pajonal / Tangarial	5 km	22 %
S. Bravo / Ch. Vicente	10 km	21 %
Tangarial / S. Bravo	20 km	22 %
Ch. Vicente / La Tabla	22 km	14 %
Pajonal / S. Bravo	25 km	20 %
Pajonal / Ch. Vicente	30 km	21 %
S. Bravo / La Tabla	32 km	11 %
Pajonal / La Tabla	48 km	11%

TABLA 6. RIQUEZA DE COLEÓPTEROS EN RELACIÓN A LOS VALORES DE LA COMPLEJIDAD DE LA ARQUITECTURA DEL DOSEL

LOCALIDAD	Sábana No.	Riqueza de especies	Valor complejidad de arquitectura
Pajonal	1	221	2,1
	2	83	1,8
	3	162	2,1
Tangarial	4	132	1,8
	5	178	1,9
	6	87	1,8
Charco Vicente	7	120	2,0
	8	138	2,2
	9	107	1,8
Salto del Bravo	10	62	1,8
	11	102	2,3
	12	116	2,1
La Tabla	13	64	2,0
	14	190	2,1
	15	122	1,8

Comunidad de coleópteros en relación a la complejidad de la arquitectura del dosel

Se relacionó los valores de la complejidad de la arquitectura del dosel de cada uno de los puntos de muestreo con la riqueza de especies de coleópteros (Tabla 6) a través de un análisis de regresión simple (Ayres 1998); se observa que la complejidad de la arquitectura del dosel no influye sobre la riqueza de especies de coleópteros (Regresión lineal simple. $R = 5,16\%$; $F=1,76$; $P= 0,20$).

DISCUSIÓN

En el Chocó, en un solo hábitat de estudio (bosque siempreverde de tierras bajas) se registró 69 familias y 1054 especies de coleópteros. En la amazonia ecuatoriana sector de Cuyabeno en tres tipos de hábitats, Araujo (1999) reporta la presencia de 53 familias de coleópteros arbóreos. En la amazonia brasileña en el sector de Manaus en cuatro tipos de hábitats, Erwin (1983) reporta la presencia de 57 familias y 1080 especies de coleópteros arbóreos. Al comparar los resultados del Chocó con resultados procedentes de áreas declaradas como de megadiversidad se desprende que el Chocó contiene alta riqueza de especies, inclusive se podría indicar que la riqueza del Chocó es superior a las áreas de megadiversidad amazónicas, pues cabe señalar que los resultados procedentes de la amazonia ecuatoriana y brasileña son producto del estudio de tres y cuatro tipos de hábitats respectivamente, a diferencia del Chocó donde los actuales resultados son de un solo hábitat.

El número de morfoespecies de coleópteros cuantificado en el bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó como se dijo anteriormente es muy alto, sin embargo consideramos que es un dato que no refleja la potencial riqueza de dicho hábitat, por consiguiente se procedió a realizar extrapolaciones y se obtuvo como resultado que en el hábitat en estudio podrían existir aproximadamente 140000 especies de coleópteros y no menos de 210000 especies de artrópodos, valores que se fundamentan en las siguientes observaciones: la curva de acumulación de especies no manifiesta un punto de inflexión (Fig. 1); la comunidad de coleópteros arbóreos presenta bajos porcentajes de similitud a lo largo de la gradiente latitudinal de estudio y dichos porcentajes de similitud de especies tienden a disminuir a medida que se incrementa la distancia entre una y otra localidad. Los cálculos para llegar a la cifra indicada anteriormente se los realizó de la siguiente manera: Se estimó que en una superficie de 100 km² podrían existir 1225 especies de coleópteros (Tabla 3), consecuentemente en una superficie de 10000 km² (superficie aproximada de bosque de tierras bajas del Chocó ecuatoriano) existirían 122500 especies de coleópteros, pero debido a que hemos observado que el porcentaje de similitud de especies entre localidades es aproximadamente del 22% (equivalente a 26950 especies) la cantidad de especies calculada se reduciría

a 98000 especies de coleópteros arbóreos; los coleópteros arbóreos representan más de dos tercios de la riqueza total de coleópteros del bosque, el tercio restante vive en el suelo (Erwin 1982), lo que significaría que en los 10000 km² de superficie sometida al cálculo existirían 49000 especies de coleópteros del suelo; esto equivaldría a un total de 140000 especies de coleópteros (arbóreos y del suelo) en la superficie de cálculo; los coleópteros representan el 40% del total de especies de artrópodos (Erwin 1982), lo que significaría que en los 10000 km² existirían aproximadamente unas 210000 especies de artrópodos.

La cifra obtenida es conservadora ya que para la presente extrapolación de especies no se tomó en cuenta tres factores:

1. Incremento del número de especies en relación a la gradiente altitudinal del hábitat en estudio (Tabla 1).
2. Para esta extrapolación se asumió que el porcentaje de similitud de especies en el hábitat es uniforme, no se considera que a medida que se incrementa la distancia (latitudinalmente) entre uno y otro punto de muestreo el porcentaje de similitud de especies disminuye.
3. No se consideran cambios que podría experimentar la comunidad de Coleoptera por causa de la estacionalidad climática del hábitat, lo que podría incidir en la aparición de nuevas especies.

La alta riqueza de los escarabajos en el Chocó puede ser consecuencia de factores intrínsecos a los trópicos; Osborne (2000) esquematiza en dos hipótesis las posibles causas de la alta diversidad de los trópicos en relación a otras regiones biogeográficas del planeta, éstas son:

Hipótesis de no equilibrio

Antigüedad. Los trópicos son más antiguos que otras regiones biogeográficas, y las comunidades tropicales han tenido más tiempo para desarrollarse.

Hipótesis de equilibrio

Las proporciones de especiación son más altas en los trópicos

Las poblaciones tropicales son más sedentarias, lo que facilita el aislamiento geográfico.

La evolución procede más rápidamente debido a:

- mayor número de generaciones por año.
- mayor productividad.

Las proporciones de extinción son más lentas en los trópicos.

La competencia es menos estricta en los trópicos debido a:

- existencia de más recursos.
- mayor heterogeneidad espacial.

Los trópicos contienen ambientes más estables, permitiendo que pequeñas poblaciones puedan persistir, debido a:

- las comunidades biológicas son más integradas, lo que mejora la estabilidad del ecosistema.
- los ambientes físicos son más constantes

Al relacionar los datos de la complejidad de la arquitectura del dosel con la riqueza de especies de coleópteros (Tabla 5) a través de un análisis de regresión lineal (Ayres 1998) se observa que no existe influencia significativa, lo que implicaría que la riqueza de especies de coleópteros está en dependencia de otros factores y no necesariamente o únicamente de la complejidad de la arquitectura del dosel. Sin embargo creemos que más datos deben ser tomados y procesados, para esclarecer esta hipótesis.

La alta riqueza de escarabajos arbóreos registrada podría ser consecuencia de la riqueza florística; el hábitat en estudio posee alta variedad de especies de árboles y arbustos, pudiéndose hallar en una hectárea más de cien especies de árboles mayores de 10 de DAP (Valencia *et al.* 1998). Además de la riqueza de especies de árboles, en el dosel observamos abundantes plantas epífitas, Nowicki (2000) indica que en un bosque nublado del Chocó ecuatoriano ubicado a 2200 msnm, las plantas epífitas vasculares, lianas, trepadoras y parásitas representan aproximadamente el 55% del total de la riqueza florística; en los bosques tropicales de tierras bajas, la riqueza de especies de árboles se incrementa conforme se amplía el área de muestreo (Gentry 1988), lo cual explicaría la alta heterogeneidad de la comunidad de coleópteros registrada en el gradiente latitudinal. De lo indicado anteriormente se interpreta que el hábitat en estudio es un gran mosaico biótico que tiene como consecuencia alta riqueza de especies.

Consideramos que el variado número de nichos tróficos que posee la comunidad de coleópteros (herbívoros, depredadores, fungívoros y carroñeros) optimiza el aprovechamiento de los recursos del bosque, reduciendo la competencia alimenticia inter e intra específica, lo que incidiría en el incremento de la riqueza de especies de coleópteros. Observamos que existe dominancia de los herbívoros, esto podría deberse a la riqueza, abundancia y heterogeneidad florística del hábitat. Erwin (1982) indica que cada especie de árbol tiene su propio y específico grupo de especies de coleópteros, donde coexisten varias especies de escarabajos debido a que tienen especialización alimenticia sobre una determinada parte de la planta, así: coleópteros especialistas a hojas (Crhysomelidae), especialistas a brotes (Anobiidae), especialistas al xilema de las ramas y/o troncos (Cerambycidae, Curculionidae), especialistas a frutos (Scarabaeidae), especialistas a semillas (Bruchidae, Curculionidae, Anobiidae), especialistas a flores (Mordellidae, Scarabaeidae), especialistas al polen (Nemonychidae); lo expresado anteriormente justificaría la

alta cantidad de especies de escarabajos herbívoros registrados. La alta cantidad de especies de coleópteros depredadores podría deberse a que éstos tienen especialización a sus presas (determinados tamaños de presas, estados de madurez de las presas).

La presencia de microhábitats en el dosel del bosque incidiría en la riqueza de especies de coleópteros, debido a que dichos microhábitats contienen un juego de especies de coleópteros específico; los microhábitats en el bosque son temporales, los mismos que a través del tiempo desaparecen y al existir condiciones favorables reaparecen, esto le da una alta dinámica al dosel del bosque; ejemplos de microhábitats que albergan alto número de especies de escarabajos son:

Ramas muertas con hojas secas suspendidas en el dosel.- Alberga comunidades de coleópteros herbívoros como Cerambycidae, Chrysomelidae; varios coleópteros fungívoros especialistas como son Endomychidae, Tenebrionidae, Erotylidae, Ptiliidae y Phalacridae; coleópteros depredadores como los Staphylinidae, Carabidae, Cleridae y Scydmaenidae.

Microhábitats edáficos del dosel.- Formado por la acumulación de capas de hojas secas en descomposición sobre troncos y ramas grandes; contiene a varios coleópteros como Pselaphidae, Staphylinidae, Scarabaeidae y Curculionidae.

Sábanas de hongos.- Formados sobre materia de origen vegetal en descomposición suspendidos en el dosel del bosque; contiene varios fungívoros como Leiodidae, Scaphidiidae, Eucinetidae, Lathridiidae, Phalacridae, Erotylidae y Endomychidae; los hongos también atraen a depredadores como Carabidae y Cleridae los cuales se alimentan de larvas de insectos que comen hongos.

Microhábitats acuáticos del dosel.- Se forman en el interior de las bromelias, axilas de las ramas, oquedades de los troncos; alberga depredadores como: Dytiscidae y carroñeros como: Hydrophilidae.

Nidos de hormigas y termitas.- Contienen especies de Staphylinidae, Pselaphidae y Scydmaenidae, las mismas que han desarrollado relaciones de simbiosis con sus hospederas.

Nidos de vertebrados.- Son habitados por coleópteros carroñeros como Dermestidae, Cryptophagidae y Lathridiidae.

Herbazales arbóreos.- Constituidos por especies de hierbas que colonizan el dosel, los mismos que contienen varias especies de coleópteros herbívoros.

La alta riqueza de coleópteros registrada, también podría deberse a que la

comunidad de coleópteros explota los recursos del bosque de varias maneras, así por ejemplo:

Uso de los recursos del bosque sincronizando horarios de actividad nocturnos y diurnos.- Observamos que existen coleópteros que poseen coloraciones oscuras, estos representan aproximadamente el 57% del total de las especies registradas, los cuales estarían asociados a horarios de actividad nocturna (Crowson 1981), es el caso de varios curculiónidos, carábidos, tenebriónidos y mordéllidos. Las especies con coloraciones claras, así: blanco, amarillo, café, verde, rojo y coloraciones metálicas iridiscentes, equivalentes al 43%, estarían asociadas a horarios con alta o mediana cantidad de luz (Crowson 1981), es el caso de varios chysomélidos, coccinélidos, lycidos y cantháridos.

Relación espacio y tamaño de los coleópteros.- La mayoría de las especies de coleópteros registradas presentan tamaños pequeños, siendo el 78% del total de especies capturadas menores a 5 milímetros de longitud (Anexo 4); el pequeño tamaño facilitaría el acceso a todos los estratos arbóreos es decir, desde los gruesos troncos hasta los más pequeños ápices de la hojas ubicadas en los puntos más distales al tronco, tanto en el plano vertical como en el horizontal, lo que facilitaría la obtención de recursos vitales (alimento y refugios). Además el tamaño diminuto de los coleópteros podría influir en la disminución de la presión por parte de los depredadores grandes (aves, anfibios, reptiles) debido a que serían de difícil visualización, es el caso de varios anóbiidos, staphilínidos, ptiliidos, curculiónidos, phalácridos.

Especies con bajas poblaciones.- Aproximadamente el 80% de las especies registradas son raras, esto favorecería a que los recursos del hábitat no sean sobreexplotados y estén a disponibilidad de un mayor número de especies.

Cada factor por separado o la unión de todos los factores mencionados anteriormente (además de factores no evidentes a nuestros sentidos) podrían explicar la alta riqueza de especies de coleópteros hallada en el bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó y de los hábitats tropicales en general.

Esta alta riqueza de especies indica alta complejidad ecológica del hábitat estudiado, lo que evidencia la necesidad de proteger y conservar el mencionado bosque, el mismo que está actualmente sometido a fuertes presiones antropogénicas como extracción de madera, construcción de carreteras que lejos de servir para el desarrollo comunitario, sirven para la salida de madera, la misma que es comprada a precios bajos a los comuneros y sirve para el enriquecimiento de empresas madereras. Los bosques también están siendo amenazados por la expansión de la frontera agrícola, la que escuálidamente sostiene una población humana que a medida que continua creciendo se empobrece como consecuencia de la desorganización, desatención del

estado, marginación social, pésima redistribución de la riqueza local y nacional y falta de oportunidades.

Futuras Investigaciones

La alta riqueza de los coleópteros arbóreos, su alto grado de especialidad a sus hábitats, su fácil captura e identificación, hacen de este grupo una buena herramienta para la evaluación de la biodiversidad, planificación de estrategias de conservación, monitoreos y evaluaciones ecológicas rápidas. Más investigaciones deben ser realizadas, especialmente aquellas tendientes a detallar las relaciones existentes entre la complejidad de la arquitectura, composición vegetal del dosel y la comunidad de coleópteros, también se debería evaluar la influencia de las estaciones climáticas sobre la comunidad de coleópteros. Existe necesidad de examinar la composición y ensamblaje de la comunidad de coleópteros arbóreos y evaluar su diversidad en el resto de hábitats (formaciones vegetales) existentes en el Chocó, para establecer áreas naturales protegidas y conocer la cantidad de especies que se conservan.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se realizó en el marco del convenio entre el Departamento de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional y EcoCiencia. Los autores dejan constancia de su agradecimiento a Patricio Mena V, Jeffrey P. Jorgenson, Christopher Canaday, Luis Albuja y Terry Erwin, por sus comentarios a las versiones anteriores de este artículo.

LITERATURA CITADA

- Almeida, José. 1995. Entidades Indias en el Ecuador contemporáneo, Serie Pueblos del Ecuador No. 4. Ediciones Abya Yala, Cayambe: 37-99.
- Araujo, P. Insectos. In: pp 73-78. Diagnóstico Ambiental en el Sector Ampliado del Convenio entre el Ministerio del Ambiente y la Comunidad Cofan de Sábalo, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno: (L. Albuja, F. Cáceres, A. Almendariz. Eds.) 73-78. Informe inédito, PETRAMAZ - Escuela Politécnica Nacional. Quito Ecuador.
- Ayres, Mamuel. 1998. BioEstat Aplicações Estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Mamirauá: 193.
- Basset, Y., N. Springated, H. Aberlenc, and G. Delvare. 1997. A review of methods for sampling arthropods in tree canopies: 27-53. In N.E. Stork, J. Adis and R.K. Didman (Eds.), Canopy Arthropods. Chapman & Hall, London: 567.
- Borror, D., C. Triplehorn, and N. Johnson. 1992. An introduction to the study of the Insects. sixth edition. Saunders College Publishing. Printed in United

- States of America: 875.
- Cañadas, L. 1983. El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. Banco Central del Ecuador. Quito.
- Cerón C., W.Palacios, R.Valencia, y R.Sierra. 1999. Las Formaciones Naturales de la Costa del Ecuador. In R. Sierra (Ed.) 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental: 55-78. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Eco Ciencia. Quito Ecuador: 194.
- Colwell, R. K., and J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the royal Society London B* 345: 101-118
- Crowson, R. A. 1981. *The Biology of the Coleoptera*. Academic Press. London: 773.
- Erwin, T. L. 1983. Beetles and other insects of tropical fores canopies at Manaus, Brazil, sampled by insecticidal fogging. Reprinted from *Tropical Rain Forest: Ecology and Management*. Blackwell Special Publications Number 2 of the British Ecological Society. Boston Melbourne: 59-75.
- Erwin, T. L., and J.C. Scott. 1980. Seasonal and size patterns, trophic structure, and richness of Coleoptera in the tropical arboreal ecosystem: The fauna of the tree *Luehea seemanii* Triana and Planch in the Canal Zone of Panama. *Coleopterist Bulletin* 34(3): 305- 322.
- Erwin, T. L. 1982. Tropical Forests: Their Richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopterist Bulletin*, 36(1):74-75.
- Gentry, A.H. 1998. Tree species richness of upper amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 85: 156-159.
- Lawrence, J.F., and E. B. Britton. 1994. *Australian Beetles*. Melbourn University Press. Printed in Australia: 192.
- Myers, N. 1988. Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. *The Environmentalist*, 8: 187-208.
- Magurran, A. 1987. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedral. Barcelona España.
- Nowicki, Christoph. 2000. Epífitas Vasculares de la Reserva Otonga. In: Jurgen Nieder & Wilhelm Barthlo. *Epiphytes and Canopy Fauna of the Otonga Rain Forest (Ecuador)*. Results of the Bonn – Quito Epiphytes projec:115 – 147 Funded by the Volkswagen Foundation (Vol. 2 of 2)
- Osborne L. Patrick 2000. *Tropical Ecosystems and Ecological Concepts*. Cambridge University Press, United Kingdom: 464.
- Sierra, R. (Ed.) 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/ GEF –BIRF, Wildlife Conservation Society y Ecociencia. Quito, Ecuador:194.
- Valencia, R., H. Balslev, W. Palacios, D. Neill, C. Josse, M. Tirado, and F. Skov. 1998. Diversity and Family composition of trees in different regions of Ecuador: A sample of 18 one – hectare plots. In: F. Dallmier y J. Komiskey (eds.), *Forest biodiversity in North, Central and South America and the Caribbean: Research and Monitoring*. Man and Biosphere Series 21.

- Parthenon Publishing group. Paris
- White, R. E. 1983. A Field Guide to the Beetles. Houghton Mifflin Company. Boston: 368.
- Wilson, E.O. 1993. The Diversity of Life. WW Norton & Company. Printed in United States of America, pp 424.

ANEXO 1. EVALUACIÓN DE LA COMPLEJIDAD DE LA ARQUITECTURA DEL DOSEL. PROCEDIMIENTO PARA DAR VALOR A LA COMPLEJIDAD DE LA ARQUITECTURA DEL DOSEL DE CADA SÁBANA DE FUMIGACIÓN

SABANAS	No.Árboles 1	No.Estratos 2	Grosor estratos 3	Densidad estratos 4	V/ Item 1	V/ Item 2	V/ Item 3	Promedio Item 3	V/Item 4	Promedio Item 4	Complejidad dosel
PAJONAL No. 1	4	1	2	5	3	2	2	2.3	1	1.3	2.2
		2	2	15							
		3	16	40							
No. 2	4	1	0.2	10	3	1	1	2.0	1	1.5	1.9
		2	10	50							
No. 3	4	1	2	60	3	1	2	2.5	2	2	2.1
		2	20	40							
TANGARIAL No. 4	3	1	2	45	2	1	2	2	2	2.5	1.9
		2	3	70							
No. 5	3	1	1	10	2	2	2	2	1	1.7	1.9
		2	2	80							
		3	5	25							
No. 6	3	1	3	75	2	1	2	2	3	2.5	1.9
		2	5	65							
CHARCO VI. No.7	4	1	10	40	3	1	3	2.5	2	1.5	2
		2	5	20							
No. 8	4	1	8	70	3	1	3	2.5	3	2.5	2.3
		2	4	40							
No. 9	3	1	3	60	2	1	2	2	2	2.5	1.88
		2	5	90							
SALTO BRA. No. 10	4	1	3	45	3	1	2	2	2	1.5	1.9
		2	5	10							
No. 11	5	1	6	0	3	1	3	3	3	2.5	2.4
		2	10	50							
No. 12	5	1	4	50	3	2	2	2.3	2	1.3	2.2
		2	4	30							
		3	7	10							
LA TABLA No. 13	4	1	1	15	3	1	2	2.5	1	1.5	2
		2	30	60							
No. 14	5	1	1	5	3	1	2	2.5	1	2	2.1
		2	20	95							
No. 15	3	1	12	50	2	1	3	2.5	2	2	1.9
		2	5	40							

ANEXO 2. NÚMERO DE ESPECIES E INDIVIDUOS CAPTURADOS POR MUESTRA; PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

Sectores	Localidades	Muestra	Especies	X	SD	Individuos	X	SD
ONZOLE	Pajonal	1	221			270		
		2	83	155	69,2	201	238	35
		3	162			242		
	Tangaral	4	132			326		
		5	195	138,3	53,7	398	333	61
		6	88			276		
SAN MIGUEL	Charco Vicente	7	120			353		
		8	128	118,3	10,6	223	278	67
		9	107			258		
	Salto del Bravo	10	62			91		
		11	102	93,3	28	184	203	123
		12	116			334		
SANTIAGO	La Tabla	13	65			235		
		14	190	125,7	62,5	700	471	233
		15	122			479		

ANEXO 3. ABUNDANCIA DE LAS FAMILIAS DE COLEOPTERA

Familias	Onzole		San Miguel		Santiago	Total Gral.
	Pajonal	Tangarial	Charco Vicente	Salto del Bravo	La Tabla	
Staphylinidae	290	355	249	121	606	1621
Curculionidae	240	192	146	108	150	836
Chrysomelidae	151	145	194	80	145	715
Nitidulidae	4	13	10	93	110	230
Tenebrionidae	34	11	14	58	49	166
Ptilodactylidae	45	24	32	13	26	140
Coccinellidae	31	36	36	10	26	139
Ptiliidae	3		10	11	58	82
Pselaphidae	11	23	18	7	17	76
Mordellidae	29	7	7	10	21	74
Phalacridae	7	6	23	25	6	67
Scaphidiidae	7	6	13	7	21	54
Anobiidae	14	12	4	6	10	46
Corylophiidae	2	3	1	2	33	41
Scolytidae	7	9	5	4	14	39
Cerambycidae	17	9	5	1	2	34
Cantharidae	2	2	2	3	24	33
Hydrophilidae	3	21		2	7	33
Seydmaenidae	1	11	6		12	30
Carabidae	7	7	5	1	7	27
Aderidae	5	9	5	1	6	26
Apionidae	3	22				25
Elateridae	6	4	7	1	5	23
Erotylidae	5	11	4		2	22
Lycidae	3	6	4	5	3	21
Dascillidae	12	1	5		2	20
Scirtidae	2		5	3	8	18
Criptophagidae	9	5	1	2		17
Cleridae	2	2	2	2	8	16
Brentidae	3			12		15
Lampyridae	1	2	2	1	7	13
Biphyllidae	2	6			4	12
Languriidae	7	2	1	1	1	12
Buprestidae	3	4	2		2	11

ANEXO 4. PROPORCIÓN DE ESPECIES DE COLEÓPTEROS EN CINCO RANGOS DE TAMAÑO

Tamaño de escarabajos	Porcentaje de individuos
> 2.9	46 %
> 4.9	32 %
>8.9	18 %
>16.9	4 %
>32.9	0.4 %