



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**MODALIDAD CLÁSICA**

**“Ensamblaje de una Comunidad de Coleópteros (Tenebrionidae -  
Carabidae) en un gradiente altitudinal, adaptaciones al cambio  
global, cantón Catamayo – Ecuador”**

Trabajo de fin de carrera previa la obtención del  
título de Ingeniero en Gestión Ambiental

**AUTOR:** Daniel Alejandro Sotomayor Bastidas

**DIRECTOR:** Marín Armijos Diego Stalin, Ing.

**Centro universitario Loja**

2012

## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ingeniero

Diego Stalin Marín Armijos

**DOCENTE – DIRECTOR DE TESIS**

### **C E R T I F I C A:**

Que el presente trabajo de investigación, denominado: **“ENSAMBLAJE DE UNA COMUNIDAD DE COLEÓPTEROS (TENEBRIONIDAE - CARABIDAE) EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL, ADAPTACIONES AL CAMBIO GLOBAL, CANTÓN CATAMAYO – ECUADOR”** realizado por el estudiante: **Daniel Alejandro Sotomayor Bastidas**, ha sido cuidadosamente revisado por el suscrito, por lo que he podido constatar que cumple con todos los requisitos de fondo y de forma establecidos por la Universidad Técnica Particular de Loja y por la Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental, por lo que autorizo su presentación.

Lo Certifico.- Loja, 11 de Abril de 2012.

.....,

Ing. Diego Stalin Marín Armijos

## CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **DANIEL ALEJANDRO SOTOMAYOR BASTIDAS** declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos de tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

Daniel Alejandro Sotomayor Bastidas

CI. 1104441116

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de fin de carrera, son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Sotomayor Bastidas Daniel Alejandro

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo en primer lugar es dedicado con todo mi corazón a Dios, que con su ayuda incondicional me ha ayudado en todo este gran proceso de mi vida, en la elaboración y empeño del mismo.

Con afecto para mis familiares, mi novia Vivi y de manera especial para mi abuelita Lidia Inés y mis padres Sandra y Marlon quienes son la razón de mi existir.

A todos con cariño y afecto.

**DANIEL ALEJANDRO SOTOMAYOR BASTIDAS**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento de manera especial a la Universidad Técnica Particular de Loja, a la Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, al Instituto de Ecología de la UTPL por su apoyo constante, docentes y amigos.

A mi familia por el apoyo incondicional brindado.

De carácter muy concreto al Ing. Diego Marín Armijos, por su fundamental apoyo y confianza brindada, por toda la paciencia y tiempo dedicado.

A Diego Domínguez por ser el compañero de trabajo mutuo.

A todas las personas que de una u otra forma participaron, a mis amigos, por su amor, paciencia y conocimientos.

Gracias de todo corazón.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....</b>	<b>II</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS .....</b>	<b>III</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Área de Estudio .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Manejo de muestras.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Especies de estudio .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Muestreo de la entomofauna edáfica del matorral seco interandino.....</b>	<b>9</b>
<b>2.5. Análisis de datos .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5.1. Riqueza y similaridad .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5.2. Factores abióticos .....</b>	<b>11</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Riqueza de especies y similaridad.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Factores abióticos .....</b>	<b>18</b>

<b>4. DISCUSIÓN</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1. Riqueza de especies y similaridad</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2. Factores abióticos</b> .....	<b>24</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>26</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>27</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>28</b>
<b>8. ANEXOS</b> .....	<b>36</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Estaciones de muestreo, altitud, temperatura y precipitación.....	<b>5</b>
<b>Tabla 2</b>	Fauna estimada y registrada a partir de estimadores no paramétricos para el área total estudiada .....	<b>13</b>
<b>Tabla 3</b>	Abundancia de las especies por estación de muestreo .....	<b>14</b>
<b>Tabla 4</b>	Fauna estimada y registrada a partir de estimadores no paramétricos para las Estaciones de muestreo .....	<b>14</b>
<b>Tabla 5</b>	Equivalencia en porcentaje de la similitud de Jaccard entre estaciones ..	<b>15</b>
<b>Tabla 6</b>	Resultados del Coeficiente de Correlación de Pearson entre las variables altitud, temperatura y precipitación con la Diversidad de Simpson y Abundancia de Individuos .....	<b>20</b>
<b>Tabla 7</b>	Resultados del Coeficiente de Correlación de Pearson entre las variables altitud, temperatura y precipitación y los géneros encontrados .....	<b>21</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación área de estudio .....	<b>4</b>
<b>Figura 2</b>	Tenebrionidae adulto, larva y pupa.....	<b>7</b>
<b>Figura 3</b>	Carabidae adulto y larva .....	<b>8</b>
<b>Figura 4</b>	Disposición de trampas pitfall en los gradientes.....	<b>9</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Abundancia de familias presentes en el muestreo .....	<b>12</b>
<b>Gráfico 2</b>	Curva de acumulación de especies para el área total muestreada.....	<b>13</b>
<b>Gráfico 3</b>	Similitud de Jaccard entre estaciones de muestreo .....	<b>15</b>
<b>Gráfico 4</b>	Abundancia de Tenebrionidae y Carabidae, presentes en las estaciones de muestreo.....	<b>16</b>
<b>Gráfico 5</b>	Abundancia de Tenebrionidae y Carabidae, presentes en los meses del muestreo.....	<b>17</b>
<b>Gráfico 6</b>	Relación entre la temperatura con la diversidad de Simpson (a) y el número de individuos (b); precipitación con la diversidad de Simpson (c) y el número de individuos(d); y altitud con la diversidad de Simpson (e) y el número de individuos (f) registrados en todas las estaciones de muestreo.....	<b>19</b>
<b>Gráfico 7</b>	Promedio de temperatura y precipitación obtenida en toda la investigación en las estaciones de muestreo .....	<b>20</b>

## RESUMEN

El presente estudio determinó la composición y cómo los factores abióticos (temperatura, altitud y precipitación) inciden en el ensamblaje de las poblaciones de coleópteros (Tenebrionidae - Carabidae), en el sector de Alamala (Catamayo – Ecuador). Los muestreos se realizaron durante los meses de Agosto de 2010 a Abril de 2011; se seleccionaron siete estaciones de muestreo las cuales obedecieron a una gradiente altitudinal entre los 1100 y 1700 m s.n.m., utilizando trampas de caída (140 trampas). Se capturó un total de 11 especies pertenecientes a 3 familias y 967 individuos, encontrándose poca diversidad de especies.

Las curvas de acumulación y estimadores no paramétricos, mostraron valores como máximo de 13 especies y el inventario registró 11 especies, tomando como referencia las variables ambientales altitud, precipitación y temperatura, las cuales limitan el número de especies existentes.

Los resultados mostraron, según la correlación de Pearson, que la Diversidad de Simpson y la Altitud tienen correlación, mientras la mayoría de las especies (7 sp.) mostraron una asociación con una o algunas de las variables.

**Palabras clave:** altitud, temperatura, precipitación, trampa de caída, Tenebrionidae, Carabidae, curvas de acumulación, coeficiente de correlación de Pearson.

## ABSTRACT

This study determined the composition and how abiotic factors (temperature, altitude and precipitation) affect the assembly of the populations of beetles (Tenebrionidae - Carabidae) in the sector Alamala (Catamayo - Ecuador). Sampling was conducted during the months of August 2010 to April 2011, we selected seven sampling stations which were due to an altitudinal gradient between 1100 and 1700 m s.n.m., with pitfall traps (140 traps). We captured a total of 11 species belonging to 3 families and 967 individuals, found low species diversity. Accumulation curves and nonparametric estimators showed maximum values of 13 species and 11 species inventory recorded, with reference to environmental variables altitude, precipitation and temperature, which limits the number of species. The results showed, as the Pearson correlation, the Simpson Diversity and altitude are correlated, while most of the species (7 sp.) showed an association with one or some of the variables.

**Keywords:** altitude, temperature, precipitation, pitfall traps, Tenebrionidae, Carabidae, accumulation curves, Pearson's correlation coefficient.

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas, se ha evidenciado que el clima global está cambiando debido, entre otras causas, a los gases que causan el efecto invernadero. La atmósfera responde a este incremento de gases con un aumento de la temperatura (Aalst, 2006). Se calcula que la temperatura de la superficie del planeta ha aumentado en 0,6 °C (IPCC, 2001). Estos cambios tienen efectos secundarios en los ecosistemas terrestres y acuáticos (Midgley, *et al.*, 2002; Aalst, 2006; Durance, *et al.*, 2007), al afectar a la distribución, tamaño poblacional, estructura física, metabolismo y comportamiento de animales y plantas (IPCC, 2001; Parmesan & Yohe, 2003; Aalst, 2006; Cumming, *et al.*, 2006; Scholze, *et al.*, 2006).

Dentro de todos los organismos, los insectos constituyen importantes componentes de los ecosistemas por su riqueza, abundancia y la diversidad de nichos que ocupan (Dajoz, 2001). Muchos de ellos son utilizados como bioindicadores del estado de conservación del hábitat y ahora ampliamente estudiados en cambio climático. Dentro de este grupo se tiene a los lepidópteros (Lepidoptera: Rhopalocera), escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae y Carabidae), hormigas (Hymenoptera: Formicidae) e insectos acuáticos (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera), los cuales por el conocimiento de su historia natural, biología, ecología, distribución, fácil colecta e identificación son considerados los sistemas modelo ideales para estudiar este fenómeno climático (IPCC, 2001; Parmesan & Galbraith, 2004). Los patrones espaciales y temporales adoptados por las especies de insectos son el resultado de interacciones con los distintos factores del medio donde viven (Allsopp & Forrester, 1992).

Los estudios acerca de la diversidad de insectos en el trópico en gradientes altitudinales son escasos (Hilt, *et al.*, 2005). Los pocos que se han enfocado en lepidópteros (Tobar, *et al.*, 2002; Horner, *et al.*, 2003; Hilt, *et al.*, 2005; Hilt, *et al.*, 2006; Palacios, *et al.*, 2006), carábidos (Moret, 2005), escarabajos estercoleros (Kohlmann, *et al.*, 2007), hormigas (Agosti, *et al.*, 2000) y macroinvertebrados bentónicos (Heino, *et al.*, 2003) han revelado una variación considerable en los patrones de diversidad y morfología (Hilt, *et al.*, 2006). Además, pueden mostrar los diferentes mecanismos de regeneración y mantenimiento de la biodiversidad (Blüthgen, 2003).

En esta investigación se estudió las poblaciones de coleópteros tenebriónidos que facilitan el conocimiento de los procesos de descomposición que se producen en los ecosistemas áridos y semiáridos (Santos, *et al.*, 1988), debido a que estos insectos desempeñan un importante papel en estos medios (Doyen & Tschinkel, 1973; Ward & Seely, 1996). Su papel como detritívoros es muy importante, participando en los procesos de fragmentación de los restos vegetales y en el ciclo de nutrientes, actuando como movilizadores de materia y energía en unos sistemas donde la acción microbiana se encuentra restringida por las condiciones de baja humedad ambiental (Cepeda, *et al.*, 2005). Para tenebrionidae en el Ecuador se reportan datos escasos sobre esta familia según la bibliografía consultada (Donoso, *et al.*, 2009).

La familia Carabidae como objeto de estudio se encuentra fundamentada en varias razones. Los dos elementos de más peso son, en primer lugar que se trata de uno de los grupos de coleópteros mejor representados a nivel mundial (Thiele, 1977; Hurka, 1996) y en segundo su valor como bioindicadores, utilizados en numerosos trabajos para el análisis de la calidad ambiental (Freitag, *et al.*, 1973; Thiele, 1977; Hurka, 1996; Hance, 2005; Holland, *et al.*, 2002 y otros). Los carábidos viven en casi todos los hábitats, en las montañas son una de las familias dominantes entre los insectos que viven y se alimentan en el suelo, tanto en bosques montanos como en las praderas y pajonales (Moret, 2005). Es muy común encontrarlos bajo piedras, troncos, corteza, hojas o corriendo en el suelo (Pearson, *et al.*, 2001; Moret, 2005; Triplehorn & Johnson, 2005).

La composición como la distribución de las especies de la familia Carabidae varían en la medida que se asciende a lo largo de un gradiente altitudinal; las especies encontradas en el perfil caracterizan un ecosistema natural en particular, debido al alto grado de especiación alopátrica y de endemismos del neotrópico (Camero, 2003).

Los carábidos (Coleoptera: Carabidae) son un grupo bastante conocido en el Ecuador y a nivel mundial, lo que permite su colecta e identificación. Según Lorenz (1998a; 1998b), existen 33000 especies descritas en el mundo, distribuidas en 100 tribus y 1860 géneros. En la región neotropical se conoce entre seis y ocho subfamilias y alrededor de 8000 especies (Erwin, 2004). Para el Ecuador se conoce que en el páramo existen aproximadamente 204 especies (Moret, 2005). Es de

esperarse que existan diferencias en la composición de las especies de carábidos a lo largo de gradientes altitudinales, donde la selección de poblaciones por factores externos genera cambios intraespecíficos en su historia evolutiva, y la diferenciación de poblaciones seleccionadas produce poblaciones de especies distintas, emparentadas entre sí al menos en un mínimo de variaciones corporales (Camero, 2003).

El estudio de los carábidos neotropicales se ha concentrado esencialmente en las áreas por fuera de los trópicos ecuatoriales, siendo México (Ball & Shpeley, 2000), Brasil (Reichardt, 1977) y Argentina (Roig, 1998) los países mejor conocidos. En Venezuela, Perrault (1988a) ha realizado numerosos estudios, en especial con la fauna de Mérida y áreas circundantes; así como lo ha hecho Moret (1989a) para la fauna de carábidos en zonas altas de Ecuador y, con menos intensidad, Erwin (1991b) para el Perú. En Colombia, los estudios taxonómicos existentes son escasos, algunos más de alcance de tipo ecológico regional (Camero, 2003). Es muy poco o nada lo que se conoce sobre la taxonomía, historia natural y biología de los estados inmaduros de los carábidos.

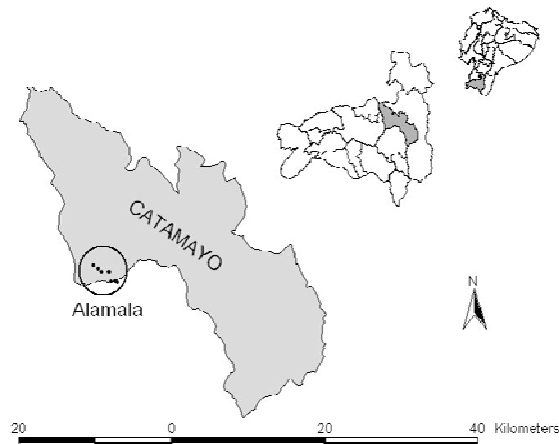
La finalidad de realizar este proyecto es el conocimiento de la biodiversidad de un medio ambiente, a través de gradientes; planteándonos los siguientes objetivos: 1) analizar el cambio en la composición de especies a lo largo de la gradiente y 2) determinar cómo los factores abióticos (temperatura, altitud y precipitación) inciden en el ensamblaje de las poblaciones de coleópteros (Tenebrionidae - Carabidae).



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudio

El estudio fue llevado a cabo en el sector Alamala del cantón Catamayo (Provincia de Loja - Ecuador) a 1700 m s.n.m. (Figura 1). Presenta un clima del tipo subtropical (cálido-seco a muy seco), con una temperatura media anual de 24,1 °C y un promedio anual de lluvias entre 390 y 590 mm (Sierra, 1999). La temporada invernal generalmente es de Febrero a Abril y la época seca va desde Mayo a Enero, aunque se tienen períodos esporádicos de lluvia entre los meses de Septiembre a Enero, los meses más secos se los encuentra entre Junio a Agosto.



**Figura 1.** Ubicación área de estudio.

Según Sierra (1999) corresponde a la formación vegetal Matorral seco montano, su flora característica está constituida por *Aloë vera* (Aloëaceae), *Opuntia* spp. (Cactaceae), *Acacia macracantha* (Mimosaceae), destacándose *Croton wagneri* (Euphorbiaceae) como la especie arbustiva más abundante.

Se seleccionaron siete estaciones de muestreo las cuales obedecieron a una gradiente altitudinal entre los 1100 y 1700 m s.n.m. (Tabla 1), separadas entre sí cada 100 m. Por cada estación se instalaron en paralelo un juego de trampas pitfall separadas entre sí, de al menos 10 m.

**Tabla 1.** Estaciones de muestreo, altitud, temperatura y precipitación promedio de las diferentes zonas de estudio.

<b>Estaciones</b>	<b>Altitud (m. s.n.m.)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
E 1	1700	32,2	27,71
E 2	1600	35,3	22,05
E 3	1500	37,2	20,17
E 4	1400	38	20,92
E 5	1300	38,6	14,28
E 6	1200	38,7	17,91
E 7	1100	40,7	20,31

El estudio comprendió entre los meses de Agosto de 2010 a Abril de 2011, con lo cual el número de muestras analizadas fue de 140 trampas. Las muestras recolectadas reposan en el Museo de Colecciones Biológicas de la “U.T.P.L.”.

Se midió tres factores abióticos, que incluían: Altitud, que fue obtenida con un GPS (Garmin eTrex Legend) y se midió al inicio del muestreo; Temperatura, que fue medida con hobos meteorológicos (HOBO Pendant® Temperature/Alarm Data Logger 8K - UA-001-08) y se descargaron los datos al final del muestreo y por último la Precipitación, que fue medida cada 15 días, mediante pluviómetros caseros.

## **2.2. Manejo de Muestras**

Las muestras de coleópteros colectadas fueron separadas e identificadas hasta nivel taxonómico de género, en su mayoría, mediante claves taxonómicas para Carábidos de Martínez (2005), consulta a especialistas entomológicos y revisión de páginas web como: BugGuide (<http://bugguide.net/node/view/15740>).

## **2.3. Especies de estudio**

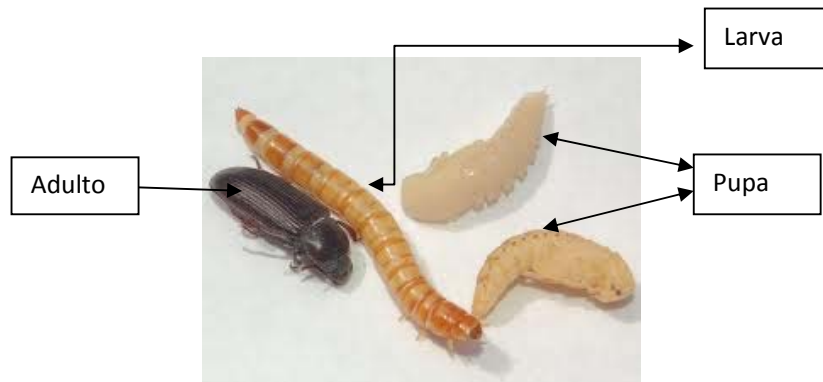
Los Tenebrionidae se encuentran ubicados en el Suborden Polyphaga, superfamilia Tenebrionoidea, del orden coleóptera.

Los adultos tenebriónidos varían desde menos de 2 mm a alrededor de 50 mm de longitud. La forma del cuerpo va desde alargada y delgada hasta convexa y muy robusta o extremadamente aplanada. La mayoría de las especies son de color café oscuro o negras, pero muchas están marcadas llamativamente con rojizo o amarillento y otras son de color azul metálico verde o rojo. Pueden ser lisos o rugosos y pueden estar cubiertos de pelos o carecer de ellos (Ferrer & Ødegaard, 2005).

Poseen antenas con 11, 10 o raramente 9 segmentos, moniliforme y claviforme, con una maza de 3 a 5 segmentos. Inserciones antenales expuestas. Porción visible de la procoxa transversa, globular, proyectándose por debajo del proesterno con el trocantín cubierto. Cavidad procoxal externamente cerrada o raramente abierta e internamente cerrada o raramente abierta. Mesocoxas separadas por menos de 0.4 veces el ancho coxal a más de 1 ancho coxal, con la parte lateral de la cavidad mesocoxal abierta a cerrada. Fórmula tarsal 5-5-4 o raramente 4-4-4. Longitud del cuerpo 1 - 35 mm. Cuerpo altamente variable. Cierre de cavidades procoxales nunca incluye la expansión del proceso proesternal. Proceso proesternal casi siempre curvado (elevado) atrás de las coxas. Membranas visibles entre los ventritos 3 y 4, y 4 y 5 (Lawrence, 2001).

Los tenebriónidos son comunes en toda América Central, excepto en las áreas altas muy húmedas. Son especialmente diversos en los hábitats secos estacionales. Las larvas son principalmente de forma cilíndrica y alargada con la cutícula coriácea. Se considera que estos insectos desempeñan un papel clave en los procesos de fragmentación biológica del recurso vegetal, en los ciclos de los nutrientes y en la

dieta de otros organismos consumidores, particularmente vertebrados. Algunas especies de tenebrionidae se consideran posibles indicadores de condiciones climáticas (Cepeda, *et al.*, 2005).



**Figura 2.** Tenebrionidae adulto, larva y pupa.

Los Carabidae se encuentran incluidos en el suborden Adephaga del orden Coleóptera. Se caracterizan por: la fusión de la metacoxa y el metasterno, los tarsos pentámeros, y celdillas apicales en las alas membranosas cuando estas están presentes. Se trata de un grupo animal antiguo (Ponamorenko, 1991).

El aspecto general de un carábido tipo es ligeramente deprimido y más o menos alargado, con cabeza gruesa, antenas filiformes o moniliformes, mandíbulas robustas y patas alargadas. Sin embargo el número de variantes morfológicas a esta estructura tipo es muy grande, el origen de esta variabilidad se encuentra en el elevado número de especies. Según distintas estimaciones, este varía entre 18.529, hasta las 40.000 propuestas por Thiele (1977) pasando por valoraciones intermedias como la de Hurka (1996) que sitúa su número en torno a las 35000.

Los carábidos (Coleoptera: Carabidae) son insectos pequeños y su tamaño oscila entre 0,7 mm. (algunas especies de la Tribu Anillini) hasta aproximadamente 70 mm (especies pertenecientes a las Tribus Carabina y Calosomini) de forma variada, su coloración es variable y va desde negro, pasando por tonos amarillentos, marrón, manchado hasta colores metálicos (Pearson, *et al.*, 2001; Triplehorn *et al.*, 2005). Muchos de los Carabidae son de hábitos nocturnos, pero dada la amplitud del grupo los ritmos diarios son diversos (Luff, 1978). Dentro de los carábidos existen especies

que carecen de su segundo par de alas, lo cual limita su dispersión restringiendo su distribución a un solo tipo de hábitat (Moret, 2005).

Las larvas son terrestres, campodeiformes y son considerados depredadores voraces, generalmente se alimentan de otros artrópodos o huevos de insectos (Pearson, *et al.*, 2001). Aunque las preferencias alimenticias están ligadas a las características anatómicas, fisiológicas, morfológicas externas, ópticas y etológicas (Pearson, *et al.*, 2001; Martínez, 2005).

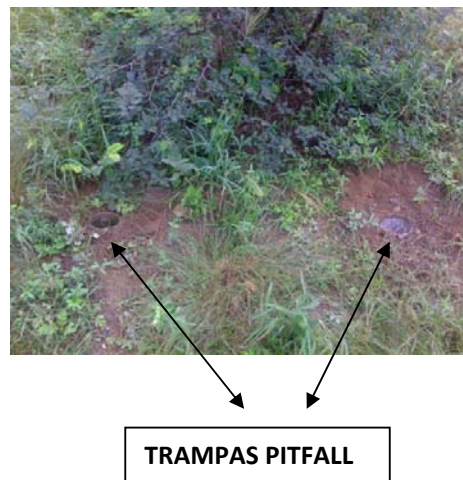


**Figura 3.** Carabidae adulto y larva.

## 2.4. Muestreo de la entomofauna edáfica del matorral seco interandino

Para este estudio se utilizaron trampas pitfall, por ser uno de los instrumentos más eficaces para el estudio de la fauna de carábidos y tenebriónidos. En cualquier caso y a pesar de las limitaciones inherentes a cualquier método de trampeo, se acepta que con este sistema se puede recoger entorno al 90% de las especies presentes (Brandmayr, *et al.*, 2005) y resulta ser la alternativa más completa (Ribera, *et al.*, 2001; Judas, *et al.*, 2002; Ranio & Niéemela, 2003).

Las trampas de caída, consistieron en recipientes de plástico de 14 cm de alto con una capacidad de 1500 cc de capacidad, con una solución de agua (1000 cc) con sal (50 gramos) y detergente colocada a cinco centímetros antes del tope. El agua salina es un buen conservante y evitará la descomposición prematura de las muestras. Estas fueron enterradas situando su borde superior a ras del suelo, colocando en cada gradiente de muestreo diez trampas con su respectiva replica (Cartagena, *et al.*, 2002; Martínez, 2005), separadas cada 10 metros, con un tiempo de espera de 7 días (Figura 4). Las muestras de coleópteros colectadas fueron separadas e identificadas hasta nivel taxonómico de género, en su mayoría, mediante claves taxonómicas para Carábidos de Martínez (2005), consulta a especialistas entomológicos y revisión de páginas web como: BugGuide.



**Figura 4.** Disposición de trampas pitfall en los gradientes

## 2.5. Análisis de datos

### 2.5.1. Riqueza y similitud

Toda esta sección se llevó a cabo con el programa EstimateS versión 8.2 (Colwell, 2009). Se realizaron curvas de acumulación de especies para cuantificar la certeza del muestreo. Estas curvas representan el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de muestreo. La riqueza de especies aumentará con el esfuerzo de muestreo hasta que se alcance una asíntota (Jiménez & Hortal, 2003).

Se utilizó estimadores no paramétricos que analizan la riqueza específica como: Chao1 que estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons); Chao2, el cual requiere solo datos de presencia y ausencia y es el que presenta menor sesgo cuando las muestras son pequeñas (Colwell & 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 especies que ocurren solamente en una muestra y en el número de especies que ocurren exactamente en dos muestras (Colwell & Coddington, 1994), además del método de Bootstrap, que calcula la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie. ACE (Abundance - Based Coverage Estimator) e ICE (Incidence - Based Coverage Estimator) son modificaciones de otros estimadores basados en datos de abundancia que superestimaban la riqueza de especies cuando el número de muestras era bajo (Colwell & Coddington, 1994), por lo que están basados en el concepto estadístico de cobertura de muestreo, que se refiere a la suma de las probabilidades de encontrar especies observadas dentro del total de especies presentes, pero no observadas (Colwell, 2004).

También se obtuvo un índice de diversidad y uno de similitud, para los cuales se utilizó el programa PAST versión 2.12 (Hammer, *et al.*, 2001). El índice de diversidad de Simpson, muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie. El Índice de similitud Jaccard, relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Colwell & Coddington, 1994).

### **2.5.2. Factores abióticos**

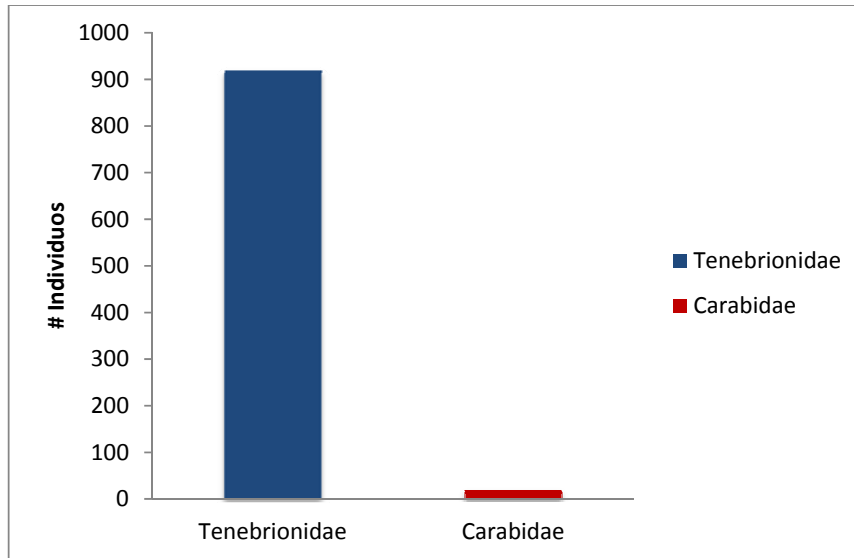
Con ayuda del programa estadístico R (Ihaka & Gentleman, 1996), se calculó el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), el cual, determina la proporción en que dos variables ( $x$ ,  $y$ ), se encuentran asociadas, determinando la relación Factores ambientales – Diversidad y Factores ambientales - Especies; su medida de asociación está en un rango entre  $[-1, 1]$ , con  $[0]$  indicando que no hay asociación, siendo significativos los valores  $r > 0.7$ . Aplicamos un test de significancia ( $p$  – valor) al resultado de la correlación, para tomar sus valores como aceptables o no, los  $p$  valores más cercanos a  $[0]$  tienen mayor significancia.



### 3. RESULTADOS

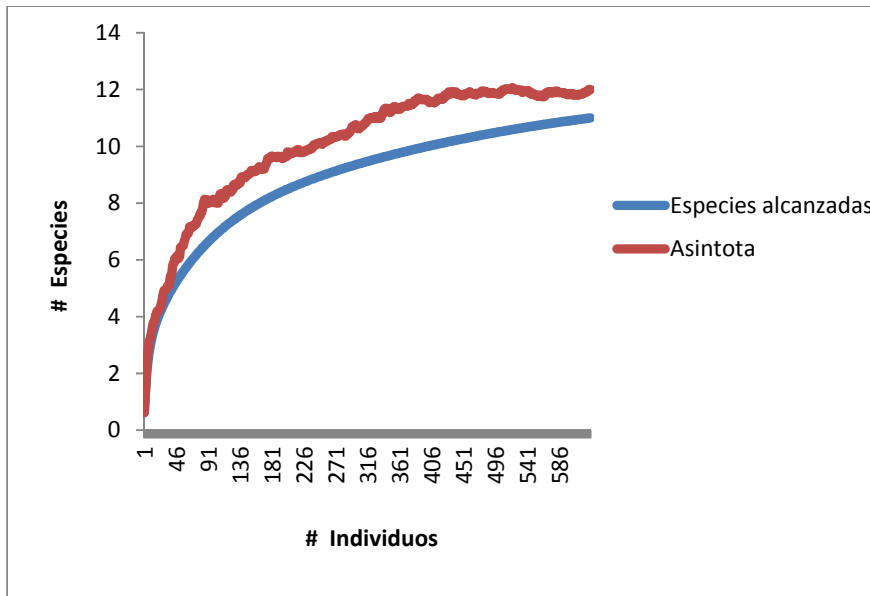
#### 3.1. Riqueza de especies y similaridad

Se capturaron 967 individuos, pertenecientes a tres familias diferentes (Gráfico 1). Tenebrionidae con 919 individuos, Carabidae con 20 individuos y Anthicidae con 28 individuos. Este último no fue tomado en cuenta para los demás análisis. En total 11 especies capturadas entre los meses de Agosto 2010 y Abril 2011 (9 meses).



**Gráfico 1.** Abundancia de familias presentes en el muestreo.

Las curvas de acumulación de especies representadas para el área total inventariada mostraron cierta estabilidad al aumentar el esfuerzo de muestreo, pero no se alcanzó la asíntota (Gráfico 2), obteniendo 11 especies capturadas en todo el muestreo.



**Gráfico 2.** Curva de acumulación de especies para el área total muestreada utilizando el número de estaciones (eje x) y el número de individuos (eje y) como unidad de esfuerzo de muestreo.

La riqueza específica estimada por las curvas de acumulación de especies y mediante los estimadores no paramétricos para el área total inventariada osciló entre 12 como mínimo y 13 como máximo de especies. El índice Chao 1 y 2 produjo la estima más baja de 12 y Jackknife 1 y 2 la estima más alta de 13 (Tabla 2).

**Tabla 2.** Fauna estimada y registrada a partir de estimadores no paramétricos para el área total estudiada.

	ESTIMADORES NO PARAMETRICOS	
		# ESPECIES
<b>FAUNA ESTIMADA</b>	<b>Ace</b>	12,41
	<b>Ice</b>	12,37
	<b>Chao 1</b>	12
	<b>Chao 2</b>	12
	<b>Jacknife 1</b>	13
	<b>Jacknife 2</b>	13
	<b>Bootstrap</b>	12,01
	<b>FAUNA REGISTRADA</b>	<b>11</b>

El mayor número de capturas se registró en la Estación 3 con 260 individuos y siete especies (Tabla 3).

**Tabla 3.** Abundancia de las especies por estación de muestreo.

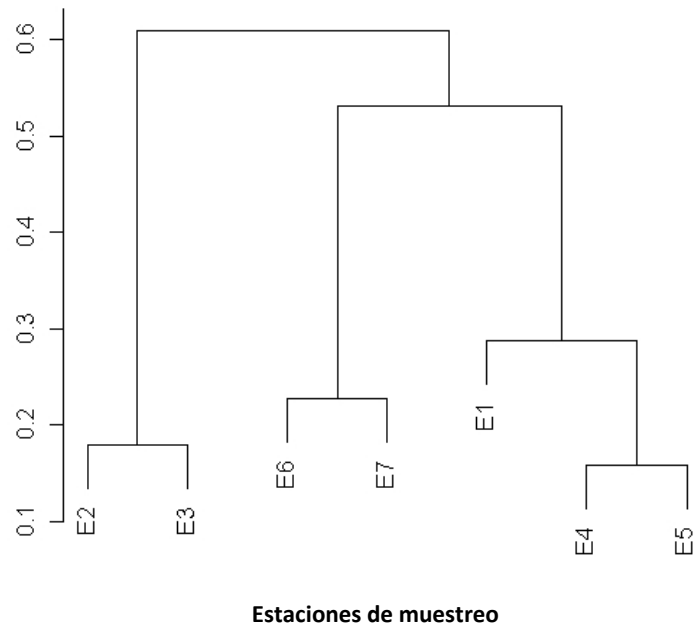
Familia	Género	% Individuos						
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Tenebrionidae	<i>Zophobas subnitens</i>	0	0	0	0	0	0,3	0,3
	<i>Bothrotres sp.</i>	4,2	8,3	6,9	2,3	2,6	1,7	1,7
	<i>Blapstinus sp.</i>	0,2	1,8	7,1	1,3	1,7	2,2	2,3
	<i>Argoporis sp.</i>	3,7	15,4	13,0	2,9	4,4	4,0	6,8
	<i>Cyaneus sp.</i>	0	0,3	0,2	0,1	0	0,9	0,9
	<i>Scotobius sp.</i>	0	0	0,1	0	0	0	0
	<i>Platydemia sp.</i>	0,1	0	0	0	0	0	0
Carabidae	<i>Acupalpus brunnipes</i>	0	0	0,1	0	0,1	0	1,1
	<i>Scarites subterraneus</i>	0,3	0	0	0	0	0	0
	<i>Poecilus sp.</i>	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,1
<b>Total</b>		<b>8,52</b>	<b>25,99</b>	<b>27,69</b>	<b>6,71</b>	<b>8,73</b>	<b>9,16</b>	<b>13,2</b>

La mayoría de estimadores no paramétricos se ajustaron a los datos obtenidos de la fauna registrada, a excepción de las Estaciones 3 y 5 (Tabla 4).

**Tabla 4.** Fauna estimada y registrada a partir de estimadores no paramétricos para las Estaciones de muestreo.

ESTACIONES DE MUESTREO		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
FAUNA ESTIMADA	<b>ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS</b>								
	<b>Ace</b>	5,6	6,11	9	6	4	6	6,24	
	<b>Ice</b>	5,75	6,02	9	8,43	4,96	6	5,57	
	<b>Chao 1</b>	5,5	5	8	6	4	6	5,5	
	<b>Chao 2</b>	5,25	5,5	8	5,99	4	6	5,5	
	<b>Jackknife 1</b>	5,99	5,99	8,98	6,98	4,99	6	5,99	
	<b>Jackknife 2</b>	5,03	6	9	8,93	5,97	5,03	6	
	<b>Bootstrap</b>	5,63	5,5	8	5,74	4,37	6,02	5,5	
<b>FAUNA REGISTRADA</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	

Existe mayor similitud según el análisis de Jaccard, entre las Estaciones 4 y 5, siguiéndole las Estaciones 2 y 3. La Estación 1 comparte algunas características con las Estaciones 4 y 5 (Gráfico 3).



**Gráfico 3.** Similitud de Jaccard entre estaciones de muestreo.

**Tabla 5.** Equivalencia en porcentaje de la similitud de Jaccard entre estaciones de muestreo.

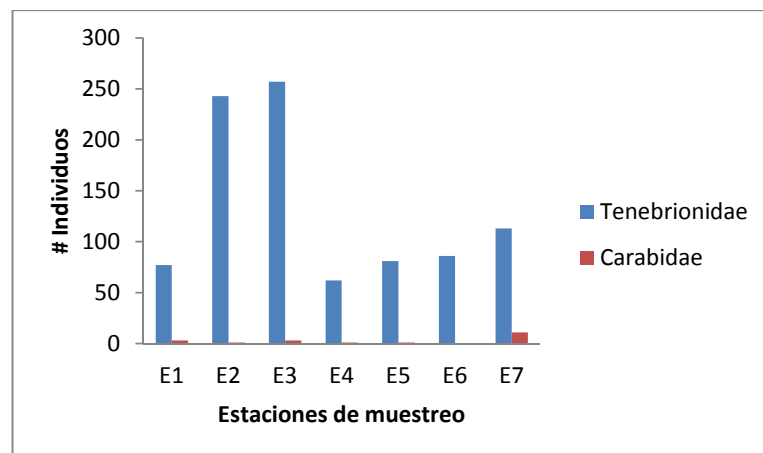
(%)	E1	E2	E3	E4	E5	E6
<b>E2</b>	53,09					
<b>E3</b>	55,29	17,86				
<b>E4</b>	28,67	58,96	60,99			
<b>E5</b>	24,69	50,31	52,05	15,86		
<b>E6</b>	38,37	55,95	56,25	27,74	19,54	
<b>E7</b>	53,10	48,21	47,78	45,45	35,09	22,69

Dentro de la familia Tenebrionidae, encontramos siete géneros (*Bothrotes*: 260 individuos, *Blapstinus*: 157 individuos, *Argoporis*: 472 individuos, *Zophobas*: seis individuos, *Cynaenus*: 22 individuos, *Scotobius*: un individuo y *Platydema*: un individuo).

En cuanto a la familia Carabidae, encontramos tres géneros (*Acupalpus*: 12 individuos, *Scarites*: tres individuos y *Poecilus*: cinco individuos).

Existe mayor abundancia de Tenebrionidae en todas las estaciones, a diferencia de Carabidae que se encuentra en menor cantidad en seis estaciones de muestreo.

Tres especies, *Bothrotes* sp., *Blapstinus* sp. y *Argoporis* sp., se encuentran presentes en todas las estaciones de muestreo; *Cynaenus* sp. se encuentran en cinco estaciones (E2, E3, E4, E6 y E7); *Poecilus* sp., presente en cuatro estaciones (E2, E3, E4 y E7); *Acupalpus brunripes*, en tres estaciones (E3, E5 y E7); *Zophobas subnitens*, en las estaciones: E6 y E7 y por último en una sola estación tenemos a *Platydema* sp. y *Scarites subterraneus*, en la E1 (Gráfico 4).

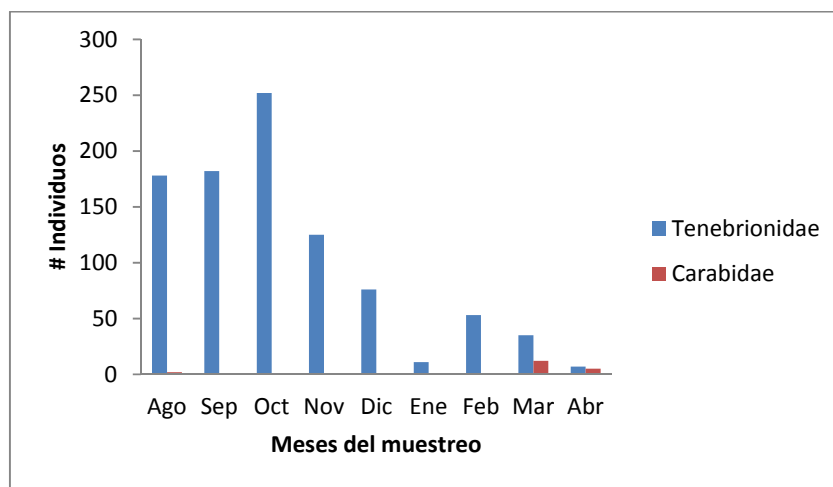


**Gráfico 4.** Abundancia de Tenebrionidae y Carabidae, presentes en las estaciones de muestreo.

En el mes de Octubre se han registrado 252 individuos capturados como máximo y como mínimo en el mes de Enero con 11 individuos registrados.

La especie con mayor cantidad de individuos en todo el muestreo realizado, tenemos a *Argoporis* sp., (472 individuos) y los de menor registro con una sola especie tenemos a *Scotobius* sp. y a *Platydemia* sp.

En cuanto a Tenebrionidae tenemos una diferencia notable con Carabidae, presentándose en todos los meses del muestreo. Carabidae es notable solamente en cuatro meses del muestreo (Gráfico 5).



**Gráfico 5.** Abundancia de Tenebrionidae y Carabidae, presentes en los meses del muestreo.

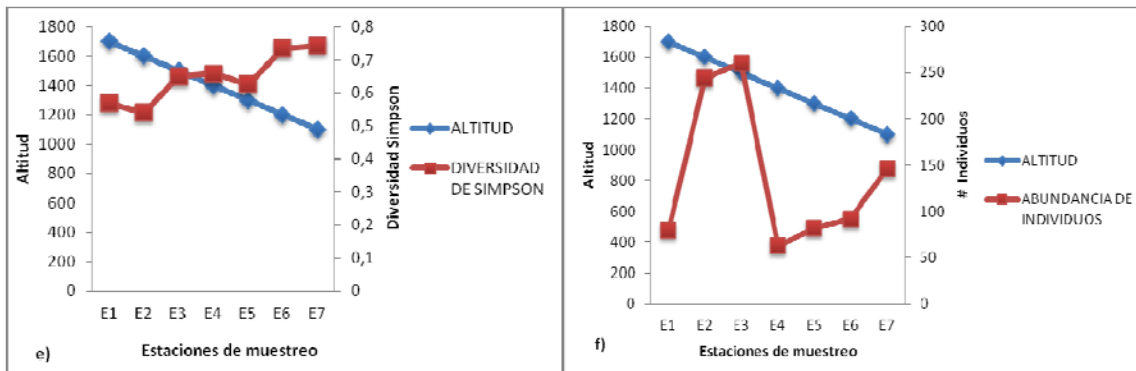
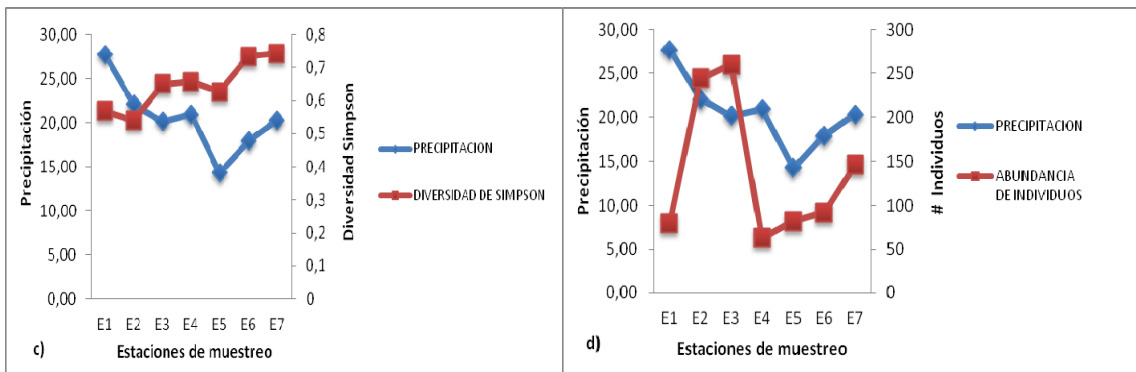
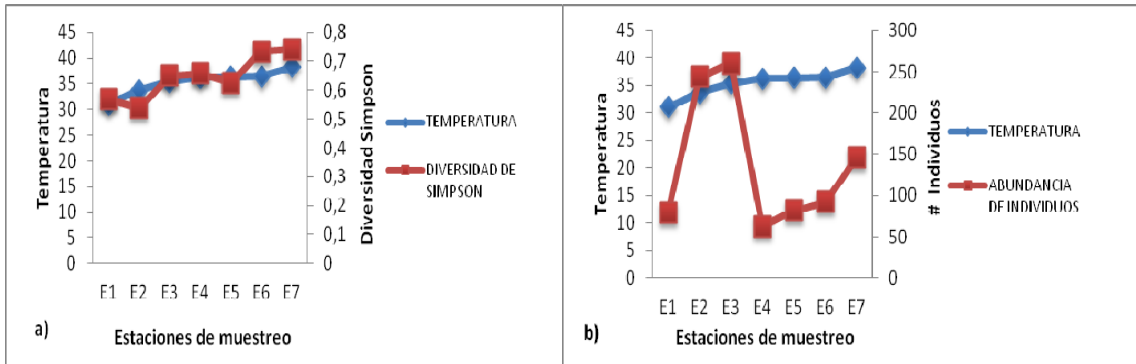
### **3.2. Factores abióticos**

Mediante los Hobos meteorológicos se ha determinado que a medida que la temperatura incrementa la diversidad aumenta teniendo como un máximo en la Estación 6 y 7.

En la Estación 3 del muestreo, registró el mayor número de individuos a una determinada temperatura que va creciendo; en cambio en la Estación Cuatro tenemos un descenso drástico de individuos, pero con una mayor temperatura a la registrada anteriormente. Desde la estación antes mencionada el número de individuos vuelve a su flujo normal de crecimiento, con una temperatura en progreso.

Mientras baja la precipitación, la diversidad de Simpson aumenta principalmente desde las estaciones E3, E4, E5, E6 y E7; obteniendo mayor abundancia de individuos en la Estación tres.

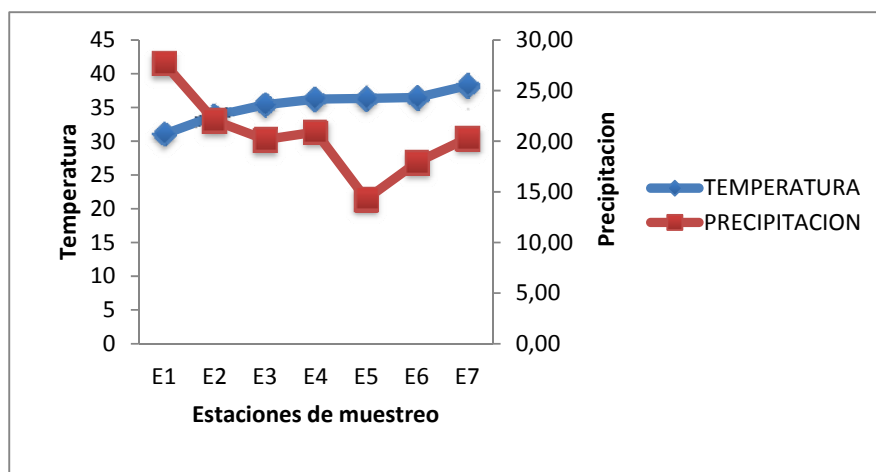
Desde la E2, en adelante y como la variable altitud desciende la abundancia de individuos aumenta; obteniendo una mayor diversidad en la E6 y E7.



**Gráfico 6.** Relación entre la temperatura con la diversidad de Simpson (a) y el número de individuos (b); precipitación con la diversidad de Simpson (c) y el número de individuos(d); y altitud con la diversidad de Simpson (e) y el número de individuos (f) registrados en todas las estaciones de muestreo.



Al aumentar la temperatura, la precipitación baja en cada una de las estaciones de muestreo obteniendo como máximo, la precipitación de la Estación 1 (27,71 mm.) y como mínimo en la Estación 5 (14,28 mm.). En el caso de la temperatura, la Estación 1 registró 32 grados y en la Estación 7 llegando a medir 40 grados (Gráfico 7).



**Gráfico 7.** Promedio de temperatura y precipitación obtenida en toda la investigación en las estaciones de muestreo.

De acuerdo al coeficiente de correlación de Pearson, hay una correlación negativa perfecta entre la Diversidad de Simpson y la Altitud y también una correlación positiva considerable entre Diversidad de Simpson y temperatura (Tabla 6).

**Tabla 6.** Resultados del Coeficiente de Correlación de Pearson entre las variables: Altitud, Temperatura, Precipitación con la Diversidad de Simpson y Abundancia de individuos.

		Altitud	Temperatura	Precipitación
<b>Diversidad de Simpson</b>	Correlación de Pearson	-0.9000	0.8302	-0.4615
	p-valor	0.0057	0.0207	0.2971
<b>Abundancia de Individuos</b>	Correlación de Pearson	0.2669	-0.0668	0.0697
	p-valor	0.5628	0.8868	0.8819

**Significancia:**  $r (-1)$  correlación negativa perfecta,  $r (-0.9)$  correlación negativa muy fuerte,  $r (-0.75)$  correlación negativa considerable,  $r (-0.5)$  correlación negativa media,  $r (-0.1)$  correlación negativa débil,  $r (0.0)$  no existe correlación entre las variables,  $r (1)$  correlación positiva perfecta,  $r (0.9)$  correlación positiva muy fuerte,  $r (0.75)$  correlación positiva considerable,  $r (0.5)$  correlación positiva media,  $r (0.1)$  correlación positiva débil. **p-valor:** más cercanos a 0 más significativos.

De la misma manera, a través del coeficiente de correlación de Pearson, se realizó una correlación entre las variables y los géneros encontrados; resultando *Poecilus* sp., *Scotobius* sp. y *Blapstinus* sp. sin ninguna correlación con las variables, mientras *Platydema* sp. y *Scarites subterraneus* presentan correlación con las tres variables ambientales (Tabla 7).

**Tabla 7.** Resultados del coeficiente de correlación de Pearson entre las variables: altitud, temperatura, precipitación y los géneros encontrados en el área de estudio.

ESPECIES	FACTOR DE CORRELACIÓN	FACTORES ABIÓTICOS		
		Altitud	Temperatura	Precipitación
<i>Zophobas subnitens</i>	Correlación de Pearson	-0.7905	0.6082	-0.2288
	p-valor	0.0343	0.1473	0.6215
<i>Bothrotes</i> sp.	Correlación de Pearson	0.7226	-0.5394	0.3294
	p-valor	0.0665	0.2115	0.4706
<i>Blapstinus</i> sp.	Correlación de Pearson	-0.0631	0.2661	-0.2575
	p-valor	0.893	0.5641	0.5771
<i>Argoporis</i> sp.	Correlación de Pearson	0.3413	-0.1422	0.0804
	p-valor	0.4536	0.7609	0.8638
<i>Cynaenus</i> sp.	Correlación de Pearson	-0.7084	0.5919	-0.2032
	p-valor	0.0747	0.1614	0.662
<i>Scotobius</i> sp.	Correlación de Pearson	0.2041	-0.0068	-0.0333
	p-valor	0.6606	0.9884	0.9435
<i>Platydema</i> sp.	Correlación de Pearson	0.6123	-0.8057	0.7806
	p-valor	0.1438	0.0286	0.0382
<i>Acupalpus brunripes</i>	Correlación de Pearson	-0.6282	0.5882	-0.0907
	p-valor	0.1308	0.1647	0.8466
<i>Scarites subterraneus</i>	Correlación de Pearson	0.6123	-0.8057	0.7806
	p-valor	0.1438	0.0286	0.0382
<i>Poecilus</i> sp.	Correlación de Pearson	0.1020	0.1746	0.0662
	p-valor	0.8276	0.7081	0.8878

**Significancia:** r (-1) correlación negativa perfecta, r (-0.9) correlación negativa muy fuerte, r (-0.75) correlación negativa considerable, r (-0.5) correlación negativa media, r (-0.1) correlación negativa débil, r (0.0) no existe correlación entre las variables, r (1) correlación positiva perfecta, r (0.9) correlación positiva muy fuerte, r (0.75) correlación positiva considerable, r (0.5) correlación positiva media, r (0.1) correlación positiva débil. **p-valor:** más cercanos a 0 más significativos.

## **4. DISCUSIÓN**

### **4.1. Riqueza de especies y similitud**

En el área de estudio, la mayoría de especies se muestran activas durante los meses de Agosto – Octubre 2010 (estación seca) y menos activas durante los meses de Noviembre 2010 – Abril 2011, debido a la estación lluviosa existente en el lugar, tomando como referencia, según Edney (1971), los tenebriónidos de ambientes áridos muestran patrones de actividad estacionales, observándose diferencias en el período de actividad de las diferentes especies, considerándolos posibles indicadores de condiciones climáticas (Marcuzzi, 1951).

La densidad – actividad disminuye con la altitud hasta los 1700 m s.n.m., donde la precipitación es más alta, dando mejores resultados a 1100m s.n.m.; en este punto, se encuentra la mayoría de especies (8 especies), por lo tanto por sus condiciones climáticas, dan a caracterizar a la zona como un lugar óptimo para el desarrollo de estas especies de coleópteros junto con el estrato vegetal que cambia con la altitud. La altitud es una variable que frecuentemente se relaciona con los cambios en la riqueza y composición de las especies biológicas (Huston, 1994).

En buena parte de los estudios ecológicos realizados en comunidades de coleópteros terrestres se proporcionan datos sobre los tipos de microhábitat preferidos por las distintas especies, en pocos de ellos se tiene en cuenta el hecho de que la distribución espacial de las mismas es, de hecho dinámica y varía a lo largo del período de actividad; exposiciones detalladas de estos modelos espaciales, con cuantificación de niveles de agregación y las variaciones temporales de los mismos, pueden encontrarse en algunos trabajos referentes a Carabidae (Grum, 1973; Den Boer, 1979). 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 & Thomas 1992).

Los Coleópteros, en particular la familia Carabidae, son reconocidos como importantes controladores biológicos en los agroecosistemas. Su presencia está condicionada por las características de la vegetación, corroborándolo con la investigación realizada, presentando ausencia en la Estación 6 y en las demás estaciones con una abundancia relativamente poca.

El uso de curvas de acumulación nos dieron resultados óptimos para nuestra investigación, ya que el esfuerzo de muestreo realizado mediante los distintos estimadores no paramétricos nos dieron valores de 12 y 13, reforzando nuestro estudio, obteniendo 11 especies presentes en esta zona. Las curvas de acumulación de especies, en las que se representa el número de especies acumulado en el inventario frente al esfuerzo de muestreo empleado, son una potente metodología para estandarizar las estimas de riqueza obtenidas en distintos trabajos; además, permiten obtener resultados más fiables en análisis posteriores y comparar inventarios en los que se han empleado distintas metodologías y/o diferentes niveles de esfuerzo (Jiménez & Hortal, 2004).

El índice de Simpson es una idea de la abundancia de las especies dentro del estrato, si están representadas de forma equitativa dentro de la población muestreada, haciendo una proporción entre cada especie y el número de individuos colectados (House, *et al.*, 2006), resultando la estación 6 y 7 la más diversa.

La mayoría de especies de Tenebrionidae presentes en todas las estaciones se debe a que son especies que viven en ecosistemas de sequedad o desérticos y de rangos de distribución mayor (Pizarro, *et al.*, 2005), denominándolas especies eurotópicas y son aquellas que presentan amplios rangos de tolerancia por lo que se les puede encontrar en todo tipo de hábitats. Estas especies son las que posiblemente informaran sobre el estado del bosque en un futuro, si su abundancia aumenta o disminuye (Bustos & Lopera, 2003); en cambio Carabidae presenta requerimientos como la altitud, que lo demuestran Camero, 2003. Dentro de los principales factores limitantes que inciden en el óptimo desarrollo de las poblaciones de carábidos están la temperatura, la humedad, la disponibilidad de alimento, la presencia de competidores y las estaciones climáticas (Thiele, 1977; Nagel, 1979; Lövei & Sunderland, 1996), siendo presentes en la investigación solamente en tiempo de lluvia.

Este ecosistema se lo denomina extremo de acuerdo a los datos obtenidos, ya que no hay una diversidad alta; esto depende de las temperaturas altas y la baja precipitación.

Los valores de riqueza obtenidos para el bosque seco son inferiores a los que se reportan en estudios de zonas húmedas. La baja riqueza del bosque seco evidencia

las características ambientalmente heterogéneas que posiblemente limita el número de especies que allí pueden sobrevivir (Vidaurre, *et al.*, 2008).

#### **4.2. Factores abióticos**

El aumento de la temperatura será el factor más importante en la abundancia de insectos y los patrones de diversidad (Andrew & Hughes, 2005), ya que no pueden regular la temperatura de su cuerpo, por lo que, dependen de los cambios que se produzcan en el medio ambiente. Según Campbell (1987), es posible obtener información ecológica detallada a partir de resultados de caracterizaciones espacio-temporales periódicas, lo cual facilita el estudio del comportamiento de las comunidades de tenebriónidos y carábidos.

Como va aumentando la temperatura aumenta la captura de especies de estas dos familias, pero en mayor cantidad la familia Tenebrionidae. Estas dos familias dependen mucho de los factores altitudinal, precipitación y temperatura, como se ha comprobado con la investigación, obteniendo una clara diferencia en lo que es la estación seca (mayor registro de capturas) y la estación lluviosa (menor registro de capturas). Los coleópteros son especies de sangre fría. Cuando la temperatura ambiental baja, su temperatura corporal también lo hace y sus procesos fisiológicos se reducen. Muchos insectos pueden soportar cortos períodos de temperaturas bajo. Algunos insectos sobreviven esas bajas temperaturas almacenando en sus tejidos glicol etileno, el mismo químico que ponemos en el radiador de los automóviles en el invierno (Borror, *et al.*, 1989).

Las Estaciones Cuatro, Cinco y Uno comparten características comunes ya que son más similares como lo predice el índice de Jaccard. Su similitud se deriva del estrato vegetal, de la altitud y de la poca variación de temperatura y precipitación existente en la zona, según los datos recolectados, emparentando más la E4 y la E5.

La influencia de la altitud sobre la composición y abundancia de especies es un hecho aceptado (Brown, 1988). En el presente trabajo se muestra que, efectivamente, la variación de altitud está relacionada con un cambio en el espectro de distribución de especies y la correlación con la diversidad es muy alta, resultando una correlación negativa perfecta, asumiendo que si la altitud asciende, la diversidad de Simpson disminuye y viceversa.

Existe también una correlación positiva considerable entre la Diversidad de Simpson y la Temperatura, gracias a condiciones del sitio y de las especies estudiadas considerándolos como grandes bioindicadores del estado de conservación del hábitat, mientras que la temperatura asciende, la diversidad asciende de igual manera y viceversa.

Dos especies dependen mucho de las tres variables ambientales para su desarrollo y bienestar dentro de este sitio, denominándolas, según Bustos, 2003, especies estenotópicas, relacionadas estrictamente con una variable ambiental o un biotopo específico; por otro lado tenemos tres especies que no presentan correlación ninguna con los factores ambientales y comparándola con el Trabajo de Bustos & Lopera, 2003, estas especies son especies eurytópicas.

## 5. CONCLUSIONES

La mayoría de especies de coleópteros tienden en este estudio a descender de gradientes altitudinales debido al cambio climático, reflejado claramente desde la E1 (1700m s.n.m.) con una menor riqueza de especies y a una mayor en la E7 (1100m s.n.m.), confirmado con los resultados de la Correlación de Pearson aplicada que mostró una correlación negativa perfecta entre la Diversidad y la Altitud.

A pesar del tiempo muestreado, no se llegó a alcanzar la asíntota de la curva de acumulación de especies, resultando bajos niveles de diversidad, los cuales demuestran que se trata de un ecosistema extremo; siendo la familia Tenebrionidae (familia eurotópica), la más abundante y la más compartida en todas las estaciones de muestreo, gracias a las condiciones climáticas del matorral seco; Carabidae (familia estenotópica) es muy específica.

Las especies mostraron gran diversidad de patrones estacionales. Un máximo de abundancia se tuvo durante los meses de Agosto - Octubre 2010, que corresponden a los meses de la estación seca.

## 6. RECOMENDACIONES

- Efectuar inventarios y estudios más exhaustivos en el mediano y largo plazo, de acuerdo a los estimadores no paramétricos de la fauna registrada y estimada en esta investigación.
- Investigar a fondo sobre las especies de coleópteros en matorral seco, ya que es poca la información que se encuentra al respecto, siendo éstos grandes bioindicadores de hábitats.
- Realizar estudios de cobertura de vegetación y suelo para tener una visión más concreta de las variables ambientales para predecir un cambio radical en el ambiente.
- Finalmente implementar estrategias de conservación para Alamala dado que el tipo de vegetación que domina el área, corresponde a matorral seco, según Sierra (1999) y el cual aún no ha sido incluido en ninguna área protegida del PANE.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

Aalst, M. 2006. The impacts of climate change on the risk of natural disasters. *Disasters* 30: 5 – 18.

Agosti, D.; Majer, J.; Alonso, L. & Schultz, T. 2000. *Ants, standart methods for measuring and monitoring the biodiversity*. Smithsonian Institution Press. Washington and London. 269 pp.

Allsopp, P. & Forrester, N. 1992. Spatial distribution and sequential sampling of adults of *Gonocephalum macleayi* and *Pterohelaeus darlingensis* in different cropping regimes. *Entomol. Exp. Appl.* 65: 235-240.

Andrew, N. & Hughes, L. 2005. Arthropod community structure along a latitudinal gradient: Implications for future impacts of climate change. *Austral Ecology* (2005)30, 281–297.

Ball, E. & Shpeley, D. 2000. Coleóptera (Carabidae). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Volumen II. Universidad Nacional Autónoma de México, 659 pp.

Borror, J.; Triplehorn, C. & Johnson, N. 1989. *An Introduction to the study of Insects*. Sixth Edition. Saunder College Publishing. Chapter 1.

Blüthgen, N. 2003. How availability and quality of nectar and honey dew shape an Australian rainforest ant community. *Universität Bayreuth*.

Brandmayr, P.; Zetto, T. & Pizzolotto, R. 2005. *I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità. Manuale operativo*. Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. Roma. 240 pp.

Brown, J.H. 1988. Species diversity. In: Myers, A.A. & Giller, P.S. (eds.), *Analytical biogeography. An integrated approach to the study of animal and plant distributions*. Chapman and Hall. London. 578 p.

Bustos, F. & Lopera, A. 2003. Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (coleóptera: scarabaeidae: scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *Monografías Tercer Milenio*. Vol. 3. SEA. Septiembre. pp.: 59–65.

Camero, E. 2003. Caracterización de la fauna de carábidos (Coleoptera: Carabidae) en un perfil altitudinal de la sierra nevada de santa marta, COLOMBIA. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 27 (105): 491-516, 2003. ISSN 0370-3908.

Campbell, J. 1987. Coleoptera. Canada and its insects fauna H. Dranks (Ed). Ent. Soc. of Canada 108. 573 p.

Cartagena, C.; Viñolas, A. & Galante, E. 2002. Biodiversidad de tenebriónidos (Coleoptera: Tenebrionidae) en saladares ibéricos. GEA, FLORA ET FAUNA. Butll. Inst. Cat. Hist. Nat., 70: 91-104.

Cepeda, J.; Pizarro, J. & Vásquez, H. 2005. Variación en la abundancia de Artrópoda en un transecto latitudinal del desierto costero transicional de Chile, con énfasis en los tenebriónidos epígeos. Laboratorio de Entomología Ecológica, Departamento de Biología, Universidad de La Serena, La Serena, Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 78: 651-663.

Colwell, R. K. 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Available at: <http://www.purl.oclc.org/estimates>.

Colwell, R. K. 2009. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.

Colwell, R. K. & Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B 345, 101-118.

Crawford, C. 1988. Surface - active arthropods in a desert landscape: Influence of microclimate, vegetation, and soil texture on assemblage structure. Pedobiologia, 32: 373-385.

Cumming, G. & Vann Vuuren, D. 2006. Will climate change affect ectoparasite species ranges. Global Ecology and Biogeography 15: 486 – 497.

Dajoz, R. 2001. Entomología Forestal, los insectos y el bosque. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 548 pp.

Den Boer, P. J. 1979. Populations of Carabid Beetles and Individual Behaviour. General Aspects. Misc. Papers Landbouw. Wabeningen 8: 14-49.

Donoso, D.; Salazar, F.; Maza, F. Cardenas, R. & Dangles, O. 2009. Diversity and distribution of type specimens deposited in the Invertebrate section of the Museum of Zoology QCAZ, Quito, Ecuador. *Ann. soc. entomol. Fr. (n.s.)*, 2009, 45 (4): 437-454.

Doyen, J. & Tschinkel, W. 1973. Population size, microgeographic distribution and habitat separation in some Tenebrionid beetles (Coleoptera). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, 67(4): 617-626.

Durance, I. & Ormerod, S. 2007. Climate change effects upland stream macroinvertebrates over a 25 – year period. *Global Change Biology* 13: 942 – 947.

Edney, E. B. 1971. Some aspects of water balance in Tenebrionid beetles and a Thysanuran from the Namib desert of southern Africa. *Physiological Zoology*, 44(2): 61-76.

Erwin, L. 1991b. Natural history of the carabid beetles at the BIOLAT Biological Station, Rio Manu, Pakitza, Peru. *Revista Peruana de Entomología* 33:1-85.

Ferrer, J. & Ødegaard, F. 2005. New species of darkling beetles from Central America with systematic notes (Coleoptera: Tenebrionidae). *Annales Zoologici (Warszawa)*, 55(4): 633-611.

Freitag, R.; Hastings, L.; Mercer, W. & Smith, A. 1973. Ground beetle populations near a kraft mill. *Canadian Entomology* 105: 299-310.

Grum, L. 1973. Patterns of *Carabus arcensis*, distribution within different habitats. *Bull. Acad. Pol. Sci.* 21: 229-233.

Hammer, Ø.; Harper, D. & Ryan, P. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1):9 pp.

Hance, T. 2005. Impact of cultivation and crop husbandry practices. *The Agroecology of Carabid beetles*. Ed. J. Holland. Intercept. Andover. 356 pp.

Heino, J.; Muotka, T.; Paavola, R. & Paasivirta, L. 2003. Among - taxon congruence in biodiversity patterns: can stream insect diversity be predicted using single taxonomic groups? *Canadian Journal of the fisheries and aquatic sciences* 60: 1039 – 1049.

Hilt, N. & Fiedler, K. 2005. Diversity and composition of Arctiidae ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian Andes. *Diversity and Distributions* 11: 387 – 398.

Hilt, N. & Fiedler, K. 2006. Arctiid moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? *Journal of Biogeography* 33: 108 – 120.

Holland, J.; Frampton, K. & Van den, B. 2002. Carabid as indicators within temperate arable farming systems: Implications from scarab and link integrated farming systems projects. *The Agroecology of Carabid beetles*. Ed. J. Holland. Intercept. Andover. 356 pp.

Horner, M.; Daily, G. & Ehrlich, P. 2003. Countryside biogeography of tropical butterflies. *Conservation Biology* 17: 168 – 177.

House, P.; Linares, J.; Díaz, L.; Zavala, S. & Lesko, C. 2006. Manejo integrado de recursos ambientales. Inventario florístico cuantitativo del refugio de vida silvestre Turtle Harbor, UTILA. United States Agency for International Development. Honduras.

Hurka, K. 1996. Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Kabourek. Zlín. 565 pp.

Huston, M. 1994. *Biological diversity*. Cambridge University Press. Cambridge. i-xix + 681p.

Ihaka, R.; Gentleman, R. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5: 299–314.

IPCC. 2001. Watson, R.; Albritton, D.; Barker, T.; Bashmakov, I.; Canziani, O.; Christ, R.; Cubasch, U.; Davidson, O.; Gitay, H.; Griggs, D.; Halsnaes, K.; Houghton, J.; House, J.; Kundzewicz, Z.; Lal, M.; Leary, N.; Magadza, C.; McCarthy, J.; Mitchell, J.; Moreira, J.; Munasinghe, M.; Noble, I.; Pachauri, R.; Pittock, B.; Prather, M.; Richels, R.; Robinson, J.; Sathaye, J.; Schneider, S.; Scholes, R.; Stocker, T.; Sundararaman, N.; Swart, R.; Taniguchi, T.; Zhou, D.; y muchos otros autores y revisores del IPCC. *Cambio climático 2001. Informe de Síntesis. Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Aprobado de forma detallada en la XVIIIª Reunión Plenaria del IPCC. Reino Unido.*

Jiménez, A. & Hortal, J. 2004. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. Grupo Ibérico de Aracnología. España. pp: 151 – 161.

Jiménez, A. & Hortal, J. 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.

Judas, M.; Dornieden, K. & Strothmann, U. 2002. Distribution patterns of carabid beetle species at the landscape - level. *Journal of Biogeography* 29 (4): 491-508.

Kohlmann, B.; Solís, A.; Elle, O.; Soto, X. & Russo, R. 2007. Biodiversity, conservation, and hotspot atlas of Costa Rica: a dung beetle perspective (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Zootaxa* 1457: 1 – 34.

Lawrence, J. 2001. Tenebrionidae. (en línea). (Consultado el 01 de Mayo de 2011). Disponible en: <http://www.inbio.ac.cr/papers/coleoptera/TENEBR.html>.

Leitner, W. & Turner, W. R. 2001. Measurement and analysis of biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity*. Vol 4: 123 – 144. Academic Press, San Diego, CA.

Lorenz, W. 1998a. Systematic list of extant ground beetles of the world (Insecta Coleoptera "Geadephaga": Trachypachidae and Carabidae. Incl. Paussinae, Cicindelinae, Rhysodinae). Tutzing, iv + 503 pp.

Lorenz, W. 1998b. Nomina Carabidarum – a directory of the scientific names of ground beetles (Insecta Coleoptera "Geadephaga": Trachypachidae and Carabidae. Incl. Paussinae, Cicindelinae, Rhysodinae). Tutzing, iv + 939 pp.

Lövei, G. & Sunderland, K. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Ann Rev. Entomol* 41:231-256.

Luff, M. 1978. Diel activity patterns of some field Carabidae. *Eco. Ent.* 3: 53-62.

Marcuzzi, G. 1951. Tenebrioni como indicatore del clima. *Revista di Biologia di Perugia (Italy)* 43: 399-437.

Martínez, C. 2005. Introducción a los escarabajos Carabidae (Coleóptera) de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Colombia. 546 pp.

Midgley, F.; Hannah, L.; Millar, D.; Rutherford, M. & Powrie, L. 2002. Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. *Global Ecology & Biogeography* 11: 445 – 451.

Moret, P. 1989c. Un Migapodidae sansstriesur numéraire des Andes de l'Équateur: *Aquilex diabolicola* gen. nov., sp. nov. *Nouvelle Revue d'Entomologie (N.S)* 6(3):245-257.

Moret, P. 2005. Los coleópteros Carabidae del Páramo en los Andes del Ecuador. Sistemática, ecología y biogeografía. Monografías 2. Museo de Zoología, Centro de Biodiversidad y Ambiente. Escuela de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 307 pp.

Nagel, P. 1979. The classification of Carabidae. On the evolution of behavior in carabid beetles. *Miscellanius Papers* 18. Landbowhog School Wageningen. Netherlands. 222p.

Palacios, M. & Constantino, L. 2006. Diversidad de lepidópteros (Rhopalocera) en una gradiente altitudinal en la reserva natural el Pangan, Nariño, Colombia. *Museo Historia Natural de Colombia* 10: 258 – 278.

Parmesan, C. & Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37 – 42.

Parmesan, C. & Galbraith, H. 2004. Observed impacts of global climate change in the U.S. *Pew Center on Global Climate Change*.

Pearson, D. & Vogler, A. 2001. *Tiger Beetles, the evolution, ecology and diversity of the cicindelids*. Cornell University Press. United States of America. 333 pp.

Perrault, G. 1988a. Deux espèces nouvelles de Bembidion de la Cordillera de Merida (Venezuela) (Diagnoses préliminaires) (Col. Carabidae). *Nouvelle Revue d'Entomologie (N.S.)* 5(1):42.

Pizarro, J.; Jerez, V. & Cepeda, J. 2005. Descripción de huevos y larvas de primer estadio del género *gyriosomus* guerini - meneville, 1834 (Coleóptera, Tenebrionidae, Nycteliini), *Gayana* 69(2): 277-284. Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

- Ponamorenko, A. 1991. Description of a new taxa. Suborder Adephaga. En *Mesozoic Coleoptera*. Kothercar, V. S. (Ed.). Oxonian Press Pvt. Ltd. New Delhi: 19-130.
- Rainio, J. & Niemelä, J. 2003. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12 (3): 487-506.
- Reichardt, H. 1977. A Synopsis of the Genera of Neotropical Carabidae (Insecta: Coleoptera). *Questiones Entomologicae* 13(4):346-493.
- Ribera I.; Doledec, S.; Downie, I. & Foster, G. 2001. Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages. *Ecology* 82 (4): 1112-1129.
- Roig, S. 1998. Carabidae. Pp.194-209. *Biodiversidad de artrópodos argentinos: una perspectiva biotaxonomica*. Ediciones Sur, La Plata.
- Santos, A.; Montes, C. & Ramírez L. 1988. Life Histories of Some Darkling Beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) in Two Mediterranean Ecosystems in the Lower Guadalquivir (Southwest Spain). *Environ. Entomol.*, 17(5): 799-814.
- Sierra, R. (Ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. 2da. Impresión (2001). Proyecto INEFAN/GEF y EcoCiencia. Quito.
- Singer, M. & Thomas, D. 1992. The difficulty of reducing behavior from resource use: an example from hill topping in checker spot butterflies. *American Naturalist* 140 (4): 654-664.
- Sholze, M.; Knorr, W.; Arnel, N. & Prentice, C. 2006. A climate – change risk analyzes for world ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Science (PNAS)* 103: 13116 – 13120.
- Stapp, P. 1997. Microhabitat use and community structure of darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) in short grass prairie: Effects of season, shrub cover and soil type. *The American Midland Naturalist*, 137(2): 298-311.
- Thiele, H. 1977. *Carabid Beetles in their environments*. Springer Verlag. Berlin Heideberg. New Cork. 369 pp.

Tobar, D.; Rangel, J. & Andrade, M. 2002. Diversidad de mariposas (Lepidóptera: Rhopalocera) en la parte alta de la cuenca el río el Roble (Quindío – Colombia). *Caldasia* 24(2): 393 – 409.

Triplehorn, C. & Johnson, N. 2005. Borror and De Long's Introduction to the Study of Insects. 7<sup>th</sup> edition. Thomson Brooks/Cole. United States of America. 864 pp.

Ulyshen, M. & Hanula, J. 2009. Habitat associations of saproxylic beetles in the southeastern United States: A comparison of forest types, tree species and wood postures. *Forest ecology and Management* 257: 653-664.

Vidaurre, T.; Gonzales, L. & Ledezma, M. 2008. Escarabajos coprófagos (scarabaeidae: scarabaeinae) del palmar de las islas, Santa Cruz – Bolivia. ISSN: 1991-4652. *Kempffiana*. Bolivia.

Ward, D. & Seely, M. 1996. Competition and habitat selection in Namib desert tenebrionid beetles. *Evolutionary Ecology*, 10: 341-359.



## 8. ANEXOS

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	# INDIVIDUOS
TENEBRIONIDAE	<i>Zophobas</i>	<i>Zophobas subnitens</i>	6
	<i>Bothrotes</i>	<i>Bothrotes</i> sp.	260
	<i>Blapstinus</i>	<i>Blapstinus</i> sp.	157
	<i>Argoporis</i>	<i>Argoporis</i> sp.	472
	<i>Cyaneus</i>	<i>Cyaneus</i> sp.	22
	<i>Scotobius</i>	<i>Scotobius</i> sp.	1
	<i>Platydema</i>	<i>Platydema</i> sp.	1
CARABIDAE	<i>Acupalpus</i>	<i>Acupalpus brunnipes</i>	12
	<i>Scarites</i>	<i>Scarites subterraneus</i>	3
	<i>Poecilus</i>	<i>Poecilus</i> sp.	5
ANTHICIDAE	<i>Vacusus</i>	<i>Vacusus vicinus</i>	28

### Anexo 1. Número total de especies presentes.

Especies	Estaciones de muestreo						
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
<i>Zophobas subnitens</i>	0	0	0	0	0	3	3
<i>Bothrotes</i> sp.	39	78	65	22	24	16	16
<i>Blapstinus</i> sp.	2	17	67	12	16	21	22
<i>Argoporis</i> sp.	35	145	122	27	41	38	64
<i>Cyaneus</i> sp.	0	3	2	1	0	8	8
<i>Scotobius</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0
<i>Platydema</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0
<i>Acupalpus brunnipes</i>	0	0	1	0	1	0	10
<i>Scarites subterraneus</i>	3	0	0	0	0	0	0
<i>Poecilus</i> sp.	0	1	2	1	0	0	1
<i>Vacusus vicinus</i>	0	0	0	0	0	6	22

### Anexo 2. Abundancia de individuos por estación.

MESES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Agosto	24,4	25,0	27,0	28,3	27,0	26,6	26,7
Septiembre	25,4	26,0	27,0	27,5	27,0	26,6	26,6
Octubre	26,6	34,0	35,0	36,9	36,0	35,7	40,5
Noviembre	35,9	38,0	43,0	41,5	47,0	47,7	49,4
Diciembre	38,2	40,0	44,0	42,8	48,0	48,2	49,6
Enero	37,6	40,0	43,0	42,6	45,0	45,5	47,0
Febrero	36,5	40,0	41,0	42,2	42,0	42,1	44,7
Marzo	30,0	37,0	37,0	40,2	37,0	37,5	42,2
Abril	35,0	38,0	38,0	39,6	38,0	38,2	39,9

**Anexo 3.** Temperatura registrada durante los meses de muestreo mediante hobs meteorológicos.

MESES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
Noviembre	5,73	0,00	0,46	0,00	0,31	0,00	5,11
Diciembre	9,91	7,60	4,63	7,11	4,12	6,61	8,39
Enero	16,89	15,33	11,52	10,95	7,09	7,71	8,79
Febrero	48,99	46,23	38,59	41,78	27,82	35,95	39,93
Marzo	167,84	129,25	126,30	128,39	89,21	110,93	120,31
Abril	8,15	28,85	18,72	17,62	16,08	15,42	30,07

**Anexo 4.** Precipitación registrada durante los meses de muestreo mediante pluviómetros.

**Anexo 5.** Fotografías de especies de Tenebrionidae, encontradas en el muestreo.



1.



2.



3.



4.



5.



6.



7.

1. *Bothrotes* sp. 2. *Blapstinus* sp. 3. *Argoroporis* sp. 4. *Zophobas subnitens*. 5. *Cynaenus* sp. 6. *Scotobius* sp. 7. *Platydema* sp.

**Anexo 6.** Fotografías de especies de Carabidae y Anthicidae, encontradas en el muestreo.



**1.**



**2.**



**3.**



**4.**

**1.** *Acupalpus brunnipes*. **2.** *Scarites subterraneus*. **3.** *Poecilus* sp. **4.** *Vacusus vicinus*.